



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Ο προγραμματισμός ως πτυχή του ψηφιακού αλφαριθμητισμού και
της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης: η περίπτωση της
ανάπτυξης και διασκευής ψηφιακών παιχνιδιών**

ΜΑΡΙΑΝΘΗ Σ. ΓΡΙΖΙΩΤΗ

**ΑΘΗΝΑ
2020**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κυνηγός Χρόνης, Καθηγητής

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κυνηγός Χρόνης, Καθηγητής (Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φιλοσοφική Σχολή, ΕΚΠΑ)

Σμυρναίου Ζαχαρούλα, Επίκουρη Καθηγήτρια (Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φιλοσοφική Σχολή, ΕΚΠΑ)

Παπανικολάου Κυπαρισσία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια (Παιδαγωγικό Τμήμα, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογίας - ΑΣΠΑΙΤΕ)

Δημοσιευμένο έργο της παρούσας έρευνας

Grizioti M. & Kynigos C. (in press). Code the mime: A 3D programmable charades game for computational thinking in MaLT2. British Journal of Educational Technology (BJET)

Kynigos C. & Grizioti M. (2020). Modifying games with ChoiCo: Integrated affordances and engineered bugs for computational thinking. British Journal of Educational Technology (BJET) <https://doi.org/10.1111/bjet.12898>.

Grizioti M., Kynigos C. (2019). Computer-Based Learning, Computational Thinking, and Constructionist Approaches. In: Tatnall A. (eds) Encyclopedia of Education and Information Technologies. Springer, Cham

Kynigos C. & Grizioti M. (2018) Programming Approaches to Computational Thinking: Integrating Turtle Geometry, Dynamic Manipulation and 3D Space, Informatics in Education 17 (2), pp. 321–340

Grizioti, M., & Kynigos, C. (2018). Game modding for computational thinking: an integrated design approach. In Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children (pp. 687-692). ACM.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτερες ευχαριστίες μου στον εποπτεύοντα Καθηγητή κ. Χρόνη Κυνηγό για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για τη συνεχή υποστήριξή του. Οι συμβουλές και η καθοδήγηση που μου πρόσφερε σε κάθε βήμα ήταν πολύτιμα εργαλεία για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επίκουρη καθηγήτρια Ζαχαρούλα Σμυρναίου και την αναπληρώτρια καθηγήτρια Κυπαρισσία Παπανικολάου που ήταν τιμή μου να αποτελούν τα άλλα δύο μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής. Τις ευχαριστώ για τον χρόνο που αφιέρωσαν, την ηθική συμπαράσταση καθώς και για την επιστημονική καθοδήγηση που η κάθε μια μου προσέφερε.

Ακόμη, ευχαριστώ το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ) για την οικονομική υποστήριξη που μου παρείχε μέσω της «1ης υποτροφίας για υποψήφιους διδάκτορες» για σχεδόν ολόκληρη τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δημήτρη Διαμαντίδη, καθηγητή μαθηματικών του 2^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Αθήνας, για την καταλυτική συμβολή και συνεισφορά του στη διεξαγωγή των δύο διδακτικών παρεμβάσεων και της πιλοτική έρευνας της παρούσας εργασίας στο χώρο του σχολείου που διδάσκει. Η ενεργή συμμετοχή του στις παρεμβάσεις ως καθηγητής των μαθητών ήταν πολύτιμη τόσο για την υλοποίηση της έρευνας όσο και για τη συλλογή των δεδομένων.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες, τους μεταδιδάκτορες, τα μέλη ΔΕΠ και τα υπόλοιπα μέλη του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας για τις εποικοδομητικές συζητήσεις, τις δημιουργικές ιδέες και τους προβληματισμούς που ανταλλάξαμε, αλλά και για τη σημαντική ηθική και ψυχολογική υποστήριξή τους σε όλες τις στιγμές αυτής της δύσκολης πορείας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον σύντροφό μου Γιώργο Βλάχο για την έμπρακτη στήριξη και συμπαράσταση στην προσπάθειά μου.

Τέλος, οφείλω ένα θερμό «ευχαριστώ» στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου για τη διαρκή υποστήριξη που έδειξαν στις επιλογές μου σε όλα τα χρόνια των ακαδημαϊκών μου σπουδών. Η συνεισφορά τους στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, ακόμα κι αν δεν το γνωρίζουν, ήταν καθοριστική.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Προβληματική της έρευνας	11
1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα	14
1.3. Επισκόπηση των Κεφαλαίων	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Κατασκευαστική και κοινωνικοπολιτισμική θεώρηση της γνώσης	17
2.2.1. Κονστрукτιβισμός (Εποικοδομισμός)	17
2.2.2 Κονστραξιονισμός	18
2.2.3 Κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις της μάθησης	20
2.3. Υπολογιστικός Γραμματισμός και Υπολογιστική Σκέψη	23
2.3.1 Οι υπολογιστές ως εκφραστικά και νοητικά εργαλεία	23
2.3.2 Υπολογιστική σκέψη: Ένας γραμματισμός του 21 ^{ου} αιώνα	26
2.3.3 Στοιχεία υπολογιστικής σκέψης: Έννοιες και πρακτικές	28
2.3.4 Μέθοδοι εμπλοκής των μαθητών με την υπολογιστική σκέψη	43
2.4 Ο προγραμματισμός ως εργαλείο καλλιέργειας Υπολογιστικής Σκέψης	44
2.4.1 Γλώσσες προγραμματισμού και μάθηση	44
2.4.2 Υπολογιστικοί Μικρόκοσμοι	51
2.4.3 Μισοψημένοι μικρόκοσμοι	52
2.4.4 Προγραμματισμός και Υπολογιστική Σκέψη	53
2.5 Η προσέγγιση της μάθησης βασισμένη στο σχεδιασμό παιχνιδιών	55
2.5.1. Παιχνίδι και μάθηση	55
2.5.2 Κονστραξιονιστικά παιχνίδια	59
2.5.3. Σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών από μαθητές	60
2.5.4 Σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών και υπολογιστική σκέψη	61
2.5.4 Διασκέυή ψηφιακών παιχνιδιών από μαθητές	63
2.6 Αξιοποίηση της διασκέυής ψηφιακών παιχνιδιών για την μελέτη των υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητών	64
2.6.1. Διαψεύσιμα μισοψημένα παιχνίδια	64

2.6.2 Προοδευτική εμπλοκή με τη δομή του παιχνιδιού	65
2.6.3 Δομημένη βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες	66
2.6.4 Συνεργασία και διαμοιρασμός παιχνιδιών	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	68
3.1 Επιλογή Ερευνητικής Μεθόδου	68
3.1.1 Κριτήρια επιλογής ερευνητικής μεθοδολογίας	68
3.1.2 Η έρευνα σχεδιασμού	69
3.1.3 Χαρακτηριστικά και σύγκριση με άλλες μεθόδους	69
3.2. Τα ψηφιακά εργαλεία	72
3.2.1 Λογισμικό σχεδιασμού παιχνιδιών ChoiCo	73
3.2.2 Λογισμικό προγραμματισμού τρισδιάστατων μοντέλων MaLT2	81
3.2.3 Σύνοψη	86
3.3. Παιχνίδια και δραστηριότητες	86
3.3.1 Παιχνίδι μίμησης με προγραμματισμό τρισδιάστατου μοντέλου	86
3.3.2 Παιχνίδι προσομοίωσης επιλογών και επιπτώσεων	104
3.4 Η πιλοτική έρευνα	115
3.4.1. Συμπεράσματα πιλοτικής έρευνας	116
3.4.2. Αναθεώρηση αρχικού σχεδιασμού	117
3.5 Η κυρίως έρευνα	118
3.5.1 Το περικείμενο της έρευνας	118
3.5.2 Συμμετέχοντες μαθητές	119
3.5.3 Ερευνήτρια και εκπαιδευτικός	121
3.6 Διαδικασία συλλογής δεδομένων	121
3.6.1 Μέσα συλλογής δεδομένων	122
3.6.2 Δεδομένα διδακτικών παρεμβάσεων	128
3.6.3 Ζητήματα δεοντολογίας	129
3.6.4 Διασφάλιση εγκυρότητας και αξιοπιστίας	130
3.7 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων	130
3.7.1 Μονάδα ανάλυσης	131
3.7.2 Στάδια και άξονες ανάλυσης	133
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΜΙΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MaLT2	138
4.1 Εισαγωγή	138
4.2 Στρατηγικές αφαίρεσης κατά τη χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας	142

4.2.1 Νοηματοδότηση σε επίπεδα αφαίρεσης	142
4.2.2 Μετάβαση των μαθητών μεταξύ των επιπέδων αφαίρεσης	172
4.2.3 Σύνοψη	174
4.3 Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων κατά τη διασκευή του μοντέλου	176
4.3.1 Δημιουργία και κατασκευή συμμετρικών κατασκευών	178
4.3.2 Δημιουργία κίνησης	184
4.3.3 Σύνοψη	190
4.4 Ο ρόλος του παιχνιδιού στην επινόηση και εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών	191
4.4.1 Αφηρημένος σχεδιασμός ρεαλιστικών αναπαραστάσεων	194
4.4.2 Ανάλυση και αποδόμηση κατασκευής	197
4.4.3 Προοδευτική βελτίωση και γενίκευση των διασκευών	200
4.4.4 Χρήση του σώματος στο παιχνίδι και ενσώματη μάθηση	203
4.4.5 Ανάπτυξη μιας υπολογιστικής γλώσσας επικοινωνίας	211
4.4.6 Σύνοψη	214
4.5 Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του MaLT2 στην ανάπτυξη στρατηγικών	217
4.5.1 Δυναμικός χειρισμός	219
4.5.2 Αλλαγή γωνίας και προοπτικής θέασης στον τρισδιάστατο χώρο	233
4.5.3 Σύνοψη	243
4.6 Επισκόπηση και σύνθεση αποτελεσμάτων	248
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΚΕΥΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ CHOICO	250
5.1 Εισαγωγή	250
5.2 Στρατηγικές αφαίρεσης και νοηματοδότησης των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης μέσα από την ανάλυση του συστήματος σε επίπεδα	254
5.2.1 Μικρό-επίπεδο: το αντικείμενο ως μοναδική περίπτωση	258
5.2.2 Μέσο-επίπεδο: το αντικείμενο ως στιγμιότυπο κλάσης	263
5.2.3 Μάκρο επίπεδο: το αντικείμενο και η κλάση ως τμήματα του συστήματος	272
5.2.4 Σύνοψη	278
5.3 Στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στα δεδομένα του παιχνιδιού	280
5.3.1 Αναγνώριση και χρήση μοτίβων ως τακτική του παιχνιδιού	282
5.3.2 Αναγνώριση και χρήση μοτίβων στη βάση δεδομένων	284
5.3.3 Σύνοψη	291

5.4 Στρατηγικές νοηματοδότησης και συσχετισμού αλγοριθμικών εννοιών με τη ροή του παιχνιδιού	293
5.4.1 Νοηματοδότηση των δομών επιλογής μέσα από τους κανόνες του παιχνιδιού	295
5.4.2 Νοηματοδότηση της μεταβλητής μέσα από την ισορροπία παιχνιδιού	309
5.4.3 Σύνοψη	317
5.5 Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του ChoiCo στην ανάπτυξη στρατηγικών	319
5.5.1 Ο ρόλος του σχεδιασμού χάρτη στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών	320
5.5.2 Ο ρόλος της οπτικής διαχείρισης δεδομένων στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών	331
5.5.3 Σύνοψη	344
5.6 Επισκόπηση και σύνθεση αποτελεσμάτων	346
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	352
6.1 Εισαγωγή	352
6.2 Υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών κατά τη συνεργατική διασκευή παιχνιδιών	353
6.2.1 Στρατηγικές αφαίρεσης	355
6.2.2 Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων	358
6.2.3 Στρατηγικές νοηματοδότησης και συσχετισμού αλγοριθμικών εννοιών με στοιχεία του παιχνιδιού	361
6.3. Ο ρόλος των μισοψημένων παιχνιδιών στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών	363
6.4 Ο ρόλος των διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών	366
6.5 Παιδαγωγικές ενδείξεις, ερευνητικοί περιορισμοί και προτάσεις για περεταίρω έρευνα	370
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	372
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	390
Παράρτημα Α. – Λογισμικά	390
Σύντομος οδηγός του MaLT2	390
Σύντομος οδηγός διασκευής παιχνιδιού στο ChoiCo	394
Παράρτημα Β. – Φύλλα εργασίας	396
Φύλλα εργασίας πρώτης διδακτικής παρέμβασης	396
Φύλλα εργασίας δεύτερης διδακτικής παρέμβασης	401
Παράρτημα Γ. – Ψηφιακά Ερωτηματολόγια	408
Ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν την εφαρμογή της 1 ^{ης} διδακτικής παρέμβασης	408
Ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την εφαρμογή της 1 ^{ης} διδακτικής παρέμβασης	422

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν την εφαρμογή της 2^{ης} διδακτικής παρέμβασης _____ 433

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την εφαρμογή της 2^{ης} διδακτικής παρέμβασης _____ 442

Παράρτημα Δ. – Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων – Πλέγμα δραστηριότητας

Υπολογιστικής Σκέψης _____ 451

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Προβληματική της έρευνας

Η μελέτη των νοημάτων, των στρατηγικών και των δεξιοτήτων που αναπτύσσουν τα παιδιά καθώς χρησιμοποιούν υπολογιστικά εργαλεία έχει απασχολήσει την εκπαιδευτική έρευνα από την απαρχή της ένταξης νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Papert, 1991. diSessa, 2001). Τις τελευταίες δεκαετίες, οι ερευνητές εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στον προσδιορισμό και την ενίσχυση εκείνων των δεξιοτήτων που συμβάλλουν στην προετοιμασία των μαθητών για τη διαρκώς ψηφιακά μεταβαλλόμενη κοινωνία του 21ου αιώνα (Vgoot & Robin, 2012). Μεταξύ αυτών είναι και η ενίσχυση ενός υπολογιστικού τρόπου σκέψης, απαραίτητου για την επίλυση προβλημάτων με ψηφιακά μέσα, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς (Wing, 2006). Η «Υπολογιστική Σκέψη», όπως συχνά αναφέρεται από τους ερευνητές, περιλαμβάνει ένα σύνολο από έννοιες, πρακτικές και συμπεριφορές οι οποίες αντλούνται από τη την επιστήμη των υπολογιστών, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν ευρύτερα για τη διαχείριση και επίλυση προβληματικών καταστάσεων σε πολλά επιστημονικά πεδία και στην καθημερινή ζωή (Aho, 2012. Denning, 2009. Li. κ.ά., 2020. Grover & Pea, 2018). Η αποδόμηση, η προοδευτική βελτίωση, ο εντοπισμός μοτίβων και η γενίκευση λύσεων, αποτελούν ορισμένες από τις δεξιότητες που οι ερευνητές συμπεριλαμβάνουν στις πρακτικές της υπολογιστικής σκέψης. Για ορισμένους, η υπολογιστική σκέψη αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη ενός ευρύτερου υπολογιστικού γραμματισμού που θεωρείται εξίσου σημαντικό εφόδιο με τον μαθηματικό ή τον γλωσσικό γραμματισμό (diSessa, 2001).

Εκτός από την αποσαφήνιση και τον ορισμό της υπολογιστικής σκέψης, οι ερευνητές αναζητούν τρόπους με τους οποίους οι μαθητές θα είναι σε θέση να αναπτύξουν και να εκφράσουν τις έννοιες και τις πρακτικές που αυτή περιλαμβάνει. Καθώς η υπολογιστική σκέψη είναι στενά συνδεδεμένη με την επιστήμη των υπολογιστών, πολλοί αξιοποιούν τον προγραμματισμό ως βασικό μέσο ενίσχυσής της. Ο προγραμματισμός αφορά το σύνολο των διαδικασιών ανάλυσης, σχεδιασμού και σύνταξης ενός προγράμματος που υλοποιεί έναν αλγόριθμο και εκτελείται από έναν υπολογιστή (Brookshear, 2005. Mannila κ.ά., 2014. Robins, Rountree & Rountree, 2003). Από πολλούς επιστήμονες και ερευνητές θεωρείται, εκτός από διακριτό γνωστικό αντικείμενο, ένα εκφραστικό εργαλείο με το οποίο οι μαθητές μπορούν να εξωτερικεύσουν και να κατασκευάσουν νοήματα για δυναμικές ιδέες (diSessa, 2001. Kafai & Bruke, 2014. Papert, 1991). Ωστόσο, όταν ο προγραμματισμός προσεγγίζεται στα πλαίσια της καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης προκύπτει το ζήτημα της εμπλοκής των νέων και χωρίς εμπειρία μαθητών, με τις πιο σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές, όπως η αφαίρεση, η αποδόμηση και η αναγνώριση μοτίβων. Οι πρακτικές αυτές είναι αρκετά αφηρημένες ώστε να εκφραστούν και να γίνουν αντιληπτές από τα παιδιά με

τυπικό φορμαλισμό, αλλά από την άλλη είναι κεντρικά στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης και δεν μπορούν να παραληφθούν.

Από τη μια οι παραδοσιακές προσεγγίσεις προγραμματισμού περιορίζουν τη δραστηριότητα των μαθητών στην εκμάθηση συγκεκριμένων αλγορίθμων, προγραμματιστικών κανόνων και εννοιών μέσα από κλειστές ασκήσεις (Armoni, 2013. Robins κ.ά., 2003). Έτσι δεν επιτρέπουν την εμπλοκή τους με πιο αφηρημένες υπολογιστικές πρακτικές. Από την άλλη, ο ελεύθερος προγραμματισμός μιας ψηφιακής κατασκευής ενέχει τον κίνδυνο να αποπροσανατολίζει τους νέους και άπειρους μαθητές. Όπως έχουν δείξει έρευνες, όταν μαθητές χωρίς εμπειρία καλούνται να δημιουργήσουν έναν αλγόριθμο από την αρχή, «χάνονται» στις τεχνικές και σχεδιαστικές λεπτομερείς και τελικά προγραμματίζουν κάτι απλοϊκό ή μη λειτουργικό (Denner, Campe & Werner, 2019. Noss & Hoyles, 1996). Σε ένα τόσο «ελεύθερο» πλαίσιο είναι δύσκολο για τους αρχάριους μαθητές να αντιληφθούν και να εκφράσουν βασικές προγραμματιστικές πρακτικές όπως είναι η διαχείριση δεδομένων, η αφαίρεση και η γενίκευση, η αποδόμηση του αλγόριθμου σε επιμέρους διαδικασίες. Έτσι, παρότι σήμερα είναι σημαντικό, περισσότερο από ποτέ, να ενισχυθεί η υπολογιστική σκέψη των μαθητών, φαίνεται πως δεν υπάρχει ένα δομημένο αλλά όχι περιοριστικό πλαίσιο δραστηριότητας που να επιτρέπει στους μαθητές να επινοήσουν και να εφαρμόσουν σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές.

Η παρούσα διατριβή επιδιώκει να συμβάλει στο παραπάνω ερευνητικό ζήτημα, μελετώντας τη δραστηριότητα των μαθητών σε ένα καινοτόμο πλαίσιο δράσης (diSessa, 2000) που συνίσταται στη συνεργατική διασκευή ψηφιακών παιχνιδιών από τους μαθητές με διαφορετικές υπολογιστικές λειτουργικότητες, όπως ο προγραμματισμός και ο οπτικός χειρισμός δεδομένων. Στο σχεδιασμό της έρευνας, το ψηφιακό παιχνίδι αξιοποιείται ως πλαίσιο οργάνωσης της δραστηριότητας και έχει διττό ρόλο. Από τη μια προσφέρει στους μαθητές σταδιακή πρόσβαση στις υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές πάνω στις οποίες δομείται σε ένα αυθεντικό και οικείο περικείμενο. Από την άλλη, ενσωματώνει στοιχεία που προκαλούν τους μαθητές να το διαγυρεύσουν και να το τροποποιήσουν, εκφράζοντας και εφαρμόζοντας υπολογιστικές πρακτικές.

Για να προκληθεί η παραπάνω δραστηριότητα των μαθητών, η ερευνήτρια, επεκτείνοντας δυο ψηφιακά δομήματα του εργαστηρίου εκπαιδευτικής τεχνολογίας, ανέπτυξε δυο διαδικτυακά λογισμικά προγραμματισμού και δύο ψηφιακά παιχνίδια, ένα με κάθε λογισμικό. Τα δυο λογισμικά σχεδιάστηκαν ώστε να επιτρέπουν την διασκευή συγκεκριμένων στοιχείων του παιχνιδιού με ένα σύνολο από διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες. Η ερευνήτρια στην παρούσα εργασία με τον όρο «*λειτουργικότητα*» αποδίδει τον όρο «*affordance*» που αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ των τεχνολογικών μέσων ενός περιβάλλοντος και των πιθανών ενεργειών που επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν, θετικά ή αρνητικά, τη μαθησιακή διαδικασία (Girvan & Savage, 2010, Greeno 1994). Στα λογισμικά της παρούσας εργασίας ο προγραμματισμός συνδυάζεται με άλλες λειτουργικότητες, όπως την οπτική επεξεργασία

δεδομένων, τον δυναμικό χειρισμό και τον σχεδιασμό χαρτών, που επιτρέπουν στους μαθητές να μετασχηματίσουν το παιχνίδι σε ένα δικό τους, προσωπικό δόμημα. Τα παιχνίδια προσομοιώνουν πραγματικές και οικείες στους μαθητές καταστάσεις με στόχο να προκαλέσουν τη βαθύτερη εμπλοκή τους. Ταυτόχρονα, ενσωματώνουν επιτηδευμένα σφάλματα στους κανόνες και το περιεχόμενο τους αποσκοπώντας να προκαλέσουν τους μαθητές να τα κρίνουν, να τα αμφισβητήσουν και τελικά να τα τροποποιήσουν. Τα παιχνίδια αναμένεται να λειτουργήσουν ως «διαγεύσιμα» και βελτιώσιμα υπολογιστικά αντικείμενα (Lakatos, 1976 οπ. αναφ. Kynigos, 2015), δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να εφαρμόσουν υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές για να τα διασκευάσουν.

Οι δραστηριότητες που σχεδίασε η ερευνήτρια, οι οποίες βασίζονται στην κονστραξιονιστική θεώρηση της γνώσης, δεν έχουν ένα προκαθορισμένο ζητούμενο ή ένα αναμενόμενο τελικό παραγόμενο από τους μαθητές, αλλά εστιάζουν στη συνεργατική, επαναληπτική διαδικασία ανάλυσης, τροποποίησης, δοκιμής και αναδιαμόρφωσης ενός σύνθετου ψηφιακού δομήματος. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ο μαθητής αποκτά σταδιακά διαφορετικούς ρόλους αλληλεπίδρασης. Αρχικά ως παίκτης, χρησιμοποιεί το μισοψημένο παιχνίδι ως εξωτερικός χρήστης και διερευνά τις αναπαραστάσεις του. Μέσα από αυτή την αλληλεπίδραση ανακαλύπτει τα αμφισβητήσιμα ή «χαλασμένα» στοιχεία του παιχνιδιού και αναπτύσσει προσωπικές απόψεις για το πως θα έπρεπε να έχει υλοποιηθεί, αποκτώντας τον ρόλο του αξιολογητή. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τον προγραμματισμό και τις άλλες λειτουργικότητες του λογισμικού, ο μαθητής αποκτά πρόσβαση στη δομή του δομήματος την οποία μπορεί να αλλάξει ως σχεδιαστής.

Η ερευνήτρια με την παρούσα διατριβή επιδιώκει να εντοπίσει και να περιγράψει τις «υπολογιστικές στρατηγικές» των μαθητών καθ' όλη της διάρκεια της διαδικασίας διασκευής των ψηφιακών παιχνιδιών. Ο όρος «στρατηγική» αναφέρεται στο σύνολο των δράσεων, των νοητικών διαδικασιών και άλλων συνειδητών μεθόδων που επινοούν και εφαρμόζουν οι μαθητές για να πετύχουν τον σκοπό τους στα πλαίσια μιας δραστηριότητας ή ενός έργου (Bogdan & Biklen, 1997). Αντίστοιχα, η «υπολογιστική στρατηγική» προσεγγίζεται από την ερευνήτρια ως το σύνολο των διαδικασιών, των μεθόδων και των νοημάτων που επινοούν και εφαρμόζουν οι μαθητές για να διαχειριστούν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν με υπολογιστικό τρόπο. Για τον λόγο αυτό, η παρούσα διατριβή εστιάζει περισσότερο το σύνολο της δραστηριότητας των μαθητών και λιγότερο την ορθότητα και την αρτιότητά των τελικών κατασκευών τους. Η ανάλυση εξετάζει επιπλέον τον ρόλο που έχουν στις στρατηγικές των μαθητών τα δομικά στοιχεία των ψηφιακών παιχνιδιών και οι διαφορετικές λειτουργικότητες κάθε ψηφιακού περιβάλλοντος.

1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν από την παραπάνω προβληματική και στην βάση των οποίων σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η παρούσα έρευνα είναι τα παρακάτω.

Πρώτο ερευνητικό ερώτημα

Ποιες στρατηγικές υπολογιστικής σκέψης επινοούν, εκφράζουν και εφαρμόζουν οι μαθητές καθώς διασκεύαζουν συνεργατικά ψηφιακά παιχνίδια με προγραμματισμό;

Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Ποιος είναι ο ρόλος του πλαισίου που διαμορφώνεται από τα στοιχεία των παιχνιδιών στις διαδικασίες ανάπτυξης αυτών των στρατηγικών;

Τρίτο ερευνητικό ερώτημα

Ποιος είναι ο ρόλος των διασυνδεδεμένων υπολογιστικών λειτουργικοτήτων στις διαδικασίες ανάπτυξης αυτών των στρατηγικών;

1.3. Επισκόπηση των Κεφαλαίων

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας διατριβής στο οποίο στηρίχθηκε ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η δόμηση των συμπερασμάτων της έρευνας. Αρχικά, παρουσιάζονται οι θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη γνώση και τη μάθηση στις οποίες βασίστηκε η ανάπτυξη των εργαλείων και των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της μαθησιακής δραστηριότητας. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι σχεδιαστικές αρχές και προσεγγίσεις για την αξιοποίηση του προγραμματισμού, αλλά και συνολικά των ψηφιακών μέσων, ως νοητικά και εκφραστικά εργαλεία, οι οποίες διέπουν τον σχεδιασμό των λογισμικών και των παιχνιδιών της έρευνας. Κατόπιν, η θεωρητική ανάλυση επικεντρώνεται σε προσεγγίσεις σχετικά με τη φύση του παιχνιδιού και τον ρόλο του στη διαδικασία κατασκευής της νέας γνώσης, καθώς και στην αξιοποίηση του στα πλαίσια των θεωριών μάθησης που βασίζεται η διατριβή. Τέλος, αναπτύσσεται η ιδέα της υπολογιστικής σκέψης τόσο στα πλαίσια της διδακτικής προγραμματισμού όσο και ως ευρύτερη δεξιότητα ενός σύγχρονου υπολογιστικού γραμματισμού. Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην εφαρμογή των επιμέρους εννοιών και πρακτικών της υπολογιστικής σκέψης, καθώς και τα αποτελέσματα ερευνών που αξιοποιούν ειδικά τον προγραμματισμό ψηφιακών παιχνιδιών ως προσέγγιση για τη μελέτη της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα. Στην ενότητα 3.1. τεκμηριώνεται η επιλογή της ερευνητικής μεθόδου, δηλαδή της

ποιοτικής μεθοδολογίας και ειδικότερα της έρευνας σχεδιασμού, αναλύοντας τα κριτήρια με τα οποία επιλέχτηκε για τη συγκεκριμένη έρευνα έναντι άλλων μεθόδων. Στη συνέχεια, στην ενότητα 3.2. περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης, τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργικότητες των δυο λογισμικών, MaLT2 και ChoiCo, που αναπτύχθηκαν από την ερευνήτρια και χρησιμοποιήθηκαν στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις. Στην ενότητα 3.3 περιγράφονται τα δύο μισοψημένα παιχνίδια και οι δραστηριότητες που ανάπτυξε η ερευνήτρια και η πορεία εφαρμογής τους στις δυο παρεμβάσεις πεδίου. Στην ενότητα 3.4. παρουσιάζεται η πιλοτική έρευνα και τα ευρήματα τα οποία επηρέασαν τον σχεδιασμό της κυρίως έρευνας. Στην ενότητα 3.5. αναλύεται το πλαίσιο εφαρμογής των δυο διδακτικών παρεμβάσεων της κυρίως έρευνας. Τέλος στις ενότητες 3.5. και 3.6. αναπτύσσονται οι διαδικασίες συλλογικής και ανάλυσης δεδομένων με βάση την μεθοδολογία έρευνας και τα εξεταζόμενα ερευνητικά ερωτήματα.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αναλύονται τα δεδομένα της πρώτης διδακτικής παρέμβασης που αφορούν τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών κατά τη διασκευή του προγραμματιζόμενου παιχνιδιού μίμησης στο λογισμικό MaLT2. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό, δεν εξετάζουν την προγραμματιστική ορθότητα ή την επιτυχία των κατασκευών των μαθητών, αλλά τη μαθησιακή δραστηριότητα και τις υπολογιστικές στρατηγικές που επινόησαν οι μαθητές κατά τη διαδικασία δημιουργίας των κατασκευών αυτών. Με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα, η ανάλυση επικεντρώνεται: α) στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών β) στο ρόλο του παιχνιδιού μίμησης στην ανάπτυξη τους και γ) στον ρόλο των λειτουργικοτήτων του MaLT2 στην ανάπτυξή τους. Όσον αφορά τις υπολογιστικές πρακτικές των μαθητών, τα θέματα που προέκυψαν από την ανάλυση αφορούν: α) στρατηγικές υπολογιστικής αφαίρεσης κατά τη χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας και β) στρατηγικές αναγνώρισης, γενίκευσης και μεταφοράς μοτίβων από τον κώδικα στην οπτική αναπαράσταση και αντίστροφα.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** αναλύονται τα δεδομένα της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης που αφορούν τις στρατηγικές των μαθητών κατά τη διασκευή παιχνιδιού επιλογών και επιπτώσεων στο περιβάλλον προγραμματισμού ChoiCo. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εστιάζουν στη μαθησιακή δραστηριότητα γύρω από έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης κατά τη διαδικασία διερεύνησης και διασκευής του παιχνιδιού. Παράλληλα μελετάται ο ρόλος του πλαισίου του μισοψημένου παιχνιδιού CT Chef και των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του ψηφιακού περιβάλλοντος ChoiCo στη δημιουργία και την ανάπτυξη αυτών των στρατηγικών. Όσον αφορά τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών, τα θέματα που προέκυψαν από την ανάλυση αφορούν: α) στρατηγικές αφαίρεσης και νοηματοδότησης των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης μέσα από την ανάλυση του συστήματος σε επίπεδα, β) στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στα δεδομένα του παιχνιδιού και γ) στρατηγικές νοηματοδότησης αλγοριθμικών εννοιών μέσα στο πλαίσιο του παιχνιδιού.

Στο **έκτο κεφάλαιο** συνοψίζονται και ενοποιούνται τα αποτελέσματα της έρευνας που προκύπτουν από τις δυο διδακτικές παρεμβάσεις. Από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων περιγράφονται στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές εκφράζουν και εφαρμόζουν προγραμματιστικές πρακτικές και έννοιες για να επιλύσουν προβλήματα στα πλαίσια του παιχνιδιού, οι οποίες δεν είχαν εντοπιστεί και περιγραφεί μέχρι σήμερα. Οι στρατηγικές αυτές αφορούν: α) στρατηγικές αφαίρεσης μέσα από την ανάλυση την ανάλυση και διασκευή του παιχνιδιού σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, β) στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στον κώδικα, την αναπαράσταση ή τα δεδομένα του παιχνιδιού, γ) στρατηγικές νοηματοδότησης και χρήσης αλγοριθμικών εννοιών μέσα από τη ροή και την ισορροπία του παιχνιδιού, με έμφαση στη διαδικασία, στη μεταβλητή, στη δομή επιλογής και στη διαχείριση γεγονότων. Για την ανάπτυξη παραπάνω στρατηγικών, καθοριστικό ρόλο φαίνεται ότι είχαν από τη μια το πλαίσιο του παιχνιδιού που διαμορφώθηκε από τους κανόνες, τους περιορισμούς και τις αναπαραστάσεις του, και από την άλλη οι ενσωματωμένες υπολογιστικές λειτουργικότητες των δυο λογισμικών. Το παιχνίδι προσέφερε αφενός ένα δομημένο πλαίσιο οργάνωσης και εφαρμογής των υπολογιστικών ιδεών και πρακτικών και αφετέρου ένα οικείο περιβάλλον για τους μαθητές το οποίο είχε νόημα να διερευνήσουν, να κατανοήσουν και να επεξεργαστούν. Η προσπάθειά τους να βελτιωθούν στο παιχνίδι ως παίκτες, αλλά και ο σχεδιασμός ενός ισορροπημένου παιχνιδιού με νόημα ως σχεδιαστές, οδήγησαν τους μαθητές στην επινόηση και την εφαρμογή στρατηγικών υπολογιστικής που δεν έχουν εντοπιστεί σε άλλες δραστηριότητες προγραμματισμού. Παράλληλα, οι λειτουργικότητες και οι πολλαπλές αναπαραστάσεις που ενσωματώνει στο σχεδιασμό του το κάθε λογισμικό προσέφεραν στους μαθητές πρόσβαση σε σύνθετες υπολογιστικές έννοιες, όπως η διαδικασία, η κλάση και το αντικείμενο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Εισαγωγή

2.2 Κατασκευαστική και κοινωνικοπολιτισμική θεώρηση της γνώσης

2.2.1. Κονστρουκτιβισμός (Εποικοδομισμός)

Η θεωρία του κονστρουκτιβισμού αποτελεί βασικό πυλώνα των σημερινών παιδαγωγικών προσεγγίσεων διδακτικής εννοιών πληροφορικής και της ανάπτυξης ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης. Ο επιστημολόγος Jean Piaget (1967-1971) ήταν από τους πρώτους θεμελιωτές της θεωρίας του εποικοδομισμού ή αλλιώς κονστρουκτιβισμού (constructivism), ερχόμενος σε αντίθεση με τις παραδοσιακές θεωρίες για τη γνώση και τη μάθηση, όπως ο συμπεριφορισμός. Ο Piaget υποστήριξε πως η γνώση δεν είναι μια προκαθορισμένη, αντικειμενική πληροφορία που μπορεί να μεταδοθεί από έναν πομπό (π.χ. τον δάσκαλο) σε έναν αποδέκτη (π.χ. τον μαθητή) (Ackerman, 2001). Αντίθετα, το κάθε άτομο οικοδομεί ή αναδομεί προσωπικά γνωστικά σχήματα, βασιζόμενο σε προηγούμενες εμπειρίες και συμμετέχοντας σε διαδικασίες διερεύνησης του κόσμου γύρω του (Carey, 1987).

Το γνωστικό σχήμα, κεντρική ιδέα του κονστρουκτιβισμού, αποτελεί μια μονάδα μάθησης που προκύπτει από την προσαρμογή της γνώσης ύστερα από μια σειρά δραστηριοτήτων, ως συνιστώσα της αφομοίωσης (assimilation), δηλαδή την ένταξη μιας εξωτερικής κατάστασης στην υπάρχουσα γνωστική δομή του ατόμου, και της συμμόρφωσης (accommodation), δηλαδή την τροποποίηση πρότερων γνώσεων ανάλογα με τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος (Piaget & Inhelder, 1969). Τα γνωστικά σχήματα είναι ευμετάβλητα και αναδιαμορφώνονται συνεχώς καθώς το άτομο εξελίσσεται και βιώνει νέες καταστάσεις στον εξωτερικό κόσμο. Συνεπώς, ο μαθητής, προκειμένου να κατασκευάσει νέα γνωστικά σχήματα, δεν αρκεί να είναι παθητικός δέκτης πληροφοριών, αλλά θα πρέπει να εμπλακεί ενεργά με διαδικασίες διερεύνησης και επίλυσης προβλημάτων σε ρεαλιστικά πλαίσια με νόημα για τον ίδιο (Ackerman, 2001). Υπό αυτό το πρίσμα, ο κονστρουκτιβισμός τονίζει τη σημασία ανάπτυξης πλούσιων μαθησιακών περιβαλλόντων, αντί για αποκομμένες διδακτικές οδηγίες που έχουν, μεταξύ άλλων, τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Duffy & Jonassen, 1992. Jonassen 1994).

- α. Προσφέρουν πολλαπλές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας
- β. Δίνουν έμφαση στην κατασκευή αντί για την αναπαραγωγή της γνώσης
- γ. Δίνουν έμφαση σε αυθεντικές δραστηριότητες αντί για αφηρημένες οδηγίες εκτός πλαισίου
- δ. Ενθαρρύνουν τον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στις εμπειρίες τους
- ε. Επιτρέπουν τις διερευνήσεις

στ. Αποτελούν νοητικούς συνεργάτες υποστηρίζοντας την έκφραση και τη διασύνδεση γνώσεων

Εντούτοις, ο κονστρουκτιβισμός του Piaget προσεγγίζει τη μάθηση ως ατομική γνωστική διαδικασία η οποία πραγματοποιείται στο μυαλό κάθε ατόμου ανεξάρτητα από πολιτισμικές ή κοινωνικές συνιστώσες (Duffy & Cunningham, 1996). Ταυτόχρονα, υιοθετεί μια δαρβινική προσέγγιση της ανάπτυξης της σκέψης του ατόμου περιγράφοντάς τη ως μια εξελικτική διαδικασία που πραγματοποιείται σε διαφορετικά ηλικιακά στάδια. Σύμφωνα με τον Piaget (1969) κάθε άτομο θα διέλθει από όλα αυτά τα στάδια με τη σειρά που έχουν οριστεί, έστω κι αν τα ηλικιακά όρια διαφοροποιούνται. Το μοντέλο των σταδίων του Piaget αμφισβητήθηκε από αρκετούς επιστήμονες, διότι θεωρεί ότι η εξέλιξη προηγείται της μάθησης (Kanselaar, 2002) και παραβλέπει τον ρόλο του πλαισίου, των διαθέσιμων μέσων και του προσωπικού στυλ μάθησης στην ανάπτυξη της γνώσης (Ackerman, 2001). Μεταξύ των κριτικών της θεωρίας των σταδίων ήταν ο Lev Vygotsky (1896/1934) που εστίασε στην κοινωνικοπολιτισμική συνιστώσα της κατασκευαστικής μάθησης και αργότερα ο συνεργάτης του Piaget, Seymour Papert (1928/2016) που διατύπωσε τη θεωρία του κονστρουαξιονισμού η οποία θεωρήθηκε παρακλάδι της θεωρίας του κονστρουκτιβισμού.

2.2.2 Κονστραξιονισμός

Ο Papert, μαθηματικός και επιστήμονας της πληροφορικής, αντιλαμβάνεται την τεχνητή νοημοσύνη ως μια γνωστική επιστήμη που μοιράζεται το πεδίο παλαιότερων επιστημών, όπως η γλώσσα και η ψυχολογία, αλλά η μεθοδολογία και το θεωρητικό της υπόβαθρο αντλούνται κυρίως από το πεδίο της πληροφορικής (Papert, 1980). Συνυφαίνοντας τη θεωρητική προσέγγιση της τεχνητής νοημοσύνης με την επιστημολογία του κονστρουκτιβισμού διατυπώνει μια νέα θεωρία μάθησης, τον κονστραξιονισμό (constructionism) ή μαστόρεμα (Κυνηγός, 2011). Ο κονστραξιονισμός συμμερίζεται τις απόψεις του κονστρουκτιβισμού για την κατασκευή της γνώσης μέσα από τις εμπειρίες του ατόμου, διαφοροποιείται όμως στην ιδέα της κατασκευής της ως ατομική εξελικτική διαδικασία. Όπως αναφέρει ο Papert στο βιβλίο του «Νοητικές Θύελλες» (1991) :

«Θα παρουσιάσω έναν Piaget πολύ διαφορετικό από αυτόν που κατέληξαν να περιμένουν οι περισσότεροι άνθρωποι. Δεν θα γίνει λόγος για στάδια, ούτε θα δοθεί έμφαση στο τι μπορούν ή δεν μπορούν να μάθουν τα παιδιά σε συγκεκριμένες ηλικίες.»

Αντί για τα στάδια του Piaget, ο Papert εστιάζει στα κοινωνικά, πολιτισμικά και φυσικά πλαίσια (contexts) στα οποία πραγματοποιείται η μάθηση, καθώς και στα μέσα (media) τα οποία χρησιμοποιούν οι μαθητές για να εκφράσουν και να επικοινωνήσουν προσωπικές ιδέες και νοήματα (Ackerman, 2001, Kynigos, 2015, Morgan & Kynigos, 2014). Θεωρεί ότι δεν μπορεί να υπάρξουν γνωστικά σχήματα στο μυαλό του ατόμου που να είναι αποκομμένα από τον κοινωνικό κόσμο.

Όπως υποστηρίζει, τα νοήματα που κατασκευάζει κανείς, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με και θεμελιώνονται από τις κοινωνικές και πολιτισμικές συνιστώσες του περιβάλλοντος του και τις αλληλεπιδράσεις με τους γύρω του (Kafai & Bruke, 2014). Έτσι, ενώ ο κονστραξιονισμός μοιράζεται με τον κονστρουκτιβισμό την αντίληψη της μάθησης ως την «κατασκευή γνωστικών δομών», προσθέτει επιπλέον την ιδέα ότι «η οικοδόμηση αυτών των γνωστικών δομών πραγματοποιείται πιο εύστοχα σε ένα πλαίσιο που ο μαθητής εμπλέκεται συνειδητά με την κατασκευή ενός δημόσιου κατασκευάσματος» (Papert, 1991), θέτοντας στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας την έννοια του «μαστορέματος» (Κυνηγός, 2011). Όταν οι μαθητές μαστορεύουν συλλογικά ένα δόμημα, για παράδειγμα ένα πρόγραμμα, ένα ρομπότ ή ένα κάστρο στην άμμο, δημιουργούν τα δικά τους «αντικείμενα για να σκεφτούν» με τα οποία εκφράζουν, αναδιαμορφώνουν και συνδέουν προσωπικά νοήματα για τον τρόπο που πραγματοποιούνται αλλαγές στα δομήματα καθώς σταδιακά αλλάζουν (Γρηγοριάδου κ. συν., 2009. Papert, 1991. Kynigos, 2012). Η διαδικασία οικοδόμησης νοημάτων μπορεί να ενισχυθεί ακόμα περισσότερο όταν το δόμημα αυτό δημοσιοποιείται και γίνεται αντικείμενο προς συζήτηση και σχολιασμό.

Όσον αφορά τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας, ο Papert, σε αντίθεση με άλλες διδακτικές προσεγγίσεις, δεν επικεντρώνεται στις γνώσεις που μπορεί να μεταφέρουν οι υπολογιστές στον μαθητή, αλλά στο πως ο μαθητής μπορεί να κατασκευάσει τη δική του γνώση αξιοποιώντας τον υπολογιστή και τις λειτουργικότητες του. Βλέπει τους υπολογιστές και τον προγραμματισμό ως *εργαλεία διαμεσολάβησης* που επιτρέπουν στους μαθητές να κατασκευάσουν, να εκφράσουν και να αναδιαμορφώσουν προσωπικά νοήματα γύρω από δυναμικές ιδέες που θα ήταν δυσπρόσιτες ή δυσνόητες για αυτούς με άλλα μέσα (Papert, 2000) . Όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες για να κατασκευάσουν κάτι που τους ενδιαφέρει πραγματικά, είναι πιθανό να εκφράσουν και να κατασκευάσουν νοήματα για πολύπλοκες έννοιες. Για την επίτευξη μιας τέτοιας χρήσης της τεχνολογίας είναι σημαντικός ο σχεδιασμός περιβαλλόντων που επιτρέπουν στους μαθητές να κατασκευάσουν ψηφιακά δομήματα και να διερευνήσουν έννοιες αλληλεπιδρώντας με πολλαπλές αναπαραστάσεις (Kynigos, 2015).

Ο κονστραξιονιστικός σχεδιασμός, όπως και ο κονστρουκτιβιστικός, τονίζει τη σημασία ενσωμάτωσης εργαλείων κατασκευής, πρόσβασης και διερεύνησης στο μαθησιακό περιβάλλον. Επιπρόσθετα όμως δίνει έμφαση στις δυνατότητες που παρέχει το περιβάλλον για συνεργασία και διαμοιρασμό δομημάτων, σε ένα πλαίσιο προσαρμοσμένο στο κοινωνικό και πολιτισμικό υπόβαθρο των μαθητών. Πολλά σύγχρονα ψηφιακά περιβάλλοντα ακολουθούν τις αρχές του κονστραξιονισμού, ενσωματώνοντας ένα σύνολο από λειτουργικότητες για να υποστηρίξουν την κοινωνική διάσταση της γνώσης όπως είναι εργαλεία σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας, λειτουργίες μεταφόρτωσης, αναζήτησης και σχολιασμού ψηφιακών δομημάτων, δυνατότητα δημιουργίας μικρών ψηφιακών ομάδων συνεργασίας.

Τα ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα, σύμφωνα με την κονστραξιονιστική θεώρηση της μάθησης, πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να ενσωματώνουν τις κατάλληλες λειτουργικότητες (affordances) που τους παρέχουν στον μαθητή πρόσβαση σε δυναμικές ιδέες και ταυτόχρονα επιτρέπουν την κατασκευή και τον διαμοιρασμό ψηφιακών δομημάτων (Noss & Clayson, 2015). Οι λειτουργικότητες του περιβάλλοντος διαμορφώνονται από τα διαθέσιμα εργαλεία για κατασκευή αλλά ταυτόχρονα και από τις συμπεριφορές και τις ερμηνείες που οι μαθητές μπορεί να αποδώσουν στα εργαλεία αυτά καθώς τα χρησιμοποιούν. Συνεπώς το είδος και οι διασυνδέσεις των διαθέσιμων εργαλείων μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο στις στρατηγικές που θα επινοήσουν και θα εκφράσουν οι μαθητές. Οι Noss και Clayson (2015) προτείνουν έξι χαρακτηριστικά τα οποία διέπουν τον κονστραξιονιστικό σχεδιασμό ψηφιακών μαθησιακών περιβαλλόντων:

1. Η ιδέα της μοντελοποίησης, δηλαδή της διαδικασίας κατασκευής, αναστοχασμού και αποσφαλμάτωσης μέσα από την οποία οι μαθητές θα μπορέσουν να αναπτύξουν νοήματα για δυναμικές ιδέες
2. Η πρόσβαση στη διαδικασία μοντελοποίησης ώστε οι μαθητές να μπορούν να διερευνούν πως δημιουργήθηκαν τα μοντέλα
3. Η διαβάθμιση σε στρώσεις επιστημονικών εννοιών, ενσωματώνοντας στο μαθησιακό περιβάλλον διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων διαβαθμισμένης πολυπλοκότητας
4. Η προσαρμογή του περιβάλλοντος στην πολιτισμική και κοινωνική ατζέντα των μαθητών
5. Η προώθηση της συνεργασίας, επιτρέποντας στους μαθητές να διαμοιράζονται τα κατασκευάσματά τους και τις ιδέες τους δια ζώσης ή από απόσταση

Καθώς ο κονστραξιονισμός μελετά την παραγωγή και τον μετασχηματισμό νοημάτων από τους μαθητές μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια, υπό συγκεκριμένες συνθήκες και με τη χρήση συγκεκριμένων εργαλείων, μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια περισσότερο εγκαθιδρυμένη και πρακτική θεωρία από τον κονστρουκτιβισμό (Ackerman, 2001). Ερευνητικά έχει συνεισφέρει σημαντικά στη μελέτη της μαθησιακής δραστηριότητας και των διαδικασιών κατασκευής νοημάτων για έννοιες οι οποίες δεν ήταν εύκολα προσβάσιμες ή αντιληπτές από τους μαθητές με τις παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις.

2.2.3 Κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις της μάθησης

Οι κοινωνικοπολιτισμικές (socio-cultural) θεωρίες μάθησης εστιάζουν στην κοινωνική και πολιτιστική φύση της νόησης υποστηρίζοντας ότι η γνώση οικοδομείται σε κοινωνικό και όχι ατομικό επίπεδο. Βασικός εκπρόσωπός αυτής της προσέγγισης είναι ο σοβιετικός ψυχολόγος Lev Vygotsky (1896/1934) ο οποίος, ερχόμενος σε αντίθεση με την ατομιστική προσέγγιση του ριζοσπαστικού και του κλασσικού κονστρουκτιβισμού, υποστήριξε ότι η ανάπτυξη της νόησης είναι μια δραστηριότητα κοινωνικής αλληλεπίδρασης που διαμορφώνεται ανάλογα με την

κουλτούρα και τα εργαλεία του κοινωνικού συστήματος μέσα στο οποίο πραγματοποιείται. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της γνώσης έχει ο προφορικός λόγος ο οποίος διαμορφώνει την πραγματικότητα και αποτελεί προϋπόθεση και εργαλείο διαμεσολάβησης για την οικοδόμηση νοημάτων (Duffy & Cunningham, 1996). Σύμφωνα με τις έρευνες του Vygotsky ο λόγος του παιδιού είναι εξίσου σημαντικός με τη δράση για την επίτευξη ενός στόχου. Χρησιμοποιώντας λέξεις, το παιδί δημιουργεί ένα συγκεκριμένο σχέδιο δράσης στο οποίο συμπεριλαμβάνει ερεθίσματα που δεν βρίσκονται στο άμεσο οπτικό του πεδίο. Στη συνέχεια εφαρμόζει η λύση που προετοίμασε στην πράξη (Vygotsky, 2000).

Κεντρικό στοιχείο της θεωρίας του Vygotsky, που επηρέασε σημαντικά τις μετέπειτα προσεγγίσεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση, είναι η ιδέα της Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης (ΖΕΑ). Σύμφωνα με τον Vygotsky, το παιδί διαθέτει ένα συγκεκριμένο και ορατό γνωστικό επίπεδο που αποτελείται από λειτουργίες που έχει ήδη εσωτερικεύσει, αλλά και ένα σύνολο από γνώσεις και δεξιότητες που βρίσκονται σε μια λανθάνουσα κατάσταση και μπορούν να αναπτυχθούν με τη διαμεσολάβηση ατόμων του περιβάλλοντός του όπως οι συνομήλικοι, οι γονείς ή οι εκπαιδευτικοί. Η ΖΕΑ προσδιορίζει αυτή τη διαφορά μεταξύ των δύο συνόλων, δηλαδή μεταξύ του πυρήνα των γνώσεων που γνωρίζει το παιδί ότι κατέχει και αυτών που εν δυνάμει θα κατακτήσει μέσα από τη συνεργασία και την καθοδήγηση των άλλων (Vygotsky, 1986). Από αυτή την οπτική, η διδασκαλία θα πρέπει να εστιάζει στην υποστήριξη της ανάπτυξης των δυνατοτήτων του μαθητή που βρίσκονται στη ΖΕΑ, έχοντας περισσότερο τη μορφή συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ δασκάλου και μαθητή παρά μεταφοράς της γνώσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την παροχή ενός «πλαίσιου υποστήριξης» στον μαθητή το οποίο σταδιακά θα υποχωρεί μέχρι ο μαθητής να εσωτερικεύσει τη νέα γνώση. Το πλαίσιο υποστήριξης διαμορφώνεται τόσο από τις αλληλεπιδράσεις δασκάλου με μαθητή και μαθητή με μαθητή όσο και από τις λειτουργικότητες (affordances) του μαθησιακού περιβάλλοντος (Duffy & Cunningham, 1996). Συνεπώς εξίσου σημαντικό ρόλο στη μάθηση έχει η επιλογή και η ενσωμάτωση των κατάλληλων λειτουργικοτήτων στο ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον που να υποστηρίζουν τη προοδευτική οικοδόμηση και ενσωμάτωση της νέας γνώσης από τον μαθητή και ταυτόχρονα να προωθούν τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων, την ανταλλαγή ιδεών και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (Κόμης, 2004).

Η κοινωνικοπολιτισμική θεωρία του Vygotsky αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη ενός συνόλου θεωριών, πλαισίων και μοντέλων για τη διδασκαλία και τη μάθηση που εστιάζουν στην κοινωνική φύση της γνώσης. Οι περισσότερες κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες τοποθετούν και μελετούν τη μάθηση σε ένα διευρυμένο κοινωνικό και πολιτιστικό σύστημα μέσα στο οποίο λειτουργεί και αλληλεπιδρά το άτομο. Το πλαίσιο αυτό είναι αντίθετο από αυτό των κοινωνικογνωστικών θεωριών που θεωρούν ότι η γνώση οικοδομείται εσωτερικά στο μυαλό του ατόμου και αποτελεί μια προσωπική διαδικασία. Ένα μοντέλο που φαίνεται να γεφυρώνει τις κοινωνικογνωστικές θεωρίες

με τις κοινωνικοπολιτισμικές είναι αυτό της «εγκαθιδρυμένης μάθησης» μέσα σε κοινότητες πρακτικής (Duffy & Cunningham, 1996, Κόμης 2003). Το μοντέλο αυτό εστιάζει στη μάθηση ως κοινωνική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε ομάδες ή κοινότητες που συμμετέχει το άτομο και αναλαμβάνει κάποιες εργασίες. Η κάθε ομάδα έχει τα δικά της τεχνουργήματα διαμεσολάβησης, γλώσσα, σύμβολα, κανόνες, εργαλεία, τα οποία διαμορφώνουν τις γνωστικές διεργασίες του ατόμου που μετέχει σε αυτή. Αν λάβουμε ως παράδειγμα τέτοιας ομάδας την τάξη τότε μπορούμε να εστιάσουμε στις διαδικασίες κατασκευής νοημάτων του μαθητή όπως αυτές αναπτύσσονται και εγκαθιδρύονται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και με τα συγκεκριμένα τεχνουργήματα διαμεσολάβησης.

Εντούτοις, στη θεώρηση της εγκαθιδρυμένης μάθησης προκύπτει το ζήτημα της γενίκευσης και της μεταφοράς της γνώσης σε άλλα πλαίσια. Καθώς η γνώση οικοδομείται στα όρια ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος μάθησης, οι δυνατότητες και τα εργαλεία που προσφέρει αυτό το περιβάλλον στον μαθητή μπορούν να διευκολύνουν, ή και να εμποδίσουν, τη διαδικασία γενίκευσης των κατασκευασμένων νοημάτων (Crook, 1994). Οι Noss και Hoyles (1996), θεωρούν ότι όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν τα υπολογιστικά εργαλεία και τις δυνατότητες ενός ψηφιακού κονστραξιονιστικού περιβάλλοντος μάθησης σε συγκεκριμένες καταστάσεις επίλυσης προβλήματος, ενδέχεται να δημιουργήσουν νοήματα για μαθηματικές έννοιες που έχουν τη μορφή «εγκαθιδρυμένων αφαιρέσεων». Θεωρούνται αφαιρέσεις υπό την έννοια ότι οι μαθητές αναπτύσσουν επιστρώσεις νοημάτων και διασυνδέσεις γνώσεων. Ταυτόχρονα όμως είναι εγκαθιδρυμένες καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούν συγκεκριμένες δυνατότητες που προσφέρει ένα ψηφιακό εργαλείο για να καταφέρουν να κατασκευάσουν, να εκφράσουν και να διασυνδέουν τα νοήματα αυτά.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η κοινωνικοπολιτισμική σχολή της νόησης και της μάθησης έχει συμβάλει στη διαμόρφωση ενός νέου πλαισίου ένταξης και χρήσης των τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, που δίνει έμφαση στην υποστήριξη των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων των μαθητών, του διαλόγου και της επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Οι Borba και Villarereal (2005) διατυπώνουν την ιδέα των «ανθρώπων-με-μέσα» (human-with-media) για να προσεγγίσουν και να μελετήσουν την κατασκευή της γνώσης στη σημερινή εποχή. Υποστηρίζουν ότι η γνώση κατασκευάζεται μέσα σε κοινότητες ατόμων που χρησιμοποιούν και αλληλεπιδρούν με ψηφιακές τεχνολογίες και όχι από μεμονωμένα άτομα. Θεωρούν ότι οι νέες τεχνολογίες προσδίδουν μια νέα διάσταση στη νόηση και τη μνήμη η οποία ξεφεύγει από τον γραμμικό συλλογισμό της γραφής και της ανάγνωσης καθώς τον εμπλουτίζει με νέες δυναμικές αναπαραστάσεις. Δημιουργείται έτσι μια νέα γλώσσα που περιλαμβάνει τον γραπτό και τον προφορικό λόγο αλλά και τις εικόνες, τις προσομοιώσεις και τη συνεχή επικοινωνία των ψηφιακών μέσων. Υπό αυτό το πρίσμα, η τεχνολογία αποκτά ένα ρόλο διαμεσολάβησης της σκέψης, αντίστοιχο με αυτόν της γλώσσας στην

προσέγγιση του Vygotsky, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εργαλείο έκφρασης νοημάτων και ιδεών παράλληλα με τον προφορικό και τον γραπτό λόγο (Κυνηγός, 2011).

Ένα ψηφιακό περιβάλλον μπορεί να προσφέρει νέες δυνατότητες για επικοινωνία, κατασκευή και διερεύνηση της γνώσης οι οποίες επιτρέπουν ανθρώπινη δραστηριότητα που δεν θα ήταν εφικτή με άλλα μέσα. Έτσι η προσέγγιση της τεχνολογίας ως εργαλείο διαμεσολάβησης ιδεών, έχει αξιοποιηθεί από αρκετούς ερευνητές για τη μελέτη της μαθησιακής διαδικασίας γύρω από γνωστικές έννοιες, που συχνά οι μαθητές δυσκολεύονται να εντοπίσουν, να εκφράσουν και να αντιληφθούν με παραδοσιακές μεθόδους. Αντίστοιχα και η ερευνήτρια, στοχεύοντας να προκαλέσει μια καινοτόμα δραστηριότητα που θα επιτρέψει στους μαθητές να διερευνήσουν και να εκφράσουν σύνθετες και «αφηρημένες» υπολογιστικές πρακτικές, όπως η αφαίρεση, ανέπτυξε λογισμικά που ενσωματώνουν ένα σύνολο λειτουργικοτήτων επικοινωνίας, διερεύνησης και κατασκευής. Στόχος της είναι να εξετάσει πως διαμορφώνονται και μετασχηματίζονται οι υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών, όταν σκέφτονται και δρουν σε ένα κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο που η τεχνολογία αποτελεί κεντρικό μέσο επικοινωνίας, έκφρασης και δημιουργίας. Στην επόμενη ενότητα αναπτύσσεται περαιτέρω η προσέγγιση των υπολογιστών ως εκφραστικά εργαλεία και η συμβολή της στη διαμόρφωση ενός νέου «αλφαριθμητισμού» που περιλαμβάνει την δεξιότητα της υπολογιστικής σκέψης.

2.3. Υπολογιστικός Γραμματισμός και Υπολογιστική Σκέψη

2.3.1 Οι υπολογιστές ως εκφραστικά και νοητικά εργαλεία

Τα ψηφιακά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορεί να διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τη σημειωτική αναπαράσταση της πληροφορίας και τις προσφερόμενες δυνατότητες εμπλοκής με αυτή, ανάλογα τη γνωστική θεωρία στην οποία βασίζεται ο σχεδιασμός τους (Κόμης, 2003. Grizioti & Kynigos, 2019). Τα πρώτα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης στηρίζονταν στη συμπεριφοριστική θεώρηση της γνώσης και σχεδιάζονταν με κεντρικό άξονα την οργάνωση και δόμηση της πληροφορίας και τη μετάδοσή της στον μαθητή μέσα από μικρά σειριακά βήματα (Valdez et al, 1999). Ο Taylor (1980) κατατάσσει τα συστήματα αυτά στην κατηγορία «ο υπολογιστής ως δάσκαλος», αναφερόμενος στη σχέση υπολογιστή-μαθητή κατά τη μαθησιακή δραστηριότητα. Στην περίπτωση αυτή, ο μαθητής είναι αποδέκτης μιας συγκεκριμένης και προκαθορισμένης γνώσης και ο υπολογιστής έχει τον ρόλο του δασκάλου που θα μεταδώσει την πληροφορία. Πρόκειται συνήθως για συστήματα διδασκαλίας καθοδηγούμενης από τον υπολογιστή, όπως τα συστήματα εξάσκησης και πρακτικής, καθοδηγητικής εκμάθησης, και επίλυσης κλειστών προβλημάτων.

Πολλοί ερευνητές, ερχόμενοι σε αντίθεση με την συμπεριφοριστική θεώρηση της νόησης, υποστήριξαν ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες ενδυναμώνουν τη μάθηση εφόσον αξιοποιούνται ως

εργαλεία διερεύνησης, ανακάλυψης και προσωπικής έκφρασης από τους μαθητές και όχι ως πομποί πληροφοριών (Kafai & Resnick, 2012, Papert 1993). Οι Jonassen, Carr και Yueh (1998) ισχυρίζονται πως οι μαθητές θα πρέπει να μαθαίνουν *μαζί* με την τεχνολογία και όχι *από* αυτή, τονίζοντας τη σημασία της ενεργής εμπλοκής του μαθητή με το υπολογιστικό εργαλείο. Υπό αυτό το πρίσμα, προκύπτει το ζήτημα της πρόσθετης παιδαγωγικής αξίας που προσφέρει ένα ψηφιακό περιβάλλον στην ανθρώπινη δραστηριότητα (Κυνηγός, 2007). Η πρόσθετη παιδαγωγική αξία ενός ψηφιακού μαθησιακού περιβάλλοντος συνίσταται στο ότι *μπορεί να διαθέσει πολύ-αναπαραστασιακά εργαλεία με τα οποία ο μαθητής να αποκτήσει εμπειρίες έκφρασης εννοιών και επιστημονικής επιχειρηματολογίας, διαχείρισης της πληροφορίας, δράσης μέσα σε πολύπλοκες συλλογικότητες, εξάσκησης στην κρίση και τη δημιουργική αμφισβήτηση*. (Κυνηγός 2011). Αντίστοιχο προβληματισμό θέτει και ο diSessa (2001) αναφερόμενος στα σύγχρονα εκπαιδευτικά λογισμικά. Όπως υποστηρίζει, *ένα λογισμικό δεν αρκεί να είναι ελκυστικό για να είναι κατάλληλο για μάθηση. Θα πρέπει να αναρωτηθούμε ποιος μαθαίνει από τη χρήση του, πως μαθαίνει και ποιος είναι ο μακροπρόθεσμος αντίκτυπος της αυτής μάθησης*.

Στον αντίποδα των συμπεριφοριστικών περιβαλλόντων, βρίσκονται αυτά που υποστηρίζουν τη μάθηση μέσω δραστηριοτήτων κατασκευής, διερεύνησης και ελεύθερου πειραματισμού. Τα περιβάλλοντα αυτά συνήθως σχεδιάζονται με γνώμονα εποικοδομητικές και κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις της νόησης (Κυνηγός, 2011). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι εφαρμογές πειραματισμού με μοντέλα και προσομοιώσεις, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια, τα εργαστήρια σε υπολογιστή, οι υπολογιστικοί μικρόκοσμοι και οι βάσεις δεδομένων (Κυνηγός, 2011, Κόμης, 2004). Στην ταξινόμηση του Taylor (1980) τα συστήματα αυτά ανήκουν στην κατηγορία «ο υπολογιστής ως εργαλείο» καθώς λειτουργούν ως εργαλεία διαμεσολάβησης που θα χρησιμοποιήσει ο μαθητής για να ανακαλύψει, να κατασκευάσει και να επικοινωνήσει τη γνώση. Στην περίπτωση αυτή τα ψηφιακά περιβάλλοντα μετασχηματίζονται σε «*νοητικά εργαλεία*» στα χέρια των μαθητών με τα οποία μπορούν να ερμηνεύσουν και να οργανώσουν την προσωπική τους γνώση (Jonassen et al 1998).

Η διαφοροποίηση ενός ψηφιακού κατασκευάσματος (artifact) από τη χρήση του ως εργαλείο (instrument) και η διαδικασία μετασχηματισμού του, περιγράφεται από την προσέγγιση της «εργαλειακής γένεσης». Σύμφωνα με τους Verillon και Rabardel (1995) ένα τεχνολογικό κατασκευάσμα, όπως και οποιοδήποτε φυσικό αντικείμενο, δεν έχει αυτόματα και τον ρόλο του εργαλείου, αλλά μετασχηματίζεται σε εργαλείο μέσα από την προοπτική χρήσης που του προσδίδει ο χρήστης του. Υπό αυτό το πρίσμα ένα «νοητικό εργαλείο» είναι μια σύνθετη οντότητα που συνίσταται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι «το κατασκευάσμα» δηλαδή το δόμημα που επιτρέπει να εκτελεστεί ένα σύνολο από ενέργειες. Το κατασκευάσμα μπορεί να είναι υλικό αντικείμενο, για παράδειγμα ένα βιολί, ψηφιακό αντικείμενο, για παράδειγμα ένα ψηφιακό παιχνίδι

ή αφηρημένο αντικείμενο, για παράδειγμα ένα σύμβολο ή ένας αλγόριθμος. Το δεύτερο μέρος είναι τα νοητικά «σχήματα χρήσης» που αναπτύσσει ο χρήστης για να χρησιμοποιήσει το δόμημα σε συγκεκριμένες δραστηριότητες. Για παράδειγμα ο τρόπος, δηλαδή το σχήμα, χρήσης της δυνατότητας «δυναμικού χειρισμού» που προσφέρει ένα λογισμικό μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα την τρέχουσα δραστηριότητα και τον σκοπό του χρήστη. Ο συνδυασμός των δύο στοιχείων δημιουργεί μια ουσιαστική σχέση μεταξύ του χρήστη και του αντικειμένου, προσδίδοντάς του το ρόλο του εργαλείου. Ο όρος «εργαλειακή γένεση» αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία το άτομο αναπτύσσει σχήματα χρήσης και μετασχηματίζει ένα δόμημα σε ένα εργαλείο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, κατά τη διαδικασία της εργαλειακής γένεσης, το αρχικό κατασκεύασμα ενδέχεται να τροποποιηθεί ή να εμπλουτιστεί ώστε να εξυπηρετήσει καλύτερα τα σχήματα χρήσης που αναπτύσσονται από τον χρήστη του (Artigue, 2002). Ένας παίκτης με γνώσεις προγραμματισμού, για παράδειγμα, θα μπορούσε να τροποποιήσει στοιχεία από τον αλγόριθμο ενός παιχνιδιού για να εξυπηρετεί καλύτερα τον τρόπο που έχει σκεφτεί για να νικήσει. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μια αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του κατασκευάσματος κατά την οποία το κατασκεύασμα αλλάζει τον τρόπο σκέψης του χρήστη αλλά ταυτόχρονα και ο χρήστης αλλάζει το κατασκεύασμα αξιοποιώντας τις δυνατότητες επέμβασης που του προσφέρει (Hoyles & Noss, 2003). Η διαδικασία αυτή ονομάστηκε από τους Guin και Trough (1999) «Αλλοίωση του κατασκευάσματος» (instrumentalization).

Τα ψηφιακά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που επιτρέπουν στον μαθητή να επέμβει και να τροποποιήσει δομικά στοιχεία τους ανήκουν στην κατηγορία του «υπολογιστή ως μαθητή» (Taylor, 1980). Ο μαθητής καθώς τροποποιεί και «αλλοιώνει» την κατασκευή μαθαίνει από τον υπολογιστή και ταυτόχρονα διδάσκει στον υπολογιστή νέες λειτουργίες, διαμορφώνοντας έτσι μια διαδικασία αμφίδρομου γραμματισμού (diSessa, 2001). Το κατασκεύασμα, σε αυτή την περίπτωση, αναδιαμορφώνεται συνεχώς από τον μαθητή και τελικά ενδέχεται να μετασχηματιστεί σε ένα αρκετά διαφορετικό δόμημα από αυτό που είχε σκεφτεί ο δημιουργός του (Artigue 2002).

Από την εμφάνιση των πρώτων προγραμματιζόμενων υπολογιστικών περιβαλλόντων ευρείας χρήσης, πολλοί ερευνητές έχουν εστιάσει στη μελέτη των διαδικασιών οικοδόμησης νέας γνώσης από τα παιδιά καθώς σχεδιάζουν τροποποιούν και δημιουργούν κατασκευάσματα προγραμματίζοντας τον υπολογιστή. Εκτός από τη μελέτη της νοηματοδότησης εννοιών από συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα, όπως τα μαθηματικά, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον προκύπτει για τον συνολικότερο τρόπο σκέψης που αναπτύσσει το παιδί όταν εμπλέκεται στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων με υπολογιστικό-αλγοριθμικό τρόπο. Την τελευταία δεκαετία, η ερευνητική κοινότητα εστιάζει στην αποσαφήνιση και τον ορισμό αυτού του τρόπου σκέψης

καθώς και στον ρόλο που έχει στην προετοιμασία των νέων για τις ανάγκες της ψηφιακά μεταβαλλόμενης κοινωνίας του 21^{ου} αιώνα (Grover & Pea, 2018. Wing 2011).

2.3.2 Υπολογιστική σκέψη: Ένας γραμματισμός του 21^{ου} αιώνα

Τη δεκαετία του 1980, ο Papert χρησιμοποίησε τον όρο «αλγοριθμική σκέψη» (Papert, 1991) για να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι μαθητές όταν κατασκευάζουν τα δικά τους ψηφιακά δομήματα με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo (Feuzring, 1969). Με τον όρο αυτό περιγράφει τις νοητικές διαδικασίες που ακολουθεί ο μαθητής για την κατασκευή ενός αλγόριθμου με τον οποίο θα επιλύσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, όπως είναι ο ορισμός του προβλήματος, η διάσπασή του σε μικρότερα διαχειρίσιμα τμήματα και ο καθορισμός σαφών βημάτων για την επίλυσή του. Σύμφωνα με τον Papert, η αλγοριθμική σκέψη, παρ' ότι προέρχεται από την επιστήμη των υπολογιστών, περιλαμβάνει σημαντικές δεξιότητες διαχείρισης και επίλυσης προβλημάτων και συνεπώς μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά πλαίσια, όπως στη γεωμετρία.

Δύο δεκαετίες αργότερα, ο diSessa (2001) περιγράφει έναν επικείμενο γραμματισμό ο οποίος βασίζεται στη χρήση ψηφιακών μέσων αλλά ταυτόχρονα ξεφεύγει από τα στενά όρια της τυπικής τεχνολογικής ευχέρειας, δηλαδή της εξοικείωσης με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο diSessa θεωρεί τον «υπολογιστικό γραμματισμό», όπως τον ονομάζει, εξίσου θεμελιώδη με τους γνωστούς γραμματισμούς, όπως ο μαθηματικός και ο αλφαβητικός, για την ανθρώπινη δραστηριότητα και την κατανόηση του κόσμου. Τον περιγράφει ως έναν αμφίδρομο αλφαβητισμό στον οποίο το άτομο αναπτύσσει νέες γνώσεις και δεξιότητες *μαζί με και όχι από* τα ψηφιακά εργαλεία. Κεντρικό κομμάτι του είναι η ανακάλυψη και η έκφραση επιστημονικών ιδεών μέσα από την κατασκευή, την τροποποίηση και τον διαμοιρασμό δομημάτων, όπως μοντέλα, προγράμματα, προσομοιώσεις, με ψηφιακά εκφραστικά εργαλεία. Ο diSessa στην ανάλυσή του διαχωρίζει τρεις πυλώνες που συγκροτούν κάθε γραμματισμό, και κατά συνέπεια και τον υπολογιστικό: α) Ο υλικός πυλώνας, δηλαδή τα μέσα για διερεύνηση, νοητική διεργασία και ερμηνεία των ιδεών, όπως είναι η γλώσσα στον αλφαβητικό γραμματισμό, η άλγεβρα στον μαθηματικό γραμματισμό, οι υπολογιστές και οι γλώσσες προγραμματισμού στον υπολογιστικό γραμματισμό, β) ο γνωστικός πυλώνας, δηλαδή η προσωπική γνώση που κατασκευάζει το κάθε άτομο καθώς παράγει δομήματα και εκφράζεται με τα διαθέσιμα υλικά μέσα και γ) ο κοινωνικός πυλώνας, δηλαδή ο διαμοιρασμός και η επικοινωνία της προσωπικής γνώσης που, με τη βοήθεια των υλικών μέσων, ενδέχεται να οδηγήσει στην αναθεώρηση των ιδεών ή στη δημιουργία νέας γνώσης. Ο υπολογιστικός γραμματισμός, σύμφωνα με τον diSessa, προσφέρει πιο ενισχυμένα και πιο πλούσια υλικά τα οποία κάνουν προσιτές έννοιες που ήταν δύσκολο να διερευνηθούν και να εκφραστούν με τα μέσα των υπάρχοντων γραμματισμών, για παράδειγμα με τη γραπτή γλώσσα. Ο συνδυασμός σύγχρονων εκφραστικών εργαλείων, όπως μια γλώσσα προγραμματισμού, ο δυναμικός χειρισμός, μια προσομοίωση ή μια βάση δεδομένων, μπορεί να επιτρέψει την αναπαράσταση πολύπλοκων επιστημονικών ιδεών και

φαινομένων και τη διερεύνησή τους ακόμα και από μαθητές μικρής ηλικίας, κάτι που θα ήταν αδύνατο χωρίς τα μέσα αυτά. Συνεπώς, ο diSessa θεωρεί ότι η καλλιέργεια δεξιοτήτων και γνώσεων υπολογιστικού γραμματισμού είναι εξίσου σημαντική με τις γνώσεις άλγεβρας ή γλώσσας για τους μαθητές του 21^{ου} αιώνα, καθώς θα τους επιτρέψει να εκφράσουν νέες ιδέες και να κατασκευάσουν νέα γνώση.

Εν συνεχεία, η Wing (2006) χρησιμοποιεί τον όρο «Υπολογιστική Σκέψη» για να επεκτείνει τις ιδέες του Papert και του diSessa σε ένα πολυεπιστημονικό πλαίσιο εφαρμογής υπολογιστικών διαδικασιών, που δεν περιορίζεται στην πληροφορική, στα μαθηματικά ή στη φυσική. Η Wing περιγράφει τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης ως ένα σύνολο εννοιών, πρακτικών και συμπεριφορών οι οποίες αντλούνται από την επιστήμη των υπολογιστών, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν ευρύτερα για *«την επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς»*. Η προσέγγιση της Wing τροφοδότησε έναν αριθμό ερευνών που εστιάζουν στον ορισμό της υπολογιστικής σκέψης και την απαρίθμηση των στοιχείων που περιλαμβάνει.

Έκτοτε, πολλοί ερευνητές αλλά και διεθνείς οργανισμοί, έχουν αναγνωρίσει την υπολογιστική σκέψη ως μια από τις δεξιότητες που πρέπει να αναπτύξουν όλα τα παιδιά, από μικρές ηλικίες, ώστε να προετοιμαστούν για την «ψηφιακή» κοινωνία του 21^{ου} αιώνα. Το 2011 ο παγκόσμιος οργανισμός για την τεχνολογία στην εκπαίδευση (ISTE) σε συνεργασία με τον διεθνή σύλλογο καθηγητών πληροφορικής (CSTA) διατύπωσαν έναν «λειτουργικό» ορισμό για την υπολογιστική σκέψη και τα χαρακτηριστικά της. Όπως αναφέρει ο ορισμός η υπολογιστική σκέψη είναι μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων που περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τη διατύπωση προβλημάτων με τρόπο που να επιτρέπει τη χρήση υπολογιστών και άλλων εργαλείων για την επίλυσή τους
- Τη λογική οργάνωση και ανάλυση δεδομένων
- Την αναπαράσταση δεδομένων μέσω αφαιρέσεων όπως είναι τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις
- Την αυτοματοποίηση λύσεων μέσω της αλγοριθμικής σκέψης (δηλαδή με τη δημιουργία μιας σειράς ταξινομημένων βημάτων)
- Την αναγνώριση, ανάλυση και υλοποίηση πιθανών λύσεων με στόχο την επίτευξη του αποδοτικότερου και αποτελεσματικότερου συνδυασμού βημάτων και πόρων
- Τη γενίκευση και μεταφορά αυτής της διαδικασίας επίλυσης προβλήματος σε ένα ευρύτερο σύνολο προβλημάτων

Σήμερα, η πλειοψηφία των ερευνητών συγκλίνει στα περισσότερα σημεία του παραπάνω ορισμού. Συνοψίζοντας τους διαφορετικούς ορισμούς και προσεγγίσεις που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία,

μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η υπολογιστική σκέψη βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες και πρακτικές της επιστήμης των υπολογιστών και περιλαμβάνει νοητικές διαδικασίες συστηματικής και αποτελεσματικής επεξεργασίας και διαχείρισης πληροφοριών για την επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Lee κ.ά., 2011. Aho, 2012. Denning, 2009. Barr & Stephenson, 2011). Αν και τα στοιχεία της προέρχονται από το πεδίο της πληροφορικής, μπορούν να εφαρμοστούν ευρύτερα για την υπολογιστική επίλυση προβλημάτων σε πολλά επιστημονικά πεδία και στην καθημερινή ζωή (Li. κ.ά., 2020, Barr, Harrison & Conery, 2011). Αρκετοί έχουν υποστηρίξει πως η υπολογιστική σκέψη μοιράζεται κοινά στοιχεία με άλλες μορφές σκέψης όπως η μαθηματική, η αναλυτική, η μηχανική και η αφαιρετική σκέψη (Wing, 2011. Hu, 2011). Η διαφορά της έγκειται στο ότι συνδυάζει στοιχεία επίλυσης προβλημάτων από διαφορετικούς τομείς, όπως είναι η γενίκευση, ο επαναληπτικός σχεδιασμός, η ανάλυση δεδομένων, η μοντελοποίηση, και τις ενσωματώνει σε πλαίσια που πλέον είναι εφικτό να εφαρμοστούν λόγω των σύγχρονων υπολογιστικών μέσων και εργαλείων (Barr, Harrison & Conery, 2011. Lee κ.ά., 2013). Προσφέρει δηλαδή μια ισχυρότερη και πιο αποτελεσματική μορφή επίλυσης τόσο θεωρητικών όσο και πρακτικών καθημερινών προβλημάτων μέσα από τον συνδυασμό γνωστικών δεξιοτήτων και υπολογιστικών υλικών μέσων (Shute, Sun & Asbell-Clarke, 2017). Σε αυτό το πλαίσιο, τα υπολογιστικά περιβάλλοντα και οι λειτουργικότητές τους γίνονται εργαλεία διαμεσολάβησης και διάδοσης της υπολογιστικής σκέψης όπως ακριβώς η τυπογραφία στη γραφή και η άλγεβρα στα μαθηματικά.

2.3.3 Στοιχεία υπολογιστικής σκέψης: Έννοιες και πρακτικές

Την τελευταία δεκαετία, αρκετοί ερευνητές και οργανισμοί εστιάζουν στην απαρίθμηση και την αποσαφήνιση των επιμέρους στοιχείων που συνιστούν την υπολογιστική σκέψη, χωρίς ωστόσο να έχουν καταλήξει σε έναν κοινό ορισμό. Οι περισσότεροι φαίνεται να συμφωνούν πως η υπολογιστική σκέψη αποτελείται από ένα σύνολο *εννοιών, πρακτικών, και συμπεριφορών* τις οποίες εφαρμόζουν οι επιστήμονες της πληροφορικής για να διαχειριστούν και να επιλύσουν προβλήματα με υπολογιστικά μέσα (Li κ.ά., 2020. Grover & Pea, 2018. Fessakis κ.ά. 2018.) Μεταξύ των πρακτικών είναι η ανάλυση ενός συστήματος και η αποδόμηση ενός προβλήματος σε επιμέρους τμήματα, η αυτοματοποίηση μιας λύσης με αλγοριθμικό τρόπο, η αναγνώριση μοτίβων μεταξύ διαφορετικών προβλημάτων και λύσεων, η γενίκευση και η αφαίρεση μιας λύσης ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε περισσότερα προβλήματα, η συστηματική επεξεργασία και αναπαράσταση δεδομένων, η αξιολόγηση και η αναθεώρηση μιας λύσης.

Οι Brennan και Resnick (2012) κατηγοριοποιούν τα στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης σε τρεις επιμέρους πτυχές: α) τις *υπολογιστικές έννοιες (concepts)*, δηλαδή τις αλγοριθμικές έννοιες που χρησιμοποιεί το άτομο κατά την επίλυση ενός προβλήματος όπως είναι οι δομές επιλογής και επανάληψης, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, οι μεταβλητές, β) τις *υπολογιστικές πρακτικές*

(practices) , δηλαδή τις τεχνικές που εφαρμόζει το άτομο κατά την επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο όπως είναι η αποδόμηση, η αποσφαλμάτωση και ο επαναληπτικός σχεδιασμός και γ) τις *υπολογιστικές οπτικές (perspectives)*, δηλαδή τις προοπτικές και τις απόψεις που αναπτύσσει το άτομο για τον κόσμο γύρω του μέσα από αυτή τη δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα η άποψη του για την επικοινωνία και την έκφραση. Αντίστοιχα οι Grover και Pea (2018) στην ανάλυσή τους εντάσσουν τα στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης σε δύο κατηγορίες: Τις *υπολογιστικές έννοιες* που περιλαμβάνουν ιδέες από την επιστήμη των υπολογιστών όπως είναι η δημιουργία αλγορίθμων, η χρήση λογικών τελεστών, η επανάληψη και η αναδρομή και τις *υπολογιστικές πρακτικές*, που περιλαμβάνουν ευρύτερες δεξιότητες επίλυσης προβλήματος όπως είναι η αναγνώριση μοτίβων, η αφαίρεση και η συνεργασία.

Ο διαχωρισμός σε έννοιες, πρακτικές και οπτικές φαίνεται να αντιστοιχεί με τις νοητικές διαδικασίες που εμπλέκεται το άτομο όταν σχεδιάζει και κατασκευάζει μια υπολογιστική λύση με προγραμματισμό. Οι Robins κ.ά. 2003 περιγράφουν τρεις διαστάσεις της εμπλοκής του ατόμου με τον προγραμματισμό. Η πρώτη είναι η *εννοιολογική γνώση* των βασικών στοιχείων και κανόνων δημιουργίας ενός προγράμματος με μια γλώσσα προγραμματισμού, όπως το συντακτικό της γλώσσας και τα εργαλεία σύνταξης, εκτέλεσης και αποσφαλμάτωσης του προγράμματος, που συνάδει με την κατηγορία των υπολογιστικών εννοιών. Η δεύτερη είναι οι *πρακτικές* που χρειάζονται για τον αποτελεσματικό συνδυασμό των στοιχείων μιας γλώσσας προγραμματισμού προκειμένου να δομηθεί μια αποτελεσματική λύση σε ένα πρόβλημα. Η τρίτη είναι τα *νοητικά μοντέλα* που κατασκευάζει το άτομο και επιτρέπουν την κατασκευή αλγοριθμικών λύσεων για έναν ευρύτερο τομέα προβλημάτων, όπως για παράδειγμα η διαδικασία αναπροσαρμογής ενός προγράμματος για την επίλυση ενός διαφορετικού προβλήματος. Έναν αντίστοιχο διαχωρισμό κάνει και ο Mayer (1992) για τις γνώσεις των μαθητών όταν προγραμματίζουν στη γλώσσα Logo. Ο Mayer διαχωρίζει τη *συντακτική* και *σχηματική* γνώση που αφορά τα δομικά στοιχεία της Logo όπως οι εντολές και ο τρόπος σύνταξής τους για τη δημιουργία προγραμμάτων, δηλαδή υπολογιστές έννοιες, από τη *στρατηγική γνώση* που αφορά την αποτελεσματική χρήση της Logo για επίλυση διαφορετικών προβλημάτων, δηλαδή τις υπολογιστικές πρακτικές.

Φαίνεται λοιπόν πως η υπολογιστική σκέψη δεν περιορίζεται μόνο στην απόκτηση γνώσεων για έννοιες του χώρου της πληροφορικής, αλλά πηγαίνει ένα βήμα παραπέρα εστιάζοντας ταυτόχρονα στην οικοδόμηση πιο σύνθετων και «αφηρημένων» πρακτικών και νοητικών μοντέλων που επιτρέπουν την αποτελεσματική εφαρμογή των εννοιολογικών γνώσεων για την επίλυση διαφορετικών προβλημάτων. Στις επόμενες παραγράφους ακολουθεί ανάλυση ορισμένων υπολογιστικών πρακτικών και εννοιών οι οποίες έχουν θεωρηθεί από πολλούς ερευνητές κεντρικά στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης. Εντούτοις, όπως αναφέρθηκε, αυτές είναι μόνο ένα κομμάτι ενός ευρύτερου συνόλου δεξιοτήτων, εννοιών και πρακτικών το οποίο αναθεωρείται συνεχώς από

τους ερευνητές. Έτσι, ενώ η ερευνήτρια κατά τον σχεδιασμό και την ανάλυση της έρευνας εστίασε στη μελέτη της μαθησιακής δραστηριότητας για τις παρακάτω πρακτικές, άφησε παράλληλα περιθώριο για τον πιθανό εντοπισμό νέων πρακτικών υπολογιστικής σκέψης.

2.3.3.1 Η πρακτική της προγραμματιστικής αφαίρεσης

Η δημιουργία αφαιρέσεων θεωρείται από πολλούς ερευνητές μια θεμελιώδης διαδικασία για την επίλυση και τη διαχείριση πολύπλοκων προβλημάτων σε διάφορους επιστημονικούς τομείς (Lee κ.ά. 2011. Wing, 2008. Taub, Armoni & Ben-Ari, 2014). Η ιδέα της αφαίρεσης εντοπίζεται από την αρχαία φιλοσοφία και σύμφωνα με τον φιλόσοφο Locke είναι η νοητική διαδικασία κατά την οποία *«οι ιδέες που αντλούνται από συγκεκριμένες οντότητες και γενικεύονται ώστε να αντιπροσωπεύουν όλες τις οντότητες του ίδιου τύπου»* (Sengupta κ.ά, 2013). Ο μαθηματικός Mitchelmore (2002), βασισμένος στον ορισμό του Skemp, περιγράφει την αφαίρεση ως:

«Τη δραστηριότητα μέσω της οποίας αντιλαμβανόμαστε ομοιότητες μεταξύ των εμπειριών μας. Η δημιουργία κλάσεων αφορά τη συγκέντρωση των εμπειριών μας σε κλάσεις με βάση αυτές τις ομοιότητες. Μια αφηρημένη δομή είναι το αποτέλεσμα αυτής της δραστηριότητας και μας επιτρέπει να αναγνωρίσουμε νέες εμπειρίες που έχουν τις ομοιότητες μιας ήδη σχηματισμένης κλάσης».

Ο Mitchelmore αναφέρεται και αυτός στην αναγνώριση ομοιοτήτων μεταξύ συγκεκριμένων εμπειριών και την κατηγοριοποίησή τους σε κλάσεις. Ωστόσο τονίζει την ιδέα της *αφηρημένης δομής* που είναι το αποτέλεσμα της γενίκευσης των ομοιοτήτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα ανεξάρτητο νοητικό αντικείμενο για την αναγνώριση και την περιγραφή νέων εμπειριών. Η έννοια της αφαίρεσης σε τομείς όπως τα μαθηματικά ή η μηχανική εκφράζεται κυρίως μέσα από τον συμβολικό και αριθμητικό φορμαλισμό και τη δημιουργία μοντέλων ανάλυσης (Kramer, 2007). Για παράδειγμα μια μεταβλητή στα μαθηματικά είναι μια αφηρημένη δομή που αντιπροσωπεύει όλους τους αριθμούς ενός συγκεκριμένου τύπου.

Στην επιστήμη των υπολογιστών η αφαίρεση αναφέρεται συνήθως στη *«διάκριση μεταξύ των εξωτερικών ιδιοτήτων μιας οντότητας και των λεπτομερειών της εσωτερικής της σύνθεσης»* (Brookshear, 2005). Χρησιμοποιείται δηλαδή για την ενθυλάκωση ορισμένων διαδικασιών και λειτουργιών ενός πολύπλοκου συστήματος σε ένα αφηρημένο εργαλείο το οποίο περιγράφει μόνο τα σημαντικά χαρακτηριστικά τους στον χρήστη, αποκρύπτοντας τον τρόπο που υλοποιούνται (Hazzan & Tomayko, 2005). Παράδειγμα ενός τέτοιου εργαλείου είναι ο Αφηρημένος Τύπος Δεδομένων, όπως μια λίστα ή μια στοίβα, ο οποίος αντιπροσωπεύει ένα σύνολο τιμών και των πράξεων που μπορούν να εφαρμοστούν, αποκρύπτοντας την πραγματική αναπαράσταση όλων των πιθανών τιμών από τον χρήστη. Αντίστοιχο παράδειγμα είναι οι κλάσεις και τα αντικείμενα στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Η διαδικασία δημιουργίας αφηρημένων εργαλείων ονομάζεται συχνά προσέγγιση του «μαύρου κουτιού» λόγω της απόκρυψης πληροφοριών. Ο

τελικός χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ‘μαύρο κουτί’ για τον σχεδιασμό λύσεων σε πιο πολύπλοκα προβλήματα, χωρίς να γνωρίζει την εσωτερική του υλοποίηση (Grover & Pea, 2018. Kynigos, 2004).

Η χρήση αφηρημένων στοιχείων επιτρέπει τη δημιουργία πολύπλοκων συστημάτων και την απλοποίηση της διαχείρισής τους από τον τελικό χρήστη (Grover & Pea, 2018. Cook κ.ά, 2012). Κάθε τέτοιο στοιχείο αντιπροσωπεύει ένα επίπεδο αφαίρεσης στο οποίο η χρήση του στοιχείου είναι απομονωμένη από τις λεπτομέρειες της εσωτερικής του σύνθεσης (Brookshear, 2005). Κάθε επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή, δίνει πρόσβαση σε ορισμένες πληροφορίες και αποκρύπτει άλλες δημιουργώντας έτσι μια διαβάθμιση της πολυπλοκότητας αλληλεπίδρασης με το υπολογιστικό σύστημα (Kramer 2007). Η δημιουργία επιπέδων αφαίρεσης είναι θεμελιώδης διαδικασία της υπολογιστικής επίλυσης προβλημάτων. Επιτρέπει στον σχεδιαστή να εστιάσει και να επεξεργαστεί τα συστατικά στοιχεία ενός επιπέδου, τις αλληλεπιδράσεις τους και το πως συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα συστατικό στοιχείο ανώτερου επιπέδου (Brookshear, 2005). Επιπλέον δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης μιας συγκεκριμένης εργασίας του συστήματος χωρίς να απαιτείται η προσπέλαση των λεπτομερειών όλου του συστήματος.

Η Wing (2006) στην περιγραφή της υπολογιστικής σκέψης, υπογραμμίζει πως τα επίπεδα αφαίρεσης αποτελούν τη βασική διαφορά μεταξύ της αφαίρεσης στην επιστήμη των υπολογιστών με τη χρήση της αφαίρεσης σε άλλες επιστήμες όπως είναι τα μαθηματικά. Όπως αναφέρει, τα «γρανάζια» της υπολογιστικής σκέψης είναι ο ορισμός αφαιρέσεων, η εργασία σε πολλαπλά επίπεδων αφαίρεσης και η κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των διαφόρων επιπέδων αφαίρεσης (Wing, 2008). Σύμφωνα με τον Knuth, οι προγραμματιστές χρειάζεται να μπορούν να εναλλάσσονται γρήγορα μεταξύ διαφορετικών επιπέδων αφαίρεσης και ταυτόχρονα να αντιλαμβάνονται το αποτέλεσμα σε μεγάλη και σε μικρή κλίμακα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα που γίνεται χρήση πολλαπλών επιπέδων αφαίρεσης είναι η Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (API), η οποία ορίζει και διατυπώνει τις λειτουργίες ενός υπολογιστικού συστήματος σε εξωτερικού χρήστες, χωρίς όμως να επιτρέπει πρόσβαση στον κώδικα που υλοποιεί αυτές τις λειτουργίες.

Τα αφηρημένα εργαλεία και τα πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης κατέχουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της επιστήμης των υπολογιστών καθώς επιτρέποντας την ανάπτυξη απλοποιημένων μοντέλων για την αναπαράσταση και τη διαχείριση πολύπλοκων φαινομένων (Cook κ.ά 2012. Wing 2011. Brookshear, 2005). Ωστόσο, η πρακτική της αφαίρεσης ξεπερνά τα όρια της κάθε προγραμματικής γλώσσας και αποτελεί μια ευρύτερη νοητική δεξιότητα που επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση και επίλυση προβλημάτων. Ως εκ τούτου, θεωρείται βασική πτυχή της υπολογιστικής σκέψης και μια δεξιότητα που πρέπει να αναπτύξουν όλοι οι σημερινοί μαθητές.

Δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών για την πρακτική της αφαίρεσης

Η αφαίρεση είναι μια ιδιαίτερα αόριστη έννοια που δεν μπορεί να περιγραφεί από αυστηρούς τυπικούς κανόνες και κατά συνέπεια δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή αποκλειστικά με αυστηρό formalισμό (Coder, 1990 όπως αναφέρεται στο Armoni, 2013). Αρκετοί ερευνητές περιγράφουν ένα σύνολο από επιμέρους ικανότητες τις οποίες πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές ώστε να αντιληφθούν και να εφαρμόσουν αποτελεσματικά την πρακτική της αφαίρεσης. Οι ικανότητες αυτές περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων (Bienkowski, Snow, Rutstein & Grover, 2015. Cuoco, Golenberg & Mark, 1997. Mitchelmore, 2002):

- Την ικανότητα εντοπισμού και γενίκευσης κοινών μοτίβων μεταξύ όμοιων προβλημάτων ή διαδικασιών
- Την αντιστοίχιση των χαρακτηριστικών ενός αλγόριθμου με τα χαρακτηριστικά του προβλήματος που επιλύει
- Την ικανότητα γενίκευσης μιας λύσης ώστε να διαπερνά ένα μεγαλύτερο εύρος προβλημάτων
- Την ικανότητα περιγραφής ενός προβλήματος σε πολλαπλά επίπεδα λεπτομέρειας
- Την ικανότητα διαφοροποίησης των επιπέδων αφαίρεσης
- Την ικανότητα ελεύθερης και συνειδητής μετακίνησης μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων αφαίρεσης
- Την ικανότητα επιλογής του καταλληλότερου επιπέδου αφαίρεσης σε κάθε φάση της διαδικασίας επίλυσης προβλήματος
- Την ικανότητα υλοποίησης διαδοχικών βελτιώσεων της αφαίρεσης
- Την ικανότητα αναπαράστασης δεδομένων με πολλούς διαφορετικούς τρόπους

Αρκετές έρευνες έχουν μελετήσει τις στρατηγικές των νέων προγραμματιστών σε σχέση με τις παραπάνω ικανότητες καθώς προγραμματίζουν. Τα αποτελέσματα περιγράφουν, μεταξύ άλλων, δυσκολίες στην απομόνωση και εξαγωγή της γενικής ιδέας μιας λύσης, στην κατηγοριοποίηση προβλημάτων ίδιου τύπου, και στην κατασκευή αλγόριθμων με πολλαπλά επίπεδα διαδικασιών (Haberman & Muller, 2008; Haberman, 2004). Η πλειοψηφία των ερευνών αυτών μελετά μαθητές σε πανεπιστημιακό επίπεδο και εστιάζει στην αφαίρεση ως κομμάτι των εισαγωγικών μαθημάτων μιας γλώσσας προγραμματισμού. Αντιθέτως, υπάρχει έλλειψη από έρευνες που να μελετούν τις νοητικές διαδικασίες αντίληψης και νοηματοδότησης της αφαίρεσης από μικρότερης ηλικίας μαθητές και στα ευρύτερα πλαίσια της υπολογιστικής σκέψης και όχι μιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού (Waite κ.ά., 2018).

Η Armoni (2013) σε μια προσπάθεια ενίσχυσης των στρατηγικών μαθητών γυμνασίου για την πρακτική της αφαίρεσης, χρησιμοποιεί την ιεραρχία τεσσάρων επιπέδων αφαίρεσης των Perrenet,

Groote και Kaasenbrood (2006) για να περιγράψει πως αντιλαμβάνονται οι μαθητές την έννοια του αλγόριθμου. Τα επίπεδα αφαίρεσης των μαθητών σύμφωνα με την ιεραρχία αυτή είναι τα εξής.

- Επίπεδο εκτέλεσης. Ερμηνεία του αλγόριθμου ως το αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης εκτέλεσης σε έναν συγκεκριμένο υπολογιστή.
- Επίπεδο προγράμματος. Προσέγγιση του αλγόριθμου ως μια διαδικασία γραμμένη σε μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού.
- Επίπεδο αλγόριθμου ή επίπεδο αντικειμένου. Προσέγγιση του αλγόριθμου ως ένα αντικείμενο που δεν σχετίζεται με μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού.
- Επίπεδο προβλήματος. Προσέγγιση του προβλήματος ως αυτόνομο αντικείμενο και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του προβλήματος όπως η δυνατότητα επίλυσης του και η πολυπλοκότητα του.

Σύμφωνα με τις έρευνες της Armoni, οι μαθητές συνήθως φτάνουν στα επίπεδα 2 και 3, ενώ εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες να διαχωρίσουν ένα πρόβλημα από τη λύση του. Η Armoni προτείνει ένα γενικό πλαίσιο για τη διδακτική της αφαίρεσης σε μαθητές ηλικίας 13 έως 15 ετών που βασίζεται στην ιεραρχία των επιπέδων αφαίρεσης. Μεταξύ των κριτηρίων που θέτει είναι η χρήση διαφορετικού λεξιλογίου για κάθε επίπεδο αφαίρεσης, η εκκίνηση από το πρόβλημα (επίπεδο 4) και στη συνέχεια η μετακίνηση στην εκτέλεση (επίπεδο 1) και ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ των τεσσάρων επιπέδων. Στις έρευνες της εφάρμοσε το πλαίσιο αυτό σε μαθητές γυμνασίου που προγραμματίσαν με το εργαλείο Scratch και μελέτησε το βαθμό που οι μαθητές περιγράφουν και τεκμηριώνουν προφορικά και γραπτά τα προγράμματά τους σε pre και post τεστ και συνεντεύξεις (Satter & Armoni, 2016; Satter & Armoni 2017). Όπως ισχυρίζεται η ικανότητα λεκτικής περιγραφής ενός προγράμματος αποτελεί ένδειξη κατανόησης της αφαίρεσης καθώς υποδεικνύει πως οι μαθητές μπορούν να διαχωρίσουν τον αλγόριθμο από το ίδιο το πρόγραμμα. Άλλοι παράμετροι αξιολόγησης της αφαίρεσης που θέτει είναι η ικανότητα δημιουργίας και χρήσης ‘μαύρων κουτιών’ από τους μαθητές, δηλαδή διαδικασιών με είσοδο και έξοδο που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια από άλλο πρόγραμμα, και η συνολική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών σε ασκήσεις προγραμματισμού.

Εντούτοις, οι έρευνες των Satter και Armoni περιορίζονται σε στατιστικά στοιχεία που αφορούν τον τρόπο αντίληψης της έννοιας του αλγόριθμου από τους μαθητές και δεν προσφέρουν κάποια συμπεράσματα σε σχέση με τις διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές νοηματοδοτούν αφηρημένα δομήματα, όπως είναι μια κλάση, ή κατασκευάζουν οι ίδιοι αφαιρέσεις καθώς προγραμματίζουν. Αντίστοιχες ελλείψεις παρατηρούνται και στις υπόλοιπες λίγες έρευνες που μελετούν την χρήση της αφαίρεσης από μαθητές (Lopez κ.ά, 2016. Sengupta κ.ά., 2013). Η ερευνήτρια, αξιοποιώντας τη διασκευή ψηφιακών παιχνιδιών σε περιβάλλοντα με ενσωματωμένες λειτουργικότητες,

επιδιώκει να καλύψει αυτό το ερευνητικό κενό μελετώντας τις στρατηγικές και τις διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές αναλύουν και προσεγγίζουν ένα σύστημα ή μια έννοια σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης.

2.3.3.2 Η πρακτική της αναγνώρισης υπολογιστικών μοτίβων

Ορισμένοι ερευνητές μελετούν την αναγνώριση μοτίβων ως ξεχωριστή πρακτική υπολογιστικής σκέψης (Grover & Pea, 2018), ενώ άλλοι την ενσωματώνουν ως κομμάτι της δεξιότητας της αφαίρεσης (Haberman & Muller, 2008). Σε κάθε περίπτωση, η αναγνώριση μοτίβων μεταξύ παρόμοιων οντοτήτων, είναι μια πρακτική που προηγείται της γενίκευσης και αποτελεί προϋπόθεση για τη δημιουργία αποτελεσματικών αφηρημένων εργαλείων.

Η αναγνώριση μοτίβων εμπεριέχει την έννοια της ταξινόμησης. Οι Gonzales και Thomason (1978) ορίζει την αναγνώριση μοτίβων στην επιστήμη των υπολογιστικών ως την *ταξινόμηση* δεδομένων εισόδου μέσα από την εξαγωγή σημαντικών χαρακτηριστικών από πολλά «θορυβώδη» δεδομένα¹. Αντίστοιχα οι Theodoridis και Koutroumbas (2003) περιγράφει την αναγνώριση μοτίβων ως μια επιστημονική διαδικασία που αποσκοπεί στην *ταξινόμηση* των αντικειμένων σε πολλές *κατηγορίες* ή *κλάσεις*. Η διαδικασία της ταξινόμησης περιλαμβάνει τη σύγκριση οντοτήτων, είτε πρόκειται για δεδομένα, είτε για προβλήματα, είτε για λύσεις και τον εντοπισμό κοινών χαρακτηριστικών ή μοτίβων μεταξύ τους, αγνοώντας τις ασήμαντες διαφορές τους, και τη συσσώρευση (*clustering*) τους σε κατηγορίες που περιγράφονται με βάση τα μοτίβα αυτά. Κατά την επίλυση ενός προβλήματος, η αναγνώριση μοτίβων ενεργοποιεί το μοτίβο που έχει αποθηκευτεί στη μνήμη, διευκολύνοντας την ανάκτηση σχετικών πληροφοριών και την επίλυση του προβλήματος. Οι Krauss και Prottsman (2017) αναφέρονται στην τελευταία αυτή διαδικασία ως «αντιστοίχιση μοτίβου» διότι το μοτίβο έχει ήδη αναγνωριστεί και το άτομο το ανακαλεί από τη μνήμη του και το αντιστοιχεί με τα χαρακτηριστικά του νέου προβλήματος.

Η αναγνώριση μοτίβων είναι θεμελιώδες στοιχείο των νευρονικών δικτύων της τεχνητής νοημοσύνης και της ανάπτυξης ευφύων μηχανικών συστημάτων που σχεδιάζονται για τη λήψη αποφάσεων (Dutt κ.α., 2011). Εκτός από τον σχηματισμό αφαιρέσεων, η αναγνώριση μοτίβων παίζει σημαντικό ρόλο και στην κατασκευή αποτελεσματικών αλγορίθμων, προσφέροντας πληροφορίες για το πως μπορεί να αξιοποιηθούν επαναληπτικές και αναδρομικές δομές σε μια αλγοριθμική λύση (Grover & Pea, 2018). Επιπλέον αξιοποιείται κατά τη διαδικασία αποδόμησης ενός προβλήματος ή ενός αλγόριθμου σε μικρότερα αυτόνομα τμήματα ή συναρτήσεις.

¹ Θορυβώδη ονομάζονται τα δεδομένα τα οποία περιέχουν εσφαλμένες τιμές και τιμές-εξαιρέσεις, τιμές δηλαδή που δεν προσφέρουν χρήσιμη πληροφορία στην ανάλυση.

Εκτός από την επιστήμη των υπολογιστών, η αναγνώριση μοτίβων αποτελεί μια δεξιότητα εξίσου σημαντική σε όλα τα επιστημονικά πεδία αλλά και στην καθημερινή ζωή. Τα άτομα χρησιμοποιούν διαισθητικά δεξιότητες όπως η αναγνώριση μοτίβων και η αφαίρεση σε καθημερινή βάση και από μικρή ηλικία, χωρίς όμως να συνειδητοποιούν πως μπορούν να τις αξιοποιήσουν για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων (Gomes & Mendes, 2007). Ο προγραμματισμός, προσφέροντας ένα μέσο αναπαράστασης και διερεύνησης αυτών των πρακτικών, μπορεί να επιτρέψει στους μαθητές να νοηματοδοτήσουν τις διαισθητικές τους ιδέες για τον πραγματικό κόσμο (diSessa, 2001).

2.3.3.3 Η έννοια του υπολογιστικού αλγόριθμου

Μια από τις κεντρικές έννοιες της Υπολογιστικής Σκέψης είναι η δημιουργία αλγορίθμων για την περιγραφή της λύσης ενός προβλήματος. Ο Aho (2012) ορίζει την υπολογιστική σκέψη ως την «ολοκληρωμένη διαδικασία διατύπωσης προβλημάτων τέτοιων που οι λύσεις τους να μπορούν να αναπαρασταθούν ως υπολογιστικά βήματα και αλγόριθμοι». Η έννοια του αλγόριθμου αρχικά συσχετιζόταν με την άλγεβρα ως μια μέθοδος υπολογισμού με άπειρα ποσοτικά στοιχεία. Αργότερα ταυτίστηκε για κάποια χρόνια με τον αλγόριθμο του Ευκλείδη για τον υπολογισμό του μέγιστου κοινού διαιρέτη δυο οποιονδήποτε αριθμών (Knuth, 1997). Στη συνέχεια συνδέθηκε με την επιστήμη των υπολογιστών και την περιγραφή της λύσης ενός προβλήματος σε βήματα.

Ο Knuth υπογραμμίζει ότι ο αλγόριθμος διαφέρει ελαφρώς από έννοιες όπως η διαδικασία, η συνταγή, η μέθοδος ή η ρουτίνα, οι οποίες συχνά θεωρούνται ταυτόσημες του. Όπως αναφέρει υπάρχουν πέντε σημαντικά χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν τον αλγόριθμο από ένα οποιοδήποτε σύνολο κανόνων που περιγράφει μια σειρά βημάτων για την επίλυση προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Knuth ένας αλγόριθμος:

- 1) Είναι πάντα περασμένος. Τερματίζει πάντα μετά από έναν πεπερασμένο αριθμό βημάτων. Μια διαδικασία η οποία έχει όλα τα χαρακτηριστικά ενός αλγόριθμου αλλά δεν είναι πεπερασμένη μπορεί να ονομαστεί «υπολογιστική μέθοδος».
- 2) Είναι σαφώς ορισμένος. Κάθε βήμα ενός αλγόριθμου πρέπει να είναι με ακρίβεια και σαφήνεια ορισμένο και οι ενέργειες που περιγράφει κάθε βήμα να είναι αυστηρά και αναμφίβολα καθορισμένες.
- 3) Έχει δεδομένα εισόδου. Ένας αλγόριθμος έχει μηδέν ή περισσότερα δεδομένα εισόδου, δηλαδή ποσότητες που δίνονται σε αυτόν είτε αρχικά πριν ξεκινήσει να εκτελείται ή δυναμικά καθώς ο αλγόριθμος εκτελείται.
- 4) Έχει δεδομένα εξόδου. Ένας αλγόριθμος έχει μηδέν ή περισσότερα δεδομένα εξόδου, δηλαδή ποσότητες που έχουν συγκεκριμένη σχέση με τα δεδομένα εισόδου

5) Είναι αποτελεσματικός. Ένας αλγόριθμος αναμένεται να είναι αποτελεσματικός, δηλαδή όλες οι ενέργειες που περιγράφει να μπορούν να εκτελεστούν επακριβώς και σε πεπερασμένο χρόνο από κάποιον με χαρτί και μολύβι.

Ο Brookshear (2005) συνοψίζει τα παραπάνω χαρακτηριστικά στον επίσημο ορισμό του αλγορίθμου ως:

«Ένα διατεταγμένο σύνολο σαφώς ορισμένων, εκτελέσιμων βημάτων, το οποίο ορίζει μια τερματιζόμενη διαδικασία»

Τόσο αυτός ο ορισμός όσο και τα πέντε χαρακτηριστικά του Knuth (1997), υποδεικνύουν πως ένας αλγόριθμος είναι πολύ πιο σύνθετος από μια απλή σειρά εντολών. Τα βήματα ενός αλγορίθμου έχουν δηλαδή μια καλά ορισμένη δομή, είναι πραγματοποιήσιμα και δίνουν επαρκείς πληροφορίες ώστε να ορίζουν μοναδικά και ολοκληρωτικά τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν σε κάθε βήμα. Ακόμη ένας αλγόριθμος πρέπει να οδηγεί σε κάποιο τέλος, δηλαδή να τερματίζει και να μην είναι μια αέναη διαδικασία. Ο στόχος ενός αλγορίθμου είναι να επιλύσει αποτελεσματικά και ορθά ένα πρόβλημα. Συνεπώς η ορθότητα ενός αλγορίθμου κρίνεται από το αν για κάθε στιγμιότυπο εισόδου τερματίζει δίνοντας τη σωστή έξοδο (Brookshear, 2005, Cormen, Leiserson, Rivest & Stein, 2001). Ο Knuth αναφέρεται επιπροσθέτως στην ανάγκη σχεδιασμού «καλών» αλγορίθμων θέτοντας κριτήρια όπως είναι η προσαρμοστικότητα του αλγορίθμου σε διαφορετικούς υπολογιστές, η αποδοτικότητα του στον χρόνο που απαιτείται για την εκτέλεσή του, η απλότητα και η κομψότητα του.

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, είναι σημαντικό να γίνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ του αλγορίθμου και του προγράμματος δηλαδή της αναπαράστασής του. Ένας αλγόριθμος είναι μια αφηρημένη ιδέα και μπορεί να αναπαρασταθεί με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα με ένα διάγραμμα ροής, πολλές γλώσσες προγραμματισμού ή ακόμα και με γραπτό κείμενο. Ένα πρόγραμμα αποτελεί μια αναπαράσταση του αλγορίθμου σε μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού.

Φαίνεται λοιπόν πως ο αλγόριθμος είναι μια σύνθετη και αφηρημένη έννοια με πολλές πτυχές και παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά τον σχεδιασμό του. Ταυτόχρονα η επινόηση αλγορίθμων είναι μια σημαντική πρακτική όχι μόνο για την δημιουργία αυτοματοποιημένων λύσεων με προγραμματισμό, αλλά εν γένει για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων (Brookshear, 2005). Ως εκ τούτου, πολλοί ερευνητές θεωρούν πρόκληση τη νοηματοδότηση της έννοιας του αλγορίθμου από νεαρούς μαθητές και συχνά αξιοποιούν εμπλουτισμένα ψηφιακά περιβάλλοντα προγραμματισμού για τη διερεύνηση των νοητικών διαδικασιών των μαθητών. Αρκετοί εστιάζουν τις έρευνές τους στα νοήματα που κατασκευάζουν οι μαθητές για επιμέρους δομικά στοιχεία και έννοιες που περιλαμβάνει η διαδικασία επινόησης ενός αλγορίθμου. Σύμφωνα

με τους Grover και Pea (2017) οι περισσότεροι από τους πρώτους αλγόριθμους που διερευνούν και επινοούν οι νέοι μαθητές εμπλέκουν τρία δομικά στοιχεία, τη σειριακή εκτέλεση, την επιλογή και την επανάληψη. Σε αυτά τα δομικά στοιχεία εστιάζει και η ερευνήτρια κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, όσον αφορά τις στρατηγικές των μαθητών για την έννοια του αλγόριθμου.

Η σειριακή εκτέλεση αφορά την ικανότητα εντοπισμού του βήματος που εκτελείται κάθε φορά καθώς προχωράει η εκτέλεση του αλγόριθμου αλλά και την ικανότητα σύνθεσης μιας ορθής σειράς βημάτων για τη δημιουργία ενός αλγόριθμου. Ένας αλγόριθμος εντούτοις, ενδέχεται να απαιτεί την εκτέλεση διαφορετικών ομάδων εντολών ανάλογα με το αν μια συνθήκη είναι αληθής ή ψευδής, να χρειάζεται δηλαδή έλεγχο της σειράς εκτέλεσης των εντολών. Αυτός ο έλεγχος υλοποιείται με συγκεκριμένα στοιχεία που ονομάζονται «δομές ελέγχου ροής». Πρόκειται για δομικά στοιχεία που τροποποιούν τη ροή της εκτέλεσης ενός αλγόριθμου συνήθως ανάλογα με το αποτέλεσμα μιας συνθήκης ελέγχου. Αν και οι δομές ελέγχου καθορίζονται από την εκάστοτε αναπαράσταση του αλγόριθμου, δηλαδή τη γλώσσα προγραμματισμού, το διάγραμμα ροής κ.ο.κ, υπάρχουν κάποιες δομές που θεωρούνται θεμελιώδεις και υποστηρίζονται με παρόμοια μορφή από την πλειοψηφία των γλωσσών προγραμματισμού, οι δομές επιλογής και οι δομές επανάληψης.

Η έννοια της δομής επιλογής

Η δομή επιλογής είναι ένα δομικό στοιχείο ελέγχου που όταν χρησιμοποιείται τροποποιεί τη ροή της εκτέλεσης ενός αλγόριθμου ανάλογα με το αποτέλεσμα μιας συνθήκης ελέγχου (Brookshear, 2005). Η δομή επιλογής αποτελείται από τη συνθήκη ελέγχου και μια ή παραπάνω ομάδες εντολών. Το αποτέλεσμα της συνθήκης καθορίζει ποια από τις ομάδες εντολών θα εκτελεστούν. Στις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού υποστηρίζονται, με μικρές παραλλαγές στη σύνταξή τους, τέσσερις δομές επιλογής.

- 1) Η δομή απλής επιλογής (αν...τότε). Αποτελείται από μια συνθήκη ελέγχου και μια ομάδα εντολών. Αν η συνθήκη είναι αληθής τότε εκτελείται πρώτα η ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι επόμενες εντολές της ροής του αλγόριθμου. Διαφορετικά συνεχίζει η ροή του αλγόριθμου με τις επόμενες εντολές χωρίς να εκτελεστεί η ομάδα εντολών.
- 2) Η δομή σύνθετης επιλογής (αν...αλλιώς). Αποτελείται από μια συνθήκη ελέγχου και δύο ομάδες εντολών. Αν η συνθήκη είναι αληθής τότε εκτελείται η πρώτη ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι εντολές του αλγόριθμου που βρίσκονται μετά τη δομή επιλογής. Διαφορετικά εκτελείται η δεύτερη ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι εντολές του αλγόριθμου που βρίσκονται μετά τη δομή επιλογής.
- 3) Η δομή πολλαπλής επιλογής (αν...αλλιώςαν...αλλιώς). Αποτελείται από δύο διαδοχικές συνθήκες ελέγχου και τρεις ομάδες εντολών. Αν η πρώτη συνθήκη είναι αληθής τότε

εκτελείται η πρώτη ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι εντολές του αλγόριθμου που βρίσκονται μετά τη δομή επιλογής. Διαφορετικά αν η δεύτερη συνθήκη είναι αληθής τότε εκτελείται η δεύτερη ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι εντολές του αλγόριθμου που βρίσκονται μετά τη δομή επιλογής. Διαφορετικά εκτελείται η τρίτη ομάδα εντολών και στη συνέχεια οι εντολές του αλγόριθμου που βρίσκονται μετά τη δομή επιλογής.

- 4) Η δομή επίλεξε (επίλεξε...περιπτώσεις...περίπτωση αλλιώς). Αποτελείται από μια έκφραση, μια λίστα από περιπτώσεις τιμών και μια ομάδα εντολών για κάθε περίπτωση. Υπολογίζεται η τιμή της έκφρασης και στη συνέχεια διερευνώνται με τη σειρά οι περιπτώσεις. Εκτελείται η ομάδα εντολών που ανήκει στην αντίστοιχη περίπτωση τιμών και στη συνέχεια εκτελούνται οι εντολές μετά τη δομή επιλογής. Αν η τιμή της έκφρασης δεν αντιστοιχεί σε καμία περίπτωση, εκτελούνται οι εντολές του αλλιώς και στη συνέχεια εκτελούνται οι εντολές μετά τη δομή επιλογής. Οι τιμές που συνοδεύουν κάθε περίπτωση μπορούν να είναι μία ή περισσότερες διακριτές τιμές, περιοχή τιμών από-έως ή συνθήκες.

Οι δομές επιλογής συνδέονται άμεσα με την ικανότητα λήψης αποφάσεων και με τη λογική σκέψη, αφού στις συνθήκες ελέγχου χρησιμοποιούνται συχνά λογικοί τελεστές και λογικές πράξεις. Οι λογικές πράξεις, ή πράξεις Boolean όπως συχνά ονομάζονται, είναι οι πράξεις που χειρίζονται αποκλειστικά τις τιμές αληθής και ψευδής και συντίθενται από λογικούς τελεστές. Υπάρχουν τέσσερις βασικές λογικές πράξεις.

- α. Η πράξη της σύζευξης η οποία αποδίδει την ισχύ ή όχι μιας πρότασης που σχηματίζεται από το συνδυασμό δύο επιμέρους προτάσεων και το σύνδεσμο AND (και). Η γενικής της μορφή είναι $P \text{ AND } Q$ όπου το P αναπαριστά μια πρόταση και το Q μια άλλη πρόταση. Μια πράξη σύζευξης είναι αληθής μόνον όταν και τα δύο συστατικά στοιχεία P και Q είναι αληθή.
- β. Η πράξη της διάζευξης η οποία αποδίδει την ισχύ ή όχι μιας πρότασης που σχηματίζεται από το συνδυασμό δύο προτάσεων και το σύνδεσμο OR (ή) με γενική μορφή $P \text{ OR } Q$. Μια πράξη διάζευξης είναι αληθής όταν τουλάχιστον ένα από τα συστατικά στοιχεία P και Q είναι αληθές.
- γ. Η πράξη της αποκλειστικής διάζευξης η οποία αποδίδει την ισχύ ή όχι μιας πρότασης που σχηματίζεται από το συνδυασμό δύο προτάσεων και το σύνδεσμο XOR με γενική μορφή $P \text{ XOR } Q$. Μια πράξη αποκλειστικής διάζευξης είναι αληθής όταν αποκλειστικά ένα από τα συστατικά στοιχεία P και Q είναι αληθές αλλά όχι και τα δύο ταυτόχρονα.
- δ. Η πράξη της άρνησης η οποία σχηματίζεται από μια πρόταση και τον τελεστή NOT (όχι) και αποδίδει το αντίθετο της ισχύς της πρότασης. Μια πράξη άρνησης είναι αληθής όταν η πρόταση είναι ψευδής και αντίστροφα.

Στην περίπτωση που μια λογική πράξη χρησιμοποιείται ως συνθήκη ελέγχου μιας δομής επιλογής, η ροή του αλγόριθμου καθορίζεται από το αν το αποτέλεσμα της λογικής πράξης είναι αληθές ή ψευδές. Στις λογικές πράξεις ισχύει η αντιμεταθετή ιδιότητα, δηλαδή ότι το αποτέλεσμά τους παραμένει το ίδιο, αν αλλάξει η σειρά των προτάσεων P και Q. Επιπλέον, η ισχύς των λογικών πράξεων εξακολουθεί να υφίσταται, αν γίνει αλλαγή των πράξεων AND και OR και των ουδέτερων στοιχείων μεταξύ τους. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται αρχή του δυϊσμού.

Η αποτελεσματική και ορθή χρήση των δομών επιλογής θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική στην ανάπτυξη διαδραστικών συστημάτων με πολλά αποτελέσματα όπως είναι τα ψηφιακά παιχνίδια (Brennan & Resnick, 2013). Ταυτόχρονα όμως είναι και μια σύνθετη έννοια για τους μαθητές και τους αρχάριους προγραμματιστές. Η χρήση της απαιτεί, εκτός από λογική σκέψη, ικανότητα διαχωρισμού και κατανόησης των επιμέρους τμημάτων της, δηλαδή της συνθήκης ελέγχου και των λογικών πράξεων και τελεστών, της σειράς εκτέλεσης των εντολών στις διαφορετικά αποτελέσματα της συνθήκης, της μεταβλητής ή άλλων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στη συνθήκη ελέγχου.

Δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών για την έννοια του αλγόριθμου

Αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει τις παρανοήσεις και τις δυσκολίες που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι νεαροί μαθητές σε σχέση με την νοηματοδότηση της έννοιας του αλγόριθμου και των δομών ελέγχου ροής. Μια δυσκολία που τονίζεται από πολλές έρευνες είναι η λανθασμένη αντίληψη της σειράς εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου. Αρκετοί μαθητές αδυνατούν ή δυσκολεύονται να ιχνηλατήσουν τον κώδικα και να εντοπίσουν ποια εντολή εκτελείται κάθε φορά και με ποιες τιμές (Perkins et. al. 1989 όπως αναφέρεται στο Robins κ.ά. 2003). Καθώς προσπελάζουν ένα έναν αλγόριθμο, φαίνεται να αγνοούν πως κάθε εντολή εκτελείται στο περιβάλλον που δημιουργήθηκε από την προηγούμενη (Boulay 1989 όπως αναφέρεται στο Robins κ.ά. 2003). Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι συχνά, ενώ οι μαθητές μπορεί να γνωρίζουν τη σύνταξη των εντολών, δυσκολεύονται να τις συνδυάσουν σε σωστή σειρά για τη δημιουργία ενός ορθού αλγόριθμου (Lahtinen, Ala-Mutka & Järvinen, 2005).

Όσον αφορά τις δομές επιλογής οι ερευνητές έχουν εντοπίσει σημαντικές δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με την ορθή χρήση τους σε έναν αλγόριθμο. Έχει παρατηρηθεί ότι συχνά δεν ομαδοποιούν σωστά τις εντολές στις δομές επιλογής με αποτέλεσμα να εκτελούνται διαφορετικές εντολές από αυτές που είχαν σχεδιάσει. Μια άλλη δυσκολία αφορά την αντίληψη της σειράς εκτέλεσης κάθε ομάδας εντολών. Για παράδειγμα αρκετά συχνά θεωρούν ότι η πρώτη ομάδα εντολών μιας δομής ελέγχου θα εκτελεστεί ανεξάρτητα από την τιμή της συνθήκης, αγνοούν δηλαδή το αποτέλεσμα της συνθήκης ελέγχου. Αντίστοιχα έχει εντοπιστεί πως συχνά θεωρούν ότι

στη σύνθετη ή στη πολλαπλή επιλογή εκτελούνται όλες οι ομάδες εντολών και ότι το πρόγραμμα θα τερματίσει σε περίπτωση μη αλήθειας της συνθήκης ελέγχου.

2.3.3.4 Η έννοια της μεταβλητής

Η ιδέα της χρήσης ενός συμβολισμού για την αναπαράσταση μιας μεταβαλλόμενης ποσότητας, διατυπώθηκε για πρώτη φορά στα μέσα του 17ου αιώνα από τον Leibnitz και τον Newton κατά την περιγραφή των συναρτήσεων του απειροστικού λογισμού (Philipp, 1992). Ο όρος της «μεταβλητής» παρέμεινε από τότε και μέχρι και τα μέσα του 20ου αιώνα, στενά συνδεδεμένος με την έννοια της συνάρτησης και χρησιμοποιούνταν για την περιγραφή των ορισμάτων και των τιμών των συναρτήσεων. Το 1936, ο Upton διατυπώνει τον ακόλουθο ορισμό της μεταβλητής και της συνάρτησης (Upton, 1936 όπως αναφ. στο Philipp, 1992):

«Συσχετιζόμενοι αριθμοί που αλλάζουν μαζί, όπως το x και το y στην παραπάνω εξίσωση, καλούνται μεταβλητές. Όταν η τιμή μιας μεταβλητής εξαρτάται μια άλλη μεταβλητή, λέμε ότι η μια είναι συνάρτηση της άλλης.»

Η ιδέα της μεταβλητής ως σύμβολο που σχετίζεται με ένα σύνολο αριθμών, αναπτύχθηκε πολύ αργότερα με το κίνημα των «Νέων Μαθηματικών» και των μαθηματικών μεταρρυθμίσεων στα τέλη της δεκαετίας του 50 (Philipp, 1992). Σταδιακά ως μεταβλητή άρχισε να χρησιμοποιείται οποιοδήποτε γράμμα του αλφάβητου για την αναπαράστασή, όχι μόνο των τιμών μιας συνάρτησης, αλλά ευρύτερων μαθηματικών συνόλων. Το 1959 οι May και Van Engen (όπως αναφέρεται στο Usiskin, 1988) περιγράφουν τη μεταβλητή με έναν πιο γενικό ορισμό που υπονοεί ότι δεν χρησιμοποιείται μόνο για αριθμούς και αποκλειστικά στην άλγεβρα, αλλά ότι είναι «Ένα σύμβολο το οποίο υποκαθιστά τα ονόματα κάποιων αντικείμενων, συνήθως αριθμούς στην άλγεβρα. Μια μεταβλητή είναι πάντα συσχετισμένη με ένα σύνολο αντικείμενων των οποίων τα ονόματα μπορούν να λειτουργήσουν ως υποκατάστατά της. Τα αντικείμενα αυτά καλούνται τιμές της μεταβλητής» .

Οι μεταβλητές στην επιστήμη των υπολογιστών ενώ έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τις μαθηματικές μεταβλητές, διαφέρουν σε ορισμένα σημεία. Μια μεταβλητή σε ένα πρόγραμμα αντιπροσωπεύει έναν καταχωρητή της μνήμης του υπολογιστή, είναι δηλαδή μια θέση μνήμης στην οποία εκχωρούνται δεδομένα. Όταν μεταβάλλεται η τιμή της μεταβλητής, μεταβάλλεται αντίστοιχα και η τιμή που έχει αποθηκευτεί στη θέση αυτή. Η προγραμματιστική μεταβλητή, σε αντίθεση με τη μαθηματική, έχει αποκλειστικά μια μοναδική εκχωρημένη τιμή η οποία μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

Σημαντικό χαρακτηριστικό των προγραμματιστικών μεταβλητών είναι ο τύπος δεδομένων τους δηλαδή μια δήλωση που περιγράφει τόσο τον τρόπο κωδικοποίησης των τιμών της όσο και τις λειτουργίες που μπορούν να εκτελεστούν σε αυτή. Για παράδειγμα ο τύπος integer περιγράφει ότι

η μεταβλητή δέχεται ως τιμή αποκλειστικά ακαίρους αριθμούς και πως μπορούν να εκτελεστούν σε αυτή αριθμητικές λειτουργίες και λειτουργίες σύγκρισης. Ο τύπος character περιγράφει ότι η μεταβλητή δέχεται τιμές που αποτελούνται από σύμβολα, γράμματα και αριθμούς, συνήθως αποθηκευμένα σε κωδικοποίηση ASCII. Σε μια τέτοια μεταβλητή συνήθως μπορούν να εκτελεστούν λειτουργίες σύγκρισης, συνένωσης και διάσπασης. Άλλοι τύποι δεδομένων είναι ο τύπος Boolean ο οποίος αναφέρεται σε μεταβλητές που λαμβάνουν αποκλειστικά τις τιμές αληθής ή ψευδής και ο τύπος float ο οποίος αναφέρεται σε μεταβλητές που λαμβάνουν τόσο ακέραιες, όσο και δεκαδικές αριθμητικές τιμές.

Για την ορθή χρήση μεταβλητών σε ένα πρόγραμμα είναι σημαντικός ο προσδιορισμός του τύπου δεδομένων τους και η ανάθεση αρχικών τιμών. Σε περίπτωση μη αρχικοποίησης, οι περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού αναθέτουν στη μεταβλητή μια τιμή όπως «undefined» ή «null». Ωστόσο η μη αρχικοποίηση ενδέχεται να προκαλέσει λογικό σφάλμα κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου σε περιπτώσεις που η μεταβλητή χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μιας λειτουργίας όπως είναι μια συνθήκη ελέγχου.

Μια ειδική κατηγορία μεταβλητών θεωρούνται οι παράμετροι εισόδου. Μια διαδικασία, μια συνάρτηση ή ένας αλγόριθμος μπορεί να δέχεται μια σειρά από δεδομένα που δίνονται ως είσοδο κατά την εκτέλεσή του και πριν ξεκινήσει να εκτελείται. Τα δεδομένα αυτά αντιστοιχίζονται στα ορίσματα της διαδικασίας και στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τοπικές μεταβλητές για όσο εκτελείται η διαδικασία.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται μέσα στη διαδικασία ονομάζονται τυπικές παράμετροι (formal parameters), ενώ οι ακριβείς τιμές που αντιστοιχίζονται σε αυτές τις παραμέτρους όταν εκτελείται η διαδικασία ονομάζονται πραγματικές παράμετροι (Brookshear, 2005). Για παράδειγμα στη διαδικασία που ορίζεται ως *σχήμα (γωνίες, μήκος)*, οι μεταβλητές :γωνίες και :μήκος είναι τα ορίσματα της διαδικασίας ή οι τυπικές παράμετροι. Αν εκτελεστεί η διαδικασία ως «σχήμα (4, 100)», οι τιμές 4 και 100 είναι οι πραγματικές παράμετροι και θα συσχετιστούν με τις τυπικές. Οι παράμετροι παίζουν σημαντικό ρόλο στα προγράμματα που χρησιμοποιούν πλήθος διαδικασιών και συναρτήσεων και διευκολύνουν τη δημιουργία ‘μαύρων κουτιών’, δηλαδή συναρτήσεων που ο χρήστης μπορεί να καλεί γνωρίζοντας μόνο τις παραμέτρους εισόδου και το αποτέλεσμα εξόδου τους χωρίς να γνωρίζει το πως υλοποιούνται.

Δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών για την έννοια της μεταβλητής

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τη νοηματοδότηση της προγραμματιστικής μεταβλητής από τους μαθητές και έχουν εντοπίσει ότι συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες ή παρανοήσεις κατά τη χρήση μεταβλητών σε αλγόριθμους. (Doukakis, Grigoriadou & Tsaganou, 2007. Kuittinen & Sajaniemi 2004. Samurçay, 1989. Soloway & Spohrer, 2013. Tzimogiannis & Komis, 2000.). Μια

συχνή παρανόηση είναι η πεποίθηση ότι μια μεταβλητή μπορεί να διατηρεί περισσότερες από μια τιμές ταυτόχρονα ή ότι έχει την ικανότητα να διατηρεί ιστορικό των τιμών που της ανατέθηκαν. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι το πρόγραμμα μπορεί ανά πάσα στιγμή να ανακαλέσει την τιμή που είχε ανατεθεί σε μια μεταβλητή σε προηγούμενη φάση. Συχνά οι μαθητές παραλείπουν να αναθέσουν μια αρχική τιμή όταν ορίζουν μια μεταβλητή με αποτέλεσμα αυτή να παραμένει κενή δημιουργώντας σφάλματα κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση μιας μεταβλητής ως αθροιστή ή μετρητή, όπου συχνά οι μαθητές θεωρούν πως η μεταβλητή θα έχει από μόνη της την τιμή 0 ως αρχική τιμή, κάτι που φυσικά δεν συμβαίνει και το αποτέλεσμα του προγράμματος είναι λανθασμένο.

Μια ακόμη παρανόηση των μαθητών συναντάται σε περιπτώσεις όπου η ανάθεση τιμής στην μεταβλητή περιλαμβάνει τον υπολογισμό μιας αριθμητικής έκφρασης. Στις περιπτώσεις έχει εντοπιστεί ότι οι μαθητές θεωρούν πως η μεταβλητή αποθηκεύει την αριθμητική έκφραση και όχι την τιμή που προκύπτει από αυτή. Για παράδειγμα στην εντολή $x = a + 2$, όπου έστω ότι το a έχει την τιμή 5, πιστεύουν ότι η μεταβλητή x περιέχει την αριθμητική έκφραση $a + 2$ και όχι το αποτέλεσμα τη στιγμή που υπολογίζεται δηλαδή 7. Έτσι θεωρούν ότι αν η τιμή της μεταβλητής a αλλάξει αργότερα, θα αλλάξει και η τιμή της μεταβλητής x . Τέλος, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες με το χειρισμό μεταβλητών που έχουν διαφορετικό τύπο εκτός από αριθμητικό, για παράδειγμα αλφαριθμητικές ή λογικές. Συχνά θεωρούν ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ίδια μεταβλητή για να αποθηκεύσουν δεδομένα διαφορετικών τύπων σε αυτή και οδηγούνται σε σφάλματα κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου.

Οι δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών για τις παραπάνω αλγοριθμικές έννοιες εμφανίζονται έντονα σε διδακτικές προσεγγίσεις προγραμματισμού που εστιάζουν στη μεμονωμένη και ασύνδετη εκμάθηση συγκεκριμένων εννοιών. Αυτές οι προσεγγίσεις συχνά έχουν ως αποτέλεσμα οι μαθητές αναπτύσσουν κατακερματισμένες γνώσεις που δεν μπορούν να εφαρμόσουν σε ένα ευρύτερο πλαίσιο επίλυσης προβλήματος (Robins κ.ά., 2003). Ορισμένοι ερευνητές έχουν μελετήσει τη χρήση αλγοριθμικών εννοιών από τους μαθητές σε κονστραξιονιστικά περιβάλλοντα στα οποία κατασκευάζουν τα δικά τους δομήματα με προγραμματισμό. Εντούτοις, η πλειοψηφία των ερευνών περιορίζονται σε ποσοτικά αποτελέσματα που είτε μετρούν τις επιδόσεις των μαθητών σε διαγωνίσματα για τις συγκεκριμένες πριν και μετά την παρέμβαση είτε μετρούν το πλήθος των δομημάτων (π.χ. δομών επιλογής) που χρησιμοποιήσαν οι μαθητές κατά τη δραστηριότητα. Οι αναλύσεις αυτές αν και δίνουν μια γενική εικόνα για την απόκτηση νέας γνώσης, δεν προσφέρουν πληροφορίες για το πως οι μαθητές σκέφτονται και κατασκευάζουν νοήματα για τις υπολογιστικές έννοιες κατά τη διαδικασία προγραμματισμού, ούτε για το αν είναι σε θέση να μεταφέρουν και να εφαρμόσουν τη νέα αυτή γνώση σε ευρύτερα πλαίσια επίλυσης προβλήματος.

2.3.4 Μέθοδοι εμπλοκής των μαθητών με την υπολογιστική σκέψη

Έκτος από τον ορισμό και την απαρίθμηση των επιμέρους δεξιοτήτων της υπολογιστικής σκέψης, οι πρόσφατες έρευνες εστιάζουν στη μελέτη των διαδικασιών με τις οποίες οι μαθητές εκφράζουν, αναπτύσσουν και εφαρμόζουν τις έννοιες αυτές κατά την επίλυση προβλημάτων. Καθώς, όπως φάνηκε στις προηγούμενες παραγράφους, η υπολογιστική σκέψη αντλείται από πρακτικές και έννοιες της επιστήμης των υπολογιστών, αρκετές έρευνες αξιοποιούν τον προγραμματισμό ως εργαλείο εμπλοκής των μαθητών με αυτή. Όπως πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν, ο προγραμματισμός, ως μέσο ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης, δεν θα πρέπει να ταυτίζεται με τη διαδικασία σύνθεσης κώδικα που αφορά μόνο το κομμάτι της υλοποίησης ενός αλγόριθμου με μια συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, δηλαδή τη σύνταξη του προγράμματος. Όπως υποστηρίζουν η σύνθεση του κώδικα αποτελεί μόνο το τελευταίο στάδιο μιας σύνθετη και πολύ-επίπεδης διαδικασίας που αφορά τον σχεδιασμό αποτελεσματικών υπολογιστικών λύσεων, αλγορίθμων και συστημάτων για την επίλυση κάποιου προβλήματος. Άλλωστε, ορισμένες πρόσφατες προσεγγίσεις μελετούν την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης με μικρή ή και χωρίς καθόλου χρήση ψηφιακών τεχνολογιών, αξιοποιώντας άλλα εκφραστικά μέσα όπως εκτυπωμένες κάρτες, επιτραπέζια παιχνίδια, ηλεκτρονικά υφάσματα, ρομποτικές κατασκευές ακόμα και μουσικά όργανα (Bell&Bell,2018. Kafai & Bruke, 2014. Taub,Armoni & Ben-Ari, 2012.).

Υπό αυτό το πρίσμα, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν πως ο προγραμματισμός μπορεί να συνεισφέρει στην καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης μόνο εφόσον αξιοποιηθεί ως μέσο προσωπικής έκφρασης και πειραματισμού με νέες ιδέες (Brennan & Resnick, 2012. Fessakis κ.ά., 2018. Mannila κ.ά., 2014). Αντίθετα η προσέγγιση του προγραμματισμού ως τη σύνταξη εστιασμένου κώδικα που επιλύει παραδοσιακά προβλήματα, θεωρείται αρκετά περιορισμένη για την καλλιέργεια ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού αλφαριθμητισμού με την έννοια που περιγράφηκε στις παραπάνω παραγράφους. Σύμφωνα με αρκετές έρευνες, οι παραδοσιακές προσεγγίσεις εκμάθησης προγραμματισμού οδηγούν συχνά στην απόκτηση κατακερματισμένων γνώσεων για μεμονωμένες προγραμματιστικές έννοιες και όχι για ευρύτερες πρακτικές και δεξιότητες (Armoni, 2013. Kramer 2007. Robins κ.ά., 2003). Οι γνώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από τον Robins ως «εύθραυστες» διότι ενδέχεται να ξεχαστούν σύντομα, οι μαθητές να μην μπορούν να τις εφαρμόσουν στην πράξη ή να τις εφαρμόζουν λανθασμένα. Σύμφωνα με τους Mannila κ.ά. (2014) η σύνταξη του κώδικα είναι μόνο τελευταίο στάδιο του προγραμματισμού που περιλαμβάνει πολλές ακόμα φάσεις όπως είναι η ανάλυση και αποδόμηση του προβλήματος, ο σχεδιασμός, και η μοντελοποίηση της λύσης, στις οποίες οι μαθητές δεν έχουν πρόσβαση στις συνήθεις προσεγγίσεις. Η ανάπτυξη «εύθραυστων» γνώσεων σε συνδυασμό με την έλλειψη πρόσβασης σε υπολογιστικές πρακτικές αποτελούν για τους Robin κ.ά. (2003) βασική αιτία που οι μαθητές δυσκολεύονται να επιλύσουν προβλήματα με προγραμματισμό.

Ακολουθώντας την παραπάνω οπτική, στην επόμενη ενότητα αναπτύσσεται η διαδικασία του προγραμματισμού υπό το πρίσμα της υπολογιστικής σκέψης, δηλαδή ως ένα εργαλείο έκφρασης που μπορεί να συνεισφέρει στη καλλιέργεια ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού γραμματισμός. Στο πλαίσιο αυτό μελετώνται και συγκρίνονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις αξιοποίησης του προγραμματισμού στη μαθησιακή διαδικασία γύρω από υπολογιστικές έννοιες.

2.4 Ο προγραμματισμός ως εργαλείο καλλιέργειας Υπολογιστικής Σκέψης

2.4.1 Γλώσσες προγραμματισμού και μάθηση

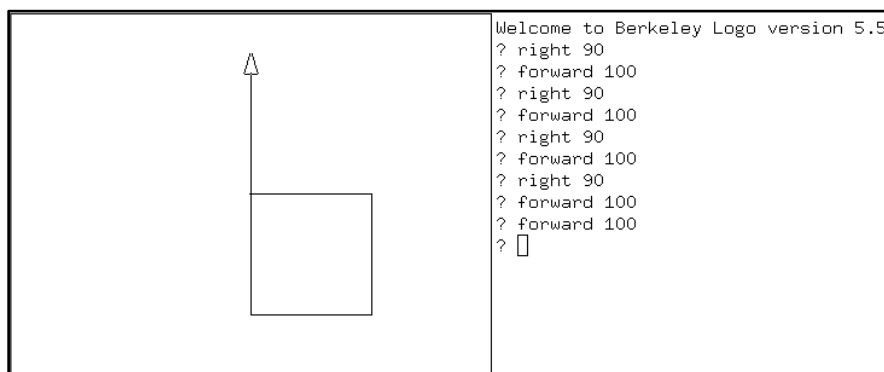
Μια γλώσσα προγραμματισμού συνίσταται από ένα σύνολο αρχέτυπων και κανόνων που προσδιορίζουν πως συνδυάζονται τα αρχέτυπα μεταξύ τους (Brookshear, 2005). Ως αρχέτυπα αναφέρονται τα καλά ορισμένα δομικά στοιχεία που αναπαριστούν σαφείς και λεπτομερείς πληροφορίες για την εκτέλεση λειτουργιών σε επίπεδο μηχανής. Ένα αρχέτυπο χαρακτηρίζεται από τη σύνταξή του, δηλαδή τη συμβολική αναπαράστασή του, και τη σημασιολογία του δηλαδή το νόημα της λειτουργίας που αναπαριστά. Λόγω της πολυπλοκότητας που απαιτεί η χρήση αρχέτυπων που αντιστοιχούν στη λεπτομέρεια του επιπέδου μηχανής, οι γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούν συνήθως αρχέτυπα «υψηλότερου επιπέδου». Ένα αρχέτυπο υψηλότερου επιπέδου «κρύβει» τις λεπτομέρειες αρχέτυπων χαμηλότερων επιπέδου σε μια πιο αφηρημένη δομή. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται ένα εργαλείο που επιτρέπει την έκφραση υπολογιστικών εννοιών σε μια εννοιολογικά ανώτερη μορφή από τη γλώσσα μηχανής. Η ανάπτυξη γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου που δεν απαιτούν γνωστικό υπόβαθρο στην επιστήμη των υπολογιστών, έκαναν τον προγραμματισμό ένα εργαλείο έκφρασης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές για διερεύνηση και κατασκευή. Πολλοί ερευνητές αξιοποίησαν τον προγραμματισμό ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ του μαθητή και υπολογιστικών ή μαθηματικών εννοιών, στοχεύοντας να μελετήσουν τις γνωστικές διαδικασίες οικοδόμησης νοημάτων για τις έννοιες αυτές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο προσεγγίσεις προγραμματισμού που έχουν αξιοποιηθεί εκτενώς σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

2.3.2.1 Η γλώσσα Logo και η γεωμετρία της χελώνας

Το 1960 οι Seymour Papert και Wally Feurzeig (Feurzeig, 1969), ανέπτυξαν τη γλώσσα προγραμματισμού «Logo». Το όνομα της προέρχεται από την ελληνική λέξη λόγος παραπέμποντας στις έννοιες λογική, λογισμός, συλλογισμός, υπολογισμός, και ένας από τους σκοπούς που δημιουργήθηκε ήταν να κάνει τον προγραμματισμό του υπολογιστή προσιτό στους μαθητές. Η Logo αποτελείται από ένα σύνολο εντολών που έχουν τη μορφή γνώριμων λέξεων για τους μαθητές (π.χ. μπροστά, πίσω, δεξιά) και με τις οποίες μπορούν να ταυτίσουν τη διαισθητική γνώση σχετικά με το σώμα και τις κινήσεις τους (Εικόνα 1). Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις λέξεις

αυτές για να διδάξουν στον υπολογιστή νέες λέξεις και με τον τρόπο αυτό να κάνουν προγραμματισμό.

Στη δεκαετία του 1980 η Logo συνδέθηκε με τα «γραφικά της χελώνας» (Papert, 1991) και χρησιμοποιήθηκε ως ένα εκφραστικό εργαλείο που επέτρεπε στους μαθητές να διερευνήσουν μαθηματικές έννοιες. Ο όρος «χελώνα» χρησιμοποιείται μεταφορικά για να περιγράψει μια οντότητα που κινείται σε δύο διαστάσεις και χαρακτηρίζεται κάθε στιγμή από την θέση της και τον προσανατολισμό της, δηλαδή την κατεύθυνση που κοιτάζει το μπροστινό μέρος της (Κυπρίος, 1992). Οι μαθητές γράφοντας και εκτελώντας εντολές της γλώσσας Logo «λένε» στη χελώνα πως να κινηθεί και βλέπουν άμεσα το αποτέλεσμα της κάθε εντολής στην κίνησή της (Εικόνα 1). Μια «χελώνα» μπορεί να είναι «Χελώνα Εδάφους», δηλαδή ένα ρομπότ με ρόδες που δέχεται εντολές και κινείται στο επίπεδο, ή «Χελώνα Οθόνης», δηλαδή μια ψηφιακή αναπαράσταση που κινείται στην οθόνη του υπολογιστή αφήνοντας ένα ορατό ίχνος πίσω της. Η γραφική αναπαράσταση της πρώτης «Χελώνας Οθόνης» ήταν ένα μικρό ισοσκελές τρίγωνο που καθώς κινούνταν στην οθόνη άφηνε πίσω το ίχνος μιας γραμμής. Με την Logo ο Papert επιδιώκει να συνυφάνει τη διδακτική των μαθηματικών με τον προγραμματισμό και την μαθηματική με την υπολογιστική σκέψη. Όπως αναφέρει «Ο τρόπος του Ευκλείδη είναι λογικός. Ο τρόπος του Καρτέσιου είναι αλγεβρικός. Η γεωμετρία της χελώνας είναι ένας **υπολογιστικός** τρόπος προσέγγισης της γεωμετρίας» (Papert, 1991).



Εικόνα 1: Στιγμιότυπο οθόνης από λογισμικό γεωμετρίας της χελώνας που υλοποιεί τη γλώσσα Berkeley Logo

Η Logo είναι μια πλήρης γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου που βασίστηκε στη γλώσσα τεχνητής νοημοσύνης LISP και ακολουθεί το συναρτησιακό μοντέλο προγραμματισμού (Brookshear, 2005). Επιτρέπει τη δημιουργία ενός δομημένου προγράμματος το οποίο αποτελείται από μικρότερα ανεξάρτητα υπό-προγράμματα που ονομάζονται διαδικασίες ή ρουτίνες. Με τη Logo ο μαθητής μπορεί να δημιουργήσει σύνθετα μοντέλα «σπάζοντάς» τα σε τμήματα και υλοποιώντας τα με επιμέρους διαδικασίες. Έτσι αποκτά πρόσβαση σε πολύπλοκες υπολογιστικές και μαθηματικές έννοιες που θα ήταν πολύ δύσκολο να αντιληφθεί με παραδοσιακά μέσα όπως για παράδειγμα με επίλυση προβλημάτων στο χαρτί ή με την κειμενική περιγραφή τους.

Όπως κάθε γλώσσα προγραμματισμού, η Logo έχει το δικό της λεξιλόγιο και συντακτικό. Το λεξιλόγιο της αποτελείται από ένα σύνολο αρχέτυπων με τη μορφή γραπτών εντολών, όπως για παράδειγμα οι εντολές forward, backward, repeat, και παράλληλα επιτρέπει τη δημιουργία νέων «λέξεων» με τον προγραμματισμό διαδικασιών. Οι διαδικασίες δημιουργούνται με τη χρήση των αρχέτυπων εντολών και των κανόνων σύνταξης (Δαπόντες, 1989). Όταν ο χρήστης προγραμματίσει και ορίσει μια διαδικασία το όνομά της θα αποτελεί μια νέα εντολή την οποία θα «ακούει» η χελώνα. Επιπλέον υποστηρίζει ένα ευρύ σύνολο από προγραμματιστικές δομές και δυνατότητες όπως τη χρήση εξωτερικών και τοπικών μεταβλητών, τη χρήση διαφορετικών τύπων δεδομένων, όπως αριθμοί, λέξεις, λίστες, τη δημιουργία και χειρισμό πινάκων, τη χρήση διαφορετικών συνθηκών ελέγχου και επανάληψης, τη σύνθετη αναδρομική διαδικασία, την αποδόμηση προγράμματος σε επιμέρους υποδιαδικασίες και την εκσαφαλμάτωση του προγράμματος. Η γλώσσα της Logo έχει σχεδιαστεί ώστε να απλοποιεί τις συντακτικές απαιτήσεις της LISP, όπως οι ατέρμονες παρενθέσεις, και ταυτόχρονα να χρησιμοποιεί μια σημειολογία κατανοητή και προσιτή από τους μαθητές, όπως για παράδειγμα η χρήση άνω και κάτω τελείας (:) πριν από το λεκτικό όνομα για τον προσδιορισμό μιας μεταβλητής. Ο συνδυασμός του κατανοητού λεξιλογίου και συντακτικού με τα γραφικά της χελώνας έκαναν τη Logo μια γλώσσα προγραμματισμού που ακόμα και πολύ μικρής ηλικίας μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να πειραματιστούν και να εκφράσουν τις ιδέες τους. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πάνω από 240 διαφορετικές ‘διάλεκτοι’ της Logo (Boychev, 2011) που διαφοροποιούνται ως προς το πλήθος, τη σύνταξη και τη μορφή των εντολών (κείμενο, εικονίδια, μπλοκ), το γραφικό περιβάλλον ή τον τύπο της οντότητας που προγραμματίζεται, διατηρούν όμως ίδια τη φιλοσοφία και τις κεντρικές αρχές της Logo.

Από παιδαγωγική σκοπιά, η γλώσσα Logo έχει ως κεντρικό χαρακτηριστικό τον διάλογο μεταξύ υπολογιστή και μαθητή. Ο μαθητής αναλαμβάνει τον ρόλο του δασκάλου της χελώνας καθώς την καθοδηγεί στο επίπεδο ή τη «διδάσκει» πως να υλοποιεί εντολές προγραμματίζοντας διαδικασίες. Σύμφωνα με τον Papert (1991) όταν ο μαθητής θέλει να περιγράψει στη χελώνα πως θα σχηματίσει ένα γεωμετρικό σχήμα θα μπει στη διαδικασία να σκεφτεί βήμα-βήμα τη διαδικασία κατασκευής του σχήματος, σαν να περπατούσε ο ίδιος πάνω σε αυτό. Μέσα από αυτή τη διερευνητική διαδικασία ο μαθητής θα ανακαλύψει διαισθητικά τις μαθηματικές ιδιότητες του σχήματος τις οποίες μετά θα εκφράσει στη «γλώσσα» της Χελώνας, δηλαδή με τον προγραμματισμό.

Η χρήση του προγραμματισμού στη Logo για την περιγραφή κανόνων και ιδιοτήτων μαθηματικών, συνυφαίνει την μαθηματική με την υπολογιστική σκέψη. Ο μαθητής χρησιμοποιεί υπολογιστικές πρακτικές, όπως η δημιουργία διαδικασιών ή η χρήση μεταβλητών για να επιλύσει μαθηματικά προβλήματα και να προσεγγίσει μαθηματικές θεωρίες. Για παράδειγμα η δημιουργία μιας εντολής Logo που κατασκευάζει οποιοδήποτε πολύγωνο οποιουδήποτε μεγέθους εμπλέκει τους μαθητές

τόσο σε μαθηματικές έννοιες, όπως η γωνία, όσο και σε πρακτικές υπολογιστικής σκέψης όπως η αναγνώριση μοτίβων μεταξύ των πολυγώνων, η γενίκευση μιας λύσης και τελικά η αφαίρεση.

Πολλοί ερευνητές έχουν ισχυριστεί ότι η γλώσσα Logo συγκεντρώνει ένα σύνολο από χαρακτηριστικά που την καθιστούν ένα ισχυρό εργαλείο έκφρασης και κατασκευής νοημάτων για τους μαθητές όλων των ηλικιών (Harvey, 1997. Kynigos, 1992. Κόμης 2004) Μεταξύ άλλων διακρίνουμε τα παρακάτω:

- Είναι προσιτή στους μαθητές. Οι εντολές της είναι πολύ κοντά στη φυσική γλώσσα που χρησιμοποιούν οι μαθητές ενώ ταυτόχρονα έχει απλούς και ανεκτικούς συντακτικούς κανόνες. Για παράδειγμα, δεν απαιτεί ορισμό του τύπου μιας μεταβλητής ή ορισμός υποχρεωτικής εξόδου μιας διαδικασίας.
- Η αλληλεπιδραστικότητά της. Ο μαθητής λαμβάνει άμεση ανατροφοδότηση του αποτελέσματος βλέποντας την αντίδραση της χελώνας στην εκτέλεση κάθε εντολής. Ο σχεδιασμός αυτός ευνοεί τον πειραματισμό, τη δοκιμή και κάνει πιο αποτελεσματικό τον εντοπισμό των σφαλμάτων.
- Συναρομολογησιμότητα και επεκτασιμότητα. Επιτρέπει τη δημιουργία νέων εντολών μέσα από τον προγραμματισμό διαδικασιών και την εκτέλεση κάθε διαδικασίας ξεχωριστά. Παράλληλα υποστηρίζει τη χρήση και επαναχρησιμοποίηση μιας διαδικασίας σε ένα πρόγραμμα, δίνοντας τη δυνατότητα σύνθεσης μοντέλων που αποτελούνται από πολλές επιμέρους διαδικασίες. Τα σύνθετα μοντέλα υλοποιούνται που αποτελούνται από «μικρές μπουκίες σε μέγεθος του μυαλού» (Papert, 1991) γίνονται προσβάσιμα, εύκολα διαχειρίσιμα και τροποποιήσιμα από τους μαθητές.
- Είναι ευέλικτη και χαρακτηρίζεται από «χαμηλό κατώφλι» και «υψηλό ταβάνι». Ο χαρακτηρισμός αυτός αναφέρεται στο γεγονός ότι ένας νέος χρήστης, ακόμα και ένα μικρό παιδί, μπορεί γρήγορα να γράψει ένα σωστό πρόγραμμα χωρίς να απαιτούνται προηγούμενες γνώσεις (χαμηλό κατώφλι). Ταυτόχρονα ικανοποιεί τις απαιτήσεις ενός έμπειρου προγραμματιστή μέσα από την επεκτασιμότητά της και από τη δυνατότητα προγραμματισμού μοντέλων αυξανόμενης πολυπλοκότητας χωρίς όρια (υψηλό ταβάνι) .

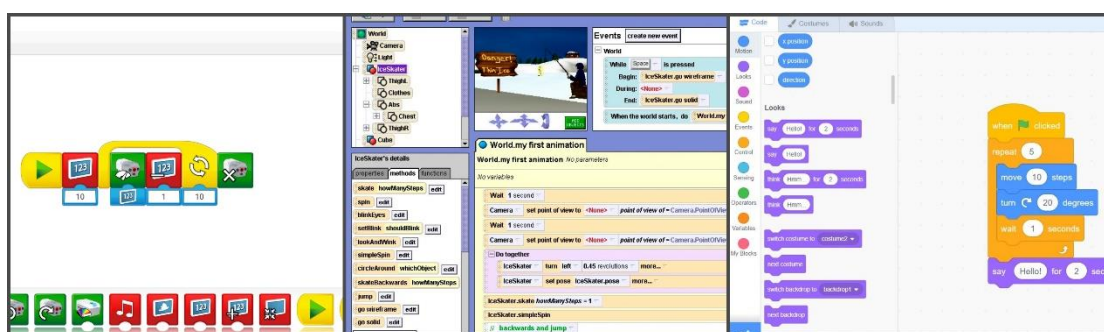
Ορισμένα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα προγραμματισμού επεκτείνουν τη Logo της γεωμετρίας της χελώνας προσεγγίζοντας τη χελώνα ως ένα σύνθετο αντικείμενο με πολλές ιδιότητες και ενέργειες που μπορούν να προγραμματιστούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι η γλώσσα NetLogo η οποία εστιάζει στην κατασκευή μοντέλων με τον προγραμματισμό πολλαπλών χελωνών – οντότητες (Tisue & Wilensky, 2004). Τα μοντέλα αυτά αξιοποιούν τη γλώσσα NetLogo και τις ιδιότητες των οντοτήτων, για να μετασχηματίσουν πολύπλοκα φαινόμενα από τα πεδία των φυσικών επιστημών και να τα κάνουν προσιτά στους μαθητές (Wilensky & Resnick, 1999).

Μια άλλη προσέγγιση είναι η ενσωμάτωση της Logo με εργαλεία που προσφέρουν πρόσθετη παιδαγωγική αξία αλλά χρησιμοποιούνται συνήθως μεμονωμένα, όπως είναι ο δυναμικός χειρισμός των γραφικών, η περιήγηση σε τρισδιάστατο χώρο, η βάση δεδομένων (Κυνηγός, 2011). Παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι το λογισμικό Αβάκιο (E-slate) που επιτρέπει τη δημιουργία εστιασμένου εκπαιδευτικού λογισμικού ακόμη και από χρήστες χωρίς τεχνική εμπειρία (Kynigos, Koutlis & Chatzilakos, 1997). Στο Αβάκιο, μια παραλλαγή της γλώσσας Logo χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό τμημάτων λογισμικού που ονομάζονται ψηφίδες παρέχοντας στον εκπαιδευτικό ή τον μαθητή βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες τους (diSessa, 2001, Κυνηγός 2011). Συνδυάζοντας ψηφίδων ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει εστιασμένα εργαλεία διερεύνησης που ενσωματώνουν διδακτικά τις λειτουργικότητες των διαφορετικών ψηφίδων και δίνουν πρόσβαση σε πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες. Για παράδειγμα το λογισμικό «Χελωνόκοσμος», συνδυάζει τον προγραμματισμό Logo και την παραδοσιακή γεωμετρία της Χελώνας με τον δυναμικό χειρισμό των παραγόμενων γραφικών από τη Χελώνα. Ο σχεδιασμός αυτός μπορεί να κάνει πιο προσιτές έννοιες όπως η μεταβολή και η μεταβλητή. Το λογισμικό MaLT2 επεκτείνει τις λειτουργικότητες του «Χελωνόκοσμου» ενσωματώνοντας επιπλέον τα τρισδιάστατα γραφικά και την περισκοπική κάμερα δίνοντας περισσότερες δυνατότητες πρόσβασης στους μαθητές. Το MaLT2 είναι ένα από τα δύο υπολογιστικά περιβάλλοντα που επέλεξε να αξιοποιήσει η ερευνήτρια στην παρούσα έρευνα για να μελετήσει τις διαδικασίες υπολογιστικής σκέψης που εμπλέκονται οι μαθητές καθώς συνδυάζουν τον προγραμματισμό σε Logo με τον δυναμικό χειρισμό και την περιήγηση στον τρισδιάστατο χώρο. Ο σχεδιασμός και οι λειτουργικότητες του περιβάλλοντος MaLT2 περιγράφονται λεπτομερώς στην ενότητα 3.1.

2.3.2.2. Οπτικές γλώσσες προγραμματισμού

Η συμβολική αναπαράσταση των αρχέτυπων σε γλώσσες υψηλού επιπέδου ενδέχεται, εκτός από κείμενο, να έχει κι άλλες μορφές όπως σύμβολα, γεωμετρικά σχήματα ή εικόνες, δημιουργώντας νέες κατηγορίες γλωσσών προγραμματισμού. Όπως έχει φανεί από τις έρευνες, το μοντέλο προγραμματισμού και η σύνταξη της γλώσσας προγραμματισμού μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη διαδικασία κατασκευής νέας γνώσης από τους μαθητές (Weintrop & Wilensky, 2015. Γρηγοριάδου κ.α, 2009). Μια κατηγορία είναι οι οπτικές γλώσσες προγραμματισμού στις οποίες ο χρήστης, για να δημιουργήσει το πρόγραμμα, συνδυάζει γραφικά στοιχεία συνήθως ακολουθώντας την τεχνική του «συρσίματος και απόθεσης» (drag and drop) αντί για την πληκτρολόγηση κειμένου. Η μονάδα σύνταξης αντιστοιχεί σε επίπεδο κόμβου του αφηρημένου συντακτικού δέντρου αντί σε επίπεδο χαρακτήρα όπως είναι στις κειμενικές γλώσσες. Με αυτή τη δομή δεν απαιτείται από τον χρήστη να απομνημονεύσει το λεξιλόγιο της γλώσσας και ταυτόχρονα αποφεύγονται συχνά συντακτικά λάθη, όπως για παράδειγμα η λανθασμένη πληκτρολόγηση ή ο λανθασμένος αριθμός παρενθέσεων.

Οι περισσότερες από αυτές τις γλώσσες χρησιμοποιούν εικονικά πλακίδια-παζλ για να αναπαραστήσουν τα βασικά στοιχεία τους (Εικόνα 2). Το περιβάλλον προσφέρει ένα σύνολο από πλακίδια στον χρήστη τα οποία με χαρακτηριστικές εσοχές ή εγκοπές που προσδιορίζουν τον τρόπο και τη σειρά που μπορούν να ενωθούν. Ο χρήστης μπορεί να σύρει τα πλακίδια αυτά στην επιφάνεια προγραμματισμού και να τα ενώσει μεταξύ τους σχηματίζοντας έτσι το πρόγραμμα. Συνήθως το περιβάλλον δεν επιτρέπει στον χρήστη να ενώσει δυο αταίριαστα πλακίδια, προλαμβάνοντας έτσι τα συντακτικά λάθη. Άλλοι μέθοδοι ανατροφοδότησης που συχνά χρησιμοποιούνται σε οπτικές γλώσσες προγραμματισμού είναι ο εννοιολογικός διαχωρισμός των πλακιδίων σε κατηγορίες, όπως «μαθηματικές πράξεις», «συνθήκες ελέγχου», και ο αντίστοιχος χρωματισμός τους ανά κατηγορία, οι χαρακτηριστικοί ήχοι που υποδεικνύουν την επιτυχημένη ή αποτυχημένη ένωση πλακιδίων και η δυνατότητα εμφολευμένης ένωσης των πλακιδίων για την οπτικοποίηση της ιεραρχίας των εντολών.



Εικόνα 2: Στιγμιότυπα οθόνης από τρία περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού με μπλοκ. Από αριστερά προς τα δεξιά: Lego WeDo, Storytelling Alice, Scratch 3.0.

Η προσέγγιση του οπτικού προγραμματισμού, σύμφωνα με τους ισχυρισμούς ορισμένων ερευνητών, καθιστά τη διαδικασία του προγραμματισμού προσιτή σε μαθητές πολύ μικρών ηλικιών, ακόμα και προσχολικής ηλικίας, καθώς απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις δυσκολίες και τα εμπόδια που μπορεί να υπάρχουν στην εκμάθηση μιας κειμενικής γλώσσας προγραμματισμού (Weintrop & Wilensky, 2015). Πολλές σύγχρονες εκπαιδευτικές εφαρμογές προγραμματισμού επιλέγουν την προσέγγιση του οπτικού προγραμματισμού λόγω, κυρίως, της ευκολίας εκμάθησης της γλώσσας σε συνδυασμό με την προσβασιμότητα και την ευχρηστία που προσφέρει στον μαθητή. Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι το Scratch, το οποίο αναπτύχθηκε από το Lifelong Kindergarten Group του MIT Media Lab και κυκλοφόρησε επίσημα το 2007 ως εργαλείο προγραμματισμού για μαθητές ηλικίας 8 έως 16 ετών. Το περιβάλλον του Scratch προσφέρει ένα σύνολο «προγραμματιστικών πλακιδίων», τα οποία μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους και να δημιουργήσουν έναν αλγόριθμο (Resnick, et al., 2009). Η γλώσσα του Scratch έχει τη βάση της στην κειμενική γλώσσα Logo. Με τα πλακίδια ο χρήστης δίνει εντολές σε μια οντότητα που κινείται πάνω σε μια δισδιάστατη σκηνή, ακολουθώντας τη λογική της «χελώνας» της Logo (Papert, 1991). Σε αντίθεση όμως με την Logo του Papert, το Scratch δεν εστιάζει αποκλειστικά στη γεωμετρία

της χελώνας και στα μαθηματικά που προκύπτουν, αλλά στον προγραμματισμό κινούμενων αντικειμένων που χαρακτηρίζονται από ιδιότητες (π.χ. όψη, θέση, ταχύτητα, μέγεθος) και ενέργειες σε σχέση με γεγονότα που συμβαίνουν (π.χ. σύγκρουση, κλικ). Με τον τρόπο αυτό δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να δημιουργήσουν, εκτός από γεωμετρικά σχήματα, παιχνίδια, κινούμενα σχέδια και διαδραστικές ιστορίες.

Ένα αντίστοιχο περιβάλλον με το Scratch είναι το Alice που αναπτύχθηκε από το ερευνητικό εργαστήριο Stage 3 του πανεπιστημίου Carnegie Mellon ως ένα εργαλείο διδακτικής βασικών εννοιών προγραμματισμού (Cooper, Dann, & Pausch, 2000). Η οπτική γλώσσα προγραμματισμού του Alice βασίζεται στην γλώσσα Python και επιτρέπει τον προγραμματισμό της συμπεριφοράς (κινήσου, πήδηξε, κύλησε) και των ιδιοτήτων (μέγεθος, θέση, εμφάνιση) αντικειμένων μέσα σε μια τρισδιάστατη σκηνή. Το Alice εστιάζει στη δημιουργία παιχνιδιών με αντικειμενοστραφή προγραμματισμό και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη διδακτική εννοιών προγραμματισμού και υπολογιστικής σκέψης (Denner, Werner, & Ortiz, 2012).

Σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές, η προσέγγιση των οπτικών γλωσσών προγραμματισμού μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εισαγωγή των μαθητών σε βασικές έννοιες προγραμματισμού, καθώς παρακάμπτονται σημαντικές δυσκολίες που πολύ συχνά αντιμετωπίζουν οι αρχάριοι με τον κειμενικό προγραμματισμό, όπως τα συντακτικά λάθη, η απομνημόνευση των εντολών και η διαδικασία της πληκτρολόγησης. Ταυτόχρονα διευκολύνονται διαδικασίες όπως η ανάγνωση του προγράμματος, η κατανόηση της σειράς εκτέλεσης των εντολών και η αποσφαλμάτωση. Πιστεύεται, ότι ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει στον αρχάριο μαθητή να εστιάσει καλύτερα στις προγραμματιστικές έννοιες χωρίς να αποσπάται από άλλες λεπτομέρειες ή προβλήματα. Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές καθώς δημιουργούν απλά προγράμματα σε οπτικές γλώσσες προγραμματισμού, ανακαλύπτουν και αναπτύσσουν νοήματα για έννοιες όπως η δομή επιλογής και επανάληψης, η μεταβλητή και η σειρά εκτέλεσης των εντολών (Brennan & Resnick, 2012. Denner, Werner, & Ortiz, 2012).

Από την άλλη, οι γλώσσες αυτές έχουν δεχθεί κριτική για την υπερβολική απλούστευση σημαντικών προγραμματιστικών εννοιών, και για τον κίνδυνο αυτή η απλούστευση να οδηγήσει τους μαθητές σε παρανοήσεις ή στην ανάπτυξη λανθασμένων προγραμματιστικών πρακτικών (Meerbaum-Salant, Armoni & Ben-Ari, 2011). Επιπλέον, συχνά χαρακτηρίζονται ως γλώσσες με 'χαμηλό κατώφλι' με την έννοια ότι έχουν χαμηλές δυνατότητες επεκτασιμότητας και εξελισσιμότητας για έναν πιο έμπειρο χρήστη (Armoni & Ben-Ari, 2010). Για λόγους ευκολίας και ευχρηστίας από αρχάριους προγραμματιστές, συνήθως δεν υποστηρίζουν πολύπλοκες προγραμματιστικές λειτουργίες ή τεχνικές όπως η δημιουργία διαδικασιών, σύνθετων πινάκων, δομών δεδομένων και η αναδρομική κλήση. Αυτές οι ελλείψεις περιορίζουν τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών στα στενά πλαίσια των βασικών εννοιών προγραμματισμού και δεν

δίνουν την ευκαιρία για διερεύνηση δυναμικών υπολογιστικών ιδεών και πρακτικών όπως η αφαίρεση, η αποδόμηση και η αναγνώριση μοτίβων. Ως αποτέλεσμα οι μαθητές ενδέχεται να αναπτύξουν κατακερματισμένη γνώση ορισμένων μόνο εννοιών προγραμματισμού και να έχουν σημαντικές ελλείψεις και δυσκολίες στην εφαρμογή της σε ένα ενιαίο προγραμματιστικό πλαίσιο (Armoni, 2013).

Οι οπτικές γλώσσες προγραμματισμού παρέχουν ένα διαφορετικό αναπαραστασιακό σύστημα από αυτό των κειμενικών γλωσσών και συνεπώς προσφέρουν και διαφορετικές δυνατότητες στο μαθητή. Οι λειτουργικότητες αλληλεπίδρασης και οι αναπαραστάσεις ενός μαθησιακού περιβάλλοντος διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό τη μαθησιακή διαδικασία και ταυτόχρονα διαμορφώνονται από την εμπειρία ή τις πρότερες γνώσεις του μαθητή (Calder, 2012). Ένα περιβάλλον που προωθεί την κατασκευαστική θεώρηση της μάθησης, όπως είναι τα περιβάλλοντα προγραμματισμού, θα πρέπει να υποστηρίζει διασυνδεδεμένες δυνατότητες και αναπαραστάσεις που θα επιτρέπουν τη διερεύνηση και κατασκευή της γνώσης (Noss & Hoyles, 1996). Μια προσέγγιση είναι η διασύνδεση του προγραμματισμού με άλλες υπολογιστικής λειτουργικότητες, που συνήθως χρησιμοποιούνται μεμονωμένα, όπως είναι μια βάση δεδομένων, η περιήγηση στον τρισδιάστατο χώρο, ο δυναμικός χειρισμός, η οπτικοποίηση δεδομένων, με τρόπο που να προσφέρει νέες δυνατότητες μαθησιακής δραστηριότητας (diSessa, 2001. Morgan & Kynigos, 2014)

2.4.2 Υπολογιστικοί Μικρόκοσμοι

Ο Papert χρησιμοποίησε τον όρο «μικρόκοσμος», που προέρχεται από το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, για να περιγράψει έναν αυτοτελή ψηφιακό κόσμο που αποτυπώνει την «επίσημη» γνώση ενός φαινομένου και ταυτόχρονα παρέχει εργαλεία στους μαθητές για να τον εξερευνήσουν, να τροποποιήσουν τους κανόνες του, να δημιουργήσουν νέα αντικείμενα και δυναμικές μεταξύ τους και τελικά να επινοήσουν νέους κόσμους (Papert, 1991, Kynigos, 2007, Sarama and Clements, 2002). Οι δυναμικές ιδέες και οι διανοητικές δομές που «εκκολάπτονται» σε έναν μικρόκοσμο καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τον σχεδιασμό του (Papert, 1991).

Συμφωνά με τη θεώρηση των Balacheff and Kaput (1996) ένας μικρόκοσμος συγκροτείται από δύο βασικά χαρακτηριστικά. Πρώτον από ένα σύνολο αντικείμενων και λειτουργιών και κανόνων που εκφράζουν τις μεταξύ τους σχέσεις. Δεύτερον από ένα πεδίο φαινομενολογίας που συνδέει τα αντικείμενα και τις λειτουργίες του μικρόκοσμου με τα φαινόμενα που αναπαρίστανται στην οθόνη, δηλαδή με την διεπαφή χρήστη. Αυτό το πεδίο καθορίζει, εκτός από την αναπαράσταση του φαινομένου, και την αντίδραση του μικρόκοσμου στις ενέργειες και τις αποφάσεις του χρήστη διαμορφώνοντας έτσι την αλληλεπίδραση μαθητή - περιβάλλοντος. Τα εργαλεία και οι αναπαραστάσεις που συνθέτουν τη διεπαφή χρήστη του μικρόκοσμου λειτουργούν ως εργαλεία

διαμεσολάβησης (Noss & Hoyles, 1996) μεταξύ της διαισθητικής, αόριστης, και πιθανώς λανθασμένης, γνώσης και του τυπικού, αυστηρού φορμαλισμού (Papert, 1991).

Οι γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου όπως η Logo και ο δυναμικός χειρισμός αναπαραστάσεων είναι δύο εργαλεία διαμεσολάβησης ιδιαίτερα διαδεδομένα στους υπολογιστικούς μικρόκοσμους (Papert, 1991. Psycharis & Kynigos, 2009). Μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου μπορεί να προσφέρει έναν φορμαλισμό στον μαθητή για να αλληλοεπιδράσει με το σύστημα αλλά και για να εκφράσει τις ιδέες του προγραμματίζοντας νέες λειτουργίες στον μικρόκοσμο, όπως περιγράφηκε και στην παράγραφο 2.3.2. Ο δυναμικός χειρισμός επιτρέπει στους μαθητές να τροποποιούν τις ιδιότητες σχημάτων, αντικειμένων ή μοντέλων βλέποντας άμεσα τις αλλαγές στην γραφική αναπαράσταση. Πιστεύεται ότι αυτή η λειτουργικότητα μπορεί βοηθά τους μαθητές να εναλλάσσονται μεταξύ της σχηματικής αναπαράστασης και της αφηρημένης θεωρητικής υπόστασης του αντικειμένου, με αποτέλεσμα να εμπλέκονται με τις έννοιες που το διέπουν στο αντιληπτικό και στο θεωρητικό επίπεδο ταυτόχρονα (Arzarello et al., 2002. Goldenberg & Cuoco, 1998. Κυνηγός, 2011).

Ενσωματώνοντας τα κατάλληλα εργαλεία διαμεσολάβησης οι μικρόκοσμοι μπορούν να παρέχουν τους «βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες» του υπολογιστικού περιβάλλοντος χωρίς να απαιτούν από τους μαθητές συγκεκριμένες προηγούμενες γνώσεις (Papert, 1980, diSessa, 2000). Σύμφωνα με τους ερευνητές (Kynigos, 2004. diSessa, 2000) ο σχεδιασμός αυτός δίνει στους μαθητές πρόσβαση σε πολύπλοκες και δυσνόητες έννοιες. Ταυτόχρονα τους επιτρέπει να μάθουν για την «επίσημη» επιστημονική γνώση μέσα από την ελεύθερη δοκιμή και εφαρμογή των δικών τους διαισθητικών ιδεών σε νέους κόσμους που θα επινοήσουν. Έτσι, σύμφωνα με τον Papert (1991), θα αναπτύξουν νοήματα όχι μόνο για το πως λειτουργεί ο κόσμος γύρω τους αλλά και γιατί λειτουργεί με αυτόν τον τρόπο.

2.4.3 Μισοψημένοι μικρόκοσμοι

Μια διδακτική παραλλαγή της έννοιας του μικρόκοσμου είναι η ιδέα του «μισοψημένου μικρόκοσμου» που αναπτύχθηκε από τον Kynigos (2007). Πρόκειται για μικρόκοσμους που έχουν σχεδιαστεί να είναι ημιτελής ή αλλοιωμένοι με στόχο να προκαλέσουν τους μαθητές να τους αποδημήσουν, να τους τροποποιήσουν ή να τους επεκτείνουν για να τους βελτιώσουν. Καθώς οι μαθητές αλλάζουν τον μισοψημένο μικρόκοσμο σταδιακά οικειοποιούνται τις ιδέες και τις αναπαραστάσεις του και τελικά δημιουργούν μια νέα εκδοχή του αρχικού μικρόκοσμου που αισθάνονται κτήμα τους καθώς αντικατοπτρίζει τις δικές τους (Kynigos & Yiannoutsou, 2018). Με τους μισοψημένους μικρόκοσμους οι μαθητές διερευνούν και κατασκευάζουν νοήματα για τις ενσωματωμένες έννοιες μέσα από την αμφισβήτηση και την αλλαγή των κανόνων και των αντικειμένων του με σκοπό τη βελτίωση ή την ολοκλήρωσή του.

Μια τεχνική για τον σχεδιασμό μισοψημένων μικρόκοσμων είναι η διδακτική ενσωμάτωση σφαλμάτων στους κανόνες του μικρόκοσμου, τα οποία δεν εμποδίζουν τη λειτουργία του άλλα του προσδίδουν μια λανθασμένη ή αμφισβητήσιμη συμπεριφορά. Στόχος αυτών των σφαλμάτων είναι να λειτουργήσουν ως εφαλτήρια συζητήσεων μεταξύ των μαθητών που θα τους οδηγήσουν στη διερεύνηση της δομής του μικρόκοσμου και στην ανταλλαγή ιδεών γύρω από αυτή. Υπό αυτό το πρίσμα οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι έχουν αξιοποιηθεί και ως «βελτιώσιμα συννοριακά αντικείμενα» μεταξύ μαθητών ή εκπαιδευτικών με διαφορετικών ειδικοτήτων οι οποίοι καθώς συζητούν για τα σφάλματα ή τις ελλείψεις του μικρόκοσμου ξεπερνούν τα όρια των πεδίων εξειδίκευσής τους, ανταλλάσσουν γνώσεις και αναπτύσσουν τελικά μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας. Η ιδέα του μισοψημένου μικρόκοσμου έχει αποτελέσει τη βάση για τον σχεδιασμό μισοψημένων δομημάτων όπως μισοψημένες ρομποτικές κατασκευές (Kynigos, Grizioti & Nikitopoulou, 2017) και μισοψημένα παιχνίδια (Kynigos & Yiannoutsou, 2018).

Τα μισοψημένα παιχνίδια, ενσωματώνουν σφάλματα στον μηχανισμό παιχνιδιού ή στο περιεχόμενο του που αλλοιώνουν την εμπειρία παιχνιδιού, με σκοπό να προκαλέσουν τους μαθητές να τα τροποποιήσουν και να δημιουργήσουν μια διασκευή του αρχικού παιχνιδιού. Η διασκευή ενός παιχνιδιού, όπως αξιοποιείται στην παρούσα διατριβή, συνυφαίνει την κονστραξιονιστική θεώρηση της γνώσης με τη μάθηση βασισμένη στο παιχνίδι. Στην επόμενη ενότητα αναπτύσσεται η προσέγγισή της μάθησης βασισμένη στο σχεδιασμό παιχνιδιών και ειδικότερα η περίπτωση της διασκευής παιχνιδιών.

2.4.4 Προγραμματισμός και Υπολογιστική Σκέψη

Η μελέτη και η κατανόηση των νοητικών διαδικασιών με τις οποίες οι μαθητές αναπτύσσουν και εφαρμόζουν τις παραπάνω έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης παραμένει μια πρόκληση για την ερευνητική κοινότητα. Αρκετοί ερευνητές έχουν αξιοποιήσει περιβάλλοντα προγραμματισμού, όπως αυτά που παρουσιάστηκαν, για να μελετήσουν τη μαθησιακή δραστηριότητα, καταλήγοντας σε σημαντικά συμπεράσματα για τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών για υπολογιστικές έννοιες όπως οι δομές επιλογής, επανάληψης και η σειριακή εκτέλεση εντολών (Lye & Koh, 2014). Ωστόσο υπάρχει ακόμα έλλειψη αποτελεσμάτων αναφορικά με τις διαδικασίες νοηματοδότησης των πιο αφηρημένων πτυχών της υπολογιστικής σκέψης, δηλαδή των υπολογιστικών πρακτικών καθώς και με τις διαδικασίες μεταφοράς και εφαρμογής της υπολογιστικής γνώσης σε διαφορετικά πλαίσια από τους μαθητές.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών για την υπολογιστική σκέψη, χρησιμοποιεί περιβάλλοντα με γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως το Scratch και η Logo, και μελετά τις γνώσεις που αποκτούν οι μαθητές για αλγοριθμικές έννοιες καθώς προγραμματίζουν. Οι Grover, Pea και Cooper (2015) ανέπτυξαν και εφάρμωσαν το μάθημα υπολογιστικής σκέψης FACT (Foundations

for Advancing Computational Thinking) μέσω του οποίου μελέτησαν την ανάπτυξη υπολογιστικής σκέψης μαθητών Γυμνασίου. Το σύστημα αξιολόγησης του FACT αποτελείται από ένα σύνολο τεστ, ερωτηματολογίων, ανοιχτών ερωτήσεων, δοκιμασιών και συνεντεύξεων για μαθητές που προγραμματίζουν. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών τους οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση στις γνώσεις τους για προγραμματιστικές έννοιες όπως η δομή επιλογής και η σειρά των εντολών μετά τις δραστηριότητες προγραμματισμού σε Scratch (Grover, Bienkowski, & Snow, 2015. Grover, 2017). Επιπλέον διαπίστωσαν ότι οι πιο δυσνόητες για τους μαθητές έννοιες ήταν η μεταβλητή και η δομή επανάληψης η οποία τις περισσότερες φορές απαιτούσε τον χειρισμό μεταβλητών.

Ένα αντίστοιχο μοντέλο αξιολόγησης της υπολογιστικής σκέψης έχουν αναπτύξει οι Seiter και Foreman (2013) με όνομα «Progression of Early Computational Thinking (PECT) Model». Στο μοντέλο τους κατηγοριοποιούν πέντε έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης με βάση μεταβλητές μέτρησης πολυπλοκότητας προγραμμάτων Scratch, όπως είναι η χρήση μεταβλητών, λογικών τελεστών, παράλληλων διεργασιών, και με μοτίβα σχεδιασμού στο Scratch, όπως είναι η χρήση κινήσεων, ήχων, όψεων. Στις έρευνές τους αξιολογούν των κώδικα των προγραμμάτων που κατασκευάζουν οι μαθητές με βάση αυτό το μοντέλο καταλήγοντας σε αριθμητικά σκορ με τα οποία ερμηνεύουν τον βαθμό κατανόησης των υπολογιστικών εννοιών. Τα συμπεράσματά τους συμφωνούν κατά κύριο λόγο με αυτά της Grover (2017). Όπως αναφέρουν, οι μαθητές φάνηκε να αναπτύσσουν σταδιακά νοήματα για την έννοια της αλγοριθμικής ροής και της σειράς εκτέλεσης των εντολών και της δομής επιλογής, ενώ δυσκολεύτηκαν με τη δημιουργία και τον χειρισμό μεταβλητών. Επιπλέον εντοπίζουν δυσκολίες των μαθητών σε δραστηριότητες όπως η αποδόμηση του προβλήματος και αναπαράσταση δεδομένων.

Σε παρόμοια λογική έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από εργαλεία τα οποία αξιολογούν την υπολογιστική σκέψη των μαθητών είτε αναλύοντας τον κώδικα που έχουν δημιουργήσει, όπως το εργαλείο «Dr Scratch» (Moreno-León & Robles, 2015), είτε αναλύοντας τις απαντήσεις τους σε μικρές ασκήσεις προγραμματισμού (Zur-Bargury, Parv & Lanzberg, 2013). Τα αποτελέσματα των ερευνών που αξιοποιούν τα παραπάνω εργαλεία περιορίζονται στην περιγραφή των γνώσεων των μαθητών για βασικές προγραμματιστικές δομές (Lye & Koh, 2014). Οι προσεγγίσεις αυτές φαίνεται να ταυτίζουν την υπολογιστική σκέψη με την ορθή χρήση συγκεκριμένων προγραμματιστικών δομών από τους μαθητές στο πρόγραμμά τους. Μελετούν δηλαδή μόνο μια από τις τρεις διαστάσεις προγραμματισμού που εντοπίζουν οι Robins κ.ά., (2003), αυτή της κατάκτησης εννοιολογικής γνώσης. Σε αντίθεση με τον μεγάλο αριθμό αυτού του είδους ερευνών, υπάρχουν περιορισμένα αποτελέσματα αναφορικά με την αντίληψη και την εφαρμογή πιο σύνθετων υπολογιστικών πρακτικών από τους μαθητές καθώς προγραμματίζουν (Denning 2009. Fessakis, Komis, Mavroudi & Prantsoudi, 2018. Mannila κ.ά., 2014).

Ένας μικρός αριθμός ερευνών έχει επιχειρήσει να μελετήσει εάν και σε ποιο βαθμό τα παιδιά εφαρμόζουν πρακτικές υπολογιστικής σκέψης όπως η προοδευτική βελτίωση, η δοκιμή και η αποσφαλμάτωση του κώδικα, η αφαίρεση και η γενίκευση όταν προγραμματίζουν σε ένα πιο διευρυμένο πλαίσιο επίλυσης προβλημάτων (Atmatzidou & Demetriadis, 2016. Brennan & Resnick, 2013. Fessakis, Gouli, Mavroudi, 2013. Wang κ.ά, 2012.). Τα εργαλεία αξιολόγησης των ερευνών αυτών βασίζονται κυρίως σε κριτήρια επιτυχούς ή ανεπιτυχούς εφαρμογής των υπολογιστικών πρακτικών από τους μαθητές κατά την επίλυση ενός προβλήματος με προγραμματισμό. Ωστόσο τα κριτήρια αυτά καλύπτουν μόνο ένα μικρό κομμάτι των πιο σύνθετων πρακτικών όπως η αφαίρεση και η γενίκευση, ενώ κάποιες φορές τις ταυτίζουν με την ορθή προγραμματιστική υλοποίηση της λύσης και όχι με τη διαδικασία που οδήγησε τους μαθητές σε αυτή. Ένας από τους λόγους που πιθανώς παρατηρείται αυτή η περιορισμένη προσέγγιση είναι ότι δεν υπάρχουν ακόμα αρκετά στοιχεία για τις διαδικασίες με τις οποίες τα παιδιά αντιλαμβάνονται τις πιο σύνθετες πτυχές των πρακτικών αυτών, όπως για παράδειγμα τη χρήση επιπέδων αφαίρεσης ή τη δημιουργία και χρήση κλάσεων και αντικείμενων. Καθώς πρόκειται για υψηλού επιπέδου νοητικές διαδικασίες είναι δύσκολο να εκφραστούν και να γίνουν αντιληπτές από τους μαθητές με τις τυπικές ασκήσεις και προβλήματα προγραμματισμού. Εκτός αυτού, για ορισμένες εξίσου σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές, όπως η διαχείριση και γενίκευση δεδομένων ή η ανάλυση ενός συστήματος σε επίπεδα λεπτομέρειας, δεν υπάρχουν καθόλου τέτοιου είδους κριτήρια με αποτέλεσμα να μην αξιολογούνται σε έρευνες υπολογιστικής σκέψης.

Φαίνεται λοιπόν, πως ακόμη υπάρχει έλλειψη επαρκούς επιστημονική γνώσης για τις νοητικές διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται, νοηματοδοτούν και εφαρμόζουν πιο σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές, όπως είναι η αφαίρεση και η αναγνώριση μοτίβων, ενώ για κάποιες από αυτές, όπως η διαχείριση δεδομένων, δεν υπάρχουν καθόλου ενδείξεις της δραστηριότητας των μαθητών (Fessakis κ.ά., 2018). Επιπλέον δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για το εάν και με ποιες διαδικασίες οι μαθητές εντάσσουν τις υπολογιστικές γνώσεις που αποκτούν μέσω του προγραμματισμού σε ένα ευρύτερο επίλυσης προβλημάτων. Μια προσέγγιση που μπορεί να εντάξει τον προγραμματισμό σε ένα πολυεπιστημονικό, και ταυτόχρονα προσιτό για τα παιδιά, πλαίσιο είναι η μάθηση βασισμένη στον σχεδιασμό παιχνιδιών. Στην επόμενη ενότητα γίνεται μια ανάλυση της προσέγγισης αυτής υπό το πρίσμα της αξιοποίησης της για τη μελέτη των διαδικασιών έκφρασης και ανάπτυξης νοημάτων για υπολογιστικές πρακτικές και έννοιες από τους μαθητές.

2.5 Η προσέγγιση της μάθησης βασισμένη στο σχεδιασμό παιχνιδιών

2.5.1. Παιχνίδι και μάθηση

Το παιχνίδι αποτελεί μια ανθρώπινη δραστηριότητα που συναντάται από τους αρχαίους πολιτισμούς και εντοπίζεται με αξιοσημείωτα όμοιο τρόπο σε όλους τους λαούς (Huizinga, 2010).

Πολλοί επιστήμονες θεωρούν το «παίζειν» μια βιολογική λειτουργία με την οποία εμπλέκεται ο άνθρωπος από πολύ μικρή ηλικία και επηρεάζει άμεσα την εξέλιξή του (Huizinga, 2010. Prensky, 2007. Vygotsky, 2000). Ως εκ τούτου θεωρείται ένας από τους πρωταρχικούς τρόπους που το παιδί αποκτά γνώσεις και μαθαίνει για τον κόσμο γύρω του. Το παιχνίδι συγκεντρώνει ένα σύνολο από χαρακτηριστικά που το διαχωρίζουν από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο Ολλανδός ιστορικός Huizinga (2010) μελέτησε το παιχνίδι από ανθρωπολογική σκοπιά και διατύπωσε τον παρακάτω ορισμό στο βιβλίο του «Homo Ludens».

«Το παιχνίδι είναι μια εθελοντική δραστηριότητα ή απασχόληση η οποία πραγματοποιείται μέσα σε κάποια καθορισμένα τοπικά και χρονικά όρια, σύμφωνα με κανόνες ελεύθερα αποδεκτούς αλλά απολύτως δεσμευτικούς, αποτελώντας αυτοσκοπό και συνοδευόμενη από ένα αίσθημα έντασης χαράς και από τη συνείδηση ότι είναι κάτι “διαφορετικό” από την “συνήθη ζωή”»

Ο Callois (1961) ορίζει το παιχνίδι ως μια δραστηριότητα που είναι α) ελεύθερη, δηλαδή δεν είναι υποχρεωτική, β) διακριτή και περιορισμένη, καθώς ορίζεται από συγκεκριμένα όρια χώρου και χρόνου, γ) αβέβαιη, διότι το αποτέλεσμα δεν μπορεί να προκαθοριστεί ή να προβλεφθεί από πριν, δ) προσποιητή, καθώς συνοδεύεται από μια αντίληψης δεύτερης πραγματικότητας συχνά μη ρεαλιστικής, ε)που κυβερνάται από κανόνες καθώς όλοι οι παίκτες ακολουθούν συγκεκριμένες συμβάσεις και κανόνες που ισχύουν στα πλαίσια του παιχνιδιού.

Ο Huizinga και ο Callois στους ορισμούς τους διακρίνουν συγκεκριμένα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την παιγνιώδη κατάσταση στην οποία επέρχεται το άτομο όταν παίζει. Ένα βασικό στοιχείο είναι η οικειοθελής εμπλοκή με την παιγνιώδη δραστηριότητα καθώς το άτομο παρακινείται από την επιθυμία του να βρεθεί σε αυτή. Το παιχνίδι εξάλλου συνδέεται άμεσα με τη διασκέδαση και συνήθως προκαλεί ένα αίσθημα ευχαρίστησης και χαράς στον παίκτη. Ένα στοιχείο που παραλείπει ο Huizinga από τον ορισμό του, αλλά έχει τονιστεί από άλλους ερευνητές (Kirriemuir & MacFarelane, 2004) είναι η κοινωνική φύση του παιχνιδιού η οποία ευνοεί τη συγκρότηση κοινωνικών ομάδων και την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων. Ο Abt (1987) για παράδειγμα κάνει σαφές την κοινωνική αλληλεπίδραση στον ορισμό του καθώς περιγράφει το παιχνίδι ως μια δραστηριότητα μεταξύ δύο ή περισσότερων ατόμων τα οποία λαμβάνουν αποφάσεις και προσπαθούν να επιτύχουν τους στόχους τους σε ένα περιορισμένο πλαίσιο.

Όσον αφορά τη δομή του, όλοι οι ορισμοί διατυπώνουν πως ένα παιχνίδι αποτελείται από σαφώς ορισμένους κανόνες που πρέπει να τηρούνται από όλους τους παίκτες και καθ' όλη τη διάρκειά του. Οι κανόνες αποτελούν για πολλούς ερευνητές το βασικό στοιχείο που διαφοροποιεί το παιχνίδι από άλλες δραστηριότητες καθώς και από το ελεύθερο παίζειν, διότι του προσδίδουν την έννοια της οργάνωσης και της δομής (Prensky, 2002. Salen, 2007. Vygotsky, 2000). Οι κανόνες οριοθετούν τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει ένας παίκτης, ορίζουν τον σκοπό και τη ροή του

παιχνιδιού, τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παικτών, τις ποινές και τις επιβραβεύσεις και καθορίζουν το 'δίκαιο' και το 'άδικο' στα πλαίσια του παιχνιδιού. Αντίστοιχα υπάρχει ένα ορισμένο χρονικό και το χωρικό πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα το παιχνίδι καθώς και συγκεκριμένα μέσα αλληλεπίδρασης που χρησιμοποιούν οι παίκτες. Τα στοιχεία αυτά διαμορφώνουν ένα δεσμευτικό σύστημα αξιών και δυναμικών που ισχύει αποκλειστικά στα πλαίσια του παιχνιδιού. Οι Salen, Tekinbas και Zimmerman (2004) στον ορισμό που διατυπώνουν για το παιχνίδι τονίζουν ακριβώς αυτά τα στοιχεία καθώς το περιγράφουν ως «ένα σύστημα στο οποίο οι παίκτες εμπλέκονται με μια τεχνητή σύγκρουση, ορισμένη από κανόνες, που καταλήγει σε ένα μετρήσιμο αποτέλεσμα (σελ. 96)».

Επιπλέον, ένα παιχνίδι χρησιμοποιεί ένα σύνολο από αναπαραστάσεις για να αποτυπώσει έννοιες και φαινόμενα γύρω από ένα θέμα, δημιουργώντας ένα σημειωτικό σύστημα επικοινωνίας με τον παίκτη (Gee, 2003, Prensky 2007). Για παράδειγμα, το παιχνίδι «Tetris» με τα χρωματιστά κυβάρια, τον τρόπο που συνδυάζονται και τους κανόνες που κινούνται, αναπαριστά με τρόπο προσιτό προς τον παίκτη τις έννοιες του μοτίβου και της κλάσης (Prensky, 2007). Αντίστοιχα, το σκάκι αναπαριστά την έννοια της σύγκρουσης και της πολεμικής στρατηγικής μέσα από τα πιόνια και τους κανόνες με τους οποίους κινούνται στο ταμπλό (Prensky, 2007). Το παιχνίδι λοιπόν αποτελεί μια σαφώς ορισμένη δραστηριότητα στην οποία οργανώνονται και κωδικοποιούνται με δομημένο τρόπο ένα σύνολο από πληροφορίες, συμπεριφορές και κανόνες τις οποίες ο παίκτης ανακαλύπτει καθώς παίζει.

Όπως φαίνεται, ένα καλά σχεδιασμένο παιχνίδι μπορεί να προσφέρει ένα σαφώς ορισμένο και δομημένο πλαίσιο οργάνωσης και αναπαράστασης εννοιών. Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τις διαδικασίες μάθησης και κατασκευής της γνώσης που εμπλέκονται οι παίκτες καθώς παίζουν σε ένα τέτοιο πλαίσιο (Jenkins, 2009. Gee, 2003. Prensky, 2005). Οι μελέτες αυτές οδήγησαν στη διαμόρφωση της παιδαγωγικής και διδακτικής προσέγγισης «μάθηση βασισμένη στο παιχνίδι» που αναφέρεται σε «ένα περιβάλλον στο οποίο το περιεχόμενο και η ροή του παιχνιδιού ενισχύουν την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων. Στο περιβάλλον αυτό οι δραστηριότητες του παιχνιδιού περιλαμβάνουν την επίλυση προβλημάτων και προσφέρουν στους παίκτες/μαθητές ένα αίσθημα επίτευξης» (Qian & Clark, 2016). Σύμφωνα με την προσέγγισή αυτή, το ψηφιακό παιχνίδι, δηλαδή ένα παιχνίδι που παίζεται σε κάποια ψηφιακή συσκευή, δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να μελετήσουν τις διαδικασίες μάθησης μέσα από περισσότερα και πιο πολύπλοκα εργαλεία αναπαράστασης και διάδρασης από το φυσικό παιχνίδι. Η μάθηση βασισμένη στο ψηφιακό παιχνίδι διαφοροποιείται εντούτοις από την προσέγγιση της παιχνιδοποίησης (gamification) η οποία αναφέρεται στη χρήση ορισμένων στοιχείων σχεδιασμού παιχνιδιών για τη δημιουργία ψηφιακού υλικού σε ένα μη-παιγνιώδες πλαίσιο (Deterding κ.ά., 2011). Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για

την δημιουργία μιας ευχάριστης και διασκεδαστικής εμπειρίας χρήστη χωρίς όμως το προϊόν χρήσης να είναι παιχνίδι.

Εμπειρικές έρευνες που εφαρμόζουν τη προσέγγιση της «μάθησης βασισμένη στο παιχνίδι» με μαθητές διαφόρων ηλικιών, έχουν δείξει πως το ψηφιακό παιχνίδι μπορεί να προσφέρει ένα μέσο στους μαθητές για να θέσουν στόχους, να συλλέξουν και να διαχειριστούν πληροφορίες, να εκφράσουν και να ελέγξουν υποθέσεις (Kiili, 2005. Prensky 2007). Καθώς οι παίκτες καλούνται να επιλύσουν προβλήματα, να λάβουν αποφάσεις και να καταστρώσουν στρατηγικές, ανακαλύπτουν και διερευνούν έννοιες και φαινόμενα που αποτυπώνονται στο παιχνίδι. Ο Gee (2003) υποστηρίζει πως το παιχνίδι προσφέρει ένα πλαίσιο ενσώματης μάθησης μέσα στο οποίο οι παίκτες κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για τις έννοιες που ανακαλύπτουν και στη συνέχεια τα συνδέουν με πραγματικές καταστάσεις κατακτώντας τη νέα γνώση. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις και τα εργαλεία αλληλεπίδρασης που συνήθως προσφέρει ένα ψηφιακό παιχνίδι, επιτρέπουν στους μαθητές να διερευνήσουν και να νοηματοδοτήσουν ακόμη και σύνθετες έννοιες που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες από τις παραδοσιακές παιδαγωγικές μεθόδους (Hainey κ.ά., 2016). Επιπλέον, πολλοί ερευνητές έχουν υποστηρίξει πως οι μαθητές ενδέχεται να αναπτύξουν ορισμένες δεξιότητες μέσα από το ψηφιακό παιχνίδι όπως την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα καθώς και κοινωνικές και επικοινωνιακές δεξιότητες (Kafai & Bruke, 2014).

Εντούτοις η εμπλοκή του παίκτη με τις παραπάνω διαδικασίες ανακάλυψης και κατασκευή νέας γνώσης δεν πραγματοποιείται στον ίδιο βαθμό σε όλα τα ψηφιακά παιχνίδια (Prensky, 2007). Η νοητική εμπειρία που θα βιώσει ο παίκτης όταν παίζει διαμορφώνεται από ένα σύνολο σχεδιαστικών επιλογών που κάνει ο σχεδιαστής σε σχέση με τα δομικά στοιχεία που διαμορφώνουν του πλαίσιο δραστηριότητας παιχνιδιού. Τέτοιες επιλογές αφορούν, για παράδειγμα, τα μέσα αναπαράστασης και επικοινωνίας των κανόνων στον παίκτη, το βαθμό επέμβασης του παίκτη στο παιχνίδι, τα εργαλεία με τα οποία ο παίκτης αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον του παιχνιδιού. Τα σχεδιαστικά στοιχεία ενός παιχνιδιού ενδέχεται να βασίζονται λιγότερο ή περισσότερο σε κάποια θεωρία ή προσέγγιση της νόησης και συνεπώς επηρεάζουν αντίστοιχα τη μαθησιακή δραστηριότητα του παίκτη (Prensky, 2007). Για παράδειγμα τα καθοδηγητικά παιχνίδια σύμφωνα με την Kafai αποτυπώνουν με τη μορφή παιχνιδιού παραδοσιακές σχολικές ασκήσεις όπως για παράδειγμα παιχνίδια πρακτικής και εξάσκησης ή παιχνίδια με ερωτήσεις γνώσεων. Τα παιχνίδια αυτά, αντικατοπτρίζουν τις αρχές της συμπεριφοριστική θεώρησης της γνώσης και αρκετοί ερευνητές ισχυρίζονται πως δεν προσφέρουν κάποια πρόσθετη παιδαγωγική αξία στη μάθηση σε σχέση με τις παραδοσιακές πρακτικές.

Αντίθετα τα παιχνίδια που σχεδιάζονται με βάση τις κοινωνικοπολιτισμικές και κοινωνικογνωστικές θεωρήσεις της γνώσης, προωθούν την εξερεύνηση και την ανακάλυψη κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Weintrop, Holbert, Horn & Wilensky, 2016). Οι παίκτες συνήθως

εμπλέκονται με την επίλυση ανοικτά δομημένων προβλημάτων (Papert, 1993) τα οποία επιδέχονται πολλαπλές λύσεις, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να εξερευνήσουν και να δοκιμάσουν διαφορετικές στρατηγικές για την επίτευξη της νίκης. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν μεταξύ άλλων παιχνίδια προσομοίωσης, κατασκευής και ανάπτυξης (Prensky, 2007). Σύμφωνα με σχετικές έρευνες τα παιχνίδια που ακολουθούν αυτό τον σχεδιασμό, ενδέχεται να ενισχύσουν τη διαδικασία κατασκευή νέας γνώσης από τους μαθητές καθώς και την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η επικοινωνία και η δημιουργικότητα (Qian & Clark, 2016).

2.5.2 Κονστραξιονιστικά παιχνίδια

Ειδική κατηγορία αποτελούν τα ψηφιακά παιχνίδια που ο σχεδιασμός τους βασίζεται στη θεωρία μάθησης του κονστραξιονισμού, καθώς θέτουν ως κεντρική δραστηριότητα την κατασκευή τμημάτων του παιχνιδιού ή και νέων παιχνιδιών με χρήση προγραμματισμού ή και άλλων υπολογιστικών εργαλείων (Kafai, 2006). Οι Weintrop κ.ά. (2016) ορίζουν το κονστραξιονιστικό παιχνίδι ως «ένα ψηφιακό περιβάλλον στο οποίο οι παίκτες κατασκευάζουν δομήματα με προσωπικό νόημα για να για να ξεπεράσουν τεχνητές συγκρούσεις ή εμπόδια που οδηγούν σε ποσοτικοποιήσιμα αποτελέσματα. Αν και δεν είναι απόλυτος κανόνας, τα κονστραξιονιστικά παιχνίδια αναφέρονται συνήθως σε παιχνίδια που υλοποιούνται σε κάποιο ψηφιακό περιβάλλον. Η κατασκευή αποτελεί κεντρικό στοιχείο και προϋπόθεση της ροής του παιχνιδιού και όχι μια δευτερεύουσα επιλογή, όπως συμβαίνει σε άλλα είδη παιχνιδιού. Συνεπώς, το περιβάλλον του παιχνιδιού σχεδιάζεται ώστε να προσφέρει στον παίκτη ένα σύνολο από εκφραστικά εργαλεία που του επιτρέπουν την κατασκευή προσωπικών δομημάτων, απαραίτητα για να ανταπεξέλθει στις προκλήσεις του παιχνιδιού. Σύμφωνα με τους Wilensky κ.ά. (2016) τα στοιχεία κατασκευής που προσφέρει το παιχνίδι θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτα ώστε να επιτρέπουν πολλαπλές και διαφορετικές κατασκευές αλλά και αρκετά περιορισμένα ώστε οι μαθητές να μπορούν να προσδίδουν νοήματα σε αυτά. Το ίδιο το παιχνίδι, με τους στόχους που θέτει και με τα εργαλεία που προσφέρει, ενθαρρύνει την εξερεύνηση, την ανακάλυψη και τον πειραματισμό του παίκτη. Στόχος είναι ο παίκτης να εμπλακεί και να εφαρμόσει δυναμικές ιδέες καθώς κατασκευάζει δομήματα για να προχωρήσει στο παιχνίδι. Ο παίκτης σε αυτά τα παιχνίδια αποκτά έναν επιπλέον ρόλο, αυτόν του σχεδιαστή. Η εμπλοκή του γίνεται πιο ενεργή και η δράση του στο παιχνίδι αποκτά ακόμη περισσότερο προσωπικό νόημα μέσω των κατασκευών του που επηρεάζουν τη ροή του παιχνιδιού. Στα δύο παιχνίδια που ανέπτυξε η ερευνήτρια στην παρούσα έρευνα, ενσωμάτωσε σχεδιαστικές αρχές που βασίζονται στη κονστραξιονιστική θεώρησης της γνώσης, όπως η δυνατότητα προγραμματισμού αντικειμένων και κανόνων του παιχνιδιού, στοχεύοντας να μελετήσει τα νοήματα των μαθητών όταν προγραμματίζουν σε ένα παιγνιώδες πλαίσιο.

2.5.3. Σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών από μαθητές

Η συνύφανση της κονστραξιονιστικής θεώρησης της γνώσης με τη μάθηση μέσω παιχνιδιού, ανέδειξε μια προσέγγιση η οποία επιδιώκει την οικοδόμηση νέας γνώσης μέσα από τον σχεδιασμό ψηφιακών παιχνιδιών από τους μαθητές (Denner, Campe & Werner, 2019. Kafai, 1995). Είναι μια προσέγγιση προσανατολισμένη στην εμπλοκή του μαθητή στις διαδικασίες παραγωγής και κατασκευής ενός ψηφιακού παιχνιδιού και λιγότερο στη διαδικασία του «παίζει» (Salen, 2007). Ο μαθητής έχοντας τον ρόλο του σχεδιαστή, δημιουργεί από την αρχή ένα ψηφιακό παιχνίδι με τα διαθέσιμα εργαλεία του περιβάλλοντος που συνήθως περιλαμβάνουν μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου σε συνδυασμό με άλλες λειτουργικότητες σχεδίασης όπως ο σχεδιασμός γραφικών, χαρτών, ιστορίας και χαρακτήρων. Εντούτοις υπάρχουν και περιπτώσεις περιβαλλόντων που ο προγραμματισμός απουσιάζει ή είναι αρκετά περιορισμένος (Denner κ.ά., 2019). Άλλωστε, όπως έχουν υποστηρίξει πολύ ερευνητές, ο προγραμματισμός αν και σημαντικό κομμάτι της ανάπτυξης των παιχνιδιών, δεν θα πρέπει να θεωρείται ταυτόσημος με τη συνολική διαδικασία σχεδιασμού (Masuch & Nacke 2004. Swach, Skrzyszewski & Syslo, 2009. Hayes & Games, 2008).

Οι Salen και Zimmerman (2005) περιγράφουν το σχεδιασμό ως *«τη διαδικασία με την οποία ο σχεδιαστής δημιουργεί ένα περιεχόμενο που θα αποκτήσει νόημα όταν ένας εξωτερικός χρήστης αλληλεπιδράσει μαζί του»*. Ειδικότερα, στην περίπτωση του σχεδιασμού παιχνιδιών, που το περιεχόμενο είναι το παιχνίδι και ο συμμετέχων ο παίκτης, ο βασικός στόχος του σχεδιαστή είναι να εξασφαλίσει μια εμπειρία παιχνιδιού με νόημα για τον παίκτη. Το νόημα του παιχνιδιού προκύπτει από τις σχέσεις μεταξύ των ενεργειών του παίκτη και του συστήματος, καθώς και από το πλαίσιο μέσα στο οποίο λαμβάνουν χώρα οι αλληλεπιδράσεις. Για την ανάπτυξη αυτού του πλαισίου, ο σχεδιαστής καλείται να συνδυάσει γνώσεις και δεξιότητες από διαφορετικά γνωστικά πεδία, όπως την τέχνη και την αισθητική για τον σχεδιασμό γραφικών, τη συγγραφή και αφήγηση για τη δημιουργία χαρακτήρων και διαλόγων, τη λογική και τα μαθηματικά για την επινόηση κανόνων. Πρόκειται δηλαδή για μια διεπιστημονική, πολύπλοκη και πολυεπίπεδη διαδικασία δημιουργίας ενός σύνθετου υπολογιστικού συστήματος.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητάς του, πολλοί ερευνητές προσεγγίζουν τον σχεδιασμό ψηφιακών παιχνιδιών ως ένα σύνολο από επιμέρους στάδια όπως η ανάπτυξη, η δοκιμή, η αξιολόγηση και η αναθεώρηση, τα οποία θα επιτρέψουν στον σχεδιαστή να δημιουργήσει όχι μόνο ένα λειτουργικό παιχνίδι, αλλά ένα παιχνίδι με νόημα για τον τελικό χρήστη. Η Salen (2007) συνοψίζει τον σχεδιασμό ενός παιχνιδιού σε τρία στάδια: Παίξιμο/Δοκιμή, Αξιολόγηση και Διασκευή. Κάθε στάδιο περιλαμβάνει επιμέρους δραστηριότητες όπως είναι η ανάλυση της δομής, η ανάπτυξη πρωτοτύπων, η βελτιστοποίηση, η αποσφαλμάτωση, ο σχεδιασμός της ροής και της ιστορίας. Σε μια αντίστοιχη προσέγγιση οι Brennan και Resnick (2013) θεωρούν ότι ένας κύκλος σχεδιασμού

απαρτίζεται από 5 στάδια: Φαντάζομαι, Δημιουργώ, Παίζω, Μοιράζομαι και Αναστοχάζομαι. Το στάδιο «φαντάζομαι» αφορά τον ορισμό μιας θεματικής προβλήματος ή μιας εμπειρίας. Το στάδιο «δημιουργώ» περιλαμβάνει τη σύνθεση δημιουργικών εργαλείων και την υλοποίηση του σχεδιασμού με αυτά. Το στάδιο «παίζω» αφορά τη δοκιμή του παιχνιδιού που έχει δημιουργηθεί. Το στάδιο «μοιράζομαι» αναφέρεται στην παρουσίαση και τον διαμοιρασμό του παιχνιδιού με άλλους. Τέλος το στάδιο «αναστοχάζομαι» περιλαμβάνει την κριτική σκέψη της προόδου που πιθανώς να οδηγήσει σε αναθεώρηση του αρχικού σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών έχει αξιοποιηθεί για τη μελέτη της μαθησιακής δραστηριότητας προγραμματιστικών εννοιών και σε δεύτερο επίπεδο και άλλων επιστημονικών πεδίων όπως μαθηματικών και φυσικών επιστημών. Για παράδειγμα, η Kafai (1995), σε μια από τις πρώτες έρευνες που μελετούν τη νοηματοδότηση εννοιών προγραμματισμού από μαθητές καθώς σχεδιάζουν ψηφιακά παιχνίδια, τονίζει ότι ο σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών με τη γλώσσα Logo είχε περισσότερα θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των προγραμματιστικών γνώσεων των μαθητών σε σχέση με τις παραδοσιακές, καθοδηγητικές, ασκήσεις προγραμματισμού.

Εντούτοις, ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός λειτουργικού παιχνιδιού, είναι μια ανοιχτή και ταυτόχρονα πολύπλοκη δραστηριότητα η οποία ενδέχεται να αποπροσανατολίσει τους μαθητές από τον αρχικό γνωστικό στόχο της δραστηριότητας. Όπως έχει φανεί από έρευνες ότι όταν οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα παιχνίδι από την αρχή τείνουν να ξεκινούν από μια πολύ περίπλοκη ιδέα και στη συνέχεια να αποπροσανατολίζονται στις λεπτομέρειες του σχεδιασμού και της τεχνικής υλοποίησης καταλήγοντας τελικά σε πολύ απλοϊκά ή μη λειτουργικά παιχνίδια (Werner κ.ά., 2014). Στις περιπτώσεις αυτές οι μαθητές δύσκολα εφαρμόζουν πιο αφηρημένες δεξιότητες επίλυσης και διαχείρισης προβλημάτων, όπως η γενίκευση, η αποδόμηση και η ανάλυση συστήματος, που είναι και το ζητούμενο της παρούσας μελέτης.

Οι Noss και Hoyles (1996) περιέγραψαν αυτή τη σχεδιαστική πρόκληση ως «το παράδοξο του παιχνιδιού». Σύμφωνα με αυτό το παράδοξο, σε ένα πολύ ανοιχτό κονστραξιονιστικό περιβάλλον κατασκευής παιχνιδιού είναι δύσκολο να βεβαιωθεί κανείς ότι οι μαθητές θα εμπλακούν με το επιδιωκόμενο περιεχόμενο. Από την άλλη, ο περιορισμός των δυνατοτήτων αλληλεπίδρασης και κατασκευής ώστε να διασφαλιστεί η εμπλοκή με το περιεχόμενο, απορρίπτει την αρχική παιδαγωγική ατζέντα και την αίσθηση του της ενεργού συμμετοχής του παίκτη στο παιχνίδι. Μια προσέγγιση που ενδεχομένως να μπορεί να διευθετήσει το ζήτημα αυτό είναι η διασκευή ψηφιακών παιχνιδιών.

2.5.4 Σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών και υπολογιστική σκέψη

Ορισμένοι ερευνητές επιδιώκοντας να διαχωρίσουν τη μελέτη της υπολογιστική σκέψη από την παραδοσιακή εκμάθηση προγραμματισμού εμπλέκουν τους μαθητές με τον σχεδιασμό ψηφιακών

εφαρμογών όπως είναι τα ψηφιακά παιχνίδια (Kafai & Bruke, 2014). Τα παιχνίδια, σε αντίθεση με τις ασκήσεις προγραμματισμού, αναπτύσσονται ώστε να χρησιμοποιηθούν ή και να αξιολογηθούν από κάποιον τρίτο. Συνεπώς οι μαθητές θα πρέπει να λάβουν υπόψιν και να επιλύσουν ευρύτερα θέματα ανθρώπινης συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασης καθώς σχεδιάζουν το σύστημα του παιχνιδιού.

Μια σειρά από έρευνες αξιοποιούν εργαλεία προγραμματισμού παιχνιδιών όπως είναι το «Storytelling Alice»², το «Creator» (Denner, Werner, & Ortiz, 2012) και το «Agent Sheets» (Reppenning, Webb, & Ioannidou, 2010), για τη διερεύνηση της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών κατά τον σχεδιασμό παιχνιδιών. Οι Ioannidou κ.ά. (2011) χρησιμοποιούν ένα μοντέλο ανάλυσης με το οποίο εντοπίζουν ‘μοτίβα υπολογιστικής σκέψης’ στον κώδικα των παιχνιδιών των μαθητών. Τα συμπεράσματα των ερευνών που αξιοποιούν αυτό το μοντέλο διαπιστώνουν βελτίωση στις ικανότητες των μαθητών να χρησιμοποιούν γραφικά και προσομοιώσεις σε διαφορετικά πλαίσια, να εντοπίζουν σφάλματα στον κώδικα, και να εφαρμόζουν ορισμένες αλγοριθμικές έννοιες όπως η διαχείριση γεγονότων και μεταβλητών. Τα αποτελέσματα των ερευνών με το Alice και το Creator, δείχνουν πως οι μαθητές κατανόησαν τον ρόλο κάποιων προγραμματιστικών εννοιών, όπως η δομή επιλογής ή η σειρά των εντολών, καθώς ανέλυσαν τον υπάρχοντα κώδικα ενός παιχνιδιού. Εντούτοις, δυσκολεύτηκαν στην εφαρμογή των εννοιών αυτών όταν σχεδίαζαν οι ίδιοι κομμάτια του παιχνιδιού. Παρ’ όλα αυτά, οι μαθητές που προγραμματίζαν σε ζευγάρια ανταποκρίθηκαν με μεγαλύτερη επιτυχία στις δοκιμασίες σχεδιασμού από αυτούς που προγραμματίζαν ατομικά (Werner, Denner & Campe, 2014).

Κοινό στοιχείο σε έρευνες στις οποίες οι μαθητές σχεδίαζαν ένα παιχνίδι από την αρχή, είναι η περιορισμένη πολυπλοκότητα και ευχρηστία των τελικών παιχνιδιών των μαθητών (Denner κ.ά, 2012; Denner, Campe & Werner, 2019). Η διαδικασία σχεδιασμού ενός ολοκληρωμένου παιχνιδιού από την αρχή, απαιτεί ένα σύνολο από επιμέρους δραστηριότητες, γνώσεις και διαδικασίες, όπως η αποσφαλμάτωση, η δημιουργία γενικευμένων κανόνων και η ανάλυση του παιχνιδιού ως ενιαίο σύστημα, οι οποίες συνήθως είναι πολύπλοκες και δυσπρόσιτες από νέους μαθητές χωρίς εμπειρία προγραμματισμού. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές ενδέχεται να αφιερώσουν χρόνο και προσπάθεια σε διαδικαστικά και τεχνικά ζητήματα, όπως η εκμάθηση και η εξοικείωση με το λογισμικό σχεδιασμού ή η συνεχής διόρθωση του προγράμματος, και τελικά να αποπροσανατολίσουν από τις διαδικασίες με προστιθέμενη παιδαγωγική αξία (Werner κ.ά, 2014. Li et al 2005, Hoyles et al., 2001). Έτσι, τα ερευνητικά συμπεράσματα περιορίζονται και πάλι στην αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών για συγκεκριμένες, κατακερματισμένες έννοιες προγραμματισμού που μετρούνται μέσα από τεστ επίδοσης ή από τους κώδικες των παιχνιδιών.

² Το εργαλείο Alice είναι διαδικτυακά διαθέσιμο στον ισότοπο: <https://www.alice.org/>

2.5.4 Διασκευή ψηφιακών παιχνιδιών από μαθητές

Η διασκευή ψηφιακού παιχνιδιού, που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται και ως «modding», περιγράφει την τροποποίηση στοιχείων ενός υπάρχοντος, πλήρως λειτουργικού, ψηφιακού παιχνιδιού από τους παίκτες, με σκοπό τη δημιουργία μιας λίγο ή πολύ διαφορετικής εκδοχής του (Moshirinia, 2007. Prensky & Wright, 2003. Salen & Zimmerman, 2005. Sotamaa, 2010). Τα στοιχεία που συνήθως τροποποιούνται είναι οι κανόνες, τα γραφικά και τα συστήματα αξιών του παιχνιδιού. Η διασκευή εμφανίζεται ως φαινόμενο στις κοινότητες παικτών εμπορικών ηλεκτρονικών παιχνιδιών οι οποίοι, αξιοποιώντας τις δυνατότητες προγραμματισμού και παραμετροποίησης που δίνει το περιβάλλον του παιχνιδιού, αλλάζουν ή προσθέτουν στοιχεία σε αυτό δημιουργώντας μια νέα έκδοσή του. Η νέα έκδοση διαμοιράζεται στην κοινότητα παικτών και γίνεται εκ νέου αντικείμενο συζήτησης και πιθανώς νέας αναθεώρησης. Σε αυτό το πλαίσιο η διασκευή αποτελεί έναν τρόπο έκφρασης των προσωπικών ιδεών του διασκευαστή σχετικά με το αρχικό παιχνίδι καθώς και ένα μέσο βελτίωσης ή προσαρμογής του παιχνιδιού στην κουλτούρα και τις προτιμήσεις της εκάστοτε ομάδας παικτών (Hooper, 1998. Moshirinia 2007. Sotamaa, 2010.). Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται από άλλες πρακτικές, όπως η ανάμειξη διαφορετικών παιχνιδιών (Kafai & Bruke, 2014) ή η επέκταση ενός παιχνιδιού, καθώς στη διασκευή διατηρείται η κεντρική ιδέα του παιχνιδιού. Μια διασκευή παιχνιδιού μπορεί να συγκριθεί με την αρχική έκδοση ή με άλλες διασκευές ως προς τις τροποποιήσεις της και τις νέες ιδέες που εξέφρασε ο διασκευαστής, έχοντας ως σημείο αναφοράς τον πυρήνα του παιχνιδιού που παραμένει ίδιος.

Τα περισσότερα περιβάλλοντα που επιτρέπουν τη διασκευή παιχνιδιών προσφέρουν υψηλού επιπέδου υπολογιστικά εργαλεία που δίνουν στον χρήστη πρόσβαση σε συγκεκριμένα στοιχεία του παιχνιδιού. Έτσι, ακόμη και ένας χρήστης χωρίς ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις μπορεί να τροποποιήσει ή να επεκτείνει τα συγκεκριμένα στοιχεία χωρίς να επέμβει στον πυρήνα του παιχνιδιού. Ο diSessa (2001) περιέγραψε αυτή τη σχεδιαστική τεχνική με τον όρο «βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες, αναφερόμενος όχι μόνο στα ψηφιακά παιχνίδια, αλλά ευρύτερα στα εκπαιδευτικά λογισμικά. Με τον όρο αυτό περιγράφει τις λειτουργικότητες ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που επιτρέπουν στο χρήστη να χρησιμοποιεί γενικευμένα δομικά στοιχεία για να κατασκευάσει νέα αντικείμενα χωρίς περιορισμό, με παρόμοιο τρόπο που χρησιμοποιούνται τα αρχέτυπα στη γλώσσα προγραμματισμού Logo.

Ορισμένοι ερευνητές και εκπαιδευτικοί έχουν αξιοποιήσει τη διασκευή παιχνιδιών ως σχεδιαστική προσέγγιση μαθησιακών δραστηριοτήτων για να μελετήσουν τις διαδικασίες έκφρασης και κατασκευής της γνώσης των μαθητών για διάφορα γνωστικά αντικείμενα κατά την τροποποίηση στοιχείων ενός παιχνιδιού με προγραμματισμό (El-Nasr & Smith, 2006. Kynigos & Yiannoutsou, 2018. Sotamaa, 2010). Όπως φάνηκε από τις έρευνες, η διασκευή του παιχνιδιού επέτρεψε στους μαθητές να εστιάσουν στο γνωστικό περιεχόμενο του παιχνιδιού, αποφεύγοντας την προσκόλληση

σε χρονοβόρες τεχνικές λεπτομερείς όπως την εκμάθηση του περιβάλλοντος, τα συντακτικά και τα σχεδιαστικά λάθη. Επιπλέον, σε ορισμένες έρευνες οι μαθητές κατασκεύασαν νέα γνώση για προγραμματιστικές δομές τις οποίες αξιοποίησαν κατά τη διασκευή του παιχνιδιού.

Ωστόσο, ένα ερώτημα που προκύπτει και δεν έχει μελετηθεί, είναι αν η διαδικασία διασκευής ενός ψηφιακού παιχνιδιού επιτρέπει στους μαθητές να εμπλακούν με υψηλότερου επιπέδου πρακτικές που σχετίζονται με την υπολογιστική επίλυση προβλημάτων ή εάν το ίδιο το πλαίσιο του παιχνιδιού τους περιορίζει σε απλές, επιφανειακές αλλαγές.

2.6 Αξιοποίηση της διασκευής ψηφιακών παιχνιδιών για την μελέτη των υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητών

Η ερευνήτρια στην παρούσα διατριβή, εξετάζει τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών όταν αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο δραστηριότητας. Το πλαίσιο αυτό διαμορφώνεται αφενός από τα δομημένα και σαφώς ορισμένα χαρακτηριστικά του ψηφιακού παιχνιδιού και αφετέρου από τις δυνατότητες κατασκευής και διαμόρφωσης του παιχνιδιού με ένα σύνολο από διασυνδεδεμένες υπολογιστικές λειτουργικότητες. Αυτό δημιουργεί έναν διττό ρόλο αλληλεπίδρασης του μαθητή με το παιχνίδι. Από τη μια ο μαθητής παίζοντας, θα χρειαστεί να διερευνήσει, να αναλύσει και πιθανώς να διαψεύσει τα στοιχεία που είναι ενσωματωμένα στην αρχική δομή του παιχνιδιού ώστε να βελτιωθεί και να προχωρήσει στο παιχνίδι. Από την άλλη το περιβάλλον του παιχνιδιού, δίνει στους μαθητές βαθύτερη πρόσβαση σε στοιχεία της δομής του παιχνιδιού και τη δυνατότητα να τα «αλλοιώσουν» διαμορφώνοντας μια νέα έκδοση που πιθανώς θα ενσωματώνει διαφορετικά στοιχεία από το αρχικό. Η ερευνήτρια μελετά πως μέσα από αυτή την αμφίδρομη διαδικασία παιξίματος και διασκευής του παιχνιδιού οι μαθητές αντιλαμβάνονται και εφαρμόζουν πρακτικές υπολογιστικής σκέψης υψηλότερου επιπέδου όπως η αφαίρεση και η αναγνώριση μοτίβων.

Για τη διαμόρφωση του παραπάνω πλαισίου δραστηριότητας, η ερευνήτρια εφάρμοσε στον σχεδιασμό της τις παρακάτω ιδέες και προσεγγίσεις που έχουν τη βάση τους στην κονστραξιονιστική θεώρηση της γνώσης και της μάθησης.

2.6.1. Διαψεύσιμα μισοψημένα παιχνίδια

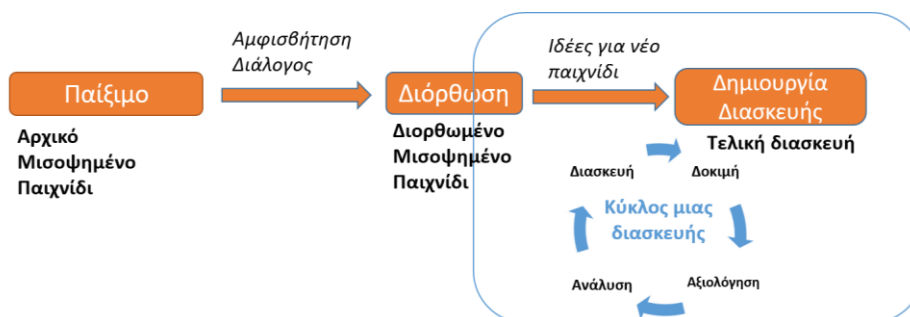
Η ιδέα της χρήσης «διαψεύσιμων» αντικειμένων στη μαθησιακή διαδικασία περιεγράφηκε αρχικά το 1976 από τον Imre Lakatos (όπως αναφ. Kyngios, 2015) ως μια προσέγγιση για την κατασκευή της γνώσης γύρω από έννοιες μαθηματικών. Ο Lakatos υποστηρίζει πως η μαθηματική γνώση εξελίσσεται όταν το άτομο προτείνει μια νέα μαθηματική ιδέα, θεώρημα ή λήμμα, με σκοπό οι γύρω του να προσπαθήσουν να την αντικρούσουν. Η νέα γνώση κατασκευάζεται από τις ιδέες που παράγονται και ανταλλάσσονται από τα άτομα κατά τη διαδικασία αμφισβήτησης ή επικύρωσης

της αρχικής ιδέας και όχι από το τελικό αποτέλεσμα που μπορεί να οδηγήσει στην απόρριψη ή την παραδοχή της. Αντίστοιχα, στην προσέγγιση των μισοψημένων δομημάτων που περιγράφηκε στην ενότητα 2.4.3 το μισοψημένο δόμημα γίνεται αντικείμενο προς διαπραγμάτευση και αμφισβήτηση εμπλέκοντας τους μαθητές σε μια διαδικασία συνεχούς αναθεώρησης του. Η ερευνήτρια σχεδίασε τα παιχνίδια της παρούσας έρευνας ως μισοψημένα δομήματα ενσωματώνοντας λανθασμένες ή μη λογικές συμπεριφορές σε συγκεκριμένα στοιχεία του παιχνιδιού όπως στις συνθήκες τερματισμού ή στα μοτίβα συμπεριφοράς των αντικειμένων. Πρόκειται για λογικά και όχι τεχνικά σφάλματα τα οποία δεν επηρεάζουν την ορθή λειτουργία του παιχνιδιού, αλλά το σύστημα αξιών και ισορροπίας της εμπειρίας παιχνιδιού (gameplay). Σε αυτό το πλαίσιο, το παιχνίδι δεν έχει τη μορφή ενός αδιαμφισβήτητου και αμετάβλητου κλειστού δομήματος, αλλά γίνεται ένα δυναμικό κατασκεύασμα στο οποίο ο καθένας μπορεί να εφαρμόσει μικρές ή μεγάλες αλλαγές και να δημιουργήσει τη δική του, έκδοση (Kynigos & Yiannoutsou, 2018). Γίνεται δηλαδή ένα «ζωντανό» αντικείμενο το οποίο εξελίσσεται, τροποποιείται, ανασκευάζεται και διαμοιράζεται μεταξύ των μαθητών. Σκοπός της ερευνήτριας είναι να προκαλέσει τους μαθητές, καθώς παίζουν και εξοικειώνονται με το παιχνίδι, να αμφισβητήσουν το σύστημα αξιών και κανόνων του, να ανταλλάξουν ιδέες για τροποποιήσεις και τελικά να το διασκεύασουν με τις διαθέσιμες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος. Έτσι η διασκευή του παιχνιδιού δεν είναι μια καθοδηγούμενη άσκηση, αλλά προκύπτει μέσα από τη διαδικασία συζήτηση και διαπραγμάτευσης για την «λανθασμένη» υλοποίηση του παιχνιδιού.

2.6.2 Προοδευτική εμπλοκή με τη δομή του παιχνιδιού

Πολλοί ερευνητές έχουν ισχυριστεί ότι για την νοηματοδότηση σύνθετων υπολογιστικών εννοιών είναι σημαντική η παροχή ενός «πλαίσιου υποστήριξης» στον μαθητή το οποίο θα λειτουργεί ως «νοητική σκαλωσιά» και σταδιακά θα υποχωρεί μέχρι να εσωτερικεύσει τη νέα γνώση (Repenning et al 2010. Lee κ.ά, 2011). Οι Lee κ.ά. προτείνουν ένα μοντέλο τριών σταδίων για την ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης μέσα από ψηφιακά περιβάλλοντα. Πρόκειται για το μοντέλο «Χρησιμοποίησε – Τροποποίησε- Δημιούργησε» (Use-Modify-Create) το οποίο βασίζεται στην παραδοχή ότι *«η υποστήριξη προοδευτικά βαθύτερων αλληλεπιδράσεων του μαθητή με το περιβάλλον θα προωθήσει την απόκτηση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης»*. Στο πρώτο στάδιο οι μαθητές χρησιμοποιούν το δόμημα που έχει δημιουργήσει κάποιος τρίτος. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιούν τροποποιήσεις αυξανόμενης πολυπλοκότητας που απαιτούν τη νοηματοδότηση ορισμένων υπολογιστικών εννοιών που ενσωματώνονται στο ψηφιακό δόμημα. Μέσα από συνεχείς τροποποιήσεις και αναθεωρήσεις του αρχικού δομήματος οι μαθητές θα αναπτύξουν τις δικές τους ιδέες για νέα δομήματα. Στο τρίτο στάδιο δημιουργούν τα δικά τους δομήματα εφαρμόζοντας τη γνώση και τις πρακτικές που έχουν ήδη ανακαλύψει στα δύο προηγούμενα στάδια. Στο μοντέλο των Lee κ.ά., το ψηφιακό περιβάλλον και οι λειτουργικότητές

του λειτουργούν ως εργαλεία διαμεσολάβησης (Duffy & Cunningham, 1996) μεταξύ του μαθητή και των σύνθετων υπολογιστικών εννοιών που αναπαρίστανται στη δομή του. Ακολουθώντας τα στάδια του μοντέλου, οι μαθητές, με τα κατάλληλα εργαλεία διαμεσολάβησης που προσφέρει το περιβάλλον, αποκτούν σταδιακή πρόσβαση σε ολοένα και πιο σύνθετες έννοιες για τις οποίες εκφράζουν νοήματα σε συνδυασμό με τα νοήματα που έχουν κατασκευάσει στο προηγούμενο στάδιο. Η ερευνήτρια στον σχεδιασμό της παρούσας έρευνας, πλαισιώνει τη διαδικασία διασκευής ενός διαψεύσιμου παιχνιδιού με την προοδευτική πρόσβαση στο σύστημα του παιχνιδιού. Στις δραστηριότητες της έρευνας (βλ. ενότ. 3.3) η διασκευή πραγματοποιείται μέσα από τα τρία στάδια «Παίξιμο – Διόρθωση – Δημιουργία Διασκευής» που αποτελούν μια προσαρμογή του μοντέλου των τριών σταδίων των Lee κ.ά. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1, οι μαθητές ξεκινάνε από το παίξιμο του παιχνιδιού κατά το οποίο αναμένεται να προκύψει αμφισβήτηση και συζήτηση για τα μισοψημένα στοιχεία του η οποία θα οδηγήσει στο δεύτερο στάδιο που είναι η διόρθωση του παιχνιδιού. Μέσα από τη συνεργατική διόρθωση αναμένεται να αναδυθούν ιδέες για διασκευή του παιχνιδιού η οποία υλοποιείται στο τρίτο στάδιο μέσα από επαναλαμβανόμενους κύκλους τροποποίησης, δοκιμής, αξιολόγησης και ανάλυσης που μπορεί με τη σειρά της να οδηγήσει σε μια νέα διασκευή. Στόχος της ερευνήτριας είναι να μελετήσει τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών για έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης όταν αποκτούν προοδευτική πρόσβαση στα στοιχεία και τις σχέσεις του πολύπλοκου συστήματος ενός ψηφιακού παιχνιδιού.



Διάγραμμα 1: Τα τρία στάδια εμπλοκής των μαθητών με τη δομή του παιχνιδιού "Παίξιμο-Διόρθωση-Δημιουργία διασκευής"

2.6.3 Δομημένη βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες

Για την επίτευξη της προοδευτικής διερεύνησης ενός σύνθετου ψηφιακού δομήματος όπως ένα παιχνίδι, είναι απαραίτητο το περιβάλλον να προσφέρει στον μαθητή εργαλεία πρόσβασης στις λειτουργικότητές του χωρίς να απαιτεί από αυτόν/η υψηλού επιπέδου τεχνικές γνώσεις. Ο Kynigos (2004) προτείνει την προσέγγιση της «Principled deep structural access» ως μια παραλλαγή της ιδέας του diDessa (2001) για «βαθιά πρόσβαση στη δομή» ενός λογισμικού. Η πρόσβαση επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση δομικών στοιχείων υψηλού επιπέδου σε ένα ψηφιακό περιβάλλον, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να τροποποιήσει ή να κατασκευάσει τα δικά του δομήματα. Το κάθε δομικό στοιχείο σχεδιάζεται με τρόπο που να επιτρέπει την κατασκευή

πολύπλοκων από τεχνικής άποψης ψηφιακών δομημάτων. Ο Kynigos χρησιμοποιεί τον όρο «σχεδιασμός μαύρου και άσπρου κουτιού» για να περιγράψει αυτή τη μέθοδο σχεδιασμού τέτοιων ψηφιακών περιβαλλόντων (Kynigos, 2004). Ο σχεδιαστής του περιβάλλοντος επιλέγει ποια στοιχεία του λογισμικού έχει διδακτικό νόημα να είναι ανοιχτά για επεξεργασία από τον χρήστη, να είναι δηλαδή «άσπρα κουτιά», και ποια χρειάζεται να αποκρύψει από τον χρήστη για να μην τον αποσπά με περιττές πληροφορίες, να είναι δηλαδή «μαύρα κουτιά». Στη συνέχεια αναπτύσσει ενσωματώνει κατάλληλα εργαλεία και αναπαραστάσεις για να κάνει τα στοιχεία αυτά προσβάσιμα ακόμα και από μη έμπειρους χρήστες. Τέτοια υπολογιστικά εργαλεία μπορεί να είναι για παράδειγμα μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (βλ. ενότ. 3.2.) μια διαδραστική βάση δεδομένων, μια φιλική προς τον χρήστη διεπαφή παραμετροποίησης, ένας επεξεργαστής τρισδιάστατων μοντέλων. Η ερευνήτρια στην παρούσα έρευνα αξιοποιεί περιβάλλοντα που προσφέρουν υπολογιστικά εργαλεία για βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες τους. Επιπλέον εφαρμόζει την προσέγγιση του ‘μαύρου και άσπρου κουτιού’ για τον σχεδιασμό των «διαψεύσιμων» παιχνιδιών που δίνει στους μαθητές προς διασκευή. Σε κάθε παιχνίδι επιλέγει ποια στοιχεία του παιχνιδιού θα είναι προσβάσιμα και επεξεργάσιμα από τον μαθητή και με ποιο υπολογιστικό εργαλείο (όπως προγραμματισμό, διεπαφή χρήστη, δυναμικό χειρισμό). Αντίστοιχα κρύβει από τον μαθητή στοιχεία που ενδεχομένως να τον αποπροσανατόλιζαν ή να τον δυσκόλευαν στη διαδικασία διερεύνησης και νοηματοδότησης εννοιών υπολογιστικής σκέψης.

2.6.4 Συνεργασία και διαμοιρασμός παιχνιδιών

Ο διαμοιρασμός των κατασκευών των μαθητών και η συζήτηση γύρω από τις ιδέες που αυτές αποτυπώνουν, αποτελούν σημαντική πτυχή της κατασκευής και της διαμεσολάβησης της γνώσης σύμφωνα με τη κονστραξιονιστική θεώρηση της νόησης (Papert & Harrell, 1991). Στην περίπτωση της διασκευής, η ανταλλαγή και η έκφραση των προσωπικών ιδεών των μαθητών πάνω στο διαψεύσιμο δόμημα αποκτά ακόμη μεγαλύτερη αξία. Μέσα από την αμφισβήτηση του αρχικού σχεδιασμού και στη συνέχεια μέσα από την επεξήγηση και την υποστήριξη προτεινόμενων τροποποιήσεων, οι μαθητές εκφράζουν και αναθεωρούν προσωπικά νοήματα για τις έννοιες που αποτυπώνονται στο συνεχώς εξελισσόμενο ψηφιακό δόμημα. Η ερευνήτρια ενσωματώνει τη συνεργασία και τον διαμοιρασμό στη διαδικασία διασκευής ψηφιακών παιχνιδιών που σχεδίασε. Στις δραστηριότητες των εμπειρικών ερευνών οι μαθητές συνεργάζονται σε δύο επίπεδα. Αρχικά σε επίπεδο ομάδας, οι μαθητές συνεργάζονται σε μικρές ομάδες σε όλα τα στάδια της διασκευής. Στη συνέχεια σε επίπεδο τάξης, όπου διαμοιράζουν τα διασκευασμένα παιχνίδια σε άλλες ομάδες μαθητών για να τα παίξουν, να τα αξιολογήσουν και να παρέχουν ανατροφοδότηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Επιλογή Ερευνητικής Μεθόδου

3.1.1 Κριτήρια επιλογής ερευνητικής μεθοδολογίας

Η βιβλιογραφική επισκόπηση που προηγήθηκε αναδεικνύει τόσο την πολυπλοκότητα του αντικειμένου μελέτης, δηλαδή των επιμέρους πτυχών της υπολογιστικής σκέψης, όσο και την ανάγκη μελέτης και ερμηνείας της μαθησιακής δραστηριότητας των μαθητών σε σχέση με αυτές. Έτσι, το ερευνητικό ενδιαφέρον της παρούσας διατριβής εστιάζει στη δημιουργία μιας καινοτόμου εκπαιδευτικής πρακτικής που επιτρέπει τη μελέτη και ερμηνεία της δραστηριότητας και συμπεριφοράς των παιδιών σε σχέση με την υπολογιστική σκέψη στο φυσικό περιβάλλον που λαμβάνει χώρα, δηλαδή στη σχολική τάξη. Το γεγονός ότι αυτή η ανθρώπινη δραστηριότητα δεν προϋπήρχε, όπως φάνηκε από την επισκόπηση πεδίου, κατέστησε αναγκαία την επιλογή μιας μεθοδολογίας που επιτρέπει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός «πλαισίου σχεδιασμού» (framework of action) που θα την προκαλούσε.

Για την επιλογή της ερευνητικής μεθόδου, η ερευνήτρια έλαβε υπόψιν: α) τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν (βλ. Κεφάλαιο 1), β) το γνωστικό αντικείμενο της έρευνας, δηλαδή τις πρακτικές και έννοιες υπολογιστικής σκέψης και γ) το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο στηρίχτηκε η έρευνα (βλ. Κεφάλαιο 2). Τα ερευνητικά ερωτήματα που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 1.3 θέτουν ως κεντρικό αντικείμενο μελέτης τις διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές χρησιμοποιούν πρακτικές και έννοιες υπολογιστικής σκέψης κατά τον προγραμματισμό παιχνιδιών και όχι το τελικό αποτέλεσμα του προγραμματισμού. Οι διαδικασίες αυτές προσεγγίζονται από την ερευνήτρια μέσα από δύο άξονες. Ο πρώτος αφορά τους τρόπους με τους οποίους οι μαθητές αξιοποιούν τις υπολογιστικές λειτουργικότητες που ενσωματώνει το εκάστοτε παιχνίδι και το περιβάλλον σχεδιασμού για να κατασκευάσουν δομήματα (ψηφιακά και νοητικά) και για να χρησιμοποιήσουν έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης. Ο δεύτερος αφορά την κοινωνική συνιστώσα της κατασκευής της γνώσης (Gergen, 2001; Shotter, 1995) και εστιάζει στο πώς το κοινωνικό περιβάλλον και οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών μέσα σε αυτό επηρεάζει τις διαδικασίες έκφρασης και κατασκευής αυτών των νοημάτων. Έτσι, η επιλογή της ποιοτικής μεθόδου κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση όσων διαδραματίζονται τόσο μεταξύ των μαθητών όσο και μεταξύ των μαθητών και του ψηφιακού περιβάλλοντος στο δεδομένο χρονικό και χωρικό πλαίσιο που υλοποιήθηκε η έρευνα. Επιπλέον, η χρήση της ποιοτικής μεθόδου ενισχύεται από το γεγονός ότι ερευνάται μια περιοχή για την οποία «λίγα είναι γνωστά» συνεπώς δεν θα μπορούσαν να σχεδιαστούν αξιόπιστα εργαλεία για να στηρίξουν μια ποσοτική μεθοδολογία (Strauss & Corbin, 1990).

Ακόμη, ο σχεδιασμός μιας καινοτόμου εκπαιδευτικής πρακτικής με στόχο να προκληθεί δραστηριότητα των μαθητών για πρακτικές υπολογιστικής σκέψης, περιελάμβανε την ανάπτυξη νέων ψηφιακών και θεωρητικών εργαλείων. Το υλικό αυτό, δεν είχε αξιοποιηθεί και μελετηθεί, έως την παρούσα έρευνα, σε ένα ενοποιημένο πλαίσιο μαθησιακής δραστηριότητας. Συνεπώς η ερευνήτρια αναζήτησε μια ερευνητική μεθοδολογία που να επιτρέπει την αναθεώρηση και βελτίωση του σχεδιασμού τόσο της διδακτικής παρέμβασης όσο και των ίδιων των εργαλείων και των παιχνιδιών προσομοίωσης που αναπτύχθηκαν με αυτά (Wang & Hannafin, 2005).

3.1.2 Η έρευνα σχεδιασμού

Η μεθοδολογία που έκρινε η ερευνήτρια ότι ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες της παρούσας έρευνας όπως παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο είναι η έρευνα σχεδιασμού (design-based research). Η έρευνα σχεδιασμού είναι μια ποιοτική μέθοδος έρευνας που στοχεύει στη βελτίωση ή την ανάπτυξη «εμπειρικά θεμελιωμένων» θεωριών και πλαισίων δράσης (frameworks of action) για καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές (Cobb κ.ά., 2003. Design based research collective, 2003). Τα πλαίσια δράσεις διαμορφώνονται από θεωρητικά εργαλεία, φυσικό ή ψηφιακό υλικό, δραστηριότητες και παραδείγματα εφαρμογή τους σε ρεαλιστικές συνθήκες τάξης (Bakker, 2018) που συχνά διαφοροποιούνται από τις θεσμοθετημένες σχολικές νόρμες. Καθώς η εκπαιδευτική παρέμβαση προκαλεί μια νέα ανθρώπινη δραστηριότητα που δεν προϋπήρχε, ενδέχεται να χρειαστεί ο επανασχεδιασμός και η αναθεώρηση των εργαλείων, των θεωριών και των μέσων που αποτελούν το πλαίσιο δράσης. Έτσι, η έρευνα σχεδιασμού υλοποιείται μέσα από επαναλαμβανόμενους κύκλους σχεδιασμού, εφαρμογής και ανάλυσης της παρέμβασης σε ρεαλιστικές συνθήκες με την ενεργό συμμετοχή του ερευνητή σε όλα τα στάδια. Αν και τα αποτελέσματα της έρευνας εντάσσονται στο πλαίσιο της συγκεκριμένης παρέμβασης, δηλαδή όταν οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες εμπλέκονται στη συγκεκριμένη πρακτική, προσφέρουν θεωρητικές πληροφορίες για τη μαθησιακή διαδικασία, δηλαδή για το πως σκέφτονται και μαθαίνουν οι μαθητές με το υλικό αυτό, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάπτυξη νέων θεωριών περιεχομένου, πλαισίων σχεδιασμού ή μεθοδολογιών σχεδιασμού (Edelson, 2002).

Η έρευνα σχεδιασμού έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς τα τελευταία χρόνια σε έρευνες που αποσκοπούν στη μελέτη της μαθησιακής δραστηριότητας μέσα από νέες και καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές. Στην επόμενη ενότητα αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά της έρευνας σχεδιασμού και θεμελιώνεται η επιλογή της έναντι άλλων μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική έρευνα.

3.1.3 Χαρακτηριστικά και σύγκριση με άλλες μεθόδους

Η έρευνα σχεδιασμού αναπτύχθηκε ως μεθοδολογία από τα «πειράματα σχεδιασμού» (design experiments), μιας ερευνητικής πρακτικής που διαμορφώνει και μελετά εκπαιδευτικούς

σχεδιασμούς μέσα από την πρακτική εφαρμογής τους (Cobb, κ.ά., 2003, Brown, 1992). Στόχος των πειραμάτων σχεδιασμού είναι η ανάπτυξη θεωριών για τη μαθησιακή διαδικασία, μέσα από τον σχεδιασμό και τη μελέτη καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών που εφαρμόζονται με τη μορφή παρέμβασης σε ρεαλιστικές συνθήκες. Ενώ ως μεθοδολογία έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με άλλες ποιοτικές μεθοδολογίες έρευνας, όπως η εθνογραφική ή η έρευνα δράσης, παρουσιάζει και ορισμένες σημαντικές διαφορές.

Σε κάποιες μεθοδολογίες, όπως τα πειράματα με ομάδες πειράματος και ελέγχου, η εφαρμογή υλοποιείται σε περιβάλλοντα με υψηλό βαθμό ελέγχου από τον ερευνητή (π.χ. κλειστά εργαστήρια με επιλεγμένους μαθητές) ο οποίος μελετά και συγκρίνει συγκεκριμένες εξαρτημένες μεταβλητές (π.χ. απαντήσεις σε τεστ) θεωρώντας πολλούς παράγοντες, όπως οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών μέσα στην τάξη και η εμπειρία του εκπαιδευτικού, σταθερούς (Collins κ.ά, 2004). Ωστόσο η ανάπτυξη θεωριών και πλαισίων σχεδιασμού που αποσκοπούν στην εφαρμογή εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στην τάξη, όπως η παρούσα έρευνα, είναι σημαντικό να λαμβάνει υπόψιν όλους αυτούς τους παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά τη δραστηριότητα των μαθητών. Συνεπώς τα πειράματα ελέγχου δεν αποτελούν κατάλληλη μεθοδολογία για τέτοιες περιπτώσεις. Αντίθετα η έρευνα σχεδιασμού είναι μια εμπειρική μεθοδολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες τάξης ελαχιστοποιώντας έτσι τον βαθμό ελέγχου των παραγόντων και των μεταβλητών της κατάστασης εφαρμογής (Bakker, 2018).

Ο στόχος της έρευνας σχεδιασμού, δηλαδή η μελέτη καινοτόμων πρακτικών που δεν έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν, καθιστά αναγκαία την έντονη παρεμβατικότητα της, που αποστασιοποιείται από τις εκπαιδευτικές νόρμες και τις τυπικές εκπαιδευτικές πρακτικές (Cobb κ.ά., 2003). Το στοιχείο αυτό τη διαφοροποιεί από άλλες εμπειρικές μεθοδολογίες όπως η έρευνα δράσης και η εθνογραφική έρευνα οι οποίες σχεδιάζονται και υλοποιούνται ακολουθώντας τις εκπαιδευτικές νόρμες, όπως το πρόγραμμα σπουδών και τα υπάρχοντα μαθησιακά εργαλεία, με στόχο την ανάπτυξη θεωριών για θέματα που σχετίζονται με αυτές. Στην εθνογραφική έρευνα ο ερευνητής παρατηρεί ένα κοινωνικό φαινόμενο στο πεδίο που λαμβάνει χώρα, για παράδειγμα το σχολικό μάθημα, χωρίς να παρεμβαίνει ή να διακόπτει τη φυσική ροή του, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για αυτό. Η έρευνα δράσης από την άλλη εστιάζει στη μελέτη μιας υπάρχουσας κοινωνικής κατάστασης με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας της δράσης μέσα σε αυτή (Elliott, 1991), χωρίς όμως να περιλαμβάνει τον σχεδιασμό μιας παρέμβασης που θα προκαλέσει μια νέα μαθησιακή δραστηριότητα (Bakker, 2018). Συνεπώς, όταν το ερευνητικό ερώτημα αφορά τη μελέτη μιας συμπεριφοράς που δεν εντοπίζεται στις τυπικές εκπαιδευτικές πρακτικές, ή μπορεί να έρχεται και σε αντίθεση με αυτές, είναι απαραίτητη η χρήση μιας μεθοδολογίας που επιτρέπει την παρέμβαση, την τροποποίηση και τον επανασχεδιασμό τους, όπως η έρευνα σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός και εφαρμογή νέων εκπαιδευτικών πρακτικών που δεν έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν καθιστά αναγκαίο τον επαναληπτικό σχεδιασμό των δραστηριοτήτων, των θεωριών και των ψηφιακών και φυσικών μέσων που αξιοποιούνται στο σχέδιο παρέμβασης (Collins et al, 2004. Edelson, 2009). Η έρευνα σχεδιασμού, υλοποιείται μέσα από επαναλαμβανόμενους κύκλους σχεδιασμού, εφαρμογής και αναστοχασμού, σε αντίθεση με άλλες εμπειρικές μεθοδολογίες που προσεγγίζουν το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την ανάλυση ως ανεξάρτητες διαδικασίες που υλοποιούνται διαδοχικά. Ο επαναληπτικός σχεδιασμός δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να εντοπίσει νέα προβλήματα της θεωρίας και των εργαλείων στα οποία θεμελιώνεται το πλαίσιο δράσης και να προσπαθήσει να τα επιλύσει αναθεωρώντας και βελτιώνοντας τον αρχικό σχεδιασμό. Η «προοδευτική βελτίωση» που χαρακτηρίζει την έρευνα σχεδιασμού αποσκοπεί όχι μόνο στη όχι πρακτικών ζητημάτων σχεδιασμού αλλά και στην αναθεώρηση θεωρητικών θεμάτων και τελικά στην πρόοδο της θεωρίας (Cobb κ.ά, 2001).

Η διαδικασία συνεχούς αναθεώρησης και βελτίωσης, ενισχύεται από την ενεργό συμμετοχή του ερευνητή σε κάθε εφαρμογή της παρέμβασης. Στην έρευνα σχεδιασμού ο ερευνητής έχει ενεργό ρόλο στην παρέμβαση, συμμετέχοντας συχνά τόσο στη διδασκαλία όσο και στη συλλογή των δεδομένων. Μέσα από τη στενή συνεργασία του με τον εκπαιδευτικό, ο ερευνητής μπορεί να αποκτήσει σημαντικές πληροφορίες για το πλαίσιο εφαρμογής (π.χ. υπόβαθρο μαθητών, κλίμα τάξης) και για την εξέλιξη της παρέμβασης (π.χ. επίτευξη των στόχων, τεχνικά προβλήματα).

Τα αποτελέσματα της έρευνας σχεδιασμού προκύπτουν από την ανάλυση και τη συσχέτιση ενός συνόλου ποιοτικών δεδομένων διαφορετικών τύπων που αντιπροσωπεύουν όλη τη διαδικασία μάθησης των συμμετεχόντων (όπως βίντεο, ηχογραφήσεις, συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, ημερολόγιο παρατήρησης). Σε αντίθεση με άλλες μεθοδολογίες που εστιάζουν αποκλειστικά στα γνωστικά αποτελέσματα της παρέμβασης, όπως στα αποτελέσματα ενός τεστ που ελέγχει συγκεκριμένες μεταβλητές, στην έρευνα σχεδιασμού ο ερευνητής μελετά και αναλύει τις νοητικές, κοινωνικές και μαθησιακές διαδικασίες που ακολουθούν οι μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης που θα τους οδηγήσουν στην κατασκευή της νέας γνώσης, αλλά πιθανώς και σε παρανοήσεις ή προβλήματα.

Εξαιτίας του είδους των δεδομένων αλλά και του μικρού δείγματος συμμετεχόντων, οι ποιοτικές έρευνες μπορεί να κριθούν για τον υποκειμενισμό και τη μη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων, σε σύγκριση με αυτά των ποσοτικών ερευνών. Ωστόσο, οι ποιοτικές έρευνες δεν εστιάζουν στη διατύπωση γενικευμένων καθολικών κανόνων, αλλά στην περιγραφή και ερμηνεία ενός εμπειρικού φαινομένου μέσα από το πρίσμα ενός θεωρητικού ζητήματος. Η εγκυρότητα των ποιοτικών μεθόδων έγκειται ακριβώς σε αυτή τη διεξοδική και σε βάθος περιγραφή και ανάλυση μιας συγκεκριμένης κατάστασης. Ειδικά για την ανάπτυξη νέων θεωριών μάθησης, κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση και η λεπτομερής περιγραφή των νοητικών διαδικασιών και των

δραστηριοτήτων που οδήγησαν στα συμπεράσματα για το πως πραγματοποιείται η μάθηση σε συγκεκριμένα πλαίσια (Gravemeijer & Cobb, 2006).

Σκοπός της έρευνας σχεδιασμού, λοιπόν, είναι να προσφέρει «εμπειρικά θεμελιωμένα» αποτελέσματα σε σχέση με τους τρόπους που οι μαθητές εκφράζουν και νοηματοδοτούν έννοιες όταν εμπλέκονται με συγκεκριμένες δραστηριότητες και περιβάλλοντα μάθησης και όχι να δώσει οριστικές απαντήσεις. Μέσα από την ανάλυση ο ερευνητής στοχεύει να εντοπίσει επαναλαμβανόμενα μοτίβα και νόρμες στις διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές κατασκευάζουν νοήματα και να συσχετίσει τα μοτίβα με τα μέσα που τα κατέστησαν εφικτά. Έτσι η γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων έγκειται στην ανάπτυξη μιας ευέλικτης και ευπροσάρμοστης θεωρίας ή πλαισίου που περιγράφει μοτίβα διαδικασιών μάθησης και που μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά περιεχόμενα (Barab & Squire, 2004)

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά που διέπουν την έρευνα σχεδιασμού, στόχος της παρούσας διατριβής υπήρξε αρχικά η ανάπτυξη του λογισμικού και των δραστηριοτήτων έτσι ώστε να προκληθεί νέα ανθρώπινη δραστηριότητα στη βάση του θεωρητικού προβληματισμού που παρουσιάστηκε. Στη συνέχεια, η μελέτη της ερευνήτριας εστίασε στην κατανόηση της μαθησιακής διαδικασίας και των παραμέτρων που την επηρεάζουν και όχι στην πιστοποίηση ή στην απόρριψη συγκεκριμένων υποθέσεων. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε ορισμένες πτυχές των ερευνητικών ερωτημάτων, η μελέτη των οποίων επέτρεψε στην ερευνήτρια να εστιάσει καλύτερα και να ενισχύσει τα ίδια τα ερωτήματα (LeCompte & Preissle, 2003). Έτσι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την διατριβή δεν αποτελούν οριστικές και αυταπόδεικτες απαντήσεις, αλλά μια εις βάθος μελέτη και περιγραφή μοτίβων εφαρμογής και κατασκευής νοημάτων υπολογιστικής σκέψης, τα οποία αναδείχθηκαν από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα των μαθητών.

3.2. Τα ψηφιακά εργαλεία

Όπως προκύπτει και από την βιβλιογραφική επισκόπηση πεδίου (κεφ. 2), μέχρι την παρούσα έρευνα δεν υπήρχε κάποια γνωστή δραστηριότητα των παιδιών η οποία να επέτρεπε τη μελέτη των συγκεκριμένων ερευνητικών ερωτημάτων. Έτσι, για τις ανάγκες της έρευνας, η ερευνήτρια πραγματοποίησε πρωτογενή και δευτερογενή ανάπτυξη ψηφιακών εργαλείων και υλικού. Η πρωτογενής ανάπτυξη αφορά την κατασκευή δύο ψηφιακών διαδικτυακών λογισμικών, το MaLT2 (<http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/>) και το ChoiCo (<http://etl.ppp.uoa.gr/choico/>), τα οποία επικαιροποιούν και επεκτείνουν παλαιότερα ψηφιακά εργαλεία του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας.

Τα δύο λογισμικά αναπτύχθηκαν με σύγχρονες τεχνολογίες Web που επιτρέπουν τη διαδικτυακή λειτουργία και την πρόσβαση μέσω όλων των γνωστών φυλλομετρητών (chrome, firefox, internet explorer, safari, opera) και από οποιαδήποτε συσκευή έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο (π.χ. κινητό,

ταμπλέτα, υπολογιστή). Η επιλογή αυτή έγινε κυρίως με δυο κριτήρια α) την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση από οπουδήποτε χωρίς να απαιτείται πρόσθετη εγκατάσταση ή λήψη αρχείων αλλά και β) τη βιωσιμότητα των λογισμικών με βάση τις τελευταίες τεχνολογικές, όπως ο πρόσφατος αποκλεισμός των παλαιότερων τεχνολογιών όπως Java και Flash από τις διαδικτυακές εφαρμογές για λόγους ασφαλείας.

Επιπλέον εμπλουτίστηκαν με νέες διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες και αναπαραστάσεις που διευρύνουν την εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές και έννοιες υπολογιστικής σκέψης. Η αρχιτεκτονική και των δυο λογισμικών βασίζεται στη σχεδιαστική ιδέα των «ενσωματωμένων υπολογιστικών λειτουργικοτήτων» (Karut, 1992. Kynigos, 2005. Kynigos & Grizioti. 2018), δηλαδή στη διασύνδεση λειτουργικοτήτων (affordances) οι οποίες έως τώρα προϋπήρχαν μόνο ως ανεξάρτητες οντότητες, με τρόπο που να προσφέρει στον χρήστη νέες δυνατότητες εμπλοκής και αλληλεπίδρασης με επιστημονικές έννοιες προωθώντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη ευρύτερων δεξιοτήτων όπως αυτών της υπολογιστικής σκέψης. Επιπλέον, και τα δυο λογισμικά επιτρέπουν το «δευτερογενή σχεδιασμό» ψηφιακών δομημάτων, όπως μοντέλα και παιχνίδια, από τους μαθητές ή τους εκπαιδευτικούς.

Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε στη συνέχεια τα δύο νέα λογισμικά για να αναπτύξει δύο «μισοψημένα» ψηφιακά παιχνίδια, ένα με κάθε εργαλείο, καθώς και τις δραστηριότητες με τις οποίες ενεπλάκησαν οι μαθητές στην παρούσα έρευνα. Οι δραστηριότητες εφαρμόστηκαν σε 2 διδακτικές παρέμβασες, όπου η κάθε μια αποτελούνταν από τρεις διακριτές φάσεις. Η κάθε φάση κάθε διδακτικής παρέμβασης αποτελούσε ευκαιρία για συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων από την ερευνήτρια, που οδηγούσε σε αναθεώρηση και επανασχεδιασμό του ψηφιακού περιβάλλοντος, του παιχνιδιού και των δραστηριοτήτων. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλυτικά τα δύο διαδικτυακά λογισμικά που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας έρευνας.

3.2.1 Λογισμικό σχεδιασμού παιχνιδιών ChoiCo

Το «Choices with Consequences (ChoiCo)» είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα (<http://etl.ppp.uoa.gr/choico>) που επιτρέπει τη δημιουργία, το παίξιμο και τη διασκευή παιχνιδιών «προσομοίωσης καθοδηγούμενα από τις επιλογές» που πραγματεύονται σύνθετα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα. Οι λειτουργικότητές του βασίζονται σε αυτές του πρότυπου μικρόκοσμου δημιουργίας παιχνιδιών επιλογών με επιπτώσεις «SuS-X» (Daskolia & Kynigos, 2012), το οποίο βασίζεται με τη σειρά του σε προηγούμενους μικρόκοσμους του λογισμικού «Αβάκιο» (Κυνηγός, Γιαννούτσου & Φράγκου, 2006). Ο μικρόκοσμος «SuS-X» αναπτύχθηκε από την ομάδα του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και υποστηρίζει τη δημιουργία παιχνιδιών-μικρόκοσμων στα οποία ο παίκτης επιλέγει σημεία σε έναν ψηφιακό χάρτη που σχετίζονται με την αειφορία και την ισορροπία σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο που τίθεται από το παιχνίδι. Ο χρήστης μπορεί να

επεξεργαστεί ορισμένα δεδομένα του παιχνιδιού όπως την εικόνα υποβάθρου, τις διαθέσιμες επιλογές, τις επιπτώσεις τους και τις συνθήκες τερματισμού. Ωστόσο, οι λειτουργικότητες σχεδιασμού του παιχνιδιού περιορίζονται στην επεξεργασία δυο πινάκων δεδομένων, χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα περεταίρω προγραμματισμού του παιχνιδιού ή του χάρτη. Το «SuS-X», και τα παιχνίδια που έχουν σχεδιαστεί με αυτό, έχουν αξιοποιηθεί σε έρευνες σχεδιασμού που μελετούν τις στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητών για έννοιες περιβαλλοντικής αειφορίας και βιωσιμότητας (Yiannoutsou, Kynigos και Daskolia, 2014; Kynigos & Yiannoutsou, 2018).

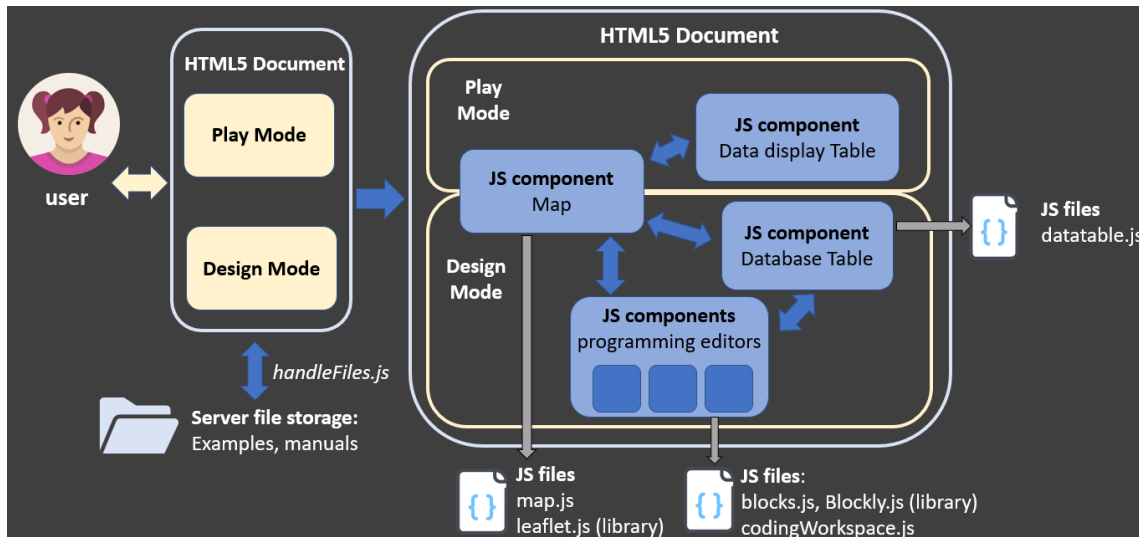
Το ChoiCo υλοποιεί την ιδέα του SuS-X σε μια διαδικτυακή εφαρμογή ελεύθερης πρόσβασης, και την επεκτείνει ενσωματώνοντας νέες υπολογιστικές λειτουργικότητες που επιτρέπουν τον προγραμματισμό και τη διασκευή περισσότερων στοιχείων του παιχνιδιού. Ειδικότερα ενσωματώνει τρεις λειτουργικότητες, που έως τώρα είχαν χρησιμοποιηθεί μόνο ως διακριτά εργαλεία, και επιτρέπουν την πρόσβαση και τη διασκευή των επιμέρους στοιχείων της δομής του παιχνιδιού. Αυτές είναι: α) ένα σύστημα χαρτογράφησης βασισμένο στην τεχνολογία GIS (Geographic Information System) το οποίο αναπαριστά τη σκηνή του παιχνιδιού β) μια βάση δεδομένων στην οποία αναπαρίστανται τα δεδομένα του παιχνιδιού και μπορούν να επεξεργαστούν από τον χρήστη και γ) μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού με την οποία προγραμματίζονται οι μηχανισμοί του παιχνιδιού, όπως κανόνες, διαχείριση γεγονότων, μηνύματα ανατροφοδότησης και άλλα.

Τα παιχνίδια του ChoiCo επιχειρούν να προσομοιάσουν τις αποφάσεις, τις συνέπειες και τις διαδικασίες που είναι ενσωματωμένες σε κάποια πολύπλοκη κατάσταση της πραγματικότητας, δίνοντας στον παίκτη ένα σύνολο από επιλογές οι οποίες έχουν επιπτώσεις σε ένα σύνολο από πεδία-παραμέτρους (Kynigos & Grizioti, 2020). Ο σκοπός του παίκτη είναι να παραμείνει για όσο το δυνατόν περισσότερο στο παιχνίδι κάνοντας επιλογές και προσέχοντας μην υπερβεί την «κόκκινη γραμμή» κάποιου πεδίου οπότε και τερματίζεται το παιχνίδι. Στο πλαίσιο αυτό, ο παίκτης διερευνά, συγκρίνει, αναλύει τις επιλογές του παιχνιδιού και τις επιπτώσεις τους. Επιπλέον, το λογισμικό προσφέρει ένα σύνολο από εργαλεία που δίνουν στον χρήστη πρόσβαση στα επιμέρους στοιχεία της δομής του παιχνιδιού, όπως τους κανόνες, τις επιλογές, τη σκηνή αναπαράστασης των επιλογών, τις αντιδράσεις του συστήματος στις ενέργειες του παίκτη. Στη συνέχεια περιγράφεται η αρχιτεκτονική του εργαλείου, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν καθώς τα δυο διακριτά περιβάλλοντα που προσφέρει: το περιβάλλον παιχνιδιού και το περιβάλλον δευτερογενούς σχεδιασμού.

Αρχιτεκτονική λογισμικού και τεχνολογίες ανάπτυξης

Το ChoiCo αναπτύχθηκε με τις τεχνολογίες HTML5, JavaScript και CSS. Παράλληλα χρησιμοποιεί και επεκτείνει ένα σύνολο από βιβλιοθήκες JavaScript για την υλοποίηση των διασυνδεδεμένων

λειτουργικότητων. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται στη διασύνδεση και επικοινωνία διακριτών υπολογιστικών στοιχείων (JS components) με τρόπο που να είναι εύκολα διαχειρίσιμα, συντηρίσιμα αλλά και επαναχρησιμοποιήσιμα ως ανεξάρτητα στοιχεία σε άλλες web εφαρμογές (Εικόνα 3). Για τον λόγο αυτό, κάθε στοιχείο υλοποιείται ως ξεχωριστό στοιχείο JavaScript και επικοινωνεί με τα υπόλοιπα μέσω συναρτήσεων με τη μορφή API.



Εικόνα 3: Η αρχιτεκτονική και οι τεχνολογίες του λογισμικού "ChoiCo"

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη είναι:

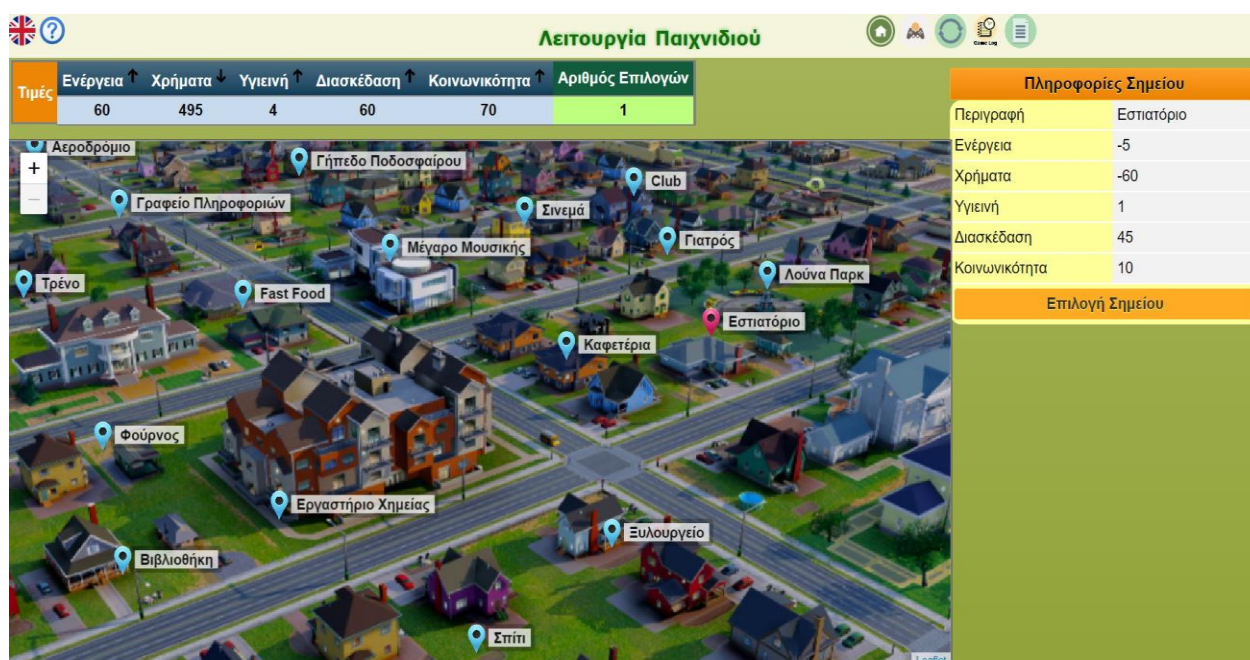
- Η βιβλιοθήκη **Blockly** (<https://developers.google.com/blockly>). Επιτρέπει την ενσωμάτωση μιας γλώσσας υψηλού επιπέδου αποτελούμενη από μπλοκ εντολών και δομών προγραμματισμού τα οποία μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα πρόγραμμα. Η βιβλιοθήκη μεταγλωττίζει τα μπλοκ σε JavaScript η οποία εκτελείται από την εφαρμογή. Η ερευνήτρια τροποποίησε τη βιβλιοθήκη Blockly, ώστε, εκτός από τις βασικές δομές προγραμματισμού που προσφέρει, να περιέχει επιπλέον μπλοκ εντολών για τον σχεδιασμό και τη διασκευή παιχνιδιών στο ChoiCo. Η λίστα που περιλαμβάνει όλα τα μπλοκ της γλώσσας προγραμματισμού του ChoiCo είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση <http://etl.ppp.uoa.gr/choico/blocksEn.html>.
- Η βιβλιοθήκη **Leaflet** (<https://leafletjs.com/>). Επιτρέπει τη δημιουργία διαδραστικών χαρτών σε διαδικτυακές εφαρμογές ενώ παράλληλα προσφέρει στους προγραμματιστές ένα μεγάλο σύνολο από λειτουργικότητες επέμβασης στον χάρτη. Οι χάρτες που δημιουργεί μπορούν να έχουν πολλαπλά επίπεδα και να βασίζονται σε διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων υλοποιώντας διαφορετικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S). Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιήθηκε από την ερευνήτρια για την ανάπτυξη της σκηνής του παιχνιδιού. Ωστόσο η ίδια η βιβλιοθήκη δεν επιτρέπει την επεξεργασία του χάρτη από τον τελικό χρήστη. Έτσι, η ερευνήτρια ανέπτυξε πρόσθετες

λειτουργικότητες σε JavaScript που επιτρέπουν τον δευτερογενή σχεδιασμό συγκεκριμένων στοιχείων του χάρτη από τον τελικό χρήστη όπως την αλλαγή υποβάθρου, την προσθήκη, διαγραφή και μετακίνηση σημείων και την δημιουργία και διαγραφή επιπέδων.

- Η βιβλιοθήκη **jQuery** (<https://jquery.com/>). Είναι σχεδιασμένη ώστε να υλοποιεί σενάρια στην πλευρά του πελάτη (client-side) απλοποιώντας υπάρχουσες σύνθετες λειτουργικότητες της JavaScript και υποστηρίζοντας νέες, όπως εφέ και κινήσεις στοιχείων, επικοινωνία μέσω Ajax, επεκτασιμότητα με πρόσθετα, γεγονότα και άμεση διαχείριση των στοιχείων του HTML εγγράφου. Η jQuery αξιοποιήθηκε από την ερευνήτρια κατά κύριο λόγο για τον σχεδιασμό της διαδραστικής βάσης δεδομένων, αλλά και σε άλλα σημεία της εφαρμογής.

Περιβάλλον παιχνιδιού

Στη «λειτουργία παιχνιδιού» ο χρήστης μπορεί να παίξει ένα παιχνίδι που έχει δημιουργηθεί στο ChoiCo. Το περιβάλλον του παιχνιδιού αποτελείται από τρεις αναπαραστάσεις: τη σκηνή/χάρτη του παιχνιδιού, τον πίνακα πληροφοριών και τον πίνακα πεδίων, όπως φαίνονται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4: Στιγμιότυπο από το λογισμικό ChoiCo στη "Λειτουργία Παιχνιδιού"

Η σκηνή αποτελεί τον εικονικό χώρο στον οποίο διαδραματίζεται και εξελίσσεται το παιχνίδι και με τον οποίο αλληλεπιδρά ο παίκτης. Περιέχει τις διαθέσιμες επιλογές του παιχνιδιού τοποθετημένες σε συγκεκριμένα σημεία της εικόνας υποβάθρου. Το πλαίσιο του παιχνιδιού διαμορφώνεται τόσο από την αναπαράσταση της εικόνας υποβάθρου όσο και από τη θέση των επιλογών σε αυτή. Για παράδειγμα μια εικόνα υποβάθρου μπορεί να απεικονίζει τον χάρτη μιας

πόλης, τη φωτογραφία ενός σπιτιού ή μια εικόνα με πολλά φαγητά. Η θέση που τοποθετούνται τα σημεία πάνω στην εικόνα υποβάθρου επηρεάζουν το σημαινόμενο της «επιλογής» στο παιχνίδι. Για παράδειγμα, ένα σημείο με το όνομα «παντελόνι» έχει διαφορετικό σημαινόμενο επιλογής όταν αυτό τοποθετηθεί σε μια εικόνα που απεικονίζει ένα κατάστημα ρούχων (αγοράζω ένα παντελόνι) από όταν τοποθετηθεί σε μια εικόνα που απεικονίζει ένα εργοστάσιο παραγωγής (παράγω ένα παντελόνι) ή σε μια εικόνα της ντουλάπας ενός σπιτιού (φοράω το παντελόνι μου). Η θέση ενός σημείου στη σκηνή, εκτός από το σημαινόμενο της επιλογής του, ενδέχεται να αναπαριστά και την έννοια της απόστασης. Για παράδειγμα στον χάρτη μιας πόλης τα σημεία που τοποθετούνται «μακριά» από το σημείο «Σπίτι» ενδέχεται να απαιτούν περισσότερο χρόνο από αυτά που τοποθετούνται «κοντά». Στην περίπτωση αυτή λαμβάνονται υπόψιν οι συντεταγμένες του σημείου στην εικόνα για να καθοριστούν οι επιπτώσεις του. Στο παράδειγμα της εικόνας 4, τα σημεία-επιλογές είναι τοποθετημένα σε συγκεκριμένα σημεία του χάρτη μιας πόλης και αναπαριστούν σημεία ενδιαφέροντος τα οποία μπορεί να επισκεφθεί κάποιος που βρίσκεται στην πόλη (π.χ. Σπίτι, Νοσοκομείο, Καφετέρια). Δεδομένου λοιπόν πως η θέση που τοποθετείται ένα σημείο επηρεάζει το πλαίσιο του παιχνιδιού, η σκηνή θεωρείται ότι αναπαριστά ένα σύστημα χαρτογράφησης σημείων σε ένα συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων. Σε αυτό το πλαίσιο ένα παιχνίδι μπορεί να περιέχει περισσότερες από μια στρώσεις (layers), δηλαδή πολλούς «χάρτες» με διαφορετικά σημεία, στις οποίες να μεταβαίνει ο παίκτης παίζοντας το παιχνίδι.

Ο πίνακας πληροφοριών περιέχει πληροφορίες για το σημείο-επιλογή της σκηνής στο οποίο ο παίκτης πατάει με τον κέρσορα και το κουμπί «Επιλογή Σημείου». Οι πληροφορίες του πίνακα συνήθως αφορούν τις επιπτώσεις που θα έχει η επιλογή του σημείου, στα πεδία του παιχνιδιού. Ανάλογα με τον σχεδιασμό του παιχνιδιού, ο πίνακας πληροφοριών μπορεί να περιέχει κι άλλες πληροφορίες όπως μια κειμενική περιγραφή, μια εικόνα ή έναν σύνδεσμο αυτών. Αυτό, δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να παρουσιάσει στον πίνακα πληροφοριών δεδομένα διαφορετικού τύπου που αφορούν το ίδιο σημείο. Ο παίκτης στη συνέχεια μπορεί να επιλέξει να «χρησιμοποιήσει» το σημείο αυτό πατώντας στο κουμπί «επιλογή σημείου».

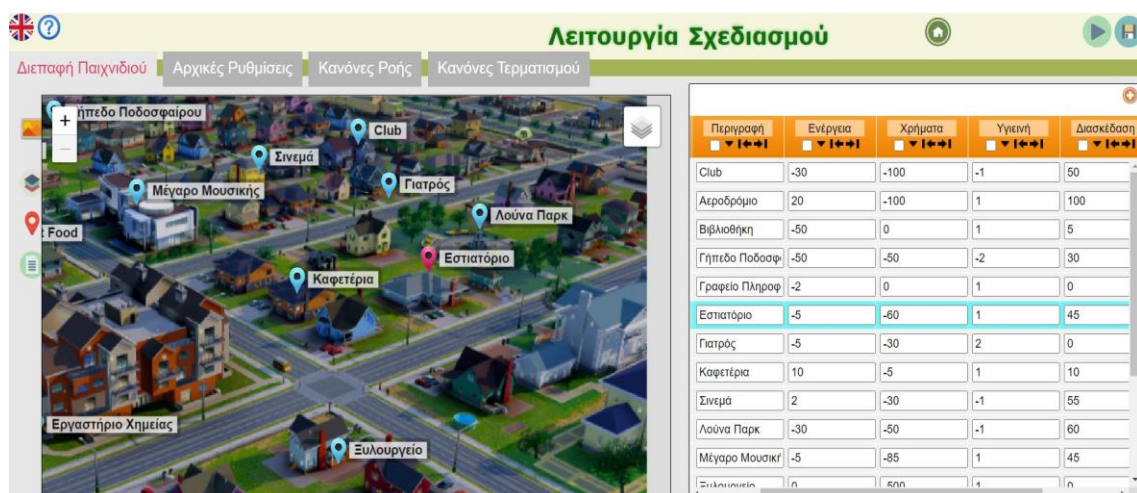
Ο πίνακας πεδίων του παιχνιδιού, απεικονίζει τα πεδία/παραμέτρους του παιχνιδιού τα οποία επηρεάζονται, θετικά ή αρνητικά, όταν ο παίκτης κάνει μια επιλογή. Η τιμή κάθε πεδίου αυξάνει, μειώνει ή παραμένει σταθερή ανάλογα με την επίπτωση που έχει η επιλογή του παίκτη στο πεδίο αυτό. Στο παράδειγμα της εικόνας 3 αν ο παίκτης επιλέξει να επισκεφθεί το σημείο «Εστιατόριο», τότε το πεδίο «Ενέργεια» θα μειωθεί κατά 5, το πεδίο «Χρήματα» κατά 60, ενώ θα αυξηθεί το πεδίο «Υγιεινή» κατά 1, το πεδίο «Διασκέδαση» κατά 45 και το πεδίο «Κοινωνικότητα» κατά 10 μονάδες. Ο παίκτης θα πρέπει να κάνει τις κατάλληλες επιλογές ώστε διατηρήσει τις τιμές των πεδίων ανάμεσα σε συγκεκριμένα ανώτατες ή/και κατώτατες «κόκκινες γραμμές» που ορίζονται από τους κανόνες του παιχνιδιού. Ο στόχος των παιχνιδιών ChoiCo, είναι ο παίκτης να παραμείνει

όσο το δυνατόν περισσότερο στο παιχνίδι, δηλαδή να κάνει όσο το δυνατόν περισσότερες επιλογές χωρίς να χάσει. Ο αριθμός των επιλογών που έχει κάνει ο παίκτης στη διάρκεια του παιχνιδιού, φαίνεται κι αυτός στον πίνακα πεδίων. Τα παιχνίδια του ChoiCo ενσωματώνουν διαδικασίες λήψης αποφάσεων, πρόβλεψης αποτελεσμάτων, συνδυασμό διαφορετικών επιλογών και συνεχούς βελτίωσης και αναθεώρησης της τακτικής του παίκτη (Kynigos & Grizioti, 2020).

Περιβάλλον δευτερογενούς σχεδιασμού

Το περιβάλλον σχεδιασμού δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα δευτερογενούς σχεδιασμού ενός παιχνιδιού με τη χρήση των τριών υπολογιστικών λειτουργικοτήτων που ενσωματώνει: α) τον σχεδιασμό χαρτών για το παιχνίδι με ένα εργαλείο σχεδιασμού τύπου GIS, β) την οπτική επεξεργασία των δεδομένων του παιχνιδιού με μια διαδραστική βάση δεδομένων, γ) τον προγραμματισμό των κανόνων με μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού. Το περιβάλλον σχεδιασμού είναι χωρισμένο σε τέσσερις καρτέλες η κάθε μια από τις οποίες δίνει πρόσβαση και σε ένα δομικό στοιχείο του συστήματος του παιχνιδιού. Στόχος αυτής της σχεδιαστικής επιλογής ήταν αφενός να υποστηριχτεί η προοδευτική εμπλοκή του χρήστη με τα στοιχεία του αλγόριθμου παιχνιδιού και αφετέρου να τονιστούν τα στοιχεία αυτά και η σημασία τους στον αλγόριθμο.

Η πρώτη καρτέλα δίνει πρόσβαση στη διεπαφή του παιχνιδιού, δηλαδή στη σκηνή (Εικόνα 5). Εκεί ο σχεδιαστής μπορεί να ορίσει την εικόνα υποβάθρου, τις διαθέσιμες επιλογές-σημεία, τα πεδία παιχνιδιού, καθώς και στις επιπτώσεις που έχει η κάθε επιλογή σε κάθε πεδίο. Η σκηνή του παιχνιδιού δημιουργείται με το εργαλείο σχεδιασμού χαρτών, το οποίο ενσωματώνει ένα σύνολο από δυνατότητες εισαγωγής και χειρισμού χαρτογραφικών στοιχείων. Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει επιλογές σε συγκεκριμένα σημεία του χάρτη τα οποία αποθηκεύονται στο σύστημα ακολουθώντας το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Συνεπώς το περιβάλλον γνωρίζει την ακριβή θέση κάθε σημείου στη σκηνή-χάρτη και έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει συγκεκριμένες μετρήσεις όπως τη μέτρηση απόστασης μεταξύ δυο σημείων. Ακόμη, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την εικόνα υποβάθρου και να προσθέσει ή να αφαιρέσει «περιοχές» παιχνιδιού, ως στρώσεις του χάρτη. Κάθε στρώση χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό σύνολο σημείων και μια εικόνα-χάρτη υποβάθρου.



Εικόνα 5: Στιγμιότυπο από την καρτέλα "Διεπαφή Παιχνιδιού" της Λειτουργίας σχεδιασμού παιχνιδιών στο λογισμικό ChoiCo. Αριστερά φαίνεται η σκηνή-χάρτης του παιχνιδιού και δεξιά η διαδραστική βάση δεδομένων

Κάθε σημείο-επιλογή αναπαρίσταται με δύο τρόπους: α) ως οπτικό σημείο στον χάρτη της σκηνής και β) ως εγγραφή στη βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων έχει τη μορφή ενός διαδραστικού πίνακα δεδομένων στον οποίο ο χρήστης μπορεί να προσθαφαιρέσει πεδία διαφορετικών τύπων, να ταξινομήσει τις εγγραφές με συγκεκριμένα κριτήρια και να αλλάξει τη σειρά των πεδίων. Κάθε εγγραφή αντιστοιχεί σε ένα σημείο-επιλογή της σκηνής του παιχνιδιού και περιέχει τις τιμές του για κάθε πεδίο. Το πεδίο «Περιγραφή» περιέχει την κείμενη περιγραφή που εμφανίζεται στη σκηνή του παιχνιδιού, δίπλα από το σύμβολο του σημείου. Τα υπόλοιπα αριθμητικά πεδία αναπαριστούν τα πεδία του παιχνιδιού, δηλαδή τις παραμέτρους που επηρεάζονται όταν ο παίκτης κάνει μια επιλογή. Η τιμή που έχει μια εγγραφή σε ένα αριθμητικό πεδίο καθορίζει την επίπτωση που θα έχει η επιλογή της στο πεδίο αυτό. Στο παράδειγμα της εικόνας 4 η τιμή -5 στη στήλη Ενέργεια για την εγγραφή με όνομα «Εστιατόριο» σημαίνει ότι αν επιλεγεί από τον παίκτη το σημείο εστιατόριο, τότε θα αφαιρεθούν 5 μονάδες από την μεταβλητή «Ενέργεια» του παιχνιδιού. Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει και άλλου τύπου πεδία, όπως πεδία κειμένου ή εικόνας, και να δώσει αντίστοιχα τις τιμές τους για κάθε εγγραφή. Τα πεδία αυτά και το περιεχόμενό τους εμφανίζονται στον πίνακα πληροφοριών του κάθε σημείου αλλά δεν αποτελούν παραμέτρους του παιχνιδιού, δεν εμφανίζονται δηλαδή στον πίνακα πεδίων.

Η οργάνωση και η αναπαράσταση των δεδομένων του παιχνιδιού με το εργαλείο της διαδραστικής βάσης δεδομένων, αποσκοπεί να δώσει στους μαθητές πρόσβαση σε πρακτικές και έννοιες διαχείρισης δεδομένων, όπως η έννοια της εγγραφής και του πεδίου, ο τύπος πεδίου, η ταξινόμηση των εγγραφών και ο εντοπισμός κοινών μοτίβων μεταξύ των δεδομένων. Επιπλέον η διπλή αναπαράσταση των επιλογών του παιχνιδιού, ως σημεία της σκηνής και ως αντικείμενα της βάσης με συγκεκριμένες ιδιότητες, προσφέρει μια οπτική αναπαράσταση της αφηρημένης έννοιας του αντικείμενου που είναι δύσκολα αντιληπτή από τους μαθητές.

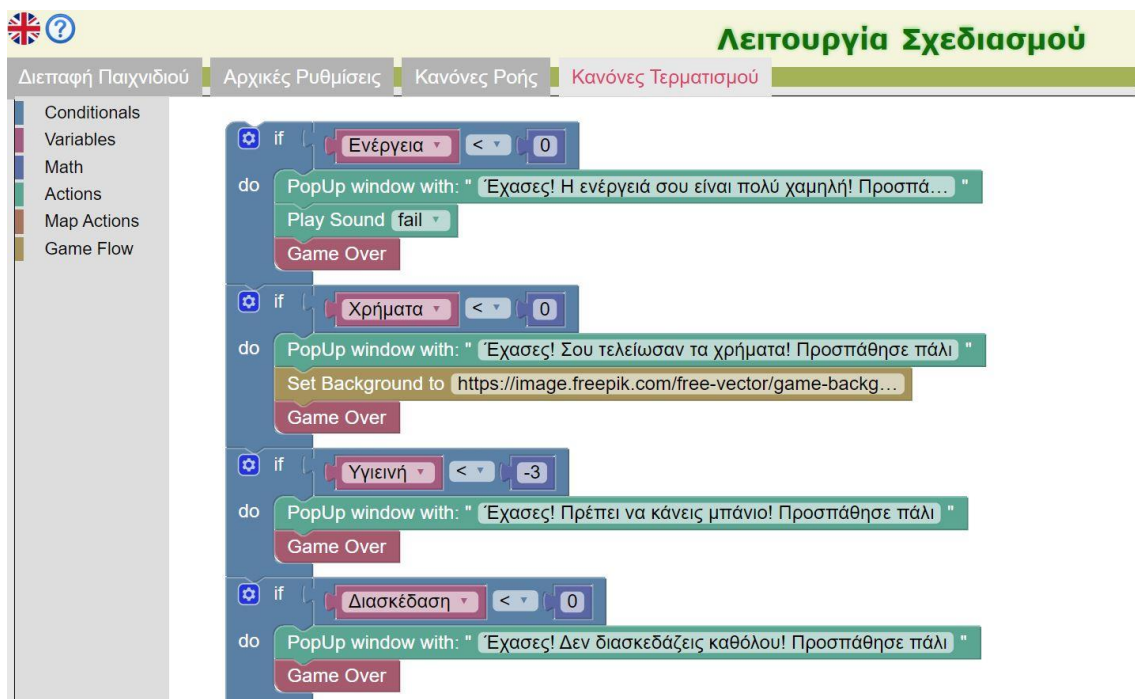
Οι τρεις επόμενες καρτέλες δίνουν τη δυνατότητα προγραμματισμού γεγονότων, συμπεριφορών, κανόνων διάδρασης και ανατροφοδότησης και συνθηκών τερματισμού του παιχνιδιού. Ο προγραμματισμός πραγματοποιείται με μια γλώσσα οπτικού προγραμματισμού με μπλοκς. Η γλώσσα περιέχει ειδικά διαμορφωμένα blocks σχεδιασμένα από την ερευνήτρια για τη δημιουργία παιχνιδιών στο ChoiCo. Για παράδειγμα, το μπλοκ «show popup message» εμφανίζει ένα παράθυρο με ένα μήνυμα ορισμένο από τον σχεδιαστή, το μπλοκ «change background» αλλάζει την εικόνα υποβάθρου, το μπλοκ «hide point ...» κρύβει το σημείο που έχει επιλέξει ο σχεδιαστής, και το μπλοκ «game over» τερματίζει το παιχνίδι.

Σε κάθε μια από τις καρτέλες προγραμματισμού, ο χρήστης προγραμματίζει ή διασκευάζει ένα διαφορετικό τμήμα του αλγόριθμου του παιχνιδιού. Στην καρτέλα «Αρχικές ρυθμίσεις», ο σχεδιαστής καθορίζει τον κώδικα που θα εκτελεστεί όταν ξεκινάει το παιχνίδι (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Στιγμιότυπο οθόνης από την καρτέλα «Αρχικές Συνθήκες» στο λογισμικό ChoiCo. Στην εικόνα φαίνεται ο κώδικας αρχικοποίησης των πεδίων του παιχνιδιού

Στις καρτέλες «Κανόνες Ροής» και «Κανόνες Τερματισμού» ο χρήστης προγραμματίζει τον κώδικα που θα εκτελεστεί κάθε φορά που ο παίκτης κάνει μια επιλογή στο παιχνίδι (Εικόνα 7). Πρώτα εκτελείται ο κώδικας της καρτέλας «Κανόνες Ροής» και στη συνέχεια ο κώδικας ελέγχου των συνθηκών τερματισμού της καρτέλας «Κανόνες Τερματισμού». Ο διαχωρισμός του προγράμματος σε τρεις καρτέλες αποσκοπεί τόσο στην καλύτερη διαχείρισή και αντίληψη του από μη έμπειρους μαθητές, όσο και στην ενίσχυση της πρακτικής της αποδόμησης ενός προγράμματος σε μικρότερα τμήματα που αποτελεί βασική πρακτική της υπολογιστικής σκέψης.



Εικόνα 7: Στιγμιότυπο από την καρτέλα "Κανόνες Τερματισμού" της λειτουργίας σχεδιασμού στο περιβάλλον ChoiCo. Στην εικόνα φαίνεται τμήμα του του παιχνιδιού "Perfect Ville"

Με τις ενσωματωμένες λειτουργικότητες σχεδιασμού παιχνιδιών που παρουσιάστηκαν η ερευνήτρια στοχεύει να δώσει πρόσβαση στους μαθητές σε δυσνόητες υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές, δύσκολα προσβάσιμες με την κλασική προσέγγιση προγραμματισμού, όπως για παράδειγμα οι εγγραφές δεδομένων, η αφαίρεση, η μεταβλητή, οι πολλαπλές διεπαφές χρήστη και τα μοτίβα.

Στην παρούσα έρευνα οι μαθητές χρησιμοποίησαν το ChoiCo και τις λειτουργικότητες του για να παίξουν, να διορθώσουν και να διασκεδάσουν ένα παιχνίδι επιλογών και επιπτώσεων. Στόχος της ερευνήτριας ήταν μέσα από τις δραστηριότητες οι μαθητές να αμφισβητήσουν την αρχική υλοποίηση και δομή του παιχνιδιού και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις του λογισμικού για να το διορθώσουν. Το μισοψημένο παιχνίδι και οι δραστηριότητες που σχεδίασε η ερευνήτρια με το ChoiCo παρουσιάζονται λεπτομερώς στην ενότητα 3.3.

3.2.2 Λογισμικό προγραμματισμού τρισδιάστατων μοντέλων MaLT2

Το «MaLT2» (Machine Lab Turtleworlds 2) είναι ένα διαδικτυακό λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης που επιτρέπει την κατασκευή τρισδιάστατων δυναμικών μοντέλων με χρήση τριών διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων: α) τον διαδικαστικό προγραμματισμό μιας κινούμενης οντότητας που σχεδιάζει τρισδιάστατα μοντέλα, β) το δυναμικό χειρισμό των παραμέτρων μιας εκτελεσμένης διαδικασίας και γ) την αλλαγή γωνίας θέασης του τρισδιάστατου χώρου (Kynigos & Grizioti, 2018). Η προηγούμενη έκδοση του λογισμικού, με το όνομα MaLT, είχε αναπτυχθεί από

την ομάδα του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογία και αποτελούσε εξέλιξη του μικρόκοσμου δισδιάστατης γεωμετρίας «Χελωνόκοσμος» (Kynigos, Koutlis & Chatzilakos, 1997. Kynigos, 2005). Η ερευνήτρια, βασισμένη στο σχεδιασμό και τις λειτουργικότητες του MaLT και του Χελωνόκοσμου, ανέπτυξε τη διαδικτυακή εφαρμογή MaLT2, βελτιωμένη και εμπλουτισμένη με νέες δυνατότητες.

Το MaLT2 ενσωματώνει στοιχεία της κλασσικής γεωμετρίας της χελώνας που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.3.2. Επιπρόσθετα, την επεκτείνει στα παρακάτω σημεία (Εικόνα 8):

- Η γλώσσα προγραμματισμού υλοποιεί και επεκτείνει την Berkley Logo (Harvey, 1997) επιτρέποντας τον προγραμματισμό της «χελώνας» σε μια τρισδιάστατη σκηνή αντί για τον δισδιάστατο καμβά της γεωμετρίας της Χελώνας. Έτσι, εκτός από τη στροφή στο επίπεδο ενσωματώνει στον προγραμματισμό της χελώνας δύο ακόμα στροφές στον χώρο: την κλίση, με τις εντολές «πάνω» και «κάτω» και την περιστροφή με τις εντολές «περιστροφήΑριστερά» και «περιστροφήΔεξιά». Η λειτουργία αυτή διευρύνει το εύρος και την πολυπλοκότητα των κατασκευών που μπορούν να προγραμματιστούν. Η «χελώνα» αναπαρίσταται με ένα τρισδιάστατο αντικείμενο (ένα σπουργίτι ή ένα αεροπλάνο) το οποίο, καθώς κινείται, αφήνει ίχνος στη σκηνή που αναπαρίσταται από μια κυλινδρική γραμμή. Η θέση της «χελώνας» καθορίζεται από το κέντρο του τρισδιάστατου αντικειμένου που την απεικονίζει, ενώ ο προσανατολισμός της ορίζεται από τη θέση του «κεφαλιού» του αντικειμένου. Μια εργαλειοθήκη στη σκηνή επιτρέπει την αλλαγή του αντικειμένου που αναπαριστά την οντότητα και τον καθορισμό του χρώματος του ίχνους.
- Επιτρέπει τον δυναμικό χειρισμό των αντικειμένων που κατασκευάζει στη σκηνή η «Χελώνα» με παραμετρικές διαδικασίες. Το εργαλείο «Μεταβολέας» περιέχει τόσους ολισθητές όσες οι παράμετροι εισόδου μιας εκτελεσμένης διαδικασίας. Το «σύρσιμο» ενός ολισθητή μεταβάλλει την τιμή εκτέλεσης για την αντίστοιχη παράμετρο. Το σύστημα επανεκτελεί άμεσα τη διαδικασία με τη νέα τιμή εκτέλεσης προκαλώντας την αντίστοιχη μεταβολή και στο γραφικό αποτέλεσμα που σχηματίζεται από το ίχνος της χελώνας στη σκηνή. Έτσι οι κατασκευές μπορούν να αλλάζουν με δυναμικό τρόπο, δημιουργώντας την αίσθηση ότι κινούνται (Kynigos, 1997). Η μέθοδος δυναμικού χειρισμού γεωμετρικών κατασκευών προέρχεται από τον χώρο των Δυναμικών Γεωμετρικών Περιβαλλόντων (DGE's) (Laborde κ.ά. 2006). Στα περιβάλλοντα αυτά ο δυναμικός χειρισμός βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τις ιδιότητες των γεωμετρικών αντικειμένων και να γενικεύσουν τους κανόνες και τις σχέσεις μεταξύ τους, καθώς εναλλάσσονται μεταξύ της σχηματικής αναπαράστασης και της αφηρημένης μαθηματικής υπόστασης του αντικειμένου (Goldeerg & Cuoco, 1998. Kynigos & Psycharis, 2009). Μεταβαίνουν δηλαδή από το σχήμα στη θεωρία και αντίστροφα, με αποτέλεσμα η νοητική εμπλοκή με την μαθηματική

έννοια να γίνεται ταυτόχρονα στο αντιληπτικό και στο θεωρητικό επίπεδο (Arzarello κ.ά., 2002). Έτσι το μυαλό του χρήστη μπορεί να διαχειριστεί τις μαθηματικές έννοιες πιο αποτελεσματικά απ' ότι μέσω του κειμένου και των στατικών εικόνων σε ένα βιβλίο μαθηματικών (Christou κ.ά., 2007). Υπό το πρίσμα της υπολογιστικής σκέψης, η διαδικασία αυτή αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν θεωρήσουμε την πρακτική της αφαίρεσης ως τη διαδικασία ορισμού ή προσέγγισης μιας κατασκευής με βάση του πως συμπεριφέρεται όταν μεταβάλλεται δυναμικά. Καθώς οι μαθητές μεταβάλουν κιναισθητικά μια δομή που έχει ήδη περιγραφεί με φορμαλισμό στον κώδικα, οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν καλύτερα τη γενίκευση που αυτή αναπαριστά, όπως για παράδειγμα την ιδιότητα ενός γεωμετρικού σχήματος.

- Εκτός από το δυναμικό χειρισμό των κατασκευών, ο χρήστης στο MaLT2 μπορεί να μεταβάλει δυναμικά τη γωνία θέασης και μεγέθυνσης από την οποία παρατηρεί τα αντικείμενα στη σκηνή. Η μεταβολή πραγματοποιείται είτε με τη χρήση του ποντικού, είτε με συγκεκριμένα πλήκτρα του πληκτρολογίου, είτε με τα εικονικά βέλη περιστροφής στη σκηνή. Η εικονική περιήγηση και κατασκευή τρισδιάστατων αντικειμένων σε έναν τρισδιάστατο χώρο φαίνεται πως ενισχύει την εφαρμογή ενός συνόλου από νοητικές διαδικασίες που συνδέονται με τη χωρική σκέψη, όπως ο χωρικός προσανατολισμός, η οπτική διαφοροποίηση και η αντίληψη χωρικών ιδιοτήτων και σχέσεων (Latsi & Kynigos, 2011. Lohman, 1988). Οι διαδικασίες αυτές ενδέχεται να περιλαμβάνουν την εφαρμογή πρακτικών όπως ο εντοπισμός ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ των σχημάτων και η οπτική διάσπαση ενός σύνθετου αντικειμένου σε απλούστερα, γνωστά σχήματα. Υπό αυτό το πρίσμα, η διερεύνηση των τρισδιάστατων κατασκευών από διαφορετικές γωνίες θέασης σε συνδυασμό με τον δυναμικό χειρισμό τους και τον διαδικαστικό προγραμματισμό τους, θα μπορούσε να ενδυναμώνει πρακτικές όπως η αποδόμηση, η γενίκευση κανόνων και ιδιοτήτων και η αναγνώριση μοτίβων.



Εικόνα 8: Στιγμιότυπο από το διαδικτυακό λογισμικό MaLT2. Αριστερά φαίνεται η σκηνή τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και δεξιά ο συντάκτης εντολών και το εργαλείο δυναμικού χειρισμού

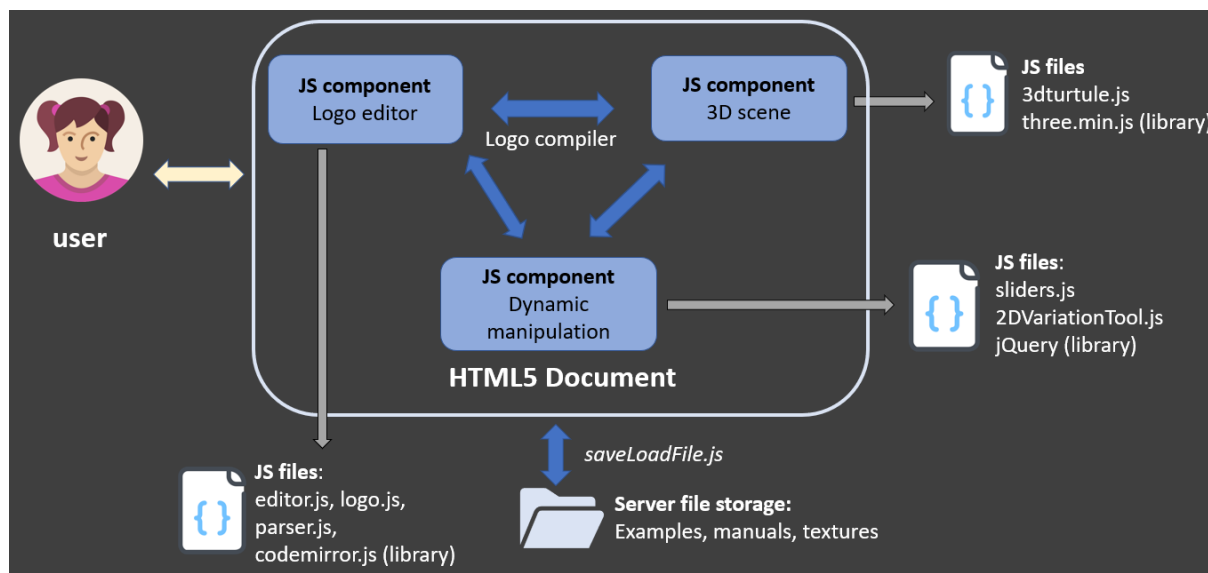
Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες ανάπτυξης

Το MaLT2 αναπτύχθηκε και αυτό με τις τεχνολογίες HTML5, JavaScript και CSS. Παράλληλα χρησιμοποιεί και επεκτείνει ένα σύνολο από βιβλιοθήκες JavaScript για την υλοποίηση των τριών διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων. Ειδικότερα:

- Η βιβλιοθήκη **threejs** (<https://threejs.org/>). Προσφέρει ένα σύνολο συναρτήσεων για την απεικόνιση και τον χειρισμό αντικειμένων στον τρισδιάστατο χώρο. Η ερευνήτρια αξιοποίησε αυτή τη βιβλιοθήκη για την υλοποίηση της τρισδιάστατης σκηνής στην οποία κινείται και ζωγραφίζει η οντότητα. Ειδικότερα καθώς το αντικείμενο (.obj) της οντότητας αλλάζει θέση στις τρεις διαστάσεις κατασκευάζεται στη διαδρομή της ένα ίχνος από μοναδιαίους ενωμένους κυλίνδρους ώστε να έχει τρισδιάστατη υπόσταση. Ακόμη, λειτουργικότητες της βιβλιοθήκης αξιοποιήθηκαν για τη δημιουργία της περισκοπικής κάμερας.
- Η βιβλιοθήκη **codemirror** (<https://codemirror.net/>). Υλοποιεί έναν επεξεργαστή κειμένου εξιδεικευμένο για τη σύνταξη κώδικα ο οποίος μπορεί να ενσωματωθεί σε διαδικτυακές εφαρμογές. Ο επεξεργαστής προσφέρει ένα σύνολο από λειτουργικότητες που ενισχύουν την εμπειρία του χρήστη, όπως χρωματισμός σημαντικών εντολών, αρίθμηση των γραμμών και άλλα. Η βιβλιοθήκη αξιοποιήθηκε για την υλοποίηση του συντάκτη εντολών του περιβάλλοντος. Ωστόσο δεν υποστήριζε τη σύνταξη σε γλώσσα Logo, την οποία πρόσθεσε η ερευνήτρια τροποποιώντας τη βιβλιοθήκη.
- Η βιβλιοθήκη **jQuery** (<https://jquery.com/>). Η jQuery αξιοποιήθηκε από την ερευνήτρια κατά κύριο λόγο για τον σχεδιασμό του εργαλείου δυναμικού χειρισμού αλλά και σε άλλα

σημεία της εφαρμογής, όπως στην δυνατότητα αλλαγής θέσης και μεγέθους των παραθύρων.

Η αρχιτεκτονική του MaLT2 ακολουθεί αντίστοιχη λογική με αυτή του ChoiCo, την ανάπτυξη, δηλαδή, ανεξάρτητων και επαναχρησιμοποιούμενων στοιχείων JavaScript και τη διασύνδεσή τους μέσα στο περιβάλλον του λογισμικού (Εικόνα 9)



Εικόνα 9: Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες ανάπτυξης του λογισμικού MaLT2

Οι δυο προηγούμενες εκδόσεις του ψηφιακού εργαλείου, δηλαδή το MaLT και ο χελωνόκοσμος, έχουν αξιοποιηθεί σε αρκετές έρευνες που μελετούν τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών, κυρίως για μαθηματικές έννοιες (Kynigos, 1997. Kynigos & Psycharis 2003. Kynigos, 2005. Kynigos & Gavrilis, 2006. Keisoglou & Kynigos, 2006. Latsi & Kynigos 2011) Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα των ερευνών, ο συνδυασμός του προγραμματισμού σε γλώσσα Logo με τη λειτουργικότητα του δυναμικού χειρισμού καθώς και με την οπτικοποίηση του γραφικού αποτελέσματος, βοήθησε τους μαθητές να αντιληφθούν σύνθετες έννοιες μαθηματικών, όπως έννοιες καμπυλότητας, τριγωνομετρίας και στερεομετρίας, τις οποίες θα ήταν δύσκολο να διερευνήσουν και να εκφράσουν με τις παραδοσιακές ασκήσεις και πρακτικές διδακτικής μαθηματικών.

Στην παρούσα έρευνα οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν το MaLT2 και τις λειτουργικότητες του για να παίξουν, να διορθώσουν και να διασκεδάσουν έναν μικρόκοσμο παιχνιδιού μίμησης με προγραμματισμό. Στόχος των δραστηριοτήτων διερεύνησης και διασκευής ήταν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις του εργαλείου για να προσεγγίσουν σύνθετες υπολογιστικές έννοιες όπως η μεταβλητή, η διαδικασία και οι παράμετροι. Το παιχνίδι και οι δραστηριότητες που σχεδίασε η ερευνήτρια με το MaLT2 παρουσιάζονται λεπτομερώς στην ενότητα 3.3.

3.2.3 Σύνοψη

Τα δύο διαδικτυακά λογισμικά ChoiCo και MaLT2, παρά τις διαφορές τους, έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με βάση τα οποία επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στην παρούσα έρευνα. Ο σχεδιασμός και των δυο λογισμικών βασίζεται στην ιδέα των πολλαπλών διασυνδεδεμένων αναπαραστάσεων υπολογιστικών εννοιών (Karut, 1992). Στην περίπτωση του ChoiCo αυτές είναι ο σχεδιασμός χαρτών, η βάση δεδομένων και ο προγραμματισμός κανόνων με μπλοκ, ενώ στην περίπτωση του MaLT2, ο διαδικαστικός προγραμματισμός τρισδιάστατων μοντέλων, ο δυναμικός χειρισμός και η δυναμική αλλαγή της γωνίας θέασης. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να διερευνήσουν την ίδια κατάσταση (π.χ. ένα μαθηματικό πρόβλημα, ένα φυσικό φαινόμενο, έναν αλγόριθμο) χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα διαφορετικά σημειωτικά συστήματα (O'Halloran, 2008). Καθώς οι αναπαραστάσεις είναι διασυνδεδεμένες μια μεταβολή στη μια επηρεάζει άμεσα και κάποια ή όλες τις άλλες. Έτσι οι μαθητές έχουν περισσότερες και πιο πυκνές ευκαιρίες για να κατασκευάσουν και να εκφράσουν νοήματα για τις έννοιες που ενσωματώνονται στη δραστηριότητα που εκτελούν.

Οι λειτουργικότητες των δυο λογισμικών, επιτρέπουν την ενσωμάτωση του προγραμματισμού με το παιχνίδι και τη δημιουργία ανοιχτών, κονστραξιονιστικών παιχνιδιών που δεν έχουν μια προκαθορισμένη λύση ή διαδρομή νίκης, αλλά απαιτούν από τους παίκτες να σκεφτούν κριτικά, δημιουργικά και να εκφράσουν τις ιδέες τους για να προχωρήσουν. Επιπλέον, τόσο το ChoiCo όσο και το MaLT2, έχουν σχεδιαστεί ώστε να προσφέρουν «δομημένη βαθιά πρόσβαση στις λειτουργικότητες», μια σχεδιαστική προσέγγιση που παρουσιάστηκε αναλυτικά στην παράγραφο 2.5.4. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να διαψεύσουν ένα παιχνίδι, να πειραματιστούν με τα στοιχεία της δομής του, να το τροποποιήσουν και να δημιουργήσουν τελικά μια δική τους εκδοχή, χωρίς να εστιάζουν σε ασήμαντες τεχνικές λεπτομέρειες ή να φοβούνται μην το «χαλάσουν».

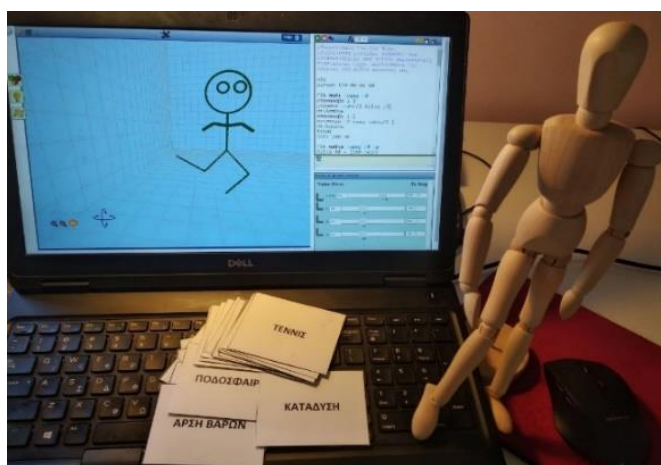
3.3. Παιχνίδια και δραστηριότητες

3.3.1 Παιχνίδι μίμησης με προγραμματισμό τρισδιάστατου μοντέλου

3.3.1.1 Σχεδιαστικές επιλογές

Στην πρώτη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν, να διασκεδάσουν και να παίξουν ένα ομαδικό παιχνίδι μίμησης με προγραμματισμό. Το παιχνίδι, με τίτλο «Code the Mime», αποτελείται από έναν ομώνυμο μικρόκοσμο σχεδιασμένο στο λογισμικό MaLT2 και από ένα πακέτο χάρτινων καρτών (Εικόνα 10). Ο μικρόκοσμος πραγματεύεται την κατασκευή ενός ψηφιακού μοντέλου ανθρώπου που μπορεί να εκτελεί δυναμικά κινήσεις στον χώρο με δομημένο προγραμματισμό διαδικασιών Logo. Οι κάρτες αναγράφουν η καθεμιά από ένα άθλημα και αποτελούν συμπληρωματικό στοιχείο του παιχνιδιού. Στο παιχνίδι, ένας ή παραπάνω παίκτες

διασκευάζουν τον μικρόκοσμο του ψηφιακού μοντέλου του ανθρώπου ώστε να αναπαριστά όσο το δυνατόν καλύτερα το άθλημα που αναγράφεται σε μια επιλεγμένη κάρτα. Αφού ολοκληρώσουν, δίνουν τον διασκευασμένο μικρόκοσμο στους συμπαίκτες τους οι οποίοι θα πρέπει να βρουν το άθλημα που αναπαριστά. Για να βρουν το άθλημα προτείνεται να χρησιμοποιήσουν όλα τα εργαλεία του λογισμικού, δηλαδή το εργαλείο δυναμικού χειρισμού, την περισκοπική κάμερα και τον κώδικα, αλλά δεν επιτρέπεται να επικοινωνήσουν με τους παίκτες που έκαναν τη διασκευή. Στο παιχνίδι υπάρχουν συνολικά 18 κάρτες που περιγράφουν τα αθλήματα: Μπάσκετ, βόλεϊ, τένις, κολύμβηση, άλμα εις μήκος, άλμα εις ύψος, ποδόσφαιρο, ξιφασκία, μπαλέτο, άρση βαρών, τρέξιμο μετ' εμποδίων, ενόργανη γυμναστική, κατάδυση, καράτε, πυγμαχία, χορός, σκι, κωπηλασία.



Εικόνα 10: Οι κάρτες, ο μικρόκοσμος και το ξύλινο μοντέλο του παιχνιδιού Code the Mime

Έμπνευση για το παιχνίδι αποτέλεσε το παραδοσιακό παιχνίδι παντομίμα, στο οποίο ένας παίκτης προσπαθεί να περιγράψει αποκλειστικά με κινήσεις του σώματός του μια λέξη ή φράση στους συμπαίκτες του κι αυτοί με τη σειρά τους προσπαθούν να μαντέψουν τι περιγράφει ο παίκτης. Τα παιχνίδια μίμησης εμπλέκουν τους παίκτες σε διαδικασίες αφαιρετικής σκέψης καθώς χρειάζεται να εντοπίσουν τις πληροφορίες που περιγράφουν μια πραγματική κατάσταση, στην περίπτωση αυτή ένα άθλημα, και στη συνέχεια να αφαιρέσουν τις περιττές πληροφορίες και να περιγράψουν μόνο όσες είναι χαρακτηριστικές της κατάστασης και θα βοηθήσουν τους συμπαίκτες να την αναγνωρίσουν (Alexander & Hammond, 2012. Salen & Zimmerman, 2004). Το μέσο με το οποίο αναπαρίστανται αυτές οι πληροφορίες (ζωγραφιά, κίνηση, τρισδιάστατο μοντέλο) έχει ορισμένους περιορισμούς και συχνά, λόγω του χρονικού περιορισμού, οι παίκτες επιλέγουν την αφαιρετική αναπαράσταση της πληροφορίας παραλείποντας τις λεπτομέρειες που θα τους καθυστερήσουν. Για παράδειγμα σε ένα παιχνίδι μίμησης με ζωγραφιά, το σχέδιο ενός ανθρώπου δεν χρειάζεται να είναι λεπτομερές και όμορφο, αλλά αρκούν τρεις γραμμές και ένας κύκλος για να καταλάβει ο συμπαίκτης πως πρόκειται για άνθρωπο. Στη συνέχεια η «μαντεψιά» του συμπαίκτη λειτουργεί ως ανατροφοδότηση για τη διαδικασία αφαίρεσης που ακολουθήθηκε.

Η διδακτική παρέμβαση χωρίζεται σε τρία μέρη υλοποίησης κάθε ένα από τα οποία αποτελεί έναν αυτόνομο κύκλο σχεδιασμού, εφαρμογής, συλλογής και αξιολόγησης δεδομένων που πιθανώς να οδηγήσει σε επανασχεδιασμό των επόμενων δραστηριοτήτων. Τα τρία μέρη είναι δομημένα ώστε να υποστηρίζουν την προοδευτική εμπλοκή των μαθητών με τον προγραμματισμό του μικρόκοσμου του παιχνιδιού, ακολουθώντας το μοντέλο «Παίξιμο-Διόρθωση-Δημιουργία Διασκευής» που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.5.4. Στο πλαίσιο αυτό η ερευνήτρια δημιούργησε δύο μισοψημένες εκδόσεις του μικρόκοσμου «Code the Mime», με στόχο να προκαλέσει την προοδευτική εμπλοκή των μαθητών με τον κώδικα του παιχνιδιού.

Η πρώτη έκδοση, με όνομα «Fix the Mime», περιλαμβάνει ολόκληρο τον κώδικα κατασκευής του ανθρώπινου μοντέλου, αλλά έχει ενσωματωμένα σφάλματα σε συγκεκριμένα σημεία που επηρεάζουν την κατασκευή. Στην πρώτη εφαρμογή της παρέμβασης, η ερευνήτρια έδωσε τον μισοψημένο μικρόκοσμο «Fix the Mime» στους μαθητές και τους ζήτησε να τον διερευνήσουν, να εντοπίσουν τυχόν σφάλματα και να βελτιώσουν συγκεκριμένα τμήματα του μοντέλου. Στόχος των δραστηριοτήτων της πρώτης εφαρμογής είναι να εισάγουν σταδιακά τους μαθητές στην ανάλυση ενός προγράμματος αποτελούμενο από πολλές παραμετρικές διαδικασίες και στην αναγνώριση της ροής εκτέλεσης του.

Η δεύτερη έκδοση, με όνομα «Draw the Mime», περιλαμβάνει μισοψημένες διαδικασίες που κατασκευάζουν μόνο τα επιμέρους τμήματα του μοντέλου, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να ολοκληρώσουν και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν ως δομικούς λίθους για να σχεδιάσουν τον δικό τους άνθρωπο-μίμο για το παιχνίδι. Στόχος των δραστηριοτήτων της δεύτερης εφαρμογής είναι οι μαθητές να προγραμματίσουν παραμετρικές διαδικασίες και να τις συνδυάσουν σε ένα πολύπλοκο πρόγραμμα. Οι μαθητές έπρεπε να σκεφτούν και να αποφασίσουν πως θα σχεδιάσουν τις επιμέρους υποδιαδικασίες του μοντέλου ώστε το μοντέλο να είναι χρήσιμο και λειτουργικό στα πλαίσια του παιχνιδιού. Στο τρίτο μέρος οι μαθητές έπαιξαν το παιχνίδι μίμησης χρησιμοποιώντας η κάθε ομάδα τον μικρόκοσμο παιχνιδιού που δημιούργησε στην προηγούμενη εφαρμογή. Οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι περιγράφονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους της ενότητας.

Στόχος της ερευνήτριας ήταν μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με τις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης να μελετήσει:

- Τις στρατηγικές υπολογιστικής σκέψης που ενδέχεται να εκφράσουν οι μαθητές καθώς χρησιμοποιούν και διασκευάζουν ένα σύνθετο τρισδιάστατο δυναμικό μοντέλο με δομημένο προγραμματισμό
- Τον ρόλο του πλαισίου του παιχνιδιού μίμησης στην έκφραση, εφαρμογή και ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης από τους μαθητές

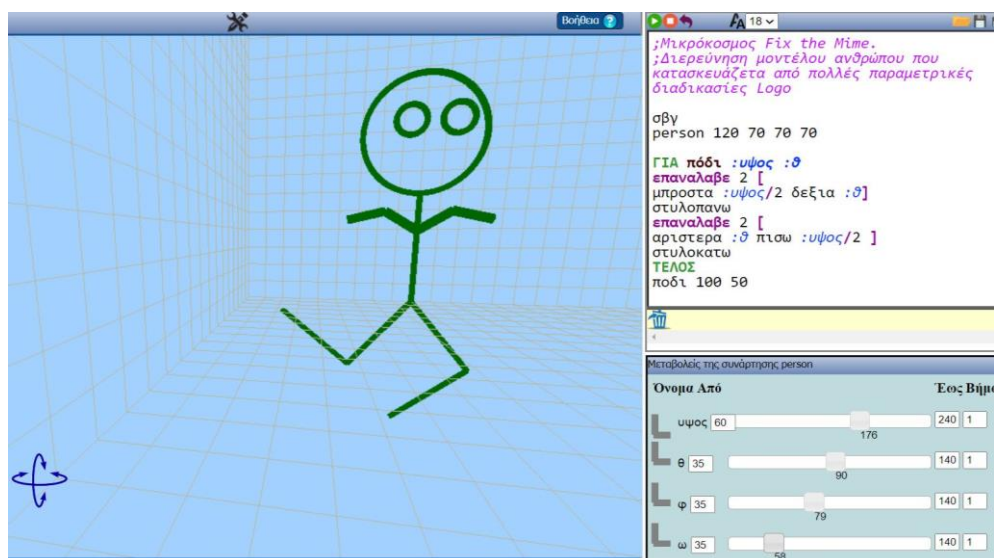
- Τους τρόπους με τους οποίους οι μαθητές χρησιμοποίησαν και συνδύασαν τις λειτουργικότητες του ψηφιακού περιβάλλοντος, δηλαδή τον προγραμματισμό, τον δυναμικό χειρισμό και την αλλαγή γωνίας θέασης στο χώρο, και τη συμβολή των δυνατοτήτων αυτών στις στρατηγικές υπολογιστικής σκέψης των μαθητών.

Η ερευνήτρια σχεδίασε τον κώδικα των δυο μισοψημένων μικρόκοσμων με τρόπο που η διερεύνηση και διασκευή τους να προκαλεί τους μαθητές να εκφράσουν και να χρησιμοποιήσουν υπολογιστικές έννοιες όπως η μεταβλητή, η διαδικασία και οι δομές επιλογής και επανάληψης καθώς και υπολογιστικές πρακτικές όπως η αφαίρεση, η αποδόμηση, η αποσφαλμάτωση και η αναγνώριση μοτίβων. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται αναλυτικά ο σχεδιασμός των δύο μικρόκοσμων και του παιχνιδιού εστιάζοντας στο σκεπτικό και τις σχεδιαστικές επιλογές της ερευνήτριας.

3.3.1.2 Πρώτο μέρος: Παίξιμο και διασκευή του μισοψημένου μικρόκοσμου παιχνιδιού

3.3.1.2.1 Μισοψημένος μικρόκοσμος Fix-the-Mime

Ο μισοψημένος μικρόκοσμος Fix-the-Mime³ πραγματεύεται την κατασκευή ενός τρισδιάστατου ανθρώπου με προγραμματισμό ο οποίος μπορεί να «κινείται» δυναμικά στη σκηνή του MaLT2 (Εικόνα 11). Στόχος είναι, η κατασκευή αυτή να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση αθλημάτων στο παιχνίδι μίμησης Code the Mime.



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από τον μικρόκοσμο "Fix the Mime"

Η γραφική αναπαράσταση του ανθρώπου κατασκευάζεται με δομημένο προγραμματισμό Logo που αξιοποιεί την προγραμματιστική τεχνική του αρθρωτού προγραμματισμού με χρήση πολλών

³ Ο μικρόκοσμος είναι διαθέσιμος διαδικτυακά και ανοίγει απευθείας στο περιβάλλον του MaLT2 από τον σύνδεσμο: <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/?personModeler>

υποδιαδικασιών (modular). Υπάρχει δηλαδή μια κύρια διαδικασία που καλεί ένα «δέντρο» υποδιαδικασιών οι οποίες υλοποιούν από ένα μικρό τμήμα του τελικού δομήματος. Η κύρια διαδικασία που καλείται για να σχεδιαστεί το μοντέλο στη σκηνή είναι η *person :υψος :θ :φ :ω*. Η διαδικασία *person* καλεί στον κώδικά τις τρεις παραμετρικές υποδιαδικασίες *Logo*, τις *πόδια*, *σωμα*, και *πρόσωπο*. Η κάθε μια από αυτές κατασκευάζει ένα τμήμα του ανθρώπου (πόδια, κορμός, κεφάλι) καλώντας αντίστοιχα επιμέρους υποδιαδικασίες. Συνολικά το πρόγραμμα αποτελείται από 9 διαδικασίες εκ των οποίων οι 4 είναι φανερές και οι 5 κρυφές.

Η ερευνήτρια σχεδίασε τον μικρόκοσμο ως «μαύρο και άσπρο κουτί» (Kynigos, 2004), δηλαδή επέλεξε ποιες από τις διαδικασίες του κώδικα θα είναι ορατές στους μαθητές και σε ποιο στάδιο της διερεύνησης. Η οργάνωση του κώδικα σε κρυφές υποδιαδικασίες επιτρέπει στον σχεδιαστή να αποκρύψει πολύπλοκες υπολογιστικές διεργασίες και να τις αντικαταστήσει με μια εντολή, κάνοντας το πρόγραμμα προσβάσιμο από τον μαθητή. Με αυτόν το σχεδιασμό η ερευνήτρια επιδιώκει να επιτρέψει στους μαθητές να εστιάσουν σε συγκεκριμένα τμήματα του κώδικα *Logo* ανάλογα με τη δραστηριότητα και ταυτόχρονα να μπορεί να τους αποκρύψει κάποια άλλα κομμάτια που δεν σχετίζονται με τον στόχο της εκάστοτε δραστηριότητας ή είναι αρκετά περίπλοκα για αυτούς.

Στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του πρώτου μέρους ζητήθηκε από τους μαθητές να διερευνήσουν και να τροποποιήσουν των κώδικα των διαδικασιών '*person*', '*πόδια*', '*πόδι*' και να χρησιμοποιήσουν τις υπόλοιπες διαδικασίες μόνο ως εντολές. Στη συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά ο κώδικας των διαδικασιών '*πόδι*', '*πόδια*', '*person*' με αντίστροφη σειρά, δηλαδή από την υποδιαδικασία χαμηλότερου επιπέδου (*πόδι*) στην κύρια διαδικασία υψηλότερου επιπέδου (*person*).

Διαδικασία πόδι

Στη διαδικασία *πόδι :θ :υψος* η οντότητα κατασκευάζει μια γωνία στο επίπεδο που αποτελείται από δυο ίσα ευθύγραμμα τμήματα (Πίνακας 1). Ο κώδικας που σχεδιάζει τη γωνία επαναλαμβάνει 2 φορές τις εντολές '*μπροστά* και *δεξιά*'. Στη συνέχεια επιστρέφει στην αρχική της θέση ακολουθώντας την αντίθετη διαδρομή, δηλαδή επαναλαμβάνοντας δυο φορές τις εντολές '*αριστερά* και *πίσω*'. Η διαδικασία δέχεται ως ορίσματα δύο παραμέτρους, τις *θ* και *υψος*. Η *θ* χρησιμοποιείται ως μεταβλητή στις εντολές στροφής (*δεξιά* και *αριστερά*) ενώ η *υψος* ως μεταβλητή στις εντολές κίνησης (*μπροστά* και *πίσω*). Η χρήση των δυο μεταβλητών έχει ως αποτέλεσμα να είναι μεταβλητό τόσο το μήκος των δυο ευθύγραμμων τμημάτων όσο και οι μοίρες της μεταξύ τους γωνίας. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το εργαλείο δυναμικού χειρισμού για να μεταβάλει τις τιμές των δυο παραμέτρων προκαλώντας κίνηση στο γραφικό αντικείμενο.

Πίνακας 1: Ο κώδικας της διαδικασίας πόδι και ένα στιγμιότυπο εκτέλεσής της

ΓΙΑ ποδι :υψος :θ επαναλαβε 2 [μπροστα :υψος/2 δεξια :θ] στυλοπανω επαναλαβε 2 [αριστερα :θ πιαω :υψος/2] στυλοκατω ΤΕΛΟΣ	 ποδι 100 50
--	---

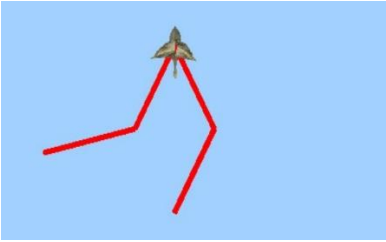
Η διαδικασία πόδι δημιουργεί μια οπτικά απλή κατασκευή χρησιμοποιώντας στον κώδικα βασικές εντολές και έννοιες προγραμματισμού. Ο κώδικας της υλοποιεί μια απλή περίπτωση δομής επανάληψης στην οποία επαναλαμβάνονται δυο φορές δυο εντολές. Ακόμη χρησιμοποιούνται οι τέσσερεις οι βασικές εντολές κίνησης και στροφής της οντότητας (*μπροστα*, *πισω*, *δεξια*, *αριστερα*) καθώς και οι εντολές *στυλοπανω* και *στυλοκατω*. Επίσης στη διαδικασία, υλοποιείται η ιδέα της κατάστασης μέσα από την επιστροφή της οντότητας στην αρχική της θέση ώστε να μπορεί να συνεχίσει από εκεί την επόμενη κατασκευή. Τέλος περιλαμβάνει μια απλή χρήση παραμέτρων που η ερευνήτρια θεωρεί κατάλληλη για την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για την εισαγωγή των μαθητών στη λογική των παραμετρικών διαδικασιών και των δυναμικών κατασκευών στο περιβάλλον του MaLT2. Η διαδικασία πόδι χρησιμοποιείται στον μικρόκοσμο ως δομικός λίθος χαμηλότερου επιπέδου του αλγόριθμου κατασκευής του ανθρώπου και καλείται ως υποδιαδικασία από τη διαδικασία πόδια. Με τον όρο διαδικασίες χαμηλότερου επιπέδου η ερευνήτρια αναφέρεται στις διαδικασίες που δεν καλούν άλλες υποδιαδικασίες στον κώδικά τους.

Διαδικασία πόδια :υψος :θ :φ

Στη διαδικασία *ποδια :υψος :θ :φ*, η οντότητα κατασκευάζει δυο συνεχόμενες γωνίες καλώντας δυο φορές την υποδιαδικασία *πόδι :υψος :θ* και στρίβοντας *δεξιά* μεταξύ των δυο κλήσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα 2. Η διαδικασία *ποδια* δέχεται ως ορίσματα τρεις παραμέτρους, τις ύψος, θ και φ. Οι ύψος και θ περνάνε ως ορίσματα στην κλίση της παραμετρικής υποδιαδικασίας πόδι. Η παράμετρος φ χρησιμοποιείται ως μεταβλητή στις εντολές *δεξιά* που δημιουργούν την γωνία μεταξύ των δυο «ποδιών». Η μεταβολή της παραμέτρου φ με το εργαλείο δυναμικού χειρισμού έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας μεταξύ των ποδιών δίνοντας την αίσθηση ότι ανοιγοκλείνουν. Η διαδικασία αυτή ενσωματώνει την πρακτική της χρήσης παραμετρικών και σύνθετων ορισμάτων κατά την κλίση μιας υποδιαδικασίας ή μιας εντολής. Η διαδικασία πόδια χρησιμοποιείται στον μικρόκοσμο ως δομικός λίθος και καλείται από την κύρια διαδικασία person

για την κατασκευή του ανθρώπου.

Πίνακας 2: Ο κώδικας της διαδικασίας πόδια και ένα στιγμιότυπο εκτέλεσής της

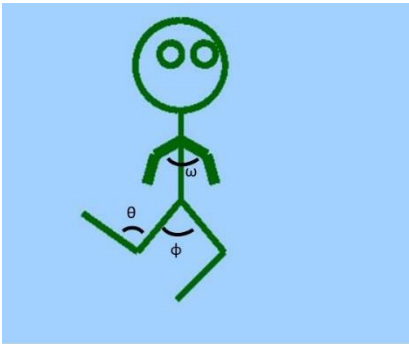
ΓΙΑ ποδια :υψος :θ :φ δεξιά 90 + (180-:φ)/2 ποδι :υψος :θ δεξιά :φ ποδι :υψος :θ δεξιά 90 + (180-:φ)/2 ΤΕΛΟΣ	 ποδια 100 50 50
--	---

Λαδιακαςία person :υψος :θ :φ :ω

Στην κύρια διαδικαςία *person :υψος :θ :φ :ω* η οντότητα κατασκευάζει το σχέδιο ενός ανθρώπου καλώντας την υποδιαδικασία *πόδια* και τις υποδιαδικασίες *σώμα* και *πρόσωπο*, οι οποίες παρέμειναν κρυφές από τους μαθητές στο πρώτο μέρος. Η κύρια διαδικαςία *person* δέχεται τέσσερα παραμετρικά ορίσματα, τα ύψος, θ, φ και ω. Στον κώδικα της διαδικαςίας, οι μεταβλητές θ και φ δίνονται ως ορίσματα στην εντολή *πόδια*. Η 'φ' αφορά τις μοίρες της γωνίας μεταξύ των δύο 'ποδιών' και η θ τις μοίρες της γωνίας μεταξύ των δυο ευθύγραμμων τμημάτων κάθε ποδιού, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Η μεταβλητή ω δίνεται ως όρισμα στην εντολή *σώμα* και αφορά αντίστοιχα τις μοίρες μεταξύ των δύο χεριών που κατασκευάζονται από την υποδιαδικασία *σώμα*. Τέλος η μεταβλητή ύψος δίνεται ως όρισμα στις εντολές *σώμα* και *πρόσωπο*, ακολουθώντας σε καθεμιά μια διαφορετική μαθηματική σχέση (ύψος/3 και ύψος/6).

Η μεταβολή των τιμών εκτέλεσης των παράμετρών με το εργαλείο των μεταβολέων προκαλεί την αντίστοιχη μεταβολή/κίνηση στο σχέδιο του ανθρώπου. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3 η παράμετρος *υψος* μεταβάλλει το συνολικό μέγεθος του ανθρώπου, η οι παράμετροι *θ* και *φ* μεταβάλλουν τις γωνίες των ποδιών του και η παράμετρος *ω* μεταβάλλει τη γωνία που μεταξύ των χεριών του.

Πίνακας 3: Ο κώδικας της κύριας διαδικαςίας *Person* και ένα στιγμιότυπο εκτέλεσής της

ΓΙΑ person :υψος :θ :φ :ω στυλοπανω θεσεθεση [:θ 0 0] στυλοκατω ποδια 100 :θ :φ αναλλιως :ω<150 [σωμα :υψος/3 :ω] [σωμα :υψος/3 150] προσωπο :υψος/6 ΚΧ	
--	--

ΤΕΛΟΣ	person 120 70 70 70
-------	---------------------

Στον κώδικα της διαδικασίας person χρησιμοποιείται η σύνθετη δομή επιλογής για τον έλεγχο της τιμής της μεταβλητής ω και την εκτέλεση της εντολής *σώμα* με διαφορετικά ορίσματα ανάλογα το αποτέλεσμα του ελέγχου. Για τιμές του ω μικρότερες του 150 η υποδιαδικασία *σώμα* καλείται ως *σωμα :υψος/3 :ω*, δηλαδή η τιμή της μεταβλητής ω δίνεται ως όρισμα στην εντολή. Για τιμές του ω μεγαλύτερες ή ίσες του 150 η υποδιαδικασία *σώμα* καλείται ως *σωμα :υψος/3 150*, δηλαδή η τιμή της μεταβλητής ω αγνοείται και δίνεται ο αριθμός 150 ως όρισμα στην εντολή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μεταβολή της γωνίας των χεριών του μοντέλου να σταματάει στο 150 ακόμα και αν η μεταβλητή ω πάρει τιμές μεγαλύτερες του 150 με τον ολισθητή. Με αυτή την υλοποίηση η ερευνήτρια επιδιώκει να αποτυπώσει τη σημασία και τον ρόλο της δομής ελέγχου και της σειράς εκτέλεσης των εντολών καθώς και το πέρασμα παραμέτρων μεταξύ υποδιαδικασιών.

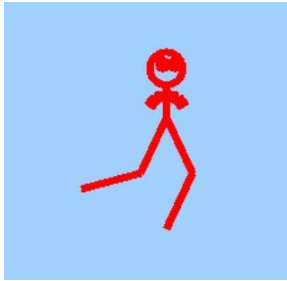
Μισοψημένα Στοιχεία του Μοντέλου

Η ερευνήτρια σχεδίασε τη διαδικασία person ως μισοψημένο δόμημα ενσωματώνοντας 2 λογικά σφάλματα στον κώδικα, με σκοπό να προκαλέσει τους μαθητές να τη βελτιώσουν. Οι συμπεριφορές αυτές δεν αφορούν συντακτικά λάθη, αλλά λογικές ασυνεπείς στα πλαίσια της συγκεκριμένης αναπαράστασης. Δεν αποτρέπουν δηλαδή τη σωστή εκτέλεση του αλγόριθμου, προσδίδουν όμως στην κατασκευή του ανθρώπου κάποιες παράλογες ιδιότητες. Στόχος της ερευνήτριας είναι να μελετήσει την εμπλοκή των μαθητών με τις πρακτικές της αποδόμησης ενός προβλήματος σε επιμέρους τμήματα και της τμηματικής αποσφαλμάτωσης και διόρθωσης ενός αλγορίθμου.

Το πρώτο λογικό σφάλμα αφορά τη χρήση της μεταβλητής ‘ύψος’ ως όρισμα στις 3 υποδιαδικασίες που κατασκευάζουν το μοντέλο (πόδια, σώμα, πρόσωπο). Όπως φαίνεται στον κώδικα της διαδικασίας Person (Πίνακας 1) η υποδιαδικασία πόδια καλείται με σταθερή τιμή στο πρώτο όρισμα που αφορά το ύψος των ποδιών (ποδια 100 :θ :φ) σε αντίθεση με τις εντολές *σώμα :υψος/3 :ω* και *προσωπο :υψος/6* στις οποίες δίνεται η μεταβλητή ‘ύψος’ ως τιμή εκτέλεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν μεταβάλλεται η τιμή της παραμέτρου *υψος* τα πόδια του ανθρώπου να μην αλλάζουν αναλογικά με τα υπόλοιπα μέρη του σώματος αλλά να παραμένουν σταθερά δημιουργώντας ένα διαστρεβλωμένο γραφικό αποτέλεσμα (Πίνακας 4α). Στόχος αυτού του σφάλματος είναι οι μαθητές να διερευνήσουν τον ρόλο των μεταβλητών και το πέρασμα μεταβλητών και σταθερών ορισμάτων στις υποδιαδικασίες. Οι μαθητές καθώς θα προσπαθούν να εντοπίσουν και να διορθώσουν το σφάλμα αναμένεται να εκφράσουν νοήματα για τις έννοιες της μεταβλητής, της διαδικασίας και της παραμέτρου.

Η δεύτερη ‘λανθασμένη’ συμπεριφορά αφορά τη γραφική αναπαράσταση του ανθρώπου όταν οι παράμετροι εισόδου έχουν ακραίες τιμές. Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η ερευνήτρια ελέγχει το γραφικό αποτέλεσμα της γωνίας των χεριών του ανθρώπου χρησιμοποιώντας στον κώδικα της διαδικασίας Person τη δομή επιλογής αναλλίως για έλεγχο της παραμέτρου ω . Εντούτοις, απουσιάζει ο αντίστοιχος έλεγχος για τις παραμέτρους των γωνιών θ και φ με αποτέλεσμα η κατασκευή του ανθρώπου να αλλοιώνεται για πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές τιμές αυτών των παραμέτρων (Πίνακας 4 β). Η ερευνήτρια, κάνοντας αυτή την παράληψη, αποσκοπεί να προκαλέσει τους μαθητές να διερευνήσουν τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου και τον ρόλο της δομής επιλογής στη διαμόρφωση του αποτελέσματος.

Πίνακας 4: Δύο εκτελέσεις της μισοψημένης διαδικασίας Person του μικρόκοσμου Fix the Mime

α	β
 person 40 50 50 100	 person 150 130 300 90

3.3.1.2.2 Δραστηριότητες Πρώτου Μέρους

Διδακτικός σχεδιασμός

Πριν την έναρξη του πρώτου μέρους της έρευνας ο καθηγητής μαθηματικών μαζί με την ερευνήτρια πραγματοποίησαν ένα εισαγωγικό μάθημα στους συμμετέχοντες με στόχο την εξοικείωση των μαθητών με τις λειτουργίες του λογισμικού «MaLT2». Το μάθημα είχε τη δομή σεμιναρίου και διήρκεσε 2 διδακτικές ώρες. Στη συνέχεια οι μαθητές συμπλήρωσαν ηλεκτρονικά το pre-ερωτηματολόγιο της έρευνας (βλ. [παράρτημα Γ](#)).

Στόχος των δραστηριοτήτων του πρώτου μέρους ήταν να εμπλέξουν σταδιακά τους μαθητές με υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές, ξεκινώντας από τη διερεύνηση και διόρθωση της κατασκευής του ανθρώπου και στη συνέχεια δίνοντάς τους πρόσβαση στην υλοποίηση επιμέρους τμημάτων του. Η διάρκεια του πρώτου μέρους ήταν 4 διδακτικές ώρες και οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες 2-3 ατόμων με έναν υπολογιστή και ένα φύλλο εργασίας ανά ομάδα. Στο πρώτο μέρος, οι μαθητές ακολούθησαν την πορεία δραστηριοτήτων του φύλλου εργασίας (βλ. [παράρτημα Β](#)) η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

Πορεία εφαρμογής

Εισαγωγή

Η κάθε ομάδα άνοιξε στο φυλλομετρητή του υπολογιστή τους το αρχείο του μικρόκοσμου Fix-the-Mime στη διεύθυνση <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/?personModeler>. Η ερευνήτρια ζήτησε από τους μαθητές να ακολουθήσουν δραστηριότητες του φύλλου εργασίας που υπάρχει στο [παράρτημα Β](#). Ο ρόλος της ερευνήτριας ήταν υποστηρικτικός και επεξηγηματικός καθ' όλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Δραστηριότητα 1

Στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να χειριστούν και να διερευνήσουν την κατασκευή του ανθρώπου με το εργαλείο χειρισμού δηλαδή του MaLT2. Η δραστηριότητα χωρίστηκε σε 2 επιμέρους ερωτήματα. Το πρώτο ερώτημα ζητούσε από τους μαθητές αφού εκτελέσουν την εντολή *'person 120 80 80 80'* στον συντάκτη εντολών να πειραματιστούν με τους ολισθητές του εργαλείου και να σημειώσουν στο φύλλο εργασίας τι πιστεύουν ότι μεταβάλλεται στην κατασκευή με κάθε μια από τις μεταβλητές: ύψος, θ, φ, ω. Το δεύτερο ερώτημα ζητούσε από τους μαθητές να βρουν το άθλημα που αναπαριστά ο άνθρωπος ανάλογα με τις κινήσεις που κάνει καθώς κινούνται οι ολισθητές δυναμικού χειρισμού. Η ερώτηση αυτή είχε στόχο να εισάγει τους μαθητές στη λογική του παιχνιδιού μίμησης Code-the-Mime καθώς και στη διαδικασία αφαιρετικής σκέψης και γενίκευσης που είναι απαραίτητη σε όλα τα παιχνίδια μίμησης.

Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης δραστηριότητας η ερευνήτρια συζήτησε στην ολομέλεια σχετικά με τις απαντήσεις των μαθητών. Παράλληλα εξήγησε τον κώδικα της διαδικασίας person καθώς και τη λειτουργία των σταθερών και παραμετρικών ορισμάτων που δίνονται στις εντολές.

Δραστηριότητα 2

Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να πειραματιστούν ελεύθερα με το δυναμικό χειρισμό των παραμέτρων αλλάζοντας τα όρια των τιμών των ολισθητών και στη συνέχεια να καταγράψουν μέχρι τρία προβλήματα που εντόπισαν στον τρόπο που κινείται ή μεταβάλλεται στη σκηνή ο άνθρωπος. Αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τις απαντήσεις τους η ερευνήτρια ζήτησε να τις παρουσιάσουν στην ολομέλεια και συζήτησε μαζί τους τα δύο ενσωματωμένα σφάλματα του μισοψημένου μικρόκοσμου.

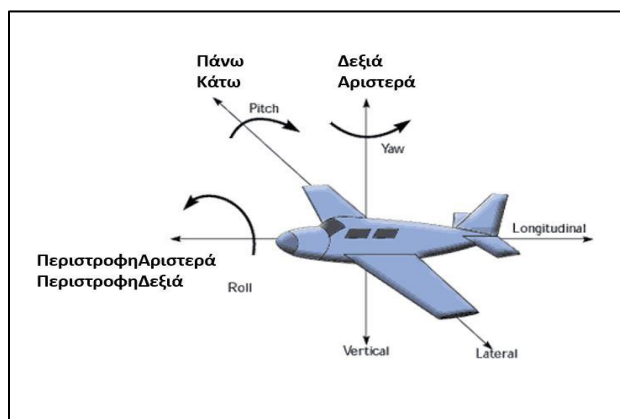
Στη συνέχεια ζήτησε από τους μαθητές να τροποποιήσουν τον κώδικα της κύριας διαδικασίας *'Person'* ώστε α) το μέγεθος των ποδιών του μοντέλου να μεταβάλλεται όταν αλλάζει η μεταβλητή *ύψος* και αναλογικά με το υπόλοιπο μοντέλο και β) να υπάρχει ένα ανώτατο όριο για τις τιμές των παραμέτρων *θ* και *φ* μέχρι το οποίο αλλάζουν οι αντίστοιχες γωνίες της γραφικής αναπαράστασης

των ποδιών. Αν οι τιμές είναι μεγαλύτερες από αυτό το όριο οι γωνίες της γραφικής αναπαράστασης θα είναι σταθερές σε μια τιμή που θα επιλέξουν οι μαθητές.

Στόχος της ερευνήτριας με αυτή τη δραστηριότητα ήταν να παρακινήσει τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες της μεταβλητής, της παραμέτρου, της διαδικασίας και της σύνθετης δομής επιλογής (αναλλιώς) για την διόρθωση των σφαλμάτων του μικρόκοσμου και να οδηγηθούν στην νοηματοδότησή τους. Επιπλέον επιδίωκε οι μαθητές να εμπλακούν με πρακτικές υπολογιστικής σκέψης που συνδέονται με την αποσφαλμάτωση ενός αλγόριθμου όπως η αποδόμηση και η αναγνώριση μοτίβων στον κώδικα.

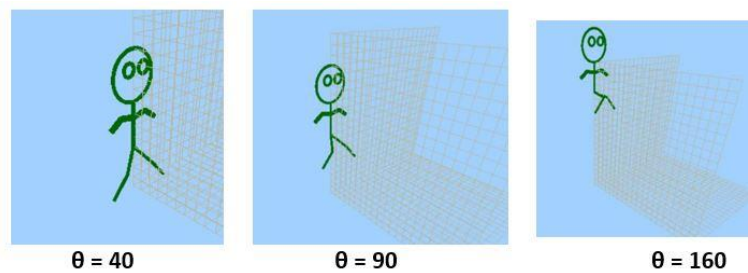
Δραστηριότητα 3

Στην τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν και να διασκεδάσουν τις διαδικασίες *πόδια* και *πόδι* με στόχο να αλλάξουν τη γωνία των ποδιών του ανθρώπου από τις 2 στις 3 διαστάσεις. Αρχικά η ερευνήτρια παρουσίασε στον βιντεοπροβολέα τις εντολές στροφής της οντότητας στον χώρο (πάνω, κάτω, περιστροφήΔεξιά και περιστροφήΑριστερά), δίνοντας στους μαθητές και το σχεδιάγραμμα της εικόνας 12.



Εικόνα 12: Σχέδιο που δόθηκε ως βοήθημα στους μαθητές και απεικονίζει τις 6 στροφές στον χώρο

Στη συνέχεια ζήτησε από τους μαθητές να εκτελέσουν στον συντάκτη μεμονωμένα τις εντολές *πόδια 50 40 40* και *πόδι 50 40*, να πειραματιστούν με τους μεταβολείς και να μελετήσουν των κώδικα κάθε διαδικασίας χωριστά. Κατόπιν τους ζήτησε να διασκεδάσουν των κώδικα των διαδικασιών ώστε τα πόδια του ανθρώπου να «λυγίζουν» στην τρίτη διάσταση όπως φαίνεται στην εικόνα 13. Δηλαδή, όταν μεταβάλλεται η μεταβλητή θ , τα πόδια του μοντέλου να λυγίζουν στον άξονα ζ .



Εικόνα 13: Εικόνα από το φύλλο εργασίας που απεικονίζει το ζητούμενο αποτέλεσμα της δραστηριότητας 3

Στόχοι Δραστηριοτήτων

Στόχος της ερευνήτριας με τις δραστηριότητες του πρώτου μέρους ήταν οι μαθητές να εμπλακούν με έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης που συνδέονται με την ανάλυση, διόρθωση και τροποποίηση παραμετρικών υποδιαδικασιών και βασικών δομών προγραμματισμού όπως η δομή επιλογής και η δομή επανάληψης. Καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούν τον μικρόκοσμο Fix the Mime αναμένεται να προκύψουν και να συζητηθούν τα παρακάτω ζητήματα και προβληματισμοί:

- Γιατί και με ποιον τρόπο αλλάζει η κατασκευή στη σκηνή όταν αλλάζουν οι τιμές των μεταβολέων;
- Τι τιμές έχουν οι παράμετροι :υψος :θ :φ και :ω της διαδικασίας person :υψος :θ :φ :ω όταν εκτελώ στον συντάκτη την εντολή Person 120 70 70 70;
- Ποιες εντολές και με ποια σειρά εκτελούνται όταν καλείται μια υποδιαδικασία (π.χ. πόδια 150 :θ :φ) στον κώδικα της διαδικασίας Person.
- Γιατί χρησιμοποιώ υποδιαίρεσεις της μεταβλητής :υψος (π.χ. :ύψος/2, :ύψος/3) ως ορίσματα στις υποδιαδικασίες που σχεδιάζουν τα μέρη του μοντέλου; Τι τιμές έχει η μεταβλητή ύψος σε κάθε περίπτωση;
- Ποια είναι η διαφορά των τυπικών και των πραγματικών παραμέτρων όταν καλώ μια διαδικασία;
- Γιατί η διαδικασία πόδι έχει δυο δομές επανάληψης αντί για μια;
- Πως λειτουργεί και ποιος είναι ο ρόλος της εντολής αναλλιώς;

Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων η ερευνήτρια καθοδηγεί τους μαθητές να διερευνήσουν τα παραπάνω ζητήματα ενώ παράλληλα τους ενθαρρύνει να κάνουν ελεύθερες δοκιμές και πειραματισμούς με την κατασκευή που πιθανώς να οδηγήσουν σε συζητήσεις γύρω από νέα ερωτήματα. Για να ελέγξει την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η ερευνήτρια ανέλυσε τα δεδομένα του πρώτου μέρους πριν την υλοποίηση του επόμενου.

3.3.1.3 Δεύτερο μέρος: Σύνθεση μοντέλου παιχνιδιού

3.3.1.3.1 Ο μισοψημμένος μικρόκοσμος «Draw the mime»

Για το δεύτερο μέρος της έρευνας, η ερευνήτρια δημιούργησε μια δεύτερη μισοψημμένη έκδοση του μικρόκοσμου του παιχνιδιού, η οποία ονομάζεται «Draw the mime»⁴. Ο κώδικας του μικρόκοσμου αποτελείται από 3 παραμετρικές διαδικασίες Logo που κατασκευάζουν επιμέρους τμήματα του ανθρώπου (τις *ποδια* :θ :υψος :α :ζ, *σώμα* :υψος :ω και *προσωπο* :υψος) και 1 κρυμμένη παραμετρική διαδικασία Logo που κατασκευάζει έναν κύκλο ακτίνας ρ (*κύκλος* :ρ). Σε αυτόν τον μικρόκοσμο δεν υπάρχει η κύρια διαδικασία *person* που ‘ενώνει’ τα επιμέρους τμήματα σε μια κατασκευή, καθώς αυτό αποτελεί την κεντρική δραστηριότητα των μαθητών.

Μισοψημμένα Στοιχεία Κώδικα

Η ερευνήτρια σχεδίασε τις διαδικασίες *πόδια* και *σώμα* ώστε να είναι ημιτελής ως προς τη λογική του ανθρώπινου μοντέλου. Οι διαδικασίες *πρόσωπο* και *κύκλος* είναι οι ίδιες με τον αρχικό μικρόκοσμο «Code the mime». Η διαδικασία *πόδια*, ο κώδικας της οποίας φαίνεται στον Πίνακα 5, κατασκευάζει ένα ευθύγραμμο τμήμα και στη συνέχεια μια γωνία, αντιπροσωπεύοντας ένα κομμάτι του κορμού και ένα πόδι. Η οντότητα επιστρέφει στην αρχική της θέση χωρίς όμως να στρίψει για την κατασκευή του δεύτερου ποδιού.

Πίνακας 5: Ο κώδικας της διαδικασίας *ποδια* του μικρόκοσμου «Build the Mime» και ένα στιγμιότυπο εκτέλεσής της

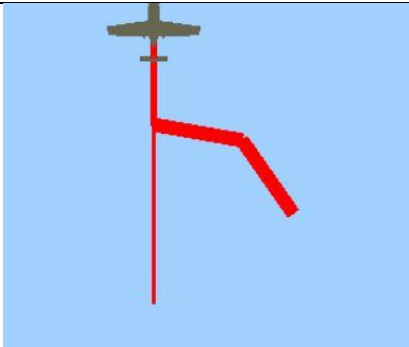
Για <i>ποδια</i> :θ :υψος :α :ζ δεξιά 180 μπροστά 20 περιστροφήΑριστερά :α αριστερά :ζ επαναλαβε 2 [μπροστα :υψος/2 δεξιά :θ] στυλοπανω επαναλαβε 2 [αριστερα :θ πισω :υψος/2] στυλοκατω τελος	 ποδια 20 50 20 45
--	---

Η διαδικασία *σώμα*, ο κώδικας της οποίας φαίνεται στον πίνακα 6, κατασκευάζει μια γωνία κάθετη σε ένα ευθύγραμμο τμήμα, αναπαριστώντας τον κορμό του ανθρώπου και ένα χέρι. Με αυτή τη

⁴ Ο μικρόκοσμος είναι διαθέσιμος διαδικτυακά και ανοίγει απευθείας στο περιβάλλον του MALT2 από τον σύνδεσμο: <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/?personBuilder>

σχεδιαστική επιλογή η ερευνήτρια στοχεύει να εμπλέξει τους μαθητές με τη διερεύνηση του κώδικα των διαδικασιών και με την κατασκευή του αντίστοιχου μισού τμήματος. Κατά την κατασκευή του υπόλοιπου τμήματος κάθε διαδικασίας η ερευνήτρια αναμένει πως οι μαθητές θα εντοπίσουν μοτίβα στο σχέδιο τα οποία θα τους οδηγήσουν στη χρήση μοτίβων και στον προγραμματισμό. Επιπλέον, η διαδικασία αυτή ενδέχεται να προκαλέσει τους μαθητές να ομαδοποιήσουν κοινές ομάδες εντολών και να δημιουργήσουν επιμέρους υποδιαδικασίες στη δεύτερη δραστηριότητα της εφαρμογής. Τέλος προγραμματίζοντας οι ίδιοι ένα κομμάτι της γραφικής αναπαράστασης, τους δίνεται η ευκαιρία να εκφράσουν και να υλοποιήσουν δικές τους ιδέες για το σχέδιο και τις κινήσεις του μοντέλου.

Πίνακας 6: Ο κώδικας της διαδικασίας σωμα του μικρόκοσμου «Draw the Mime» και ένα στιγμιότυπο εκτέλεσής της

για σωμα :υψος :ω μπροστα 2*:υψος/3 δεξια 180 αριστερα :ω επαναλαβε 2[κυλινδρος :υψος/3 25 δεξια 45] επαναλαβε 2[αριστερα 45 πισω :υψος/3] δεξια :ω δεξια 180 μπροστα :υψος/3 τελος	 σωμα 100 80
--	--

3.3.1.3.2 Δραστηριότητες δεύτερου μέρους

Στις δραστηριότητες που σχεδίασε η ερευνήτρια με τον μικρόκοσμο «Draw the Mime» καλεί τους μαθητές αρχικά να διορθώσουν τις τρεις μισοψημένες διαδικασίες, στη συνέχεια να τις χωρίσουν σε επιμέρους υποδιαδικασίες δημιουργώντας χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης και τέλος να τις χρησιμοποιήσουν ως δομικούς λίθους για να φτιάξουν μια καινούρια εντολή που θα κατασκευάζει του δικούς τους μοντέλο ανθρώπου. Στόχος είναι στο τέλος του δεύτερου μέρους κάθε ομάδα να έχει κατασκευάσει το δικό της μικρόκοσμο με μια κατασκευή ανθρώπου, τον οποίο θα χρησιμοποιήσει για να παίζει το παιχνίδι Code-the-Mime στο τρίτο μέρος.

Λιδακτικός Σχεδιασμός

Η διάρκεια του δεύτερου μέρους είναι τέσσερις διδακτικές ώρες και οι μαθητές εργάστηκαν στις ομάδες που είχαν σχηματίσει στο πρώτο μέρος της έρευνας. Οι δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου και η κάθε ομάδα θα έχει έναν

υπολογιστή. Ο ρόλος της ερευνήτριας και του καθηγητή μαθηματικών ήταν οργανωτικός και καθοδηγητικός ως προς την πορεία των δραστηριοτήτων και τη χρήση των λειτουργικοτήτων του MaLT2. Επιπλέον η ερευνήτρια συμβούλευε και καθοδηγούσε τους μαθητές σε σχέση με τεχνικά ζητήματα που προκύπταν κατά τον προγραμματισμό της κατασκευής.

Πορεία εφαρμογής

Οι μαθητές ανοίγουν σε ένα φυλλομετρητή του υπολογιστή τους τον μικρόκοσμο «Draw the Mime» τον οποίο έχει αναρτήσει διαδικτυακά η ερευνήτρια. Παράλληλα η ερευνήτρια δίνει στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 2 το οποίο περιλαμβάνει τα ζητούμενα των δραστηριοτήτων του δεύτερου μέρους.

Δραστηριότητα 1: Κατασκευή ποδιών

Η πρώτη δραστηριότητα ζητά από τους μαθητές, αφού ανοίξουν τον μικρόκοσμο στο περιβάλλον του MaLT2, να εκτελέσουν στο συντάκτη εντολών τη διαδικασία *ποδια 20 50 20 45*, να χειριστούν το γραφικό αποτέλεσμα με το εργαλείο των μεταβολών και να σημειώσουν στο φύλλο εργασίας τους τις παρατηρήσεις τους για το αποτέλεσμα και 2 αλλαγές που πιστεύουν ότι χρειάζεται. Στη συνέχεια τους ζητά να διασκευάσουν τον κώδικα της διαδικασίας *ποδια :θ :υψος :α :ζ* ώστε όταν εκτελείται η εντολή *ποδια* να σχηματίζει και ένα δεύτερο πόδι. Στόχος είναι οι μαθητές να ανακαλύψουν μοτίβα συμμετρίας και επανάληψης στον σχεδιασμό και τον κώδικα και να τα αναπαράγουν για την κατασκευή του δεύτερου ποδιού.

Δραστηριότητα 2: Κατασκευή χεριών

Η δεύτερη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας ζητά από τους μαθητές να εκτελέσουν στον συντάκτη εντολών τη διαδικασία *σωμα 100 80*, χειριστούν το γραφικό αποτέλεσμα με το εργαλείο των μεταβολών και να σημειώσουν στο φύλλο εργασίας τους τις παρατηρήσεις τους και τις αλλαγές που πιστεύουν ότι χρειάζεται. Στη συνέχεια τους ζητά να διερευνήσουν τον κώδικα της διαδικασίας *σωμα :υψος :ω* και να τον τροποποιήσουν κατάλληλα ώστε να όταν εκτελείται η εντολή *σώμα* να σχεδιάζει και το αριστερό χέρι του ανθρώπου.

Δραστηριότητα 4: Σύνθεση ανθρώπου

Στην τρίτη και τελευταία δραστηριότητα η ερευνήτρια ζητά από τους μαθητές να προγραμματίσουν μια νέα παραμετρική διαδικασία με προτεινόμενο όνομα «mime» η οποία θα χρησιμοποιεί τις δυο υποδιαδικασίες *σωμα* και *ποδια* και την διαδικασία *πρόσωπο :χ* που υπάρχει και αυτή στον συντάκτη εντολών. Η νέα διαδικασία θα κατασκευάζει ένα τρισδιάστατο δυναμικό μοντέλου ανθρώπου στη σκηνή το οποίο θα κινείται δυναμικά με το εργαλείο των μεταβολών. Οι μαθητές καλούνται να αποφασίσουν με τα άλλα μέλη της ομάδας τους τις παραμέτρους της διαδικασίας «mime» καθώς και τις κινήσεις που θα πραγματοποιεί ο άνθρωπος όταν αλλάζουν οι παράμετροι.

Για τη σύνθεση ενός μοντέλου ανθρώπου δεν αρκεί η κλήση των τριών διαδικασιών (*πόδια, σώμα, πρόσωπο*) στη σωστή σειρά αλλά και ο προσδιορισμός της αρχικής και τελικής θέσης της οντότητας στο τέλος μιας διαδικασίας και στην αρχή της επόμενης. Για παράδειγμα μπορεί δυο διαδικασίες όταν εκτελούνται μεμονωμένα να κατασκευάζουν σωστά τα τμήματα του ανθρώπου, όμως η διαδοχική εκτέλεσή τους να παραμορφώνει το αποτέλεσμα.

Η ερευνήτρια εξηγεί στους μαθητές ότι το μοντέλο που θα κατασκευάσουν θα το χρησιμοποιήσουν στο παιχνίδι του τρίτου μέρους. Συνεπώς θα πρέπει να δομήσουν τον κώδικα με τρόπο που να μπορούν εύκολα να αλλάξουν τμήματα του κατά το παιχνίδι όπως να κάνουν μεταβλητές τις αρθρώσεις ή να προσθέσουν επιπλέον εξοπλισμό. Η ερευνήτρια με αυτή τη δραστηριότητα στοχεύει να εμπλέξει τους μαθητές στη διαδικασία σύνθεσης επιμέρους προγραμμάτων και στη σημασία της σειράς εκτέλεσης των εντολών και της εξόδου μιας διαδικασίας (σε αυτή την περίπτωση το γραφικό αποτέλεσμα), όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως κομμάτι ενός μεγαλύτερου προγράμματος. Επιπλέον ο προγραμματισμός των κινήσεων του τελικού μοντέλου με χρήση παραμέτρων γίνεται περισσότερο πολύπλοκος όταν τα τμήματα που πρέπει να κινηθούν σχεδιάζονται από επιμέρους παραμετρικές διαδικασίες και απαιτεί κατάλληλη αποδόμηση του προβλήματος για εντοπισμό του σχετικού τμήματος κώδικα, αφαιρετική σκέψη για προγραμματισμό των παραμέτρων σε επίπεδα (*layers*) και γενίκευση του συνολικού μοντέλου αλλά και των επιμέρους διαδικασιών από στατικά σχέδια σε δυναμικές, μεταβαλλόμενες αναπαραστάσεις που θα έχουν το σωστό αποτέλεσμα για όλες τις εισόδους τιμών.

Στόχοι δραστηριοτήτων

Μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με τις δραστηριότητες του δεύτερου μέρους, αναμένεται να προκύψουν και να συζητηθούν τα ακόλουθα ζητήματα που αφορούν εννοιείς και πρακτικές Υπολογιστικής Σκέψης:

- Ποιος είναι ο ρόλος της δεύτερης δομής επανάληψης στη διαδικασία πόδι;
- Πως μπορώ να διατηρήσω σταθερή τη γωνία μεταξύ των 2 ευθύγραμμων τμημάτων του αριστερού ποδιού αλλά μεταβλητή την αντίστοιχη γωνία του δεξιού ποδιού;
- Σε ποια θέση θα πρέπει να καταλήγει η οντότητα στο τέλος της διαδικασίας πόδια και της διαδικασίας σώμα;
- Πως θα πρέπει να δομήσω τον κώδικα ώστε να μπορώ να εντοπίζω και να αλλάζω γρήγορα τα μέλη του σώματος του μοντέλου;
- Πόσες παραμέτρους θα έχει το τελικό μοντέλου ανθρώπου και τι θα μεταβάλλουν;
- Πως μπορώ να μεταβάλλω ταυτόχρονα (με έναν μεταβολέα) δυο γωνίες του ανθρώπου;

Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων η ερευνήτρια θα καθοδηγεί τους μαθητές ώστε να εμπλακούν με τα παραπάνω ζητήματα και θα ενθαρρύνει τη συζήτηση και την ανταλλαγή ιδεών για αυτά.

3.3.1.4 Τρίτο μέρος: Παίξιμο του παιχνιδιού

Το παιχνίδι

Στο τρίτο μέρος της έρευνας οι μαθητές έπαιξαν το παιχνίδι «Code-the-Mime» στο περιβάλλον του MaLT2. Πρόκειται για ένα κονστραξιονιστικό παιχνίδι μίμησης με προγραμματισμό του τρισδιάστατου μοντέλου. Στις δραστηριότητες της παρούσας έρευνας η κάθε ομάδα μαθητών για να παίξει το παιχνίδι χρησιμοποιεί το μοντέλου ανθρώπου που κατασκεύασε στο δεύτερο μέρος της παρέμβασης.

Κανόνες Παιχνιδιού

Οι ομάδες μαθητών χωρίζονται σε ζεύγη συμμαχικών ομάδα. Η κάθε ομάδα του ζεύγους επιλέγει μια κάρτα από μια κλειστή στοίβα η οποία αναγράφει ένα άθλημα (π.χ. Ποδόσφαιρο). Στη συνέχεια οι μαθητές κάθε ομάδας δουλεύοντας στο περιβάλλον MaLT2 τροποποιούν κατάλληλα τον κώδικα του μοντέλου ανθρώπου ώστε με τη μορφή του και με τις κινήσεις που πραγματοποιεί να αναπαριστά το άθλημα που αναγράφεται στην κάρτα τους. Η διαδικασία κατασκευής συμβαίνει παράλληλα και στις δύο συμπαίκτριες ομάδες. Όταν μια ομάδα ολοκληρώσει τον προγραμματισμό του μοντέλου, καλεί τη συμπαίκτρια ομάδα η οποία προσπαθεί χρησιμοποιώντας τις λειτουργικότητες του MaLT2 (μεταβολείς, περισκοπική κάμερα, κώδικα Logo) να βρει το άθλημα που περιγράφουν οι συμπαίκτες τους. Μπορούν να δώσουν μέχρι τρεις απαντήσεις. Αν βρουν το άθλημα, τότε η ομάδα που το προγραμμάτισε παίρνει 1 βαθμό και η ομάδα που το βρήκε μισό βαθμό. Στη συνέχεια η ομάδα που προγραμμάτισε το άθλημα επιλέγει την επόμενη κάρτα από τη στοίβα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Αν δεν το βρουν η ομάδα που έχει την κάρτα του αθλήματος συνεχίζει τον προγραμματισμό και ξανακαλεί τη συμπαίκτρια ομάδα όταν πιστεύει ότι είναι έτοιμη. Το παιχνίδι ολοκληρώνεται όταν τελειώσουν οι κάρτες της στοίβας και νικήτρια είναι η ομάδα που έχει τους περισσότερους βαθμούς.

3.3.1.4.2 Δραστηριότητες τρίτου μέρους

Διδακτικός Σχεδιασμός

Το τρίτο μέρος που αφορά το παίξιμο του παιχνιδιού Code-the-Mime, είχε συνολική διάρκεια 5 διδακτικές ώρες. Οι μαθητές δούλεψαν στις ίδιες ομάδες που είχαν σχηματίσει από το πρώτο μέρος με έναν υπολογιστή ανά ομάδα. Οι μαθητές χρησιμοποιούν τον μικρόκοσμο που είχαν ήδη διασκευάσει στο δεύτερο μέρος και τις 18 κάρτες του παιχνιδιού που αναγράφουν αθλήματα.

Ακόμη μπορούν για διευκόλυνσή τους να χρησιμοποιήσουν ένα ξύλινο μοντέλο ανθρώπου με κινούμενες αρθρώσεις (μοντέλο ζωγραφικής).

Πορεία εφαρμογής

Η ερευνήτρια εξηγεί στους μαθητές τους κανόνες του παιχνιδιού και στη συνέχεια χωρίζει τις ομάδες σε ζεύγη συμμαχικών ομάδων. Η κάθε ομάδα ανοίγει στον υπολογιστή τον μικρόκοσμο με το μοντέλο ανθρώπου που είχαν κατασκευάσει στο δεύτερο μέρος της έρευνας. Έτσι, κάθε ομάδα έχει ως βάση ένα διαφορετικό μοντέλο ανθρώπου. Η ερευνήτρια τοποθετεί τις κάρτες και το ξύλινο μοντέλο σε ένα θρανίο στη μέση της αίθουσας και οι μαθητές ξεκινούν να παίζουν το παιχνίδι. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού οι μαθητές είναι ελεύθεροι να πραγματοποιήσουν ότι αλλαγές επιθυμούν στον κώδικα, να ψάξουν πληροφορίες για το άθλημα στο διαδίκτυο και να χρησιμοποιήσουν το ξύλινο μοντέλο, αν το επιθυμούν, ως οδηγό για τον σχεδιασμό του τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου. Ο ρόλος της ερευνήτριας είναι συντονιστικός ως προς το παιχνίδι, υποστηρικτικός και καθοδηγητικός ως προς τη διερεύνησης εννοιών και πρακτικών υπολογιστικής σκέψης που ενδέχεται να προκύψουν κατά τη διαδικασία του παιχνιδιού.

Στόχοι Δραστηριοτήτων

Στο παιχνίδι Code-the-Mime οι μαθητές θα χρειαστεί αρχικά να συζητήσουν και να επιλέξουν την απεικόνιση του μοντέλου και τις κινήσεις που θα πραγματοποιεί με τους μεταβολείς ώστε να είναι ξεκάθαρο το άθλημα που αναπαριστά. Στη συνέχεια θα πρέπει να εντοπίσουν τα σημεία του κώδικα τα οποία θα αλλάξουν ή θα επεκτείνουν για να υλοποιήσουν την αναπαράσταση που θέλουν. Κατά τον προγραμματισμό του μοντέλου και των κινήσεών του αναμένεται να νοηματοδοτήσουν και να εκφράσουν ιδέες σχετικά με την έννοια της παραμέτρου και της μεταβλητής, της δομής επιλογής, της διαδικασίας και της αναλογίας. Ακόμη ενδέχεται να εφαρμόσουν και να συνδυάσουν ποιες πρακτικές ποιες αφαίρεσης, ποιες γενίκευσης, ποιες αποδόμησης και του εντοπισμού μοτίβων ώστε να αναπαραστήσουν κατάλληλα το άθλημα που καλούνται να περιγράψουν κάθε φορά.

Καθώς οι μαθητές παίζουν το παιχνίδι Code-the-Mime αναμένεται να προκύψουν τα παρακάτω ζητήματα που αφορούν έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης:

- Ποια σημεία του ανθρώπινου μοντέλου πρέπει να κινούνται και ποια να παραμένουν σταθερά ώστε οι συμπαίκτες μου να βρουν το ζητούμενο άθλημα;
- Τι πρέπει να αλλάξω στον κώδικα ώστε να μετατρέψω ένα μεταβλητό σημείο του μοντέλου σε σταθερό και το ανάποδο;
- Ποιες εντολές θα πρέπει να προγραμματίσω και σε ποιο σημείο του κώδικα, αν θέλω να προσθέσω επιπλέον γραφικά στοιχεία στο μοντέλο (π.χ. ένα μαστούνι, μια μπάλα);

- Τι θα πρέπει να αλλάξω στον κώδικα ώστε να μεταβάλλονται δύο στοιχεία του μοντέλου ταυτόχρονα; (π.χ. μετακινώντας έναν μεταβολέα ο άνθρωπος να κουνάει ταυτόχρονα το αριστερό χέρι και το δεξί πόδι)
- Τι θα πρέπει να αλλάξω στον κώδικα ώστε να μεταβάλλονται δύο στοιχεία του μοντέλου αναλογικά; (π.χ. μετακινώντας έναν μεταβολέα η γωνία του αριστερού χεριού να αλλάζει με διπλάσιο ρυθμό από τη γωνία του δεξιού χεριού)
- Πως μπορώ να εξασφαλίσω ότι το γραφικό αποτέλεσμα θα είναι σωστό για όλες τις πιθανές εκτελέσεις της εντολής *άνθρωπος* και από όλες τις γωνίες θέασης;
- Πως μπορώ να ελέγξω το γραφικό αποτέλεσμα για ορισμένες τιμές εισόδου με τους μεταβολείς ώστε η αναπαράσταση για αυτές τις τιμές να μην μπερδεύει τους συμπαίκτες μου;

Μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, ακολούθησε σε διαφορετική αλλά κοντινή ημερομηνία, η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και οι ημι-δομημένες συνεντεύξεις με κάθε ομάδα μαθητών.

3.3.2 Παιχνίδι προσομοίωσης επιλογών και επιπτώσεων

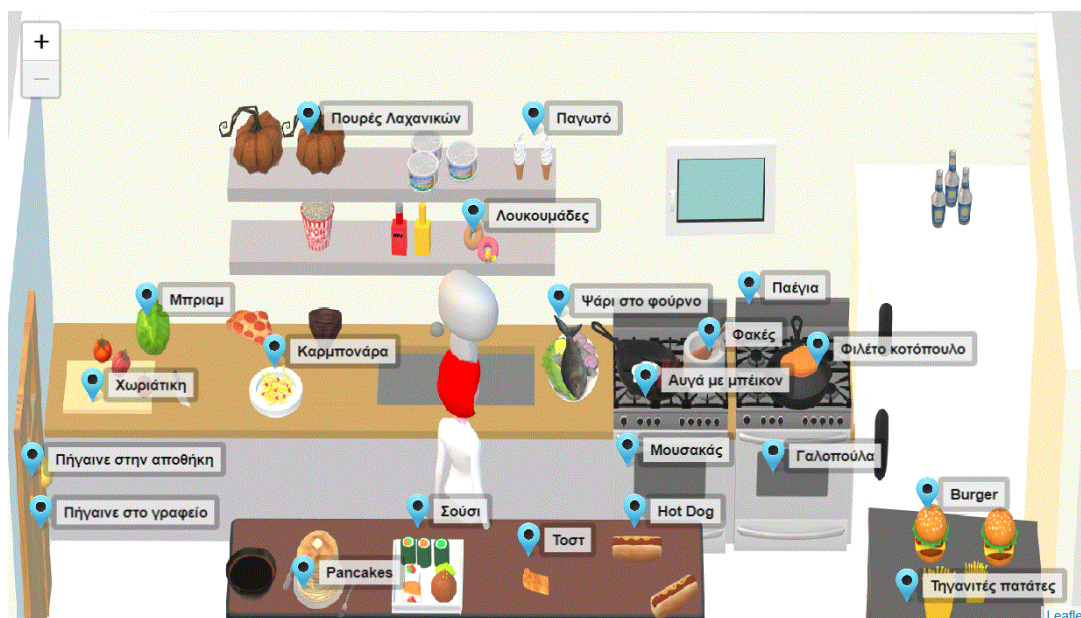
Για τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση της έρευνας σχεδιασμού, η ερευνήτρια ανέπτυξε με το εργαλείο σχεδιασμού παιχνιδιών ChoiCo ένα παιχνίδι στρατηγικής και προσομοίωσης με τίτλο «CT Chef». Το παιχνίδι προσομοιώνει τη λειτουργία ενός εστιατορίου και ο παίκτης, έχοντας τον ρόλο του ιδιοκτήτη-σεφ, κάνει επιλογές για να διατηρήσει το εστιατόριό του σε λειτουργία. Η λειτουργία του εστιατορίου προσομοιώνεται από πέντε παραμέτρους: Χρήματα (μέτρηση σε ευρώ), Υγιεινό Φαγητό (μέτρηση σε ποσοστό επί τοις εκατό), Πελάτες ανά ημέρα (μέτρηση σε άτομα), Ζωικά Προϊόντα (μέτρηση σε τεμάχια), Λαχανικά (μέτρηση σε τεμάχια). Ο παίκτης μπορεί κάνει επιλογές που εμφανίζονται ως επιλέξιμα σημεία στη σκηνή του παιχνιδιού και σχετίζονται με τη λειτουργία του εστιατορίου (π.χ. επιλογές φαγητών στο μενού, επιλογές πρώτων υλών, πρόσληψη προσωπικού, διαφήμιση). Εφόσον ο παίκτης κάνει μια επιλογή αυτή επηρεάζει θετικά, αρνητικά ή μηδενικά κάθε μια από τις πέντε παραμέτρους. Στόχος του παίκτη είναι να διατηρήσει τις τιμές των παραμέτρων μέσα σε ανώτατα ή κατώτατα αριθμητικά όρια τα οποία έχουν καθοριστεί και ελέγχονται στον κώδικα του παιχνιδιού. Το παιχνίδι είναι διαδικτυακά διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://etl.ppp.uoa.gr/choico/?mathnchef>

3.3.2.1 Σχεδιαστικές επιλογές

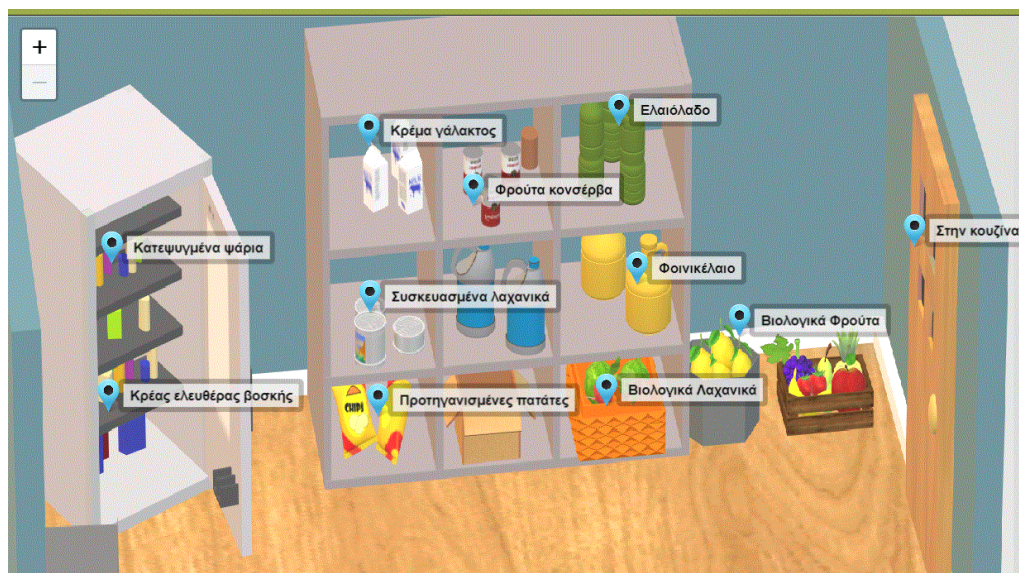
Σχεδιαστική Επιλογή 1: Επίπεδα περιοχών παιχνιδιού

Ο παίκτης έχει τη δυνατότητα να περιηγηθεί σε τρεις περιοχές του εικονικού εστιατορίου με ένα σύνολο από επιλογές παιχνιδιού σε κάθε μια. Η πρώτη περιοχή είναι η κουζίνα (Εικόνα 14) στην

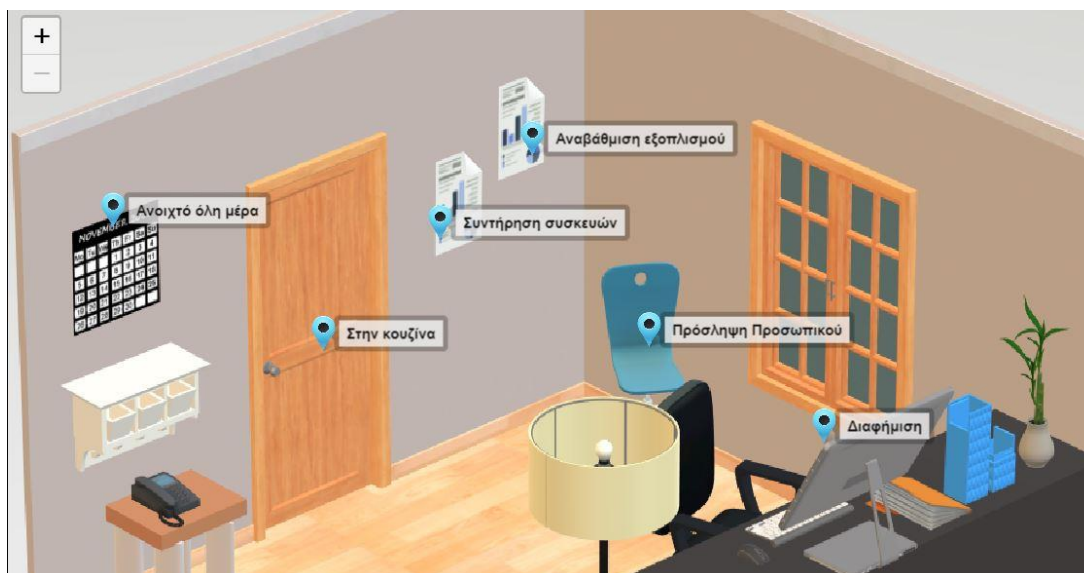
οποία ο παίκτης μπορεί να επιλέξει να ετοιμάσει φαγητά για να σερβίρει (π.χ. Πίτσα, Μουσακάς, Ψάρι στο φούρνο), η δεύτερη περιοχή είναι η αποθήκη (Εικόνα 15) όπου μπορεί να επιλέξει να προμηθευτεί πρώτες ύλες (π.χ. ελαιόλαδο, λαχανικά σε κονσέρβα) και η τρίτη περιοχή είναι το γραφείο όπου μπορεί να επιλέξει διαχειριστικές ενέργειες (π.χ. πρόσληψη προσωπικού, διαφήμιση) (Εικόνα 16).



Εικόνα 14: Στιγμιότυπο της κύριας περιοχής του παιχνιδιού CT Chef «Κουζίνα»



Εικόνα 15: Στιγμιότυπο της δεύτερης περιοχής του παιχνιδιού CT Chef «Αποθήκη»



Εικόνα 16: Στιγμιότυπο της δεύτερης περιοχής του παιχνιδιού CT Chef «Γραφείο»

Χωρίζοντας τη σκηνή του παιχνιδιού σε επιμέρους επίπεδα περιοχών, η ερευνήτρια επιδιώκει να αποτυπώσει τις διαφορετικές κατηγορίες επιλογών που έχει ο παίκτης. Οι επιλογές κάθε περιοχής έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τα οποία τις διακρίνουν από τις επιλογές άλλων περιοχών. Για παράδειγμα οι επιλογές στην περιοχή «Κουζίνα» (Εικόνα 14) είναι όλες φαγητά που μαγειρεύει και πουλάει ο παίκτης. Έτσι όλες, ανεξαρτήτως ονόματος, αυξάνουν την παράμετρο Χρήματα και μειώνουν τις παραμέτρους «Ζωικά Προϊόντα» και «Λαχανικά» επειδή βρίσκονται στη συγκεκριμένη περιοχή παιχνιδιού. Αντίστοιχα οι επιλογές στην περιοχή «Αποθήκη» είναι οι πρώτες ύλες που προμηθεύεται ο παίκτης και όλες μειώνουν τα χρήματα και αυξάνουν είτε την παράμετρο «Ζωικά Προϊόντα» είτε την παράμετρο «Λαχανικά». Με το σχεδιασμό αυτό, δημιουργούνται ομάδες επιλογών οι οποίες ακολουθούν συγκεκριμένα μοτίβα επιπτώσεων και μπορούν να γενικευθούν σε ευρύτερες κατηγορίες επιλογών με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Τα μοτίβα αυτά σχεδιάζονται στη βάση δεδομένων του παιχνιδιού και αποτελούν τη δεύτερη σχεδιαστική επιλογή της ερευνήτριας.

Σχεδιαστική επιλογή 2: Μοτίβα στις επιπτώσεις των επιλογών

Τα σημεία του παιχνιδιού απεικονίζεται ως εγγραφές στη βάση δεδομένων του ChoiCo και οι επιπτώσεις τους καθορίζονται από τις τιμές των πεδίων κάθε εγγραφής (Εικόνα 17). Η ερευνήτρια δημιούργησε συγκεκριμένους «άτυπους» κανόνες για τις τιμές των επιπτώσεων κάθε κατηγορίας και υποκατηγορίας επιλογών. Για παράδειγμα κάθε επιλογή που, κατά τη γνώμη της ερευνήτριας, ανήκει στην κατηγορία «Υγιεινά Φαγητά» (π.χ. φακές) αυξάνει την παράμετρο «Υγιεινό_Φαγητό» και μειώνει την παράμετρο «πελάτες_ανά_μέρα». Αυτός ο κανόνας ακολουθείται από όλα τα «υγιεινά φαγητά» του παιχνιδιού. Αντίστοιχα τα «ανθυγιεινά φαγητά» μειώνουν την παράμετρο «Υγιεινό_Φαγητό» αλλά αυξάνουν την παράμετρο «Πελάτες_τη_μέρα». Με τους κανόνες αυτούς

επιτυγχάνεται μια ισορροπία μεταξύ των επιλογών του παιχνιδιού η οποία είναι εύκολο να προσαρμοστεί προσθέτοντας ή αφαιρώντας επιλογές μιας κατηγορίας. Ταυτόχρονα, η ερευνήτρια επιδιώκει να προκαλέσει τους μαθητές να συζητήσουν για την λογική που ακολουθούν οι κανόνες των κατηγοριών και τα αντικείμενα-επιλογές που ανήκουν στην κάθε μια, αμφισβητώντας πιθανώς τον αρχικό σχεδιασμό που βασίζεται στις υποκειμενικές απόψεις της ερευνήτριας.

Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγητ	Πελάτες_τη_μέρα	Ζωικά_Προϊόντα
Παέγια	15	2	rar ▼ -2 to: 1	-5
Χωριάτικη	7	2	rar ▼ -1 to: 2	-2
Hot Dog	3	-4	rar ▼ 2 to: 5	-1
Burger	10	-3	rar ▼ 2 to: 5	-3
Τοστ	2	1	rar ▼ -2 to: 1	-1
Πουρές Λαχανικά	5	3	rar ▼ -20 to: -1	0
Ψάρι στο φούρνο	12	5	rar ▼ -4 to: -1	-3

Εικόνα 17: Στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων του παιχνιδιού CT Chef. Κάθε επιλογή παιχνιδιού αντιστοιχεί σε μια εγγραφή της βάσης (γραμμή) και κάθε παράμετρος του παιχνιδιού σε ένα πεδίο της βάσης (στήλη)

Σχεδιαστική επιλογή 3: Κλίμακα μεταβολής και τυχαίες επιπτώσεις

Σημαντικό ρόλο στα παιχνίδια του ChoiCo έχει το αριθμητικό εύρος των παραμέτρων και ο ρυθμός μεταβολής τους. Για παράδειγμα σε ένα παιχνίδι στο οποίο η αρχική τιμή μιας παραμέτρου είναι το 0 και το ανώτατο όριό της το 100, παίζει καταλυτικό ρόλο εάν η κάθε επιλογή της προσθέτει ή της αφαιρεί δεκάδες (π.χ. -30, -40, 40) μονάδες ή εκατοντάδες. παράμετρο (π.χ. 1, -1, +2). Ο μαθητής ως διασκευαστής, καλείται να ισορροπήσει το εύρος και τον ρυθμό μεταβολής των παραμέτρων του παιχνιδιού μέσα από συνεχείς δοκιμές και τροποποιήσεις των παραπάνω στοιχείων.

Η ερευνήτρια σχεδίασε τις παραμέτρους και τις επιπτώσεις του παιχνιδιού CT Chef ώστε αφενός να ταιριάζουν με την προσομοίωση του παιχνιδιού (η κλίμακα της παραμέτρου χρήματα να είναι σε ευρώ, της παραμέτρου πελάτες_τη_μέρα σε άτομα κ.ο.κ) και αφετέρου η τροποποίηση ενός στοιχείου από τους μαθητές, λ.χ. των επιπτώσεων στη βάση δεδομένων, να «χαλάει» την ισορροπία του συστήματος και να τους προκαλεί να τροποποιήσουν κατάλληλα και τα σχετιζόμενα υπολογιστικά στοιχεία λ.χ. τη συνθήκη τερματισμού.

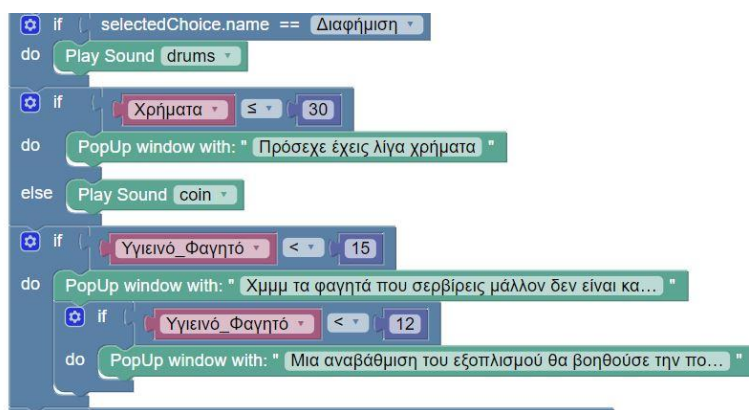
Ακόμη χρησιμοποίησε στη βάση δεδομένων τη λειτουργία τυχαίας επίπτωσης (random) για τις επιπτώσεις των επιλογών φαγητού στην παράμετρο «Πελάτες_τη_μέρα». Έτσι η επίπτωση της επιλογής δεν έχει προκαθορισμένη τιμή, αλλά η τιμή επιλέγεται κάθε φορά τυχαία από ένα διάστημα αριθμών ορισμένο από τον σχεδιαστή. Για παράδειγμα στην Εικόνα 15 η επίπτωση της

επιλογής «Χωριάτικη» στην παράμετρο «Πελάτες_τη_μέρα» είναι ένας τυχαίος αριθμός από το διάστημα -1 έως και 2.

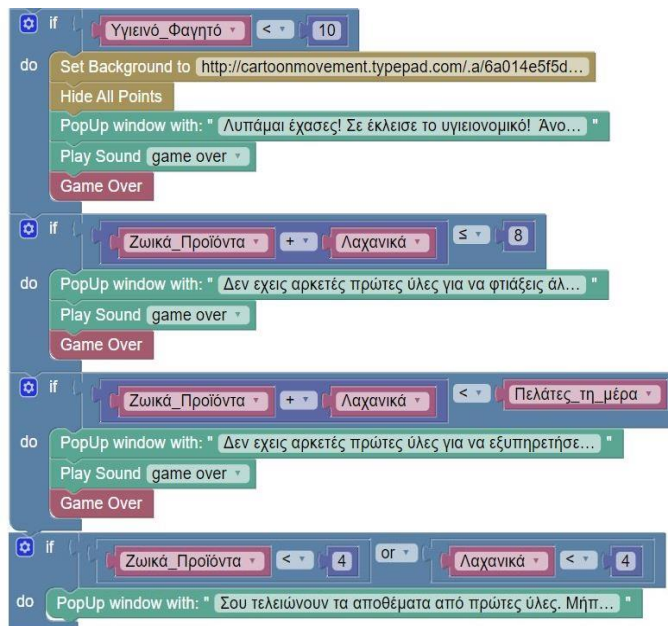
Με αυτή τη σχεδιαστική επιλογή η ερευνήτρια αποσκοπεί να εμπλέξει τους μαθητές με την έννοια της τυχαιότητας και τη διαχείρισή της σε έναν αλγόριθμο παιχνιδιού. Όταν οι μαθητές θα προγραμματίζουν τους κανόνες του παιχνιδιού θα χρειαστεί να λάβουν υπόψιν τους το εύρος και τις πιθανότητες των τυχαίων επιπτώσεων στην παράμετρο «Πελάτες_τη_μέρα». Για παράδειγμα αν μια επιλογή έχει επίπτωση τυχαίο αριθμό στο διάστημα -5 έως 1 είναι πιο πιθανό να μειώσει την παράμετρο απ' ό τι να την αυξήσει αλλά δεν είναι και βέβαιο. Οι έννοιες της «αβεβαιότητας» και της πιθανότητας θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν από τους μαθητές στο σχεδιασμό των κανόνων.

Σχεδιαστική επιλογή 4: Οι δομές ελέγχου στους κανόνες

Η ερευνήτρια προγραμματίσει τους κανόνες τερματισμού και ανατροφοδότησης του παιχνιδιού χρησιμοποιώντας τρεις τύπους δομής επιλογής: απλή, σύνθετη και εμφολευμένη (Εικόνα 16). Με αυτή τη σχεδιαστική επιλογή οι μαθητές αποκτούν τη δυνατότητα διερεύνησης και σύγκρισης των διαφορετικών δομών επιλογής στο πλαίσιο της διασκέυής των κανόνων παιχνιδιού. Ακόμη στους κανόνες υλοποιούνται τέσσερις τύποι συνθήκης ελέγχου όπως φαίνονται στις Εικόνες 16 και 17. Οι μαθητές αναμένεται να συσχετίσουν τα αντίστοιχα τμήματα του κώδικα με τη συμπεριφορά του παιχνιδιού καθώς παίζουν και διασκευάζουν το παιχνίδι, να αλλάζουν και να πειραματιστούν με τις συνθήκες ελέγχου για να ισορροπήσουν το παιχνίδι και να προγραμματίσουν αντίστοιχες δομές επιλογής για να ελέγξουν τη ροή της διασκέυής τους.



Εικόνα 18: Τμήμα από τους κανόνες ανατροφοδότησης του παιχνιδιού CT Chef



Εικόνα 19: Τμήμα από τους κανόνες τερματισμού του παιχνιδιού CT Chef

Μισοψημμένα στοιχεία παιχνιδιού

Οι τέσσερις παραπάνω επιλογές αφορούν τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της αρχική δομής του παιχνιδιού CT chef. Στη συνέχεια, η ερευνήτρια, εφαρμόζοντας την πρακτική των μισοψημμένων δομημάτων (Kynigos, 2007), ενσωμάτωσε τρία λογικά σφάλματα σε στοιχεία του παιχνιδιού με σκοπό να προκαλέσει τους μαθητές να αμφισβητήσουν τον σχεδιασμό του παιχνιδιού και να θέλουν να το τροποποιήσουν. Τα σφάλματα έχουν σχεδιαστεί ώστε από τη μια να μην εμποδίζουν την λειτουργία του παιχνιδιού, αλλά από την άλλη να ωθήσουν τους μαθητές σε συζήτηση και αμφισβήτηση γύρω από τις υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές που διαμορφώνουν τις λανθασμένες συμπεριφορές.

Το πρώτο λογικό σφάλμα είναι στη διεπαφή του παιχνιδιού και αφορά τον μικρό αριθμό επιλογών που αυξάνουν την παράμετρο «Ζωικά Προϊόντα». Στην περιοχή του παιχνιδιού «Αποθήκη» υπάρχουν μόνο τρεις επιλογές που αυξάνουν την παράμετρο «Ζωικά Προϊόντα», ενώ αντίθετα υπάρχουν επτά που αυξάνουν την παράμετρο «Λαχανικά». Αυτό δυσκολεύει πολύ τον παίκτη να διατηρήσει την παράμετρο «Ζωικά Προϊόντα» στα όρια του παιχνιδιού. Στόχος αυτής της σχεδιαστικής επιλογής είναι να προκαλέσει τους μαθητές να προσθέσουν επιπλέον επιλογές που θα αυξάνουν την παράμετρο αυτή ώστε να βελτιώσουν το παιχνίδι.

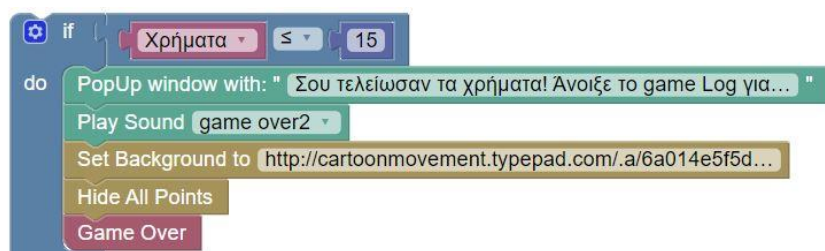
Το δεύτερο λογικό σφάλμα βρίσκεται στις τιμές της βάσης δεδομένων τριών επιλογών του παιχνιδιού και αφορά τον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλουν την παράμετρο «Πελάτες τη μέρα» σε σχέση με τις άλλες επιλογές. Η επίπτωση όλων των φαγητών στην παράμετρο «Πελάτες τη μέρα» είναι ένας ακέραιος αριθμός που προκύπτει από ένα διάστημα πέντε αριθμών κοντά στο μηδέν, για παράδειγμα μεταξύ 0 και 4, μεταξύ -2 και 2 κ.ο.κ. Όμως στην επίπτωση των επιλογών

«Μουσακάς», «Ψητό Κοτόπουλο» και «Πουρές Λαχανικών» το διάστημα αυτό είναι πολύ μεγαλύτερο και συγκεκριμένα -20 με 9, -15 με 8 και -20 με -1 αντίστοιχα (Εικόνα 20). Αν ο παίκτης επιλέξει ένα από τα τρία φαγητά έχει μεγάλη πιθανότητα να δεχτεί υπερβολικά αρνητικές επιπτώσεις στην τιμή της παραμέτρου «Πελάτες_ανά_ημέρα», προκαλώντας αστάθεια στο συνολικό σύστημα του παιχνιδιού.

Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγητ	Πελάτες_τη_ημέρα	Ζωικά_Προϊόντα
Pancakes	8	-4	1 to 4	-2
Αυγά με μπέικον	7	-3	1 to 4	-3
Φιλέτο κοτόπουλο	10	2	-15 to 8	-4
Λουκουμάδες	4	-5	3 to 6	-2
Μπριζολ	11	5	-5 to -2	-2
Γαλοπούλα	12	4	-5 to -2	-4
Μουσακάς	9	3	-30 to 9	-2

Εικόνα 20: Ενσωματωμένο σφάλμα στο μοτίβο των επιπτώσεων του μισοψημένου παιχνιδιού CT Chef

Το τρίτο λογικό σφάλμα είναι στον κώδικα του παιχνιδιού και αφορά έναν κανόνα τερματισμού. Η ερευνήτρια προγραμματίστηκε το παιχνίδι να τερματίζει όταν η τιμή της παραμέτρου «Χρήματα» είναι μικρότερη ή ίση με 15 (Εικόνα 21). Όμως η αρχική τιμή της παραμέτρου «Χρήματα» είναι 20 με αποτέλεσμα το παιχνίδι να τερματίζει πολύ γρήγορα λόγω «χαμηλής» τιμής χρημάτων. Ενώ λοιπόν συντακτικά ο κώδικας είναι σωστός, εντούτοις δημιουργεί ένα λογικό σφάλμα στην πορεία του παιχνιδιού. Στόχος αυτή της σχεδιαστικής επιλογής είναι οι μαθητές να εμπλακούν με τη δομή επιλογής, τη συνθήκη ελέγχου και το ρόλο της στον αλγόριθμο του παιχνιδιού.



Εικόνα 21: Ο κώδικας τερματισμού για την παράμετρο "Χρήματα" στο μισοψημένο παιχνίδι «CT Chef»

Στην επόμενη ενότητα περιγράφονται οι δραστηριότητες που σχεδίασε και υλοποίησε η ερευνήτρια με το μισοψημένο παιχνίδι CT Chef. Οι δραστηριότητες είναι δομημένες σε τρία διακριτά μέρη εφαρμογής που αντιστοιχούν στα τρία στάδια εμπλοκής του μοντέλου «Παίξιμο – Διόρθωση – Δημιουργία Διασκευής», που περιγράφηκε στην ενότητα 2.6.2. Κάθε

μέρος αποτελεί έναν κύκλο σχεδιασμού, εφαρμογής, συλλογής και αξιολόγησης δεδομένων που πιθανώς να οδηγήσει σε επανασχεδιασμό των δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι δραστηριότητες των μαθητών για κάθε μέρος της έρευνας.

3.3.2.2 Πρώτο Μέρος: Παίξιμο το παιχνιδιού CT Chef

Διδακτικός Σχεδιασμός

Στο πρώτο μέρος οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το παιχνίδι CT Chef ως παίκτες, με στόχο να ανακαλύψουν τα στοιχεία της δομής του παιχνιδιού, όπως οι κανόνες τερματισμού, να καταστρώσουν στρατηγικές βελτιστοποίησης του παιξίματός τους, να ανακαλύψουν σχέσεις και μοτίβα στις επιπτώσεις των επιλογών και να εντοπίσουν τα τρία ενσωματωμένα σφάλματα. Η διάρκεια του μέρους αυτού ήταν 3 διδακτικές ώρες και οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες των 2-3 ατόμων με έναν υπολογιστή ανά ομάδα.

Πορεία εφαρμογής

Η ερευνήτρια ζήτησε από κάθε ομάδα μαθητών να ανοίξει στον υπολογιστή της το παιχνίδι CT Chef από τη διεύθυνση που βρισκόταν αναρτημένο. Η ερευνήτρια εξήγησε τον στόχο του παιχνιδιού στους μαθητές, δηλαδή να παραμείνουν όσο δυνατόν περισσότερο στο παιχνίδι κάνοντας όσο το δυνατόν περισσότερες επιλογές, και τους ζήτησε να παίξουν το παιχνίδι πολλές φορές σημειώνοντας κάθε φορά τη βαθμολογία τους. Παράλληλα τους ζήτησε να συμπληρώσουν το μέρος A.1 από το φύλλο εργασίας (βλ. [παράρτημα B](#)) το οποίο τους ζητά καθώς παίζουν να εντοπίσουν και να καταγράψουν: α) πότε τελειώνει το παιχνίδι, β) πότε μειώνονται τα «Χρήματα», γ) τουλάχιστον τρία φαγητά που έχουν μεγάλη πιθανότητα να μειώσουν τους «πελάτες ανά μέρα», δ) ένα ακόμη κοινό χαρακτηριστικό που έχουν τα παραπάνω φαγητά.

Θέτοντας τα παραπάνω ερωτήματα η ερευνήτρια στοχεύει να εισάγει σταδιακά τους μαθητές σε έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης μέσα στο πλαίσιο του παιχνιδιού. Κατόπιν, κλήθηκαν να συμπληρώσουν το μέρος A.2 του φύλλου εργασίας που αφορά τον εντοπισμό κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ διαφορετικών επιλογών (βλ. [παράρτημα B](#)). Αφού οι μαθητές είχαν παίξει τουλάχιστον δέκα φορές το παιχνίδι, συμπλήρωσαν το μέρος B από το φύλλο εργασίας που τους ζητά να περιγράψουν τις στρατηγικές που ακολούθησαν για να πετύχουν τη μέγιστη βαθμολογία. Τέλος, συμπλήρωσαν το μέρος Γ του φύλλου εργασίας το οποίο τους ζητά να περιγράψουν έως τρεις λανθασμένες ή παράξενες συμπεριφορά που εντόπισαν στο παιχνίδι και να καταγράψουν τρεις αλλαγές που θα έκαναν για να βελτιώσουν το παιχνίδι.

Στόχοι δραστηριότητας

Στόχος του πρώτου μέρους της έρευνας ήταν να εισάγει τους μαθητές σε υπολογιστικές έννοιες βασικές για την κατασκευή αλγόριθμων και σε υπολογιστικές πρακτικές όπως η γενίκευση, η

αποσφαλμάτωσης και η αναγνώριση μοτίβων, μέσα από την δημιουργία και τη βελτιστοποίηση στρατηγικών παιξίματος του παιχνιδιού.

Ο ρόλος της ερευνήτριας ήταν υποστηρικτικός και παρότρυνε τους μαθητές να σκεφτούν και να συζητήσουν τα παρακάτω ερωτήματα:

- Πως αλλάζουν οι τιμές των παραμέτρων του παιχνιδιού;
- Ποιες είναι οι συνθήκες τερματισμού του παιχνιδιού;
- Πότε το παιχνίδι εμφανίζει προειδοποιητικά μηνύματα;
- Τι θα συμβεί εάν επιλέγω συνεχώς την ίδια επιλογή;
- Υπάρχει κάποια σειρά επιλογών που αν τις επαναλάβω δεν θα χάσω ποτέ;
- Υπάρχει κάποια σειρά επιλογών που αν τις επαναλάβω θα βελτιώσω το σκορ μου;
- Μπορώ να ταξινομήσω τις επιλογές σε κατηγορίες ανάλογα με τις επιπτώσεις τους;
- Πως επηρεάζει το παιχνίδι το μεγάλο εύρος διαστήματος επιλογής τυχαίου αριθμού για τις επιπτώσεις των επιλογών «Μουσακάς», «Πουρές Λαχανικών» και «Ψητό κοτόπουλο» ;
- Γιατί χάνω ευκολότερα από την παράμετρο «Χρήματα» σε σχέση με τις υπόλοιπες;
- Πως επηρεάζει το παιχνίδι ο μικρός αριθμός επιλογών που αυξάνουν την παράμετρο «Λαχανικά» ;

3.3.2.3 Μέρος 2ο: Επιδιόρθωση του Παιχνιδιού CT Chef

Διδακτικός σχεδιασμός

Στο δεύτερο μέρος οι μαθητές αλληλεπιδράσαν με το παιχνίδι ως παίκτες και ως διορθωτές. Στόχος των δραστηριοτήτων ήταν οι μαθητές να αξιοποιήσουν τα εργαλεία του περιβάλλοντος σχεδιασμού αφενός για να συσχετίσουν τα στοιχεία του παιχνιδιού, π.χ. του κανόνες με την υπολογιστική υλοποίησή τους, και αφετέρου για να αποσφαλματώσουν το παιχνίδι. Η συνολική διάρκεια των δραστηριοτήτων ήταν 4 διδακτικές ώρες και οι μαθητές δούλεψαν στις ίδιες ομάδες με έναν υπολογιστή ανά ομάδα.

Πορεία εφαρμογής

Η ερευνήτρια ζήτησε από την κάθε ομάδα μαθητών να ανοίξει το παιχνίδι CT chef στη «Λειτουργία Σχεδιασμού» του περιβάλλοντος ChoiCo, να διορθώσουν τα σφάλματα που εντόπισαν και να βελτιώσουν τη λειτουργία του παιχνιδιού αλλάζοντας τις τιμές της βάσης δεδομένων και τους κανόνες τερματισμού. Η ερευνήτρια παρότρυνε τους μαθητές να συμβουλευτούν τις απαντήσεις που έδωσαν στο προηγούμενο μέρος στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας. Αφού οι μαθητές ολοκλήρωσαν τη διασκευή, συμπλήρωσαν την ερώτηση 1 στο μέρος Δ του φύλλου εργασίας, (βλ. [παράρτημα Β](#)), η οποία τους ζητά να περιγράψουν τις αλλαγές που έκαναν στις επιλογές του παιχνιδιού, στις τιμές στη βάση δεδομένων και στον κώδικα των κανόνων. Κατόπιν, η κάθε ομάδα

έπαιξε το βελτιωμένο παιχνίδι μιας άλλης και το αξιολόγησε ως προς τη δυσκολία του, τη σαφήνεια του και το ενδιαφέρον του απαντώντας στην ερώτηση 2 του μέρους Δ του φύλλου εργασίας.

Στόχοι δραστηριότητας

Οι δραστηριότητες του δεύτερου μέρους εστιάζουν στην διερεύνηση και τον συσχετισμό των στοιχείων του παιχνιδιού με την υπολογιστική υλοποίησή τους, μέσα από την αποσφαλμάτωση του παιχνιδιού από τους μαθητές. Καθώς οι μαθητές ανέλυναν τη δομή του παιχνιδιού και διόρθωναν τα σφάλματα, η ερευνήτρια τους παρότρυνε να σκεφτούν και να συζητήσουν παρακάτω ζητήματα που σχετίζονται με υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές:

- Τι αναπαριστούν οι στήλες και οι γραμμές της βάσης δεδομένων;
- Πως σχετίζονται τα σημεία επιλογής της σκηνής με τις εγγραφές της βάσης δεδομένων;
- Σε ποια κατηγορία επιλογών θα ανήκουν τα νέα σημεία και τι τιμές θα πρέπει να έχουν οι επιπτώσεις τους ώστε να ταιριάζουν με τα υπάρχοντα μοτίβα;
- Μπορεί μια επιλογή να έχει μόνο θετικές επιπτώσεις; Τι θα συμβεί αν γίνει αυτό;
- Ποιο διάστημα τιμών πρέπει να βάλω στις επιπτώσεις των σημείων «Μουσακάς», «Πουρές Λαχανικών» και «Ψητό κοτόπουλο» ώστε να ισορροπήσω τις πιθανότητες μείωσης των πελατών όταν επιλέγω τα σημεία αυτά;
- Με ποια σειρά εκτελούνται οι εντολές του κώδικα του παιχνιδιού όταν κάνω μια επιλογή ως παίκτης;
- Τι δεδομένα μπορώ να εκχωρήσω ως αρχική τιμή στις παραμέτρους του παιχνιδιού;
- Μπορεί η αρχική τιμή μιας παραμέτρου να είναι μικρότερη από το κατώτερο όριο της; Τι θα συμβεί σε αυτή την περίπτωση;
- Ποιες εντολές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ανώτατων και κατώτατων ορίων των παραμέτρων του παιχνιδιού;
- Ποιο κομμάτι της συνθήκης ελέγχου πρέπει να τροποποιηθεί για να μην χάνω τόσο γρήγορα από την παράμετρο «Χρήματα»;

3.3.2.4 Μέρος 3^ο : Διασκευή παιχνιδιού

Διδακτικός σχεδιασμός

Στο τρίτο μέρος της έρευνας οι μαθητές αλληλεπίδρασαν με το παιχνίδι ως σχεδιαστές της δικής τους εκδοχής τους και ως κριτές του παιχνιδιού μιας άλλης ομάδας. Στόχος των δραστηριοτήτων ήταν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν συνδυαστικά τις ενσωματωμένες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος σχεδιασμού για να κατασκευάσουν μια νέα εκδοχή παιχνιδιού. Η διαδικασία κατασκευής ήταν ελεύθερη και ο ρόλος της ερευνήτριας έγκειτο στο να παροτρύνει τους μαθητές να εμπλακούν σε συνεχείς κύκλους τροποποίησης, δοκιμής, αξιολόγησης και επανασχεδιασμού

του παιχνιδιού. Η συνολική διάρκεια των δραστηριοτήτων ήταν 8 διδακτικές ώρες και οι μαθητές δούλεψαν στις ίδιες ομάδες με έναν υπολογιστή ανά ομάδα.

Πορεία εφαρμογής

Η κάθε ομάδα μαθητών άνοιξε το βελτιωμένο παιχνίδι που κατασκεύασε στο προηγούμενο μέρος. Η ερευνήτρια τους ζήτησε να σκεφτούν και να υλοποιήσουν μια διασκευή του παιχνιδιού CT chef ως συνέχεια των τροποποιήσεων που έχει ήδη υλοποιήσει και της ανατροφοδότησης που έλαβε από την άλλη ομάδα στο τέλος του 2^{ου} μέρους. Στη διασκευή έπρεπε να διατηρήσουν ίδια την κεντρική ιδέα του παιχνιδιού, δηλαδή ότι ο παίκτης πρέπει να παραμείνει στο παιχνίδι όσο το δυνατόν περισσότερο κάνοντας επιλογές που επιφέρουν ταυτόχρονα θετικές και αρνητικές επιπτώσεις και να τροποποιήσουν τουλάχιστον δύο από τα στοιχεία: κανόνες τερματισμού, σκηνικό υπόβαθρο, επιλογές, παραμέτρους, επιπτώσεις, στρώσεις.

Οι μαθητές παράλληλα με τις τροποποιήσεις, συμπλήρωσαν το μέρος Ε του φύλλου εργασίας 1 το οποίο περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικές με το νέο παιχνίδι όπως για παράδειγμα που θα διαδραματίζεται, ποιες παραμέτρους θα έχει, πότε θα χάνει ο παίκτης κλπ. Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε τις ερωτήσεις αυτές για να βοηθήσει τους μαθητές να δομήσουν τις ιδέες τους κατά τη διάρκεια της διασκευής. Οι ρόλοι των μαθητών εναλλάσσονταν μεταξύ σχεδιαστή, παίκτη και διορθωτή του παιχνιδιού μέχρι τη δημιουργία της τελικής έκδοσης. Σκοπός ήταν η τελική έκδοση να αποτυπώνει τις προσωπικές ιδέες των μαθητών τόσο για το περιεχόμενο της προσομοίωσης όσο και για τις σχέσεις που διαμορφώνουν το σύστημα του παιχνιδιού και την τελική εμπειρία παιχνιδιού. Αφού οι μαθητές ολοκλήρωσαν τη διασκευή τους, η κάθε ομάδα έπαιξε το παιχνίδι μιας άλλης και το αξιολόγησε στο μέρος Ζ του φύλλου εργασίας ως προς τη δυσκολία του, τη σαφήνεια του και το ενδιαφέρον του και σημειώνει πιθανές προτάσεις βελτίωσης. Κατόπιν η κάθε ομάδα, βελτίωσε το παιχνίδι της λαμβάνοντας υπόψιν, εφ' όσον το επιθυμούσε, τα σχόλια και τις προτάσεις των συμμαθητών τους.

Στόχοι δραστηριότητας

Οι δραστηριότητες του τρίτου μέρους εστίαζαν στην ελεύθερη διασκευή του παιχνιδιού. Στόχος τους ήταν οι μαθητές να εκφράσουν και να συνδυάσουν νοήματα τόσο για τις υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές που είχαν ήδη νοηματοδοτήσει στις προηγούμενες δραστηριότητες, όσο για πιο σύνθετες υπολογιστικές ιδέες που πιθανώς θα προκύπταν κατά την κατασκευή και την αξιολόγηση όπως η αφαίρεση, η σύνθετη δομή επιλογής, η κατασκευή μοτίβων.

Καθώς οι μαθητές διασκεύαζον το παιχνίδι μέσα από επαναλαμβανόμενες τροποποιήσεις, δοκιμές και αναθεωρήσεις, η ερευνήτρια τους παρότρυνε να σκεφτούν και να συζητήσουν να προκύψουν τα ακόλουθα ζητήματα που σχετίζονται με υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές:

- Πως μπορώ να κάνω το παιχνίδι πιο δύσκολο/εύκολο; Τι θα χρειαστεί να αλλάξω στη βάση δεδομένων και στους κανόνες τερματισμού για να διαμορφώσω τη δυσκολία του;
- Τι πρέπει να προσέξω στον προγραμματισμό και στα δεδομένα ώστε το παιχνίδι να είναι ισορροπημένο ως προς τη δυσκολία και το ενδιαφέρον του;
- Τι τύπος μπορεί να είναι ένα πεδίο (στήλη) της βάσης δεδομένων;
- Τι διαφοροποιείται στο παιχνίδι αν αλλάξω τον τύπο μιας στήλης από «αριθμό» σε «τυχαίο αριθμό»;
- Σε τι διαφέρει ένα παιχνίδι με μια περιοχή απ' ό,τι ένα παιχνίδι με πολλές;
- Πως μπορώ να ταξινομήσω κατάλληλα τις επιλογές στις περιοχές του παιχνιδιού ώστε να έχει νόημα για τον παίκτη να τις αξιοποιήσει;
- Με ποιους τρόπους εξισορροπούνται οι επιπτώσεις των επιλογών του παιχνιδιού;
- Τι πληροφορίες θα πρέπει να εμφανίζω αρχικά στον παίκτη ώστε να είναι σαφές ο στόχος και το θέμα του παιχνιδιού;
- Τι αλλαγές πρέπει να κάνω στον κώδικα του παιχνιδιού ώστε το παιχνίδι να προειδοποιεί έγκαιρα τον παίκτη με τα κατάλληλα μηνύματα;
- Σε ποια σημεία διαφέρει η τελική διασκευή από το αρχικό παιχνίδι;

3.4 Η πιλοτική έρευνα

Η ερευνήτρια υλοποίησε μια πιλοτική έρευνα στο 2^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθηνών, το σχολικό έτος 2017-2018 με 9 μαθητές δευτέρας γυμνασίου οι οποίοι ήταν και μέλη του ομίλου μαθηματικών του σχολείου. Η διάρκεια της έρευνας ήταν 9 ώρες και υλοποιήθηκε σε 3 συναντήσεις εκτός σχολικού ωραρίου. Οι μαθητές εργάστηκαν σε 4 ομάδες των 2-3 ατόμων στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου. Όλοι οι μαθητές συμμετείχαν εθελοντικά στην πιλοτική έρευνα κατόπιν ενημέρωσης και συγκατάθεσης των κηδεμόνων τους από τον καθηγητή μαθηματικών του σχολείου. Οι δραστηριότητες της πιλοτικής έρευνας περιλάμβαναν το παίξιμο, τη διόρθωση και τη διασκευή του παιχνιδιού «Eating Out» το οποίο σχεδίασε η ερευνήτρια στο περιβάλλον ChoiCo για την πιλοτική έρευνα, και στη συνέχεια αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη του παιχνιδιού «CT Chef» που χρησιμοποιήθηκε στην κυρίως έρευνα (βλ. 3.3.2)⁵. Το παιχνίδι απεικονίζει τον χάρτη μιας πόλης με διαφορετικά μέρη τα οποία επισκέπτεται ο παίκτης για να φάει. Κάθε μέρος ανοίγει μια δεύτερη στρώση που περιλαμβάνει ένα σύνολο από διαθέσιμες επιλογές φαγητού. Στόχος του παίκτη είναι να κάνει όσο το δυνατόν περισσότερες επιλογές διατηρώντας τις παραμέτρους «Χρήματα, Πείνα, Διάθεση και Ενέργεια» εντός των ορίων που θέτουν οι κανόνες. Η ερευνήτρια η οποία ήταν παρούσα σε όλες τις συναντήσεις, συνέλεξε δεδομένα καταγραφής οθόνης και ήχου

⁵ Το παιχνίδι «Eating Out» που χρησιμοποιήθηκε στην πιλοτική έρευνα είναι διαθέσιμο διαδικτυακά στη διεύθυνση: <http://etl.ppp.uoa.gr/choico/?eatingOutGr>

από κάθε ομάδα μαθητών. Στη συνέχεια ανέλυσε τα δεδομένα δύο ομάδων εστίασης οι οποίες παρουσίασαν το μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Η ερευνήτρια επέλεξε τις δυο αυτές ομάδες με κριτήριο τις προσωπικές της παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των εφαρμογών και τις διασκευές των μαθητών στο τέλος κάθε εφαρμογής.

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας ανέδειξαν αφενός ορισμένες δυσκολίες των μαθητών για τη νοηματοδότηση υπολογιστικών εννοιών και για την εφαρμογή υπολογιστικών πρακτικών επίλυσης προβλημάτων και αφετέρου την πιθανή αξία των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του εργαλείου ChoiCo και του πλαισίου του παιχνιδιού για την αντιμετώπιση των δυσκολιών αυτών και την δημιουργία νοημάτων από τους μαθητές. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της πιλοτικής έρευνας και τα οποία αξιοποιήθηκαν για την αναθεώρηση του αρχικού σχεδιασμού συνοψίζονται παρακάτω.

3.4.1. Συμπεράσματα πιλοτικής έρευνας

Όπως φάνηκε από την ανάλυση των δεδομένων, οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διασκευής του παιχνιδιού χρησιμοποίησαν τη δομή επιλογής για να κατασκευάσουν κανόνες παιχνιδιού. Παρ' ότι εξέφρασαν νοήματα για τη δομή επιλογής ως κανόνα του παιχνιδιού και για το αποτέλεσμα και τη σύνταξη της συνθήκης ελέγχου, φάνηκε ότι περιορίστηκαν μόνο στη χρήση της απλής δομής επιλογής με απλή συνθήκη ελέγχου.

Ένα ακόμη συμπέρασμα αφορά τη χρήση της έννοια του μοτίβου. Οι μαθητές σε διάφορες φάσεις της έρευνας οι μαθητές εφάρμοσαν και αναγνώρισαν μοτίβα που αφορούσαν τις επιπτώσεις των επιλογών. Από τη μια η λογική του παιχνιδιού οδήγησε τους μαθητές να ακολουθήσουν μοτίβα στις επιλογές που έκαναν ώστε να βελτιώσουν το σκορ τους. Από την άλλη, όταν διασκεύαζαν το παιχνίδι εντόπισαν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά στις επιπτώσεις των επιλογών. Ωστόσο οι μαθητές δεν συνέδεσαν τα μοτίβα που εξέφρασαν παίζοντας με τα κοινά στοιχεία εντόπισαν στις εγγραφές της βάσης δεδομένων.

Σημαντικό ρόλο στα νοήματα που κατασκεύασαν οι μαθητές, φάνηκε ότι είχαν τρεις παράμετροι του σχεδιασμού: α) η προοδευτική εμπλοκή με τη δομή του παιχνιδιού, δηλαδή το γεγονός ότι το παίξιμο του παιχνιδιού προηγήθηκε της διασκευής του, β) το πλαίσιο του παιχνιδιού, δηλαδή η ύπαρξη κανόνων, σημείων-αντικειμένων, δεδομένων, περιοχών στον χάρτη και γεγονότων αλληλεπίδρασης, γ) οι τρεις ενσωματωμένες λειτουργικότητες του λογισμικού ChoiCo που δίνουν πρόσβαση στη δομή του παιχνιδιού, δηλαδή το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής, η διαδραστική βάση δεδομένων και ο οπτικός προγραμματισμός με μπλοκ.

3.4.2. Αναθεώρηση αρχικού σχεδιασμού

Η ερευνήτρια αξιοποίησε την εμπειρία της πιλοτικής έρευνας σε σχολικό περιβάλλον και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων της για να αναθεωρήσει τον αρχικό σχεδιασμό του λογισμικού ChoiCo, του παιχνιδιού και των δραστηριοτήτων. Στόχος της ήταν αφενός να ενισχύσει τα νοήματα και τις στρατηγικές που εντόπισε στην πιλοτική έρευνα και αφετέρου να δημιουργήσει τις συνθήκες για την ανάπτυξη νέων στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης μέσα από την βελτίωση των δραστηριοτήτων και του εργαλείου. Οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν συνοπτικά τα εξής στοιχεία του σχεδιασμού:

- α. Βελτίωση των λειτουργικοτήτων του εργαλείου. Ειδικότερα, βασισμένη στα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας, η ερευνήτρια πρόσθεσε νέες δυνατότητες στη διαδραστική βάση δεδομένων που αφορούν τον τύπο των δεδομένων (πρόσθεσε τον τύπο random) και την ταξινόμηση των εγγραφών με βάση κάποιο πεδίο. Ακόμη βελτίωσε τη λειτουργία πολλαπλών στρώσεων στο σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής. Τέλος δημιούργησε και πρόσθεσε νέα μπλοκ προγραμματισμού τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία πιο πολύπλοκων κανόνων καθώς και τη διαχείριση της σκηνής με προγραμματισμό (για παράδειγμα την εμφάνιση και απόκρυψη σημείων, την αλλαγή υποβάθρου).
- β. Βελτίωση του παιχνιδιού και των μισοψημένων στοιχείων του. Η ερευνήτρια, με βάση την αλληλεπίδραση των μαθητών με το παιχνίδι «Eating Out» και τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας, σχεδίασε και ανέπτυξε το παιχνίδι «CT Chef», που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.3.2. Το νέο παιχνίδι αποτελείται από κανόνες διαβαθμισμένης πολυπλοκότητας οι οποίοι υλοποιούνται με διαφορετικές δομές επιλογής. Επιπλέον αποτυπώνει καλύτερα την έννοια της κλάσης και του αντικειμένου μέσα από την κατανομή των επιλογών σε διαφορετικές περιοχές. Αντίστοιχες έννοιες ενσωμάτωσε στον κώδικα του παιχνιδιού «Code-the-mime» του περιβάλλοντος MaLT2, το οποίο χρησιμοποίησαν οι μαθητές στην πρώτη διδακτική παρέμβαση.
- γ. Βελτίωση των δραστηριοτήτων και της πορείας εφαρμογής τους. Η ερευνήτρια βασίστηκε στη διαπίστωση ότι η προοδευτική εμπλοκή με τη δομή του παιχνιδιού ενίσχυσε τις διαδικασίες κατασκευής νοημάτων των μαθητών, για τη βελτίωση των δραστηριοτήτων και τον σχεδιασμό των φύλλων εργασίας των διδακτικών παρεμβάσεων. Οι δραστηριότητες και των δυο διδακτικών παρεμβάσεων ακολουθούν μια προοδευτική πορεία εμπλοκής και εφαρμογής υπολογιστικών εννοιών που ξεκινά από τη διερεύνηση ενός έτοιμου, μισοψημένου δομήματος, συνεχίζει με τη διόρθωση του με βάση τις ιδέες των μαθητών και καταλήγει στην κατασκευή, χρήση και συνεχή βελτίωση ενός δομήματος που βασίζεται στο αρχικό αλλά έχει προσωπικό νόημα και αξία για τους μαθητές στα πλαίσια του παιχνιδιού.

Η ερευνήτρια επέλεξε να αξιοποιήσει και να μελετήσει το λογισμικό ChoiCo στην πιλοτική έρευνα, αντί για το MaLT2, διότι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του πραγματοποιήθηκαν από την ερευνήτρια στα πλαίσια της παρούσας έρευνας. Συνεπώς δεν υπήρχαν έρευνες αξιοποίησης του από μαθητές σε πραγματικές συνθήκες τάξης, παρά μόνο λίγες έρευνες με τον μικρόκοσμο SuS-X στον οποίο βασίστηκε. Για τον σχεδιασμό της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης η ερευνήτρια βασίστηκε τόσο στις υπάρχουσες έρευνες όσο και στην πιλοτική.

Σε αντίθεση με το ChoiCo, το περιβάλλον MaLT2 και οι προηγούμενες εκδόσεις του έχουν αξιοποιηθεί σε διάφορες έρευνες στο παρελθόν με σημαντικά και χρήσιμα αποτελέσματα για τον σχεδιασμό της παρούσας έρευνας. Ακόμη, η ερευνήτρια είχε χρησιμοποιήσει το εργαλείο MaLT2 σε πιλοτική έρευνα στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας σε πρόγραμμα μεταπτυχιακό σπουδών, τα συμπεράσματα της οποίας συνέβαλαν σημαντικά στη διαμόρφωση του παιχνιδιού και των δραστηριοτήτων της πρώτης διδακτικής παρέμβασης της παρούσας έρευνας (Γριζιώτη, Κυνηγός, Ξένος, 2016).

3.5 Η κυρίως έρευνα

3.5.1 Το περιεχόμενο της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 2^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθηνών το σχολικό έτος 2018-2019 και συγκεκριμένα τους μήνες Ιανουάριο-Ιούνιο 2019. Η επιλογή του σχολείου έγινε με κριτήριο τη μακρά εμπειρία των μαθητών και των καθηγητών σε ερευνητικές δράσεις που έχει ως αποτέλεσμα να έχουν θετική στάση στη διεξαγωγή τους. Παράλληλα, μετά τη διαφοροποίηση των Πρότυπων με τα Πειραματικά σχολεία, οι μαθητές του Πειραματικού είναι διαφόρων γνωστικών επιπέδων κι έτσι μπορεί να εξασφαλιστεί ποικιλία στο δείγμα της έρευνας. Στο σχολείο οργανώνονται κάθε χρόνο όμιλοι δραστηριοτήτων στους οποίους μπορούν να συμμετέχουν οι μαθητές αν το επιθυμούν και πραγματοποιούνται μια φορά τη βδομάδα μετά τη λήξη του σχολικού ωραρίου. Για τη διεξαγωγή της έρευνας σε σχολικό περιβάλλον είχε εκδοθεί σχετική απόφαση έγκρισης αριθμό πρωτοκόλλου 223/12-11-2018 από τη συνέλευση τμήματος του τμήματος Φιλοσοφίας Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας ΕΚΠΑ στο οποίο φοιτά η ερευνήτρια. Σύμφωνα με το άρθρο 70 του ν.4485/2017 “για έρευνα που διεξάγεται από φοιτητή Α.Ε.Ι. δεν απαιτείται η εισήγηση ή η γνώμη του Ι.Ε.Π. εφόσον το σχετικό αίτημα συνοδεύεται από εισήγηση της Επιτροπής Δεοντολογίας του οικείου Α.Ε.Ι. ή του Διοικητικού Συμβουλίου του Τμήματος, εφόσον πρόκειται για Παιδαγωγικό Τμήμα”.

Η έρευνα υλοποιήθηκε στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου στο οποίο εξασφάλισε πρόσβαση ένας εκπαιδευτικός του σχολείου που συμμετείχε στην έρευνα. Το εργαστήριο παρείχε υπολογιστές με πρόσβαση στο διαδίκτυο που χρησιμοποιήσαν οι μαθητές και έναν υπολογιστή

συνδεδεμένο με προβολέα τον οποίο χρησιμοποίησε η ερευνήτρια. Η συνολική διάρκεια και των δυο διδακτικών παρεμβάσεων ήταν 28 διδακτικές ώρες.

Η πρώτη διδακτική παρέμβαση με το λογισμικό MaLT2 οργανώθηκε με τη μορφή προαιρετικής δραστηριότητας εκτός σχολικού ωραρίου. Η διάρκειά της ήταν 13 διδακτικές ώρες και υλοποιήθηκε σε 3 συναντήσεις των τεσσάρων, τεσσάρων και πέντε ωρών αντίστοιχα και ημέρα Σάββατο.

Η δεύτερη διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε στα πλαίσια του ομίλου Μαθηματικών σε συνεργασία με τους δύο υπεύθυνους καθηγητές και κατόπιν ενημέρωσης και συγκατάθεσης της διεύθυνσης και του προέδρου του διοικητικού συμβουλίου του σχολείου. Είχε διάρκεια 15 διδακτικές ώρες και υλοποιήθηκε σε 8 συναντήσεις σε διάστημα 2 μηνών (Απρίλιο-Ιούνιο).

3.5.2 Συμμετέχοντες μαθητές

Πρώτη διδακτική παρέμβαση

Στην έρευνα συμμετείχαν 10 μαθητές από την τάξη της Β Γυμνασίου (ηλικίας 13-14 ετών) εκ των οποίων οι 7 ήταν κορίτσια και οι 3 αγόρια. Ο καθηγητής μαθηματικών του σχολείου ενημέρωσε όλα τα τμήματα της Β Γυμνασίου για τη διεξαγωγή της δραστηριότητας και όσοι επιθυμούσαν να συμμετέχουν το δήλωσαν με γραπτή αίτηση. Κατόπιν ενημερώθηκαν γραπτώς οι κηδεμόνες των μαθητών για το περιεχόμενο και τη συλλογή δεδομένων της έρευνας και υπέγραψαν υπεύθυνη δήλωση συγκατάθεσης συμμετοχής.

Οι μαθητές είχαν μέτριες έως καλές γνώσεις γεωμετρίας και λίγες γνώσεις προγραμματισμού. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν προγραμματίσει λίγες φορές (1 με 5) στο λογισμικό Scratch ενώ οι τρεις είχαν χρησιμοποιήσει το λογισμικό MaLT2 στα πλαίσια του μαθήματος των Μαθηματικών. Λόγω της μικρής εμπειρίας των μαθητών στον προγραμματισμό, η ερευνήτρια πραγματοποίησε μια συνάντηση δύο ωρών με τους μαθητές πριν την έναρξη της έρευνας στην οποία χρησιμοποίησαν το λογισμικό MaLT2 και κατασκεύασαν απλά και δυναμικά γεωμετρικά σχήματα προγραμματίζοντας απλές και παραμετρικές διαδικασίες Logo. Όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι παίζουν ηλεκτρονικά παιχνίδια με μέτρια συχνότητα, δηλαδή περίπου 2-3 φορές τη βδομάδα.

Στο πρώτο μέρος της έρευνας η ερευνήτρια σε συνεργασία με τον εκπαιδευτικό χώρισε τους μαθητές σε 5 ομάδες με 2 μαθητές η κάθε μια. Ο σχηματισμός έγινε με κριτήριο την εμπειρία και το γνωστικό επίπεδο με στόχο να εξασφαλίσει ποικιλομορφία στις ομάδες. Δύο μαθητές απουσίαζαν από την δεύτερη και την τρίτη συνάντηση ενώ μια μαθήτρια απουσίαζε από την συνάντηση. Στη δεύτερη συνάντηση οι ομάδες των δύο απόντων μαθητών ενώθηκαν σε μια. Στον πίνακα 7 συνοψίζονται οι ημερομηνίες των συναντήσεων, οι διδακτικές ώρες, ο αριθμός των συμμετεχόντων και οι ομάδες σε κάθε συνάντηση.

Πίνακας 7: Σύνοψη των ημερομηνιών των συναντήσεων, των διδακτικών ωρών, του αριθμού μαθητών και του αριθμού των ομάδων της πρώτης διδακτικής παρέμβασης

Συνάντηση	Διδακτικές ώρες	Αριθμός Μαθητών	Αριθμός ομάδων
1 ^η 13/01/2019	4	10	5
2 ^η 26/01/2019	4	8	4
3 ^η 02/03/2019	5	7	4

Δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση συμμετείχαν 7 μαθήτριες, ηλικίας 13-14 ετών, από την τάξη της Β Γυμνασίου οι οποίες ήταν και μέλη του συλλόγου μαθηματικών. Οι μαθήτριες δήλωσαν εθελοντικά συμμετοχή μετά από ενημέρωση όλου του ομίλου σχετικά με το αντικείμενο και τις δραστηριότητες της έρευνας, που πραγματοποιήθηκε από τον καθηγητή μαθηματικών του σχολείου και την ερευνήτρια. Σύμφωνα με τους καθηγητές μαθηματικών του ομίλου μαθήτριες είχαν μέτριες έως καλές γνώσεις μαθηματικών και μέτριες γνώσεις προγραμματισμού. Σύμφωνα τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα όλες είχαν προγραμματίσει στο Scratch ενώ οι τέσσερις είχαν προγραμματίσει και στο λογισμικό MaLT2. Έξι από τις επτά δήλωσαν ότι παίζουν σπάνια ηλεκτρονικά παιχνίδια ενώ οι δύο από τις επτά δήλωσαν ότι παίζουν συχνά. Όλες δήλωσαν ότι παίζουν συχνά ή πολύ συχνά επιτραπέζια παιχνίδια.

Στο πρώτο μέρος της έρευνας η ερευνήτρια, σε συνεργασία με τον καθηγητή του ομίλου μαθηματικών, χώρισε τις μαθήτριες σε 3 ομάδες με 2, 2 και 3 μέλη αντίστοιχα. Ο σχηματισμός έγινε με κριτήριο την εμπειρία και το γνωστικό επίπεδο των μαθητριών με στόχο να εξασφαλίσει ποικιλομορφία στις ομάδες. Κάποιες μαθήτριες απουσίασαν σε μερικές από τις συναντήσεις με αποτέλεσμα κάποιες ομάδες να μείνουν με μια μαθήτρια εκείνη τη φορά. Στον πίνακα 8 συνοψίζονται οι συναντήσεις και ο αριθμός των συμμετεχόντων και των ομάδων σε κάθε συνάντηση.

Πίνακας 8: Σύνοψη των ημ/νίων των συναντήσεων, των διδακτικών ωρών, του αριθμού μαθητών και του αριθμού των ομάδων της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης

Συνάντηση	Διδακτικές ώρες	Αριθμός Μαθητών	Αριθμός ομάδων
1 ^η 27/03/2019	2	7	3
2 ^η 03/04/2019	2	5	2
3 ^η 10/04/2019	2	6	3
4 ^η 17/04/2019	2	7	3
5 ^η 08/05/2019	1,5	3	2
6 ^η 15/05/2019	2,5	5	3
7 ^η 21/05/2019	3	3	2

3.5.3 Ερευνήτρια και εκπαιδευτικός

Σε όλες τις συναντήσεις της έρευνας συμμετείχαν ενεργά η ερευνήτρια και ένας καθηγητής μαθηματικών του σχολείου. Ο συμμετέχον καθηγητής δίδασκε εκείνο το σχολικό έτος 6 από τους συμμετέχοντες μαθητές της πρώτης διδακτικής παρέμβασης και σε 4 από τις συμμετέχουσες της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης. Είχε πολυετή εμπειρία σε σχεδιασμό και υλοποίηση ερευνών σχεδιασμού στη σχολική τάξη καθώς και στη χρήση του λογισμικού MaLT. Η ερευνήτρια ανέλαβε την οργάνωση και διεξαγωγή των δραστηριοτήτων, ενώ ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν συντονιστικός και οργανωτικός όσον αφορά το χώρο του εργαστηρίου, των υπολογιστών και των μαθητών του ομίλου. Κατά τη διεξαγωγή της έρευνας υποστήριζε τους μαθητές σε πρακτικά ζητήματα σχετικά με τα λογισμικά MaLT και ChoiCo ή άλλα τεχνικά και διαδικαστικά θέματα. Ακόμη τους καθοδηγούσε, παράλληλα με την ερευνήτρια, σε προβλήματα μαθηματικής φύσεως που μπορεί να προκύπταν.

3.6 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Τα αποτελέσματα της έρευνας σχεδιασμού περιγράφουν τις γνωστικές, νοητικές και κοινωνικές διαδικασίες και συμπεριφορές των μαθητών που τους οδήγησαν στην κατασκευή νέας γνώσης μέσα στο συγκεκριμένο μαθησιακό πλαίσιο. Για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας (reliability) της ανάλυσης και των αποτελεσμάτων είναι σημαντικό ο ερευνητής να συλλέξει και να αναλύσει τα κατάλληλα ποιοτικά δεδομένα που θα τον οδηγήσουν σε ορθή συλλογιστική και αξιόπιστα συμπεράσματα (Bakker, 2015). Διαδικασίες που μπορούν να ενισχύσουν την αξιοπιστία της έρευνας σχεδιασμού περιλαμβάνουν τη συλλογή πολλών και διαφορετικών τύπων δεδομένων, τη διαδοχική εφαρμογή και ανάλυση διαφορετικών διδακτικών παρεμβάσεων και τη μέθοδο τριγωνισμού (triangulation) των αποτελεσμάτων (βλ. ενότητα 3.7).

Για την εξασφάλιση αξιόπιστων αποτελεσμάτων, είναι σημαντικό να συλλέγονται πολλαπλοί τύποι δεδομένων που αποτυπώνουν με διαφορετικά μέσα και αναπαραστάσεις τις ενέργειες των μαθητών σε διάφορα στάδια της εφαρμογής (πριν, κατά τη διάρκεια, μετά) όπως για παράδειγμα ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, κατασκευές μαθητών, φύλλα εργασίας (Roth, 2005). Στην εξασφάλιση αξιόπιστων δεδομένων και αποτελεσμάτων μπορεί να συμβάλλει επίσης η καταγραφή όλης της διαδικασίας αλληλεπίδρασης και εμπλοκής των μαθητών με τις δραστηριότητες, με ψηφιακά μέσα όπως η βιντεοσκόπηση, η καταγραφή ήχου και η καταγραφή οθόνης (Bakker, 2018). Τα μέσα αυτά παρέχουν αντικειμενικά δεδομένα υψηλής αξιοπιστίας για την πορεία της εφαρμογής, που μπορούν να επαληθεύσουν ή να διαψεύσουν λιγότερο αξιόπιστα δεδομένα όπως οι σημειώσεις του ερευνητή ή τα λεγόμενα των μαθητών στις συνεντεύξεις. Ακόμη μπορούν να ενισχύσουν τα αποτελέσματα καθώς δίνουν τη δυνατότητα στον ερευνητή να αναλύσει και να

περιγράψει τις κοινωνικές και γνωστικές συνιστώσες που οδήγησαν τους μαθητές στη νοηματοδότηση μιας έννοιας και στην κατασκευή νέας γνώσης.

Κατά την υλοποίηση των δύο διδακτικών παρεμβάσεων της παρούσας έρευνας η ερευνήτρια συνέλλεξε έξι διαφορετικούς τύπους ποιοτικών δεδομένων με στόχο το σύνολο δεδομένων προς ανάλυση να αποτυπώνει όσο το δυνατόν πληρέστερα και πιο αξιόπιστα τη μαθησιακή διαδικασία και τις αλληλεπιδράσεις των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της εφαρμογής. Στην επόμενη παράγραφο περιγράφονται οι τύποι δεδομένων που συλλέχθηκαν από την ερευνήτρια.

3.6.1 Μέσα συλλογής δεδομένων

Τα δεδομένα που συνέλλεξε η ερευνήτρια σε κάθε ένα από τις δυο διδακτικές παρεμβάσεις περιλαμβάνουν:

1. Αρχεία καταγραφής οθόνης και ήχου του υπολογιστή κάθε ομάδας μαθητών
2. Αρχεία ηχογράφησης ημιδομημένων συνεντεύξεων
3. Ψηφιακά ερωτηματολόγια (pre & post questionnaires)
4. Ημερολόγιο παρατήρησης της ερευνήτριας
5. Φύλλα εργασίας κάθε ομάδας μαθητών
6. Δομήματα των μαθητών (αρχεία παιχνιδιών, κατασκευές με χαρτί, σχέδια)

Αρχεία καταγραφής οθόνης και ήχου

Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε το λογισμικό καταγραφής Hypercam 2.0. για την ταυτόχρονη καταγραφή οθόνης και ήχου από τους υπολογιστές που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές στις δραστηριότητες της έρευνας. Το λογισμικό κατέγραφε μόνο το τμήμα της οθόνης στο οποίο εμφανιζόταν ο μικρόκοσμος ή το παιχνίδι. Οι καταγραφές πραγματοποιήθηκαν με τη γραπτή συγκατάθεση των μαθητών και των γονέων ή κηδεμόνων τους. Οι μαθητές είχαν την επιλογή να ζητήσουν από την ερευνήτρια ή τον εκπαιδευτικό διακοπή της καταγραφής του ήχου κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Τα δεδομένα καταγραφής οθόνης και ήχου που αποτυπώνουν ταυτόχρονα την αλληλεπίδραση των μαθητών με το λογισμικό και μεταξύ τους, δίνουν στην ερευνήτρια πληροφορίες για το τι λένε οι μαθητές, τι βλέπουν στην οθόνη και πως αλληλεπιδρούν με το ψηφιακό δόμημα, κάθε στιγμή της δραστηριότητας. Σε έρευνες που η παρέμβαση πραγματοποιείται σε ένα κοινωνικό πλαίσιο όπως αυτό της τάξης οι μαθητές ενδέχεται να νοηματοδοτήσουν έννοιες καθώς συζητούν και αντιπαραβάλουν ιδέες και απόψεις με τους συμμαθητές τους. Συνεπώς είναι σημαντικό να ο ερευνητής να καταγράφει τους διαλόγους των μαθητών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Ακόμη, όταν οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται κυρίως στον υπολογιστή και εστιάζουν στη διερεύνηση και τη διασκευή ψηφιακών δομημάτων, η καταγραφή της αλληλεπίδρασης των

μαθητών με τον υπολογιστή μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τη μαθησιακή διαδικασία.

Ημιδομημένες συνεντεύξεις

Η ερευνητική συνέντευξη επιτρέπει στον ερευνητή να συλλέξει δεδομένα για τις γνώσεις, τις απόψεις και τις ιδέες των συμμετεχόντων κάνοντάς τους μια σειρά από προφορικές ερωτήσεις. Η ημιδομημένη συνέντευξη αποτελεί μια μορφή ερευνητικής συνέντευξης στην οποία ο ερευνητής ρωτάει τους συμμετέχοντες ερωτήσεις κλειστού τύπου που έχει ήδη προσχεδιάσει, αλλά ενδέχεται να τους θέσει και ανοικτές ερωτήσεις ώστε να διευκρινίσουν με περισσότερες λεπτομέρειες τις απαντήσεις τους (Καραγεώργος, 2002). Είναι πιο ανοικτή από τη δομημένη συνέντευξη, που αποτελείται αποκλειστικά από κλειστού τύπου ερωτήσεις, και πιο κλειστή από την ελεύθερη συνέντευξη, η οποία δεν έχει προκαθορισμένες ερωτήσεις, αλλά εξελίσσεται ελεύθερα με τη μορφή συζήτησης μεταξύ των δύο μερών.

Η ερευνήτρια σχεδίασε ένα γενικό πλάνο ημιδομημένης συνέντευξης με άξονα τα ερευνητικά ερωτήματα, το οποίο στη συνέχεια προσαρμοσε σε κάθε διδακτική παρέμβαση. Η μορφή της συνέντευξης έχει ως βάση τα δομήματα που κατασκεύαζαν οι μαθητές (artifact-based interview) (Brennan & Resnick, 2012a) και περιλαμβάνει τέσσερις ομάδες ανοιχτών ερωτήσεων σχετικές με την εμπλοκή των μαθητών με το εργαλείο, τις δραστηριότητες και τις υπολογιστικές έννοιες. Οι κατηγορίες που ανέπτυξε η ερευνήτρια, βασισμένη στο εργαλείο «Interviewing students about Scratch programming experiences»⁶ των Brennan και Resnick (2014), είναι οι εξής:

1. Σχετικά με τις δραστηριότητες συνολικά.

Η ερευνήτρια αρχικά ρωτάει τους μαθητές ερωτήσεις σε σχέση με τη συνολική εμπειρία της διδακτικής παρέμβασης. Για παράδειγμα, τους ζητά να περιγράψουν συνοπτικά σε έναν/μία φίλο/η τους που δεν ήταν παρόν τι έκαναν συνολικά στην έρευνα.

2. Σχετικά με τη διόρθωση/διασκευή.

Η ερευνήτρια στη συνέχεια ανοίγει ένα από τα αρχεία που περιέχει τις διασκευές/διορθώσεις των μαθητών και τους κάνει ερωτήσεις σε τη διαδικασία που ακολούθησαν. Για παράδειγμα, τους ζητά να εντοπίσουν στον κώδικα μια συγκεκριμένη αλλαγή/διόρθωση που έκαναν και να περιγράψουν την υλοποίηση της στον κώδικα.

3. Σχετικά με το παιχνίδι.

Η ερευνήτρια συζητά με τους μαθητές για το παιχνίδι που έπαιξαν/δημιούργησαν και το συγκρίνει με το αρχικό παιχνίδι. Για παράδειγμα τους ρωτά τι δεν τους άρεσε στο αρχικό παιχνίδι και γιατί το άλλαξαν.

⁶ http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/Student_Interview_Protocol.pdf

4. Σχετικά με τις λειτουργικότητες του εργαλείου.

Στο τελευταίο κομμάτι της συνέντευξης η ερευνήτρια ρωτά τους μαθητές σχετικά με την αλληλεπίδρασή τους με το λογισμικό και με την αξιοποίηση των λειτουργικοτήτων του.

Για παράδειγμα τους ρωτά αν και πως χρησιμοποίησαν μια λειτουργικότητα (π.χ. ολισθητές) κατά τη διαδικασία της διόρθωσης.

Ψηφιακά ερωτηματολόγια

Σε μια έρευνα, όπως η έρευνα σχεδιασμού, που μελετά τη μαθησιακή διαδικασία σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, είναι σημαντικό για τον ερευνητή να συλλέξει δεδομένα που αποτυπώνουν τις γνώσεις και τις ιδέες των μαθητών πριν και μετά την ερευνητική παρέμβαση. Ένα που επιτρέπει τη συλλογή αυτής της πληροφορίας είναι τα ερωτηματολόγια που εφαρμόζονται πριν και μετά την παρέμβαση (pre and post questionnaires).

Η ερευνήτρια σχεδίασε με το διαδικτυακό εργαλείο Google Forms δύο ψηφιακά ερωτηματολόγια για κάθε διδακτική παρέμβαση (σύνολο τέσσερα ερωτηματολόγια). Τα ερωτηματολόγια παρουσιάζονται αναλυτικό στο [παράρτημα Γ](#). Οι συμμετέχοντες απαντούν στο Pre-questionnaire πριν την έναρξη των δραστηριοτήτων της παρέμβασης και στο Post-questionnaire μετά την ολοκλήρωσή τους. Τα pre-questionnaire και post-questionnaire αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό ερωτήσεων οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς την εκφώνηση και τα δεδομένα, αλλά όχι ως προς την έννοια που μελετούν.

Κάθε ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε δύο τμήματα ερωτήσεων: α) γενικές ερωτήσεις και β) ερωτήσεις γνώσεων και δεξιοτήτων. Οι γενικές ερωτήσεις περιλαμβάνουν ερωτήματα σχετικά με δημογραφικές πληροφορίες (ηλικία, φύλο), με τις απόψεις και τις στάσεις των μαθητών για τον προγραμματισμό και τα ψηφιακά παιχνίδια. Οι ερωτήσεις αυτής της κατηγορίας στο pre-questionnaire παρέχουν στην ερευνήτρια πληροφορίες σχετικές με την προηγούμενη εμπειρία και το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών στον προγραμματισμό (π.χ. έχεις προγραμματίσει ποτέ στο παρελθόν; Αν ναι, σε ποια από τα παρακάτω εργαλεία έχεις προγραμματίσει;). Οι αντίστοιχες ερωτήσεις στο Post-questionnaire παρέχουν πληροφορίες σε σχέση με το τι πιστεύουν οι μαθητές ότι έμαθαν μέσα από τις δραστηριότητες (π.χ. Πιστεύεις ότι έμαθες κάτι καινούριο για τον προγραμματισμό;). Στον Πίνακα 9 φαίνεται ο αριθμός των ερωτήσεων ανά κατηγορία και ανά ερωτηματολόγιο.

Οι ερωτήσεις γνώσεων και δεξιοτήτων περιλαμβάνουν σύντομες ασκήσεις ή ερωτήσεις κλειστού και ανοιχτού τύπου που στοχεύουν στην αποτύπωση των γνώσεων των μαθητών σε σχέση με έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης. Στον Πίνακα 10 φαίνεται ο αριθμός των ερωτήσεων ανά τύπο ερώτησης και ανά ερωτηματολόγιο. Κάθε pre questionnaire έχει τον ίδιο αριθμό και τύπο ερωτήσεων με το αντίστοιχο post questionnaire. Για να πετύχει αξιόπιστα αποτελέσματα η

ερευνήτρια σχεδίασε τις ερωτήσεις των pre και post τεστ ώστε να είναι παρεμφερείς, δηλαδή εξετάζουν την ίδια έννοια ή δεξιότητα με παρόμοια ή ίδια εκφώνηση και ζητούμενο, αλλά να μην είναι πανομοιότυπες, δηλαδή διαφέρουν ως προς τα δεδομένα ή/και την αναπαράστασή της έννοιας (Εικόνα 22).

Πίνακας 9: Κατηγορίες ερωτήσεων ανά ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο	Γενικές Ερωτήσεις	Ερωτήσεις Γνώσεων και Δεξιοτήτων	Σύνολο ερωτήσεων
ΔΠ1 – Pre Quest.	5	13	18
ΔΠ1 – Post Quest.	6	13	19
ΔΠ2 – Pre Quest.	9	12	21
ΔΠ2 – Post Quest.	7	12	19

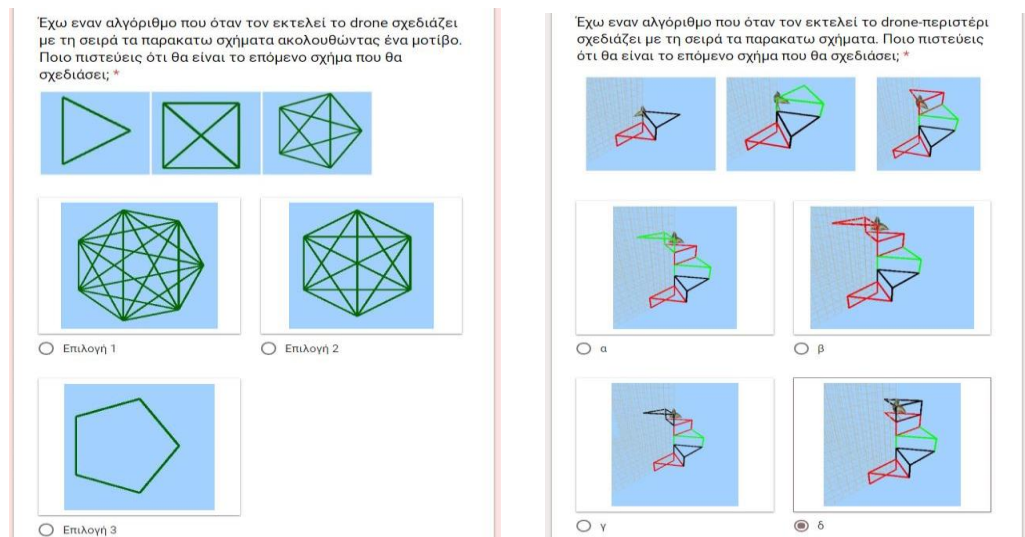
Πίνακας 10: Τύποι ερωτήσεων ανά ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο	Κλίμακας Likert	Πολλαπλής Επιλογής	Ανοιχτής απάντησης	Σύνολο ερωτήσεων
ΔΠ1 – Pre Quest.	2	10	6	18
ΔΠ1 – Post Quest.	3	8	8	19
ΔΠ2 – Pre Quest.	5	14	2	21
ΔΠ2 – Post Quest.	4	9	5	18

Οι ερωτήσεις γνώσεων και δεξιοτήτων στα 2 pre-ερωτηματολόγιο και στα 2 post-ερωτηματολόγια περιλαμβάνουν α) 6 ασκήσεις σχεδιασμένες από την ερευνήτρια, όπως η ερώτηση της εικόνας 22, β) 3 διασκευασμένες ερωτήσεις από το τεστ αξιολόγησης υπολογιστικής σκέψης «Israel National Exam» (Zur-Bargury, Parv & Lanzberg, 2013) το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των γνώσεων των μαθητών πάνω σε έννοιες υπολογιστικής σκέψης (Εικόνα 23) και γ) 3 ασκήσεις από το εργαλείο υπολογιστικής σκέψης «Bebras Challenge»⁷ (Dagiene & Stupuriene, 2016) μεταφρασμένες στα ελληνικά από την ερευνήτρια (εικόνα 24). Η επιλογή των ερωτήσεων από τα δύο εργαλεία έγινε με κριτήριο την συνάφειά τους με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας και την καταλληλότητά τους για το γνωστικό επίπεδο και την ηλικία των μαθητών.

Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας τα ερωτηματολόγια αξιολογήθηκαν από τον επιβλέποντα της έρευνας καθώς και από έναν καθηγητή μαθηματικών του σχολείου των μαθητών και έδωσαν ανατροφοδότηση στην ερευνήτρια σχετικά με τη μορφή και το περιεχόμενό τους.

⁷ <http://www.bebbraschallenge.org/>



Εικόνα 22: Παραλλαγή της ίδιας ερώτηση που εξετάζει την έννοια του μοτίβου στο pre and post ερωτηματολόγιο

Μια προγραμματίστρια έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο με τίτλο 'σχεδιο :α'. Το γράμμα :α είναι μια μεταβλητή, δηλαδή μπορεί στη θέση του μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε αριθμός. Για ποιές από τις παρακάτω τιμές του α, το drone θα εκτελέσει την εντολή τετράγωνο;

```

ΓΙΑ σχεδιο :α
  αν :α < 100[
    δεξιά 90
    τετράγωνο
  ]
ΤΕΛΟΣ

```

☐ α = 100

☐ α = 90

☐ α = 150

☐ α = 30

☐ α = 200

Στο παρακάτω κομμάτι κώδικα το Points είναι μια μεταβλητή που κάθε φορά έχει τον αριθμό που αντιστοιχεί στους πόντους ενός παίκτη. Για ποιές από τις παρακάτω αριθμητικές τιμές του Points θα εμφανιστεί το μήνυμα Game Over;

```

if Points < 100
do
  Play Sound beep
  PopUp window with: "Game Over"

```

☐ 100

☐ 90

☐ 150

☐ 30

☐ 200

Εικόνα 23: Ερώτηση από το τεστ αξιολόγησης υπολογιστικής σκέψης «Israel National Exam» διασκευασμένη από την ερευνήτρια για τα δύο ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν την έρευνα

Φτιάχνοντας ένα ζάρι

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κανονικό ζάρι:

Ο Beaver σχεδίασε το παρακάτω πρότυπο (ανάπτυγμα κύβου) για να φτιάξει το δικό του ζάρι. Πόσες τελείες πρέπει να βάλει στις πλευρές Α, Β και C; *

	Πλευρά Α	Πλευρά Β	Πλευρά C
1 τελεία	☐	☐	☐
4 τελείες	☐	☐	☐
5 τελείες	☐	☐	☐

Κατασκευάζοντας ένα ζάρι

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κανονικό ζάρι:

Ο Beaver σχεδίασε το παρακάτω πρότυπο (ανάπτυγμα κύβου) για να κατασκευάσει το δικό του ζάρι. Πόσες τελείες πρέπει να βάλει στις πλευρές Α, Β και C; *

	2 τελείες	3 τελείες	6 τελείες
Πλευρά Α	☐	☐	☐
Πλευρά Β	☐	☐	☐
Πλευρά C	☐	☐	☐

Εικόνα 24: Ερώτηση από το σετ καρτών Bebras Challenge μεταφρασμένη από την ερευνήτρια για τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν και μετά την έρευνα.

Για κάθε διδακτική παρέμβαση η ερευνήτρια τροποποίησε κάποιες από τις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων, ώστε να συνάδουν με το λογισμικό που θα χρησιμοποιήσουν οι μαθητές στην εκάστοτε παρέμβαση (Εικόνα 23). Οι μαθητές συμπλήρωσαν ατομικά τα ερωτηματολόγια στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου με την παρουσία της ερευνήτριας ο ρόλος της οποίας ήταν να συντονίζει τη διαδικασία και να διευκρινίζει τυχόν απορίες των μαθητών για τις ερωτήσεις. Η συμπλήρωση κάθε ερωτηματολογίου διήρκεσε περίπου 40 λεπτά.

Ημερολόγιο Έρευνας

Η ερευνήτρια σχεδίασε ένα ημερολόγιο έρευνας το οποίο συμπλήρωνε μετά το τέλος κάθε συνάντησης. Σε αυτό κατέγραφε πρακτικές πληροφορίες (παρόντες μαθητές, τις ομάδες μαθητών), μια σύντομη περιγραφή της εφαρμογής (τι δραστηριότητες έγιναν, πόσο διήρκεσαν), και σημειώσεις παρατήρησης για την πορεία της εφαρμογής. Οι σημειώσεις περιλάμβαναν συμβάντα που η ερευνήτρια έκρινε σημαντικά ή ενδιαφέροντα για την έρευνα, όπως για παράδειγμα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην εφαρμογή, δυσκολίες των μαθητών, αλλαγές που ενδέχεται να έγιναν στις δραστηριότητες, επεισόδια επίλυσης προβλήματος και άλλα. Η ερευνήτρια αξιοποίησε το ημερολόγιο έρευνας τόσο για την τελική ανάλυση δεδομένων όσο και για την αναθεώρηση του σχεδιασμού της επόμενης εφαρμογής.

Φύλλα εργασίας

Η ερευνήτρια σχεδίασε φύλλα εργασίας για κάθε διδακτική παρέμβαση τα οποία έδινε στους μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Για την πρώτη διδακτική παρέμβαση σχεδίασε δύο φύλλα εργασίας ενώ για τη δεύτερη πέντε. Τα φύλλα εργασίας αποτελούνταν από ανοιχτού τύπου ερωτήσεις που καλούσαν τους μαθητές να διερευνήσουν τον μικρόκοσμο ή το παιχνίδι για να απαντήσουν (π.χ. αφού παίξεις το παιχνίδι σημείωσε 2 κανόνες τερματισμού του), από ερωτήσεις ελεύθερης έκφρασης ιδεών των μαθητών (π.χ. γράψε τρία πράγματα που θα ήθελες να αλλάξεις στο παιχνίδι) και από ασκήσεις κατασκευής πάνω στο ψηφιακό δόμημα (π.χ. άλλαξε τον κώδικα ώστε τα πόδια να λυγίζουν στους άξονες x-z). Με τα φύλλα εργασίας η ερευνήτρια αποσκοπεί να καθοδηγήσει τους μαθητές στην πορεία των δραστηριοτήτων και παράλληλα να συλλέξει δεδομένα για τις έννοιες και τι ιδέες που ενδέχεται να κατασκευάσουν οι μαθητές κατά τη διερεύνηση των μικρόκοσμων και των παιχνιδιών.

Δομήματα μαθητών

Η συνεχής συλλογή των δομημάτων που κατασκευάζουν οι μαθητές αποτελεί σημαντικό κομμάτι της έρευνας σχεδιασμού (Roth, 2005) καθώς επιτρέπει στον ερευνητή να αναλύσει την εξέλιξη των ιδεών και των γνώσεων τους όπως τις εκφράζουν μέσα από τα δομήματα. Η ερευνήτρια, μετά το τέλος κάθε συνάντησης αποθήκευε τα αρχεία παιχνιδιών των μαθητών καθώς και οποιοδήποτε

άλλο ψηφιακό ή υλικό δόμημα είχαν κατασκευάσει οι μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων (π.χ. σχέδια στο χαρτί, χάρτινες κατασκευές, ζωγραφιές στον υπολογιστή).

3.6.2 Δεδομένα διδακτικών παρεμβάσεων

Ο Πίνακας 11 συνοψίζει το σύνολο των δεδομένων που συνέλεξε η ερευνήτρια για κάθε τύπο δεδομένο και ανά διδακτική παρέμβαση. Λόγω της διαφοράς στον αριθμό των pre και post ερωτηματολογίων, που οφείλεται σε απουσίες μαθητών στην τελευταία συνάντηση, η ερευνήτρια ανέλυσε μόνο τα ερωτηματολόγια στα οποία οι μαθητές είχαν απαντήσει και στα δυο.

Πίνακας 11: Σύνοψη του συνόλου των δεδομένων ανά διδακτική παρέμβαση

Διδακτική Παρέμβαση	Καταγραφές	Συνεντεύξεις	Ερωτ/για Pre/Post	Ημερολόγια ερευνήτριας	Δομήματα	Φύλλα εργασίας
1	35 ώρες 15 λεπτά	90 λεπτά	10/8	2	21	9
2	19 ώρες 45 λεπτά	50 λεπτά	7/4	6	15	15
Σύνολο	55 ώρες	2 ώρες και 40 λεπτά	17/12	8	36	24

Η ερευνήτρια συνέλλεξε συνολικά 31 αρχεία καταγραφής από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις. Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για τα αρχεία καταγραφής για κάθε συνάντηση των διδακτικών παρεμβάσεων.

Πίνακας 12: Αριθμοί αρχείων καταγραφής και διάρκεια καταγραφής ανά συνάντηση κάθε διδακτικής παρέμβασης

Διδ.Παρέμβαση_Συνάντηση	Αριθμός Αρχείων Καταγραφής	Συνολική Χρονική Διάρκεια
1_1	5	11 ώρες 15 λεπτά
1_2	4	12 ώρες
1_3	4	12 ώρες
2_1	3	2 ώρες 50 λεπτά
2_2	2	2 ώρες
2_3	3	2 ώρες 40 λεπτά
2_4	3	2 ώρες 50 λεπτά
2_5	2	2 ώρες 40 λεπτά
2_6	3	3 ώρες 45 λεπτά
2_7	2	2 ώρες

Σύνολο	31	54 ώρες
--------	----	---------

3.6.3 Ζητήματα δεοντολογίας

Η συμμετοχή των μαθητών στην παρούσα έρευνα ήταν εθελοντική και πραγματοποιήθηκε κατόπιν συμπλήρωσης αίτησης εκδήλωσης ενδιαφέροντος από αυτούς και αφού ενημερώθηκαν εγγράφως για τον σκοπό της έρευνας, τη διαδικασία και τα δεδομένα που θα συλλεχθούν. Επιπλέον επειδή το δείγμα αφορά ανήλικο μαθητικό πληθυσμό, πριν την έναρξη της έρευνας διασφαλίστηκε η ενημερωμένη συναίνεση των γονέων-κηδεμόνων τους. Ειδικότερα, οι γονείς και κηδεμόνες ενημερώθηκαν από εκπαιδευτικού του σχολείου για το σκοπό της έρευνας, τη διαδικασία, τα οφέλη που αναμένεται να έχουν οι συμμετέχοντες μαθητές, την τήρηση της ανωνυμίας κ.α. μέσω μιας αίτησης συγκατάθεσης. Οι συμμετέχοντες διατηρούσαν το δικαίωμα να διακόψουν τη συμμετοχή τους σε οποιοδήποτε στάδιο.

Για τη διασφάλιση της ανωνυμίας των συμμετεχόντων στην έρευνα και της προστασίας των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων τους, όπως αυτή προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία (Ν. 2472/1997, περί Προστασίας του Ατόμου από την Επεξεργασία Προσωπικών Δεδομένων), όλες πληροφορίες συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια, από τις συνεντεύξεις και από τις ηχογραφήσεις συνομιλιών, κωδικοποιήθηκαν από την ερευνήτρια αντικαθιστώντας τυχόν αναφορές σε ονόματα των μαθητών με κωδικούς (π.χ. M1, M2) και αφαιρώντας οποιαδήποτε αναφορά σε προσωπικά στοιχεία, έτσι ώστε τα δεδομένα να μην είναι δυνατόν να συνδεθούν με την ταυτότητα των μαθητών.

Ένας εκπαιδευτικός του σχολείου και ένας ερευνητής αξιολόγησαν τα ερωτηματολόγια και τα ερωτήματα των συνεντεύξεων και παρείχαν ανατροφοδότηση στην ερευνήτρια ως προς τη σαφήνεια και την καταλληλότητα τους για την ομάδα στόχο της έρευνας λαμβάνοντας υπόψιν την ηλικία, το γνωστικό υπόβαθρο και τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά της ομάδας στην οποία απευθύνονται. Η ερευνήτρια διασφάλισε ακόμη ότι τα ερωτήματα είναι διατυπωμένα σε σωστό νεοελληνικό λόγο, χωρίς τυπογραφικά, ορθογραφικά και συντακτικά λάθη και δεν περιλαμβάνουν οτιδήποτε μπορεί με οποιονδήποτε τρόπο να προσβάλει μαθητές, εκπαιδευτικούς, γονείς ή άλλες κοινωνικές κατηγορίες. Τα θεμελιώδη δικαιώματα των μαθητών, όπως αυτά περιγράφονται στη Σύμβαση για τα Δικαιώματα του παιδιού (άρθρα 3 και 12) και στις διεθνείς συνθήκες και συμβάσεις, οι οποίες σχετίζονται με τα ανθρώπινα δικαιώματα στην εκπαίδευση, διασφαλίζονται καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της εφαρμογής της παρέμβασης.

3.6.4 Διασφάλιση εγκυρότητας και αξιοπιστίας

Η διασφάλιση της εγκυρότητας (validity) και της αξιοπιστίας (reliability) της έρευνας είναι μια ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία που αποτελεί κομμάτι του σχεδιασμού και της μεθοδολογίας (Καραγεωργος, 2002. Bakker, 2018. Brown, 1992). Η εγκυρότητα αφορά την καταλληλότητα, τη σημαντικότητα και τη χρησιμότητα των συμπερασμάτων ως προς τους σκοπούς και τα ερωτήματα της έρευνας. Η εγκυρότητα εξαρτάται τόσο από την ποιότητα των δεδομένων και την αιτιολόγηση των συμπερασμάτων (εσωτερική εγκυρότητα) όσο και από την ικανότητα γενίκευσης ή μεταφοράς των συμπερασμάτων της ανάλυσης σε άλλα πλαίσια (εξωτερική εγκυρότητα) (Bakker, 2018). Η αξιοπιστία αφορά την συνέπεια των αποτελεσμάτων και των δεδομένων που συλλέγονται και αναλύονται κατά την έρευνα.

Η ερευνήτρια, για τη διασφάλιση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας της παρούσας έρευνας, εφάρμοσε τις ακόλουθες πρακτικές (Καραγεωργος, 2002. Bakker, 2015):

- Συλλογή διαφορετικών τύπων δεδομένων που αποτυπώνουν τις γνώσεις και τις διαδικασίες μάθησης των μαθητών πριν, μετά και κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων.
- Συνεχής συλλογή και ανάλυση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της έρευνας
- Επαναληπτική διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων με βάση την ανάλυση των δεδομένων.
- Εφαρμογή της μεθόδου τριγωνισμού (triangulation) των αποτελεσμάτων διαφορετικών δεδομένων στη φάση της τελικής ανάλυσης.
- Διαδοχική εφαρμογή δύο διαφορετικών διδακτικών παρεμβάσεων σε διαφορετικά δείγματα μαθητών για τον έλεγχο των υποθέσεων και των συμπερασμάτων.
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τρόπο που να μπορούν να εφαρμοστούν ή να προσαρμοστούν σε άλλα πλαίσια έρευνας και εφαρμογής.

3.7 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων

Όπως περιγράφηκε στην ενότητα 3.1, η μεθοδολογία της έρευνας σχεδιασμού χαρακτηρίζεται από μικρούς διαδοχικούς κύκλους συλλογής και ανάλυσης δεδομένων μεταξύ των εφαρμογών κάθε παρέμβασης, καθώς και από μια τελική φάση ανασκοπικής ανάλυσης που αφορά την έρευνα στο σύνολό της. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από κάθε κύκλο ανάλυσης ενδέχεται να οδηγήσουν τον ερευνητή σε διατύπωση νέων υποθέσεων και αναθεώρηση του αρχικού σχεδιασμού. Στην παρούσα έρευνα η ερευνήτρια μετά από κάθε συνάντηση με τους μαθητές ανέλυε τα δεδομένα που είχε συλλέξει με στόχο να εντοπίσει στοιχεία της υλοποίησης που επηρέασαν θετικά ή αρνητικά τη μαθησιακή διαδικασία και με βάση αυτά να

επανασχεδιάσει τον διδακτικό σχεδιασμό, το εργαλείο ή το παιχνίδι για την επόμενη συνάντηση.

3.7.1 Μονάδα ανάλυσης

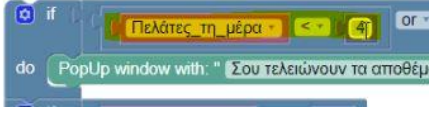
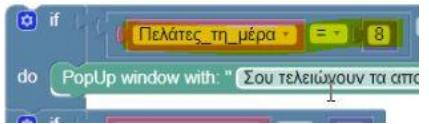
Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε ως μονάδα ανάλυσης των δεδομένων μεταγραφής των αρχείων ήχου και οθόνης των μαθητών το «κρίσιμο συμβάν» (Noss & Hoyles, 1996. Tripp, 1993). Τα κρίσιμα συμβάντα χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική έρευνα για να περιγράψουν μια σειρά από γεγονότα ή πράξεις που συνέβησαν κατά την εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης και ήταν σημαντικά για την εξέλιξη της εφαρμογής ή για τη μαθησιακή διαδικασία. Το κάθε συμβάν μπορεί να αποτελείται από ένα σύνολο κεντρικών στοιχείων ή ενεργειών οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα μια σημαντική αλλαγή στη μαθησιακή διαδικασία (Scott & Morrison, 2006). Ενώ αρχικά τα κρίσιμα συμβάντα χρησιμοποιήθηκαν για έρευνες που εστίαζαν στη διδασκαλία και τους εκπαιδευτικούς, αργότερα αξιοποιήθηκαν και στην ανάλυση ερευνών που μελετούν τις διαδικασίες κατασκευής νοημάτων και δομημάτων από μαθητές (Noss & Hoyles, 1996). Στην περίπτωση αυτή ένα κρίσιμο συμβάν περιγράφει ένα γεγονός ή ενέργεια που επηρέασε τη διαδικασία νοηματοδότησης και μάθησης των μαθητών και προέκυψε από την αλληλεπίδραση του μαθητή με το εργαλείο, με έναν άλλο μαθητή ή και με τα δυο. Συνήθως το συμβάν αποτυπώνεται αποκλειστικά από ένα τμήμα μετεγγραμμένου διαλόγου μεταξύ μαθητών. Στην παρούσα έρευνα, ωστόσο, εκτός από τον διάλογο είχε εξίσου σημαντικό ρόλο η αλληλεπίδραση των μαθητών με το ψηφιακό εργαλείο και με το περιβάλλον γύρω του, όπως οι κινήσεις στον χώρο, η αλληλεπίδραση με άλλα αντικείμενα ή άλλες ομάδες. Έτσι η ερευνήτρια κατά την μεταγραφή των δεδομένων που αφορούσαν τις δραστηριότητες των μαθητών, συνέθεσε διαφορετικές πηγές δεδομένων και δημιούργησε ένα σύνολο από «πολυτροπικά κρίσιμα συμβάντα». Ένα πολυτροπικό κρίσιμο συμβάν στην παρούσα έρευνα, όπως αυτό του Πίνακα 13, μπορεί να συνδυάζει:

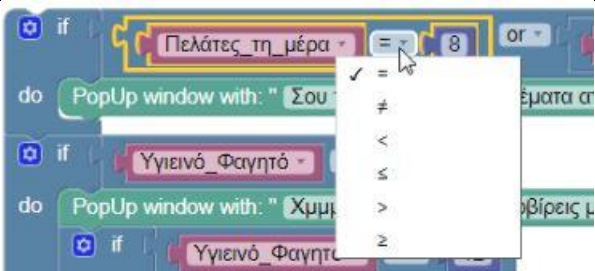
- σημαντικές φράσεις (utterances) του διαλόγου των μαθητών τονισμένες με έντονο χρώμα
- περιγραφή των ενεργειών τους στο λογισμικό (γραμμή 1 στο πολυτροπικό συμβάν του Πίνακα 13)
- στιγμιότυπα οθόνης που, σύμφωνα με την ερευνήτρια, αναδεικνύουν τη σημασία των ενεργειών (γραμμές 2,4,5)
- σημειώσεις της ερευνήτριας που προκύπτουν από τα ημερολόγια παρατήρησης και αφορούν τους μαθητές του επεισοδίου, την πορεία της δραστηριότητας κλπ
- σαρωμένα τμήματα από τα φύλλα εργασίας των μαθητών ή από άλλες σημειώσεις/σχέδια που έκαναν κατά το συγκεκριμένο κρίσιμο συμβάν που ενισχύουν τα λεγόμενά τους.

Ο συσχετισμός των παραπάνω δεδομένων επέτρεψε στην ερευνήτρια να μελετήσει τι έκαναν, τι έλεγαν και τι έβλεπαν οι μαθητές τη στιγμή του συμβάντος, στοιχεία που δεν είναι δυνατόν να

αποτυπωθούν από μόνο μια πηγή δεδομένων (π.χ. μόνο από τους διαλόγους). Σε ορισμένες λίγες περιπτώσεις, ένα πολυτροπικό κρίσιμο συμβάν μπορεί να αποτελούνταν κυρίως από τη μεταγραφή των ενεργειών των μαθητών στο λογισμικό και να συνοδευόταν από ένα μικρό κομμάτι διαλόγου ή και από καθόλου διάλογο. Από τις δύο έρευνες προέκυψε ένα σύνολο περίπου 900 πολυτροπικών κρίσιμων συμβάντων τα οποία στη συνέχεια αναλύθηκαν με κωδικούς και με βάση κάποια μοτίβα εμφάνισής τους ομαδοποιήθηκαν σε ευρύτερες κατηγορίες. Στην επόμενη παράγραφο (3.7.2) περιγράφονται αναλυτικά τα στάδια εντοπισμού και ανάλυσης των κρίσιμων συμβάντων καθώς και οι διαφορετικοί άξονες ανάλυσής τους.

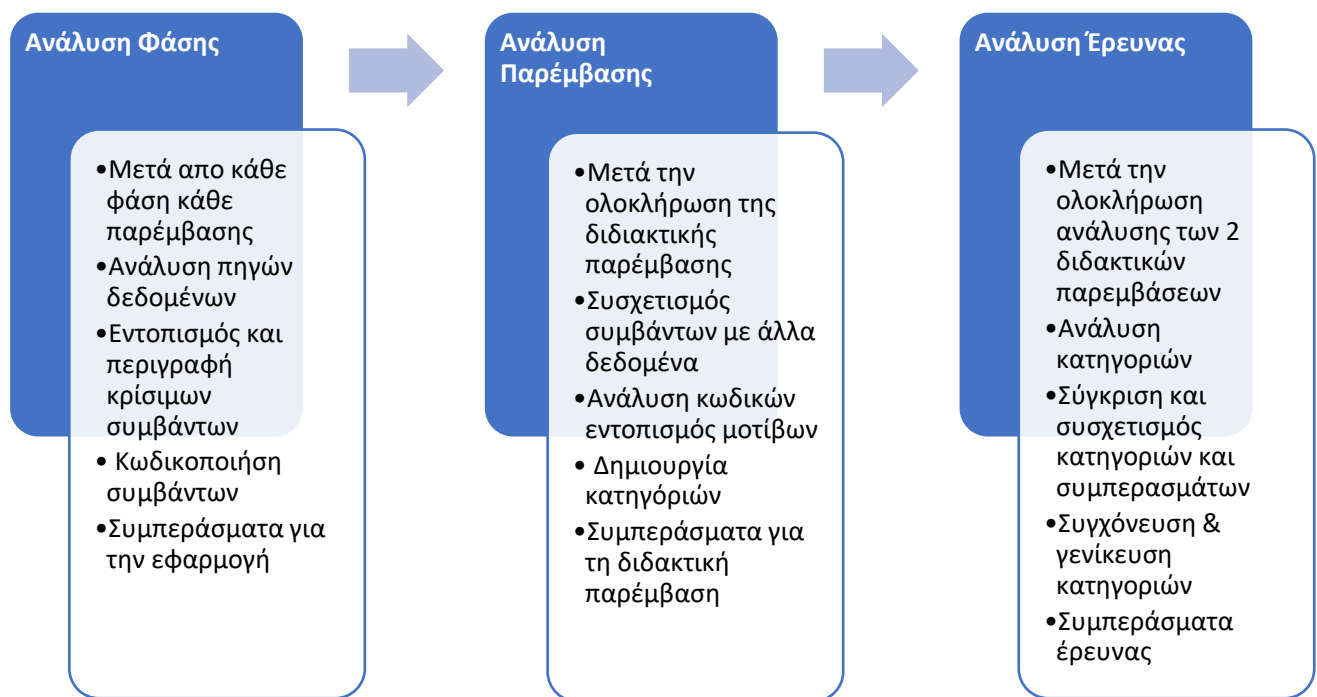
Πίνακας 13: Παράδειγμα πολυτροπικού κρίσιμου συμβάντος από τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

1		Οι μαθήτριες προσπαθούν να διορθώσουν τους κανόνες τερματισμού του παιχνιδιού. Η M1 έχει ανοίξει την καρτέλα 'Gameplay rules' και δείχνει με το ποντίκι τον κώδικα που υπάρχει εκεί.		
2	M1	Λοιπόν εδώ λέει αν οι πελάτες είναι κάτω από 4 βγάλε προειδοποιητικό μήνυμα		Δείχνει την συνθήκη με το ποντίκι
3	M2	Αυτό είναι λάθος! Αν είναι κάτω από 4 έχεις χάσει ήδη γιατί έχει πρώτα ελέγξει αν είναι κάτω από 5 και έχει βγάλει gameover!		η M2 παίρνει το ποντίκι και ανοίγει την καρτέλα 'end rules' για να βρει τη συνθήκη τερματισμού για τη μεταβλητή πελάτες.
4	M1	Ωραία ας βάλουμε το νούμερο της συνθήκης πιο ψηλά τότε.		Η M2 αλλάζει τη συνθήκη σε = 8

5	M2	Όχι ίσο με 8! Τότε θα το εμφανίσει μια φορά μόνο! Βάλε μικρότερο ή ίσο με 8		Η M2 αλλάζει τη συνθήκη σε ≤8
---	----	--	--	-------------------------------------

3.7.2 Στάδια και άξονες ανάλυσης

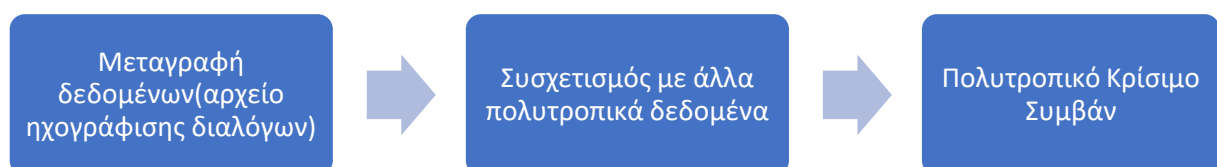
Η ερευνήτρια πραγματοποίησε την ανάλυση των δεδομένων σε τρία στάδια τα οποία αποτυπώνονται συνοπτικά στο διάγραμμα 2. Μετά από κάθε φάση της κάθε παρέμβασης εντόπιζε πολυτροπικά κρίσιμα συμβάντα τα οποία στη συνέχεια κωδικοποιούσε με πρωτογενείς κωδικούς. Η ανάλυση τους ενδέχεται να οδηγούσε σε επανασχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης πριν την επόμενη φάση. Το δεύτερο στάδιο λάμβανε χώρα μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, όπου η ερευνήτρια ανέλυε το σύνολο των κωδικών που είχαν εντοπιστεί αναζητώντας μοτίβα εμφάνισης κρίσιμων συμβάντων ή περιπτώσεις αφήγησης μέσω διαδοχικών συσχετιζόμενων συμβάντων. Από την ανάλυση αυτή προέκυψε ένα αναδιαμορφωμένο σύνολο δεδομένων που περιελάμβανε ευρύτερες κατηγορίες κωδικών. Τέλος, μετά την ολοκλήρωση των δύο διδακτικών παρεμβάσεων η ερευνήτρια πραγματοποίησε ανασκοπική αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων που είχε συλλέξει από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις και των συμπερασμάτων που είχαν προκύψει από τις δύο προηγούμενες φάσεις ανάλυσης. Σε όλα τα στάδια ανάλυσης η ερευνήτρια χρησιμοποίησε το λογισμικό ποιοτικής ανάλυσης NVIVO 11. Ακολουθεί περιγραφή κάθε σταδίου της ανάλυσης.



Διάγραμμα 2: Στάδια ανάλυσης κρίσιμων συμβάντων

3.7.2.1 Ανάλυση σε επίπεδο φάσης – εντοπισμός πολυτροπικών κρίσιμων συμβάντων

Για τον εντοπισμό και την περιγραφή κρίσιμων συμβάντων η ερευνήτρια ακολούθησε την διαδικασία που φαίνεται στο διάγραμμα 3. Μετά από κάθε συνάντηση άκουγε τα αρχεία καταγραφής διαλόγων όλων των ομάδων και μετέγραφε τους διαλόγους που έκρινε ως κρίσιμους για την εξέλιξη της δραστηριότητας. Στη συνέχεια συσχέτιζε τις μεταγραφές με τα υπόλοιπα διαθέσιμα δεδομένα (καταγραφή οθόνης, φύλλα εργασίας, αρχεία λογισμικού, ημερολόγιο) σχηματίζοντας μονάδες πολυτροπικών κρίσιμων συμβάντων. Τα τελικά κρίσιμα συμβάντα αποτελούνταν συνήθως από ένα συνδυασμό δεδομένων, όπως το παράδειγμα του πίνακα 13.



Διάγραμμα 3: Διαδικασία Εντοπισμού Κρίσιμου Συμβάντος

Οι άξονες που ακολούθησε η ερευνήτρια για τον χαρακτηρισμό ενός συμβάντος ως «κρίσιμου» ήταν τα τρία ερευνητικά ερωτήματα. Στόχος της ήταν εντοπίσει πρακτικές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις των μαθητών που επηρέασαν τις διαδικασίες νοηματοδότησης εννοιών και πρακτικών υπολογιστικής σκέψης.

Στη συνέχεια η ερευνήτρια ανέλυε τα κρίσιμα συμβάντα που είχαν προκύψει από τη συνάντηση αναθέτοντας σε κάθε κρίσιμο συμβάν συγκεκριμένους κωδικούς ανάλυσης. Πρόκειται για λέξεις που περιγράφουν με κωδικοποιημένη μορφή τι συμβαίνει στο συμβάν και γιατί χαρακτηρίστηκε

ως κρίσιμο. Ένας κωδικός μπορεί να περιγράψει, για παράδειγμα, τι κάνουν οι μαθητές στον υπολογιστή, τι συζητούν μεταξύ τους, σε ποια υπολογιστική έννοια αναφέρονται, ποιο εργαλείο του λογισμικού χρησιμοποιούν, ποια πρακτική εφαρμόζουν, τι πρόβλημα αντιμετωπίζουν. Η ανάλυση πρώτου σταδίου πραγματοποιήθηκε μετά από κάθε φάση κάθε παρέμβασης δηλαδή 6 φορές. Συνολικά, από αυτό το στάδιο προέκυψαν περίπου 900 κρίσιμα συμβάντα και περίπου 200 πρωτογενείς κωδικοί

3.7.2.2 Ανάλυση σε επίπεδο παρέμβασης – δημιουργία κατηγοριών

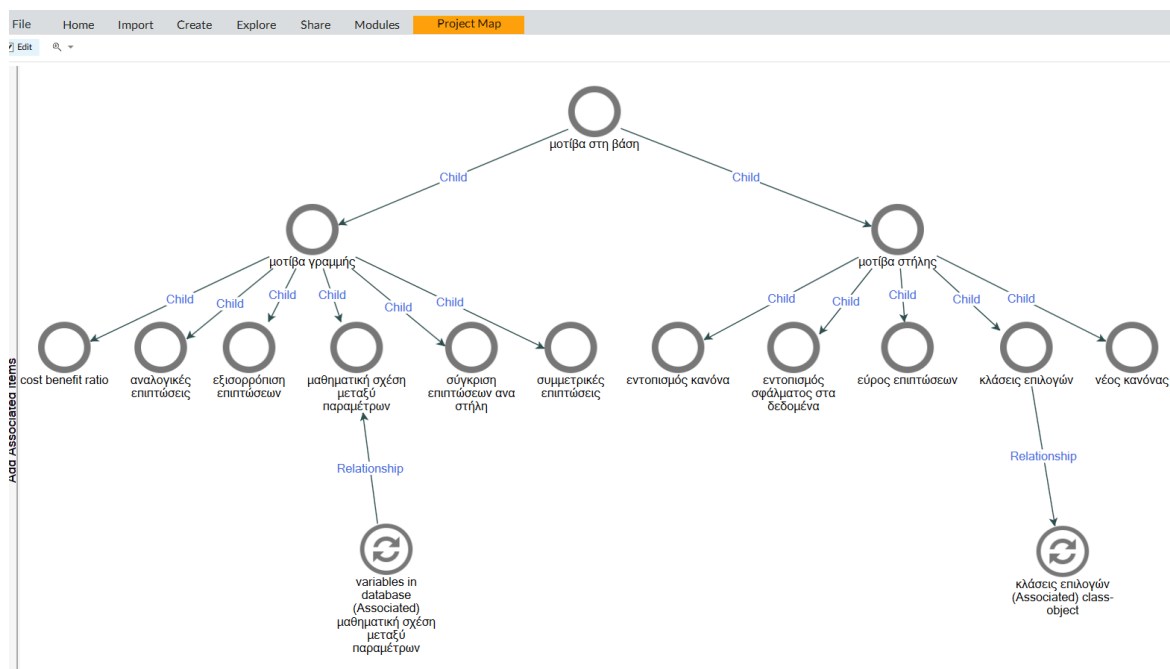
Μετά την ολοκλήρωση κάθε διδακτικής παρέμβασης είχε προκύψει, από αναλύσεις των συναντήσεων, ένα σύνολο από μονάδες κωδικοποιημένων κρίσιμων συμβάντων. Η ερευνήτρια ανέλυσε το σύνολο των κωδικών με συγκεκριμένα ερωτήματα (queries) αναζητώντας *μοτίβα εμφάνισης* ενός τύπου κρίσιμων συμβάντων ή αφηγήσεις που προκύπτουν από διαδοχικά, συνδεδεμένα συμβάντα. Η ερευνήτρια ερμήνευσε τα κρίσιμα συμβάντα σε δύο άξονες: α) σε επίπεδο συνόλου δραστηριοτήτων (οριζόντιος άξονας) και β) σε επίπεδο μαθητή (κάθετος άξονας). Ακολουθώντας της τεχνική «μεγέθυνσης και εστίασης» (zooming and focusing) (Roth, 2005), εστίασε σε διαφορετικό βάθος και εύρος των δεδομένων ανάλογα με τον άξονα της ανάλυσης.

Στον πρώτο άξονα ανέλυε το επεισόδιο σε σχέση με τη συνολική πορεία των δραστηριοτήτων εστιάζοντας σε συνιστώσες που αφορούν την παρέμβαση στο σύνολό της, όπως τι δραστηριότητες είχαν προηγηθεί, ποιος ήταν ο ρόλος του εκπαιδευτικού και της ίδιας στη συγκεκριμένη δραστηριότητα, αντίστοιχα επεισόδια από άλλες ομάδες μαθητών για την ίδια δραστηριότητα. Στόχος της ήταν να εντοπίσει μοτίβα εμφάνισης αντίστοιχων συμβάντων στο σύνολο της δραστηριότητας και των μαθητών, που θα οδηγούσαν στην ανάδειξη μιας κατηγορίας συμβάντων.

Στο δεύτερο άξονα μελετούσε το επεισόδιο σε σχέση με την πορεία ενός συγκεκριμένου μαθητή εστιάζοντας σε συνιστώσες που αφορούν την πορεία του πριν το κρίσιμο συμβάν όπως την προηγούμενη αλληλεπίδραση με τα άλλα μέλη της ομάδας, το γνωστικό υπόβαθρο του μαθητή, προηγούμενα συμβάντα από τον μαθητή και την ομάδα του, την αλληλεπίδρασή του μαθητή με τις υπόλοιπες ομάδες και με τον εκπαιδευτικό. Σε αυτή την περίπτωση, ανέλυε αντίστοιχες πηγές δεδομένων όπως την τελική συνέντευξη του μαθητή ή το φύλλο εργασίας και ακολουθώντας την τεχνική της «τριγωνοποίησης» (triangulation) ενίσχυε την ανάλυση του κρίσιμου συμβάντος. Στόχος της ήταν να εντοπίσει διαδοχικά συμβάντα που αναδεικνύουν μια συνέχεια ή μια ανάπτυξη στις στρατηγικές νοηματοδότησης και ενδεχομένως να οδηγούν σε μια αφήγηση για έναν μαθητή ή μια ομάδα.

Η διαδικασία ανάλυσης ανέδειξε *κατηγορίες κωδικών*, συσχετισμούς μεταξύ των κατηγοριών, αφηγήσεις μέσω επεισοδίων, καθώς και συμβάντα τα οποία κρίθηκαν τελικά ως «μη σημαντικά».

Ένα στιγμιότυπο κατηγορίας κωδικών φαίνεται στην Εικόνα 25. Από το δεύτερο στάδιο προέκυψαν περίπου 40 κατηγορίες κωδικών και περίπου 25 συσχετίσεις (relations) μεταξύ κωδικών.

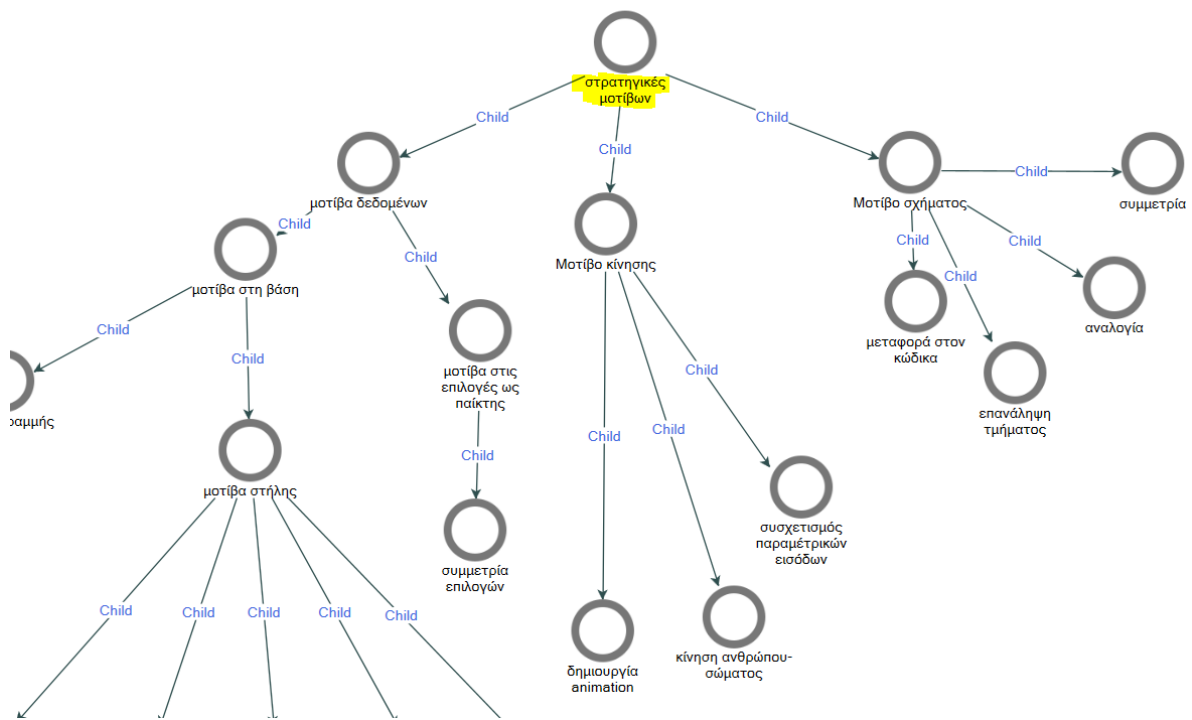


Εικόνα 25: Παράδειγμα της κατηγορίας κωδικών “Μοτίβα στη βάση” και των συσχετίσεών της

3.7.2.3 Ανάλυση σε επίπεδο έρευνας – συγχώνευση και γενίκευση κατηγοριών

Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης των δύο διδακτικών παρεμβάσεων, η ερευνήτρια πραγματοποίησε ανασκοπική αξιολόγηση (Bakker, 2018) του συνόλου των δεδομένων που είχε συλλέξει από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις και των συμπερασμάτων που είχαν προκύψει από τις δύο προηγούμενες φάσεις ανάλυσης. Η ανάλυση των ήδη ομαδοποιημένων κωδικών οδήγησε στη δημιουργία νέων, ακόμη πιο γενικευμένων κατηγοριών, οι οποίες αναδείχθηκαν είτε από την συγχώνευση υπάρχοντων κατηγοριών είτε από τη δημιουργία νέων κατηγοριών. Για παράδειγμα η υπερ-κατηγορία «Στρατηγικές Μοτίβων» (Εικόνα 26) περιλαμβάνει τόσο τις κατηγορίες «Μοτίβα κίνησης» και «Μοτίβα Γραφικών» που προκύψαν από τις αναλύσεις της πρώτης διδακτικής παρέμβασης με το εργαλείο MaLT2, όσο και την κατηγορία «Μοτίβα Δεδομένων» που προέκυψε από τις αναλύσεις της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης με το εργαλείο ChoiCo.

Από την ανασκόπησή αξιολόγηση των δύο διδακτικών παρεμβάσεων προκύψαν περίπου 15 υπερ-κατηγορίες που σχετίζονται με τα ερευνητικά ερωτήματα και αφορούν διαδικασίες και στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητών. Στο κεφάλαιο «Αποτελέσματα» παρουσιάζονται και αναλύονται χαρακτηριστικά συμβάντα από τις κατηγορίες που οδήγησαν στα συμπεράσματα της έρευνας.



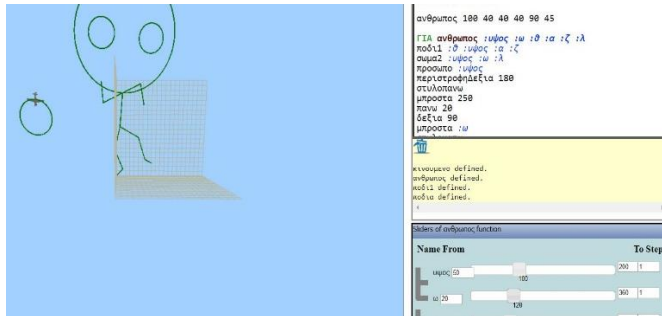
Εικόνα 26: Τμήμα του δικτύου της υπερ-κατηγορίας "Στρατηγικές Μοτίβων", οι επιμέρους κατηγορίες και οι σχέσεις των κωδικών, όπως προκύψαν στο τέλος της έρευνας

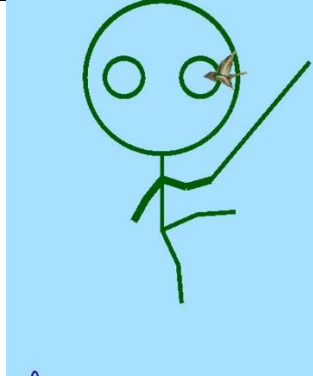
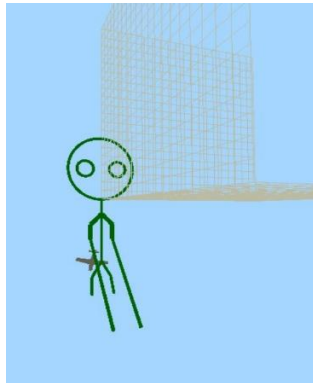
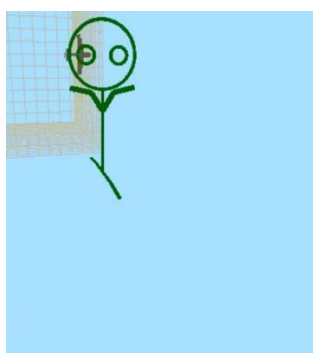
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΜΙΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MALT2

4.1 Εισαγωγή

Στην πρώτη διδακτική παρέμβαση 9 μαθητές Γυμνασίου έπαιζαν, διερεύνησαν και διασκεύαζαν ένα παιχνίδι μίμησης προγραμματισμού ενός τρισδιάστατου μοντέλου ανθρώπου στο ψηφιακό περιβάλλον MaLT2. Το παιχνίδι και οι δραστηριότητες της έρευνας δεν είχαν ως ζητούμενο ένα συγκεκριμένο τελικό παραγόμενο, αλλά τη συνεχή διασκευή και επανασχεδιασμό της αρχικής κατασκευής. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην παραγωγή πολλών και διαφορετικών δομημάτων από τους μαθητές με μικρές ή μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ τους. Σε όλη τη διάρκεια τη διδακτικής παρέμβασης, κάθε ομάδα μαθητών κατασκεύασε 5 έως 6 διασκευές του αρχικού μοντέλου. Στο τέλος τις έρευνας υπήρχαν 26 διασκευές του αρχικού μοντέλου, συνολικά από όλες τις ομάδες. Στον πίνακα 14 συνοψίζεται ο συνολικός αριθμός διασκευών ανά ομάδα και παρουσιάζεται μια ενδεικτική διασκευή του αρχικού μοντέλου από κάθε ομάδα μαθητών. Σε αυτό το πλαίσιο, η ερευνήτρια στη μελέτη της δεν εστίασε μόνο στις κατασκευές των μαθητών ως τελικό αποτέλεσμα, αλλά στη συνολική διαδικασία σχεδιασμού, διασκευής και αναθεώρησής τους. Κατά την ανάλυση των δεδομένων, ανέλυσε και κατηγοριοποίησε τα πολυτροπικά κρίσιμα συμβάντα που παράχθηκαν από τα δεδομένα, με στόχο να αναδείξει και να ερμηνεύσει τα βασικά στοιχεία της μαθησιακής δραστηριότητας με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας.

Πίνακας 14: Συνολικός αριθμός διασκευών και ενδεικτικό παράδειγμα διασκευής ανά ομάδα

Ομάδα	Σύνολο διασκευών	Ενδεικτικό παράδειγμα διασκευής του μοντέλου
1	8	Μπάσκετ 
2	6	Ξιφασκία

		 <pre> ;ΚΑΛΩΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΓΙΑ ολσμου1 :θ :η :ω σμου1 50 321 288 -10 :ω ποδια3 :θ 50 25 :η αριστερα :η :για να γυρίσει στο λαιμό δεξια 25 :για να γυρίσει στο λαιμό πτω 50 :στο λαιμό προσωπο 50 ΤΕΛΟΣ ολσμου1 20 -89 68 ολσμου1: redefined. oops: ποδ1 only takes 4 arguments you passed none oops: ποδ1 only takes 4 arguments you passed none </pre>
3	7	Σκι  <pre> πανω 45 μπροστα 100 στυλοπανω πτω 50 κατω 45 δεξια 45 στυλοκατω επαναλαβε 2[αριστερα 45 πτω :υψος/3] δεξια :ω δεξια 180 μπροστα :υψος/3 δεξια 180 μπροστα :υψος/3 </pre>
4	5	Μπαλέτο  <pre> ΘΕΣΕΘΕΣΗ [100 0 0] ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ :θ :υψος :α :ζ :ω ποδια :θ :υψος :α :ζ σωμα :υψος :ω μπροστα 20 προσωπο 30 ΤΕΛΟΣ ΧΡΗΣΗ 50 60 70 40 100 κυλινδρος: redefined. κυλινδρος: redefined. </pre>

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό, δεν εξετάζουν την προγραμματιστική ορθότητα ή την επιτυχία των τελικών κατασκευών των μαθητών, αλλά τη μαθησιακή δραστηριότητα και τις υπολογιστικές στρατηγικές που εξέφρασαν οι μαθητές κατά τη διαδικασία δημιουργίας των κατασκευών αυτών. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 1.1, η ερευνήτρια θεωρεί ως «υπολογιστική στρατηγική» το σύνολο των νοητικών διαδικασιών, των μεθόδων και των νοημάτων που επινοούν και εφαρμόζουν οι μαθητές για να διαχειριστούν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα με υπολογιστικό τρόπο. Στην παρούσα ανάλυση η ερευνήτρια εξετάζει τις στρατηγικές που εξέφρασαν οι μαθητές, τον σκοπό για τον οποίο τις εφάρμοσαν σε κάθε περίπτωση, καθώς και την πρακτική υπολογιστικής σκέψης που περιλαμβάνει η κάθε στρατηγική. Ταυτόχρονα μελετάται ο ρόλος του πλαισίου του παιχνιδιού και των ενσωματωμένων δυνατοτήτων του περιβάλλοντος στην έκφραση και ανάπτυξη αυτών των στρατηγικών.

Τα θέματα που προέκυψαν μέσα από την ανάλυση και με βάση τα οποία δομείται το παρόν κεφάλαιο είναι τα παρακάτω:

1. Στρατηγικές αφαίρεσης κατά τη χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας.

Κεντρική πτυχή της υπολογιστικής σκέψης είναι η πρακτική της αφαίρεσης. Εντούτοις αποτελεί μια μη-φορμαλιστική πρακτική που δύσκολα εφαρμόζεται και εκφράζεται από τους μαθητές με τις παραδοσιακές μεθόδους προγραμματισμού (Coder, 1990 στο Armoni 2003. Kramer, 2007). Στην παρούσα έρευνα η ερευνήτρια εντόπισε ότι οι μαθητές προσέγγισαν και νοηματοδότησαν την προγραμματιστική διαδικασία σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα αφαιρετικής αντίληψης. Κάθε επίπεδο αφαίρεσης, αντιστοιχεί σε μια διαφορετική χρήση και υλοποίηση της διαδικασίας η οποία είναι πιο αφηρημένη από την προηγούμενη και εσωκλείει αυτή του προηγούμενου επιπέδου. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.2, προσφέρουν νέα στοιχεία σε σχέση με τις διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται και εφαρμόζουν την πρακτική της αφαίρεσης κατά τον δομημένο προγραμματισμό ενός σύνθετου ψηφιακού μοντέλου και στα πλαίσια ενός παιχνιδιού.

2. Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων

Η αναγνώριση και η γενίκευση μοτίβων θεωρείται κεντρική πρακτική της υπολογιστικής σκέψης και προϋπόθεση για τη δημιουργία αφαιρέσεων (Haberman & Muller, 2008). Από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε πως οι μαθητές, στα πλαίσια της διασκευής τους τρισδιάστατου δομήματος, εφάρμοσαν δύο στρατηγικές αναγνώρισης και κατασκευής μοτίβων: α) Την αναγνώριση και δημιουργία γεωμετρικών μοτίβων και β) Την αναγνώριση και δημιουργία μοτίβων κίνησης. Οι μαθητές υλοποίησαν τα μοτίβα στον κώδικά τους και ταυτόχρονα στην οπτική αναπαράσταση. Για την αναγνώριση και τη δημιουργία των μοτίβων εξέφρασαν νοήματα για τις υπολογιστικές έννοιες της δομής επανάληψης, της παραμέτρου και της μεταβλητής, ενώ εφάρμοσαν τις πρακτικές της ανάλυσης, της αποδόμησης και της γενίκευσης του κώδικα. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.3 εξετάζουν πως οι μαθητές μέσα από τις δυο στρατηγικές αντιλαμβάνονται και εφαρμόζουν τη διαδικασία εντοπισμού, σύγκρισης και γενίκευσης κοινών ή επαναλαμβανόμενων χαρακτηριστικών, δηλαδή μοτίβων, στον αλγόριθμό τους.

3. Ο ρόλος του παιχνιδιού στην επινόηση και εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών

Οι πρακτικές υπολογιστικής σκέψης, όπως η αφαίρεση, η αποδόμηση και η αναγνώριση μοτίβων, θεωρούνται αφηρημένες διαδικασίες οι οποίες δεν μπορούν να αποτυπωθούν και να διδαχθούν με συγκεκριμένους κανόνες και ορισμούς (Statter & Armoni, 2017). Υπό αυτό το πρίσμα πολλοί ερευνητές έχουν υποστηρίξει ότι οι παραδοσιακές κλειστές ασκήσεις προγραμματισμού δεν επιτρέπουν στους μαθητές να ανακαλύψουν, να εφαρμόσουν και να αναπτύξουν τις πρακτικές αυτές. Από την άλλη, καθώς πρόκειται για σύνθετες πρακτικές, οι

μαθητές δυσκολεύονται να τις επινοήσουν και να τις υλοποιήσουν από μόνοι τους όταν προγραμματίζουν ελεύθερα και χωρίς καμία καθοδήγηση σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού. Στην παρούσα έρευνα, η ερευνήτρια αξιοποιεί και εξετάζει το ψηφιακό παιχνίδι ως ένα δομημένο πλαίσιο οργάνωσης υπολογιστικών πρακτικών και εννοιών που μπορεί να επιτρέψει τη σταδιακή εφαρμογή και ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών από τους μαθητές. Όπως έδειξε η ανάλυση της διδακτικής παρέμβασης, η δομή του παιχνιδιού, δηλαδή οι κανόνες, οι περιορισμοί, τα μέσα αλληλεπίδρασης και οι συνθήκες νίκης που έθετε, είχε καταλυτικό ρόλο στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών οι οποίες εκφράστηκαν μέσα από τις τακτικές παιχνιδιού που κατέστρωναν. Η ενότητα 4.4 εξετάζει πέντε κυρίαρχες τακτικές παιχνιδιού που επινοήσαν οι μαθητές και πως οι τακτικές αυτές συνέβαλαν στην ενίσχυση πτυχών της υπολογιστικής τους. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναδεικνύουν την σύνδεση στοιχείων του παιχνιδιού με υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές.

4. Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του λογισμικού στην επινοήση και εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών

Οι λειτουργικότητες που ενσωματώνουν τα ψηφιακά περιβάλλοντα μπορούν να επηρεάσουν θετικά ή και αρνητικά τη μαθησιακή διαδικασία και την ανάπτυξη στρατηγικών (Gibson, 1977; Pea 1998). Στις δραστηριότητες της παρούσας διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις τρεις δυνατότητες που ενσωματώνει το περιβάλλον MaLT2, δηλαδή τον δομημένο προγραμματισμό κατασκευών, τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού των κατασκευών και την αλλαγή γωνίας και προοπτικής θέασης του τρισδιάστατου χώρου, για τη διασκευή του μικρόκοσμου του παιχνιδιού. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως οι μαθητές αξιοποίησαν τον δυναμικό χειρισμό με τρεις τρόπους που επηρέασαν τη μαθησιακή δραστηριότητα α) ως εργαλείο χειρισμού της οπτικής αναπαράστασης β) ως εργαλείου ελέγχου και αποσφαλμάτωσης γ) ως χειριστήριο του παιχνιδιού. Αντίστοιχα, εντοπίστηκαν τρεις τρόποι χρήσης της δυνατότητας αλλαγής γωνίας και προοπτικής θέασης από τους μαθητές: α) ως εργαλείο προσδιορισμού των ιδιοτήτων των αντικειμένων, β) ως εργαλείο οπτικού ελέγχου του αποτελέσματος του αλγόριθμου, δηλαδή της αναπαράστασης και γ) ως χειριστήριο του παιχνιδιού. Η ενότητα 4.5 εξετάζει πως οι περιπτώσεις χρήσης κάθε λειτουργικότητας, συνέβαλαν στην ανάπτυξη υπολογιστικών πρακτικών όπως η αποδόμηση, η αποσφαλμάτωση και η γενίκευση, αλλά και ορισμένες δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές κατά τη χρήση τους.

Στις ενότητες που ακολουθούν αναπτύσσονται τα παραπάνω ζητήματα μέσα από την παρουσίαση και την ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων. Η ερευνήτρια επέλεξε τα κρίσιμα συμβάντα με κριτήρια α) την ανάδειξη του εκάστοτε ζητήματος αλλά και β) την εκπροσώπηση όλων των ομάδων και των φάσεων εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης. Στα κρίσιμα συμβάντα

χρησιμοποιούνται κωδικοί μαθητών που έχουν αντιστοιχισθεί στους μαθητές της κάθε ομάδας όπως συνοψίζονται στον πίνακα 15. Αντίστοιχα χρησιμοποιούνται κωδικοί για την ερευνήτρια και για τον καθηγητή μαθηματικών που συμμετείχε στην έρευνα.

Πίνακας 15:Κωδικοί μαθητών που χρησιμοποιούνται στα κρίσιμα συμβάντα του κεφαλαίου 4

Κωδικός στα κρίσιμα συμβάντα	Αντιστοίχιση
M1	Μαθήτρια ομάδας 1
M2	Μαθήτρια ομάδας 1
M3	Μαθήτρια ομάδας 2
M4	Μαθήτρια ομάδας 2
M5	Μαθήτρια ομάδας 3
M6	Μαθήτρια ομάδας 3
M7	Μαθητής ομάδας 4
M8	Μαθητής ομάδας 4
M9	Μαθητής ομάδας 4 (παρόν μόνο στην πρώτη εφαρμογή)
E	Ερευνήτρια
K	Καθηγητής Μαθηματικών

4.2 Στρατηγικές αφαίρεσης κατά τη χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας

4.2.1 Νοηματοδότηση σε επίπεδα αφαίρεσης

Κεντρικό στοιχείο των δραστηριοτήτων της διδακτικής παρέμβασης ήταν η διερεύνηση, η κατασκευή και η σύνθεση διαδικασιών. Στα πλαίσια των δύο μικρόκοσμων, οι μαθητές διερεύνησαν, διασκεύασαν και προγραμμάτισαν διαδικασίες που κατασκεύαζαν βασικά γεωμετρικά σχήματα, όπως έναν κύκλο και μια διέδρη γωνία. Κατόπιν, προγραμμάτισαν μια κύρια διαδικασία που κατασκεύαζε το τρισδιάστατο μοντέλο ενός ανθρώπου, καλώντας ορισμένες από τις διαδικασίες. Κάθε ομάδα δημιούργησε και χρησιμοποίησε διαφορετικό αριθμό διαδικασιών για την κατασκευή του μοντέλου τους. Τέλος, στα πλαίσια του παιχνιδιού προγραμματισμού, οι μαθητές αποτύπωναν σε κάθε γύρο την κίνηση και τη στάση του ανθρώπινου μοντέλου διασκεύοντας αναλόγως την κύρια και τις επιμέρους διαδικασίες του προγράμματός τους.

Κατά την ανάλυση και κωδικοποίηση των δεδομένων η ερευνήτρια εντόπισε διαφορετικά επίπεδα νοηματοδότησης της έννοιας της προγραμματιστικής διαδικασίας από τους μαθητές. Τα επίπεδα αυτά διαφοροποιούνται ως προς τον βαθμό αφαίρεσης του νοήματος που προσδίδουν οι μαθητές στη διαδικασία μέσα από την υλοποίησή της. Πρόκειται για διαδοχικά επίπεδα αφαίρεσης που ορίζουν μια κλίμακα νοηματοδότησης η οποία ξεκινά από μια συγκεκριμένη αναπαράσταση, ως το χαμηλότερο επίπεδο, και καταλήγει σε ένα γενικευμένο πρόβλημα στο υψηλότερο επίπεδο

(Hartmanis, 1994. Armoni 2014. Dijkstra, 1972). Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο μαθητής κατακτά ένα επίπεδο αφαίρεσης όταν μπορεί να ερμηνεύσει τις διεργασίες, τα αντικείμενα και τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων του ως μια αυτόνομη οντότητα την οποία θα αξιοποιήσει για τη νοηματοδότηση στο επόμενο επίπεδο (Hazzan, 2008. Perrenet κ.ά., 2005). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η ερευνήτρια κατηγοριοποίησε τις ερμηνείες και στρατηγικές των μαθητών για την έννοια της διαδικασίας στα παρακάτω τέσσερα επίπεδα αφαίρεσης.

- 1) **Επίπεδο εντολής.** Ερμηνεία της διαδικασίας ως το αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης εκτέλεσης. Αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης και αφορά την νοηματοδότηση της αναπαράστασης του αποτελέσματος εκτέλεσης.
- 2) **Επίπεδο κώδικα.** Ερμηνεία της διαδικασίας ως μια δομή από συγκεκριμένες εντολές οι οποίες εκτελούνται σειριακά κάθε φορά που καλείται η διαδικασία με το όνομά της. Η νοηματοδότηση του κώδικα συσχετίζεται ένα δεδομένο αποτέλεσμα, δηλαδή μια μόνο περίπτωση εκτέλεσης.
- 3) **Επίπεδο δομικού λίθου.** Ερμηνεία της διαδικασίας ως ένα ανεξάρτητο αντικείμενο, ένα μαύρο κουτί με εισόδους και εξόδους, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομικός λίθος σε διαφορετικά σημεία του προγράμματος και για διαφορετικές περιπτώσεις. Οι μαθητές προσδίδουν στη διαδικασία περισσότερο την έννοια της κλάσης παρά την έννοια της διεργασίας. Αντιπροσωπευτική χρήση της διαδικασίας σε αυτό το επίπεδο ήταν η δημιουργία *στρώσεων διεπαφής προγραμματισμού* με χρήση εμφολευμένων διαδικασιών.
- 4) **Επίπεδο προβλήματος.** Ερμηνεία του προβλήματος το οποίο επιλύει μια διαδικασία και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του, όπως η δυνατότητα αποδόμησής του, τα δεδομένα του και η πολυπλοκότητα του. Πρόκειται για το υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης στο οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται και περιγράφουν ένα υπολογιστικό πρόβλημα ως ένα αυτόνομο αντικείμενο, ανεξαρτήτως γλώσσας προγραμματισμού και στη συνέχεια το επιλύουν δημιουργώντας μια γενικευμένη διαδικασία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί ως λύση για το ίδιο ή παρόμοια προβλήματα σε διαφορετικές καταστάσεις, προγράμματα και γλώσσες προγραμματισμού.

Τα τέσσερα επίπεδα αφαίρεσης που εντόπισε η ερευνήτρια έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με την ιεραρχία των Perrenet, Groote, Kaasenbrood (ιεραρχία PGK) η οποία περιλαμβάνει τα επίπεδα «εκτέλεσης», «προγράμματος», «αντικειμένου» και «προβλήματος». Η Armoni (2013) αξιοποίησε την ιεραρχία PGK για να αναλύσει τα επίπεδα αφαίρεσης των μαθητών για της έννοια του αλγόριθμου στο περιβάλλον Scratch. Εντούτοις, τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών δεν αναλύουν περεταίρω τις στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές μετέβησαν από το ένα επίπεδο στο άλλο. Επιπλέον αναλύουν τον αλγόριθμο στο σύνολο του προγράμματος και όχι ειδικά την προγραμματιστική διαδικασία.

Στην παρούσα έρευνα η ερευνήτρια εστιάζει στην έννοια της προγραμματιστικής διαδικασίας για την οποία, έως σήμερα, δεν έχουν μελετηθεί οι στρατηγικές αφαίρεσης κατά τη νοηματοδότησή της. Σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης οι μαθητές κατασκευάζουν και προσδίδουν έναν νέο ρόλο στην προγραμματιστική διαδικασία ο οποίος είναι πιο αφηρημένος και εσωκλείει τον προηγούμενο. Έτσι εφαρμόζουν την πρακτική της κατασκευής και χειρισμού στρωμάτων αφαίρεσης για τη διαχείριση ενός σύνθετου πολυεπίπεδου προβλήματος. Όπως φάνηκε από την ανάλυση, σε κάθε επίπεδο αφαιρετικής αντίληψης και χρήσης της διαδικασίας οι μαθητές εφάρμοσαν διαφορετικές πρακτικές και έννοιες προγραμματισμού, όπως η αποδόμηση, η αναγνώριση μοτίβων, η γενίκευση και ο αρθρωτός προγραμματισμός (modular).

Στις επόμενες παραγράφους, η ερευνήτρια επιχειρεί να ορίσει τα χαρακτηριστικά κάθε επιπέδου νοηματοδότησης της έννοιας της διαδικασίας από τους μαθητές, όπως προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων. Παράλληλα, περιγράφει τις ενέργειες, στρατηγικές και συμπεριφορές των μαθητών που εντάσσονται σε κάθε επίπεδο, παραθέτοντας και αναλύοντας ενδεικτικά κρίσιμα συμβάντα. Ο πίνακας 16 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους, προσφέροντας στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων ανά ομάδα μαθητών και ανά εφαρμογή της παρέμβασης.

Πίνακας 16: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.2

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Εφαρμογή παρέμβασης
Κρίσιμο Συμβάν 1	3	1 ^ο μέρος –μισοψημένος μικρόκοσμος «Fix the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 2	2	1 ^ο μέρος - μισοψημένος μικρόκοσμος «Fix the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 3	3	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 4	3	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 5	3	2 ^ο μέρος – μισοψημένος μικρόκοσμος «Draw the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 6	3	2 ^ο μέρος – μισοψημένος μικρόκοσμος «Draw the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 7	1	2 ^ο μέρος – μισοψημένος μικρόκοσμος «Draw the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 9	3	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 10	1	2 ^ο μέρος – μισοψημένος μικρόκοσμος «Draw the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 11	4	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 12	1	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 13	1	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 14	1	3 ^ο μέρος – Παίξιμο παιχνιδιού «Code the Mime»

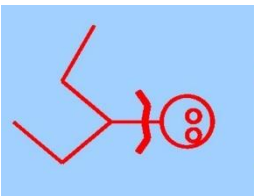
4.2.1.1 Πρώτο επίπεδο αφαίρεσης: Επίπεδο εντολής

Ως επίπεδο εντολής η ερευνήτρια χαρακτηρίζει το πρώτο και λιγότερο αφηρημένο επίπεδο νοηματοδότησης της έννοιας της διαδικασίας. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές ερμηνεύουν τη διαδικασία ως μια εντολή που η εκτέλεσή της οδηγεί σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα ορατό σε αυτούς. Είναι σε θέση να περιγράψουν τι κάνει η εντολή, δηλαδή την γραφική αναπαράσταση που προκύπτει από την εκτέλεσή της, αλλά όχι πώς το κάνει, δηλαδή τον κώδικά της. Προσεγγίζουν δηλαδή τη διαδικασία στο χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, αυτό της εντολής.

Από τον λόγο των μαθητών προκύπτει ότι σε αυτό το στάδιο αντιλαμβάνονται τον εαυτό τους ως εξωτερικό χειριστή της διαδικασίας η οποία εκτελείται αυτόνομα και αυτοματοποιημένα. Πολύ συχνά χρησιμοποιούσαν φράσεις όπως «τρέξε την εντολή», «γιατί δεν το φτιάχνει σωστά», «η εντολή είναι λάθος», «η εντολή έφτιαξε / ζωγράφισε», «το σχήμα που φτιάχτηκε». Φαίνεται να θεωρούν πως η εντολή είναι αυτή που παράγει το αποτέλεσμα ακολουθώντας κάποια αόριστη και ασαφής διαδικασία στην οποία δεν μπορούν ή δεν γνωρίζουν πώς να επέμβουν. Αντιστοιχούν δηλαδή το οπτικό αποτέλεσμα με την μια εκτελεσμένη εντολή και όχι με τον κώδικα που το κατασκευάζει. Κατά την ανάλυση των δεδομένων, η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες των μαθητών.

- α. Εκτέλεση μιας μη παραμετρικής διαδικασίας ως εντολή χωρίς ορίσματα
- β. Εκτέλεση μιας παραμετρικής διαδικασίας ως εντολή προσδιορίζοντας τις τιμές των παραμέτρων εισόδου με συγκεκριμένους αριθμούς
- γ. Διερεύνηση του αποτελέσματος που προκύπτει από την εκτέλεση μιας διαδικασίας ως εντολή
- δ. Δυναμικός χειρισμός των τιμών εισόδου και του γραφικού αποτελέσματος που προκύπτει από την εκτέλεση μιας παραμετρικής διαδικασίας

Κρίσιμα συμβάντα που υποδεικνύουν αυτό το επίπεδο αφαίρεσης εντοπίστηκαν κυρίως σε περιπτώσεις που οι μαθητές διερευνούσαν ή διασκεύαζαν διαδικασίες κατασκευασμένες από τρίτους, για παράδειγμα δοσμένες από την ερευνήτρια ή προγραμματισμένες από έναν συμμαθητή τους. Υπήρχαν όμως και ορισμένες περιπτώσεις που ενώ οι μαθητές είχαν κατασκευάσει οι ίδιοι τη διαδικασία, θεωρούσαν κάθε εκτέλεσή της ένα διακριτό γραφικό αποτέλεσμα, ασύνδετο με τα προηγούμενα, το οποίο δεν το γενίκευαν επίπεδο κώδικα. Χαρακτηριστικό αυτού του επιπέδου είναι ότι οι μαθητές σκέφτονται συγκεκριμένες λύσεις χωρίς να εφαρμόζουν αφαιρετική σκέψη. Ένα παράδειγμα, είναι το απόσπασμα στο κρίσιμο συμβάν 1 που έλαβε χώρα στην πρώτη φάση της έρευνας. Σε αυτό το συμβάν οι μαθήτριες της ομάδας 3 θέλουν αλλάξουν τον προσανατολισμό του μοντέλου ώστε να είναι όπως λένε «ξαπλωτό», δηλαδή να σχεδιάζεται στον άξονα ψ αντί για τον άξονα χ .

1	M5	Να κάνουμε όλο το ανθρωπάκι να φαίνεται ξαπλωτό;	
2	M6	Ναι αλλά πως θα το κάνουμε; Η εντολή person το φτιάχνει πάντα όρθιο.	αναφέρονται στη διαδικασία person ως εντολή
3	M5	Αν πούμε στο περιστέρι να στρίψει 90 μοίρες πριν ζωγραφίσει το ανθρωπάκι με την εντολή 'person' τότε θα φαίνεται σε εμάς ξαπλωτό	
4	M6	Αρα λες να γράψουμε εδώ δεξιά 90 και μετά την εντολή person	εκτελεί τις δυο εντολές στον συντάκτη  ;Μικρόκοσμος Person Modeler. σβγ δεξιά 90 person 120 80 80 80

Στη γραμμή 2 του κρίσιμου συμβάντος 1, η M6 αναφέρει πως «*Η εντολή person φτιάχνει το ανθρωπάκι πάντα όρθιο*». Φαίνεται να ταυτίζει την εντολή person με τον κώδικα που κατασκευάζει το μοντέλου του ανθρώπου. Επιπλέον θεωρεί πως το αποτέλεσμα είναι πάντα ίδιο και αμετάβλητο και δημιουργείται αυτόματα από την εκτέλεση της διαδικασίας (*το ανθρωπάκι είναι πάντα όρθιο*). Συμμεριζόμενη αυτή την αντίληψη, η M5, αναζητά λύση για το πρόβλημά τους δηλαδή την αλλαγή του προσανατολισμού του ανθρώπου, εκτός της διαδικασίας person. Η λύση που δίνουν στις γραμμές 3 και 4, δηλαδή να εκτελέσουν στον συντάκτη την εντολή *δεξιά 90* και στη συνέχεια την εντολή person, είναι ειδική και ισχύει μόνο για την εκτέλεση των δυο συγκεκριμένων εντολών με αυτή τη σειρά και υπό αυτές τις συνθήκες. Για παράδειγμα αν είχε προηγηθεί μια άλλη εντολή στροφής, όπως *κάτω 90*, η λύση τους δεν θα ήταν σωστή. Οι μαθήτριες εδώ ερμηνεύουν τη διαδικασία ως μια εντολή που έχει πάντα ένα δεδομένο γραφικό αποτέλεσμα και στο οποίο δεν μπορούν να επέμβουν εσωτερικά. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι στο λόγο τους οι μαθήτριες αναφέρονται στη διαδικασία «person» μόνο ως εντολή ενώ σε επόμενα επίπεδα αφαίρεσης, όπως θα δούμε στη συνέχεια, οι μαθητές σε αντίστοιχες περιπτώσεις χρησιμοποιούν κυρίως τον όρο διαδικασία.

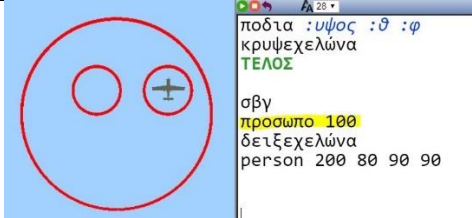
Παρανοήσεις και δυσκολίες μαθητών στο επίπεδο εντολής

Σε αυτό το επίπεδο αφαίρεσης, εντοπίστηκαν και οι περισσότερες παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με βασικές υπολογιστικές έννοιες όπως η σειρά εκτέλεσης των εντολών και η μνήμη ενός

αλγόριθμου. Αρκετοί μαθητές θεωρούσαν πως ο κώδικας μιας διαδικασίας εκτελείται αυτόνομα και ανεξάρτητα από την προηγούμενη κατάσταση του περιβάλλοντος. Ένα παράδειγμα παρανόηση φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 2. Στο επεισόδιο αυτό οι μαθήτριες τις ομάδας 2, καλούν τη διαδικασία «πόδια» με διαφορετικά ορίσματα εισόδου απ' ότι στο αρχικό πρόγραμμα του ανθρώπου, με στόχο να πετύχουν ένα πιο ομοιόμορφο γραφικό αποτέλεσμα.

Κρίσιμο Συμβάν 2

1	M4	Καταφέραμε να φτιάξουμε πόδια που αλλάζουν μαζί με το ύψος αλλά βγαίνουν από το μάτι	 <pre> ΓΙΑ person :υψος :θ :φ :ω σωμα :υψος/3 :ω προσωπο :υψος/6 ποδια :υψος :θ :φ κρυψεχελώνα ΤΕΛΟΣ ποδια 120 80 80 σβγ person 200 80 90 90 </pre>
2	M3	Ενώ όταν τα τρέχουμε μόνα τους βγαίνουν σωστά. Δείτε	εκτελεί τη διαδικασία πόδια 120 80 80 στον συντάκτη  <pre> ΓΙΑ person :υψος :θ :φ σωμα :υψος/3 :ω προσωπο :υψος/6 ποδια :υψος :θ :φ κρυψεχελώνα ΤΕΛΟΣ ποδια 120 80 80 σβγ person 200 80 90 90 </pre>
3	E	Ωραία, για να δούμε. Που βάλατε την εντολή πόδια στον κώδικα;	
4	M4	Εδώ που γράφει σώμα και πρόσωπο γράψαμε από κάτω και την εντολή πόδια	Δείχνει τον κώδικα της διαδικασίας person
5	E	Αρα ζωγραφίζει πρώτα το σώμα, μετά το πρόσωπο και μετά τα πόδια. Που βρίσκεται το αεροπλανάκι πριν ζωγραφίσει τα πόδια;	
6	M3	Εεε...δεν ξερω	
7	E	Πως θα το βρεις;	
8	M4	Κάνει το πρόσωπο πριν.	
9	E	Για τρέξε μόνο το πρόσωπο να δεις που σταματάει	εκτελεί τη διαδικασία πόδια 120 80 80

			
10	M3	Α το αεροπλανάκι είναι στο μάτι!! Γι' αυτό.	

Στο κρίσιμο συμβάν 2, οι μαθήτριες καλούν με τα σωστά ορίσματα την εντολή πόδια και είναι σε θέση να προβλέψουν το αναμενόμενο γραφικό αποτέλεσμα από αυτή την εκτέλεση. Εντούτοις, θεωρούν ότι το αποτέλεσμα είναι πάντα ίδιο και ανεξάρτητο από την προηγούμενη κατάσταση του προγράμματος. Από τα λεγόμενα της M3 (γραμμή 2) φαίνεται να θεωρεί πως το αποτέλεσμα που βλέπει όταν εκτελεί την εντολή πόδια στις αρχικές συνθήκες του περιβάλλοντος (η οντότητα στη θέση 0 0 με προσανατολισμό 0), θα είναι πανομοιότυπο με το αποτέλεσμα κάθε εκτέλεσης της εντολής «πόδια» και ανεξάρτητο της τρέχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος. Η αντίληψη αυτή επιβεβαιώνεται και από τη M4 (γραμμή 4) η οποία αναφέρει ότι έγραψαν την εντολή πόδια εκεί που είναι και οι άλλες εντολές, χωρίς να εκφράζει κάποιο νόημα για τη σειριακή εκτέλεση των εντολών και την επίδρασή τους στην κατάσταση του περιβάλλοντος. Η παρανόηση αυτή φαίνεται να συνδέεται με την πολύ συγκεκριμένη αντίληψη για την έννοια της διαδικασίας που παρουσιάζουν οι μαθητές στο επίπεδο αυτό. Στα επεισόδια 1 και 2 οι μαθήτριες νοηματοδοτούν τη διαδικασία ως το αποτέλεσμα εκτέλεσης μιας εντολής το οποίο είναι σταθερό, μη τροποποιήσιμο και όμοιο οποιαδήποτε στιγμή εκτέλεσής της. Την αντιλαμβάνονται δηλαδή στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο αφαίρεσης.

4.2.1.2 Δεύτερο επίπεδο αφαίρεσης: Επίπεδο κώδικα

Ως επίπεδο κώδικα η ερευνήτρια αναφέρεται στο δεύτερο κατά σειρά επίπεδο νοηματοδότησης της διαδικασίας. Σε αυτό το επίπεδο αφαιρετικής σκέψης οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη διαδικασία ως την ομαδοποίηση ενός συνόλου εντολών που εκτελούν κάθε φορά την ίδια ορισμένη διεργασία. Είναι σε θέση να αντιστοιχήσουν το γραφικό αποτέλεσμα με τον κώδικα που το δημιούργησε και να το περιγράψουν με εντολές. Επιπλέον, κατασκευάζουν οι ίδιοι νέες διαδικασίες, συνήθως χωρίς παραμετρικές εισόδους, που εκτελούν ένα τμήμα κώδικα του συνολικού τους προγράμματος. Εντούτοις, οι διαδικασίες που κατασκευάζουν σε αυτό το επίπεδο αφορούν μια συγκεκριμένη περίπτωση αποτελέσματος και δεν αποτελούν αυτόνομες οντότητες. Συχνά η ορθότητα του αποτελέσματος της διαδικασίας εξαρτάται από την προηγούμενη κατάσταση του προγράμματος, καθιστώντας τη κατάλληλη για χρήση στα στενά πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος για το οποίο δημιουργήθηκε.

Οι διάλογοι των μαθητών σε αυτό το επίπεδο αφαίρεσης περιλαμβάνουν εκφράσεις που σχετίζονται με έννοιες προγραμματισμού, όπως τα αρχέτυπα και το συντακτικό της γλώσσας προγραμματισμού και τη σειρά εκτέλεσής των εντολών της διαδικασίας. Όπως προκύπτει από τα δεδομένα, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τον εαυτό τους ως προγραμματιστές μιας διαδικασίας, χωρίς όμως να αντιλαμβάνονται τη δυνατότητα γενίκευσης του κώδικα που προγραμματίζουν και σε άλλες περιπτώσεις. Κατά την ανάλυση των δεδομένων, η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες των μαθητών.

- α. Ομαδοποίηση ανεξάρτητων εντολών σε μια διαδικασία
- β. Αποδόμηση του κώδικα ενός προγράμματος σε επιμέρους υποδιαδικασίες
- γ. Έλεγχος του κώδικα μιας διαδικασίας για τον εντοπισμό και τη διόρθωση σφάλματος
- δ. Περιγραφή του γραφικού αποτελέσματος με εντολές και αντίστροφα

Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων, όλοι οι μαθητές μετέβησαν από το επίπεδο εντολής στο επίπεδο κώδικα. Το επίπεδο κώδικα ήταν αυτό με τον μεγαλύτερο κατά απόλυτο αριθμό κρίσιμων συμβάντων, με τα περισσότερα από αυτά να εντοπίζονται στη δεύτερη και στην τρίτη φάση της έρευνας.

Στο κρίσιμο συμβάν 3 οι μαθήτριες της ομάδας 1 αντιμετωπίζουν ένα παρόμοιο πρόβλημα με αυτό του κρίσιμου συμβάντος 1 που παρουσιάστηκε στην παράγραφο «επίπεδο εκτέλεσης». Θέλουν το γραφικό αποτέλεσμα να είναι «ξαπλωτό», δηλαδή να ζωγραφιστεί στον άξονα ζ, για να αναπαραστήσουν το άθλημα της κολύμβησης. Εντούτοις, εδώ το προσεγγίζουν με τρόπο που υποδεικνύει υψηλότερη αφαιρετική σκέψη από το πρώτο.

Κρίσιμο Συμβάν 3

1	M2	Τώρα θέλουμε να κάνουμε όλο το σώμα ξαπλωτό οπότε να κάνουμε στροφή κάτω. Στο σώμα να πάω;	Ψάχνει τη διαδικασία «σώμα» στον συντάκτη εντολών
2	M1	Μάλλον ναι. Βέβαια θέλουμε από την αρχή να κάνει τη στροφή. Αν βάλεις την εντολή κάτω, μέσα στη διαδικασία σώμα θα στρίψει μόνο το σώμα του οριζόντια	Κοιτάζει τον κώδικα της διαδικασίας «σώμα»
3	M2	Σωστά. Οπότε μήπως καλύτερα να το βάλουμε πριν ζωγραφίσει το πρώτο κομμάτι του ανθρώπου; Ποιο ζωγραφίζουμε πρώτα;	
4	M1	Το πρόσωπο.	Ψάχνει τις υποδιαδικασίες που καλεί η διαδικασία person

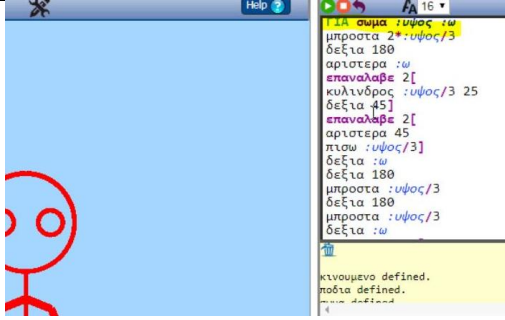
5	M2	Άρα, μέσα στη διαδικασία person και πριν από την εντολή πρόσωπο βάζω την εντολή κάτω 90	Κοιτάζει τον κώδικα της διαδικασίας «person»
---	----	---	--

Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 2, οι μαθήτριες αναγνωρίζουν τις διαδικασίες που αποτελούν κάθε τμήμα του κυρίως προγράμματός «person» και αντιστοιχίζουν σε αυτές τα κομμάτια του γραφικού αποτελέσματος (γραμμές 1-3). Για την επίλυση του προβλήματος εξετάζουν σε ποια υποδιαδικασία είναι προτιμότερο να μπει η εντολή στροφής ‘κάτω 90’, ώστε να έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα για κάθε εκτέλεση της διαδικασίας person. Σε αντίθεση με το συμβάν 1, εδώ φαίνεται να έχουν αντιληφθεί τη διαφοράς εντολής και διαδικασίας καθώς και της σειράς εκτέλεσης των εντολών κάθε διαδικασίας. Αντί να γράψουν την εντολή κάτω 90 απευθείας στον συντάκτη εντολών, όπως οι μαθήτριες στο συμβάν 1, την ενσωματώνουν σε συγκεκριμένο σημείο του κώδικα της διαδικασίας person, μετά από ανάλυση εναλλακτικών διασκευών και πρόβλεψη των διαφορετικών αποτελεσμάτων εκτέλεσης. Για το ίδιο πρόβλημα δηλαδή, κατασκευάζουν μια πιο γενικευμένη λύση σε σχέση με αυτή του συμβάντος 1 και προσεγγίζουν την έννοια της διαδικασίας σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης. Εντούτοις, το αποτέλεσμα παραμένει περιορισμένο στα πλαίσια και τα δεδομένα του συγκεκριμένου αλγόριθμου. Η στροφή είναι συγκεκριμένα 90 μοίρες και το αποτέλεσμα είναι σωστό μόνο εάν η προηγούμενη κατάσταση της οντότητας είναι σε προσανατολισμό 0 0 0.

Στο κρίσιμο συμβάν 4, φαίνεται μια ακόμη περίπτωση νοηματοδότησης της διαδικασίας σε επίπεδο κώδικα μέσα από την αντιστοίχιση τμημάτων του οπτικού αποτελέσματος με διαδικασίες. Καθώς οι μαθήτριες της ομάδας 3 παίζουν το παιχνίδι «Code-the-mime», αποφασίζουν να προσθέσουν στην άκρη κάθε χεριού του ανθρώπου ένα «μπαστούνι», δηλαδή ένα ευθύγραμμο τμήμα, για να απεικονίσουν το άθλημα του σκι.

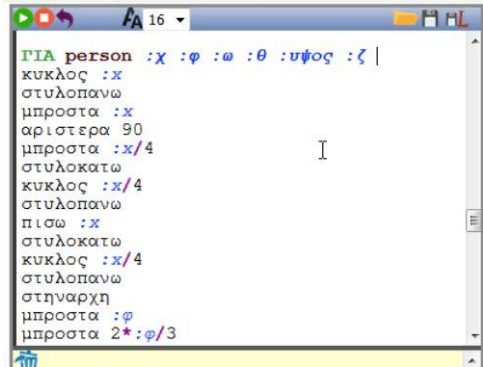
Κρίσιμο Συμβάν 4

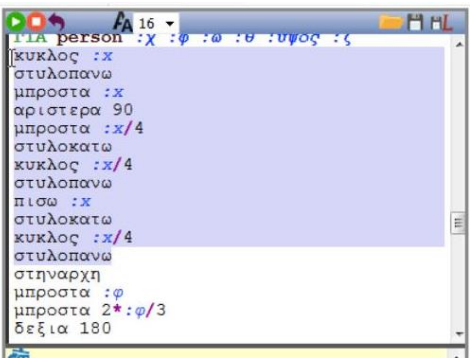
1	M6	Πάμε να βάλουμε τα μπαστούνια	
2	M5	Να βρούμε που ακριβώς φτιάχνονται τα χέρια μέσα στη διαδικασία σώμα	
3	M6	Εδώ είναι	Ψάχνει τον κώδικα της διαδικασίας σώμα και δείχνει την επανάληψη

			
4	M5	Να τρέξουμε μια-μια τις εντολές που φτιάχνουν τα χέρια για να δούμε πως τα φτιάχνει. Θα τις τρέξω με νούμερα	Εκτελεί τις εντολές με αριθμητικά ορίσματα στον συντάκτη, εκτός διαδικασίας. 

Στο κρίσιμο συμβάν 4, η μαθήτρια M5 (γραμμή 2) εντοπίζει αμέσως ότι το σχήμα που απεικονίζει τα χέρια του ανθρώπου κατασκευάζεται στη διαδικασία σώμα την οποία προτείνει να διασκευάσουν. Αντιλαμβάνεται δηλαδή ότι διασκευάζοντας τη διαδικασία 'σώμα' μπορεί να τροποποιήσει το συγκεκριμένο σχήμα του μοντέλου, επηρεάζοντας ταυτόχρονα το αποτέλεσμα της κύριας «person». Αυτή η αντίληψη απουσίαζε από το προηγούμενο επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή το επίπεδο εντολής. Στη συνέχεια προτείνει να εκτελέσουν τις εντολές εκτός διαδικασίας για να βρουν σε πιο ακριβώς σημείο θα προσθέσουν τη νέα εντολή που θα σχεδιάζει το μαστούνη. Εδώ η μαθήτρια εκφράζει σαφώς τη διαφορά μεταξύ εκτέλεσης της εντολής εκτός διαδικασίας, «*με συγκεκριμένα νούμερα*» όπως αναφέρει, και εντός διαδικασίας με μεταβλητές παραμέτρους. Αντιλαμβάνεται δηλαδή τη διαφορά μεταξύ του επιπέδου εντολής και του επιπέδου κώδικα.

Συχνά η νοηματοδότηση της διαδικασίας σε επίπεδο κώδικα προέκυπτε ως αποτέλεσμα της πρακτικής της αποδόμησης ενός προγράμματος σε μικρότερα τμήματα, συνήθως με σκοπό την καλύτερη διαχείρισή του. Στο κρίσιμο συμβάν 5, οι μαθήτριες της ομάδας 3 στο δεύτερο μέρος της διδακτικής παρέμβασης, προσπαθώντας να εντοπίσουν το σφάλμα στο πρόγραμμά τους, αποφασίζουν να χωρίσουν τον κώδικα της κύριας διαδικασίας «person» σε επιμέρους διαδικασίες.

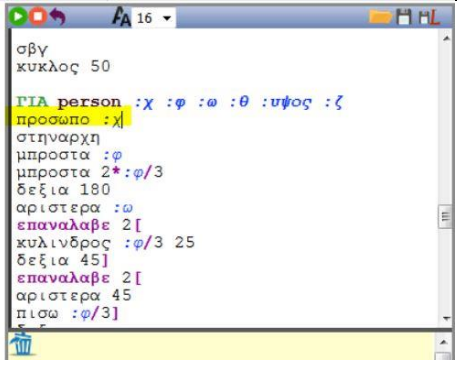
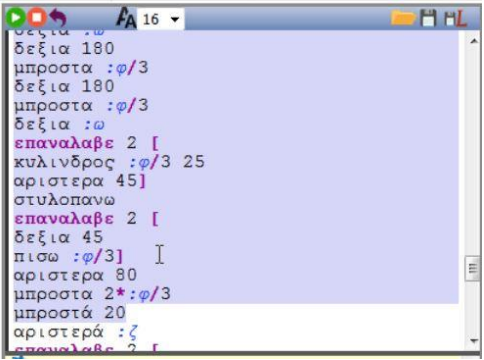
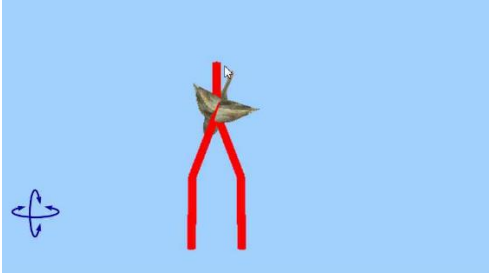
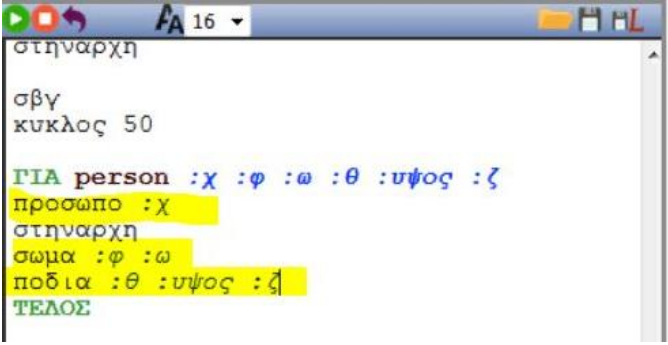
1	M5	Κυρία δείτε πως βγαίνει. Είναι λάθος αλλά δεν μπορούμε να βρούμε σε ποιο σημείο	
2	E	Για δείξτε μου τι έχετε κάνει	
3	M5	Λοιπόν στο πρόγραμμα person , φτιάχνουμε πρώτα το κεφάλι, μετά πάμε στην αρχή και φτιάχνουμε τα πόδια και το υπόλοιπο	
4	E	Πως το φτιάχνετε;	
5	M5	εδώ με τις εντολές αυτές	Έχουν γράψει όλες τις εντολές στη διαδικασία person χωρίς να καλούν υποδιαδικασίες 
6	E	Α έχετε γράψει όλες τις εντολές μαζί σε μια διαδικασία. Γιατί το κάνατε έτσι;	
7	M6	Ναι νομίζαμε θα ήταν πιο εύκολο να βρίσκουμε τα λάθη αν είχαμε όλες τις εντολές μαζί. Αλλά μάλλον είναι καλύτερα να το χωρίσουμε, γιατί έτσι είναι πολύ μπερδεμένο	
8	E	Τι εννοείς θα το χωρίσετε;	

9	M6	Να πάρουμε όλα αυτά για παράδειγμα και να τα βάλουμε σε ένα νέο πρόγραμμα ‘για πρόσωπο’ και μετά εδώ αντί για όλα αυτά θα γράψουμε απλώς πρόσωπο με τους αριθμούς	Επιλέγει ένα σύνολο από εντολές 
---	----	--	---

Στο κρίσιμο συμβάν 5 οι μαθήτριες εφαρμόζουν την πρακτική της αποδόμησης για να απλοποιήσουν και να διαχειριστούν καλύτερα το πρόγραμμά τους. Στη γραμμή 7 η M6 αλλάζει τη στρατηγική προγραμματισμού που χρησιμοποιούσε μέχρι εκείνη τη στιγμή. Εξηγεί ότι αρχικά θεωρούσαν πιο πρακτικό να έχουν όλες τις εντολές του προγράμματος μαζί ώστε «να εντοπίζουν ευκολότερα τα λάθη». Συνεχίζει λέγοντας πως «είναι καλύτερα να το χωρίσουν γιατί είναι πολύ μπερδεμένο». Κατόπιν στη γραμμή 9 περιγράφει λεκτικά τον τρόπο δημιουργίας μιας διαδικασίας και κλίσης της μέσα από μια άλλη. Φαίνεται να αντιλαμβάνεται τη διαδικασία σε ένα πολύ βασικό επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή ως την ομαδοποίηση συγκεκριμένων εντολών με σκοπό την αντικατάστασή τους με μια μόνο εντολή για την καλύτερη διαχείριση του συνολικού προγράμματος. Ωστόσο, δεν γενικεύει τις εντολές αυτές ώστε η διαδικασία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα πλαίσια, για παράδειγμα σε άλλα μοντέλα ανθρώπου. Αυτό επιβεβαιώνεται και στο κρίσιμο συμβάν 6 που λαμβάνει χώρα λίγο μετά το απόσπασμά του κρίσιμου συμβάντος 5.

Κρίσιμο Συμβάν 6

M5	Ωραία. Λοιπόν το πρόσωπο για να δούμε που τελειώνει....Εδώ στο «στυλοπανω» ή στην εντολή «στηναρχη»	
M6	Στο στυλοπάνω. Το στηναρχη άστο έξω ή το βάζουμε στην επόμενη διαδικασία	

M5	ωραία. Τα σβήνουμε μέχρι εδώ και βάζουμε «προσωπο» και πάμε να γράψουμε για πρόσωπο και να τα βάλουμε εκεί μέσα.	
M6	ωραία τώρα το σώμα μέχρι ποια εντολή είναι; Μέχρι....πριν το μπροστά 20.	
M5	Ναι το μπροστά 20 είναι ... αυτό το κομματάκι που είναι στα πόδια	Δείχνει το γραφικό αποτέλεσμα και τον κώδικα 
Η τελική διαδικασία person μετά την αποδόμηση 		

Στο συμβάν 6 οι μαθήτριες αποδομούν ένα ενιαίο σύνθετο πρόγραμμα σε διαδικασίες. Το κριτήριό τους για την αποδόμηση του προγράμματος είναι καθαρά οπτικό με βάση το γραφικό αποτέλεσμα και όχι προγραμματιστικό. Χωρίζουν νοητά το γραφικό μοντέλο που φαίνεται στη σκηνή σε επιμέρους τμήματα και στη συνέχεια εντοπίζουν τις εντολές που τα κατασκευάζουν και τις

ομαδοποιούν σε διαδικασίες. Η λύση που δίνουν ενώ εμπεριέχει κάποια στοιχεία γενίκευσης, παραμένει συγκεκριμένη και λειτουργεί περισσότερο ως εργαλείο διαχείρισης του κώδικα. Χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι αφήνουν την εντολή «στηναρχή», που επιστρέφει την οντότητα στην αρχική της θέση, έξω από τη διαδικασία πρόσωπο (γραμμή 2), με αποτέλεσμα η αρχική και η τελική θέση της οντότητας όταν τελειώνει τη διαδικασία «πρόσωπο» να είναι διαφορετική. Το αποτέλεσμα είναι σωστό σε αυτό το πρόγραμμα με τον συγκεκριμένο συνδυασμό εντολών και διαδικασιών. Εντούτοις, η διαδικασία «πρόσωπο» δεν μπορεί να αξιοποιηθεί αυτόνομα ως δομικός λίθος σε κάποιο άλλο πρόγραμμα με άλλα δεδομένα.

Παρανοήσεις και δυσκολίες μαθητών στο επίπεδο κώδικα

Από τα επεισόδια 5α και 5β φάνηκε πως οι μαθητές σε αυτό το επίπεδο αφαίρεσης, αντιλαμβάνονται τη διαδικασία ως ένα σύνολο εντολών που ανταποκρίνεται σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Η αντίληψη αυτή οδήγησε κάποιους μαθητές σε παρανοήσεις σε σχέση με την κλίση της ίδιας διαδικασίας πάνω από μια φορά στο ίδιο πρόγραμμα. Στο συμβάν 7, οι μαθήτριες της ομάδας 1 εξηγούν στην ερευνήτρια γιατί έφτιαξαν μια ξεχωριστή διαδικασία για το κάθε πόδι κατά τη δραστηριότητα κατασκευής του μοντέλου.

Κρίσιμο Συμβάν 7

1	E	Χρησιμοποιείται τη διαδικασία πόδια για να φτιάξετε και τα δύο πόδια;	
2	M1	Όχι μόνο το ένα. Με την πόδια2 φτιάχνουμε το άλλο πόδι	<pre> ΓΙΑ ποδια2 :θ :υψος :α :ζ αριστερα 180 αριστερα :ζ επαναλαβε 2 [μπροστα :υψος/2 δεξια :θ] στυλοπανω επαναλαβε 2 [αριστερα :θ πισω :υψος/2] στυλοκατω ΤΕΛΟΣ ΓΙΑ ποδια :θ :υψος επαναλαβε 2 [μπροστα :υψος/2 δεξια :θ] στυλοπανω επαναλαβε 2 [αριστερα :θ πισω :υψος/2] στυλοκατω ΤΕΛΟΣ </pre>
3	E	έχετε δηλαδή ένα πρόγραμμα για το ένα πόδι και ένα για το άλλο;	

4	M2	Ναι θέλαμε να τα φτιάξουμε ξεχωριστά για να μην είναι ίδια και να αλλάξει η γωνία ανάμεσά τους.	ΓΙΑ Ποδια3 :θ :υψος :α :ζ ποδια2 :θ :υψος θ :ζ ποδια :θ :υψος ΤΕΛΟΣ
---	----	---	--

Ο κώδικας των δυο παραμετρικών διαδικασιών «ποδια» και «ποδια2», που κατασκευάζουν οι μαθήτριες στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 7, διαφοροποιείται μόνο στις δύο πρώτες εντολές της διαδικασίας «πόδια2» δηλαδή τις «αριστερά 180 αριστερά :ζ». Κατά τα άλλα πρόκειται για τον ίδιο κώδικα τον οποίο επαναλαμβάνουν σε δύο ξεχωριστές διαδικασίες. Όπως αναφέρει η M2 στη γραμμή 4, έφτιαξαν δύο ξεχωριστές διαδικασίες για να μην είναι ίδια τα 2 πόδια. Φαίνεται δηλαδή πως δεν αντιλαμβάνεται τη δυνατότητα κλίσης της ίδιας διαδικασίας πάνω από μια φορά στο ίδιο πρόγραμμα με διαφορετικά ορίσματα. Επιπλέον οι μαθήτριες δεν αναγνωρίζουν τα κοινά μοτίβα στον κώδικα των δύο διαδικασιών ώστε να τις γενικεύσουν σε μια κοινή διαδικασία. Αντίθετα θεωρούν αντιστοιχίζουν κάθε διαδικασία με μια συγκεκριμένη εκτέλεση. Τέλος, φαίνεται να μην έχουν κατανοήσει πλήρως το ρόλο και τη λειτουργία των παραμέτρων εισόδου, καθώς στις διαδικασίες «πόδια2» και «πόδια3» έχουν την παράμετρο :α ως όρισμα χωρίς όμως να τη χρησιμοποιούν κάπου μέσα στον κώδικά τους. Ενώ οι μαθήτριες ορίζουν και καλούν σωστά τις παραμετρικές διαδικασίες από καθαρά συντακτική πλευρά, δηλαδή σε επίπεδο κώδικα, βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης σε σχέση με την αντίληψη της διαδικασίας ως ανεξάρτητο αντικείμενο που αντιπροσωπεύει πολλές διαφορετικές περιπτώσεις.

4.2.1.3 Τρίτο επίπεδο αφαίρεσης: Επίπεδο δομικού λίθου

Ως τρίτο επίπεδο αφαίρεσης η ερευνήτρια θεωρεί την ερμηνεία της διαδικασίας από τους μαθητές ως ένα ανεξάρτητο αντικείμενο, έναν δομικό λίθο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε διαφορετικά προβλήματα και αλγόριθμους. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές αντιλαμβάνονται και χρησιμοποιούν την έννοια της διαδικασίας ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα με είσοδο και έξοδο που λειτουργεί αυτόνομα και ανεξάρτητα από το πρόγραμμα στο οποίο καλείται, δηλαδή ως ένα μαύρο κουτί. Σε αντίθεση με το προηγούμενο επίπεδο, όπου θεωρούσαν πως το αποτέλεσμα της διαδικασίας αντικατοπτρίζει μια μοναδική περίπτωση (κρίσιμο συμβάν 6), εδώ οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η ίδια διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πολλών περιπτώσεων εκτέλεσης με διαφορετικά δεδομένα εισόδου και εξόδου. Νοηματοδοτούν δηλαδή την διαδικασία ως μια πιο αφηρημένη δομή που θυμίζει περισσότερο την έννοια της κλάσης και λιγότερο μιας διεργασίας που ομαδοποιεί συγκεκριμένες εντολές, όπως συνέβαινε στο επίπεδο κώδικα. Σε αυτό το πλαίσιο η ερευνήτρια εντόπισε πως οι μαθητές εφαρμόζουν την πρακτική της αναγνώρισης μοτίβων τόσο μεταξύ διαφορετικών τμημάτων κώδικα όσο και μεταξύ τμημάτων στο οπτικό αποτέλεσμα.

Στους διαλόγους τους κατά τις δραστηριότητες της έρευνας, οι μαθητές, σε αυτό το επίπεδο αφαίρεσης, αναφέρονται τόσο στο γραφικό αποτέλεσμα και στον κώδικα της διαδικασίας όσο και στην δυνατότητα χρήσης της διαδικασίας από κάποιον τρίτο. Μέσα από τον λόγο τους εκφράζουν νοήματα για πιο περίπλοκες και αφηρημένες υπολογιστικές έννοιες, σε σχέση με τα δυο προηγούμενα επίπεδα, όπως η κλίση υποδιαδικασιών, η επιλογή κατάλληλων παραμέτρων εισόδου, ο βαθμός 'ανεξαρτησίας', επαναχρησιμοποίησης και αποτελεσματικότητας της διαδικασίας, η απόκρυψη και εμφάνιση πληροφοριών από τον τελικό χρήστη. Εντούτοις, και σε αυτό το επίπεδο η κατασκευή διαδικασιών υλοποιείται στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος και όχι σε ένα πλαίσιο επίλυσης ενός γενικευμένου προβλήματος. Οι μαθητές αντιλαμβάνονται τον εαυτό τους ως προγραμματιστές μιας σύνθετης δομής αρθρωτών διαδικασιών με την οποία δίνουν πρόσβαση σε ιδιότητες του μοντέλου, αποκρύπτουν πληροφορίες και χειρίζονται ένα σύνθετο υπολογιστικό σύστημα. Κατά την ανάλυση των δεδομένων, η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες των μαθητών.

- α. Δημιουργία αυτόνομων διαδικασιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα μιας προηγούμενης εκτέλεσης
- β. Χρήση της ίδιας διαδικασίας για δημιουργία διαφορετικών περιπτώσεων/στιγμιότυπων
- γ. Εντοπισμός μοτίβων μεταξύ παρόμοιων τμημάτων κώδικα και γενίκευσή τους σε μια διαδικασία
- δ. Επιλογή εισόδων διαδικασίας ανάλογα με τα στοιχεία στα οποία θέλουν να δώσουν πρόσβαση ή θέλουν να αποκρύψουν από τον τελικό χρήστη, δηλαδή τους συμπαίκτες τους
- ε. Χρήση πολλαπλών εμφολευμένων διαδικασιών

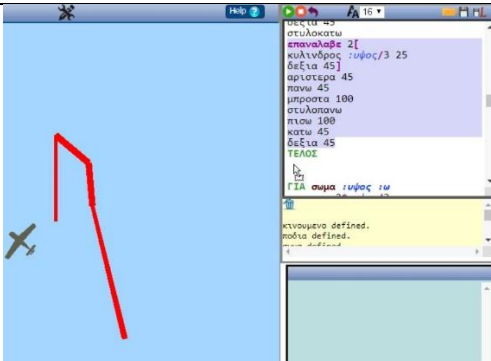
Η ερευνήτρια εντόπισε τα περισσότερα από τα σχετικά κρίσιμα συμβάντα στην τρίτη φάση της έρευνας, δηλαδή κατά το παίξιμο του παιχνιδιού «Code-the-Mime». Συγκεκριμένα, το 58% των συμβάντων που σχετίζονται με το επίπεδο δομικού λίθου εντοπίστηκαν στην τρίτη φάση της έρευνας, το 42% στη δεύτερη φάση, ενώ κανένα συμβάν δεν εντοπίστηκε στην πρώτη φάση. Το γεγονός αυτό, συγκριτικά και με τις εμφανίσεις επεισοδίων για τα δυο προηγούμενα επίπεδα, υποδεικνύει μια εξέλιξη στην αφαιρετική σκέψη των μαθητών σε σχέση με την έννοια της διαδικασίας. Το πλαίσιο και η δομή του παιχνιδιού σε συνδυασμό με τις λειτουργικότητες του εργαλείου, φάνηκε να συνέβαλαν σημαντικά σε αυτή την εξέλιξη.

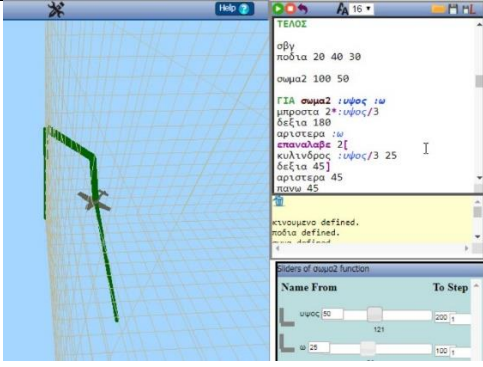
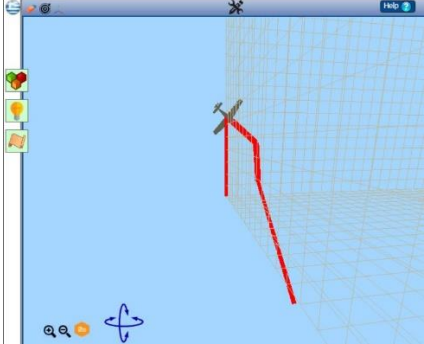
Στα πλαίσια της νοηματοδότησης της διαδικασίας ως δομικό λίθο, οι μαθητές εξέφρασαν νοήματα για τη δυναμική ιδέα της «κατάστασης» (Papert, 1980) και την επίδραση μιας προγραμματιστικής διαδικασίας σε αυτή. Η ιδέα αυτή που απουσίαζε από την αντίληψη τους στα δυο προηγούμενα επίπεδα αφαίρεσης. Η κατάσταση του περιβάλλοντος στο εργαλείο «MaLT2», αφορά την κατάσταση της οντότητας (θέση και προσανατολισμός), της κάμερας (οπτικό πεδίο) και του ίχνους (πάχος και χρώμα). Η εκτέλεση μιας εντολής ή μιας διαδικασίας συνήθως μεταβάλλει ένα ή και

περισσότερα στοιχεία της κατάστασης αυτής. Το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας σχεδιασμένης ως ανεξάρτητο αντικείμενο, θα πρέπει να είναι ανεξάρτητο από την προηγούμενη κατάσταση του περιβάλλοντος αλλά και να μην επηρεάζει την εκτέλεση των επόμενων εντολών. Αυτά τα χαρακτηριστικά προσδίδουν στη διαδικασία την έννοια του δομικού λίθου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά προγράμματα έχοντας πάντα σωστό αποτέλεσμα. Σε αυτό το πλαίσιο οι μαθητές διερεύνησαν την ορθότητα του αποτελέσματος μιας διαδικασίας σε διαφορετικές καταστάσεις περιβάλλοντος, εντόπισαν μοτίβα και γενίκευσαν τις διαφορετικές περιπτώσεις χρησιμοποιώντας παραμετρικές εισόδους στις διαδικασίες.

Στο κρίσιμο συμβάν 8 φαίνεται ένα παράδειγμα νοηματοδότησης της κατάστασης του περιβάλλοντος πριν και μετά τη διασκευή μιας διαδικασίας. Οι μαθήτριες της ομάδας 3 καθώς διασκεύαζαν το μοντέλο τους για να αναπαραστήσουν το άθλημα του σκι, αντιμετωπίζουν ένα λανθασμένο αποτέλεσμα. Για να εντοπίσουν και να διορθώσουν το λάθος, αντιγράφουν σε μια νέα διαδικασία ένα κομμάτι από τις εντολές της διαδικασίας «σώμα» και τις εκτελούν.

Κρίσιμο Συμβάν 8

1	M6	Να βλέπεις. Όταν τελειώσει το σχέδιο, μετά ξεκινάει από εδώ να κάνει τα υπόλοιπα βήματα αντί να ξεκινάει από εδώ.	
2	M5	Ναι το πρόβλημα είναι ότι καταλήγει εδώ, ενώ θα έπρεπε βρίσκεται εδώ. Αρά από την αρχή είναι το λάθος	Δείχνει στην οθόνη
3	M6	Όχι από την αρχή. Αφού το φτιάχνει σωστά μέχρι εδώ. Από το σημείο που το έχει φτιάξει και πρέπει να επιστρέψει στην αρχική θέση είναι το πρόβλημα. Αλλά πρέπει να βρούμε που είναι αυτό το σημείο στον κώδικα	

4	M5	Να βάλουμε ένα πίσω για να γυρνάει από το μαστουνάκι στον καρπό . [...] κοίτα είναι σωστό.	
5	M6	Άρα εδώ που γράφουμε πάλι επανάλαβε μπροστά ύψος δια 3, δεξιά 45 είναι λάθος. Θέλουμε το αντίστροφο για να γυρίσει στον ώμο .	
6	M5	Α για δοκίμασε Επαναλαβε 2 αριστερα 45, πισω υψος δια 3. Νομίζω και πριν έτσι ήταν	
7	M6	Τέλεια! Οπότε τώρα μπορεί να συνεχίσει κανονικά με τις υπόλοιπες εντολές για το χέρι και το σώμα	

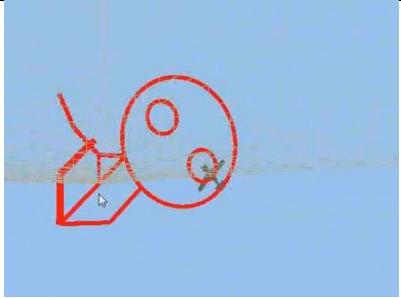
Στο κρίσιμο συμβάν 8, η διασκευή των μαθητριών περιλαμβάνει την προσθήκη ενός ευθύγραμμου τμήματος μετά το εικονικό «χέρι» του μοντέλου, με τις εντολές «πάνω 45 μπροστά :ύψος». Αυτές οι εντολές αλλάζουν το περιβάλλον, δηλαδή τη θέση και τον προσανατολισμό της οντότητας, χωρίς να το επαναφέρουν στην προηγούμενή του κατάσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι επόμενες εντολές που προϋπήρχαν στο πρόγραμμα να εκτελούνται στην αλλαγμένη κατάσταση οδηγώντας σε λανθασμένη γραφική απεικόνιση (γραμμή 1). Οι μαθήτριες, διερευνώντας τον κώδικα και το γραφικό αποτέλεσμα νοσηματοδοτούν την έννοια της κατάστασης του περιβάλλοντος και τη σημασία μεταβολής του. Η M5 στη γραμμή 2 περιγράφει το γενικό πρόβλημα όπως το βλέπει στο γραφικό αποτέλεσμα «*το πρόβλημα είναι ότι τελικά καταλήγει εδώ, ενώ θα έπρεπε να βρίσκεται εδώ*». Στη συνέχεια, στη γραμμή 3, η M6 εντοπίζει ότι το πρόβλημα ξεκινά αφού έχει σχεδιάσει το νέο ευθύγραμμο τμήμα, αφού δηλαδή έχει αλλάξει η κατάσταση του την οποία πρέπει να επαναφέρουν, υποστηρίζοντας ότι «*από το σημείο που το έχει φτιάξει και πρέπει να επιστρέψει στην αρχική θέση*».

είναι το πρόβλημα». Κατόπιν, στις γραμμές 6 και 7, αποφασίζουν ότι πρέπει να προσθέσουν στον κώδικα τις αντίστροφες εντολές από αυτές που ζωγράφισε το χέρι και το μπαστούνι, ώστε η οντότητα να επανέλθει στην «αρχική της θέση», δηλαδή στην προηγούμενη κατάστασή της. Εδώ αναγνωρίζουν ένα μοτίβο αντίστροφης επανάληψης των εντολών για την επαναφορά της οντότητας στην προηγούμενη της κατάσταση.

Η στρατηγική που ακολουθούν οι μαθήτριες στο κρίσιμο συμβάν 7, δείχνει ότι αντιλαμβάνονται την έννοια της μεταβολής κατάστασης καθώς και τη σημασία επαναφοράς της πριν την συνέχιση του αλγόριθμου. Δημιουργούν δηλαδή μια αυτόνομη διαδικασία που δεν επηρεάζεται ούτε επηρεάζει την κατάσταση του περιβάλλοντος. Η αντίληψη αυτή αποτυπώνεται και στη φράση της Μ6 στη σειρά 8 «*τόρα μπορεί να συνεχίσει κανονικά με τις υπόλοιπες εντολές*».

Η ερευνήτρια εντόπισε αντίστοιχα συμβάντα και σε άλλες ομάδες που έλαβαν χώρα κατά τη δεύτερη και την τρίτη φάση της έρευνας. Στο κρίσιμο συμβάν 9 οι μαθήτριες της ομάδας 1 αντιμετωπίζουν ένα αντίστοιχο πρόβλημα με αυτό του συμβάντος 8. Επιχειρούν να συνθέσουν το μοντέλο καλώντας τις υποδιαδικασίες που έχουν κατασκευάσει στη δραστηριότητα σχεδιασμού της δεύτερης φάσης της έρευνας. Έχουν ήδη καλέσει τις διαδικασίες «*πόδια*» και «*σώμα*» και θέλουν να καλέσουν τη διαδικασία *πρόσωπο*.

Κρίσιμο Συμβάν 9

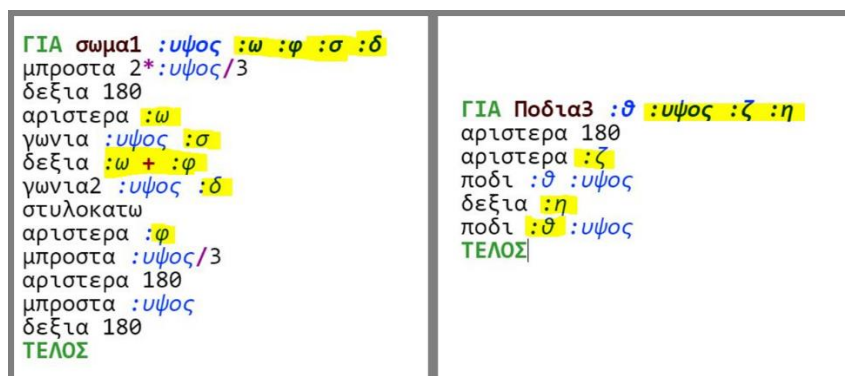
1	M2	Κυρία τώρα το πρόσωπο θα σχεδιαστεί εκεί που τελειώνει το χέρι;	
2	E	Τι πιστεύεις;	
3	M2	Νομίζω ναι...για να δούμε	Εκτελεί τη διαδικασία person
4	M1	Α! Τώρα είναι σαν να κρατάει το κεφάλι του χαχαχα	
5	E	Τι πρέπει να κάνετε για να μην γίνεται αυτό;	
6	M2	Ε...όταν φτιάξει το χέρι να κάνουμε πάλι πίσω εκεί που ήταν	
7	E	Και που θα το κάνεις αυτό;	
8	M2	Στη διαδικασία σώμα...στο τέλος...	

Στην περίπτωση του συμβάντος 9, οι μαθήτριες έχουν προγραμματίσει δύο διαδικασίες «σώμα» και «πρόσωπο» οι οποίες όταν εκτελούνται μεμονωμένα έχουν σωστό αποτέλεσμα. Εντούτοις, όταν καλούνται σειριακά στο πρόγραμμα 'person' έχουν λανθασμένο αποτέλεσμα σε σχέση με το επιθυμητό. Αναλύοντας το οπτικό αποτέλεσμα η M2 αναγνωρίζει ότι το πρόβλημα βρίσκεται στη μη επιστροφή της οντότητας μετά τον σχεδιασμό του χεριού (γραμμή 6), εκφράζοντας την έννοια της κατάστασης πριν και μετά την εκτέλεση της διαδικασίας. Στη συνέχεια αναφέρει ότι η επιστροφή στην προηγούμενη κατάσταση πρέπει να αποτελεί κομμάτι της διαδικασίας σώμα. Σε αυτό το σημείο προσεγγίζει τη διαδικασία σώμα ως ένα αντικείμενο που είναι αυτόνομο και δεν πρέπει να επηρεάζει την προηγούμενη κατάσταση του περιβάλλοντος. Η λύση που προτείνει είναι γενικευμένη και αφορά κάθε εκτέλεση της διαδικασίας σε οποιοδήποτε πρόγραμμα κληθεί. Αντίθετα, σε αντίστοιχα προβλήματα στο επίπεδο κώδικα, οι μαθητές προγραμματίζουν την επιστροφή της κατάστασης εκτός διαδικασίας, δίνοντας έτσι μια συγκεκριμένη και μη γενικεύσιμη λύση.

Δημιουργία στρώσεων διεπαφής προγραμματισμού

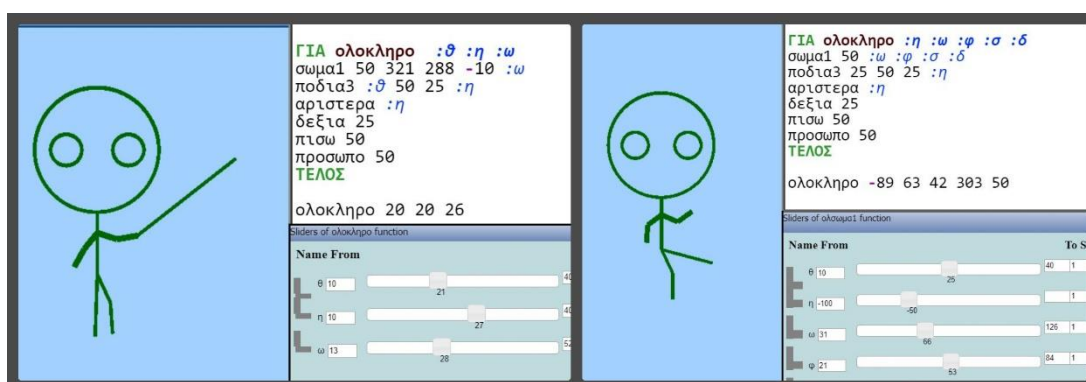
Στη φάση του παιχνιδιού, σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές αξιοποίησαν τη διαδικασία ως αντικείμενο με το οποίο μπορούσαν εύκολα να δώσουν πρόσβαση στους συμμαθητές τους σε επιλεγμένες κινήσεις και παραμέτρους του μοντέλου χωρίς να επέμβουν στον κώδικα των υποδιαδικασιών που κατασκεύαζαν τα αντίστοιχα τμήματα. Για να το υλοποιήσουν, χρησιμοποίησαν πολλαπλές αρθρωτές υποδιαδικασίες, δημιουργώντας μια απλή μορφή Διεπαφής Προγραμματισμού μεταξύ του μοντέλου και του τελικού χρήστη, δηλαδή της συμπαίκτριας ομάδας.

Η δομή του κώδικα της ομάδας 2 αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της στρατηγικής. Η μαθήτρια της ομάδας 2 κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, αποφάσισε να χρησιμοποιήσει εσωτερικές μεταβλητές για, σχεδόν όλες, τις κλειδώσεις του μοντέλου. Έτσι διασκεύασε τη διαδικασία σώμα ώστε να έχει πέντε παραμετρικές εισόδους, μια για το ύψος και μια για κάθε γωνία των χεριών (εικόνα 27α). Αντίστοιχα κατασκεύασε τη διαδικασία «Ποδια3» με τέσσερεις εισόδους, μια για το ύψος και τρεις για τις γωνίες μεταξύ των ποδιών (εικόνα 27β) .



Εικόνα 27: Οι διασκευασμένες διαδικασίες α) σωμα1 και β) Πόδια3 της ομάδας 2

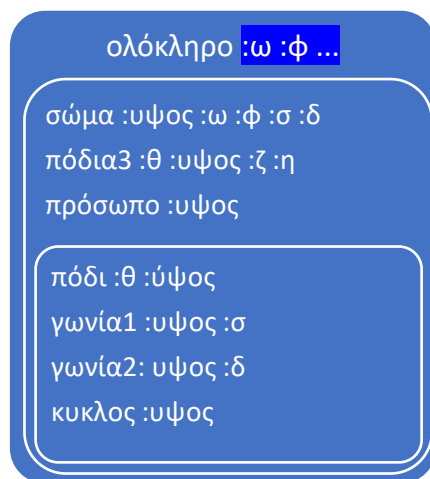
Σε κάθε γύρο του παιχνιδιού, αλλάζοντας μόνο τα παραμετρικά ορίσματα και τον κώδικα της κύριας διαδικασίας «ολοκληρο», επέλεξαν ποιες γωνίες του μοντέλου θα είναι σταθερές, δηλαδή δεν θα μπορεί να ελέγξει ο χρήστης με τους μεταβολείς, και ποιες θα είναι μεταβλητές, δηλαδή θα μπορεί να τις ελέγξει δυναμικά ο χρήστης με τους μεταβολείς. Έτσι ανάλογα με τις κινήσεις του αθλήματος που ήθελαν να αναπαραστήσουν έδιναν στον παίκτη πρόσβαση στον χειρισμό των κατάλληλων γωνιών. Στην εικόνα 28 φαίνεται η κύρια διαδικασία «ολοκληρο» της ομάδας 2 για δύο διαφορετικά αθλήματα. Στον κώδικα αριστερά, αναπαριστούν το άθλημα ξιφασκία και στη διαδικασία ω δίνουν ως ορίσματα μόνο τρεις παραμέτρους που αντιστοιχούν στη γωνία ω του ενός χεριού και στις γωνίες θ και η των ποδιών. Όπως είπαν ήθελαν να κουνιέται μόνο το ένα χέρι γιατί είναι χαρακτηριστικό της ξιφασκίας. Στον κώδικα δεξιά, αναπαριστούν το άθλημα καράτε, για το οποίο έχουν επιλέξει να είναι μεταβλητές όλες οι γωνίες των χεριών (:ω, :φ, :σ, :δ) και η γωνία :η που κουνάει το «τεντωμένο πόδι» του ψηφιακού μοντέλου.



Εικόνα 28: Η κύρια διαδικασία «ολοκληρο» της ομάδας 2 για τα αθλήματα της «ξιφασκίας» (αριστερά) και του καράτε (δεξιά)

Οι μαθήτριες στο παραπάνω παράδειγμα προσεγγίζουν κάθε διαδικασία ως ένα μαύρο κουτί στο οποίο δίνουν πρόσβαση μέσω των παραμετρικών ορισμάτων. Όπως φαίνεται και στις εικόνες 24 και 25, οι υποδιαδικασίες «σώμα1» και «πόδια3» καλούν στον κώδικά τους επιπλέον υποδιαδικασίες, τις πόδι, «γωνία1» και «γωνία2» που κατασκευάζουν τα επιμέρους τμήματα του μοντέλου. Εφαρμόζοντας την πρακτική της αρθρωτής δομής παραμετρικών διαδικασιών, οι

μαθήτριες δημιουργούν στρώσεις διαβαθμισμένης πολυπλοκότητας για την κατασκευή και την ευκολότερη διαχείριση του συνολικού μοντέλου. Στο διάγραμμα 4 απεικονίζεται αυτή η δομή των διαδικασιών και η δημιουργία στρώσεων μεταξύ των διαδικασιών της ομάδας 2.

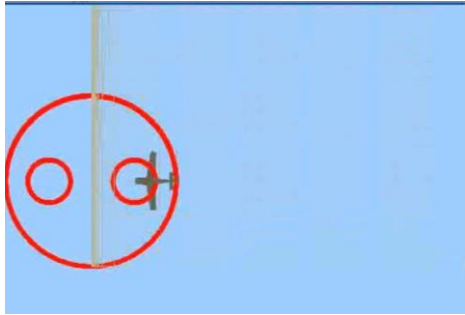


Διάγραμμα 4: Η διάρθρωση των υποδιαδικασιών του κώδικα της ομάδας 2

Η παραπάνω δομή τους επιτρέπει να υλοποιούν απλές τροποποιήσεις, όπως την επιλογή των μεταβλητών γωνιών, γρήγορα και αποτελεσματικά, χωρίς να χρειάζεται να προσπελάσουν τον κώδικα των κατώτερων στρωμάτων. Σε ένα αντίστοιχο κρίσιμο συμβάν 10, οι μαθητές της ομάδας 4 συζητούν ποιες διαδικασίες θα καλέσουν και ποιες παραμέτρους εισόδου θα δώσουν στην κύρια διαδικασία τους.

Κρίσιμο Συμβάν 10

1	M7	Ναι αλλά τι παραμέτρους πρέπει να του βάλουμε εδώ;	
2	M8	Αυτές που παίρνουν οι υποδιαδικασίες. Ας πούμε τα πόδια παίρνουν θ, ύψος, α, ζ. Άρα θα βάλουμε εδώ θ ύψος α ζ	Δείχνει όλο το πρόγραμμα στον συντάκτη
3	M7	Όλες αυτές; Είναι πολλές. Περίμενε πρέπει να δούμε ποιες διαδικασίες θα χρησιμοποιήσουμε και τι θέλουμε να κουνιέται.	

4	M8	Πόδια, σώμα, πρόσωπο και κύκλο.	
5	M7	Τον κύκλο γιατί;	
6	M8	Αφού το θέλουμε για να φτιαχτούν τα μάτια	
7	M7	Μα τα μάτια φτιάχνονται στη διαδικασία πρόσωπο . Τρέξε το πρόσωπο σκέτο να δεις	
8	M8	Ωχ ναι	Ο M8 εκτελεί την εντολή πρόσωπο 50  <pre> ;προσωπο ;στυλοκατω κυκλος :υψος/4 ;στυλοπανω πισω :υψος ;στυλοκατω κυκλος :υψος/4 ΤΕΛΟΣ οβγ ;προσωπο 50 ΓΙΑ κυκλος :ρ δεξια 90 επαναλαβε 360 [αριστερα 1 μπροστα] ;προσωπο 90 ;ποδια defined. ;σωμα defined. ;κρανιο defined. </pre>
9	M7	Η κύκλος καλείται μέσα από την πρόσωπο. Οπότε αν καλέσουμε εμείς την πρόσωπο είμαστε οκ. Δεν χρειαζόμαστε την κύκλο και τα ορίσματά της	Ο M7 εξηγεί την αρθρωτή μορφή των υποδιαδικασιών
10	M8	Οκ..Τη μεταβλητή ω δεν την έχουμε δώσει για όρισμα	
11	M7	Που χρειάζεται το ω;	
12	M8	Στο σώμα για να κουνάει τα χέρια από εδώ.	Δείχνει το σημείο του κώδικα της διαδικασίας «σωμα» που χρησιμοποιείται η μεταβλητή ω 164

13	M7	Α ναι. Ωραία. Θα το βάλουμε δηλαδή στα ορίσματα της Χρησιρι και εδώ θα γράψουμε ω αντί για 60	ΓΙΑ ΧΡΗΣΗΡΙ : θ : υψος : α : ζ : ω ποδια : θ : υψος : α : ζ σωμα : υψος : ω προσωπο : υψος ΤΕΛΟΣ
----	----	--	---

Στο κρίσιμο συμβάν 10 οι μαθητές εκφράζουν νοήματα για την έννοια της διαδικασίας ως δομικό λίθο, την πρακτική της διάσπασης σε υποδιαδικασίες, τη χρήση παραμετρικών εισόδων και το πέρασμα παραμέτρων μεταξύ των διαδικασιών. Αρχικά ο M8 προτείνει η κύρια διαδικασία τους να έχει ως ορίσματα όλα τα ορίσματα των διαδικασιών που υπάρχουν στον συντάκτη εντολών, αφού όλες καλούνται κάποια στιγμή μέσα στο πρόγραμμα. Στη συνέχεια ο M7 ισχυρίζεται ότι τα ορίσματα που θα χρησιμοποιήσουν εξαρτώνται από δύο παράγοντες: α) τις υποδιαδικασίες που καλεί άμεσα η κύρια διαδικασία και β) τα στοιχεία που θέλουν να είναι μεταβλητά από τον χρήστη («τι θέλουμε να κουνιέται»). Μέσα από τον ισχυρισμό αυτό, ο M7 διατυπώνει σημαντικά νοήματα για την έννοια της διεπαφής προγραμματισμού μέσα από την πρακτική του αρθρωτού προγραμματισμού με υποδιαδικασίες. Σε αντίθεση με τον M8, αντιλαμβάνεται ότι από την κύρια διαδικασία «χρησιρι» μπορούν να έχουν πρόσβαση μόνο στις παραμέτρους των διαδικασιών που καλούνται άμεσα στον κώδικά της και όχι διαδικασίες που καλούνται σε δεύτερο και τρίτο επίπεδο από τις υποδιαδικασίες, όπως για παράδειγμα η «κύκλος» ή η «πόδι». Στις γραμμές 4-9 εξηγεί στον M7 τη διάρθρωση του προγράμματος σε στρώσεις και την αρθρωτή σύνδεση μεταξύ των επιμέρους διαδικασιών, χρησιμοποιώντας το παράδειγμα της διαδικασίας 'κύκλος'. Στη γραμμή 9 συνοψίζει με περιεκτικό τρόπο το νόημα του αρθρωτού προγραμματισμού με μικρές υποδιαδικασίες λέγοντας πως «Η κύκλος καλείται μέσα από την πρόσωπο. Οπότε αν καλέσουμε εμείς την πρόσωπο είμαστε οκ. Δεν χρειαζόμαστε την κύκλο και τα ορίσματά της». Ο σχεδιασμός διεπαφής προγραμματισμού σε επιμέρους τμήματα που δημιουργούν στρώσεις «πρόσβασης» αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές περιπτώσεις προγραμματιστικής αφαίρεσης (Wing, 2010; Grover & Pea, 2017).

Στις επόμενες γραμμές οι μαθητές εκφράζουν νοήματα για τον ρόλο της παραμετρικής εισόδου σε μια διαδικασία. Ο M7 έχει ήδη αναφέρει στη γραμμή 3 ότι τα ορίσματα που θα έχει η κύρια διαδικασία τους εξαρτώνται από το «τί θέλουν να κουνιέται». Ο M7 εδώ εκφράζει την έννοια της μεταβολής των τιμών μιας παραμέτρου εισόδου. Ταυτόχρονα εκφράζει την έννοια της πρόσβασης στις ιδιότητες του μοντέλου που δίνεται στον χρήστη, δηλαδή στους συμπαίκτες τους, μέσα από τις παραμέτρους της κύριας διαδικασίας. Στη συνέχεια επανέρχεται σε αυτό λέγοντας πως χρειάζονται ως όρισμα τη μεταβλητή ω «για να κουνάει τα χέρια» τα οποία τώρα είναι σταθερά. Κατόπιν, ο M8 προσθέτει μια παράμετρο ω ως όρισμα της κύριας διαδικασίας και αντικαθιστά την τυπική παράμετρο 60 που περνάνε στη υποδιαδικασία «χέρια» με την τοπική μεταβλητή ω. Εδώ ο M8 νοηματοδοτεί την έννοια της μεταφοράς μιας μεταβλητής από μια διαδικασία σε μια άλλη μέσω

παραμετρικών ορισμάτων, καθώς και τον ρόλο της στο πλαίσιο του συγκεκριμένου αλγόριθμου, ο οποίος είναι ο δυναμικός χειρισμός του γραφικού αποτελέσματος από τον χρήστη.

Η διαφορά του επιπέδου δομικού λίθου με το επίπεδο κώδικα έγκειται στη νοηματοδότηση και έκφραση εννοιών από τους μαθητές που αφορούν τη διαδικασία ως αυτόνομο και ολοκληρωμένο αντικείμενο. Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα επίπεδα, οι μαθητές εδώ γενικεύουν τις διαδικασίες που κατασκευάζουν ώστε να διαπερνούν μεγαλύτερο εύρος περιπτώσεων και να μπορούν να αξιοποιηθούν ως λύσεις σε περισσότερα προβλήματα. Η διαχείριση του αποτελέσματος με χρήση παραμέτρων, η κλίση πολλαπλών διαδικασιών, ο συνδυασμός παραμέτρων εισόδου κατά την κλίση μιας διαδικασίας και η αναγνώριση μοτίβων μεταξύ όμοιων διαδικασιών ή προβλημάτων, είναι στρατηγικές που απουσίαζαν από το επίπεδο κώδικα. Πρόκειται για στρατηγικές συνδέονται άμεσα με την πρακτική της υπολογιστικής αφαίρεσης και την ικανότητα αφαιρετικής σκέψης (Cuoco, Golenberg & Mark, 1997. Mitchelmore 2002. Bienkowski κ.ά., 2015).

4.2.1.4 Τέταρτο επίπεδο αφαίρεσης: Επίπεδο προβλήματος

Ως επίπεδο προβλήματος η ερευνήτρια θεωρεί το τέταρτο και υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης των μαθητών σε σχέση με τη νοηματοδότηση της διαδικασίας. Σε αυτό το επίπεδο οι μαθητές αναγνωρίζουν και ερμηνεύουν ένα θεωρητικό πρόβλημα το οποίο μπορεί να επιλυθεί με μια διαδικασία. Είναι σε θέση να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά του προβλήματος, όπως η δυνατότητα αποδόμησής του, τα δεδομένα εισόδου του και η πολυπλοκότητα του, και με βάση αυτά να σχεδιάσουν ένα πλάνο επίλυσης. Προσεγγίζουν δηλαδή τη λύση σε θεωρητικό επίπεδο και στη συνέχεια την υλοποιούν με προγραμματισμό διαδικασιών, δοκιμάζοντας ενδεχομένως διαφορετικούς τρόπους υλοποίησης της λύσης και επιλέγοντας τον καταλληλότερο.

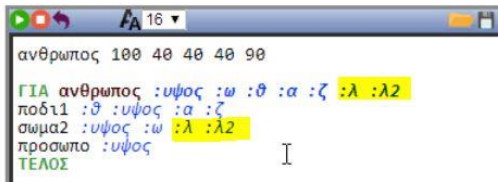
Σε αυτό το επίπεδο αφαιρετικής σκέψης, οι μαθητές αναλύουν το πρόβλημα χρησιμοποιώντας περιορισμένη τεχνική ορολογία, όπως είναι συγκεκριμένες εντολές ή αρχέτυπα της γλώσσας προγραμματισμού, και εστιάζοντας στη θεωρητικοποίηση του προβλήματος. Στον λόγο τους περιγράφουν τα χαρακτηριστικά και τα δεδομένα μιας προβληματικής κατάστασης και επινοούν στρατηγικές επίλυσής της με γενικευμένο υπολογιστικό τρόπο. Συχνά καταλήγουν να περιγράφουν προβλήματα από διάφορους επιστημονικούς τομείς, όπως τα μαθηματικά και η φυσική, στα οποία εφαρμόζουν έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης για την επίλυσή τους με προγραμματισμού, όπως είναι η αποδόμηση, η αναγνώριση μοτίβων, η χρήση μεταβλητών και διαδικασιών. Κατά την ανάλυση των δεδομένων, η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες των μαθητών.

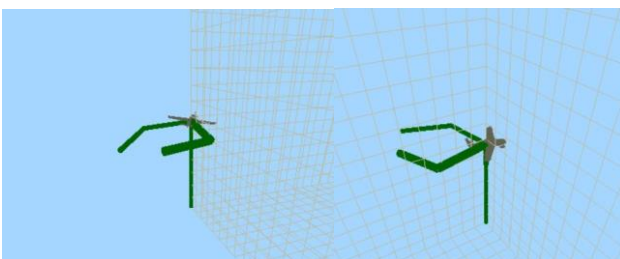
- α. Περιγραφή ενός θεωρητικού προβλήματος και προσδιορισμός των δεδομένων του. Για παράδειγμα «θέλουμε δύο ευθύγραμμα τμήματα που να είναι πάντα παράλληλα» , «θέλουμε να υλοποιήσουμε μια περιοδική κίνηση μεταξύ δύο ευθύγραμμων τμημάτων»
- β. Χρήση της ίδιας διαδικασίας σε διαφορετικά πλαίσια και προβλήματα
- γ. Δημιουργία διαδικασίας που επιλύει ένα γενικό πρόβλημα έξω από τα πλαίσια της συγκεκριμένης δραστηριότητας

Το επίπεδο προβλήματος ήταν αυτό με τα λιγότερα συνολικά κρίσιμα συμβάντα. Η θεωρητικοποίηση ενός προγράμματος και η ανάλυση του σε επίπεδο προβλήματος είναι νοητικές διαδικασίες που, σύμφωνα με τους ερευνητές, απαιτούν αυξημένες ικανότητες αφαιρετικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων (Polya, 2004). Όπως έχει φανεί από έρευνες, οι μαθητές συνήθως ξεκινούν να προγραμματίζουν χωρίς να έχουν αναλύσει το πρόβλημα και τα δεδομένα του σε θεωρητικό επίπεδο και να έχουν καταστρώσει ένα πλάνο επίλυσής του. Αυτή η στρατηγική τους οδηγεί συχνά στη δημιουργία συγκεκριμένων προγραμμάτων και διαδικασιών που δεν μπορούν να γενικευθούν ως λύσεις ενός προβλήματος. Έτσι, οι μαθητές δυσκολεύονται να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας που δημιουργούν και να τα αντιστοιχήσουν στα χαρακτηριστικά του προβλήματος που επιλύει (Armoni, 2014. Hazzan, 2008).

Στην παρούσα έρευνα, η ερευνήτρια εντόπισε κρίσιμα συμβάντα που δείχνουν στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητών σε επίπεδο προβλήματος. Τα συμβάντα εντοπίστηκαν κυρίως κατά την τρίτη φάση της έρευνας, δηλαδή κατά το παίξιμο του παιχνιδιού. Μέσα στις συζητήσεις των μαθητών για τη διασκευή του μοντέλου ώστε να αναπαραστήσουν ένα άθλημα, προκύπταν προβλήματα από τον πραγματικό κόσμο, όπως είναι μια επαναλαμβανόμενη κίνηση των χεριών. Οι μαθητές ανέλυαν τα προβλήματα και τα δεδομένα τους σε πολλαπλά επίπεδα λεπτομέρειας πριν προγραμματίσουν τη λύση σε μια διαδικασία. Στο κρίσιμο συμβάν 10, οι μαθήτριες της ομάδας 1, ξεκινώντας από μια κίνηση των χεριών που θέλουν να προσομοιάσουν, διατυπώνουν σταδιακά ένα γενικευμένο μαθηματικό πρόβλημα.

Κρίσιμο Συμβάν 11

1	M1	Λοιπόν επειδή κάνει μποξ θέλουμε κάνει αυτή την κίνηση	Δείχνει την κίνηση με το σώμα της
2	M2	Είναι αυτές οι 2 γωνίες. Πρέπει να τις συσχετίσουμε κάπως. Μήπως λ/2;	Δείχνει το μοντέλο και τον κώδικα της διαδικασίας άνθρωπος 

3	M1	[στον καθηγητή] Κύριε, θέλουμε αυτές οι 2 γωνίες στα χέρια να μην αλλάζουν ταυτόχρονα αλλά με μια διαφορά...	Δείχνει την κίνηση με το σώμα της και κινεί τους ολισθητές των παραμέτρων λ και λ2 
4	M2	Βασικά θέλουμε όταν η μια είναι μικρή η άλλη να μεγαλώνει και ανάποδα	
5	K	για σκεφτείτε σε ποιο γεωμετρικό σχήμα θέλουμε η μια γωνία να είναι μεγάλη και η άλλη γωνία να είναι μικρή; Όσο μεγαλώνει η μια να μικραίνει η άλλη. Ποιο σχήμα είναι;	
6	M1	Ρόμβος; Πλάγιο παραλληλόγραμμο;	
7	M2	Ναι μοιάζει με ανοιχτό πλάγιο παραλληλόγραμμο. Άρα πρέπει να το φτιάξουμε ώστε αυτά τα 2 κομμάτια να είναι πάντα παράλληλα.	Κοιτάζει το σχήμα από διαφορετικές γωνίες με την κάμερα και κινεί τους ολισθητές των παραμέτρων λ και λ2 
8	K	Άρα τι σχέση θα έχουν αυτές οι 2 γωνίες;	Δείχνει τις δυο γωνίες μεταξύ των τμημάτων των χεριών
9	M1	Πρέπει το άθροισμά τους να είναι πάντα 180	
10	M2	Άρα πάμε στη διαδικασία χέρια και θα κάνουμε αυτή τη στροφή μεταβλητή και θα την βάλουμε να είναι 180-ω	Δείχνει τον κώδικα

Στο κρίσιμο συμβάν 11, οι μαθήτριες αρχικά περιγράφουν μια πραγματική κίνηση με το σώμα τους. Στη συνέχεια, εντοπίζουν ότι οι ιδιότητες του μοντέλου αντιστοιχούν στην κίνηση είναι 2 γωνίες (γραμμή 2) και περιγράφουν μια μαθηματική σχέση μεταξύ τους ‘να αλλάζουν με μια διαφορά’. Κατόπιν, μετά από την καθοδήγηση του καθηγητή και με τη βοήθεια της περισκοπικής κάμερας, διατυπώνουν την κίνηση με τη μορφή ενός γενικού προβλήματος γεωμετρίας «ένα πλάγιο παραλληλόγραμμο». Αναγνωρίζουν τα δεδομένα και τους κανόνες του προβλήματος, δηλαδή ότι «αυτά τα δύο κομμάτια να είναι πάντα παράλληλα» (γραμμή 7) και ότι το άθροισμα των δυο γωνιών πρέπει να είναι πάντα 180 (γραμμές 9 και 10). Αυτή η ανάλυση πραγματοποιείται πριν από οποιαδήποτε υλοποίηση με κώδικα. Αφού έχουν καταστρώσει τη λύση (γραμμές 7-10) οι μαθήτριες ξεκινούν να προγραμματίζουν μια διαδικασία η οποία θα επιλύει το πρόβλημα με τον τρόπο που περιέγραψαν. Για να το υλοποιήσουν με προγραμματισμού μετατρέπουν μια γωνία του σχήματος από σταθερά σε μεταβλητή και έπειτα συνδέουν τις δύο γωνίες τη μαθηματική σχέση $180-\omega$. Κατόπιν, βάζοντας το ω ως παράμετρο εισόδου της διαδικασίας δίνουν πρόσβαση στο δυναμικό χειρισμό και των δυο γωνιών.

Μια σημαντική παρατήρηση στη σκέψη των μαθητριών σε αυτό το συμβάν είναι ότι αντιλαμβάνονται πως φτιάχνουν μια διαδικασία που κατασκευάζει ‘ένα πλάγιο παραλληλόγραμμο με δυναμικές γωνίες’ και όχι απλώς μια διαδικασία που κουνάει τα χέρια του συγκεκριμένου μοντέλου, όπως περιέγραφαν σε όλα τα προηγούμενα επίπεδα. Είναι σε θέση δηλαδή να γενικεύσουν μια συγκεκριμένη υλοποίηση (η κίνηση των χεριών του μοντέλου) σε ένα μαθηματικό πρόβλημα πριν το επιλύσουν με προγραμματισμό. Μια δεύτερη σημαντική παρατήρηση είναι ότι σε αυτή την περίπτωση οι μαθήτριες εφαρμόζουν πρακτικές και έννοιες υπολογιστικής σκέψης για την επίλυση ενός ρεαλιστικού προβλήματος που διαφοροποιείται από το πεδίο της πληροφορικής. Στο συμβάν βλέπουμε να συνδυάζουν για το ίδιο πρόβλημα ορολογίες και έννοιες από τρία διαφορετικά πλαίσια: τα μαθηματικά (ρόμβος, παραλληλόγραμμο, γωνίες), την πληροφορική (μεταβλητή, διαδικασία) και τον πραγματικό κόσμο (κίνηση του μποξ). Ο συνδυασμός διαφορετικών πλαισίων, η κιναισθητική και διαισθητική προσέγγιση των εννοιών και ο ρόλος του παιχνιδιού σε αυτό αναλύονται εκτενέστερα στην ενότητα 5.4.

Κατά τις διασκευές στα πλαίσια του παιχνιδιού, η ερευνήτρια εντόπισε περιπτώσεις στις οποίες οι μαθητές αναγνώρισαν κοινά μοτίβα μεταξύ παρόμοιων προβλημάτων και καταστάσεων και αξιοποίησαν μια υπάρχουσα διαδικασία για να τα επιλύσουν. Η αναγνώριση μοτίβων σε αυτό το επίπεδο διαφοροποιείται από αυτή που περιγράφηκε στο επίπεδο δομικού λίθου, διότι εδώ οι μαθητές εντοπίζουν τα μοτίβα στα δεδομένα και στα χαρακτηριστικά του προβλήματος και όχι στις εντολές τους κώδικα ή στο γραφικό αποτέλεσμα. Πρόκειται για μια πιο περίπλοκη νοητική διαδικασία που απαιτεί ακόμα υψηλότερη ικανότητα γενίκευσης και αφαιρετικής σκέψης. Στο απόσπασμα που παρουσιάζεται στο κρίσιμο συμβάν 11, οι μαθήτριες της ομάδας 1 θέλουν να

φτιάξουν ένα πρόγραμμα που θα κατασκευάζει μια μπάλα δίπλα στο ανθρωπάκι τους για να αναπαραστήσουν το άθλημα της καλαθοσφαίρισης.

Κρίσιμο Συμβάν 12

1	M1	Λοιπόν να φτιάξουμε μια μπάλα!	
2	M2	Α πολύ καλό! Που θα τη βάλουμε όμως; Κολλητά με το χέρι του;	
3	M1	Κυρία, μπορούμε να κάνουμε μια μπάλα σε άλλο σημείο της σκηνής;	
4	E	Μπορείτε. Αλλά πως θα κάνετε την μπάλα;	
5	M2	Χμ...	
6	M2	Θα είναι ένας κύκλος	
7	M1	Ναι! Και μπορούμε χρησιμοποιήσουμε το κομμάτι από τη διαδικασία που έχουμε ήδη και φτιάχνει τα μάτια και το πρόσωπο ως κύκλους. Αφού πάλι έναν κύκλο θέλουμε να κάνουμε	

Οι μαθήτριες στο κρίσιμο συμβάν 12 αποφασίζουν να αναπαραστήσουν την μπάλα ως κύκλο. Κατόπιν εντοπίζουν πως έχουν ήδη δημιουργήσει κύκλους στο μοντέλο του ανθρώπου για τα μάτια και το πρόσωπο και επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν την ίδια διαδικασία για τον σχεδιασμό της μπάλας. Κατόπιν αναγνωρίζουν ένα κοινό μοτίβο ανάμεσα σε δύο, κατά τα άλλα, εντελώς διαφορετικά προβλήματα και μοντέλα. Στη μια περίπτωση το γεωμετρικό σχήμα του κύκλου αναπαριστά τα μάτια του μοντέλου και στην άλλη τη μπάλα. Εντούτοις πρόκειται για το ίδιο μαθηματικό πρόβλημα με την ίδια υπολογιστική λύση: την κατασκευή ενός κύκλου με τη διαδικασία «κύκλος» που φαίνεται στην εικόνα 29. Η πρακτική της αφαίρεσης εδώ έγκειται στην απομόνωση των κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των δυο μοντέλων, του ανθρώπου και της μπάλας, και στη γενίκευσή τους σε μια κοινή γενικευμένη μαθηματική και υπολογιστική λύση.

```
ΓΙΑ κυκλος :ρ
  δεξια 90
  επαναλαβε 360 [
    αριστερα 1 μπροστα (2*πι*:ρ)/360
  ]
  αριστερα 90
ΤΕΛΟΣ
στηναρχη

σβγ
κυκλος 50
```

Εικόνα 29: Ο κώδικας της διαδικασίας κύκλος

Στο κρίσιμο συμβάν 13 οι ίδιες μαθήτριες με το κρίσιμο συμβάν 12 αναλύουν σε επίπεδο προβλήματος τη θέση της μπάλας σε σχέση με τη θέση των χεριών του μοντέλου η οποία μεταβάλλεται.

1	M2	Κοίτα! Η μπάλα μένει σταθερή όταν κουνιούνται τα χέρια. Πρέπει να το κάνουμε όταν κουνιέται αυτό να κουνιέται αντίστοιχα και η μπάλα. Άρα να βάλουμε μια μεταβλητή ;	Η M2 κουνάει τον μεταβολέα της παραμέτρου ω , που προκαλεί κίνηση της γωνίας των χεριών
2	M1	Μήπως να κάνουμε μια συνάρτηση που θα λέγεται για μπάλα;	
3	M2	Θα μπορούσαμε αλλά πως θα βοηθήσει αυτό για να αλλάξει θέση η μπάλα αναλογικά με τη γωνία στα χέρια;	
Παύση ενώ σκέφτονται			
4	M2	Αν κάνουμε μια διαδικασία που έχει μεταβλητό το πόσο κινείται το περιστέρι και την καλούσαμε πριν σχεδιάσει την μπάλα;	

Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 12, οι δύο μαθήτριες μετατρέπουν σταδιακά μια κατάσταση που αφορά μόνο το συγκεκριμένο μοντέλο σε ένα γενικευμένο πρόβλημα. Στην αρχική περιγραφή η M2 περιγράφει ότι η συγκεκριμένη μπάλα θέλει να κουνιέται αντίστοιχα με τα χέρια του συγκεκριμένου μοντέλου (γραμμή 1). Στη συνέχεια προσθέτει στην περιγραφή του προβλήματος τις μαθηματικές έννοιες της θέσης, της αναλογίας και της γωνίας και γενικεύει το πρόβλημα ως εξής «να αλλάζει η θέση της μπάλας αναλογικά με τη γωνία στα χέρια» (γραμμή 2). Κατόπιν προτείνει μια ακόμη πιο γενικευμένη λύση που μπορεί να εφαρμοστεί σε μια πληθώρα προβλημάτων, δηλαδή να κατασκευάσουν μια διαδικασία που κινεί το περιστέρι μεταβλητά βήματα στους άξονες. Τελικά υλοποιούν τη διαδικασία «κινουμενο» που φαίνεται στην εικόνα 30 η οποία μετακινεί την οντότητα στον άξονα χ και στον άξονα ψ χωρίς να αφήνει ίχνος.

```

ΓΙΑ κινουμενο :χ :ψ
  στυλοπανω
  θεσεθεση [:χ :ψ 0]
  στυλοκατω
ΤΕΛΟΣ

```

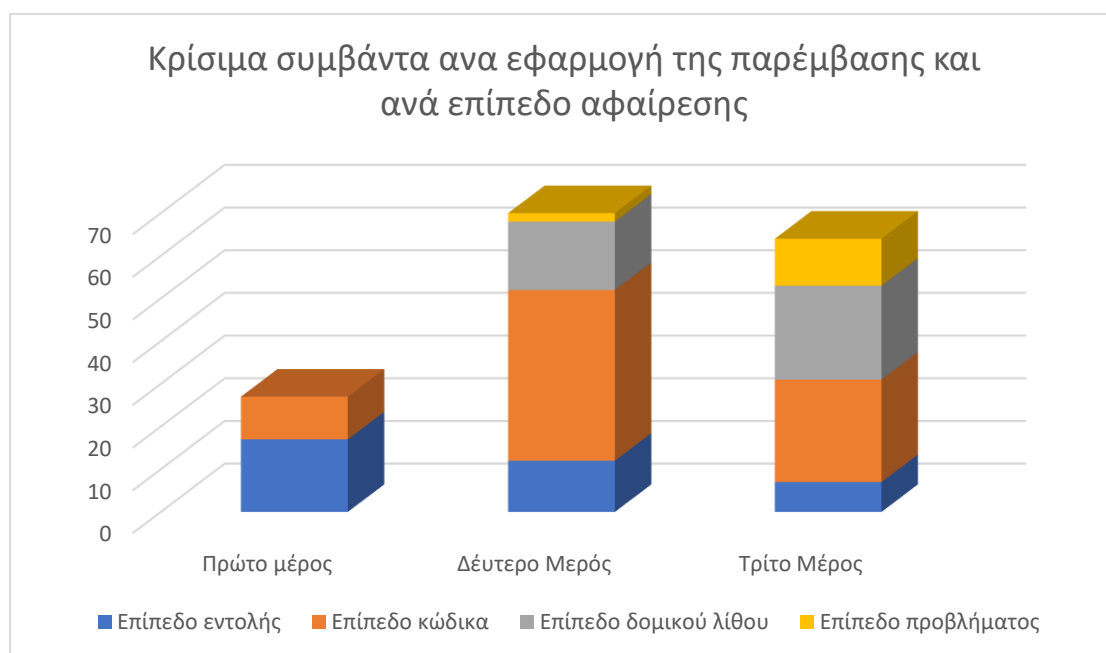
Εικόνα 30: Ο κώδικας της διαδικασίας "κινουμενο" της ομάδας 1

Στο κρίσιμο συμβάν 13 οι μαθήτριες ακολουθούν μια στρατηγική προοδευτικής γενίκευσης και θεωρητικοποίησης του προβλήματος. Σε αντίθεση με όλα τα προηγούμενα επίπεδα, εδώ ορίζουν το πρόβλημα και τα δεδομένα του πριν τον προγραμματισμό της λύσης του. Το γεγονός αυτό τους επιτρέπει να κατασκευάσουν μια διαδικασία υψηλής αφαίρεσης που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα

μεγάλο εύρος προβλημάτων. Ακολουθώντας την πορεία υλοποίησης από το πρόβλημα στον αλγόριθμο και στη συνέχεια στον προγραμματισμό εφαρμόζουν σε υψηλό επίπεδο την πρακτική της υπολογιστικής αφαίρεσης.

4.2.2 Μετάβαση των μαθητών μεταξύ των επιπέδων αφαίρεσης

Στο γράφημα 1 αποτυπώνονται οι στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητών που αντιστοιχούν στα τέσσερα επίπεδα αφαίρεσης της έννοιας της διαδικασίας, όπως προκύπτουν από τους απόλυτους αριθμούς των κρίσιμων συμβάντων που κωδικοποίησε η ερευνήτρια για κάθε στρατηγική. Όπως παρατήρησε η ερευνήτρια κατά την ανασκοπική ανάλυση των δεδομένων, σε αρκετά κρίσιμα συμβάντα, ιδιαίτερα υψηλότερων επιπέδων αφαίρεσης, οι μαθητές συνδύαζαν στρατηγικές και ενέργειες από προηγούμενα επίπεδα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ερευνήτρια κωδικοποίησε το επίπεδο για το οποίο οι μαθητές ανακάλυπταν ή κατασκεύαζαν νέα γνώση και για το οποίο το συμβάν χαρακτηρίστηκε ως κρίσιμο. Όπως φάνηκε, ο συνδυασμός εννοιών και στρατηγικών από προηγούμενα επίπεδα ενίσχυσε την αφαιρετική σκέψη και συντέλεσε στη μετάβασή των μαθητών από ένα χαμηλότερο σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης. Άλλωστε, όπως υποστηρίζουν οι ερευνητές, η νοηματοδότηση ενός επιπέδου αφαίρεσης προϋποθέτει την κατανόηση και νοηματοδότηση του προηγούμενου (Hazzan & Tomayko, 2005).



Γράφημα 1: Κατανομή των κρίσιμων συμβάντων ανά εφαρμογή της παρέμβασης και ανά επίπεδο νοηματοδότησης των μαθητών

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων και από το γράφημα 1, η πλειοψηφία των κρίσιμων συμβάντων που εντόπισε η ερευνήτρια αφορούν ενέργειες και στρατηγικές νοηματοδότησης του δεύτερου επιπέδου αφαίρεσης, δηλαδή του επιπέδου κώδικα. Αντίθετα το επίπεδο προβλήματος είναι αυτό με τα λιγότερα κρίσιμα συμβάντα ακολουθούμενο από το επίπεδο

δομικού λίθου. Όπως έχει φανεί από έρευνες, οι μαθητές συνήθως κατακτούν τα χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης νοηματοδότησης υπολογιστικών εννοιών και τείνουν να παραμείνουν σε αυτά (Armoni, 2013. Aharoni 2000). Αυτό είναι ακόμη πιο έντονο όταν οι μαθητές εμπλέκονται με μια νέα υπολογιστική έννοια ή πρακτική (Hazzan 2008) όπου δυσκολεύονται να μεταβούν στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης. Ενώ και στην παρούσα έρευνα η ερευνήτρια εντοπίζει παρόμοια αποτελέσματα στο σύνολο των επιπέδων αφαίρεσης των μαθητών για την έννοια της διαδικασίας, εντούτοις παρατηρεί μια σταδιακή αύξηση των κρίσιμων συμβάντων που αντιστοιχούν στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης στη δεύτερη και στην τρίτη εφαρμογή. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι οι μαθητές με την πάροδο της εμπλοκής τους με τις δραστηριότητες και το εργαλείο της παρέμβασης, μετέβησαν σταδιακά από τα δύο χαμηλότερα στα δύο υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης.

Στο πρώτο μέρος η ερευνήτρια εντόπισε τα λιγότερα κρίσιμα συμβάντα σε σχέση με τις άλλες δύο εφαρμογές. Οι μαθητές νοηματοδότησαν τη διαδικασία κυρίως σε επίπεδο εντολής και εν συνεχεία σε επίπεδο κώδικα, ενώ απουσίαζαν κρίσιμα συμβάντα που να υποδεικνύουν στρατηγικές νοηματοδότησης στα δύο υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης, δηλαδή δομικού λίθου και προβλήματος. Στο δεύτερο μέρος, υπάρχει αύξηση των συνολικών συμβάντων νοηματοδότησης της διαδικασίας καθώς και αύξηση των συμβάντων που σχετίζονται με στρατηγικές νοηματοδότησης σε επίπεδο κώδικα. Αντίθετα υπάρχει μείωση των συμβάντων που σχετίζονται με τη νοηματοδότηση σε επίπεδο εντολής. Επιπλέον, οι μαθητές εξέφρασαν νοήματα για τη διαδικασία τόσο σε επίπεδο δομικού λίθου όσο και, σε μικρότερο βαθμό, σε επίπεδο προβλήματος. Μεταξύ των δυο εφαρμογών φαίνεται να υπάρχει εξέλιξη στην αφαιρετική αντίληψη των μαθητών για την έννοια της διαδικασίας. Τέλος στο τρίτο μέρος, δηλαδή στο παίξιμο του παιχνιδιού «Code-The-Mime», παρατηρείται αύξηση των στρατηγικών νοηματοδότησης σε επίπεδο δομικού λίθου και προβλήματος και, κατά αναλογία, μείωση των στρατηγικών που εντάσσονται στα δύο χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης.

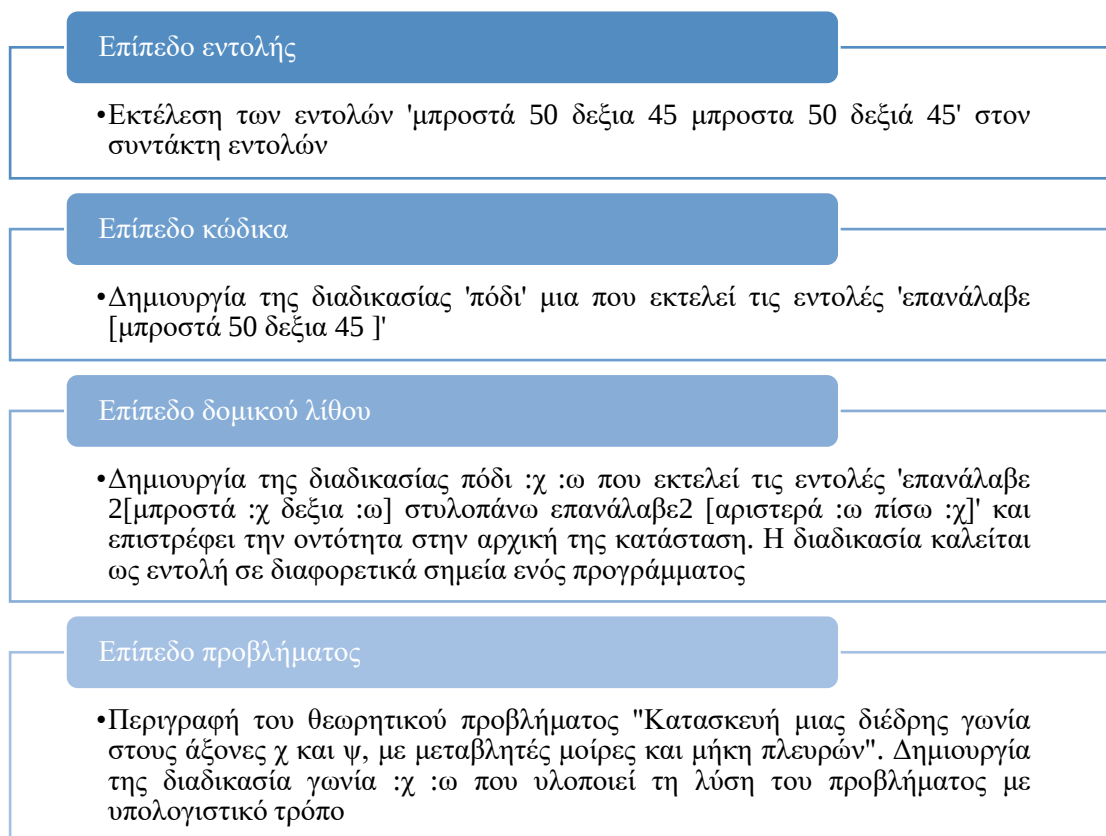
Η διαφοροποίηση των επιπέδων αφαίρεσης καθώς και η ελεύθερη και συνειδητή μετακίνηση του μαθητή μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων αφαίρεσης αποτελούν, σύμφωνα με τους ερευνητές, βασικές έννοιες της πρακτικής της υπολογιστικής αφαίρεσης (Bienkowski et al 2015. Grover & Pea, 2017. Wing 2011). Στην παρούσα έρευνα, η ερευνήτρια παρατήρησε διαφορά στη συχνότητα και την ευκολία μετάβασης μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων αφαίρεσης. Ενώ οι μαθητές φάνηκε να μεταβαίνουν εύκολα και γρήγορα από το επίπεδο εντολής στο επίπεδο κώδικα, η μετάβαση στα επίπεδα δομικού λίθου και προβλήματος ήταν πιο περίπλοκη. Κάποιοι μαθητές μάλιστα στις πρώτες δραστηριότητες προγραμματισμού του μοντέλου, παρέμειναν στο επίπεδο κώδικα μέχρι το τέλος της παρέμβασης. Μια πιθανή αιτία για το γεγονός αυτό, είναι ότι οι ασκήσεις και τα ζητούμενα προγραμματισμού των δυο πρώτων μικρόκοσμων μπορούσαν να επιλυθούν, αν και όχι ιδιαίτερα αποτελεσματικά, με χρήση της διαδικασίας σε επίπεδο κώδικα. Το γεγονός αυτό

επιβεβαιώνει το υπάρχον πρόβλημα με τις παραδοσιακές εστιασμένες ασκήσεις προγραμματισμού οι οποίες σπάνια επιτρέπουν τη νοηματοδότηση πρακτικών υπολογιστικής σκέψης. Αντίθετα, στην τρίτη φάση της έρευνας στην οποία οι μαθητές διασκεύασαν το μοντέλο στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης, η ερευνήτρια εντόπισε την πλειοψηφία σχεδόν των κρίσιμων συμβάντων νοηματοδότησης της διαδικασίας σε επίπεδο δομικού λίθου προβλήματος.

Όπως έχει φανεί και από τα κρίσιμα συμβάντα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους της ενότητας, σημαντικό ρόλο στη μετάβαση των μαθητών μεταξύ των επιπέδων αφαίρεσης έπαιξαν οι λειτουργικότητες του εργαλείου, δηλαδή η περισκοπική κάμερα, ο δυναμικός χειρισμός και ο προγραμματισμός του τρισδιάστατου μοντέλου. Ταυτόχρονα, όπως φάνηκε από την αύξηση των κρίσιμων συμβάντων στην τρίτη φάση της έρευνας, η δομή του παιχνιδιού οδήγησε τους μαθητές σε αυθόρμητες συνεχείς διασκευές και βελτιώσεις του μοντέλου οι οποίες συνέβαλαν στη μετάβαση τους σε ανώτερα επίπεδα αφαίρεσης της διαδικασίας. Στις ενότητες 4.4 και 4.5 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα σε σχέση με τον ρόλο του παιχνιδιού και των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων στις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών.

4.2.3 Σύνοψη

Στην ενότητα αυτή εξετάστηκαν οι στρατηγικές αφαίρεσης των μαθητών κατά τη νοηματοδότηση και χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας. Όπως φάνηκε από την ανάλυση, οι μαθητές προσέγγισαν τη διαδικασία σε τέσσερα επίπεδα αφαίρεσης, σε κάθε ένα από τα οποία υλοποίησαν και αξιοποίησαν διαφορετικά την διαδικασία στο πρόγραμμά τους. Στο διάγραμμα 5 γίνεται μια προσπάθεια συνοπτικής αποτύπωσης των τεσσάρων επιπέδων αφαίρεσης μέσα από το παράδειγμα της κατασκευής ενός «ποδιού» του ανθρώπινου μοντέλου. Για κάθε επίπεδο περιγράφεται η υλοποίηση του ίδιου αποτελέσματος αλλά σε διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης. Τα παραδείγματα στο διάγραμμα εντοπίστηκαν από την ερευνήτρια σε διαφορετικές ομάδες μαθητών κατά την ανάλυση των δεδομένων.



Διάγραμμα 5: Σύνοψη των τεσσάρων επιπέδων νοηματοδότησης της διαδικασίας

Για την υλοποίηση και χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης αλλά και για τη μετάβαση μεταξύ επιπέδων οι μαθητές εξέφρασαν ένα σύνολο από υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές. Ο πίνακας 15 συνοψίζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 15, στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης οι μαθητές εξέφρασαν και υλοποιήσουν πιο πολύπλοκες υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές απ' ό,τι στα χαμηλότερα. Στο επίπεδο κώδικα εφάρμοσαν τις πρακτικές της ανάλυσης και της αποδόμησης του κώδικα για τη διάσπαση του κυρίως προγράμματος σε επιμέρους διαδικασίες, όπως φάνηκε και στα κρίσιμα συμβάντα 5 και 6 της ενότητας αυτής. Στο επίπεδο δομικού λίθου οι μαθητές αναγνώρισαν μοτίβα μεταξύ διαφορετικών διαδικασιών ή τμημάτων κώδικα τα οποία τους οδήγησαν στη γενίκευση των διαδικασιών με χρήση παραμέτρων εισόδου. Επιπλέον, εξέφρασαν νοήματα για την πρακτική του αρθρωτού προγραμματισμού. Ορισμένοι μαθητές, όπως η ομάδα του κρίσιμου συμβάντος 10, αξιοποίησαν για την κατασκευή πολλαπλών στρώσεων παραμετρικών υποδιαδικασιών, κατασκευάζοντας έτσι μια διεπαφή προγραμματισμού μεταξύ του γραφικού μοντέλου και του τελικού χρήστη, δηλαδή της συμπαίκτριας ομάδας τους. Ο αρθρωτός προγραμματισμός σε πολλές, μικρές διαδικασίες αποτελεί κεντρικό παράδειγμα εφαρμογής της πρακτικής της υπολογιστικής αφαίρεσης και υποδεικνύει ικανότητα αφαιρετικής σκέψης. Στο τελευταίο επίπεδο αφαίρεσης, οι μαθητές γενίκευαν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα που αντιμετώπιζα σε γενικό πρόβλημα, μετατρέποντάς το συχνά σε θεωρητικό πρόβλημα από άλλα επιστημονικά πεδία όπως τα

μαθηματικά και η φυσική. Μέσα από αυτή τη διαδικασία θεωρητικοποίησης του προβλήματος, εντόπιζαν τα δομικά δεδομένα του προβλήματος και αγνοούσαν τα συγκεκριμένα εφαρμόζοντας έτσι την πρακτική της υπολογιστικής αφαίρεσης. Επιπλέον εξέφραζαν νοήματα για έννοιες επίλυσης προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο όπως για την πολυπλοκότητα της λύσης του.

Πίνακας 17: Σύνοψη των αποτελεσμάτων των στρατηγικών αφαίρεσης των μαθητών στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Επίπεδο αφαίρεσης	Αντίληψη διαδικασίας	Υπολογιστικές πρακτικές	Υπολογιστικές έννοιες
Επίπεδο εντολής	Εντολή		Τιμές εισόδου Ερμηνεία αποτελέσματος
Επίπεδο κώδικα	Διεργασία	Αποδόμηση Ανάλυση	Σειρά εκτέλεσης εντολών Δομές ελέγχου Δομές επανάληψης
Επίπεδο δομικού λίθου	Αντικείμενο	Αναγνώριση μοτίβων Γενίκευση Αρθρωτός προγραμματισμός Αφαίρεση	Παραμετρικές εισοδοί Πέρασμα παραμέτρων Διεπαφή προγραμματισμού Κλάση
Επίπεδο προβλήματος	Γενικευμένη λύση	Αφαίρεση Γενίκευση προβλήματος	Πολυπλοκότητα αλγόριθμου Διαχωρισμός προβλήματος από λύση

4.3 Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων κατά τη διασκευή του μοντέλου

Η αναγνώριση μοτίβων θεωρείται κεντρική πρακτική όχι μόνο της υπολογιστικής σκέψης αλλά και ευρύτερα της επίλυσης προβλημάτων (Polya, 2004). Το γεγονός ότι το μοντέλο που κατασκεύασαν και διασκεύασαν οι μαθητές αναπαριστούσε έναν άνθρωπο στον τρισδιάστατο χώρο, φάνηκε ότι βοήθησε τους μαθητές να εντοπίσουν και να εκφράσουν μοτίβα τόσο στη γραφική αναπαράσταση όσο και στον κώδικα. Συγκεκριμένα οι διασκευές των μαθητών επικεντρώνονταν σε τρία στοιχεία της κατασκευής του ανθρώπου: α) Στην πόζα του μοντέλου. Οι μαθητές συχνά άλλαζαν την όψη ή τον προσανατολισμό τμημάτων του ανθρώπου στον χώρο για να αναπαραστήσουν μια συγκεκριμένη πόζα. Στις περιπτώσεις αυτές η διασκευή εστίαζε στην τροποποίηση των εντολών που κινούσαν την οντότητα για να σχεδιάσει το εκάστοτε σχήμα. β) Στις κινήσεις του μοντέλου.

Μια άλλη κατηγορία διασκευών ήταν αυτές που τροποποιούσαν την κίνηση του ανθρώπου που δημιουργούνταν από τον δυναμικό χειρισμό των παραμέτρων. Στις περιπτώσεις αυτές οι μαθητές εστίαζαν στη χρήση μεταβλητών και παραμέτρων σε στροφές ή βήματα και στη δημιουργία παραμετρικών διαδικασιών. Ακόμα, δημιουργούσαν μαθηματικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών ή παραμέτρων για να προσομοιάσουν την ταχύτητα, την περιοδικότητα, την μετατόπιση ή μια σχέση μεταξύ δυο τμημάτων. γ) Στον επιπλέον «εξοπλισμό». Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές επέκτειναν την κατασκευή του ανθρώπου προσθέτοντας επιπλέον σχήματα στη σκηνή, όπως μια μπάλα ή ένα κουπί. Για να υλοποιήσουν τις διασκευές αυτές, πρόσθεταν νέα κομμάτια κώδικα ή δημιουργούσαν νέες υποδιαδικασίες.

Για την υλοποίηση των παραπάνω διασκευών, οι μαθητές συχνά εξέφραζαν στρατηγικές αναγνώρισης και κατασκευής μοτίβων τόσο στον κώδικα όσο και στη γραφική αναπαράσταση. Η ερευνήτρια εντόπισε δυο είδη μοτίβων για τα οποία οι μαθητές ανέπτυξαν στρατηγικές. Οι δυο κατηγορίες διαφοροποιούνται ως προς τις μαθηματικές και υπολογιστικές έννοιες που εφάρμοσαν οι μαθητές για τον προσδιορισμό του μοτίβου και στη συνέχεια για τη γενίκευσή του με προγραμματισμό. Η πρώτη κατηγορία είναι τα *γεωμετρικά μοτίβα*, που αφορούν την αναγνώριση και κατασκευή επαναλαμβανόμενων γεωμετρικών τμημάτων του μοντέλου με κοινές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Για την υλοποίηση των γεωμετρικών μοτίβων οι μαθητές είτε χρησιμοποιούσαν την δομή επανάληψης είτε δημιουργούσαν και καλούσαν μια διαδικασία. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα *μοτίβα κίνησης* που αφορούν τη δημιουργία μιας επαναλαμβανόμενης ή περιοδικής κίνησης σε κάποιο τμήμα του μοντέλου. Για την υλοποίηση και γενίκευση των μοτίβων κίνησης οι μαθητές προγραμματίζαν παραμετρικές διαδικασίες τις οποίες καλούσαν με μεταβλητές τιμές ορισμάτων, ενώ συχνά δημιουργούσαν σχέσεις μεταξύ των ορισμάτων.

Στις επόμενες ενότητες εξετάζονται πιο αναλυτικά οι στρατηγικές των μαθητών για κάθε κατηγορία μοτίβων. Η ανάλυση γίνεται μέσα από την περιγραφή και τον σχολιασμό κρίσιμων συμβάντων που επέλεξε η ερευνήτρια με κριτήριο τον βαθμό που αναδεικνύουν τον τρόπο σκέψης των μαθητών. Ο πίνακας 18 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους και προσφέρει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων που παρουσιάζονται.

Πίνακας 18: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.3

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Φάση έρευνας/Δραστηριότητα
Κρίσιμο Συμβάν 14	3	2
Κρίσιμο Συμβάν 15	2	2
Κρίσιμο Συμβάν 16	1	2

Κρίσιμο Συμβάν 17	1	3
Κρίσιμο Συμβάν 18	3	1

4.3.1 Δημιουργία και κατασκευή συμμετρικών κατασκευών

Η πρώτη κατηγορία μοτίβων που εντόπισε η ερευνήτρια στις κατασκευές των μαθητών είναι τα γεωμετρικά μοτίβα. Πρόκειται για περιπτώσεις που οι μαθητές επαναλάμβαναν μια κατασκευή που διατηρούσε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για να αναπαραστήσουν κάποιο τμήμα του ανθρώπινου μοντέλου. Σε μαθηματικό επίπεδο, τα χαρακτηριστικά αυτά μεταφράζονται σε κοινές γεωμετρικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός τεσσάρων διαδοχικών ορθών γωνιών. Σε επίπεδο κώδικα τα ίδια χαρακτηριστικά μεταφράζονται σε κοινές εντολές μετακίνησης της οντότητας, για παράδειγμα τέσσερις φορές επανάληψη των εντολών «μπροστά 100 δεξιά 90».

Χαρακτηριστική δραστηριότητα στην οποία οι μαθητές εξέφρασαν και γενίκευσαν γεωμετρικά μοτίβα, ήταν η κατασκευή των ποδιών και των χεριών του ανθρώπινου μοντέλου. Στο δεύτερο μέρος της έρευνας δόθηκε στους μαθητές η μισοψημένη διαδικασία ‘πόδι’ που κατασκεύαζε μόνο το ένα πόδι του μοντέλου και τους ζητήθηκε να την διασκευάσουν ώστε να κατασκευάζει δύο πόδια με όποιον τρόπο ήθελαν. Αντίστοιχα τους δόθηκε η διαδικασία ‘σώμα’ η οποία κατασκεύαζε το σώμα με ένα μόνο χέρι. Στην ανάλυση των δεδομένων η ερευνήτρια εντόπισε πως όλες οι ομάδες ακολούθησαν μια αρχική κοινή στρατηγική για τη διόρθωση των διαδικασιών ‘πόδια’ και ‘χέρια’. Συγκεκριμένα, οι μαθητές ξεκίνησαν εκφράζοντας την έννοια της συμμετρίας του ανθρώπινου σώματος και στη συνέχεια εφάρμοσαν το μοτίβο συμμετρίας και στον αλγόριθμο κατασκευής, δημιουργώντας ‘συμμετρικά’ τμήματα κώδικα. Ενώ όλες οι ομάδες ξεκίνησαν με την ίδια λογική, δηλαδή με τη διαισθητική γνώση της συμμετρίας του σώματος, στη συνέχεια διαφοροποιήθηκαν ως προς τις στρατηγικές κατασκευής και γενίκευσης του μοτίβου συμμετρίας με προγραμματισμό.

Η αρχική στρατηγική όλων των μαθητών για την κατασκευή του δεύτερου ποδιού ήταν να αντιγράψουν τον κώδικα που κατασκεύαζε το πρώτο πόδι και να αλλάξουν τις εντολές στροφής από δεξιά σε αριστερά και αντίστροφα. Να εφαρμόσου, δηλαδή, το μοτίβο ης συμμετρίας στις εντολές του κώδικά τους. Στο κρίσιμο συμβάν 14 αποτυπώνεται η στρατηγική αυτή όπως εκφράστηκε από τις μαθήτριες της ομάδας 3 στη δραστηριότητα κατασκευής των ποδιών κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας. Παρόμοια κρίσιμα συμβάντα εντοπίστηκαν σε όλες της ομάδας στη συγκεκριμένη δραστηριότητα.

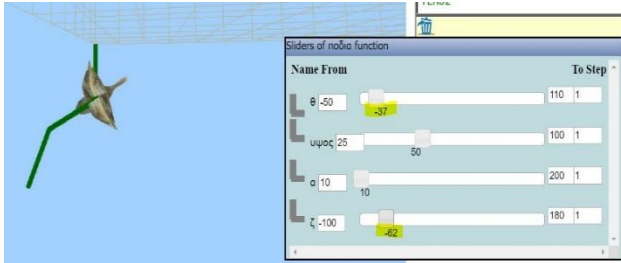
Κρίσιμο Συμβάν 14

1	E	Έχετε καμία ιδέα τι πρέπει να κάνετε για το 2 ^ο πόδι;	
---	---	--	--

2	M6	Να το βάλουμε κατευθείαν από δω να στρίψει;	Δείχνει με τον κέρσορα την οντότητα στη σκηνή
			
3	M5	Ναι να στρίψει. Δεξιά ή αριστερά;	
4	M6	Δεν θα πρέπει να κάνουμε δεξιά συν κάποιες μοίρες και μετά να κάνει όλα αυτά με αντίθετη γωνιά; Για να κάνει το ίδιο από την άλλη;	

Οι μαθήτριες στο συμβάν 14 αποφασίζουν να «αντιστρέψουν» το σχήμα του ενός ποδιού και να δημιουργήσουν το συμμετρικό του. Αρχικά η M6 περιγράφει το μοτίβο συμμετρίας του ανθρώπινου σώματος με μαθηματικούς όρους και αναφέρεται στις μοίρες και στις γωνίες στροφής των ποδιών. Στη συνέχεια η M5 εκφράζει το μοτίβο αυτό σε αλγοριθμικό πλαίσιο χρησιμοποιώντας όρους προγραμματισμού. Προτείνει να αντιγράψουν τον κώδικα που ήδη έχουν και να αντικαταστήσουν τις εντολές στροφής με τις αντίθετές τους. Εδώ η M6 εντοπίζει μια συμμετρία στις εντολές του περιβάλλοντος και τις ταξινομεί σε αντίθετες αναφερόμενη στο αποτέλεσμα που έχουν στην κίνηση της οντότητας. Τελικά υλοποιούν την επανάληψη του κώδικα και την αντικατάσταση των εντολών όπως φαίνεται στο στιγμιότυπο οθόνης στη γραμμή 4.

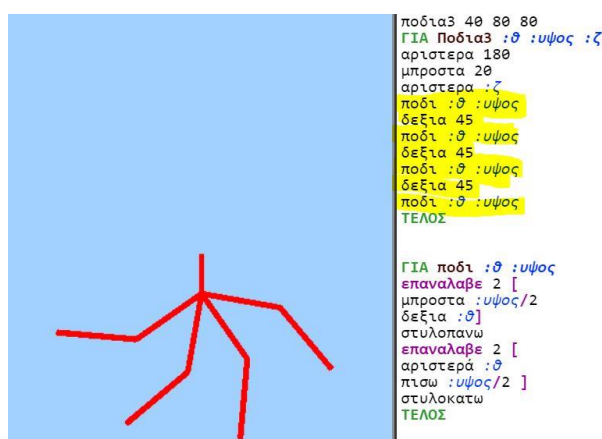
Στην περίπτωση του κρίσιμου συμβάντος 14, οι μαθήτριες αναγνωρίζουν ένα μοτίβο και το υλοποιούν με προγραμματισμό. Εντούτοις, δεν ακολουθούν κάποια στρατηγική για γενίκευση του μοτίβου, για παράδειγμα να μπορεί να επαναληφθεί μεταβλητές φορές, αλλά μένουν μόνο στη συμμετρική σχεδίαση του αρχικού σχήματος. Δύο από τις ομάδες, ωστόσο, γενίκευσαν το μοτίβο συμμετρίας που αρχικά είχαν κατασκευάσει και δημιούργησαν υπολογιστικές αφαιρέσεις. Μια από αυτές τις περιπτώσεις, φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 15, στο οποίο οι δύο μαθήτριες της ομάδας 2 εκφράζουν δυο διαφορετικές υπολογιστικές στρατηγικές για την κατασκευή του μοτίβου συμμετρίας.

1	M4	Λοιπόν το βρήκα. Αυτά εδώ πέρα είναι οι μοίρες. Όταν κάνει το δεύτερο πόδι δεν χρειάζεται να αλλάξουμε το αριστερά και το δεξιά. Μπορούμε απλώς να αλλάξουμε τις μοίρες που στρίβει.	δείχνει τις τιμές εκτέλεσης
2	M3	Μα πως θα ξέρουμε πόσες μοίρες να στρίψει;	
3	M4	Κοίτα θα τα βρούμε από εδώ. Το :ζ ας πουμε είναι 45 αν το κάνουμε -45 θα πάει από την άλλη. Και αντίστοιχα θα κάνουμε και το θ	Αλλάζει τους ολισθητές των παραμέτρων ώστε να βγει το στιγμιότυπο που θέλει 
4	M3	Εγώ λέω καλύτερα να βάλουμε τις αντίθετες εντολές δεξιά και αριστερά. Είναι πιο σίγουρο αφού θέλουμε να κάνει το αντίθετο και δεν χρειάζεται να υπολογίσουμε γωνίες	
5	M4	Μα έτσι όπως λέω δεν θα αλλάξουμε καν τον κώδικα. Μόνο τις τιμές αυτών εδώ των ορισμάτων.	

Στο κρίσιμο συμβάν 15, οι δύο μαθήτριες προσεγγίζουν το ίδιο μοτίβο με διαφορετικές στρατηγικές. Η M3 εκφράζει μια μαθηματική στρατηγική κατά την οποία διατηρεί το ίδιο σχήμα, δηλαδή τις ίδιες εντολές, και αλλάζει τις μοίρες που πρέπει να στρίψει η οντότητα για να πετύχει τη συμμετρία. Η M4 αντίθετα εκφράζει μια καθαρά προγραμματιστική στρατηγική και υποστηρίζει πως αρκεί να γράψουν τις αντίθετες εντολές στροφής διατηρώντας ίδιες τις μοίρες, θεωρώντας πως είναι μια πιο σίγουρη λύση με λιγότερους μαθηματικούς υπολογισμούς. Η λύση που προτείνει η

M3, μπορεί να γενικευθεί υπολογιστικά, με μια παραμετρική διαδικασία, αφού διατηρεί ίδιες τις εντολές του κώδικα και αλλάζει μόνο τα ορίσματα που αφορούν τις γωνίες στροφής, όπως αναφέρει και η ίδια στη γραμμή 5 «δεν θα αλλάξουμε τον κώδικα μόνο τις τιμές των ορισμάτων». Η λύση της M4, από την άλλη, είναι πιο ειδική καθώς απαιτεί τη χρήση διαφορετικών εντολών για την κατασκευή του μοτίβου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γενικευθεί σε μια διαδικασία που θα κατασκευάζει το ίδιο σχήμα.

Τελικά οι μαθήτριες ακολουθούν τη στρατηγική της M3 και γενικεύουν το σχήμα του μοτίβου τους στην παραμετρική διαδικασία *πόδι :θ :υψος*, όπως φαίνεται στην εικόνα 31. Η διαδικασία αυτή υλοποιεί, με μεταβλητές γωνίες στροφής, το σχήμα που θέλουν να επαναλάβουν στο μοτίβο τους, δηλαδή κατασκευάζει ένα πόδι και επιστρέφει την οντότητα στη θέση της. Στη συνέχεια καλούν τη διαδικασία *πόδι* δυο φορές με δύο αντίθετα ορίσματα για την παράμετρο θ και με μια εντολή στροφής «δεξιά 45» ενδιάμεσα στις δυο κλήσεις. Αργότερα, οι μαθήτριες της ίδιας ομάδας πειραματιζόμενες με το μοτίβο των ποδιών, δημιούργησαν έναν άνθρωπο με 4 πόδια, επαναλαμβάνοντας τις εντολές «*πόδι :θ :ύψος δεξιά :η*» τέσσερις φορές (Εικόνα 31).

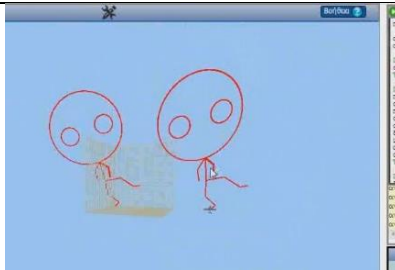


Εικόνα 31: Κλήσεις της διαδικασίας *πόδι* από τη διαδικασία *ποδια 3*.

Η ερευνήτρια εντόπισε αντίστοιχα μοτίβα συμμετρίας κατά την κατασκευή των χεριών του μοντέλου αλλά και κατά την διασκευή του για την αναπαράσταση αθλημάτων. Στο κρίσιμο συμβάν 16 οι μαθήτριες της ομάδας 3, στην προσπάθεια αποτύπωσης του αθλήματος μποξ αποφάσισαν να κατασκευάσουν δυο ανθρώπους στη σκηνή ταυτόχρονα. Μέσα από την κατασκευή τους νοσηματοδοτούν τη δημιουργία ενός μοτίβου με χρήση της δομής επανάληψης. Αρχικά δημιουργούν τη διαδικασία *άνθρωποι* στην οποία επαναλαμβάνουν δυο φορές την εντολή *άνθρωπος*. Βλέπουν όμως πως αυτό δεν έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι δημιουργούν ένα μοτίβο στο οποίο η οντότητα σχεδιάζει τον άνθρωπο, επιστρέφει στην αρχή και μετακινείται έναν αριθμό βημάτων αριστερά. Επαναλαμβάνοντας το μοτίβο αυτό 2 φορές με χρήση της δομής επανάληψης πετυχαίνουν το αποτέλεσμα της σειράς 7. Στη συνέχεια η M6 γενικεύει το μοτίβο εκφράζοντας την ιδέα να χρησιμοποιήσουν μεταβλητό αριθμό επαναλήψεων ώστε να μπορούν να φτιάξουν

«άπειρους ανθρώπους». Η Μ6 σταδιακά από την αναγνώριση ενός μοτίβου στην υλοποίηση του με δομή επανάληψης και στη συνέχεια στη γενίκευσή του με μεταβλητό αριθμό επαναλήψεων.

Κρίσιμο Συμβάν 16

1	M5	ρε κοίτα. θα φτιάξω μια εντολή που φτιάχνει 2 ανθρώπους. Κοίτα! Για άνθρωποι ύψος ω κλπ.	
2	M6	ααα ναι! Επανάλαβε 2 φορές άνθρωπος και τις μεταβλητές που παίρνει	
3	M5	και μετά τέλος. Και τώρα γράψε Άνθρωποι 100 40 40 40 90	
4	M6	χαχαχα είναι υπέροχο! Απλά το ένα πόδι είναι μέσα στο μάτι του άλλου	
	M5	ε ναι αφού εδώ σταματάει το αεροπλάνο	
Αφού έχει διορθώσει τον κώδικα της διαδικασίας άνθρωπος			
6	M6	ωχ τέλειο! Είναι σαν να βλέπει τον εαυτό του	
7	M5	Κυρία κυρία κοιτάξτε! Κάναμε μια εντολή που φτιάχνει δυο ανθρώπους	
8	E	Πολύ ωραίο! Μπράβο	
9	M6	Κυρία μπορούμε εδώ να βάλουμε αντί για δύο, μια μεταβλητή;	Δείχνει τον αριθμό 2 στην εντολή επανάλαβε 2
10	E	Ναι αμέ και να του λέτε εσείς πόσους ανθρώπους θα φτιάξει	
11	M6	Ναι! έτσι μπορούμε να φτιάξουμε άπειρους ανθρώπους στη σειρά! Τέλειο!	

Σχετικά αποτελέσματα ερωτηματολογίων

Η κατασκευή και η ανάπτυξη νοημάτων για την έννοια του μοτίβου από τους μαθητές ήταν εμφανής και στη σύγκριση των αντίστοιχων ερωτήσεων στα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ειδικότερα, την έννοια του «μοτίβου» αφορούσαν 6 από τις ερωτήσεις του

ερωτηματολογίου που δόθηκε πριν την έρευνα (ερωτήσεις 15, 16, 17, 18, 21, 22) και 4 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε μετά την έρευνα (ερωτήσεις 14, 15, 16, 19). Ο πίνακας 19 συνοψίζει τις σωστές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις αυτές. Στον πίνακα έχουν ληφθεί υπόψιν μόνο οι απαντήσεις των μαθητών που απάντησαν και στα δυο ερωτηματολόγια, καθώς υπήρχαν αρκετοί που απάντησαν μόνο στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν αλλά όχι σε αυτό που δόθηκε μετά.

Πίνακας 19: Σύνοψη σωστών απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις που εξετάζουν την έννοια του μοτίβου στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση

Κωδικός	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων στο ερωτηματολόγιο μετά την έρευνα
M1	2 από 6	3 από 4
M5	5 από 6	3 από 4
M6	4 από 6	3 από 4
M7	3 από 6	1 από 4
M8	4 από 6	4 από 4

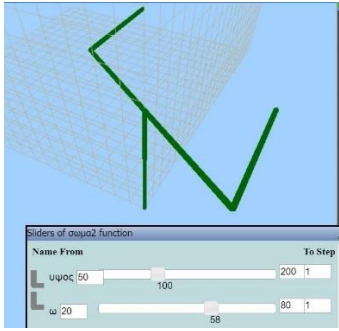
Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3 από τους 5 μαθητές παρουσίασαν βελτίωση στο ποσοστό των σωστών απαντήσεων τους στις σχετικές ερωτήσεις ενώ η M6 παρέμεινε σε σταθερό ποσοστό. Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι οι απαντήσεις της M5 στην ερώτηση «Τι είναι ένα μοτίβο; Δώστε ένα παράδειγμα;» η οποία υπήρχε ίδια και στα δυο ερωτηματολόγια. Στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα απάντησε πως ένα μοτίβο είναι το «ΑΒΓΑΒΓΑΒΓΑΒΓ». Στην ίδια ερώτηση μετά τη διδακτική παρέμβαση έδωσε ως παράδειγμα μοτίβου το «ΜΠΡΟΣΤΑ 8 ΔΕΞΙΑ 45 ΜΠΡΟΣΤΑ 8 ΔΕΞΙΑ 45», χρησιμοποίησε δηλαδή εντολές τους περιβάλλοντος MaLT2 για να δημιουργήσει ένα μοτίβο. Φαίνεται πως μέσα από την επανάληψη των εντολών στα πλαίσια των δραστηριοτήτων νοηματοδότησε το μοτίβο ως τη διαδοχική επανάληψη ενός συνόλου εντολών. Ακόμη, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η αύξηση των σωστών απαντήσεων στην ερώτηση του διαγωνισμού Bebras για τα μοτίβα. Στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα κανένας μαθητής δεν απάντησε σωστά στον εντοπισμό μοτίβων στην εικόνα. Αντίθετα στο ερωτηματολόγιο μετά την έρευνα 3 από τους 5 μαθητές απάντησαν σωστά. Η αλλαγή αυτή υποδηλώνει ότι πιθανώς η σύγκριση και ο εντοπισμός ομοιοτήτων μεταξύ των διαφορετικών κατασκευών στη σκηνή του MaLT2 να ενίσχυσε την ικανότητα εντοπισμού επαναλαμβανόμενων σχημάτων στους μαθητές.

4.3.2 Δημιουργία κίνησης

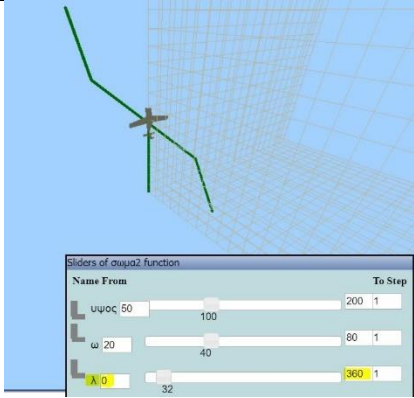
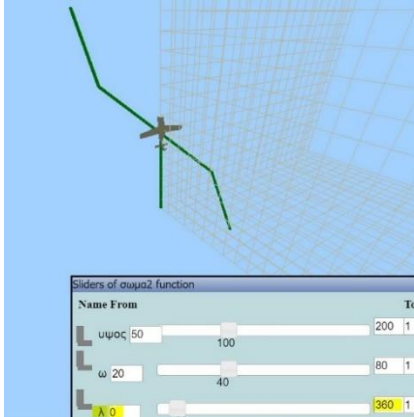
Η δεύτερη κατηγορία μοτίβων που εντόπισε η ερευνήτρια στις κατασκευές των μαθητών είναι τα μοτίβα κίνησης. Πρόκειται για περιπτώσεις που οι μαθητές σχεδίαζαν μια επαναλαμβανόμενη ή περιοδική κίνηση την οποία εκτελούσε το ανθρώπινο μοντέλο όταν το χειρίζονταν με τους ολισθητές. Η ερευνήτρια εντόπισε πως οι μαθητές αναγνώρισαν και υλοποίησαν μοτίβα κίνησης, κυρίως στην φάση της διασκευής του μοντέλου στο παιχνίδι μίμησης. Σε αυτά τα μοτίβα, όπως και στα γεωμετρικά μοτίβα, οι μαθητές εξέφραζαν διαισθητικές ιδέες για την κίνηση του ανθρώπινου σώματος τις οποίες στη συνέχεια υλοποιούσαν με υπολογιστικά μοτίβα μέσω του προγραμματισμού του ψηφιακού μοντέλου.

Στο κρίσιμο συμβάν 17 οι μαθήτριες της ομάδας 1 διασκευάζουν την κίνηση των χεριών του μοντέλου τους με σκοπό να αναπαραστήσουν το άθλημα ‘κολύμβηση’ στο παιχνίδι μίμησης. Οι μαθήτριες, σε προηγούμενη διασκευή, είχαν προγραμματίσει το μοντέλο τους να κινεί τα δυο χέρια περιοδικά μπρος και πίσω προσομοιώνοντας την κίνηση του μποξ. Για τη διασκευή αυτή, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο κρίσιμο συμβάν 11 ενότητας 5.2, είχαν δημιουργήσει τη μαθηματική σχέση $\alpha=180-\omega$ μεταξύ των ορισμάτων των εντολών στροφής που εκτελούνταν πριν τον σχεδιασμό κάθε χεριού. Στο κρίσιμο συμβάν 17 επιχειρούν να διασκευάσουν το μοτίβο της κίνησης αυτής και να κατασκευάσουν ένα νέο μοτίβο κίνησης μεταξύ των ‘χεριών’. Το νέο μοτίβο αναπαριστά την περιοδική κίνηση που πραγματοποιούν τα χέρια κατά την ελεύθερη κολύμβηση.

Κρίσιμο Συμβάν 17

1	M2	Λοιπόν, τώρα δεν θέλουμε να κουνιούνται τα χέρια μπρος πίσω όπως στο μποξ αλλά πάνω κάτω κυκλικά... έτσι	Δείχνει τις δυο κινήσεις με το σώμα της
2	M1	Δηλαδή θέλουμε αυτό το σημείο του σώματος, οι ώμοι, να κουνιέται έτσι κι όχι έτσι	Δείχνει την κίνηση και την γωνία στο ξύλινο μοντέλο
3	M2	Βασικά, πρέπει να βρούμε την εντολή που κάνει αυτή τη στροφή εδώ και να την κάνουμε μεταβλητή	Δείχνει το μοντέλο στη σκηνή 

4	M1	Οκ. πρώτα θα βγάλω και το δεξιά 180-ω από πριν γιατί τώρα δεν χρειάζεται. Μας νοιάζει μόνο η κίνηση πάνω κάτω	Αλλάζει τον κώδικα που έκανε την κίνηση του μποξ (βλ. επεισόδιο 10 ενότητα 4.2)
5	M2	Ωραία! Και τώρα θέλουμε εδώ, πριν κάνει το πρώτο χέρι, που λέει πάνω 90 να βάλουμε μια μεταβλητή. Ας πούμε πάνω λ. Το βάζω και στις παραμέτρους της διαδικασίας για να μπορούμε να το κουνάμε	Βρίσκει τον κώδικα και τον αλλάζει
6	M1	Α κάπως μοιάζει.	Προκαλεί κίνηση κουνώντας τον μεταβολέα της παραμέτρου λ
7	M2	Θέλουμε όμως τα χέρια να μην κουνιούνται ταυτόχρονα αλλά να κάνουν έτσι. Σαν κολύμπι	Η M2 δείχνει πάλι την κίνηση με το σώμα της
8	M1	Μήπως να βάλουμε κάτω 180 πριν φτιάξει το 2° χέρι για να το κάνει <u>με διαφορά 180 μοίρες</u> ;	Προσθέτει την εντολή κάτω 180 στον κώδικα και αλλάζει την εντολή κάτω :λ σε κάτω :λ+180
9	M2	Τέλεια τέλεια! τώρα κουνιέται όπως θέλουμε	Προκαλεί κίνηση των χεριών κουνώντας τον μεταβολέα της παραμέτρου λ

			
10	M1	Να βάλουμε το όριο από 0 μέχρι 360 για να κάνει <u>όλο τον κύκλο σαν κίνηση</u> .	Αλλάζει τα όρια του μεταβολέα της παραμέτρου λ και προκαλεί περιοδική κίνηση των χεριών 

Στο κρίσιμο συμβάν 17 οι μαθήτριες αρχικά χρησιμοποιούν ως μέσα έκφρασης το σώμα τους και το ξύλινο μοντέλο εκφράζουν ένα μοτίβο περιοδικής κίνησης που γνωρίζουν διαισθητικά (γραμμές 1 και 2). Παράλληλα το συγκρίνουν με ένα δεύτερο μοτίβο περιοδικής κίνησης που έχουν ήδη προγραμματίσει και συνεπώς γνωρίζουν την υπολογιστική υλοποίησή του. Μέσα από την κιναισθητική αναπαράσταση και σύγκριση των κινήσεων, αναγνωρίζουν τους άξονες στους οποίους πραγματοποιείται η κάθε κίνηση (γραμμή 1: μπρος πίσω, πάνω κάτω) και τις γωνίες του σώματος που αλλάζουν στις δυο κινήσεις (γραμμή 2: Αυτό το σημείο του σώματος, δηλαδή οι ώμοι να κουνιέται έτσι κι όχι έτσι). Στη συνέχεια στη γραμμή 3 αναφέρουν πως «πρέπει να βρούμε την εντολή που κάνει αυτή τη στροφή εδώ και να την κάνουμε μεταβλητή». Μεταφέρουν δηλαδή την κιναισθητική αντίληψη στην ψηφιακή αναπαράσταση του μοντέλου και εκφράζουν το μοτίβο κίνησης με μαθηματικούς (στροφή) και υπολογιστικούς όρους (μεταβλητή). Στη γραμμή 4 συγκρίνουν ξανά τα δυο μοτίβα κίνησης αλλά αυτή τη φορά εντοπίζουν τις διαφορές τους στον κώδικα (θα βγάλω και το δεξιά 180-ω) και όχι μόνο διαισθητικά και κιναισθητικά.

Στις γραμμές 5 και 6 υλοποιούν το νέο μοτίβο περιοδικής κίνησης αντικαθιστώντας τον αριθμό 90 με τη μεταβλητή :λ στην εντολή στροφής *πάνω*. Εδώ φαίνεται να αντιλαμβάνονται πως η εκτέλεση της εντολής «*πάνω 90*» είναι μια περίπτωση, ένα στιγμιότυπο, της συνολικής κίνησης. Χρησιμοποιώντας τη μεταβλητή λ μπορούν να εκτελέσουν την εντολή στροφής *πάνω* με διαφορετικούς αριθμούς. Αυτό όμως δεν αρκεί για να προκαλέσουν την περιοδική ομαλή κίνηση των χεριών στο παιχνίδι. Όπως αναφέρει η M2 στη γραμμή 5, πρέπει να δώσουν τη μεταβλητή λ και ως παράμετρο της διαδικασίας, ώστε να προκαλέσουν την κίνηση των χεριών αλλάζοντας δυναμικά τις τιμές εκτέλεσης της στροφής με τον μεταβολέα. Φαίνεται δηλαδή ότι αντιλαμβάνονται την κίνηση ως μια σειρά από στιγμιότυπα που με τη βοήθεια του μεταβολέα εκτελούνται σειριακά και δημιουργούν την αίσθηση της κινούμενης εικόνας, όπως ακριβώς τα κινούμενα σχέδια.

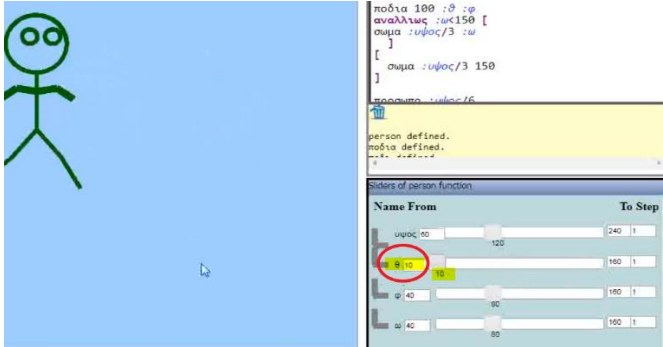
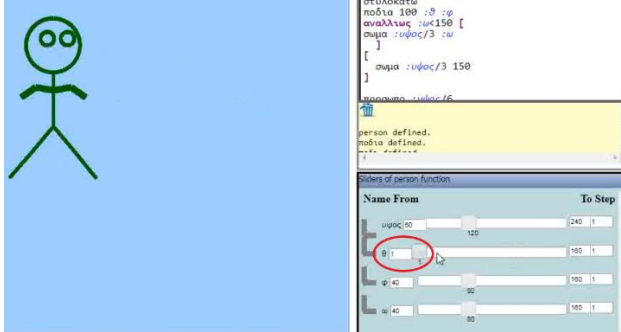
Εντούτοις, μέχρι τη γραμμή 6, δεν έχουν υλοποιήσει ακόμα το μοτίβο που αρχικά είχαν περιγράψει με το σώμα τους. Στη γραμμή 7 η M2 περιγράφει ξανά την κίνηση με το σώμα της και ανακαλύπτει μια ακόμη ιδιότητα του μοτίβου που αφορά τη διαφορά φάσης μεταξύ της κίνησης των δυο χεριών. Στη γραμμή 8 η M1, παρατηρώντας την κίνηση που αναπαριστά η M2 με το σώμα της, το ψηφιακό μοντέλο και τον κώδικα, εκφράζει αυτή τη διαφορά με μαθηματικούς και υπολογιστικούς όρους. Προτείνει να βάλουν μια εντολή «*κάτω 180*» πριν σχεδιαστεί το δεύτερο χέρι ώστε όπως λέει «να το κάνει με διαφορά 180 μοίρες». Εκφράζει δηλαδή ένα πιο σύνθετο μοτίβο περιοδικής κίνησης που περιλαμβάνει και μια διαφορά 180 μοιρών μεταξύ της στροφής στον άξονα ζ των δύο χεριών. Ταυτόχρονα αλλάζουν και την εντολή «επαναφοράς» από «*κάτω :λ*» σε «*κάτω :λ + 180*» αποτυπώνοντας και εκεί το περιοδικό μοτίβο με διαφορά φάσης.

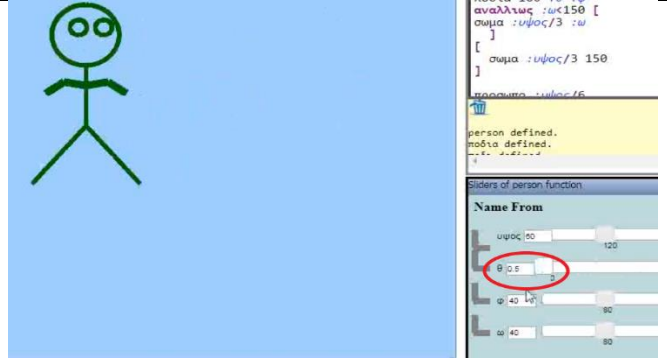
Τέλος, στη γραμμή 10 η M1 εκφράζει, ακόμα πιο καθαρά αυτή τη φορά, την έννοια της κίνησης ως αποτέλεσμα συνεχόμενων εκτελέσεων της εντολής με διαδοχικές τιμές της παραμέτρου λ. Μάλιστα, εκφράζει την έννοια της περιοδικότητας τη κίνησης λέγοντας πως αν δώσουν στη μεταβλητή λ συνεχόμενα όλες τις τιμές από το 0 έως το 360 τα χέρια θα κάνουν «*όλο τον κύκλο*». Εδώ, εκτός από την έκφραση της έννοιας του μοτίβου μέσα από παραμέτρους, φαίνεται πως οι μαθήτριες νοηματοδοτούν και θεμελιώδεις ιδιότητες της έννοιας της προγραμματιστικής μεταβλητής. Καταρχήν φαίνεται πως με τον δυναμικό χειρισμό της παραμέτρου και την ένα προς ένα αντιστοίχιση εκτέλεσης κώδικα και στιγμιότυπου κίνησης, αντιλαμβάνονται τη μοναδικότητα της τιμής της μεταβλητής, αποφεύγοντας την πολύ κοινή παρανόηση ότι η μεταβλητή μπορεί να έχει περισσότερες από μια τιμές ταυτόχρονα. Ταυτόχρονα, νοηματοδοτούν της διατήρηση της τιμής μιας μεταβλητής όταν αυτή χρησιμοποιείται σε διαφορετικές εντολές μέσα σε μια διαδικασία, ακόμα και σε μαθηματικές πράξεις, όπως για παράδειγμα $\lambda + 180$.

Ο δυναμικός χειρισμός των μεταβλητών με το εργαλείο των ολισθητών, φαίνεται πως βοήθησε σε όλες τις φάσεις της έρευνας τους μαθητές να νοηματοδοτήσουν την έννοια του μοτίβου και να ανακαλύψουν τις ιδιότητες της προγραμματιστικής μεταβλητής. Στο κρίσιμο συμβάν 18 οι

μαθήτριες της ομάδας 3 στην πρώτη φάση της έρευνας χρησιμοποιούν τους ολισθητές για να διερευνήσουν τον ρόλο της παραμέτρου θ στο πρόγραμμα που τους δόθηκε από την ερευνήτρια.

Κρίσιμο Συμβάν 18

1	M5	Κάτσε να βάλουμε και αυτό λίγο πιο μικρό. Ας πούμε 10. Και κούνα το τώρα	
2	M6	Α! Κοίτα όσο πιο μικρό είναι γίνεται σαν ευθεία το πόδι του	
3	M5	Ναι άρα όσο πλησιάζει προς το μηδέν τεντώνει το πόδι του γίνεται ευθεία. Και όσο πιο μεγάλο είναι το λυγίζει	
4	M6	Δηλαδή αν βάλουμε 1 θα είναι τελείως ευθεία ; Για να δούμε	Αλλάζει το αριστερό άκρο του ολισθητή της παραμέτρου θ και κινεί τον ολισθητή στην τιμή 1 
5	M5	Ναι τεντώνει τελείως το πόδι	
6	M6	Κι αν το βάλουμε 0,5;	
7	M5	Γίνεται;	
8	M6	Για να δούμε. Λογικά θα γίνεται	

9	M6	Και πάλι τελείως τεντώνεται.	
---	----	------------------------------	--

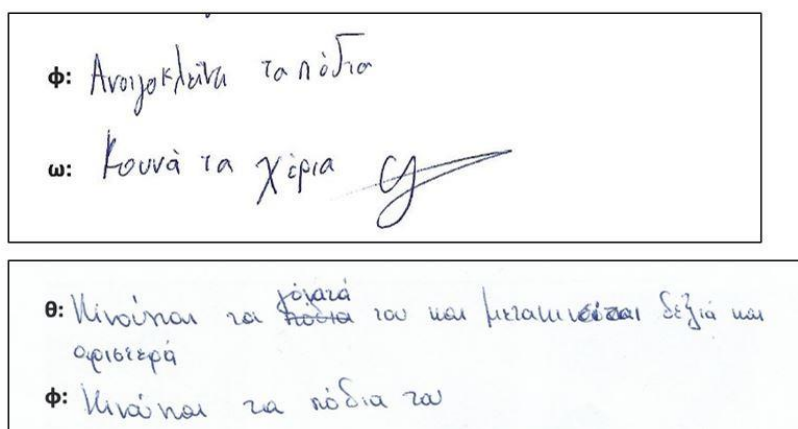
Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 18, οι μαθήτριες διερευνούν τον ρόλο της παραμέτρου θ στο πρόγραμμα «άνθρωπος» με τη χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού. Αλλάζοντας την τιμή της παραμέτρου θ με την μετακίνηση του ολισθητή, διαπιστώνουν ότι για κάθε τιμή αλλάζει η αναπαράσταση που σχεδιάζει το πρόγραμμα 'άνθρωπος' ως προς τη γωνία μεταξύ των δυο τμημάτων των ποδιών. Στη συνέχεια, δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές, εντοπίζουν ένα μοτίβο στον τρόπο που αλλάζει η γωνία και άρα τον λόγο για τον οποίο είναι μεταβλητή. Στις γραμμές 2 έως 4 προσπαθούν να γενικεύσουν αυτό το μοτίβο σε έναν κανόνα που να έχει γι' αυτές νόημα στα πλαίσια του ανθρώπινου μοντέλου. Ξεκινάνε λέγοντας πως «όσο πιο μικρό είναι (το θ) τόσο πιο ευθεία γίνεται το πόδι», συνδυάζοντας δηλαδή την τιμή που έχει κάθε φορά η μεταβλητή θ με τη συμπεριφορά του ποδιού του ανθρώπου. Η M1 στη γραμμή 3 συμπεριλαμβάνει περισσότερες περιπτώσεις στο μοτίβο και το εντάσσει ακόμη περισσότερο στις διαισθητικές γνώσεις της για την κίνηση του ποδιού (όσο πλησιάζει προς το μηδέν **τεντώνει** το πόδι του, γίνεται ευθεία. Και όσο πιο μεγάλο είναι το **λυγίζει**). Για να περιγράψει το μοτίβο κίνησης που υλοποιείται με στον προγραμματισμό με τη μεταβλητή θ , χρησιμοποιεί όρους που της είναι οικείοι από την κίνηση του σώματος (τεντώνει, λυγίζει). Στη συνέχεια, επιδιώκοντας ενδεχομένως να γενικεύσουν ή να επαληθεύσουν το μοτίβο που εντόπισαν, δοκιμάζουν κι άλλες τιμές οι οποίες δεν περιλαμβάνονταν στο αρχικό εύρος τιμών του ολισθητή. Έτσι, αλλάζουν το κατώτατο όριο σε 0,5 ώστε να παίρνει και δεκαδικές τιμές η γωνία και επαληθεύουν την υπόθεση τους για το μοτίβο (γραμμή 9).

Και σε αυτό το συμβάν κατά τη διαδικασία αναγνώρισης και περιγραφής ενός μοτίβου κίνησης με το εργαλείο δυναμικού χειρισμού, οι μαθήτριες νοηματοδοτούν ταυτόχρονα τις ιδιότητες της προγραμματιστικής μεταβλητής που το υλοποιεί. Φαίνεται πως αντιλαμβάνονται τη μοναδικότητα της τιμής μιας παραμέτρου και μεταβλητής σε κάθε περίπτωση εκτέλεσης της διαδικασίας. Ακόμη, καθώς πειραματίζονται με τις ρυθμίσεις του ολισθητή, εκφράζουν νοήματα για το εύρος και τον τύπο των τιμών (δεκαδικές ή ακέραιες) που μπορεί ή δεν μπορεί να δεχθεί μια μεταβλητή.

Οι μαθήτριες στο κρίσιμο συμβάν 18 ακολουθούν την αντίστροφη διαδικασία νοηματοδότησης της πρακτικής αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων από αυτή που ακολούθησαν οι μαθήτριες του

κρίσιμο συμβάντος 17. Εδώ διερευνούν ένα υπολογιστικό μοτίβο που έχει ήδη υλοποιηθεί με προγραμματισμό και στη συνέχεια το ερμηνεύουν σε ένα κιναισθητικό διαισθητικό πλαίσιο. Στο κρίσιμο συμβάν 17 οι μαθήτριες ξεκίνησαν από το κιναισθητικό πλαίσιο στο οποίο εξέφρασαν μια διαισθητική κίνηση και στη συνέχεια εξέφρασαν το μοτίβο της κίνησης με προγραμματισμό. Και εκεί νοηματοδότησαν την υπολογιστική πρακτική της αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων μέσα από την προγραμματιστική μοντελοποίηση μιας περιοδικής κίνησης που ήδη γνωρίζουν διαισθητικά.

Αντίστοιχα μοτίβα εντόπισαν όλες οι ομάδες μαθητών στις δραστηριότητες διερεύνησης και κατασκευής στις δύο πρώτες φάσεις της έρευνας, ενώ ορισμένοι κατασκεύασαν και δικά τους μοτίβα κίνησης στα πλαίσια του παιχνιδιού. Πολλά από αυτά τα μοτίβα αποτυπώθηκαν στα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στην πρώτη φάση στους μαθητές και συγκεκριμένα στην ερώτηση 1.α. «Τι πιστεύετε ότι αλλάζει η κάθε μια από τις παρακάτω μεταβλητές;». Στην εικόνα 32 φαίνεται μια σύνθεση επιλεγμένων απαντήσεων των μαθητών.



Εικόνα 32: Σάρωση των απαντήσεων δυο ομάδων στο φύλλο εργασίας

4.3.3 Σύνοψη

Στην παρούσα ενότητα αναπτύχθηκαν οι στρατηγικές που ακολούθησαν οι μαθητές στις για την αναγνώριση και τη γενίκευση μοτίβων στον κώδικα κατασκευής του ανθρώπινου μοντέλου. Όπως εντόπισε η ερευνήτρια, τα μοτίβα που εξέφρασαν οι μαθητές μπορούν να ενταχθούν σε δυο ευρύτερες κατηγορίες, οι οποίες συνοψίζονται στον πίνακα 20.

Πίνακας 20: Σύνοψη των αποτελεσμάτων των στρατηγικών αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων των μαθητών στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Τύπος Μοτίβου	Στρατηγικές	Υπολογιστικές έννοιες	Μαθηματικές έννοιες
---------------	-------------	-----------------------	---------------------

Γεωμετρικά μοτίβα	-Κατασκευή συμμετρικού σχήματος/κώδικα -Επανάληψη όμοιου ή παρόμοιου σχήματος	Επανάληψη, Διαδικασία	Συμμετρία, Αναλογία
Μοτίβα κίνησης	-Περιοδική μεταβολή γωνίας -Συνδυαστική μεταβολή παραμέτρων	Παράμετρος, Μεταβλητή	Περιοδικότητα Συναρτησιακή σχέση μεταβλητών

Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα κρίσιμα συμβάντα που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο αυτή, καθώς και από τα υπόλοιπα που εντόπισε η ερευνήτρια, είναι ότι οι μαθητές, μέσα από τις δραστηριότητες της έρευνας, συνέδεσαν την έννοια του μοτίβου με πραγματικές καταστάσεις και προβλήματα που έχουν νόημα για τους ίδιους. Σε πολλές περιπτώσεις ξεκίνησαν από μια διαισθητική γνώση, όπως η συμμετρία του σώματος, την οποία στη συνέχεια εξέφρασαν και νοηματοδότησαν υπολογιστικά μέσα από τον προγραμματισμό των αντίστοιχων μοτίβων στο ψηφιακό μοντέλο. Η αναγνώριση, η κατασκευή και η γενίκευση και των δύο τύπων μοτίβων, έλαβε χώρα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές συνδύασαν τον προγραμματισμό, τα μαθηματικά και την διαισθητική τους αντίληψη για τις υπολογιστικές έννοιες.

Όπως φάνηκε, η διερεύνηση σε ένα πολυθεματικό πλαίσιο, που δεν περιορίζεται στην επίλυση προβλημάτων προγραμματισμού, μπορεί να ενισχύσει τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητών γύρω από σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές και την μεταφορά υπολογιστικών δεξιοτήτων σε πολλαπλούς τομείς εφαρμογής. Στην επόμενη ενότητα αναπτύσσονται με λεπτομέρεια τα πλαίσια νοηματοδότησης υπολογιστικών πρακτικών από τους μαθητές και ο ρόλος που είχε το παιχνίδι στην ένταξη και μεταφορά των νοημάτων σε κάθε ένα από αυτά τα πλαίσια.

4.4 Ο ρόλος του παιχνιδιού στην επινόηση και εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών

Το ψηφιακό παιχνίδι, εκτός από μια προκλητική και ελκυστική δραστηριότητα για τους μαθητές, προσφέρει, ένα αυθεντικό και ταυτόχρονα δομημένο πλαίσιο οργάνωσης εννοιών, ιδεών, αναπαραστάσεων, κανόνων, σχέσεων και συμπεριφορών (Salen & Zimmerman, 2005). Στο πλαίσιο αυτό οι παίκτες συχνά κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για τις έννοιες που ανακαλύπτουν και συνδέουν τη νέα γνώση με πραγματικές καταστάσεις (Gee, 2003). Ταυτόχρονα, οι πολλαπλές

αναπαράστασεις και τα εργαλεία αλληλεπίδρασης που προσφέρουν τα ψηφιακά παιχνίδια μπορούν να δώσουν πρόσβαση ακόμα και σε πολύπλοκες και δυσνόητες έννοιες (Hainey et al., 2016).

Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση οι μαθητές κατασκεύασαν και διασκεύασαν ένα κινούμενο μοντέλο με προγραμματισμό στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης «Code-the-Mime». Τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού ένταξαν τις δραστηριότητες προγραμματισμού σε ένα δομημένο πλαίσιο μέσα στο οποίο οι μαθητές διερεύνησαν έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης. Τα κύρια στοιχεία του παιχνιδιού που διαμόρφωσαν το πλαίσιο αυτό είναι τα εξής:

- Οργάνωση: Οι παίκτες σχηματίζουν ζεύγη συμμαχικών ομάδων. Κάθε ομάδα μπορεί να έχει από 1-3 παίκτες. Πρέπει να υπάρχει ζυγός αριθμός ομάδων για να σχηματιστούν τα ζεύγη συμμαχικών ομάδων.
- Σκοπός: η κάθε ομάδα πρέπει να περιγράψει στη συμμαχική της ομάδα μια λέξη
- Περιορισμοί και κανόνες:
 - Ο μοναδικός τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των συμμαχικών ομάδων είναι το ψηφιακό μοντέλο
 - Οι λέξεις διαλέγονται τυχαία από μια στοίβα κλειστών καρτών και περιγράφουν πάντα ένα άθλημα
 - Η ομάδα που σχεδιάζει τη λέξη μπορεί να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργικότητες του περιβάλλοντος για να διασκευάσει το ψηφιακό μοντέλο όπως και όσο θέλει.
 - Η ομάδα που αποκρυπτογραφεί τη λέξη έχει μέχρι 3 προσπάθειες για να τη βρει. Διαφορετικά η κάρτα ακυρώνεται.
 - Η ομάδα που αποκρυπτογραφεί τη λέξη μπορεί να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργικότητες του εργαλείου για να διερευνήσει το μοντέλο (κάμερα, δυναμικός χειρισμός, κώδικας). Αν κατά τη διερεύνηση, επέμβει με οποιονδήποτε τρόπο η συμμαχική ομάδα, η κάρτα ακυρώνεται.
- Βαθμολογία: Για κάθε επιτυχημένη εύρεση της λέξης παίρνει 1 βαθμό η ομάδα που το σχεδίασε και μισό βαθμό η συμμαχική της ομάδα που το βρήκε.
- Συνθήκη τέλους παιχνιδιού: Το παιχνίδι ολοκληρώνεται μόλις τελειώσουν οι διαθέσιμες κλειστές κάρτες
- Συνθήκη νίκης: Η ομάδα που έχει συγκεντρώσει το μεγαλύτερο άθροισμα πόντων τη στιγμή που θα ολοκληρωθεί το παιχνίδι

Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν και με ποιον τρόπο το δομημένο πλαίσιο που θέτει το συγκεκριμένο παιχνίδι μπορεί να ενισχύσει την εφαρμογή και την προοδευτική ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης. Η ερευνήτρια, κατά την ανάλυση των δεδομένων, εντόπισε

ότι το πλαίσιο παιχνιδιού που διαμορφώθηκε από τα παραπάνω στοιχεία, αποτέλεσε καταλυτικό παράγοντα για τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών. Οι κανόνες και οι περιορισμοί του παιχνιδιού διαμόρφωσαν ένα παιγνιώδες πλαίσιο που ώθησε τους μαθητές να επινοήσουν τακτικές για να συνεργαστούν με τους συμπαίκτες τους και για να νικήσουν τους αντιπάλους τους. Η κάθε ομάδα έπρεπε να διασκευάσει το μοντέλο σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα ώστε να προχωρήσει στην επόμενη κάρτα και να κερδίσει περισσότερους πόντους. Ταυτόχρονα έπρεπε να βρει αποτελεσματικούς τρόπους να κωδικοποιήσει το ζητούμενο άθλημα ώστε να το επικοινωνήσει σωστά στη συμμαχική ομάδα. Όταν ήταν στη θέση της ομάδας που «μάντευε», οι μαθητές έπρεπε να αποκωδικοποιήσουν γρήγορα και εύστοχα το κρυμμένο άθλημα χωρίς να κάνουν τυχαίες εικασίες που θα τους αφαιρούσαν το όριο των διαθέσιμων προσπάθειών. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές χρησιμοποίησαν και νοηματοδότησαν προγραμματιστικές έννοιες και πρακτικές για να προχωρήσουν και να βελτιωθούν στο παιχνίδι.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων η ερευνήτρια διέκρινε πέντε κυρίαρχες τακτικές παιχνιδιού που επινόησαν οι μαθητές καθώς έπαιζαν το παιχνίδι μίμησης Code the Mime. Αυτές συνοπτικά είναι:

1. Αφηρημένος σχεδιασμός ρεαλιστικών αναπαραστάσεων
2. Ανάλυση και αποδόμηση της κατασκευής
3. Προοδευτική βελτίωση και γενίκευση των διασκευών
4. Χρήση του σώματος στο παιχνίδι
5. Ανάπτυξη μιας «υπολογιστικής» γλώσσας επικοινωνίας

Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται οι υπολογιστικές στρατηγικές που εξέφρασαν οι μαθητές μέσα από τις τακτικές παιχνιδιού που κατέστρωσαν. Ακόμη μελετάται ποια στοιχεία του παιχνιδιού λειτούργησαν ως καταλύτες για τη διαμόρφωση των στρατηγικών αυτών καθώς και για τη διαμεσολάβηση της γνώσης. Ο πίνακας 21 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους και προσφέρει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων που παρουσιάζονται.

Πίνακας 21: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.4

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Μέρος έρευνας - δραστηριότητα
Κρίσιμο Συμβάν 19	3	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 20	3	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 21	4	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»

Κρίσιμο Συμβάν 22	4	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 23	1 & 2	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 24	4	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»
Κρίσιμο Συμβάν 25	4	3 ^ο μέρος – παίξιμο παιχνιδιού «Code-the-Mime»

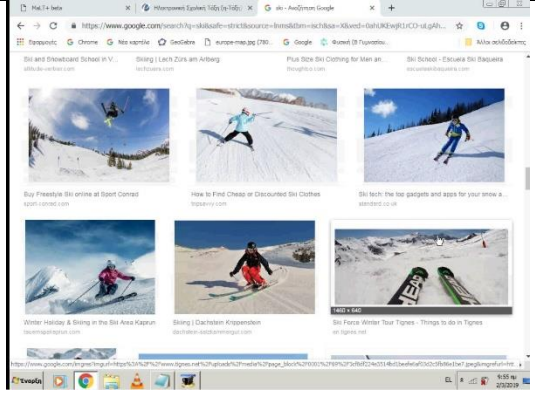
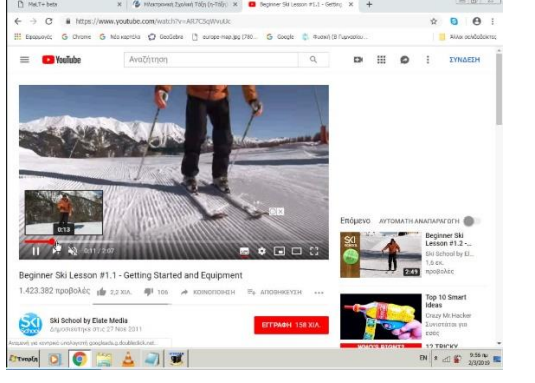
4.4.1 Αφηρημένος σχεδιασμός ρεαλιστικών αναπαραστάσεων

Η βασική ιδέα του παιχνιδιού Code the Mime, είναι η αναπαράσταση αθλημάτων, με ένα ψηφιακό μοντέλο ανθρώπου κατασκευασμένο μόνο από το ίχνος μιας οντότητας που κινείται με προγραμματισμό. Η πρόκληση του παιχνιδιού, όπως και όλων των παιχνιδιών μίμησης, έγκειται στον περιορισμό των εκφραστικών μέσων που επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουν οι παίκτες για να αποτυπώσουν μια πολύπλοκη κατάσταση, στη συγκεκριμένη περίπτωση ένα άθλημα. Οι παίκτες καλούνται να επινοήσουν τρόπους ώστε να μεταφέρουν έννοιες και ιδέες από ένα ρεαλιστικό-νατουραλιστικό πλαίσιο σε ένα ψηφιακό περιβάλλον προγραμματισμού δυναμικών γεωμετρικών αναπαραστάσεων.

Όπως φάνηκε οι μαθητές ακολούθησαν μια συνήθη στρατηγική που εφαρμόζεται στα παιχνίδια μίμησης. Αρχικά εντόπιζαν ένα σύνολο από στοιχεία του αθλήματος, όπως χαρακτηριστικές κινήσεις, εξοπλισμό, στάση του σώματος. Στη συνέχεια συζητούσαν και επέλεγαν όποια από αυτά είναι αντιπροσωπευτικά και ταυτόχρονα υλοποιήσιμα με τα εκφραστικά μέσα που είχαν στη διάθεσή τους στο παιχνίδι, δηλαδή τον κώδικα, την κατασκευή του μοντέλου στη τρισδιάστατη σκηνή και τον δυναμικό χειρισμό του. Για παράδειγμα στο κρίσιμο συμβάν οι μαθήτριες της ομάδας 3 προσπαθούν να αποφασίσουν πως θα αναπαραστήσουν το άθλημα σκι.

Κρίσιμο Συμβάν 19

1	M6	Οκ πάμε να φτιάξουμε το ανθρωπάκι. Θέλουμε καταρχήν να βλέπουμε εμείς το πλαινό του . Και μετά να βάλουμε ένα τέτοιο στο ένα χέρι κ ένα στο άλλο . Δεν ξέρω πως τα λένε. Και να κουνιέται έτσι	Εννοεί τα μπατόν του σκι Δείχνει με κινήσεις του σώματος
---	----	---	---

2	M5	Κάτσε να ψάξουμε στο google καμία εικόνα	
3	M6	λοιπόν εγώ λέω να του βάλουμε να κρατάει τα μπαστούνάκια γιατί είναι χαρακτηριστικό και εύκολο. Θα βάλουμε μια ακόμα γραμμή μετά το χέρι	
4	M5	θα πρέπει όμως να φαίνεται ότι είναι λυγισμένα	
5	M6	γιατί απλώς αν τα κρατάει και να κουνιούνται;	
6	M5	Όχι θα πρέπει εκεί που τα κρατάει να τα λυγίζει. Να κουνιέται δηλαδή αυτή η γωνία στο τέλος του χεριού.	
7	M6	Εντάξει. Θα βάλουμε μεταβλητή αυτή τη γωνία	
8	M5	Πρέπει να πάμε τα πόδια πίσω. Να έτσι	Δείχνει στο ξύλινο μοντέλο
9	M6	οχι ρε. Τόσο λυγισμένα;	
10	M5	ναι έτσι είναι Κοίτα εδώ.	
11	M6	Εντάξει αυτό δεν είναι τόσο σημαντικό . Ας κάνουμε πρώτα την περιστροφή του σώματος και τα χέρια με τα μπαστούνάκια	

12	M5	M1: Λοιπόν λοιπόν. Να βάλουμε στο ένα χέρι την εντολή πάνω και στο άλλο την εντολή κάτω για να γίνει έτσι	
----	----	--	--

Στο κρίσιμο συμβάν 19 οι μαθήτριες συνδυάζουν τις υπάρχουσες διαισθητικές γνώσεις τους (γραμμή 1) με εικόνες και βίντεο που βρίσκουν στο διαδίκτυο (γραμμές 2,8, και 10), για να εντοπίσουν τα αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά του αθλήματος σκι. Στη συνέχεια, προσπαθούν να μεταφέρουν τα χαρακτηριστικά αυτά στην αναπαράσταση του ψηφιακού μοντέλου στην τρισδιάστατη σκηνή. Για παράδειγμα, η M6 στη γραμμή 3 περιγράφει ότι για να σχεδιάσουν το μπαστούνι «θα βάλουμε μια ακόμα γραμμή μετά το χέρι». Αντιστοιχίζει δηλαδή ένα πραγματικό αντικείμενο, το μπαστούνι του σκι, στο αφηρημένο πλαίσιο της οθόνης, σχεδιάζοντας μια γραμμή. Με τον ίδιο τρόπο αντιστοιχίζει την κίνηση που πραγματοποιεί ο αθλητής με το μπαστούνι στο βίντεο, στη δυναμική μεταβολή του ευθύγραμμου τμήματος στο ψηφιακό μοντέλο. Στη συνέχεια, στη γραμμή 7, εκφράζει την κίνηση του μοντέλου με φορμαλιστικό τρόπο, χρησιμοποιώντας μια προγραμματιστική μεταβλητή σε συνδυασμό με μια εντολή στροφής στον χώρο σε συγκεκριμένο σημείο στο πρόγραμμα.

Στο παράδειγμα αυτό, οι μαθήτριες χρησιμοποιούν διαφορετικές αναπαραστάσεις, το βίντεο, τη φωτογραφία, το σώμα της μαθήτριας και το ψηφιακό μοντέλο, ως εργαλεία διαμεσολάβησης μεταξύ της διαισθητικής γνώσης τους για ένα μοτίβο κίνησης και της υπολογιστικής μοντελοποίησης του με προγραμματισμό. Το παιχνίδι έθεσε το πλαίσιο μέσα στο οποίο όλες αυτές οι αναπαραστάσεις αποκτούν νόημα και συνδέονται μεταξύ τους. Αντίστοιχα παραδείγματα είδαμε και στα κρίσιμα συμβάντα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.3 στα οποία οι μαθητές μέσω του αναπαραστασιακού συστήματος και των εκφραστικών εργαλείων του παιχνιδιού, μετέφεραν τις διαισθητικές τους ιδέες για τα μοτίβα σε μοτίβα προγραμματισμού και αντίστροφα.

Στο κρίσιμο συμβάν 19 οι μαθήτριες, μεταβαίνουν από την ρεαλιστική απεικόνιση της κίνησης και της στάσης του ανθρώπου στον αφηρημένο σχεδιασμό με το γεωμετρικό μοντέλο και τελικά στον προγραμματισμό τους με συμβολικό τρόπο. Μέσα από αυτή τη διαδικασία εφαρμόζουν ταυτόχρονα την πρακτικής της αφαίρεσης, δηλαδή τον εντοπισμό των σημαντικών πληροφοριών και την αγνόηση των δευτερευόντων στοιχείων ενός προβλήματος ή μιας κατάστασης (Wing, 2009, Grover & Pea, 2018). Η αφαίρεση, ενώ θεωρείται η ουσία της υπολογιστικής σκέψης, γίνεται δύσκολα αντιληπτή ως διαδικασία από τους μαθητές με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις και ασκήσεις προγραμματισμού (Armoni, 2013). Το παιχνίδι μίμησης, έδωσε τη δυνατότητα στους μαθητές να μεταφέρουν την ίδια έννοια, για παράδειγμα το μοτίβο κίνησης, σε διαφορετικά πλαίσια αφαίρεσης (το σώμα τους, το ψηφιακό μοντέλο, τον κώδικα), γεγονός που φάνηκε να συνέβαλε στη

νοηματοδότηση της πρακτικής της αφαίρεσης μέσα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο με νόημα για τους ίδιους.

4.4.2 Ανάλυση και αποδόμηση κατασκευής

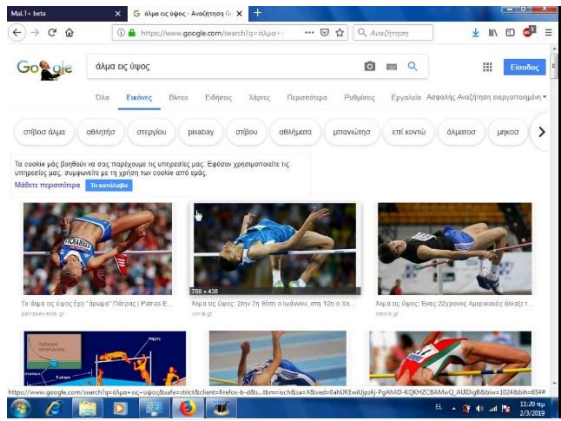
Μια ακόμη τακτική που ακολούθησαν οι μαθητές στα πλαίσια του παιχνιδιού, ήταν να χωρίζουν νοητικά αλλά και πρακτικά το ψηφιακό δόμημα και τον κώδικά του σε επιμέρους τμήματα ώστε να μπορούν να το αναλύουν και να το τροποποιούν γρήγορα και αποτελεσματικά. Η τακτική αυτή εμπεριείχε την εφαρμογή και νοηματοδότηση της πρακτικής της αποδόμησης. Η αποδόμηση θεωρείται από πολλούς ερευνητές, μια κεντρική δεξιότητα της υπολογιστικής σκέψης και της επίλυσης προβλημάτων καθώς αφορά την ικανότητα διάσπασης ενός προβλήματος ή ενός σύνθετου συστήματος σε μικρότερα και διαχειρίσιμα τμήματα (Barr, Harrison & Conery, 2011. Mannila κ.ά., 2014.). Εντούτοις είναι σημαντικό η διάσπαση αυτή να μην πραγματοποιείται τυχαία, αλλά με τρόπο που να βοηθά την αποτελεσματικότερη και καλύτερη διαχείριση του συνολικού προγράμματος.

Οι μαθητές στα πλαίσια της τακτικής αυτής, εφάρμοσαν την πρακτική της αποδόμησης σε διαφορετικά πλαίσια. Αρχικά αποδομούσαν το άθλημα σε επιμέρους χαρακτηριστικά, διασπώντας έτσι το αρχικό πρόβλημα του παιχνιδιού, δηλαδή την αναπαράσταση μιας έννοιας, σε επιμέρους προβλήματα. Πραγματοποιούσαν δηλαδή *αποδόμηση προβλήματος*. Κατόπιν αποδομούσαν οπτικά το ψηφιακό δόμημα, δηλαδή το μοντέλο, σε επιμέρους γεωμετρικά σχήματα ώστε να εντοπίσουν πιο σχήμα πρέπει να τροποποιήσουν για να υλοποιήσουν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, για παράδειγμα μια στάση των ποδιών ή μια κίνηση. Σε αυτή την περίπτωση υλοποιούσαν μια *γεωμετρική αποδόμηση*, η οποία γινόταν οπτικά και αφορούσε τη γεωμετρία του μοντέλου στη σκηνή του MaLT2. Για την αποτελεσματικότερη και πιο εύστοχη γεωμετρική αποδόμηση του μοντέλου οι μαθητές αξιοποιήσαν τις λειτουργικότητες της περισκοπικής κάμερας και του δυναμικού χειρισμού του περιβάλλοντος. Τέλος, τροποποιούσαν ή δημιουργούσαν νέες υποδιαδικασίες του συνολικού προγράμματος, εφαρμόζοντας *προγραμματιστική αποδόμηση*. Κατά την αποδόμηση του προγράμματος οι μαθητές νοηματοδότησαν την έννοια της διαδικασίας όπως περιγράφηκε στην ενότητα 5.2.

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού η μαθήτρια της ομάδας 2, αφού μελέτησε φωτογραφίες και βίντεο του αθλήματος «Άλμα εις ύψος» στο διαδίκτυο, αποφάσισε ότι πρέπει να αλλάξει τα πόδια και τον κορμό της ψηφιακής κατασκευής της. Στο κρίσιμο συμβάν 20 επιχειρεί να διασκεύασει τον κώδικα του μοντέλου ώστε να αναπαριστά μια κίνηση συγκεκριμένη κίνηση ανάμεσα στον κορμό και στο κεφάλι του. Στην πρώτη γραμμή του συμβάντος δείχνει στην ερευνήτρια τις εικόνες που βρήκε στο διαδίκτυο και στη συνέχεια της περιγράφει τον τρόπο που έχει σκεφτεί να το υλοποιήσει στον αλγόριθμο. Στη γραμμή 3 φαίνεται ότι αποδομεί την κίνηση των αθλητών σε δυο μέρη, στην κίνηση

των ποδιών και στην κίνηση του κορμού. Με βάση αυτό τον διαχωρισμό, αποφασίζει ότι θα διασκευάσει και τις αντίστοιχες διαδικασίες του κώδικα του ψηφιακού μοντέλου. Για την κίνηση του κορμού που είναι πιο πολύπλοκη εφαρμόζει ακόμη μια φορά την οπτική αποδόμηση και χωρίζει την ψηφιακή κατασκευή σε δύο τμήματα: στο «κομμάτι που είναι ο λαιμός» και στο «υπόλοιπο σώμα». Όπως αναφέρει θέλει το πρώτο να το κάνει «ανεξάρτητο» από το δεύτερο και «να έχει μια μεταβλητή για να λυγίζει προς τα κάτω». Στο σημείο αυτό έχει αποδομήσει στο μυαλό της την αναπαράσταση της κίνησης σε επιμέρους κινήσεις και αντίστοιχα τη συνολική διασκευή της ψηφιακής κατασκευής σε μικρότερες διασκευές που αφορούν επιμέρους τμήματα του μοντέλου. Κατόπιν υπόδειξης της ερευνήτριας (γραμμή 4) εντοπίζει πως κατασκευάζονται αυτά τα τμήματα στον κώδικα και τι τροποποιήσεις πρέπει να κάνει, δηλαδή να βάλει την εντολή πάνω πριν την εντολή μπροστά. Στη γραμμή 13 εκφράζει την αποδόμηση που μέχρι τώρα ήταν οπτική και διαισθητική, με υπολογιστικούς όρους, προτείνοντας να χωρίσει τη διαδικασία «σώμα» σε δύο διαδικασίες. Ενδιαφέρον εδώ έχει πως εξηγεί και τον λόγο που προτείνει την αποδόμηση της διαδικασίας, δηλαδή για να είναι πιο εύκολο να το αλλάξει. Φαίνεται πως στην περίπτωση αυτή η μαθήτρια δεν εφαρμόζει την αποδόμηση απλώς επειδή το επιτρέπει το περιβάλλον προγραμματισμού χωρίς συγκεκριμένο στόχο, όπως είδαμε σε άλλα συμβάντα, αλλά αντιλαμβάνεται την αξία και τον ρόλο της στη διαχείριση του προγράμματος και του αποτελέσματός του.

Κρίσιμο Συμβάν 20

1	M3	Κυρία λέω να το φτιάξω να κάνει αυτή την κίνηση	Δείχνει στο google τις εικόνες που βρήκε 
2	E	Ωραία. Έχεις σκεφτεί πως θα το κάνεις	
3	M3	Ναι. Πρώτα θα αλλάξω τα πόδια. Μετά, θέλω το κομμάτι που είναι ο λαιμός να το κάνω ανεξάρτητο από το υπόλοιπο σώμα και να έχει	

		μια μεταβλητή για να λυγίζει προς τα κάτω. Αλλά αυτό δεν είμαι σίγουρη πως μπορώ να το κάνω	
4	E	Ωραία. Για δείξε μου στον κώδικα που φτιάχνει τον λαιμό	
5	M3	Στη διαδικασία σώμα	
6	E	E: Ναι αλλα με ποια εντολή	
7	M3	Νομίζω εδώ. σε αυτό το μπροστά μετά τα χέρια	Ψάχνει τον κώδικα
8	E	Ωραία. Άρα τι μπορείς να κάνεις	
9	M3	Να βάλω μια στροφή πριν από το μποροστά;	
10	E	Ναι. Τι στροφή;	
11	M3	Την εντολή Πάνω;	
12	E	Για δοκίμασέ το	
13	M3	Μήπως να κάνω το σώμα από εδώ και πάνω ξεχωριστή διαδικασία για να είναι πιο εύκολο να το αλλάζω με τις μεταβλητές;	
14	E	Καλή ιδέα κι αυτό. Δοκίμασέ το κι έτσι	

Φαίνεται πως μέσα από το πλαίσιο του παιχνιδιού, οι μαθητές αντιλήφθηκαν την αξία της πρακτικής της αποδόμησης για την αποτελεσματικότερη επίλυση ενός πολύπλοκου προβλήματος και για τη διαχείριση ενός πολύπλοκου συστήματος. Δεν περιορίστηκαν μόνο στην απόκτηση της γνώση του πως γίνεται η αποδόμηση αλλά νοηματοδότησαν το γιατί είναι χρήσιμη και σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να αξιοποιηθεί. Νοηματοδότησαν δηλαδή την αποδόμηση ως μια δυναμική ιδέα που έχει ευρύτερη εφαρμογή στη διαχείριση πολύπλοκων καταστάσεων και προβλημάτων. Στα αποσπάσματα συνεντεύξεων 1 και 2 οι μαθητές/τριες των ομάδων 3 και 4 περιγράφουν τη διαδικασία αποδόμησης του μοντέλου που ακολουθούσαν για τη διασκευή του κατά το παίξιμο του παιχνιδιού. Στις απαντήσεις τους περιγράφουν τον τρόπο που υλοποίησαν την αποδόμηση αλλά κυρίως τονίζουν τη σημασία της αποδόμησης ως τακτική για να είναι αποτελεσματικότεροι/ες στο παιχνίδι. Όπως αναφέρουν χαρακτηριστικά, με την αποδόμηση ο προγραμματισμός γίνεται πιο

γρήγορος και εύκολος, μπορείς να χειριστείς καλύτερα το πρόγραμμα και να αλλάξεις συγκεκριμένα κομμάτια, να δουλέψεις με περισσότερη λεπτομέρεια. Φαίνεται πως μέσα από το παιχνίδι η πρακτική της αποδόμησης απέκτησε ένα προσωπικό νόημα για τους μαθητές καθώς ήταν ένας τρόπος να βελτιωθούν οι ίδιοι και να νικήσουν στο παιχνίδι.

Απόσπασμα Συνέντευξης 1

1	E	Σε ένα τέτοιο παιχνίδι σαν αυτό που παίζατε πώς πιστεύετε ότι πρέπει να είναι οργανωμένος ο κώδικας; θα ήταν καλύτερα να είναι όλα σε μία διαδικασία που θα λεγόταν άνθρωπος ή να είναι χωρισμένο σε διαδικασίες όπως αυτές που έχετε φτιάξει; χέρια πρόσωπο σώμα; Εσείς τι κάνατε;
2	M6	Νομίζω ξεχωριστά γιατί γνωρίζουμε και περισσότερο ποια εντολή είναι για ποιο κομμάτι. Ενώ αν ήταν μόνο ένα πρόγραμμα μπορεί να μπερδευόμαστε. Ενώ όταν είναι ξεχωριστό το βλέπουμε, μπορούμε να το τρέξουμε ξεχωριστά και να δούμε ποιο είναι ποιο. Να το αλλάξουμε και μετά να το ενώσουμε και να το τρέξουμε όλα μαζί. Είναι πιο γρήγορο και εύκολο
3	M5	Κι εγώ το ίδιο πιστεύω. Όταν είναι χωριστά μπορούμε να δουλέψουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και να προσθέσουμε ακριβώς αυτό που θέλουμε στο σημείο που θέλουμε ή να αφαιρέσουμε κάτι.

Απόσπασμα Συνέντευξης 2

1	E	Ωραία και κατά την άποψή σου πιστεύεις ότι για να φτιάξεις αυτό το ανθρωπάκι και να κουνιέται είναι προτιμότερο να έχεις ξεχωριστές διαδικασίες για κάθε μέρος του σώματος καλύτερα να είναι όλο σε ένα πρόγραμμα δηλαδή σε μία διαδικασία; Εσείς πως το κάνατε;
2	M7	Ξεχωριστά το κάναμε. Νομίζω βολεύει επειδή είναι πιο εύκολο και το τελικό πρόγραμμα βγαίνει καλύτερο
3	E	Και για να παίζεις το συγκεκριμένο παιχνίδι;
4	M7	Ναι ξεχωριστά βολεύει πιο πολύ για να το χειριστείς και για να αλλάξεις πιο ευκολά συγκεκριμένα κομμάτια

4.4.3 Προοδευτική βελτίωση και γενίκευση των διασκευών

Οι κανόνες και οι περιορισμοί που έθετε το παιχνίδι, φαίνεται πως αποτέλεσαν έναυσμα για τους μαθητές ώστε να εμπλακούν σε μια διαδικασία προοδευτικής βελτίωσης του ψηφιακού δομήματος αλλά και των τακτικών διασκευής που ακολουθούσαν. Στους πρώτους γύρους του παιχνιδιού οι μαθητές προσπαθούσαν να αναπαραστήσουν το εκάστοτε άθλημα με πολλές και λεπτομερείς αλλαγές στο ψηφιακό μοντέλο. Βλέποντας όμως ότι αυτή η τακτική απαιτούσε πολύ χρόνο, αναζήτησαν σταδιακά πιο αποτελεσματικές στρατηγικές διασκευής.

Μια από αυτές τις στρατηγικές ήταν να επιλέγουν να υλοποιούν μικρές αλλά ουσιαστικές αλλαγές στον κώδικα. Επέλεξαν, δηλαδή, να διασκευάσουν σημεία του αλγόριθμου, στα οποία μια μικρή αλλαγή επέφερε ένα σημαντικό αποτέλεσμα στην τελική αναπαράσταση του μοντέλου. Για παράδειγμα μια αλλαγή στον προσανατολισμό της οντότητας πριν σχεδιάσει ένα τμήμα του σώματος, η αύξηση ή η μείωση του μεγέθους ενός τμήματος, η αλλαγή μιας σταθεράς σε μεταβλητή, ήταν σύμφωνα με τους μαθητές κάποιες «αποτελεσματικές διασκευές», διότι απαιτούσαν μικρή διαφοροποίηση στον κώδικα αλλά προκαλούσαν κάποια ξεκάθαρη και εννοιολογικά σημαντική διαφορά στην αναπαράσταση του μοντέλου. Στόχος των μαθητών σταδιακά έγινε να επαναχρησιμοποιούν σε κάθε γύρο όσο το δυνατόν περισσότερα τμήματα του υπάρχοντα κώδικα.

Στο κρίσιμο συμβάν 21 οι μαθήτριες της ομάδας 3 έχουν ήδη αναπαραστήσει το άθλημα σκι και τώρα πρέπει να αναπαραστήσουν το άθλημα κωπηλασίας. Εφαρμόζοντας τη τακτικής της προοδευτικής βελτίωσης, οι μαθήτριες εντοπίζουν ομοιότητες και μοτίβα μεταξύ των στοιχείων που είχαν ήδη υλοποιήσει και των νέων στοιχείων που ήθελαν να αναπαραστήσουν.

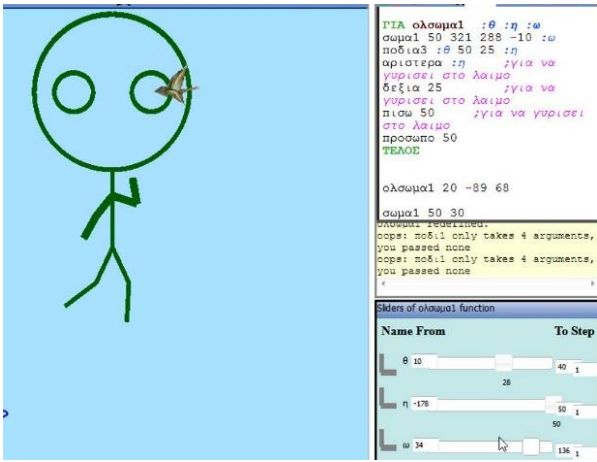
Κρίσιμο Συμβάν 21

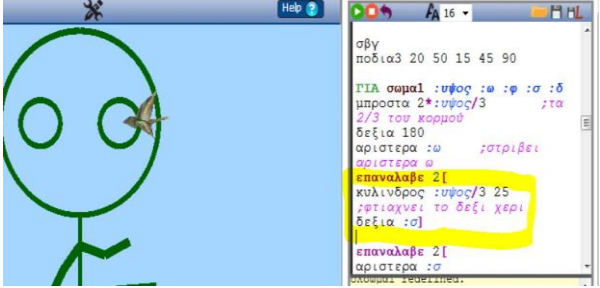
1	M5	Ωχ κωπηλασία; Είναι πάρα πολύ δύσκολο!
2	M6	Όχι κάτσε κάτι θα σκεφτούμε
3	M5	Να αλλάξουμε το αρχικό ανθρώπακι; Γιατί τώρα αυτό έχει και τα μπαστούνια
4	M6	Α! Έχω ιδέα! Μπορούμε τα μπαστούνια να τα μικρύνουμε και να μοιάζει ότι κρατάει κουπιά.
5	M5	Και απλώς να το κάνουμε να είναι καθιστός αλλάζοντας μόνο τη γωνία ω στα πόδια

Στο κρίσιμο συμβάν 21 η M5 αρχικά προτείνει να αλλάξουν από την αρχή το πρώτο ανθρώπινο μοντέλο που είχαν. Η M6 όμως εντοπίζει και γενικεύει ένα κοινό στοιχείο μεταξύ των δυο αναπαραστάσεων, ότι δηλαδή και στα δυο ο αθλητής κρατάει έναν εξοπλισμό σε κάθε χέρι. Με βάση αυτό το μοτίβο προτείνει, αντί να σχεδιάσουν από την αρχή το άθλημα, να χρησιμοποιήσουν τον κώδικα που ήδη έχουν και να μειώσουν το μέγεθος του εξοπλισμού ώστε να προσομοιώνει αφαιρετικά τα κουπιά. Η M5 στη συνέχεια προτείνει να αλλάξουν μόνο μια συγκεκριμένη γωνία στα πόδια με την οποία θα αλλάξει η στάση ολόκληρου του σώματος καθώς θα φαίνεται «καθιστός». Οι τροποποιήσεις που προτείνουν είναι πολύ πιο στοχευμένες και αποτελεσματικές, σε σχέση με αυτές που υλοποίησαν στην προηγούμενη κάρτα που παρουσιάστηκε στο κρίσιμο συμβάν 19.

Αντίστοιχη τακτική ακολούθησε και η μαθήτρια στις ομάδες 2, η οποία σε κάθε γύρω διατηρούσε το μοντέλο της προηγούμενης διασκευής και σκέφτονταν τρόπους και να το προσαρμόσει στο νέο άθλημα. Έτσι εκτός από την πρώτη διασκευή οι υπόλοιπες χρειάζονταν λιγότερο χρόνο. Στο κρίσιμο συμβάν 22 έχει ήδη διασκευάσει το μοντέλο ώστε να αναπαριστά το άθλημα καράτε κουνώντας όλες τις γωνίες των χεριών και των ποδιών. Στον επόμενο γύρο πρέπει να αναπαραστήσει το άθλημα ξιφασκία. Αποφασίζει, αντί να σχεδιάσει από την αρχή, να σταθεροποιήσει κάποιες από τις μεταβλητές του κώδικα στο υπάρχον μοντέλο και να προσθέσει ένα «ξίφος» στο ένα χέρι. Για να σταθεροποιήσει την κίνηση βρίσκει τις κατάλληλες τιμές με το εργαλείο δυναμικού χειρισμού και στη συνέχεια καλεί την υποδιαδικασία «σώμα» με σταθερά νούμερα αντί για μεταβλητές ως ορίσματα. Τελικά αφήνει μόνο μια μεταβλητή γωνία στα χέρια και σχεδιάζει πως θα προσθέσει το εξάρτημα ξίφος. Στη γραμμή 8 αναφέρεται στο χέρι ως επανάληψη και υποστηρίζει πως πρέπει να προσθέσει μια εντολή μπροστά μετά από την επανάληψη καθώς και μια εντολή πίσω για να συνεχίσει μετά τον υπόλοιπο κώδικα. Εδώ, η μαθήτρια φαίνεται ότι έχει αναπτύξει καλή αντίληψη της σειράς εκτέλεσης των εντολών και μπορεί γρήγορα και αποτελεσματικά να αναλύσει τον κώδικα και να προσθέσει ενδιάμεσα τμήματα με σωστό τρόπο. Ακόμη αντιλαμβάνεται ότι το μέγεθος του ξίφους δεν επηρεάζει το γραφικό αποτέλεσμα, γι' αυτό και το περιγράφει ως μπροστά «τόσο» γενικεύοντας το όρισμα της εντολής.

Κρίσιμο Συμβάν 22

1	E	Πως το φτιάχνεις;	
2	M3	Έχω κάνει τις γωνίες στα χέρια να μην κουνιούνται	
3	E	Πως το έκανες αυτό;	
4	M3	Έβαλα νούμερα εδώ αντί για γράμματα. Εκτός από το ω που θέλω να κουνιέται.	Δείχνει τον κώδικα και κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου ω 
5	E	Ωραία.	

6	M3	Και τώρα θέλω να βάλω ένα ξίφος στο χέρι του.	
7	E	Πως θα το κάνεις αυτό;	
8	M3	Θα πάω στον κώδικα εδώ, μετά την επανάληψη που φτιάχνει το χέρι και θα πω, μπροστά τόσο, πίσω τόσο και μετά θα κάνει τα υπόλοιπα που έχει	

Στα παραπάνω παραδείγματα η μαθήτρια χρησιμοποιεί τις υποδιαδικασίες ως δομικούς λίθους που καλούνται στο κύριο πρόγραμμά της σαν αυτόνομα αντικείμενα. Φαίνεται πως αντιλαμβάνεται την ιδέα της διαδικασίας ως μαύρο κουτί που δέχεται συγκεκριμένα ορίσματα και έχει μια δεδομένη έξοδο. Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι οι νέοι προγραμματιστές και μαθητές, με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις προγραμματισμού τείνουν να δημιουργούν προγράμματα σε χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης και να δυσκολεύονται να αντιληφθούν τμήματα του αλγόριθμου ως αυτόνομα αντικείμενα με εισόδους και εξόδους (βλέπε ενότητα 4.2). Στην παρούσα έρευνα φαίνεται πως το πλαίσιο του παιχνιδιού συνέβαλε στη ανάπτυξη της αντίληψης των μαθητών σε υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης.

Οι περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν συμφωνούν με τα ευρήματα αντίστοιχων ερευνών με κονστραξιονιστικά ψηφιακά παιχνίδια προγραμματισμού, που εντόπισαν πως οι μαθητές εφάρμοσαν μια επαναληπτική και προοδευτική προσέγγιση σχεδιασμού στο παιχνίδι (Weintrop & Wilensky, 2014. Weintrop κ.ά., 2016). Οι έρευνες των Weintrop κ.ά. (2016) έδειξαν ότι η κυρίαρχη πρακτική που ακολουθήσαν οι παίκτες σε κονστραξιονιστικά παιχνίδια, ήταν αυτή της αποσφαλμάτωσης. Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση οι μαθητές, αν και ενεπλάκησαν με τη διόρθωση σφαλμάτων κατά των σχεδιασμό, η κυρίαρχη στρατηγική που ακολούθησαν για τη βελτίωση του αλγόριθμου τους στο παιχνίδι, συνδύαζε τις πρακτικές της γενίκευσης και της αναγνώρισης ομοιοτήτων και μοτίβων μεταξύ των διαφορετικών προβλημάτων και λύσεων. Όπως και στις δυο προηγούμενες τακτικές, έτσι και εδώ φαίνεται πως το παιχνίδι έθεσε ένα αυθεντικό αλλά ταυτόχρονα σαφώς δομημένο πλαίσιο το οποίο προκάλεσε τους μαθητές να εκφράσουν και να αναπτύξουν σύνθετες στρατηγικές υπολογιστικής σκέψης.

4.4.4 Χρήση του σώματος στο παιχνίδι και ενσώματη μάθηση

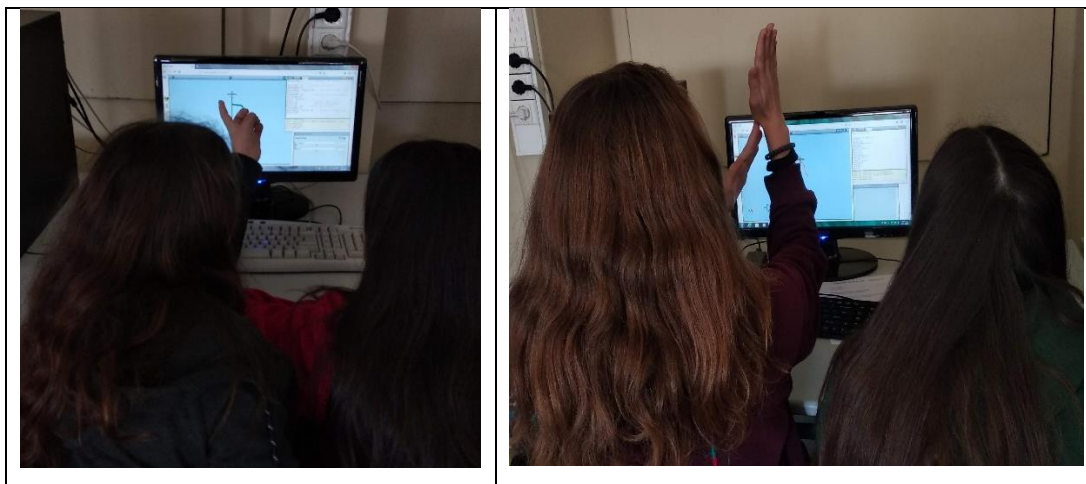
Πολλοί επιστήμονες και ερευνητές από τους τομείς της ψυχολογίας και της παιδαγωγικής έχουν υποστηρίξει ότι οι κιναισθητικές δραστηριότητες ενός ατόμου παίζουν σημαντικό ρόλο στην

κατασκευή και την νοηματοδότηση νέας γνώσης (Kynigos, Smyrnaioy, Roussou, 2010). Σύμφωνα με την προσέγγιση της ενσώματης μάθησης, το άτομο για να νοηματοδοτήσει νέες έννοιες ενεργοποιεί διαισθητικούς μηχανισμούς και μεταφορές που αντλούνται από ενσώματες εμπειρίες που έχει βιώσει ως οντότητα μέσα στον κόσμο (Fauconnier & Turner, 2002; Wilson, 2001). Υπό αυτό το πρίσμα, η αντίληψη, η γνώση και η δράση δεν είναι διακριτά στάδια της ανθρώπινης δραστηριότητας στον φυσικό κόσμο, αλλά συμβαίνουν ταυτόχρονα και είναι στενά συνυφασμένα (Wilson, 2001). Σχετικές έρευνες έχουν δείξει πως οι μαθητές συχνά χρησιμοποιούν κιναισθητικές δραστηριότητες όπως η χρήση χειρονομιών, οι κινήσεις του σώματος, η χρήση απτών αντικειμένων προκειμένου να νοηματοδοτήσουν μαθηματικές ή επιστημονικές έννοιες (Kynigos, Smyrnaioy, Grizioti, 2019) . Χρησιμοποιούν δηλαδή το σώμα τους ή κάποιο φυσικό αντικείμενο, ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ της τυπικής γνώσης και της διαισθητικής, ενσώματης γνώσης. Ένα είδος ενσώματης μάθησης λαμβάνει χώρα και σε τεχνολογικά διαμεσολαβούμενες εμπειρίες σε ψηφιακά περιβάλλοντα (Chee, 2007).

Πολλές έρευνες που μελετούν τη μάθηση σε προγραμματιζόμενα περιβάλλοντα γεωμετρίας της χελώνας, έχουν δείξει πως οι μαθητές συχνά χρησιμοποιούν το σώμα και τα χέρια τους για να συντονιστούν με τις κινήσεις της χελώνας, ή της εκάστοτε οντότητας, στο δισδιάστατο ή στο τρισδιάστατο επίπεδο (Clements & Burns, 2000, Latsi & Kynigos, 2012). Σύμφωνα με τον Papert (1991), η στρατηγική των μαθητών να προσομοιώνουν τις κινήσεις της χελώνας με το σώμα τους φαίνεται πως βοηθά την αισθητοποίηση συγκεκριμένων εννοιών όπως της έννοιας της στροφής ή της επανάληψης, συντελώντας σε αυτό που ονόμασε «συντονισμένη μάθηση». Στη συντονισμένη μάθηση όταν ένας μαθητής προγραμματίζει την χελώνα να σχεδιάσει έναν κύκλο συντονίζει την τυπική μαθηματική μάθηση με διαφορετικά πλαίσια. Ο κύκλος που σχεδιάζει η χελώνα είναι συντονισμένος με το σώμα, δηλαδή σχετίζεται στενά με τη γνώση των παιδιών για το σώμα τους. Ταυτόχρονα είναι συντονισμένος με το εγώ, δηλαδή γίνεται αντιληπτός μέσα από τον τρόπο που τα παιδιά αντιλαμβάνονται τους εαυτούς τους ως άτομα με προσδοκίες, στόχους επιθυμίες. Το παιδί προγραμματίζει τον κύκλο επειδή θέλει να τον κατασκευάσει.

Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση, η χρήση του σώματος και των κινήσεων των μαθητών ήταν κυρίαρχη και είχε διττή εφαρμογή. Η πρώτη περίπτωση όταν οι μαθητές αναπαριστούσαν κυρίως με τα χέρια τους, τη θέση, τον προσανατολισμό και την κίνηση της οντότητας στην τρισδιάστατη σκηνή. Για παράδειγμα η μαθήτρια στην εικόνα 33 προσομοιάζει με το δάχτυλό της την οντότητα και δείχνει προς τα που πρέπει να στρίψει. Η δεύτερη περίπτωση ήταν όταν οι μαθητές προσομοίωναν με το σώμα τους το παραγόμενο ψηφιακό δόμημα, δηλαδή το τρισδιάστατο ανθρώπινο μοντέλο που σχεδίαζε η οντότητα στην τρισδιάστατη σκηνή. Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούσαν όλο το σώμα τους ή το ξύλινο μοντέλο που τους δόθηκε, ώστε να

αναπαραστήσουν, να κατανοήσουν και να αναλύσουν μια κίνηση ή μια πόζα του αθλήματος, πριν την κωδικοποιήσουν με προγραμματισμό στο ψηφιακό μοντέλο της οθόνης.



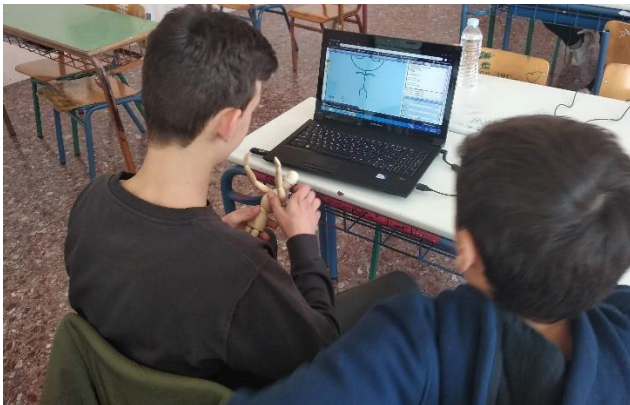
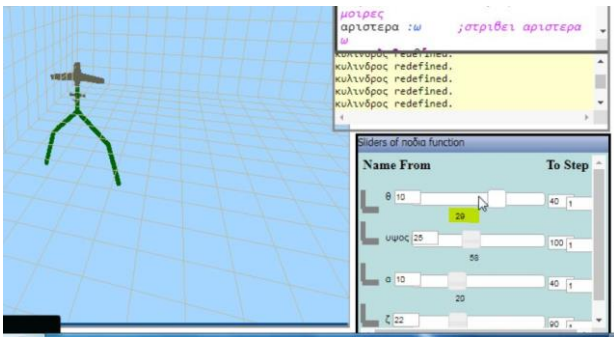
Εικόνα 33: Φωτογραφίες που αποτυπώνουν τη χρήση του σώματος από τις μαθήτριες δύο διαφορετικών ομάδων για τη διερεύνηση της ψηφιακής αναπαράστασης

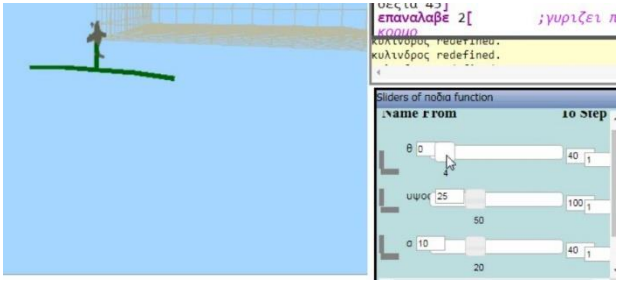
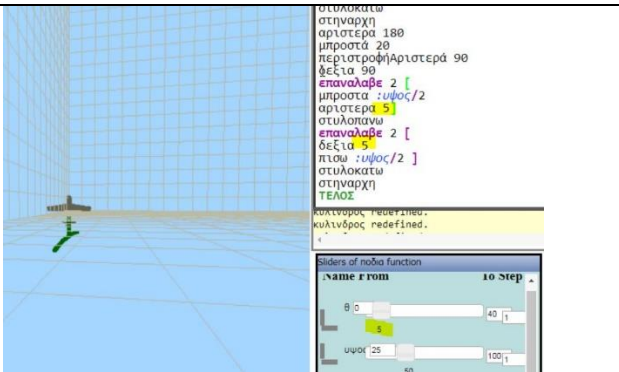
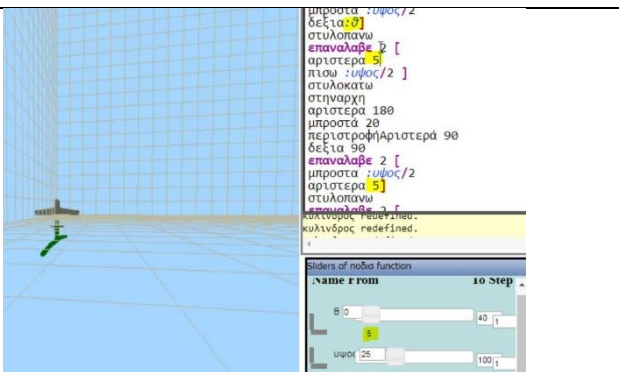
Καθώς η πρώτη περίπτωση έχει αναπτυχθεί εκτενώς σε έρευνες που μελετούν την ενσώματη μάθηση στη γεωμετρία της χελώνας (Latsi & Kynigos, 2012. Morgan & Alshwaikh, 2012), η ερευνήτρια επέλεξε να μελετήσει και να αναλύσει τη δεύτερη περίπτωση για την οποία δεν υπάρχουν, μέχρι στιγμής, εκτεταμένες μελέτες. Στην ενότητα αυτή εξετάζεται πως οι μαθητές αναγνώρισαν, χρησιμοποίησαν και μετέφεραν υπολογιστικές πρακτικές και δυναμικές ιδέες στα τρία διαφορετικά πλαίσια, δηλαδή του προγραμματισμού, της φαινομενολογίας της οθόνης, και των χειραπτικών αναπαραστάσεων. Στην παρούσα ανάλυση, η ερευνήτρια θεωρεί ως χειραπτικές αναπαραστάσεις το σώμα των μαθητών και το ξύλινο μοντέλο ανθρώπου που τους δόθηκε. Σε αυτό το πλαίσιο, αναλύεται ο ρόλος του πλαισίου το παιχνιδιού στην ενεργοποίηση κιναισθητικών μηχανισμών για τη νοηματοδότηση υπολογιστικών πρακτικών και στη μετάβαση των μαθητών μεταξύ των τριών πλαισίων νοηματοδότησης.

Όπως φάνηκε από την ανάλυση των δεδομένων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν εκτενώς το σώμα ως ενδιάμεση αναπαράσταση μεταξύ της διαισθητικής γνώσης τους για υπολογιστικές έννοιες και της μοντελοποίησης τους με φορμαλισμό στον ψηφιακό κόσμο. Σε αρκετές περιπτώσεις προτίμησαν αντί για το σώμα τους να χρησιμοποιήσουν το ξύλινο μοντέλο, είτε επειδή ήταν μια δύσκολη κίνηση ή πόζα, είτε επειδή είχαν τη δυνατότητα να το αλλάζουν μαζί με τον συμπαίκτη τους. Στο κρίσιμο συμβάν 23 οι μαθητές της ομάδας 4 συζητούν πως θα αναπαραστήσουν το άθλημα μπαλέτο.

Κρίσιμο Συμβάν 23

1	M7	Λοιπόν τα χέρια πρέπει να είναι έτσι και τα πόδια έτσι	Φτιάχνει την πόζα στο ξύλινο μοντέλο
---	----	--	--------------------------------------

2	M8	Να το βάλουμε να κάνει σπαγγάτο; Θα το βρουν πιστεύεις; Μπορούμε να το κάνουμε γρήγορα αν αλλάξουμε τα πόδια	
3	M7	Πως εννοείς;	
4	M8	Για να κάνει σπαγγάτο πρέπει καταρχήν να το γυρίσουμε στον άξονα αυτόν και μετά να τεντώσουμε τα πόδια να είναι ίσια. Πως θα το κάνουμε αυτό;	Ο Μ8 παίρνει το ξύλινο μοντέλο από τον Μ7 και το αλλάζει. 
5	M7	Μήπως είναι το περιστροφή Αριστερά α;	Κοιτάει τον κώδικα
6	M8	Νομίζω το δεξιά θ είναι αυτή η κλείδωση. Ανάμεσα σε αυτά τα δυο κομμάτια.	Πιθανώς κουνάει/δείχνει το μοντέλο
7	M7	Εδώ πρέπει να είναι, μέσα στην επανάληψη που φτιάχνει το πόδι	Δείχνει τον κώδικα
8	M8	Για πάτα λίγο πάνω στο ανθρωπάκι να το κουνήσουμε, μήπως το βρούμε έτσι.	
9	M7	Να βλέπεις το θ είναι αυτή η κλείδωση.	Ο Μ2 κουνάει τον μεταβολέα της παραμέτρου θ 
10	M8	Και θέλουμε να είναι τεντωμένο. Όπως αυτός εδώ.	Συγκρίνει την οθόνη και το ξύλινο μοντέλο

11	M7	Άρα λες να βάλουμε στην εντολή δεξιά, 0 αντί για τη μεταβλητή θ	Δείχνει τον κώδικα
12	M8	Ναι. Καλύτερα όχι 0 ας βάλουμε κάτι λίγο μεγαλύτερο για να είναι πιο ρεαλιστικό . Γιατί κανένας δεν μπορεί να τεντώσει εντελώς αυτή τη γωνία του ποδιού	Προσαρμόζει το σχέδιο με τον μεταβολέα 
13	M7	Ωραία θα βάλω 5 μοίρες	
14	M8	Και τώρα πήγαινε και κάνε το ίδιο στην δεύτερη επανάληψη που φτιάχνει το δεύτερο πόδι	

Στο κρίσιμο συμβάν οι δύο μαθητές εκφράζουν νοήματα για τις έννοιες της μεταβλητής και της επανάληψης μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις. Αρχικά χρησιμοποιούν το ξύλινο μοντέλο ως ένα ενδιάμεσο, χειροπιαστό αντικείμενο μεταξύ των διαισθητικών ιδεών τους και της αναπαράστασης στην οθόνη. Στην τέταρτη γραμμή 4 ο M8 παίρνει το μοντέλο από τα χέρια του M7 για να του εξηγήσει την ιδέα που έχει πει νωρίτερα στη γραμμή 2 («να κάνει σπαγγάτο»). Αλλάζοντας το ξύλινο μοντέλο περιγράφει ταυτόχρονα πως θα αλλάξει το ψηφιακό δόμημα στην οθόνη του παιχνιδιού, «να το γυρίσουμε στον άξονα αυτόν και μετά να τεντώσουμε τα πόδια να είναι ίσια». Χρησιμοποιεί δηλαδή το φυσικό αντικείμενο ως γέφυρα μεταξύ της διαισθητικής ιδέας που έχει στο μυαλό του για το σχήμα, και της μοντελοποίησης του σχήματος στην οθόνη. Κατόπιν, στη γραμμή 4, μεταφράζει την μεταβλητή θ του κώδικα σε μια «χειροπιαστή» γωνία του ξύλινου μοντέλου η οποία όπως λέει είναι «ανάμεσα σε αυτά τα δυο κομμάτια». Είναι χαρακτηριστικό ότι

περιγράφει την εντολή στροφής ‘δεξιά θ’ ως κλείδωση του ξύλινου μοντέλου. Φέρνει δηλαδή την υπολογιστική/μαθηματική έννοια σε ένα οικείο πλαίσιο για αυτόν που ταυτόχρονα είναι χειροπιαστό μέσω του μοντέλου. Στην αμέσως επόμενη γραμμή κάνει την αντίστροφη διαδικασία. Μεταφέρει την αναπαράσταση του ξύλινου μοντέλου στη συμβολική αναπαράσταση του κώδικα, αντιστοιχίζοντας τα ‘δυο κομμάτια’ του ποδιού στη δομή επανάληψης.

Ο Μ8, φαίνεται να μην μπορεί να μεταβεί απευθείας από την χειραπτική αναπαράσταση του ξύλινου μοντέλου στη συμβολική αναπαράσταση του κώδικα. Στη γραμμή 8 ζητά να διερευνήσουν την κίνηση των ποδιών μέσα από την οπτική αναπαράσταση του μοντέλου στη σκηνή του παιχνιδιού. Συγκεκριμένα, προτείνει να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο δυναμικού χειρισμού ώστε να μεταβάλουν το ψηφιακό μοντέλο και να βρουν ποια παράμετρος του κώδικα, δηλαδή ποιος μεταβολέας, μεταβάλλει τη γωνία που θέλουν για τη συγκεκριμένη κίνηση του σπαγγάτο. Εδώ η γραφική αναπαράσταση στην οθόνη μπορεί να θεωρηθεί ότι λειτούργησε ως ‘υπολογιστικό χειραπτικό αντικείμενο’ διαμεσολάυσης (Karut, 1995). Στις γραμμές 9 έως 11 γραμμές οι μαθητές συνεχίζουν να εναλλάσσουν την ιδέα τους μεταξύ των τριών αναπαραστάσεων, δηλαδή της ενσώματης-διαισθητικής, οπτικής-μαθηματικής και της συμβολικής-υπολογιστικής.

Ένα ενδιαφέρον σημείο είναι στη γραμμή 12 στην οποία ο Μ8 προτείνει να μην είναι ‘τελείως ευθεία’ τα πόδια γιατί δεν είναι ρεαλιστικό. Θέτει δηλαδή μια ακόμη παράμετρο στην κατασκευή τους, αυτή της ρεαλιστικής αναπαράστασης για τις ανάγκες του παιχνιδιού. Λόγω αυτής της ανάγκης, αναθεωρεί την αρχική του ιδέα, της ευθείας γραμμής, και πειραματίζεται με μικρές στροφές μεταξύ συνεχόμενων ευθύγραμμων τμημάτων. Μέσα από αυτόν τον πειραματισμό εκφράζει διαισθητικά την έννοια της ‘καμπυλότητας’ η οποία υλοποιείται με ένα μοτίβο επανάληψης στον προγραμματισμό. Στις 4 τελευταίες γραμμές του αποσπάσματος, οι μαθητές υλοποιούν μια καμπύλη κάθετη στο επίπεδο με προγραμματισμό. Εδώ εκφράζουν την έννοια της επανάληψης και του μοτίβου στο αναπαραστασιακό σύστημα του κώδικα, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα ορολογία που σχετίζεται με το σώμα. Χαρακτηριστικά ο Μ8 στη γραμμή 14 αναφέρεται στην επανάληψη ως ‘πόδι’, ζητώντας από τον Μ7 να εφαρμόσει το ίδιο μοτίβο κώδικα και στις 2 επαναλήψεις, δηλαδή και στα 2 πόδια.

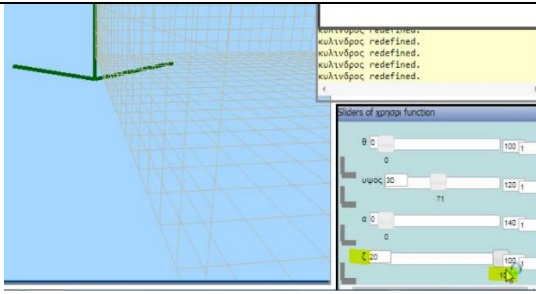
Στη διασκευή του συμβάντος 23 οι μαθητές χρησιμοποιούν διαφορετικές μεταφορές και αναπαραστάσεις για να νοηματοδοτήσουν ένα μοτίβο κίνησης. Σε πλαίσιο του παιχνιδιού διασκευάζουν τα πόδια του ψηφιακού μοντέλου ώστε να υλοποιούν την κίνηση του ‘σπαγγάτο’ ως αντιπροσωπευτική για το άθλημα μπαλέτο. Οι μαθητές γνωρίζουν διαισθητικά την κίνηση αυτή από εξωτερικά ερεθίσματα. Στο οπτικό-μαθηματικό πλαίσιο μετατρέπουν ένα γεωμετρικό μοτίβο που αποτελείται από τέσσερα ευθύγραμμα τμήματα με μεταβλητή τη μεταξύ τους γωνία σε μια στατική, ελαφρώς καμπύλη, γραμμή κάθετη στο επίπεδο. Στο συμβολικό-υπολογιστικό πλαίσιο μετατρέπουν αλλάζουν το μοτίβο των εντολών που επαναλαμβάνονται στη δομή επανάληψης

μετατρέποντας μια μεταβλητή σε σταθερά. Με τον τρόπο αυτό ενσωματώνουν και εκφράζουν νοήματα για τις δυναμικές ιδέες του μοτίβου, της μεταβλητής και της επανάληψης και στα τρία πλαίσια. Η διαδικασία νοηματοδότησης των υπολογιστικών εννοιών είναι, όπως και στην κλασσική γεωμετρία της χελώνας του Papert, συντονισμένη με το σώμα (body syntonics) των μαθητών (Papert, 1991). Επιπλέον φαίνεται ότι η νέα γνώση είναι συντονισμένη και εγκαθιδρυμένη στο δομημένο πλαίσιο που ορίζεται από το παιχνίδι.

Νοηματοδότηση της δομής επιλογής μέσα από την απεικόνιση κινήσεων του μοντέλου

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κανόνες του παιχνιδιού σε συνδυασμό με την γραφική αναπαράσταση του ανθρώπινου μοντέλου στην οθόνη, βοήθησαν τους μαθητές να εντοπίσουν και να αποσαφηνίσουν συνήθειες παρανοήσεις για υπολογιστικές έννοιες. Στο απόσπασμα που παρουσιάζεται στο κρίσιμο συμβάν 24 οι μαθητές της ομάδα 4 νοηματοδοτούν στα πλαίσια του παιχνιδιού τη δομή επιλογής.

Κρίσιμο Συμβάν 24

1	M7	Ωχ κοίτα αν κουνήσω τον μεταβολέα του ζ πάρα πολύ, τα πόδια γίνονται περίεργα πηγαίνουν πολύ ψηλά και μπορεί να μπερδευτούν τα κορίτσια	
2	M8	Ναι ρε. πρέπει να το κάνουμε να σταματάει να κουνιέται όταν το ζ είναι πάνω από ένα νούμερο...180 ας πούμε για να είναι πιο ρεαλιστικό.	
3	M7	Να βάλουμε ένα αλλιώς όπως στα χέρια;	
4	M8	Α! καλή ιδέα. Κάτσε πως το γράφουμε αυτό; Αν το ζ είναι μικρότερο του 180;	Κοιτάει τον κώδικα της δομής επιλογής που υπάρχει στη διαδικασία σώμα
5	M7	Ναι. Παρένθεση και μετά πόδια :.... Αλλιώς; τίποτα	
6	M8	Ωραία! Για τρέξτο	
7	M7	Ωχ εξαφανίστηκαν τα πόδια! Γιατί;	
8	M8	Δεν ξέρω. Για δεξ στα χέρια πως το κάνει. Μήπως επειδή στο αλλιώς δεν βάλαμε τίποτα;	
9	M8	Α ναι! Πρέπει να βάλουμε την εντολή πόδια στο αλλιώς. Απλά νομίζω αντί για θ	

		πρέπει να δώσουμε 180 για να είναι ευθεία. Κατάλαβες;	
10	M7	Για τρέξτο να δούμε	

Στο κρίσιμο συμβάν 24 ο M7 αρχικά εκφράζει την ανάγκη να περιορίσουν την κίνηση των ποδιών του ψηφιακού μοντέλου του παιχνιδιού ώστε να βοηθήσουν τις συμπαίκτριές τους να βρουν το εικονιζόμενο άθλημα. Στη γραμμή 2 ο M8 κάνει πιο συγκεκριμένο το πρόβλημα αυτό περιγράφοντας λεκτικά και διαισθητικά τη λειτουργία της συνθήκης επιλογής. Όπως λέει *«πρέπει να το κάνουμε να σταματάει να κουνιέται όταν το ζ είναι πάνω από ένα νούμερο... 180 ας πούμε για να είναι πιο ρεαλιστικό»*. Εδώ ο M8 δεν εκφράζει τη δομή επιλογής με τυπικό, φορμαλιστικό τρόπο αλλά ως ένα τρόπο ελέγχου της ψηφιακής αναπαράστασης που ικανοποιεί τις ανάγκες του συγκεκριμένου παιχνιδιού. Στη συνέχεια, εντοπίζουν τον κώδικα που «ελέγχει τα χέρια» ο οποίος αντιστοιχεί σε μια δομή επιλογής αναλλιώς. Βασισμένοι σε αυτόν τον κώδικα, χρησιμοποιούν αντίστοιχα τη σύνθετη δομή επιλογής για να ελέγξουν τις παραμέτρους κλίσης της υποδιαδικασίας πόδια. Στη γραμμή 5 οι μαθητές κάνουν ένα λάθος που έχει εντοπιστεί ως συχνή παρανόηση των μαθητών για τις δομές επιλογής (Robins κ.ά, 2003). Δεν βάζουν καμία εντολή στη δεύτερη ομάδα εντολών (στο αλλιώς), με αποτέλεσμα όταν δεν ισχύει η συνθήκη ελέγχου να μην εκτελείται καθόλου η διαδικασία πόδια. Το λάθος αυτό γίνεται αμέσως αντιληπτό με τη χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού και την οπτική αναπαράσταση του ανθρώπινου μοντέλου. Οι μαθητές βλέπουν στην οθόνη ότι «εξαφανίζονται τα πόδια» όταν ο ολισθητής της παραμέτρου ζ ξεπεράσει μια τιμή και ξαναεμφανίζονται κάτω από αυτή την τιμή. Καταλαβαίνουν αμέσως το σφάλμα και το επιβεβαιώνουν συγκρίνοντας τις δυο συνθήκες ελέγχου κίνησης του μοντέλου.

Μεταφέρουν τη δυναμική ιδέα του ελέγχου της ροής σε ένα αυθεντικό πλαίσιο στο οποίο έχει νόημα και σημασία για τους ίδιους να την εφαρμόσουν. Οδηγούνται σε αυτό που ο Papert ονόμασε «εναλλακτικό φορμαλισμό» της τυπικής γνώσης καθώς δεν μαθαίνουν τον φορμαλισμό της δομής ελέγχου αλλά γιατί χρησιμοποιείται και τι σημαίνει (Papert, 1991). Επιπλέον η οπτικοποίηση της δομής επιλογής με έναν διαφορετικό τρόπο από την τυπική συμβολική αναπαράσταση του κώδικα, συνέβαλε ώστε οι μαθητές να εντοπίσουν το σφάλμα τους και να συνειδητοποιήσουν τη σειρά εκτέλεσης των εντολών σε μια συνθήκη επιλογής με οπτικό και ενσώματο τρόπο.

Σχετικά αποτελέσματα ερωτηματολογίων

Η σύγκριση των ερωτηματολογίων που δόθηκαν στους μαθητές πριν και μετά την έρευνα ενίσχυσε τα αποτελέσματα για την κατασκευή νοημάτων για αλγοριθμικές έννοιες. Η ερευνήτρια συνέκρινε τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις που αφορούσαν την κατασκευή αλγόριθμου. Ειδικότερα, η έννοια της κατασκευής αλγόριθμου εξετάζεται σε 4 από τις ερωτήσεις του

ερωτηματολογίου που δόθηκε πριν την έρευνα (ερωτήσεις 11, 12, 13, 14) και σε 4 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε μετά την έρευνα (ερωτήσεις 9, 10, 11, 12). Ο πίνακας 22 συνοψίζει τις σωστές απαντήσεις των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις αυτές. Στον πίνακα έχουν ληφθεί υπόψιν μόνο οι απαντήσεις των μαθητών που απάντησαν και στα δυο ερωτηματολόγια, καθώς υπήρχαν αρκετοί που απάντησαν μόνο στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν αλλά όχι σε αυτό που δόθηκε μετά.

Πίνακας 22: Σύνοψη σωστών απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις που εξετάζουν την κατασκευή αλγόριθμου στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση

Κωδικός	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις κατασκευής αλγόριθμου στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις κατασκευής αλγόριθμου στο ερωτηματολόγιο μετά την έρευνα
M1	0 από 4	2 από 4
M5	0 από 4	2 από 4
M6	3 από 4	1 από 4
M7	2 από 4	1 από 4
M8	1 από 4	2 από 4

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, 3 από τους 5 μαθητές παρουσίασαν βελτίωση στο ποσοστό των σωστών απαντήσεων στις ερωτήσεις που εξετάζαν την κατασκευή αλγόριθμου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις των μαθητριών M1 και M5 οι οποίες δεν είχαν καμία σωστή απάντηση στο ερωτηματολόγιο πριν την έρευνα. Πρόκειται για δύο μαθήτριες χωρίς προηγούμενη εμπειρία προγραμματισμού. Ειδικότερα, η M1 είχε απαντήσει στην αντίστοιχη εισαγωγική ερώτηση πως δεν είχε προγραμματίσει ξανά στο παρελθόν, ενώ η M5 πως είχε προγραμματίσει μόνο στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch. Στο ερωτηματολόγιο μετά την έρευνα στην ερώτηση 7 «Πιστεύεις ότι απέκτησες ή ότι ανέπτυξες περισσότερο κάποια δεξιότητά σου; Αν ναι ποια;» η M5 απάντησε «Να δίνω ακριβής οδηγίες». Η απάντησή της δείχνει πως αντιλαμβάνεται τη σωστή και σαφή εκτέλεση εντολών ως δεξιότητα την οποία ανέπτυξε μέσα από τις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης. Τέλος, οι δύο μαθήτριες απάντησαν στο ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση, ότι θα ήθελαν πολύ (4/5 και 5/5) να ασχοληθούν ξανά με τον προγραμματισμό στο περιβάλλον MaLT2.

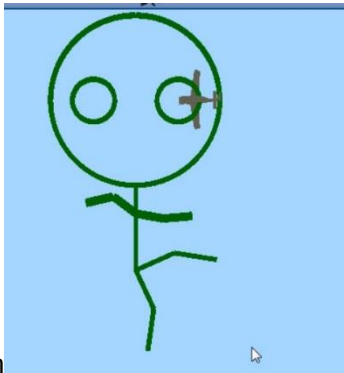
4.4.5 Ανάπτυξη μιας υπολογιστικής γλώσσας επικοινωνίας

Κεντρικό στοιχείο των παιχνιδιών μίμησης, είναι ότι η επικοινωνία μεταξύ των ομάδων πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω της ψηφιακής αναπαράστασης η οποία αντικαθιστά τους συνήθεις τρόπους επικοινωνίας και έκφρασης δηλαδή τον προφορικό και τον γραπτό λόγο (REF).

Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση, ο περιορισμός αυτός οδήγησε τους μαθητές να αξιοποιήσουν τον προγραμματισμό, συνδυαστικά με τις άλλες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος, ως το κυρίαρχο μέσο έκφρασης και επικοινωνίας με τους συμπαίκτες τους. Υπό αυτή τη συνθήκη ο προγραμματισμός απόκτησε για τους μαθητές επικοινωνιακή αξία καθώς τον χρησιμοποιούσαν για να εκφράσουν και να μεταφέρουν συγκεκριμένες ιδέες. Στα πλαίσια του παιχνιδιού δεν είχε τόση σημασία η πιστότητα ή η μαθηματική ορθότητα της κατασκευής, αλλά περισσότερο η αναπαράσταση δυναμικών ιδεών με τρόπο που θα αναγνώριζαν οι συμμαθητές τους και που θα τους βοηθούσε να ανακαλύψουν το άθλημα που ήθελαν να τους πουν με αυτή.

Καθώς το παιχνίδι εξελισσόταν οι μαθητές ανέπτυξαν σταδιακά έναν κώδικα επικοινωνίας, μια κοινή γλώσσα, την οποία εξέφραζαν, κωδικοποιούσαν και αποκωδικοποιούσαν μέσω της ψηφιακής δυναμικής αναπαράστασης του μοντέλου. Η μετακίνηση του μοντέλου στον κάθετο άξονα ψ άρχισε σταδιακά να είναι συνώνυμη με τη λέξη «πήδημα», η μετακίνηση του κάτω τμήματος του «ποδιού» ισοδυναμούσε με την «κλωτσιά» και όταν τα δυο πόδια κοίταζαν προς την ίδια κατεύθυνση στον άξονα χ σήμαινε «τρέξιμο». Η επινόηση και η χρήση συγκεκριμένων κωδικοποιήσεων για συχνές λέξεις ή έννοιες, αποτελεί συνήθης τακτική στα παιχνίδια μίμησης, όπως στην κλασσική παντομίμα ή σε παιχνίδια μιμικής μέσω σχεδίου. Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας η τακτική αυτή λειτούργησε ως μηχανισμός με τον οποίο οι μαθητές κωδικοποιούσαν τις διαισθητικές τους ιδέες και γνώσεις στο πλαίσιο της οθόνης και του αλγόριθμου και αντίστροφα αποκωδικοποίησαν την αναπαράσταση και τον κώδικα των συμμαθητών τους σε διαισθητικές γνώσεις.

Κρίσιμο Συμβάν 25

1	M7	Κλωτσιές δίνει. Κουνάει το ένα πόδι	Κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου 
2	M8	Μήπως είναι ποδοσφαιρο;	
3	M8	Δεν αλλάζει θέση όμως. Και κουνάει κ κάπως περίεργα τα χεριά	Κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου φ

			
4	M7	Α τσε κβοντο; Κουνγκ φου; Αυτά με τις κλωτσιές εννοεί μάλλον	
5	M3	Κοντά είστε.	
6	M7	Κάτσε να δούμε όλα όσα κουνάει	
7	M8	Α έχει μια μεταβλητή για κάθε γωνία στα χέρια . Κάνει πολλές κινήσεις με τα χέρια	Κινεί τους όλους τους ολισθητές 
8	M8	Καράτε;	
9	M3	Ναι!	

Στο κρίσιμο συμβάν 25 οι μαθητές της ομάδας 4 προσπαθούν να βρουν το άθλημα που έχει αναπαραστήσει η μαθήτρια M3 της συμμαχικής ομάδας τους (ομάδα 2). Οι μαθητές της ομάδας 4 αναλύουν το ψηφιακό μοντέλο με συνδυαστική χρήση των λειτουργικιοτήτων του περιβάλλοντος. Μέσα από την χρήση του μεταβολέα, της περισκοπικής κάμερας και του κώδικα εντοπίζουν μαθηματικές και προγραμματιστικές ιδιότητες στην κίνηση και στην απεικόνιση του μοντέλου, δηλαδή ότι «κουνάει το ένα πόδι» (γραμμή 1), «δεν αλλάζει θέση» (γραμμή 3), «κουνάει τα χέρια» (γραμμή 3). Ταυτόχρονα προσπαθούν να συνδέσουν τις έννοιες αυτές με καταστάσεις στον πραγματικό κόσμο, ώστε να ερμηνεύσουν το άθλημα που αναπαρίσταται. Στη γραμμή 1 για παράδειγμα ο M7 περιγράφει αμέσως την μεταβολή της γωνίας μεταξύ δυο ευθύγραμμων τμημάτων ως «κλωτσιά». Μεταφέρει την τυπική μαθηματική/προγραμματιστική γνώση σε ένα οικείο και ρεαλιστικό πλαίσιο. Όπως και με την κλασσική γεωμετρία της Χελώνας έτσι κι εδώ ο μαθητής μέσω του δομήματος στην οθόνη γεφυρώνει την τυπική με τη διαισθητική γνώση μέσω του συντονισμού με το σώμα του. Στη γραμμή 4 όμως συμβαίνει κάτι νέο που φαίνεται να είναι εξίσου σημαντικό. Ο μαθητής προσπαθεί να ερμηνεύσει τη μεταβολή της γωνίας στο ψηφιακό δόμημα, αλλά αυτή τη φορά από την οπτική της συμμαθήτριάς του που το κατασκεύασε.

Ενδεχομένως να σκέφτεται «τι θέλει να μου πει κάνοντας τη γωνία αυτή να κουνιέται;». Βγαίνει για λίγο από την προσωπική διάσταση της μάθησης στην οποία κυριαρχούν τα εσωτερικά και προσωπικά του νοήματα για την αναπαράσταση που βλέπει, και επιχειρεί να ανακαλύψει τα νοήματα που εκφράζει μέσα από την αναπαράσταση η συμμαθήτριά του. Η διαδικασία αυτή ενισχύει τη νοηματοδότηση της δυναμικής ιδέας, σε αυτή την περίπτωση της ιδέας της μεταβολής, και την ενσωμάτωση της από τον μαθητή.

Στη συνέχεια, στις γραμμές 6 και 7, οι μαθητές αναγνωρίζουν μοτίβα και σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων του μοντέλου, δηλαδή ότι έχει μια μεταβλητή για κάθε γωνία στα χέρια. Και εδώ ερμηνεύουν τη μεταβλητή σε ένα ρεαλιστικό πλαίσιο αλλά ταυτόχρονα και από την οπτική της συμμαθήτριάς τους. Θεωρούν ότι η M3 επέλεξε να χρησιμοποιήσει στον κώδικά της μια μεταβλητή σε κάθε γωνία για να τους τονίσει τις πολλές κινήσεις με τα χερίά που γίνονται στο άθλημα που ψάχνουν. Πρόκειται για μια ενισχυμένη περίπτωση συντονισμένης μάθησης που περιέγραψε ο Papert ότι λαμβάνει χώρα κατά τον προγραμματισμό της γεωμετρίας της χελώνας. Εδώ, συντονίζουν τη μάθηση με πολλαπλά πλαίσια, μεταξύ των οποίων το σώμα τους, το εγώ τους, το κοινωνικό πλαίσιο, το πολιτισμικό πλαίσιο (τα αθλήματα που αναγνωρίζουν σχετίζονται με τα πολιτισμικά ερεθίσματα τους) και, επιπλέον, το πλαίσιο του παιχνιδιού.

Όπως φάνηκε και από το παράδειγμα του κρίσιμου συμβάντος 25, το παιχνίδι μίμησης απέκτησε σταδιακά τη μορφή μιας «υπολογιστικής συζήτησης» μεταξύ των μαθητών στην οποία οι λέξεις, δηλαδή οι ιδέες των μαθητών, εκφράζονταν μέσα από τον προγραμματισμό και τη διασκευή του ψηφιακού μοντέλου. Ο προγραμματισμός απέκτησε τον ρόλο του μέσου κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης των προσωπικών ιδεών των μαθητών και το ψηφιακό μοντέλο είχε το ρόλο του διαμεσολαβητή των κωδικοποιημένων ιδεών μεταξύ των δύο «συνομιλητών» της συζήτησης. Έτσι, οι μαθητές αναθεωρούσαν και αναδιαμόρφωναν συνεχώς το ψηφιακό μοντέλο ανάλογα με τις υπολογιστικές ιδέες που ήθελαν να επικοινωνήσουν κάθε φορά με αυτό. Στα πλαίσια αυτής της ιδιόμορφης επικοινωνίας, ο προγραμματισμός γίνεται μια θεμελιώδης κοινωνική δεξιότητα για τη συμμετοχή σε μια ομάδα και την επικοινωνία με τα υπόλοιπα μέλη. Η ανάδειξη και κατανόηση αυτής της πτυχής του προγραμματισμού από τους μαθητές είναι σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (Kafai & Bruke, 2014., Ichinco & Kelleher, 2017) προϋπόθεση για την καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης.

4.4.6 Σύνοψη

Από την ανάλυση της ενότητας φάνηκε ότι το πλαίσιο του παιχνιδιού μίμησης «Code-the-Mime», οδήγησε τους μαθητές να καταστρώσουν τακτικές παιχνιδιού οι οποίες συνέβαλαν σημαντικά στην νοηματοδότηση δυναμικών ιδεών υπολογιστικής σκέψης. Το γεγονός ότι λόγω των κανόνων του παιχνιδιού μίμησης, η επικοινωνία μεταξύ των ομάδων πραγματοποιούνταν αποκλειστικά μέσω

του μικρόκοσμου «Code-The-Mime», πρόσθεσε στον προγραμματισμό τον ρόλο του εργαλείου διαμεσολάβησης και μεταφοράς ιδεών μεταξύ των μαθητών. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν ποιες ρεαλιστικές, διαισθητικές εικόνες και ιδέες θα μεταφέρουν ως πιο αντιπροσωπευτικές στην αφαιρετική ψηφιακή αναπαράσταση αλλά και πως θα τις υλοποιήσουν με προγραμματισμό, ώστε να γίνουν αντιληπτές από τους συμπαίκτες τους. Έμπαιναν δηλαδή ταυτόχρονα στο ρόλο του σχεδιαστή αλλά και του χρήστη της προσομοίωσης, καθώς προσπαθούσαν να δουν και να αξιολογήσουν το αποτέλεσμα και από την πλευρά των συμπαίκτων τους. Για να μεταφέρουν τα σωστά μηνύματα στους συμπαίκτες τους εφάρμοζαν υπολογιστικές πρακτικές όπως η αφαίρεση των σημαντικότερων στοιχείων της αναπαράστασης, η κατασκευή μοτίβων και ο επαναληπτικός έλεγχος της ορθότητας της κατασκευής.

Το κριτήριο νίκης του παιχνιδιού, δηλαδή η νίκη της ομάδας που έχει βρει και έχει σχεδιάσει σωστά τις περισσότερες κάρτες, συνέβαλε σημαντικά στον τρόπο με τον οποίο διασκεύαζαν τον αλγόριθμό τους οι μαθητές. Για να βελτιώσουν τον χρόνο κάθε διασκευής, ακολούθησαν την τακτική της προοδευτικής βελτίωσης και αναθεώρησης του υπάρχοντα κώδικα, αντί για την λεπτομερή κατασκευή εκ νέου. Στο πλαίσιο αυτό εφάρμοσαν προγραμματιστικές τεχνικές που τους επέτρεπαν να υλοποιούν μικρές αλλά σημαντικές τροποποιήσεις στην κατασκευή τους, όπως τη δημιουργία γενικευμένων διαδικασιών που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικά ορίσματα σε κάθε γύρω.

Η χρήση της ψηφιακής αναπαράστασης του ανθρώπου στο παιχνίδι, οδήγησε τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το σώμα τους, ή το ξύλινο μοντέλο, ως γέφυρα μεταξύ της διαισθητικής τους γνώσης και της υπολογιστικής γνώσης. Έτσι νοηματοδότησαν σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές όπως η αναγνώριση μοτίβων και έννοιες, όπως η επανάληψη και η συνθήκη ελέγχου, και τις συνέδεσαν τόσο με ρεαλιστικές, ενσώματες καταστάσεις και όσο και με το παιχνίδι.

Ο πίνακας 23 συνοψίζει τις πέντε τακτικές παιχνιδιού των μαθητών που αναπτύχθηκαν στην ενότητα αυτή παρουσιάζοντας τα κεντρικά στοιχεία τους. Επιπλέον αντιστοιχίζει τις υπολογιστικές πρακτικές και έννοιες που χρησιμοποίησαν και νοηματοδότησαν οι μαθητές στα πλαίσια των τακτικών αυτών.

Πίνακας 23: Σύνοψη των αποτελεσμάτων για το ρόλο του παιχνιδιού στην ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Τακτική παιχνιδιού	Κεντρικά στοιχεία της τακτικής	Υπολογιστικές πρακτικές/έννοιες που νοηματοδότησαν οι μαθητές
Αφηρημένος σχεδιασμός	Μεταφορά της ρεαλιστικής αναπαράστασης σε μια	Αναγνώριση μοτίβων, Αφαίρεση, Γενίκευση

ρεαλιστικών αναπαραστάσεων	αφηρημένη μορφή στο ψηφιακό μοντέλο ανθρώπου Επιλογή αντιπροσωπευτικών και ταυτόχρονα υλοποιήσιμων χαρακτηριστικών προς αναπαράσταση	
Ανάλυση και αποδόμηση κατασκευής	Οπτική και προγραμματιστική αποδόμηση της κατασκευής του ανθρώπου σε επιμέρους τμήματα με στόχο τη γρήγορη και αποτελεσματική διασκευή τους στο παιχνίδι	Αποδόμηση, διαδικασία, αποσφαλμάτωση, σειρά εκτέλεσης εντολών
Προοδευτική βελτίωση διασκευών	Διατήρηση και βελτίωση του υπάρχοντα κώδικα Υλοποίηση μικρών αλλά ουσιαστικών αλλαγών στον αλγόριθμο Κατασκευή γενικευμένων και επαναχρησιμοποιήσιμων τμημάτων κώδικα	Αναγνώριση μοτίβων, γενίκευση περιπτώσεων, αφαίρεση, παράμετρος, διαδικασία
Χρήση της μεταφοράς του σώματος στο παιχνίδι	Χρήση του σώματος ή του ξύλινου μοντέλου ως ενδιάμεση αναπαράσταση μεταξύ των διαισθητικών γνώσεων για υπολογιστικές έννοιες και της μοντελοποίησης τους με φορμαλισμό στο ψηφιακό περιβάλλον. Εναλλαγή μεταξύ τριών αναπαραστάσεων: <i>ενσώματη- διαισθητική, οπτική-μαθηματική και συμβολική-υπολογιστική</i>	Μεταφορά γνώσης σε πολλαπλά πλαίσια, Σύγκριση μοτίβων, Γενίκευση, Μοντελοποίηση
Ανάπτυξη μιας υπολογιστικής	Άτυπη κωδικοποίηση υπολογιστικών μοτίβων και ιδεών με συγκεκριμένες έννοιες στα	Μεταβλητή, Διαδικασία, Αναγνώριση και κατασκευή μοτίβων, Ανάλυση αλγόριθμου

γλώσσας επικοινωνίας	πλαίσια του παιχνιδιού. Π.χ. μεταβολή της γωνίας μεταξύ των δυο τμημάτων του «ποδιού» σημαίνει «κλωτσιά»	
-------------------------	---	--

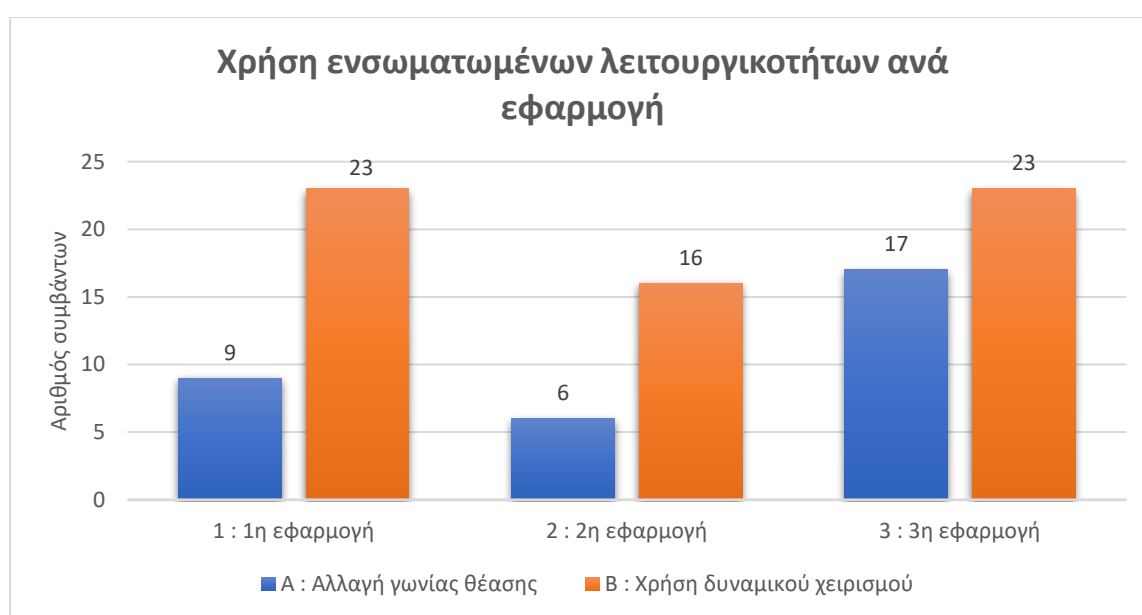
Στις παραπάνω στρατηγικές, η νοηματοδότηση των υπολογιστικών εννοιών ήταν, όπως και στην κλασσική γεωμετρία της χελώνας του Papert, συντονισμένη με το σώμα (body syntonic) και συντονισμένη με το εγώ (ego syntonic). Επιπλέον, η νέα γνώση ήταν συντονισμένη και εγκαθιδρυμένη στο δομημένο πλαίσιο που ορίζεται από το παιχνίδι (game syntonic) προσθέτοντας μια νέα διάσταση στη μαθησιακή δραστηριότητα. Η οργάνωση υπολογιστικών ιδεών σε ένα πλαίσιο παιχνιδιού όπως αυτό του Code-the-mime, δίνει μια πιθανή λύση στη σχεδιαστική πρόκληση που οι Noss και Hoyles (1996) ονόμασαν «το παράδοξο του παιχνιδιού». Σύμφωνα με αυτό το παράδοξο, σε ένα πολύ ανοιχτό κονστραξιονιστικό περιβάλλον είναι δύσκολο να βεβαιωθεί κανείς ότι οι μαθητές θα εμπλακούν με το επιδιωκόμενο περιεχόμενο. Από την άλλη, ο περιορισμός των δυνατοτήτων αλληλεπίδρασης και κατασκευής ώστε να διασφαλιστεί η εμπλοκή του περιεχομένου, συχνά θυσιάζει την αρχική παιδαγωγική ατζέντα και την αίσθηση του παιχνιδιού.

4.5 Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του MaLT2 στην ανάπτυξη στρατηγικών

Στις προηγούμενες ενότητες αναπτύχθηκαν οι στρατηγικές υπολογιστικές σκέψης που ανέπτυξαν οι μαθητές μέσα από τον προγραμματισμό τρισδιάστατων δυναμικών μοντέλων στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης Code the Mime. Από τα παραδείγματα που δόθηκαν φάνηκε ότι στην ανάπτυξη των στρατηγικών από τους μαθητές, συνέβαλαν, εκτός από τον προγραμματισμό, και οι άλλες δύο λειτουργικότητες (affordances) του λογισμικού, δηλαδή ο δυναμικός χειρισμός της ψηφιακής αναπαράστασης με το εργαλείο του μεταβολέα και η αλλαγή της γωνίας θέασης στον τρισδιάστατο χώρο με το εργαλείο της περισκοπικής κάμερας. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 1.1. η ερευνήτρια με τον όρο «*λειτουργικότητα*» αποδίδει τον όρο «affordance» που περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των μέσων ενός περιβάλλοντος και των πιθανών ενεργειών που επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν, θετικά ή αρνητικά, τη μαθησιακή διαδικασία (Girvan & Savage, 2010, Greeno 1994). Οι δύο λειτουργικότητες λειτούργησαν ως εργαλεία αλληλεπίδρασης μεταξύ του μαθητή και των ψηφιακών αναπαραστάσεων, τόσο κατά τον σχεδιασμό όσο και κατά το παίξιμο του παιχνιδιού. Επέτρεψαν στους μαθητές παράλληλα με τον προγραμματισμό να ελέγχουν κιναισθητικά και χωρικά τις υπολογιστικές ιδιότητες των ψηφιακών κατασκευών στον τρισδιάστατο χώρο, όπως τα μοτίβα που σχηματίζονταν, τα διαφορετικά αποτελέσματα των παραμετρικών διαδικασιών και τη σειρά εκτέλεσης των εντολών. Έτσι σε

αρκετές περιπτώσεις απέκτησαν τον ρόλο των *εργαλείων διαμεσολάβησης* μεταξύ των γραφικών αντικειμένων στη σκηνή του παιχνιδιού και της συμβολικής αναπαράστασής τους με κώδικα στον συντάκτη εντολών, συμβάλλοντας στην επινόηση υπολογιστικών στρατηγικών και στη νοηματοδότηση εννοιών.

Στο γράφημα 2 αποτυπώνεται μια συνολική αποτίμηση της χρήσης του δυναμικού χειρισμού και της αλλαγής της γωνίας θέασης από τους μαθητές στις τρεις εφαρμογές της έρευνας. Το γράφημα αναπαριστά τον απόλυτο αριθμό των κρίσιμων συμβάντων στα οποία η ερευνήτρια κωδικοποίησε την αξιοποίηση μιας ή και των δυο λειτουργικοτήτων από τους μαθητές ως καθοριστική για το συγκεκριμένο συμβάν. Δεν περιλαμβάνονται δηλαδή όλες οι περιπτώσεις χρήσης των παραπάνω λειτουργικοτήτων.



Γράφημα 2:

Όπως φαίνεται και στο γράφημα 2, η χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης και στις τρεις εφαρμογές της έρευνας εξίσου. Αντίθετα οι μαθητές φαίνεται πως αξιοποίησαν τη δυνατότητα αλλαγής της γωνίας θέασης κυρίως στην τρίτη εφαρμογή, δηλαδή όταν έπαιζαν το παιχνίδι. Αυτό πιθανώς οφείλεται στη δυσκολία χειρισμού και αντίληψης ενός τρισδιάστατου χώρου στη δισδιάστατη οθόνη όπως έχει παρατηρηθεί σε έρευνες προγραμματισμού σε τρισδιάστατά περιβάλλοντα (Latsi& Kynigos, 2012). Η ερευνήτρια παρατήρησε ότι στις δύο πρώτες εφαρμογές οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την τρίτη διάσταση της σκηνής μόνο όταν αυτό ήταν αναπόφευκτο από τη δραστηριότητα, ενώ προτιμούσαν να περιορίσουν την απεικόνιση του ψηφιακού μοντέλου στις 2 διαστάσεις που αντιστοιχούν και με τους άξονες του χαρτιού και της οθόνης. Η σημαντική αύξηση στην αλλαγή της γωνίας θέασης στην τρίτη εφαρμογή φαίνεται να οφείλεται στο πλαίσιο του παιχνιδιού μίμησης. Οι μαθητές κατασκεύασαν περισσότερες τρισδιάστατες κατασκευές για την καλύτερη αναπαράσταση των

αθλημάτων του παιχνιδιού. Παράλληλα, όταν έπρεπε να βρουν τι έχουν κατασκευάσει οι συμπαίκτες τους, χρησιμοποίησαν εκτενώς την περισκοπική κάμερα ως ένα ακόμα εργαλείο ανάλυσης και αποκωδικοποίησης της κατασκευής των συμμαθητών τους.

Στις επόμενες παραγράφους αναπτύσσονται τα σχήματα χρήσης της καθεμίας ενσωματωμένης λειτουργικότητας που εντόπισε η ερευνήτρια κατά την ανάλυση των δεδομένων. Ως *σχήματα χρήσης* η ερευνήτρια αναφέρεται στην ανάπτυξη ενός μοτίβου επαναλαμβανόμενων τεχνικών αλληλεπίδρασης των μαθητών με το εργαλείο δυναμικού χειρισμού, και αντίστοιχα το εργαλείο περισκοπικής κάμερας, στα πλαίσια των δεδομένων ερευνητικών ερωτημάτων (Drijvers et al., 2010).

4.5.1 Δυναμικός χειρισμός

Το εργαλείο δυναμικού χειρισμού του «MaLT2» επέτρεψε στους μαθητές να αλληλεπιδράσουν με τα ψηφιακά δομήματα των μικρόκοσμων και του παιχνιδιού Code the Mime. Στις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές, με τη βοήθεια του μεταβολέα, μπόρεσαν να ελέγξουν κιναισθητικά τις ιδιότητες του τρισδιάστατου μοντέλου και των επιμέρους γεωμετρικών σχημάτων στη σκηνή προσομοίωσης, όπως το μέγεθος του, τις γωνίες στροφής και περιστροφής και τη θέση του στον χώρο. Ο ρόλος του δυναμικού χειρισμού στη μαθησιακή διαδικασία έχει μελετηθεί κυρίως στο χώρο των μαθηματικών και της γεωμετρίας της χελώνας. Όπως έχουν δείξει οι έρευνες αυτές, οι μαθητές με αξιοποιώντας το δυναμικού χειρισμό ψηφιακών αντικειμένων εκφράζουν και κατασκευάζουν νοήματα για σύνθετες μαθηματικές έννοιες καθώς εναλλάσσονται μεταξύ της οπτικής/σχηματικής και της αφηρημένης μαθηματικής αναπαράστασής τους (Goldeerg & Cuoco, 1998. Arzarello κ.ά., 2002. Κυνηγός, 2011). Εντούτοις, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν γνωστές έρευνες που να εξετάζουν τη συμβολή του δυναμικού χειρισμού του κώδικα και των γραφικών αναπαραστάσεων στην ανάπτυξη πρακτικών υπολογιστικής σκέψης.

Η ερευνήτρια μελέτησε εάν και σε ποιες περιπτώσεις η οπτική αναπαράσταση που προκύπτει από τη χρήση του εργαλείου δυναμικού χειρισμού ενισχύει περισσότερο τη νοηματοδότηση και την εφαρμογή πρακτικών υπολογιστικής σκέψης από τους μαθητές σε σχέση με τον μεμονωμένο προγραμματισμό σε περιβάλλοντα Logo. Στο περιβάλλον του MaLT2 το εργαλείο του μεταβολέα επιτρέπει τη δυναμική μεταβολή των τιμών εκτέλεσης μιας παραμετρικής διαδικασίας και την άμεση οπτικοποίηση του αποτελέσματος εκτέλεσης. Η σειριακή αναπαραγωγή διαφορετικών αποτελεσμάτων, ή στιγμιότυπων, του ίδιου κώδικα, με τον μεταβολέα μιας παραμέτρου δίνει στον χρήστη την αίσθηση χειρισμού μιας κινούμενης εικόνας. Σε αυτό το πλαίσιο ο δυναμικός χειρισμός μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα μεταξύ του αποτελέσματος του προγράμματος που αποτυπώνεται με τη μορφή «χειροπιαστού» και διαχειρίσου γραφικού και του αλγόριθμου που αποτυπώνεται με φορμαλιστική μορφή μέσω του κώδικα. Αποτελεί δηλαδή ένα εργαλείο

διαμεσολάβησης μεταξύ της διαισθητικής γνώσης των μαθητών και των τυπικών φορμαλιστικών συστημάτων.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν 3 σχήματα χρήσης της δυνατότητας δυναμικού χειρισμού, τα οποία συνοψίζονται στον πίνακα 24. Όπως φαίνεται και στον πίνακα κάθε σχήμα χρήσης σχετίζεται με ένα σύνολο από υπολογιστικές πρακτικές και στρατηγικές που εφάρμοσαν οι μαθητές στα πλαίσια της αξιοποίησης του δυναμικού χειρισμού. Ακόμη, ανάλογα με το σχήμα χρήσης, το εργαλείο του μεταβολέα αποκτούσε και διαφορετικό ρόλο διαμεσολάβησης για τους μαθητές.

Πίνακας 24: Τα σχήματα χρήσης της δυνατότητας δυναμικού χειρισμού από τους μαθητές στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Σχήμα χρήσης της δυνατότητας δυναμικού χειρισμού	Σχετικές υπολογιστικές πρακτικές/στρατηγικές	Τύπος διαμεσολάβησης
Εργαλείο χειρισμού του μοντέλου	Σύγκριση ιδιοτήτων – εντοπισμός ομοιοτήτων Γενίκευση ιδιοτήτων	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ διαισθητικής γνώσης και οπτικής μοντελοποίησης
Εργαλείο σύνδεσης του κώδικα με το γραφικό αποτέλεσμα	Αποσφαλμάτωση Έλεγχος πολλαπλών περιπτώσεων Ερμηνεία ροής προγράμματος	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ κώδικα (φορμαλισμού) και αποτελέσματος (γραφικό)
Χειριστήριο του παιχνιδιού	Κατασκευή μοτίβων Δημιουργία κινούμενης εικόνας – συσχετισμός παραμέτρων εισόδου Γενίκευση περιπτώσεων εκτέλεσης Χρήση πολλαπλών παραμετρικών διαδικασιών (αρθρωτός προγραμματισμός)	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ των δυο παικτών

Οι επόμενες παράγραφοι έχουν δομηθεί με βάση τα παραπάνω σχήματα χρήσης και αναπτύσσουν κάθε ένα από αυτά μέσα από την ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων. Ο πίνακας 25 περιλαμβάνει μια σύνοψη των κρίσιμων συμβάντων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ενότητα. Ανά κρίσιμο συμβάν δίνονται πληροφορίες αναφορικά την ομάδα από την οποία προέρχεται και την εφαρμογή στα πλαίσια της οποίας έλαβε χώρα. Ο πίνακας 25 προσφέρει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων που παρουσιάζονται.

Πίνακας 25: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.5.1

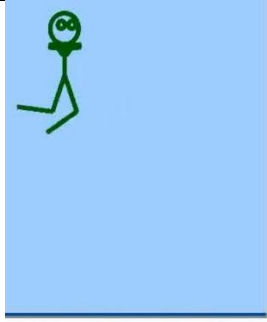
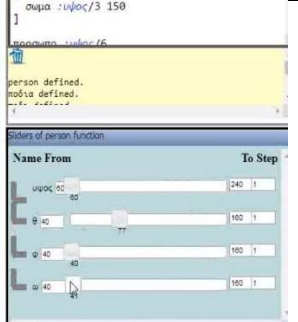
Όνομα	Ομάδα μαθητών	Φάση έρευνας/Δραστηριότητα
Κρίσιμο Συμβάν 28	2	1
Κρίσιμο Συμβάν 29	2	1
Κρίσιμο Συμβάν 30	1	2
Κρίσιμο Συμβάν 31	2	2
Κρίσιμο Συμβάν 32	2	3
Κρίσιμο Συμβάν 33	3	3
Κρίσιμο Συμβάν 34	1	3

4.5.1.1 Χρήση μεταβολέα ως εργαλείο χειρισμού του μοντέλου

Μια συχνή χρήση του μεταβολέα από τους μαθητές ήταν για να χειριστούν τα ψηφιακά αντικείμενα ώστε να αντλήσουν περισσότερες πληροφορίες για αυτά. Στην περίπτωση αυτή, οι μαθητές παρατηρούσαν και ερμήνευαν τη δυναμική συμπεριφορά των αντικειμένων στη σκηνή, χωρίς ωστόσο να συσχετίζουν το γραφικό αποτέλεσμα με τον κώδικα που το δημιουργούσε. Παρ' ότι δεν υπήρχε άμεση σύνδεση με τον ίδιο τον αλγόριθμο, οι μαθητές εφάρμοσαν πρακτικές όπως η σύγκριση ιδιοτήτων και ο εντοπισμός ομοιοτήτων, η γενίκευση πληροφορικών και η αναγνώριση μοτίβων. Επιπλέον εξωτερίκευαν διαισθητικές γνώσεις και ιδέες στην περιγραφή της συμπεριφοράς της ψηφιακής αναπαράστασης. Στο κρίσιμο συμβάν 26 οι μαθήτριες της ομάδας 2 προσπαθούν να εντοπίσουν τις ιδιότητες του μοντέλου ανθρώπου που τους δόθηκε στα πλαίσια της πρώτης δραστηριότητας της πρώτης εφαρμογής. Στη φάση αυτή είναι η πρώτη τους επαφή με το περιβάλλον και με το ψηφιακό δόμημα, και δεν έχουν μελετήσει ακόμα τον κώδικα που το κατασκευάζει.

Κρίσιμο Συμβάν 26

1	M3	Ωραία τι είναι το ύψος;	
2	M4	Λογικά θα αλλάζει το ύψος του ανθρώπου. Για κούνα το	Η M3 κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου «ύψος»
3	M3	Α όχι δεν αλλάζει το ύψος αλλάζει το σώμα αλλά όχι τα πόδια	
4	M4	Και το κεφάλι.	

5	M3	Αλλάζει το μέγεθος στα πάντα εκτός από τα πόδια	 
6	M3	Λοιπόν με το θ αλλάζουν μόνο αυτά τα κάτω	
7	M4	Τι είναι αυτά;	
8	M3	η γάμπα; ξέρω κι εγώ;	
9	M4	αλλάζει η γωνία που σχηματίζει το μπούτι με τη γάμπα	
10	M3	Άρα η κλίση των γονάτων	
11	M4	Και η θέση του ανθρώπου αλλάζει ταυτόχρονα. Κουνιέται προς τα δεξιά	
12	M3	Σωστά. Και το φ;	
13	M4	Αλλάζει τον διασκελισμό των ποδιών	

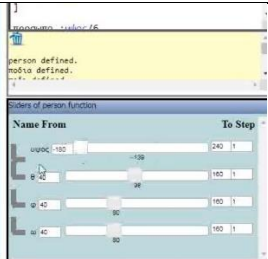
Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 26, οι μαθήτριες καθώς χειρίζονται δυναμικά τις παραμέτρους, εκφράζουν διαισθητικές ιδέες για να περιγράψουν τις μαθηματικές και υπολογιστικές ιδιότητες του ψηφιακού δομήματος που βλέπουν στην οθόνη. Είναι ενδιαφέρον ότι χρησιμοποιούν οικεία ορολογία από την καθημερινότητα για να περιγράψουν τη συμπεριφορά του μοντέλου και σταδιακά μεταβαίνουν στη χρήση μαθηματικών όρων. Η M4 ξεκινάει υποθέτοντας ότι η παράμετρος «ύψος» θα αλλάζει το ύψος του ανθρώπου, εκφράζει δηλαδή μια διαισθητική ιδέα. Στις επόμενες γραμμές οι μαθήτριες αποδομούν σώμα σε «κεφάλι», «σώμα» και «πόδια» και συγκρίνουν την επίπτωση της μεταβολής της παραμέτρου «ύψος» σε καθένα από αυτά. Καθώς το χειρίζεται δυναμικά η M3 καταλήγει σε έναν πιο μαθηματικό/υπολογιστικό κανόνα λέγοντας ότι «Αλλάζει το μέγεθος στα πάντα εκτός από τα πόδια». Ταυτίζει δηλαδή την παράμετρο ύψος με την έννοια του μεγέθους συγκεκριμένων τμημάτων του μοντέλου. Μια αντίστοιχη συλλογιστική πορεία ακολουθούν και για την παράμετρο θ. Ξεκινούν από μια γενική ερμηνεία που προέρχεται από τη διαισθητική γνώση των μαθητριών, λέγοντας ότι το θ αλλάζει τη γάμπα. Στη συνέχεια η M4 ερμηνεύει το θ ως «τη γωνία που σχηματίζει το μπούτι με τη γάμπα του μοντέλου», ενώ αμέσως μετά η M3 μεταφράζει τη γωνία ως την «κλίση των γονάτων». Και εδώ ταυτίζουν την παράμετρο θ με την έννοια της κλίσης χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα ένα αυθεντικό και οικείο πλαίσιο, αυτό του

ανθρώπινου σώματος. Αντίστοιχα αναφέροντα στην παράμετρο φ ως τον «διασκελισμό των ποδιών», νοηματοδοτώντας την ιδέα της μεταβολής, μέσα από την έννοια διασκελισμού που είναι οικεία και προσιτή για αυτές. Όταν στη συνέχεια θα δουν τον κώδικα, θα αναζητήσουν τη μεταβλητή ύψος σε εντολές κίνησης, οι οποίες αλλάζουν το «πόσο περπατάει η οντότητα», ενώ τις άλλες μεταβλητές σε εντολές στροφής, που αλλάζουν τον προσανατολισμό.

Στο κρίσιμο συμβάν 26 οι μαθήτριες, αν και δεν χρησιμοποιούν τον κώδικα, συσχετίζουν την έννοια της μεταβολής των ιδιοτήτων ενός ψηφιακού, υπολογιστικού, μοντέλου με αναπαραστάσεις μεταβλητών μεγεθών που έχουν από το σώμα τους μέσα στον πραγματικό κόσμο (διασκελισμός, κλίση, θέση, ύψος). Αυτή η σύνδεση φαίνεται πως παίζει σημαντικό ρόλο στη μετέπειτα νοηματοδότηση της ιδέας της μεταβλητής στον προγραμματισμό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, λειτουργικότητα του δυναμικού χειρισμού ώθησε τους μαθητές να διερευνήσουν περιπτώσεις εκτέλεσης του αλγόριθμου για ακραίες τιμές των μεταβλητών που ήταν εκτός των αρχικών «λογικών» ορίων εκτέλεσης. Έτσι κατέληξαν σε συμπεράσματα για τις ιδιότητες του σχήματος που περιλάμβαναν δυναμικές υπολογιστικές ιδέες. Για παράδειγμα, στο κρίσιμο συμβάν 27 οι μαθήτριες της ίδιας ομάδας αλλάζουν τα όρια των ολισθητών στο εργαλείο δυναμικού χειρισμού και δοκιμάζουν διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών εισόδου. Και σε αυτό το παράδειγμα, παρ' ότι δεν έχουν μελετήσει ακόμα τον κώδικα κατασκευής της διαδικασίας πειραματίζονται με τις τιμές εισόδου και παρατηρούν τα διαφορετικά αποτελέσματα του αλγόριθμου.

Κρίσιμο Συμβάν 27

1	M4	Βάλε στο ύψος μείον να δούμε τι θα γίνει	
2	M3	Θα βάλω -180. Ωχ κοίτα χαχαχα	 
3	M4	Στο θ αν βάλουμε αρνητικό; Α κοίτα πάει κι από την άλλη μεριά	
4	M3	Βάλε και στο φ 200 και -200	
5	M4	Ωχ κοίτα κάνει όλο τον κύκλο	

Όπως φαίνεται στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 27, οι μαθήτριες μέσα από τον ελεύθερο πειραματισμό με τις τιμές των ολισθητών αναγνωρίζουν μοτίβα στο γραφικό αποτέλεσμα. Στη γραμμή 3 η M4 αναφέρει πως όταν το θ γίνει αρνητικό «*πάει από την άλλη μεριά*», εκφράζει δηλαδή ένα μοτίβο συμμετρίας μέσα από τη δυναμική μεταβολή της μεταβλητής γωνίας στροφής. Αντίστοιχα αλλάζοντας τα όρια των μεταβολέων αναγνωρίζουν πως τα πόδια κάνουν «*όλο τον κύκλο*» δηλαδή εκτελούν μια κυκλική περιοδική κίνηση. Οι μαθήτριες στο παράδειγμα αυτό, γενικεύουν τις ιδιότητες του σχήματος και των παραμέτρων που είχαν εντοπίσει στο κρίσιμο συμβάν 27, περιγράφοντας συγκεκριμένα μοτίβα.

Σε αυτή την περίπτωση χρήσης, εντοπίστηκε και μια παρανόηση των μαθητών σε σχέση με την επίδραση του δυναμικού χειρισμού στις τιμές των παραμέτρων της διαδικασίας που αφορά. Κάποιοι μαθητές, ιδιαίτερα στις πρώτες φορές που χρησιμοποιούσαν τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού, αντιλαμβάνονταν τους ολισθητές ως «*ρυθμίσεις*» της εκάστοτε διαδικασίας. Έτσι, θεωρούσαν ότι αν τοποθετήσουν τους ολισθητές των παραμέτρων σε συγκεκριμένες τιμές, η διαδικασία θα έχει αυτές τις τιμές όταν εκτελεστεί ξανά. Πίστευαν δηλαδή ότι η επίδραση της μεταβολής είναι μόνιμη και επιδρά στη διαδικασία και μετά την επανεκτέλεσή της. Για παράδειγμα στο κρίσιμο συμβάν 28 ο M7 θεωρεί πως δεν χρειάζεται να αλλάξουν τον κώδικα της διαδικασίας τους για να πετύχουν το στιγμιότυπο του μοντέλου που θέλουν, αλλά ότι αρκεί να το «*ρυθμίσουν*» από τους ολισθητές και από τα όριά τους. Ο M8 του εξηγεί ότι κάθε φορά που εκτελείται μια διαδικασία έχει άλλα ορίσματα, οπότε πρέπει να το φτιάξουν και να το ελέγξουν από τον κώδικα ώστε να βγαίνει σωστό αποτέλεσμα για οποιαδήποτε ορίσματα κι αν βάλουν οι συμπαίκτριές τους.

Κρίσιμο Συμβάν 28

1	M7	Κοίτα μπορούμε να μην το αλλάξουμε καθόλου από τον κώδικα και να αφήσουμε τις ρυθμίσεις στη σωστή θέση	
2	M8	Ναι αλλά οι κοπέλες θα το κουνήσουν και θα μπερδευτούν	
3	M7	Αν αλλάξουμε και τα άκρα των ολισθητών ώστε να μην ξεπερνάει συγκεκριμένα όρια;	
4	M8	Μα όμως τα κορίτσια θα έρθουν και θα εκτελέσουν την εντολή person με ότι ορίσματα θέλουν άρα μπορεί να βγει κάτι άσχετο. Δεν θα το δουν σαν σταθερή εικόνα. Κατάλαβες;	

Αυτό το σχήμα χρήσης, εντοπίστηκε κυρίως στις πρώτες κατασκευές που οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με τον κώδικα του μοντέλου, καθώς και όταν χειρίζονταν το μοντέλο που είχε κατασκευάσει η συμμαχική ομάδα στο παιχνίδι. Στην τελευταία περίπτωση ο μεταβολέας ήταν το

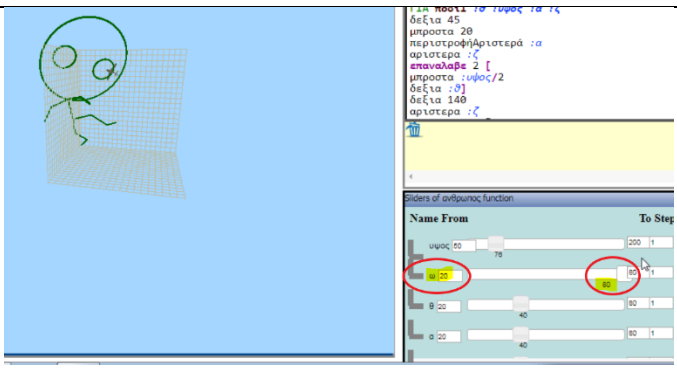
βασικό «χειριστήριο» του παιχνιδιού αφού με αυτό οι μαθητές που «μάντευαν» το άθλημα προσπαθούσαν να ανιχνεύσουν και να ερμηνεύσουν τις πληροφορίες που είχαν ενσωματώσει οι συμμαθητές τους στο μοντέλο.

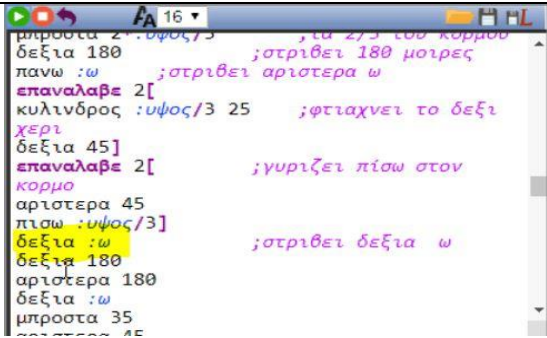
Εντούτοις, σε αυτό το σχήμα χρήσης οι μαθητές δεν συνδέουν την γραφική αναπαράσταση του μοντέλου με τον αλγόριθμο που το κατασκευάζει. Αν και εφαρμόζουν κάποιες υπολογιστικές πρακτικές όπως ο εντοπισμός μοτίβων μέσα από τον χειρισμό των ορισμάτων μιας διαδικασίας, φαίνεται ότι το κάνουν ασυνείδητα χωρίς να αντιλαμβάνονται την ίδια την πρακτική και τον ρόλο της στην επίλυση προβλημάτων. Σε αυτή την περίπτωση η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού του περιβάλλοντος, λειτούργησε περισσότερο ως γέφυρα μεταξύ της διαισθητικής, ενσώματης γνώσης και της ψηφιακής αναπαράστασης στη σκηνή. Αυτό το σχήμα χρήσης, μπορούμε να πούμε ότι αποτέλεσε ένα πρώτο, γρήγορο, βήμα για την εισαγωγή των μαθητών σε δυναμικές ιδέες ανάλυσης ενός προβλήματος, τις οποίες στη συνέχεια, μέσα από τον προγραμματισμό, νοηματοδότησαν ως υπολογιστικές πρακτικές.

4.5.1.2 Χρήση μεταβολέα ως εργαλείο ελέγχου και αποσφαλμάτωσης

Σε πολλές περιπτώσεις οι μαθητές αξιοποίησαν το δυναμικό χειρισμό για να ελέγξουν την ορθότητα του κώδικά τους σε διαφορετικές περιπτώσεις εκτέλεσης. Σε περιπτώσεις σφάλματος, ο δυναμικός χειρισμός βοήθησε τους μαθητές να εντοπίσουν την αιτία του και να επινοήσουν πιθανές λύσεις τις οποίες υλοποιούσαν στον κώδικα. Αξιοποίησαν δηλαδή τους ολισθητές των τιμών των παραμέτρων εκτέλεσης ως εργαλεία αποσφαλμάτωσης και ελέγχου του αλγορίθμου τους. Στο κρίσιμο συμβάν 29 οι μαθήτριες της ομάδας 1 προσπαθούν να εντοπίσουν ένα λάθος στην αναπαράστασή τους που έχει προκύψει από τη χρήση μιας μεταβλητής σε μια εντολή.

Κρίσιμο Συμβάν 29

1	M1	Γιατί όταν κουνάμε το ω το ένα χέρι κουνιέται και δεξιά αριστερά εκτός από πάνω κάτω;	
2	M2	Αλλάζει αυτή κι αυτή η γωνία δηλαδή;	
3	M1	Ναι. Λογικά θα έχουμε βάλει κατά λάθος το ω και σε κάποια εντολή δεξιά ή	

		αριστερά μέσα στον κώδικα για δεξ	
4	M2	Α ναι! Εδώ λέει δεξιά ω. Να το κάνω πάνω ω;	
5	M1	Όχι η εντολή είναι σωστή αφού το σχήμα είναι σωστό. Απλώς δεν χρειάζεται μεταβλητή γιατί δεν θέλουμε να κουνιέται δεξιά αριστερά.	

Στο κρίσιμο συμβάν 30 οι μαθήτριες της ομάδας 2 κατά τη δραστηριότητα σύνθεσης του μοντέλου της δεύτερης εφαρμογής, χρησιμοποιούν το εργαλείο του μεταβολέα για να βρουν τι πρέπει να αλλάξουν στον κώδικά τους. Μέσα από τη χρήση του εντοπίζουν ένα λογικό λάθος που έχουν κάνει στο πρόγραμμά τους, το οποίο αγνοούσαν μέχρι εκείνη τη στιγμή. Έχουν αφήσει το όρισμα :α στη διαδικασία άνθρωπος, χωρίς να το χρησιμοποιούν πουθενά μέσα στο πρόγραμμα. Αυτό αν και δεν δημιουργεί συντακτικά προβλήματα στον αλγόριθμο είναι μια λανθασμένη πρακτική προγραμματισμού καθώς μπορεί να οδηγήσει σε πολύπλοκες διαδικασίες με πολλά ορίσματα που δεν χρησιμοποιούνται. Οι μαθήτριες εντοπίζουν αυτό το λάθος, επειδή όταν κινούν τον ολισθητή της παραμέτρου :α δεν συμβαίνει καμία μεταβολή στο γραφικό αποτέλεσμα. Ανακαλύπτουν ότι η μεταβλητή :α άνηκε σε ένα κομμάτι κώδικα που έχουν αφαιρέσει και πλέον δεν έχει κάποια λειτουργική χρήση στον αλγόριθμο. Συμπεραίνουν έτσι ότι πρέπει να την αφαιρέσουν και από τα ορίσματα της διαδικασίας (γραμμή 4), όχι μόνο επειδή δεν έχει χρηστικότητα, αλλά, όπως αναφέρει η M4, για να μην μπερδευτούν οι συμπαίκτες τους. Ο δυναμικός χειρισμός εδώ βοήθησε τις μαθήτριες να υλοποιήσουν μια ορθότερη υπολογιστικά λύση και να τη νοηματοδοτήσουν στα πλαίσια του παιχνιδιού.

Κρίσιμο Συμβάν 30

1	M4	Για κούνα το α να δούμε τι είναι	
2	M3	Ωχ τι είναι το α; Γιατί δεν αλλάζει τίποτα;	
3	M4	Μήπως ήταν στην περιστροφή που βγάλαμε;	

4	M3	Α ναι! Η περιστροφή είναι. Άρα πρέπει να το σβήσουμε από εδώ.	Δείχνει τα ορίσματα της διαδικασίας
5	M4	Ναι ναι σβήστη γιατί θα μπερδευτούν οι άλλοι	

Σε αυτό το σχήμα χρήσης, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δυνατότητα του δυναμικού χειρισμού ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ του κώδικα, δηλαδή της φορμαλιστικής-υπολογιστική υλοποίησης, και του αποτελέσματός του κώδικα, δηλαδή της γραφικής αναπαράστασης. Σε αντίθεση με το προηγούμενο σχήμα, εδώ οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι κάθε μετακίνηση του ολισθητή ισοδυναμεί με επανεκτέλεση της διαδικασίας με νέο όρισμα για την αντίστοιχη παράμετρο. Τον αξιοποιούν περισσότερο ως εργαλείο ελέγχου της εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παρά ως εργαλείο απευθείας χειρισμού του ίδιου του γραφικού όπως συνέβαινε στο προηγούμενο σχήμα.

Ο δυναμικός χειρισμός σε αυτό το πλαίσιο, αφενός ενίσχυσε την εφαρμογή και την κατανόηση της αποσφαλμάτωση που αποτελεί σημαντική πρακτική της υπολογιστικής σκέψης και αφετέρου βοήθησε τους μαθητές να αναγνωρίσουν και να ξεπεράσουν τυχόν παρανοήσεις για υπολογιστικές έννοιες, όπως η παράμετρος, η δομή επανάληψης και η δομή επιλογής. Στο απόσπασμα συνέντευξης 3 αποτυπώνεται από τον μαθητή της ομάδας 4, η χρήση του δυναμικού χειρισμού για αυτό τον σκοπό

Απόσπασμα Συνέντευξης 3

E	Ωραία. Κάτι άλλο τώρα. Το εργαλείο αυτό με τους ολισθητές ποτε τους χρησιμοποιούσατε στο παιχνίδι;
M7	όταν θέλαμε να προσομοιώσουμε κάποια κίνηση. Για παράδειγμα πως κουνιούνται τα χέρια
E	Ωραία. Και δηλαδή όταν προγραμματίζατε το άθλημα πως τους χρησιμοποιούσατε;
M7	Για να τεσταρουμε κυρίως τις κινήσεις. Ότι βγαίνουν σωστές

4.5.1.3. Χρήση μεταβολέα ως χειριστήριο του παιχνιδιού

Στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης ο δυναμικός χειρισμός ήταν ο πιο άμεσος και γρήγορος τρόπος με τον οποίο οι μαθητές μπορούσαν να δώσουν πρόσβαση στους συμπαίκτες τους σε συγκεκριμένες κινήσεις και ιδιότητες του μοντέλου. Το γεγονός αυτό έπαιξε σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις σχεδιασμού και προγραμματισμού που έπαιρνε η ομάδα που διασκεύαζε το μοντέλο. Οι μαθητές, σε αυτή την περίπτωση, αξιοποίησαν τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού για να εφαρμόσουν συγκεκριμένες στρατηγικές παιχνιδιού (δες παράγραφο 4.4) και να μεταφέρουν συγκεκριμένα «μηνύματα» στους συμπαίκτες τους με το ψηφιακό μοντέλο.

Δημιουργία κινούμενης εικόνας και γενίκευση περιπτώσεων εκτέλεσης

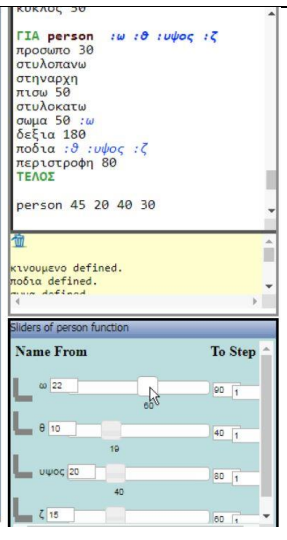
Πολύ συχνά στο παιχνίδι οι μαθητές διασκεύαζαν τις παραμετρικές υποδιαδικασίες του προγράμματός τους, ώστε με την κίνηση των ολισθητών, να προσομοίωναν μια συγκεκριμένη κίνηση του ανθρώπου. Στις περιπτώσεις αυτές αντιλαμβάνονταν την εκτέλεση του κώδικα ως ένα στιγμιότυπο στην οθόνη και τον μεταβολέα ως το εργαλείο που τους επιτρέπει να αναπαραστήσουν σειριακά πολλά στιγμιότυπα του ίδιου κώδικα δημιουργώντας μια κινούμενη εικόνα, όπως ακριβώς στην τεχνική των παραδοσιακών κινουμένων σχεδίων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία εφάρμοσαν την πρακτική της γενίκευσης μεταξύ των διαφορετικών αποτελεσμάτων εξόδου και τιμών εισόδου, όπως στα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν την παράγραφο 4.3.

Μια ακόμη περίπτωση στην οποία οι μαθητές αξιοποίησαν τον μεταβολέα ως εργαλείο του παιχνιδιού ήταν για να προσδιορίσουν τις καταλληλότερες τιμές στις οποίες θα σταθεροποιούσαν ένα συγκεκριμένο μεταβλητό τμήμα του μοντέλου, δημιουργώντας ένα σχήμα «βολικό» για το παιχνίδι. Εδώ ακολουθούν την αντίστροφη στρατηγική από τη γενίκευση των τιμών εκτέλεσης με χρήση παραμέτρων. Τρέχουν μια παραμετρική διαδικασία και αφού επιλέξουν το καταλληλότερο στιγμιότυπο εκτέλεσης για μια συγκεκριμένη παράμετρο, αντικαθιστούν στον κώδικα τη μεταβλητή αυτή με το αντίστοιχο νούμερο του ολισθητή. Η τιμή που επέλεξαν εξαρτώνται από τις ανάγκες της αναπαράστασης του μοντέλου που προκύπταν στον εκάστοτε γύρο παιχνιδιού.

Στο κρίσιμο συμβάν 32, οι μαθήτριες της ομάδας 3 χρησιμοποιούν τους ολισθητές για να αποφασίσουν ποιες παραμέτρους θα κρατήσουν και ποιες θα σταθεροποιήσουν για να αναπαραστήσουν καλύτερα το άθλημα του σκι.

Κρίσιμο Συμβάν 31

1	M5	Οπότε εδώ το ω τι είναι;	είναι στον κώδικα
2	M6	Το ω είναι αυτή η γωνία. Μπορούμε να το βγάλουμε.	Κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου ω και δείχνει το σχέδιο
3	M5	Ωραία να το κάνουμε σταθερό. Δεν χρειάζεται να κινείται. Θα μπερδευτούν οι άλλοι	
4	M6	Ναι. Πόσο να το βάλω; Για κούνα λίγο να δούμε. 60; 90;	
5	M5	Εκεί εκεί. Όχι λίγο πιο πάνω. Να είναι λίγο πιο ανοιχτά	Χειρίζονται τους ολισθητές για να βρουν που θα το σταθεροποιήσουν

			
6	M6	Ωραία οπότε όπου έχει ω στον κώδικα βάλε 68	

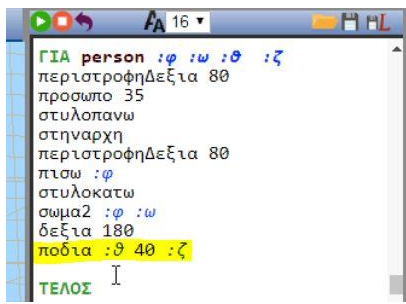
Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 32 οι μαθήτριες παίρνουν μια απόφαση για τον κώδικά τους με κριτήριο την ενδεχόμενη χρήση των ολισθητών από τους συμπαίκτες τους όταν θα ψάχνουν να βρουν το άθλημα που αναπαριστούν. Στη γραμμή 3 η M5 υποστηρίζει πως το μοντέλο η γωνία που αντιστοιχεί στο σχήμα των «χεριών» του μοντέλου πρέπει να γίνει σταθερό γιατί αν είναι μεταβλητή μπορεί να δώσει λάθος μήνυμα στους συμπαίκτες τους. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν τον ολισθητή για να βρουν την καταλληλότερη, στα πλαίσια της συγκεκριμένης αναπαράστασης, τιμή με την οποία θα αντικαταστήσουν τη μεταβλητή ω μέσα στον κώδικα.

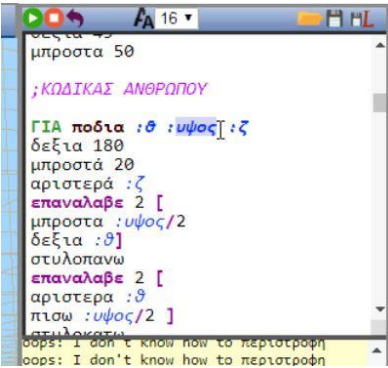
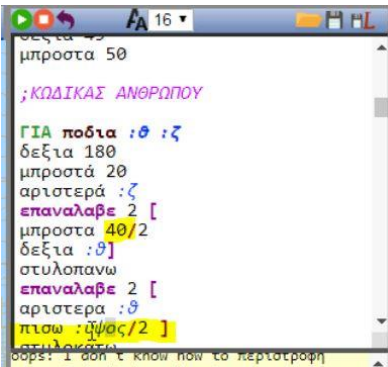
Ωστόσο η παραπάνω στρατηγική, δηλαδή η αλλαγή μεταβλητών σε σταθερές με γνώμονα τις τιμές στους ολισθητές, κάποιες φορές οδήγησε τους μαθητές σε παρανοήσεις σε σχέση με το πως περνάνε και διατηρούνται σταθερές τιμές σε ορίσματα παραμετρικών υποδιαδικασιών. Για παράδειγμα, στο κρίσιμο συμβάν 33 οι μαθήτριες της ομάδας 3 θέλουν να αφαιρέσουν την παράμετρο ύψος από τα ορίσματα της κύριας διαδικασίας person, ώστε να μην μεταβάλλεται η τιμή της δυναμικά. Η M6 υποστηρίζει ότι αν αφαιρέσουν το όρισμα ύψος από την διαδικασία «person» τότε θα πρέπει να την διαγράψουν και από όλες τις υποδιαδικασίες που τη χρησιμοποιούν, τόσο από όρισμα όσο και από μεταβλητή στον κώδικά τους. Στη συνέχεια η M5 επισημαίνει ότι μπορούν να δώσουν την τιμή 40 αντί για την μεταβλητή ύψος ως όρισμα στην εντολή πόδια. Ωστόσο, ενώ σωστά καλούν την διαδικασία πόδια με τιμή 40, στη συνέχεια (γραμμή 8) διαγράφουν το όρισμα ύψος από και από την υποδιαδικασία πόδια και αντικαθιστούν τη μεταβλητή ύψος με το νούμερο 40 σε όλες τις εντολές του κώδικά της. Εδώ φαίνεται πως υπάρχει μια σύγχυση στις μαθήτριες σε σχέση με τη διατήρηση της τιμής της παραμέτρου ύψος όταν της ανατίθεται μια σταθερή τιμή κατά

την κλίση της διαδικασίας πόδια. Έτσι, για να είναι σίγουρες όπως λέει η M6, υλοποιούν ταυτόχρονα δυο διαφορετικές λύσεις καταλήγοντας τελικά σε λανθασμένο αποτέλεσμα.

Η σύγχυση αυτή φαίνεται να οφείλεται στο γεγονός ότι και οι δυο διαδικασίες, «person» και «ποδια», έχουν παράμετρο εισόδου με το όνομα «ύψος». Έτσι, ο δυναμικός χειρισμός της παραμέτρου «ύψος» που αντιστοιχεί στην κύρια διαδικασία person δημιουργεί την αίσθηση στις μαθήτριες ότι χειρίζονται και την παράμετρο εισόδου της δευτερεύουσας υποδιαδικασίας «πόδια». Έτσι, για να βεβαιωθούν ότι δεν θα υπάρχει η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού θεωρούν ότι πρέπει να διαγραφεί το όρισμα «ύψος» και από τις δυο διαδικασίες. Αντίθετα όταν οι υποδιαδικασία είχε διαφορετικά ονόματα παραμέτρων εισόδου από την κύρια διαδικασία, δεν παρατηρήθηκε αντίστοιχη παρανόηση από την χρήση του δυναμικού χειρισμού.

Κρίσιμο Συμβάν 32

1	M5	Το ύψος;	
2	M6	Να το κάνουμε σταθερό. Δεν έχει νόημα να αλλάζει νομίζω.	
3	M5	Ναι ok.	
4	M6	Αλλά για να βγάλουμε τη μεταβλητή ύψος από εδώ (εννοεί το person) δεν θα πρέπει να το βγάλουμε και από τα αλλά; (Εννοεί τις άλλες διαδικασίες)	
5	M5	Χμμμ.. δεν μπορούμε εδώ να γράψουμε 40 αντί για ύψος;	Δείχνει την εντολή ποδια στον κώδικα της κύριας διαδικασίας person
6	M6	Ναι σωστά.	Αλλάζει το δεύτερο όρισμα που δίνει στην εντολή πόδια και αντικαθιστά το ύψος με 40 
7	M5	Τώρα πρέπει να το βγάλουμε και από την διαδικασία ποδια;	

8	M6	Ναι βγάλτο για να είμαστε σίγουρες	Στη συνέχεια δισαγράφει το όρισμα ύψος της διαδικασία πόδια 
9	M5	Και θα αλλάξω το ύψος με 40.	
10	M6	Ναι. Γενικά όπου βλέπεις ύψος βάλε 40	Και αντικαθιστά τη μεταβλητή ύψος με το νούμερο 40 

Συμμεταβολή παραμέτρων και κατασκευή μοτίβων

Στην περίπτωση που παρουσιάστηκε, ο δυναμικός χειρισμός, έχοντας τον ρόλο του εργαλείου χειρισμού του παιχνιδιού, συνέβαλε στη νοηματοδότηση της χρήσης μεταβλητών στον κώδικα των μαθητριών. Αντίστοιχα, ορισμένες ομάδες αξιοποίησαν τον δυναμικό χειρισμό για να δώσουν στους συμπαίκτες τους τη δυνατότητα να μεταβάλλουν παραμέτρους ή ιδιότητες του ψηφιακού μοντέλου, αναπαράγοντας, έτσι, μια σύνθετη κίνηση ως κομμάτι του αθλήματος.

Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 33, οι μαθήτριες της ομάδας 1 αποφασίζουν να δώσουν στους συμπαίκτες τους τη δυνατότητα με έναν ολισθητή να μεταβάλουν ταυτόχρονα την γωνία στροφής του σχήματος των χεριών και τη θέση του σχήματος της μπάλας στη σκηνή. Η M1 διατυπώνει την ιδέα να χρησιμοποιήσουν κοινές παραμέτρους εισόδου, και άρα κοινές μεταβλητές για τις δύο μεταβολές, ώστε όπως λέει ‘να κουνιούνται ταυτόχρονα με έναν slider’. Φαίνεται πως η M1 αντιλαμβάνεται τη σχέση και τη διαφορά των τυπικών παραμέτρων μιας διαδικασίας, με τα ορίσματα εισόδου της, δηλαδή των πραγματικών παραμέτρων, αφού προτείνει να χρησιμοποιήσουν την ίδια παράμετρο εισόδου (ω) σε δυο διαφορετικές υποδιαδικασίες

1	M1	Μπορούμε στη μπάλα να βάλουμε την ίδια μεταβλητή με αυτή των χειριών. Για να κουνιούνται ταυτόχρονα με έναν slider	
2	M2	Αν μπορούμε ε;. Ωραία! Οπότε αντί για 50 στη μετακίνηση της μπάλας βάλε :ω	

Στις παραπάνω περιπτώσεις η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού του περιβάλλοντος, λειτούργησε ως εργαλείο διαμεσολάβησης και επικοινωνίας ιδεών μεταξύ των παικτών του παιχνιδιού. Από τη μια, ομάδα που διασκεύαζε το μοντέλο αξιοποιούσε το δυναμικό χειρισμό για να αναπαραστήσει, μέσω των παραμέτρων του κώδικα, συγκεκριμένες κινήσεις που εξυπηρετούσαν το παιχνίδι τη δεδομένη στιγμή. Από την άλλη, η ομάδα που ‘μάντευε’ τη λέξη, αξιοποιούσε το δυναμικό χειρισμό για να αποκωδικοποιήσει τις ιδέες που αποτύπωναν οι συμπαίκτες τους μέσα από το μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό οι δυναμικές ιδέες που εξέφρασε στο ψηφιακό μοντέλο η ομάδα διασκευής, για παράδειγμα ένα μοτίβο ή μια συμμεταβολή δύο παραμέτρων, ερμηνεύονται και νοηματοδοτούνται από τους μαθητές της συμπαίκτης ομάδας καθώς χειρίζονται το μοντέλο με το δυναμικό χειρισμό.

Στο απόσπασμα συνέντευξη 4, οι μαθήτρια της ομάδας 3 περιγράφει πως αξιοποίησαν τον δυναμικό χειρισμό στη διάρκεια του παιχνιδιού. Όπως αναφέρει μια από τις χρήσεις ήταν για να μπουν στη θέση των συμπαικτών τους και να δουν αν θα μπορούσαν να βρουν σωστά το άθλημα μεταβάλλοντας το δυναμικά. Περιγράφει δηλαδή τη χρήση του ως χειριστήριο του παιχνιδιού και εργαλείο επικοινωνίας ιδεών μεταξύ των δύο ομάδων. Στη συνέχεια αναφέρει και το σχήμα χρήσης του ως εργαλείο αποσφαλμάτωσης αλλά και βελτίωσης του κώδικα.

Απόσπασμα Συνέντευξης 4

E	Αυτό το εργαλείο με τους ολισθητές πότε το χρησιμοποιούσατε θυμάστε; Θέλω να μου πει όχι για όταν μαντεύατε των άλλων αλλά για όταν σχεδιάζεται εσείς το δικό σας άθλημα
M1	Για να δούμε αν θα μπορούσαν οι άλλοι από την άλλη ομάδα να μαντέψουν από την κίνηση το άθλημα , αλλά όχι και με πολλή ευκολία δηλαδή να το βρουν κατευθείαν, αλλά να μπορέσουν να το σκεφτούν κάπως. Και για να δούμε αν τα κάνουμε σωστά , αν θα μπορούσαμε να σκεφτούμε κάτι άλλο να μας έρθει κάποια άλλη ιδέα ή αν αυτό που είχαμε κάνει ήταν καλό
E	Δηλαδή αν σε ρώταγε κάποιος που το έβλεπε πώς κάνεις να κουνιέται το ανθρωπάκι; Τι θα του έλεγες;
M1	με τους δρομείς και τις μεταβλητές που χρησιμοποιήσαμε

4.5.2 Αλλαγή γωνίας και προοπτικής θέασης στον τρισδιάστατο χώρο

Σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες, η δυνατότητα χειρισμού τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και πλοήγησης στον τρισδιάστατο χώρο σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης, αυξάνει την αίσθηση της παρουσίας και του ελέγχου στον ψηφιακό χώρο επιτρέποντας την ενσωμάτωση της γνώσης από τους μαθητές και την βαθύτερη εμπλοκή τους με τη δραστηριότητα (Girvan, 2019; Dalgarno & Lee, 2010). Το περιβάλλον «MaLT2», έκτος από τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού των τρισδιάστατων αντικειμένων, προσφέρει τη δυνατότητα αλλαγής προοπτικής θέασης του ψηφιακού δομήματος με χρήση του εργαλείου περισκοπικής κάμερας ή με τις εντολές στροφής στον χώρο. Η αλλαγή της οπτικής γωνίας σε έναν τρισδιάστατο χώρο μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να αντιληφθεί καλύτερα τη δομή και τις ιδιότητες των τρισδιάστατων αντικειμένων στο χώρο ακολουθώντας μια ευρεστική διαδικασία (Cho & Lee, 2014; Hauptman, 2010, Kynigos & Latsi, 2007). Ακόμη, η περιήγηση σε έναν τρισδιάστατο εικονικό χώρο και η περιστροφή των αντικειμένων, επιτρέπει στον χρήστη να εκφράσει και να αναπτύξει χωρικές δεξιότητες όπως η νοητή περιστροφή σχημάτων, η σύγκριση διαφορετικών τρισδιάστατων αντικειμένων, ο προσανατολισμός και η αντίληψη χωρικών σχέσεων (Gutierrez, 1996).

Ένα ερώτημα που προκύπτει και δεν έχει μελετηθεί ακόμα, είναι εάν και ποιες υπολογιστικές πρακτικές εκφράζονται ή ενισχύονται μέσα από την εφαρμογή χωρικών δεξιοτήτων για την ανάλυση ενός τρισδιάστατου δομήματος κατασκευασμένο με προγραμματισμό. Στην παράγραφο αυτή, εξετάζεται αν και με ποιον τρόπο η θέαση ενός τρισδιάστατου δυναμικού αντικειμένου μέσω πολλαπλών προοπτικών επηρεάζει τη διαδικασία δημιουργίας νοημάτων σχετικά με τον αλγόριθμο που το κατασκευάζει. Ακόμη μελετώνται οι υπολογιστικές πρακτικές που εφάρμοσαν οι μαθητές κατά την ανάλυση των χωρικών ιδιοτήτων των τρισδιάστατων κατασκευών στην παρούσα έρευνα.

Η ερευνήτρια εντόπισε τρία σχήματα χρήσης της αλλαγής γωνίας θέασης από τους μαθητές, τα οποία σχετίζονται με την εφαρμογή ή τη νοηματοδότηση στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης. Τα σχήματα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 26 ενώ αναπτύσσονται αναλυτικά στη συνέχεια. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε το γεγονός ότι οι μαθητές αξιοποίησαν την αλλαγή γωνίας θέασης ακόμα και για την ανάλυση διςδιάστατων αντικείμενων από διαφορετικές γωνίες στη σκηνή. Ακόμη, στις περισσότερες περιπτώσεις, η αξιοποίηση της αλλαγής γωνίας θέασης γινόταν συνδυαστικά με τη χρήση του δυναμικού χειρισμού του αντικειμένου.

Πίνακας 26: Σχήματα χρήσης της αλλαγής γωνίας θέασης από τους μαθητές στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Σχήμα χρήσης	Υπολογιστικές πρακτικές/στρατηγικές
--------------	-------------------------------------

Αντίληψη και προσδιορισμός ιδιοτήτων του αντικειμένου	Αποδόμηση Αναγνώριση μοτίβων
Έλεγχος ορθότητας της κατασκευής	Αποσφαλμάτωση Σειρά εκτέλεσης
Χειριστήριο παιχνιδιού	Ανάλυση Αναγνώριση μοτίβων

Ο πίνακας 27 περιλαμβάνει μια σύνοψη των κρίσιμων συμβάντων που αναλύονται στην παρούσα ενότητα. Ανά κρίσιμο συμβάν δίνονται πληροφορίες αναφορικά την ομάδα από την οποία προέρχεται και την εφαρμογή στα πλαίσια της οποίας έλαβε χώρα. Ο πίνακας 27 προσφέρει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων που παρουσιάζονται στην ενότητα αυτή.

Πίνακας 27: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 4.5.2

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Φάση έρευνας/Δραστηριότητα
Κρίσιμο Συμβάν 35	3	3
Κρίσιμο Συμβάν 36	1	2
Κρίσιμο Συμβάν 37	3	3
Κρίσιμο Συμβάν 38	4	3
Κρίσιμο Συμβάν 39	4 & 3	3

4.5.2.1 Προσδιορισμός ιδιοτήτων των αντικειμένων

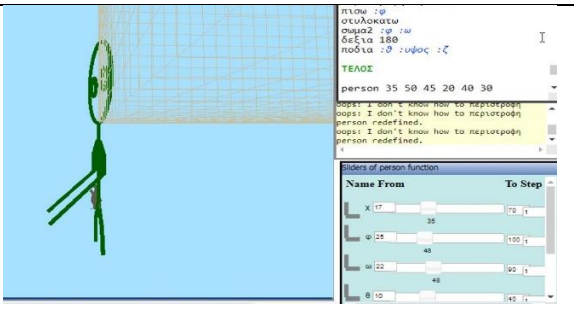
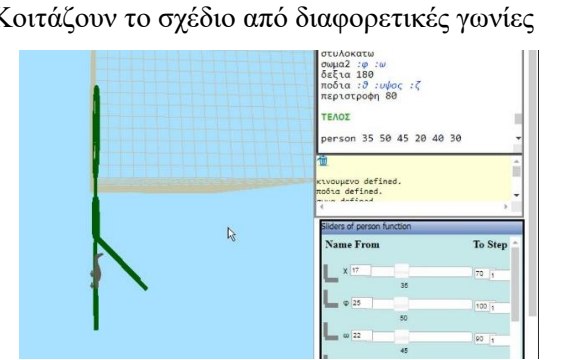
Σε αρκετές περιπτώσεις οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δυνατότητα αλλαγής θέασης του τρισδιάστατου χώρου για να προσδιορίσουν τις χωρικές, μαθηματικές ή τις υπολογιστικές ιδιότητες ενός αντικειμένου που σχεδίαζε η οντότητα. Αναλύοντας το αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες, ακολουθούσαν μια ευρεστική διαδικασία κατά την οποία εφάρμοζαν διαισθητικά πρακτικές υπολογιστικής σκέψης όπως η αποδόμηση και η αναγνώριση μοτίβων. Συχνά μέσα από την οπτική σύγκριση διαφορετικών σχημάτων ή τμημάτων του μοντέλου, κατέληγαν σε συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο κατασκευής τους στον κώδικα.

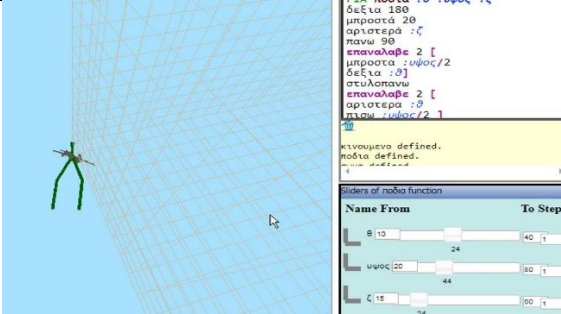
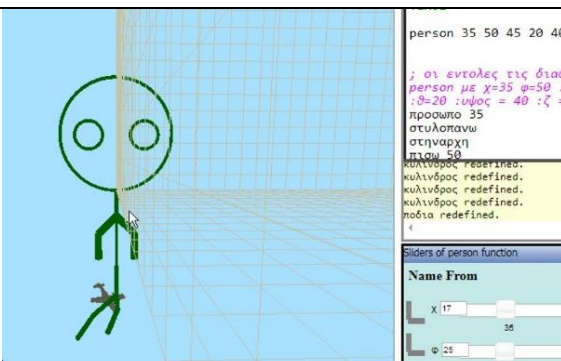
Στο κρίσιμο συμβάν 35 οι μαθήτριες της ομάδας 3 εξετάζουν πως θα σχεδιάσουν το ανθρώπινο μοντέλο ώστε να φαίνεται «καθιστό» στους συμπαίκτες τους. Στη διερεύνησή τους παρατηρούν ολόκληρο το μοντέλο του ανθρώπου από διαφορετικές οπτικές γωνίες ώστε να προσδιορίσουν πως πρέπει να διασκευάσουν τον κώδικά του για να πετύχουν την επιθυμητή αναπαράσταση. Κοιτώντας το από το πλάι (γραμμή 2) συγκρίνουν αυτό που θέλουν να κάνουν στο σχήμα των ποδιών με αυτό

που έχουν ήδη υλοποιήσει στα «μπαστούνια» που κρατάει στα χέρια. Συγκρίνουν δηλαδή δυο παρόμοια σχήματα και εντοπίζουν τις διαφορές τους ως προς τον προσανατολισμό τους στο χώρο και την αλλαγή που πρέπει να κάνουν στον κώδικα. Όπως αναφέρει η Μ5 θέλουν το κομμάτι των ποδιών να κοιτάει προς αυτές, δηλαδή να ζωγραφιστεί στον άξονα ζ. Στη συνέχεια η Μ5 μεταφράζει αυτό το πρόβλημα με όρους προγραμματισμού, λέγοντας πως πρέπει να χρησιμοποιήσουν την εντολή «πάνω» (γραμμή 4). Όμως φαίνεται ότι δεν γνωρίζει σε ποιο ακριβώς σημείο του κώδικα να την γράψει. Με τη βοήθεια της περισκοπικής κάμερας κοιτούν πιο διεξοδικά την αναπαράσταση και η Μ6 συμπεραίνει πως η εντολή στροφής πρέπει να μπει «μετά τον γοφό», ενώ η Μ5 το κάνει πιο συγκεκριμένο λέγοντας πως πρέπει να μπει «πριν την πρώτη επανάληψη που φτιάχνει το πόδι».

Η ανάλυση του μοντέλου από διαφορετικές οπτικές γωνίες τους βοήθησε να αντιληφθούν τη σειρά εκτέλεσης των εντολών που το κατασκευάζουν καθώς και το ακριβές σημείο του αλγόριθμου που πρέπει να εισάγουν την εντολή στροφής. Κατόπιν ακολουθούν την ίδια διαδικασία για την εντολή «κάτω» ώστε να επιστρέψουν την οντότητα στον αρχικό της προσανατολισμό μετά τον σχεδιασμό των ποδιών στον άξονα ζ. Αφού τροποποιήσουν τον κώδικα, ελέγχουν το αποτέλεσμα εκτελώντας τόσο τη διαδικασία πόδια που τροποποίησαν, όσο και τη διαδικασία «person» που συνθέτει όλο το μοντέλο. Σε κάθε εκτέλεση παρατηρούν το αποτέλεσμα από διαφορετικές γωνίες θέας ώστε να βεβαιωθούν ότι είναι σωστό και ότι οι συμπαίκτες τους όταν εκτελέσουν το πρόγραμμα θα καταλάβουν το σωστό μήνυμα, δηλαδή ότι «ο άνθρωπος κάθεται».

Κρίσιμο Συμβάν 34

1	M6	Αυτό που πρέπει να αλλάξουμε για να το κάνουμε καθιστό είναι τα πόδια	
2	M5	Δηλαδή όλο αυτό το κομμάτι να κοιτάει προς τα εμάς. Προς τα εδώ, και όχι κάτω. Όπως έχουμε κάνει και τα μπαστούνια	

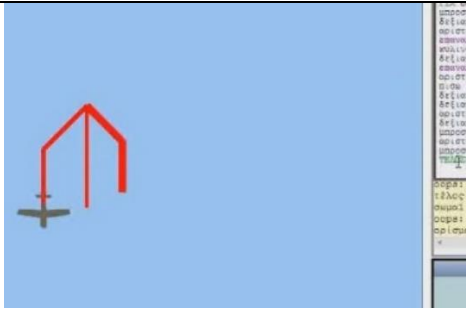
3	M6	Οπότε πάμε στη διαδικασία πόδια;	Κοιτάνε τον κώδικα της διαδικασίας πόδια σε συνδυασμό με το σχήμα
4	M5	Ναι. Λοιπόν αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να βάλουμε κάπου εδώ την εντολή που το στρίβει προς τα πάνω.	Δείχνει τον κώδικα
5	M6	Ωραία. Εδώ μετά στο γοφό	Δείχνει την αναπαράσταση
6	M5	Ναι. Βασικά πριν από την επανάληψη που αρχίζει και σχεδιάζεται το ένα πόδι	Δείχνει τον κώδικα
7	M6	Ωραία. Και μετά θα πρέπει όταν γυρίζει πίσω να του πούμε το ανάποδο. Δηλαδή κάτω	
8	M5	Α ναι. Που να το βάλουμε το κάτω; Μετά το στυλοπανω;	
9	M6	Νομίζω στο τέλος της διαδικασίας. Αφού κάνει και την τελευταία επανάληψη, δηλαδή το τελευταίο πόδι	
10	M5	Ωραία! Για τρέξε μόνο τη διαδικασία πόδια να τη δούμε μόνη της	
11	M6	Και τώρα τρέξτε όλο μαζί να δούμε πως φαίνεται	
12	M5	Εντάξει είναι. Πιστεύω θα καταλάβουν ότι κάθετα	

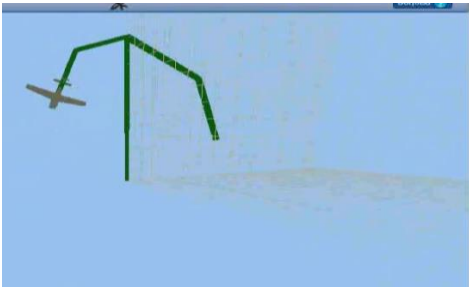
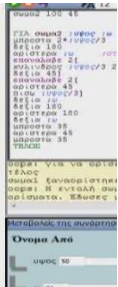
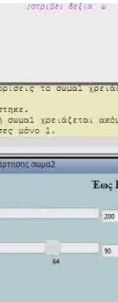
Στο συμβάν που παρουσιάστηκε οι μαθήτριες καθώς αναλύουν σχήμα του μοντέλου στον τρισδιάστατο χώρο με χρήση της περισκοπική κάμερας, εφαρμόζουν διαφορετικές πρακτικές υπολογιστικής σκέψης. Αρχικά συγκρίνουν δύο παρόμοια σχήματα, τα χέρια και τα πόδια, και εντοπίζουν ομοιότητες και διαφορές. Κατόπιν εκφράζουν νοήματα για τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου και το εντοπίζουν σωστό σημείο που πρέπει να εισάγουν μια νέα εντολή με βάση την οπτική ανάλυση της αναπαράστασης. Τέλος, για να ελέγξουν το αποτέλεσμα στον χώρο από διαφορετικές οπτικές γωνίες εφαρμόζουν την πρακτική της αποδόμησης, εκτελώντας πρώτα τη διαδικασία πόδια μόνη της. Στη συνέχεια εκτελούν και την κύρια διαδικασία person ώστε να συγκρίνουν την αλλαγή που έκαναν με το υπόλοιπο μοντέλο του ανθρώπου στις τρεις διαστάσεις.

4.5.2.2 Οπτικός έλεγχος και αποσφαλμάτωση της κατασκευής

Σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές χρησιμοποίησαν την αλλαγή προοπτικής θέασης του τρισδιάστατου χώρου, για να εντοπίσουν κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπταν από σφάλματα στον κώδικα κατασκευής. Για παράδειγμα στο κρίσιμο συμβάν 35 οι μαθήτριες της ομάδα 1 έχουν προγραμματίσει το δεύτερο χέρι του μοντέλου στη δραστηριότητα 2 της εφαρμογής 2. Η M1 ελέγχει την ορθότητα της κατασκευής τους μεταβάλλοντας τις τιμές της παραμέτρου «ύψος» με τον δυναμικό χειρισμό και ταυτόχρονα αλλάζοντας τη γωνία θέασης με την κάμερα ώστε να δει καλύτερα το σχήμα. Έτσι εντοπίζει ένα λάθος στην κατασκευή, ότι το μέγεθος των δύο «χεριών» αλλάζει δυσανάλογα. Αμέσως μετά αλλάζει ξανά την οπτική γωνία θέασης για να εξηγήσει το πρόβλημα στη M1 (γραμμή 8). Τελικά καταλήγει πως αφού το πρόβλημα προκαλείται με την κίνηση του μεταβολέα της παραμέτρου «ύψος», θα αφορά κάποια εντολή κίνησης (μπροστά ή πίσω) η οποία χρησιμοποιεί την παράμετρο.

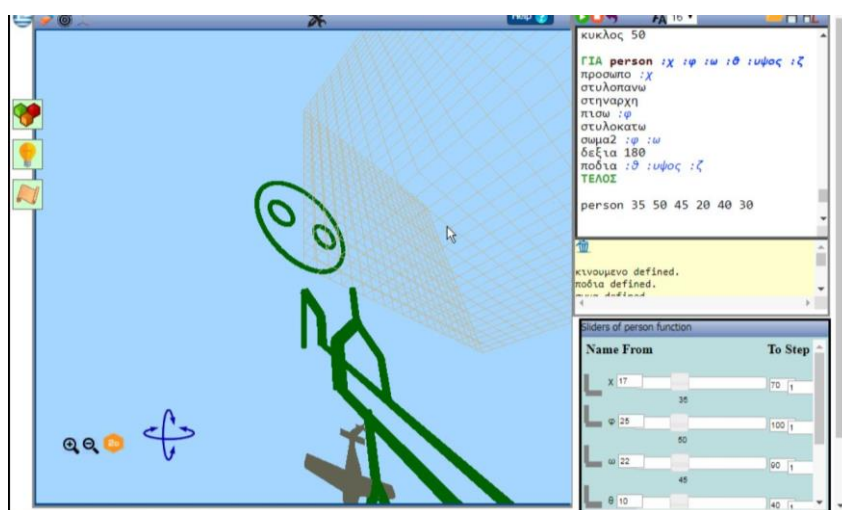
Κρίσιμο Συμβάν 35

1	M1	Πάλι δεν είναι ίσιο. Περίμενε το δεξί χέρι πόσο είναι	
2	M2	ναι αυτό να δούμε. να είναι συμμετρικά. Θα βάλω 35	Αλλάζει τη γωνία στροφής για το αριστερό χέρι
3	M1	Για δεξ με το 35 πως βγήκε. Νομίζω είναι ίδια	

4	M2	Νομίζω κι εγώ.	κινεί την κάμερα 
5	M1	για φέρε μια. Έχω ένα κακό προαίσθημα	Παίρνει το ποντίκι και κουνάει τους μεταβολείς
6	M1	ωωω κοίτα. Το βλέπεις αυτό;	κινεί την κάμερα
7	M2	Τι; ότι είναι πιο χοντρό το ένα χέρι από το άλλο;	
8	M1	Όχι. Ότι αλλάζουν δυσανάλογα τελείως	κουνάει τον μεταβολέα της παραμέτρου ύψος και την κάμερα ταυτόχρονα    
9	M2	Άρα έχουμε γράψει κάτι λάθος στις εντολές μπροστά που χρησιμοποιούν τη μεταβλητή ύψος.	

Το ενδιαφέρον σε αυτό το απόσπασμα, είναι ότι η M1 χρησιμοποιεί την αλλαγή γωνίας θέασης για να ελέγξει την ορθότητα σε ένα δισδιάστατο σχήμα. Φαίνεται δηλαδή ότι η μεταβολή της οπτικής γωνίας βοηθάει την καλύτερη αντίληψη και κατανόηση όχι μόνο των τρισδιάστατων κατασκευών αλλά και των δισδιάστατων κατασκευών.

Σε αντίστοιχες περιπτώσεις οι μαθητές άλλαζαν τη γωνία θέασης και μεγέθυνσης για να ελέγξουν τα διαφορετικά τμήματα της κατασκευής τους και να εντοπίσουν τυχόν σφάλματα του αλγόριθμου. Και σε αυτό το σχήμα χρήσης, η αλλαγή προοπτικής πραγματοποιούνταν κατά κύριο λόγο συνδυαστικά με τον δυναμικό χειρισμό των παραμέτρων του αντικειμένου. Για παράδειγμα στην εικόνα 34 αποτυπώνεται ένα στιγμιότυπο από την ομάδα 3 η οποία χρησιμοποιεί τοποθετεί την κάμερα σε κατάλληλη γωνία θέασης ώστε να εντοπίσει το λάθος στην κατασκευή.



Εικόνα 34: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία διασκευής του μοντέλου για την απεικόνιση του αθλήματος "Σκι"

4.5.2.3 Χειριστήριο του παιχνιδιού

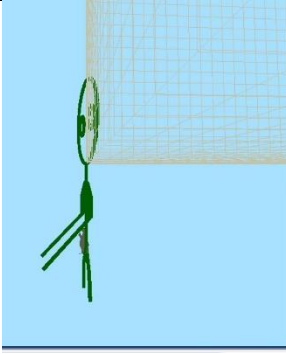
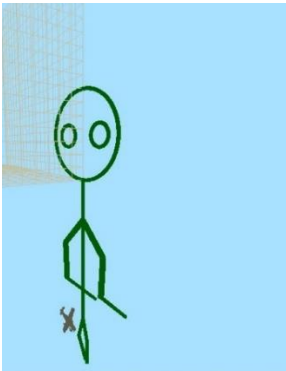
Ένα τρίτο σχήμα χρήσης που εντόπισε η ερευνήτρια, ήταν όταν οι μαθητές αξιοποιούσαν την αλλαγή γωνίας θέασης για να κωδικοποιήσουν ή να αποκωδικοποιήσουν το ζητούμενο άθλημα στα πλαίσια του παιχνιδιού. Αν και η χρήση αυτή παρουσιάζει ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με τα δυο προηγούμενα σχήματα χρήσης, εντούτοις η ερευνήτρια τις διαφοροποιεί καθώς ο λόγος και ο σκοπός για τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούσαν τη δυνατότητα αλλαγής γωνίας θέασης, σχετιζόταν με συγκεκριμένα ανάγκες του παιχνιδιού και όχι γενικά με τη διαχείριση ή την ανάλυση της κατασκευής τους. Σε αυτό το σχήμα χρήσης εντάσσονται δύο περιπτώσεις. Η μια περίπτωση ήταν η χρήση από την ομάδα διασκευής για να αναπαραστήσει πιο πιστά το εκάστοτε άθλημα στον χώρο αντί για το επίπεδο. Η δεύτερη περίπτωση ήταν η χρήση από την ομάδα που έβρισκε το ζητούμενο άθλημα για να διερευνήσει την αναπαράσταση από πολλές και διαφορετικές οπτικές γωνίες και να 'αποκρυπτογραφήσει' σωστά το άθλημα.

Στο κρίσιμο συμβάν 37 οι μαθήτριες της ομάδας 3 έχουν διασκευάσει το μοντέλο ώστε να αναπαραστήσουν το άθλημα κολύμβηση. Για την καλύτερη αναπαράσταση αποφασίζουν να κάνουν τον άνθρωπο «ξαπλωτό», δηλαδή να τον σχεδιάσουν στον άξονα ζ. Η Μ5 προτείνει να βάλουν μια εντολή περιστροφής (roll) στον κώδικα κι έτσι να αλλάξουν τον προσανατολισμό ολόκληρου του μοντέλου στον χώρο. Η Μ6 πριν το υλοποιήσουν περιστρέφει νοητά το μοντέλο στο δισδιάστατο επίπεδο της οθόνης και ισχυρίζεται ότι αν το περιστρέψουν θα φαίνεται σαν μια γραμμή, επειδή όπως εξηγεί στη συνέχεια, θα είναι κάθετο στην οθόνη. Ο ισχυρισμός της είναι εν μέρη σωστός καθώς στην πρώτη εκτέλεση μιας διαδικασίας, η προεπιλεγμένη γωνία θέαση είναι το δισδιάστατο επίπεδο της οθόνης. Η Μ5 της εξηγεί ότι οι συμμαθητές τους, όπως και αυτές, μπορούν να χρησιμοποιήσουν την κάμερα για να το δουν ‘γύρω γύρω’, δηλαδή από όποια γωνία θέασης επιθυμούν.

Στη συνέχεια, πριν καλέσουν τους συμμαθητές τους, αλλάζουν τη γωνία θέασης για να δουν εάν οι συμπαίκτες τους θα καταλάβουν σωστά το άθλημα από οποιαδήποτε οπτική γωνία κι αν επιλέξουν να το κοιτάζουν. Έτσι, εξετάζουν πιθανές αλλαγές με την κάμερα που μπορεί να κάνουν οι συμμαθητές τους και προσπαθούν να καλύψουν όλα τα πιθανά ενδεχόμενα. Εδώ οι μαθήτριες αντιλαμβάνονται ότι το αποτέλεσμα του αλγόριθμού τους πρέπει να είναι σωστό από οποιαδήποτε οπτική κι αν θεαθεί στον χώρο.

Κρίσιμο Συμβάν 36

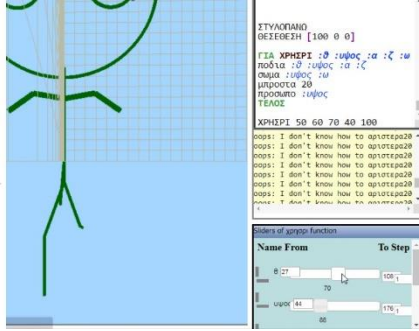
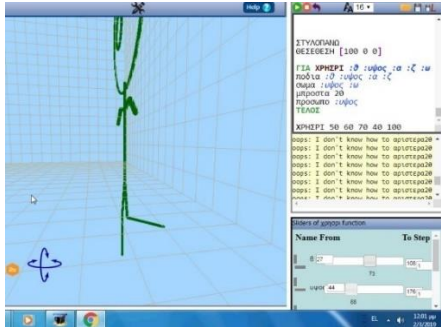
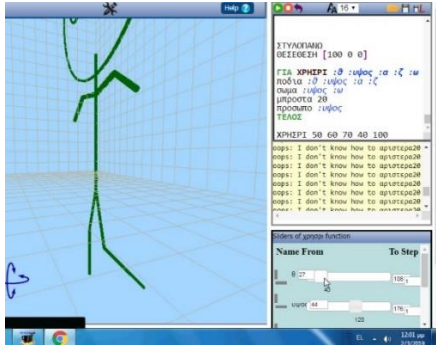
	M5	Τώρα θέλουμε να κάνουμε όλο το σώμα ξαπλωτό οπότε να κάνουμε περιστροφή.	
	M6	Κάτσε έτσι όμως δεν θα φαίνεται μια γραμμή;	
	M5	Τι εννοείς μια γραμμή;	
	M6	Θα είναι κάθετο στην οθόνη και δεν θα φαίνεται τι κάνει	
	M5	Μα τι λες; Αφού θα μπορούν να γυρίσουν την κάμερα και να το δουν γύρω γύρω	
	M6	Α ναι σωστά!	
Αφού έχουν αλλάξει τον κώδικα			

			
4	M7	Ναι αλλά τα μπαστούνια πρέπει να είναι προς τα πίσω αν είναι σκι	
5	M8	Ε αν το δεις έτσι είναι προς τα πίσω. Είναι όπως κάνουν τα χέρια στο σκι	

Ένα αντίστοιχο παράδειγμα παρουσιάζεται στο κρίσιμο συμβάν 39. Εδώ η ομάδα 3 προσπαθεί να βρει το άθλημα που έχουν προσομοιάσει οι μαθητές της ομάδας 4. Αρχικά η M5, κινώντας τον ολισθητή της παραμέτρου θ , ερμηνεύει λανθασμένα την κίνηση του ποδιού. Θεωρεί ότι αυτό είναι μεταβλητό είναι το μέγεθος του ποδιού και ότι μικραίνει καθώς μικραίνει η τιμή της παραμέτρου θ . Ωστόσο αυτό συμβαίνει η κάμερα βρίσκεται σε μια οπτική γωνία που δεν της επιτρέπει να δει το μοντέλο στις τρεις διαστάσεις, δημιουργώντας έτσι μια παραπλανητική απεικόνιση. Ο μαθητής M8 την προτρέπει να χρησιμοποιήσει την κάμερα για να το δει από το πλάι. Αλλάζοντας τη γωνία θέασης (γραμμή 3) βλέπει πως η παράμετρος θ αφορά τη μεταβλητή γωνία μεταξύ των δυο τμημάτων των ποδιών και η μεταβολή της προκαλεί κίνηση του κάτω τμήματος στον άξονα ζ . Τελικά η M4 μεταφράζει την κίνηση αυτή σε κλωτσιά και έτσι βρίσκουν σωστά το άθλημα.

Κρίσιμο Συμβάν 38

1	M5	Ωχ τι είναι αυτό; Γιατί κονταίνει το πόδι του;	Η M3 κουνάει τον μεταβολέα θ αλλά το έχει στο 2D
---	----	--	---

			
2	M8	Νομίζεις ότι κονταίνει. Γύρνα το στο πλάι να δεις	
3	M5	Ααα λυγίζει έτσι αυτό το κομμάτι. Πάει μπροστά	Αλλάζει τη γωνία θέασης με την κάμερα 
4	M6	Α είναι κλωτσιά !!	Η M3 κινεί τον ολισθητή της παραμέτρου θ 
5	M5	Ποδόσφαιρο; Το βρήκαμε;	

4.5.3 Σύνοψη

Πολλοί ερευνητές έχουν τονίσει πως οι λειτουργικότητες (affordances) ενός υπολογιστικού περιβάλλοντος, δηλαδή οι σχέσεις μεταξύ των τεχνολογικών του λειτουργιοτήτων και των πιθανών ενεργειών που επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν, μπορεί να επηρεάσουν, θετικά ή αρνητικά, τη μαθησιακή διαδικασία (Greeno 1994, Gibson 1977, Pea 1998). Στην ενότητα αυτή εξετάστηκε πως δυο ενσωματωμένες δυνατότητες του περιβάλλοντος «MaLT2», ο δυναμικός χειρισμός και η αλλαγή γωνίας θέασης, επηρέασαν τη νοηματοδότηση και την ανάπτυξη πρακτικών υπολογιστικής σκέψης από τους μαθητές.

Όπως φάνηκε στην ανάλυση της ενότητας, οι μαθητές αξιοποίησαν τον δυναμικό χειρισμό με τα εξής σχήματα χρήσης: α) ως εργαλείο χειρισμού των ψηφιακών μοντέλων της σκηνής β) ως εργαλείο ελέγχου και αποσφαλμάτωσης του αλγορίθμου και γ) ως χειριστήριο του παιχνιδιού μίμησης. Το πρώτο σχήμα χρήσης, αφορά τη μεταβολή του οπτικού αποτελέσματος με στόχο την αναπαράστασή του για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων μιας εκτελεσμένης διαδικασίας. Με τη χρήση του δυναμικού χειρισμού οι μαθητές ανέλυσαν και να άντλησαν πληροφορίες για τις υπολογιστικές ιδιότητες και σχέσεις των αντικειμένων στη σκηνή, όπως για παράδειγμα για τα μεταβλητά και τα σταθερά μεγέθη ή για μοτίβα στην κατασκευή τους. Ταυτόχρονα πειραματίστηκαν με ένα μεγάλο εύρος τιμών εκτέλεσης γεγονός που φαίνεται να συνέβαλε σε κάποιο βαθμό στη διάκριση της παραμετρικής διαδικασίας από τη μεμονωμένη εκτέλεση της με συγκεκριμένες τιμές εισόδου. Σε αρκετές περιπτώσεις οι μαθητές μετέφεραν τις διαισθητικές τους γνώσεις από πραγματικές καταστάσεις για να περιγράψουν τις αλλαγές που συμβαίνουν στο ψηφιακό αντικείμενο κατά τον δυναμικό χειρισμό του. Όπως φάνηκε, το σχήμα αυτό λειτούργησε ως γέφυρα μεταξύ της διαισθητικής, ενσώματης γνώσης και της ψηφιακής αναπαράστασης στη σκηνή.

Ωστόσο, σε αυτή τη χρήση, οι μαθητές δε συνέδεαν τις τιμές των παραμέτρων και το οπτικό αποτέλεσμα με συγκεκριμένο τμήμα του αλγόριθμου κατασκευής, ούτε μετέφεραν τα νοήματα που εξέφραζαν σε υπολογιστικό πλαίσιο. Για παράδειγμα ενώ συχνά χρησιμοποιούσαν την ιδέα της μεταβολής για να περιγράψουν το οπτικό αποτέλεσμα και για να γενικεύσουν μια ιδιότητα του αντικειμένου, εντούτοις δεν τη συνέδεαν άμεσα με την έννοια της μεταβλητής στον αλγόριθμο. Αυτό το σχήμα χρήσης φάνηκε ότι είχε περισσότερο εισαγωγικό ρόλο στις υπολογιστικές πρακτικές και λειτούργησε ως ένα αρχικό στάδιο διαισθητικής έκφρασης υπολογιστικών ιδεών για την ψηφιακή αναπαράσταση.

Το δεύτερο σχήμα χρήσης αφορά την αξιοποίηση της δυνατότητα δυναμικού χειρισμού για τον έλεγχο της ορθότητας της κατασκευής καθώς και για τον εντοπισμό σφαλμάτων στον αλγόριθμο και λύσεων διόρθωσης τους. Σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές αντιλαμβάνονταν τη σχέση μεταξύ του κώδικα, των ολισθητών και του γραφικού αποτελέσματος. Η χρήση τους εστίαζε στην εκτέλεση μιας παραμετρικής διαδικασίας με διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών εισόδου με στόχο τον έλεγχο ενός μεγάλου αριθμού αποτελεσμάτων εκτέλεσης. Η προσέγγιση αυτή φαίνεται πως αφενός βοήθησε τους μαθητές να αντιληφθούν και να εφαρμόσουν τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης στον αλγόριθμό τους, μια κεντρική πρακτική της υπολογιστικής σκέψης, και αφετέρου συνέβαλε στον εντοπισμό και επίλυση τυχόν παρανοήσεων για υπολογιστικές έννοιες, όπως η παράμετρος, η μεταβλητή, η δομή επανάληψης και η δομή επιλογής. Για παράδειγμα, με τη χρήση των ολισθητών, ορισμένοι μαθητές αναγνώρισαν τον ρόλο και τις ιδιότητες των παραμέτρων και των μεταβλητών σε μια διαδικασία, όπως ότι διατηρούν την ίδια τιμή για όλη την εκτέλεσή της. Σε άλλες

περιπτώσεις οι ολισθητές λειτούργησαν ως ένας τρόπος ελέγχου του αποτελέσματος μιας συνθήκης ελέγχου, συμβάλλοντας σημαντικά στη νοηματοδότηση της δομής ελέγχου και της ροής των εντολών στον αλγόριθμο των μαθητών. Σε αυτό το σχήμα χρήσης, ο δυναμικός χειρισμός αξιοποιήθηκε ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ του κώδικα και της γραφικής αναπαράστασης και επέτρεψε στους μαθητές να μεταφέρουν και να εκφράζουν ιδέες μεταξύ των δυο αναπαραστατικών συστημάτων.

Το τρίτο σχήμα χρήσης αφορά μια, όχι συνηθισμένη, αξιοποίηση του δυναμικού χειρισμού που προέκυψε στη τρίτη εφαρμογή στο πλαίσιο που διαμορφώθηκε από το παιχνίδι μίμησης. Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές αξιοποίησαν τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού ως ένα βασικό μέσο επικοινωνίας μεταξύ των συμμαχικών ομάδων. Στο πλαίσιο αυτό, εφάρμοσαν συγκεκριμένες στρατηγικές σχεδιασμού στις διασκευές με τις οποίες μετέφεραν, μέσω του δυναμικού τους χειρισμού, «μηνύματα» στους συμπαίκτες τους για το ζητούμενο άθλημα. Για παράδειγμα προγραμματίζαν μια δυναμική σχέση μεταξύ δύο τμημάτων του μοντέλου η οποία αποτυπωνόταν σε συγκεκριμένη κίνηση του ανθρώπου όταν κινούταν ένας συγκεκριμένος ολισθητής. Η ομάδα που έπρεπε να βρει το ‘κρυμμένο’ άθλημα χρησιμοποιούσε τους ολισθητές ως χειριστήρια των σχέσεων που είχαν κωδικοποιήσει οι συμμαθητές τους με στόχο να καταλάβουν το ‘μήνυμα’ που τους μεταφέρουν μέσω της δυναμικής αναπαράστασης. Ο δυναμικός χειρισμός δηλαδή αξιοποιούνταν ως εργαλείο διαμεσολάβησης και επικοινωνίας ιδεών μεταξύ των παικτών του παιχνιδιού.

Το συγκεκριμένο σχήμα χρήσης, έχει νόημα και εφαρμογή μόνο στο δεδομένο πλαίσιο που θέτει το παιχνίδι μίμησης. Πρόκειται δηλαδή για μια νέα χρήση του δυναμικού χειρισμού που προέκυψε από τους μαθητές ως λύση σε μια συγκεκριμένη κατάσταση. Οι Hoyles & Noss (2003) έχουν υποστηρίξει πως οι λειτουργικότητες ενός υπολογιστικού περιβάλλοντος μπορεί να επηρεάζουν τη μαθησιακή δραστηριότητα του μαθητή, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζονται και από αυτήν/ον καθώς η γνώση του και η αντίληψή του για την αξιοποίηση των τεχνολογικών λειτουργικοτήτων του περιβάλλοντος εξελίσσονται. Έτσι και σε αυτή τη περίπτωση, οι μαθητές δημιούργησαν ένα νέο σχήμα χρήσης της δυνατότητας δυναμικού χειρισμού για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες που προέκυψαν κατά την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον.

Όσον αφορά τη δυνατότητα αλλαγής προοπτικής θέασης στον τρισδιάστατο χώρο του περιβάλλοντος, εξετάστηκε αν και με ποιον τρόπο η θέαση ενός τρισδιάστατου δυναμικού αντικειμένου μέσω πολλαπλών προοπτικών επηρεάζει τη διαδικασία δημιουργίας νοημάτων σχετικά με τον αλγόριθμο που το κατασκευάζει. Όπως φάνηκε στην ανάλυση που προηγήθηκε, προέκυψαν τρία σχήματα χρήσης από τους μαθητές, τα οποία σχετίζονται με τη διερεύνηση και τη νοηματοδότηση εννοιών και πρακτικών υπολογιστικής σκέψης: α) ως εργαλείο αντίληψης και προσδιορισμού των ιδιοτήτων των αντικειμένων στη σκηνή β) ως εργαλείο οπτικού ελέγχου και

αποσφαλμάτωσης της κατασκευής και γ) ως χειριστήριο του παιχνιδιού μίμησης. Η πρώτη περίπτωση αφορά την αλλαγή της γωνίας θέασης με στόχο την παρατήρηση, την ανάλυση ή τη σύγκριση των αντικειμένων στην τρισδιάστατη σκηνή. Αυτή η χρήση επέτρεψε στους μαθητές να προσδιορίσουν και να αντιληφθούν χωρικών, μαθηματικών ή υπολογιστικών ιδιοτήτων και σχέσεων των αντικειμένων. Ακόμη συνέβαλε στην εφαρμογή της πρακτικής της αποδόμησης, μέσα από την οπτική αποδόμηση του μοντέλου σε διαφορετικά τμήματα, καθώς και στην οπτικοποίηση της ροής εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου.

Το δεύτερο σχήμα αφορά την αξιοποίηση της δυνατότητας αλλαγής θέασης για τον έλεγχο και τον εντοπισμό σφαλμάτων στον αλγόριθμο με οπτικό τρόπο. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές χρησιμοποιώντας την περισκοπική κάμερα βελτίωναν την οπτική του αντικειμένου στον τρισδιάστατο χώρο ώστε να μπορέσουν να το εξετάσουν για πιθανά σφάλματα που δεν ήταν ορατά από την αρχική γωνία θέασης. Εδώ η αλλαγή θέασης ενίσχυε τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης του αλγόριθμου και εφαρμοζόταν συνήθως συνδυαστικά με τον δυναμικό χειρισμό του αντικειμένου ώστε ελεγχθεί το αποτέλεσμα εξόδου για διαφορετικές τιμές εισόδου. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο που προέκυψε, ήταν πως η αλλαγή γωνίας θέασης με στόχο την αποσφαλμάτωση της κατασκευής δεν περιορίστηκε μόνο στα τρισδιάστατα δομήματα αλλά αξιοποιήθηκε εκτενώς και σε δισδιάστατες κατασκευές. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως η λειτουργικότητα αλλαγής προοπτικής θέασης σε ένα προγραμματιζόμενο περιβάλλον μπορεί να ενισχύσει υπολογιστικές πρακτικές, όπως η αποσφαλμάτωση και η αποδόμηση του αλγόριθμου, ανεξάρτητα από το είδος των κατασκευών.

Το τρίτο σχήμα προέκυψε και εδώ από τις ανάγκες που δημιουργήσε το παιχνίδι μίμησης και εντοπίστηκε μόνο στην τρίτη εφαρμογή της έρευνας. Η χρήση αυτή αφορά την αλλαγή της θέασης του ανθρώπινου μοντέλου στον χώρο με στόχο την προσομοίωση χαρακτηριστικών του αθλήματος στον τρισδιάστατο χώρο. Σε αυτό το σχήμα χρήσης εντάσσονται δύο περιπτώσεις. Η μια περίπτωση ήταν η χρήση από την ομάδα διασκευής για ευκρινέστερη αναπαράσταση στοιχείων του αθλήματος στον χώρο. Οι μαθητές συχνά διασκεύαζαν τον προσανατολισμό συγκεκριμένων τμημάτων του μοντέλου (π.χ. το ένα πόδι ή το ένα χέρι) χρησιμοποιούσαν στον κώδικά τους εντολές στροφής στον χώρο (πάνω, κάτω, περιστροφήΑριστερά, περιστροφήΔεξιά), με στόχο να αποτυπώσουν καλύτερα μια χαρακτηριστική κίνηση του αθλήματος στους συμμαθητές τους. Η δεύτερη περίπτωση ήταν όταν η ομάδα που έψαχνε το ζητούμενο άθλημα χρησιμοποιούσε την αλλαγή θέασης για να διερευνήσει την αναπαράσταση από πολλαπλές οπτικές γωνίες. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές αλλάζοντας την γωνία και την προοπτική θέασης προσπαθούσαν να εντοπίσουν τα μοτίβα και τις σχέσεις που είχαν αποτυπώσει οι συμμαθητές τους στην κατασκευή και να τα ερμηνεύσουν στα πλαίσια ενός αθλήματος.

Μια διαφορά μεταξύ των τριών περιπτώσεων χρήσης που αξίζει να σημειωθεί, είναι ότι ενώ στις δύο πρώτες περιπτώσεις οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την αλλαγή γωνίας θέασης πριν ή μετά τον

προγραμματισμό της κατασκευής, στην τρίτη περίπτωση άλλαξαν τη γωνία θέασης παράλληλα με τη διασκευή του προγράμματος. Η διαφορά αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι, στο πλαίσιο του παιχνιδιού, οι μαθητές είχαν συνεχώς στο μυαλό τους τη διερεύνηση του μοντέλου από την συμμαχική ομάδα και έτσι επιδίωκαν το καλύτερο και ορθότερο αποτέλεσμα αξιοποιώντας τις δυνατότητες του τρισδιάστατου χώρου. Αντίθετα στις προηγούμενες εφαρμογές οι μαθητές προτιμούσαν να κατασκευάσουν το μοντέλο στις δυο διαστάσεις και έκαναν περιορισμένη χρήση της δυνατότητας αλλαγής γωνίας θέασης, όπως φάνηκε και στο γράφημα 2 στην αρχή της ενότητας.

Ο πίνακας 28 συνοψίζει τα σχήματα χρήσης ανά λειτουργικότητα και τις υπολογιστικές πρακτικές που εξέφρασαν ή ανακάλυψαν οι μαθητές κατά την εφαρμογή του κάθε σχήματος.

Πίνακας 28: Σύνοψη των σχημάτων χρήσεις των λειτουργικοτήτων στην πρώτη διδακτική παρέμβαση

Λειτουργικότητα (affordance)	Σχήμα χρήσης	Υπολογιστικές πρακτικές
Δυναμικός χειρισμός	Εργαλείο χειρισμού του μοντέλου	Σύγκριση αποτελέσματος εξόδου – εντοπισμός ομοιοτήτων Γενίκευση ιδιοτήτων
	Εργαλείο ελέγχου και αποσφαλμάτωσης του κώδικα	Αποσφαλμάτωση Έλεγχος πολλαπλών περιπτώσεων εκτέλεσης Ερμηνεία της διαδικασίας ως μαύρο κουτί Ανάλυση ροής προγράμματος
	Χειριστήριο του παιχνιδιού	Κατασκευή μοτίβων Δημιουργία κινούμενης εικόνας– συσχετισμός παραμέτρων εισόδου Γενίκευση περιπτώσεων εκτέλεσης Πρόβλεψη αποτελεσμάτων Χρήση πολλαπλών παραμετρικών διαδικασιών
Αλλαγή γωνίας και προοπτικής θέασης	Εργαλείο αντίληψης και προσδιορισμού ιδιοτήτων αντικειμένων	Αποδόμηση Αναγνώριση μοτίβων Σύγκριση κατασκευών/ προγραμμάτων
	Οπτικός έλεγχος και αποσφαλμάτωση	Αποσφαλμάτωση Ερμηνεία ροής εκτέλεσης

	Χειριστήριο του παιχνιδιού	Ανάλυση μοντελοποίησης Πρόβλεψη αποτελεσμάτων Αναγνώριση μοτίβων
--	----------------------------	--

4.6 Επισκόπηση και σύνθεση αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάστηκαν οι υπολογιστικές στρατηγικές που επινόησαν και εφάρμοσαν οι μαθητές κατά τη διασκευή ενός ψηφιακού μοντέλου ανθρώπου στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης με προγραμματισμό. Όπως φάνηκε στην ενότητα 4.2, η δημιουργία, τροποποίηση και χρήση προγραμματιστικών διαδικασιών υπήρξε κεντρικό στοιχείο της δραστηριότητας των μαθητών. Κατά τον χειρισμό και της διασκευή του ανθρώπινου μοντέλου στο MaLT2, οι μαθητές προσέγγισαν την προγραμματιστική διαδικασία σε τέσσερα διαφορετικά «επίπεδα αφαίρεσης». Ξεκινώντας από το επίπεδο με τη χαμηλότερη αφαίρεση ως προς το νόημα που αποδίδουν στην προγραμματιστική διαδικασία, εντοπίστηκαν και περιγράφηκαν το επίπεδο εντολής, το επίπεδο κώδικα, το επίπεδο δομικού λίθου και τέλος, αυτό με τη μεγαλύτερη αφαίρεση, το επίπεδο προβλήματος. Η σταδιακή αύξηση των συμβάντων που αντιστοιχούν στα 2 τελευταία επίπεδα, αναδεικνύουν την προοδευτική εξέλιξη αντίληψης της πρακτικής της υπολογιστικής αφαίρεσης από τους μαθητές και πως αυτή αναπτύχθηκε σε συνδυασμό με άλλες πρακτικές και έννοιες προγραμματισμού όπως η αποδόμηση σε επιμέρους υποδιαδικασίες, ο αρθρωτός προγραμματισμός και η χρήση παραμετρικών εισόδων, η δημιουργία διεπαφής προγραμματισμού. Ωστόσο, από την κατανομή των κρίσιμων συμβάντων ανά επίπεδο αφαίρεσης φάνηκε πως οι μαθητές δυσκολεύονται να μεταβούν στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης μόνο μέσω του προγραμματισμού διαδικασιών. Η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού που προσέφερε το ψηφιακό περιβάλλον MaLT2 σε συνδυασμό με το παιχνίδι διασκευής, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη μετάβαση από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης.

Η χρήση της αναπαράστασης ενός ανθρώπου για τον προγραμματισμό του παιχνιδιού, φάνηκε ότι βοήθησε τους μαθητές να εντοπίσουν και να εκφράσουν μοτίβα που σχετίζονταν τόσο με τις έννοιες συμμετρίας του ανθρώπινου σώματος όσο και με τις περιοδικές κινήσεις που μπορεί να επαναλαμβάνει. Όπως προέκυψε από την ανάλυση της ενότητας 4.3, οι μαθητές μετέφεραν τα οπτικά μοτίβα που εντόπιζαν στην αναπαράσταση σε προγραμματιστικά μοτίβα στον κώδικα και αντίστροφα. Κατά την διαδικασία αναγνώρισης και γενίκευσης των μοτίβων εξέφρασαν νοήματα για υπολογιστικές και μαθηματικές έννοιες όπως η επανάληψη, η μεταβλητή, η συμμετρία και η περιοδικότητα.

Παράλληλα, όπως φάνηκε στην ενότητα 4.4, η ένταξη των δραστηριοτήτων στο πλαίσιο που διαμορφώθηκε από το παιχνίδι μίμησης είχε καταλυτικό ρόλο ανάπτυξη των υπολογιστικών

στρατηγικών των μαθητών. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, οι μαθητές επινόησαν τακτικές για να βελτιωθούν και να νικήσουν, στις οποίες εφάρμοζαν και συνδύαζαν υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές. Οι κανόνες του παιχνιδιού μίμησης πρόσθεσαν έναν ακόμη ρόλο στον προγραμματισμό, αυτό του βασικού εργαλείου επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών δυο συμμαχικών ομάδων. Έτσι, οι μαθητές εφάρμοζαν υπολογιστικές πρακτικές όπως η αφαίρεση των σημαντικότερων στοιχείων του αθλήματος, η κατασκευή μοτίβων και ο επαναληπτικός έλεγχος της ορθότητας της κατασκευής, για να μπορέσουν να αποτυπώσουν και να μεταφέρουν τα σωστά μηνύματα στους συμπαίκτες τους. Παράλληλα εφάρμοσαν την τακτική της προοδευτικής βελτίωσης και αναθεώρησης του αλγόριθμού τους ώστε να μειώσουν τον χρόνο κάθε σε κάθε γύρο διασκευής. Επιπλέον, η χρήση της ψηφιακής αναπαράστασης του ανθρώπου στο παιχνίδι, οδήγησε τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το σώμα τους, ή το ξύλινο μοντέλο, ως γέφυρα μεταξύ της διαισθητικής τους γνώσης και της υπολογιστικής γνώσης. Όπως φάνηκε από την ανάλυση, στη διάρκεια του παιχνιδιού η νοηματοδότηση των υπολογιστικών εννοιών ήταν, όπως και στην κλασσική γεωμετρία της χελώνας του Papert (1991), συντονισμένη με το σώμα (body syntonic) και συντονισμένη με το εγώ (ego syntonic). Επιπλέον, η νέα γνώση ήταν συντονισμένη και εγκαθιδρυμένη στο δομημένο πλαίσιο που ορίζεται από το παιχνίδι (game syntonic) προσθέτοντας μια νέα διάσταση στη μαθησιακή δραστηριότητα.

Καθοριστικό ρόλο στην επινόηση υπολογιστικών στρατηγικών είχαν οι ενσωματωμένες διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος MaLT2, δηλαδή ο διαδικαστικός προγραμματισμός, ο δυναμικός χειρισμός των κατασκευών και η δυναμική αλλαγή της γωνίας θέασης του τρισδιάστατου χώρου. Ο μεταβολέας χειρισμού των παραμέτρων, λειτούργησε ως εργαλείο διαμεσολάβησης τόσο μεταξύ της διαισθητικής γνώσης των μαθητών και της οπτικής μοντελοποίησης όσο και μεταξύ του προγραμματιστικής-φορμαλιστικής αναπαράστασης και του γραφικού αποτελέσματος. Επιπλέον, στην τρίτη φάση της έρευνας είχε τον ρόλο του εργαλείου επικοινωνίας μεταξύ των δυο συμμαχικών ομάδων στο παιχνίδι, καθώς μέσα από τις κινήσεις και μεταβολές του μοντέλου η ομάδα σχεδιασμού μετέφερε μηνύματα και πληροφορίες στην ομάδα που έβρισκε το άθλημα. Ο δυναμικός χειρισμός φαίνεται πως ενίσχυσε σημαντικά τις στρατηγικές προγραμματιστικής αφαίρεσης των μαθητών καθώς τους επέτρεψε να διερευνήσουν και να πειραματιστούν με το αποτέλεσμα πολλαπλών εμοφλευμένων παραμετρικών διαδικασιών αλλά και να υλοποιήσουν σύνθετες πρακτικές αφαίρεσης όπως η δημιουργία στρώσεων διεπαφής χρήστη. Η δυνατότητα αλλαγής γωνίας θέασης συνέβαλε και αυτή στην εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών όπως αποδόμηση του μοντέλου τόσο οπτικά όσο και στον κώδικα. Ο συνδυασμός της αλλαγής θέασης με τον δυναμικό χειρισμό βοήθησε τους μαθητές να εντοπίσουν και να διορθώσουν σφάλματα στον αλγόριθμό τους αλλά και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα διαφορετικών διαδικασιών αναγνωρίζοντας ομοιότητες και διαφορές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΚΕΥΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ CHOICO

5.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, κάθε ομάδα μαθητριών κατασκεύασε 2 διασκευές του μισοψημένου παιχνιδιού CT Chef. Ο πίνακας 29 συνοψίζει τις διασκευές των μαθητριών και τις τροποποιήσεις που υλοποίησαν για την κάθε μια. Η πρώτη ομάδα διασκευών υλοποιήθηκε από τις μαθήτριες στις 3 πρώτες συναντήσεις και είναι μια ελαφρώς διαφορετική έκδοση του αρχικού παιχνιδιού. Σε αυτές τις διασκευές οι μαθήτριες τροποποίησαν συγκεκριμένα και εστιασμένα στοιχεία της δομής του παιχνιδιού, στοχεύοντας στη διόρθωση των ενσωματωμένων σφαλμάτων και στη βελτίωση της ροής του παιχνιδιού. Η δεύτερη ομάδα διασκευών υλοποιήθηκε στις 4 επόμενες συναντήσεις ως επέκταση της πρώτης και διαφοροποιείται σε πολλά σημεία από το αρχικό παιχνίδι. Οι μαθήτριες στις δεύτερες διασκευές πραγματοποίησαν πιο πολύπλοκες και πιο γενικευμένες τροποποιήσεις συγκριτικά με τις πρώτες. Όλες οι διασκευές διατηρούσαν την αρχική ιδέα παιχνιδιού, δηλαδή ότι ο παίκτης πρέπει να κάνει όσο το δυνατόν περισσότερες επιλογές χωρίς κάποια από τις παραμέτρους του παιχνιδιού να ξεπεράσει συγκεκριμένα ανώτατα ή κατώτατα όρια.

Πίνακας 29: Οι διασκευές των μαθητών στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Όνομα διασκευής / ομάδα	Σύντομη περιγραφή	Διασκευασμένα στοιχεία
CT Chef New (ομάδα 1)	Διορθωμένη έκδοση του αρχικού παιχνιδιού.	Τιμές επιπτώσεων, σημεία επιλογών, συνθήκες κανόνων τερματισμού
CT Chef 2 (ομάδα 2)	Διορθωμένη έκδοση του αρχικού παιχνιδιού.	Τιμές επιπτώσεων, σημεία επιλογών, συνθήκες κανόνων τερματισμού
The best chef (ομάδα 3)	Διορθωμένη έκδοση του αρχικού παιχνιδιού.	Τιμές επιπτώσεων, συνθήκες κανόνων τερματισμού

CT Traveler (ομάδα 1)	Είσαι κριτικός φαγητού που ταξιδεύεις στην Ευρώπη για να δοκιμάσεις διαφορετικά φαγητά και να δεις αξιοθέατα. Πόσα περισσότερα φαγητά θα καταφέρεις να δοκιμάσεις χωρίς να χάσεις; <u>Πεδία</u> : Διάθεση, Υγεία, Κούραση, Φαγητό, Χρήματα	Παράμετροι, γραφικά, περιοχές παιχνιδιού, κατηγορίες επιλογών, μοτίβα επιπτώσεων, κανόνες τερματισμού και ροής,
CT Cine (ομάδα 2)	Μόλις άνοιξες το δικό σου σινεμά. Τώρα πρέπει να αποκτήσεις πολλούς πελάτες προβάλλοντας όσο το δυνατόν καλύτερες ταινίες που ευχαριστούν τους θεατές. <u>Πεδία</u> : Χρήματα, Πελάτες_Τη_Μέρα, Ποιότητα_Σινεμά, Entertainment	Παράμετροι, γραφικά, περιοχές παιχνιδιού, κατηγορίες επιλογών, μοτίβα επιπτώσεων, κανόνες τερματισμού και ροής
CT life (ομάδα 3)	Μόλις μετακόμισες σε μια νέα πόλη. Περιηγήσου στις εγκαταστάσεις, κάνε φίλους, αγόρασε και μάζεψε χρήματα από την δουλειά σου. <u>Πεδία</u> : Διάθεση, Ενέργεια, Κοινωνικοποίηση, Χρήματα	Παράμετροι, γραφικά, περιοχές παιχνιδιού, κατηγορίες επιλογών, μοτίβα επιπτώσεων, κανόνες τερματισμού και ροής

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό δεν εξετάζουν το τελικό αποτέλεσμα των διασκευών των μαθητριών, αλλά εστιάζουν στη μαθησιακή δραστηριότητα γύρω από έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης κατά τη διαδικασία διερεύνησης και διασκευής του παιχνιδιού. Ειδικότερα στην ανάλυση των αποτελεσμάτων που ακολουθεί η ερευνήτρια εξετάζει τις υπολογιστικές στρατηγικές που εξέφρασαν οι μαθήτριες, τον σκοπό για τον οποίο της εφάρμοσαν σε κάθε περίπτωση, καθώς και τις έννοιες και πρακτικές προγραμματισμού που περιλαμβάνει η κάθε στρατηγική. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 1.1. η ερευνήτρια θεωρεί ως «υπολογιστική στρατηγική» το σύνολο των νοητικών διαδικασιών, των μεθόδων και των νοημάτων που επινοούν και εφαρμόζουν οι μαθητές για να διαχειριστούν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα με υπολογιστικό τρόπο. Παράλληλα μελετάται ο ρόλος του πλαισίου του μισοψημένου παιχνιδιού CT Chef και των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του ψηφιακού περιβάλλοντος ChoiCo στη δημιουργία και την ανάπτυξη αυτών των στρατηγικών.

Τα θέματα που προέκυψαν μέσα από την ανάλυση των δεδομένων και με βάση τα οποία δομείται το παρόν κεφάλαιο είναι τα παρακάτω:

1. Στρατηγικές αφαίρεσης και νοηματοδότησης των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης μέσα από την ανάλυση του συστήματος σε επίπεδα

Η «σκέψη σε επίπεδα», δηλαδή η ικανότητα προσέγγισης και περιγραφής ενός πολύπλοκου συστήματος μέσα από επιμέρους διασυνδεδεμένα επίπεδα, θεωρείται από τους ερευνητές σημαντική δεξιότητα για τη διαχείριση και την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Wilensky & Resnick, 1999; Weintrop κ.ά 2015; Sharona & Wilensky, 2008). Ωστόσο μέχρι σήμερα δεν έχουν μελετηθεί οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα επίπεδα ενός συστήματος παιχνιδιού και οι υπολογιστικές έννοιες που μπορεί να νοηματοδοτήσουν μέσα από τη «σκέψη σε επίπεδα». Κατά την ανάλυση των δεδομένων η ερευνήτρια εντόπισε τρία επίπεδα στα οποία οι μαθήτριες προσέγγισαν το σύστημα επιλογών-επιπτώσεων του παιχνιδιού «CT Chef»: το μικρο-επίπεδο, το μέσο-επίπεδο και το μακρο-επίπεδο. Στην ενότητα 5.2. αναπτύσσονται οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθήτριες νοηματοδότησαν τις έννοιες του υπολογιστικού αντικειμένου και της κλάσης σε κάθε ένα από τα τρία επίπεδα ανάλυσης.

2. Στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στα δεδομένα του παιχνιδιού

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η αναγνώριση μοτίβων είναι μια θεμελιώδης δεξιότητα υπολογιστικής σκέψης καθώς αποτελεί το πρώτο βήμα για τη γενίκευση και την αφαίρεση (Herman & Muller, 2008; Herman, 2004). Ειδικότερα, η αποτελεσματική διαχείριση υπολογιστικών δεδομένων και ο εντοπισμός μοτίβων σε αυτά θεωρούνται σημαντικές πρακτικές τόσο για τις σύγχρονες εφαρμογές πληροφορικής όσο και για τη διαμόρφωση ενός υπολογιστικού τρόπου σκέψης για τον 21^ο αιώνα. Ωστόσο, έως σήμερα, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές αναγνωρίζουν και εφαρμόζουν μοτίβα κατά τη διαχείριση των δεδομένων ενός υπολογιστικού συστήματος. Από την ανάλυση των δεδομένων της διδακτικής παρέμβασης φάνηκε ότι οι μαθήτριες εξέφρασαν δυο στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων καθώς έπαιζαν και διασκεύαζαν το παιχνίδι «CT Chef». Η πρώτη, η οποία αναπτύσσεται στην παράγραφο 5.3.1. αφορά την αναγνώριση και χρήση μοτίβων ως τακτική του παιχνιδιού. Η δεύτερη, η οποία αναπτύσσεται στην παράγραφο 5.3.2. αφορά την αναγνώριση και χρήση μοτίβων απευθείας στα αριθμητικά δεδομένα που απεικονίζονται στη βάση δεδομένων του περιβάλλοντος.

3. Στρατηγικές νοηματοδότησης και συσχετισμού αλγοριθμικών εννοιών με τη ροή του παιχνιδιού

Όπως φάνηκε και στα αποτελέσματα του κεφαλαίου 4, το πλαίσιο του παιχνιδιού, δηλαδή οι κανόνες του, τα αντικείμενα, οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης του παίκτη, η ιστορία και το θέμα του, ενδέχεται να επηρεάσουν τη μαθησιακή διαδικασία των μαθητών που το παίζουν και το διασκεύαζουν. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και από την ανάλυση των δεδομένων της δεύτερης παρέμβασης από την οποία φάνηκε πως το πλαίσιο του παιχνιδιού διαμόρφωσε σε

μεγάλο βαθμό τις στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητριών. Στην ενότητα 5.4 μελετάται πως οι κανόνες του παιχνιδιού CT Chef και η ισορροπία των επιπτώσεων και των επιλογών επηρέασαν τη νοηματοδότηση αλγοριθμικών εννοιών από τις μαθήτριες. Ειδικότερα στην ενότητα 5.4.1 παρουσιάζονται οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθήτριες προσέγγισαν τους κανόνες του παιχνιδιού και τα νοήματα που εξέφρασαν για την έννοια της δομής επιλογής μέσα από κάθε προσέγγιση. Στην ενότητα 5.4.2 αναπτύσσονται οι στρατηγικές που κατασκεύασαν οι μαθήτριες για την επίτευξη της «ισορροπίας του παιχνιδιού», δηλαδή της εξισορρόπησης της δυσκολίας, της διασκέδασης και της ενεργούς εμπλοκής του παίκτη. Παράλληλα εξετάζονται τα νοήματα που εξέφρασαν για την έννοια της μεταβλητής μέσα από τις στρατηγικές αυτές.

4. Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του λογισμικού ChoiCo στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών

Όπως φάνηκε και από την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο κεφάλαιο 4, οι ενσωματωμένες λειτουργικότητες ενός ψηφιακού περιβάλλοντος μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία. Αντίστοιχα και στη διδακτική παρέμβαση που μελετάται σε αυτό το κεφάλαιο, οι πολλαπλές διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις που προσφέρονται μέσα από τις τρεις λειτουργικότητες του περιβάλλοντος ChoiCo, δηλαδή το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής, τη διαδραστική βάση δεδομένων και τον οπτικό προγραμματισμό, συνέβαλαν στην κατασκευή και στην εξέλιξη των υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητριών. Στην ενότητα 5.5 εξετάζεται πως τα σχήματα χρήσης κάθε ενσωματωμένης λειτουργικότητας συνέβαλαν στην ανάπτυξη στρατηγικών αλλά και ορισμένες δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθήτριες κατά τη χρήση τους. Ειδικότερα, οι μαθήτριες αξιοποίησαν το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής και τις δυνατότητες που προσφέρει με δυο τρόπους που επηρέασαν τη μαθησιακή δραστηριότητα α) ως εργαλείο χειρισμού του παιχνιδιού και αλληλεπίδρασης του παίκτη και β) ως εργαλείο αναπαράστασης και οπτικής οργάνωσης των δεδομένων. Αντίστοιχα, εντοπίστηκαν τρία σχήματα χρήσης της διαδραστικής βάσης δεδομένων από τις μαθήτριες: α) ως εργαλείο τροποποίησης και εισαγωγής δεδομένων παιχνιδιού, β) ως εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού αριθμητικών δεδομένων και γ) ως εργαλείο πρόβλεψης της τιμής των μεταβλητών και του αποτελέσματος του αλγόριθμου για διαφορετικά σενάρια παιχνιδιού.

Στις ενότητες που ακολουθούν αναπτύσσονται τα παραπάνω ζητήματα μέσα από την παρουσίαση και την ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων. Η ερευνήτρια επέλεξε τα κρίσιμα συμβάντα με κριτήρια α) την ανάδειξη του εκάστοτε ζητήματος αλλά και β) την εκπροσώπηση όλων των ομάδων και των φάσεων εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης. Στα κρίσιμα συμβάντα χρησιμοποιούνται κωδικοί μαθητριών που έχουν αντιστοιχηθεί στις μαθήτριες της κάθε ομάδας όπως συνοψίζονται στον πίνακα 30. Αντίστοιχα χρησιμοποιούνται κωδικοί για την ερευνήτρια και για τον καθηγητή μαθηματικών που συμμετείχε στην έρευνα.

Πίνακας 30: Κωδικοί μαθητών που χρησιμοποιούνται στα κρίσιμα συμβάντα του κεφαλαίου 4

Κωδικός στα κρίσιμα συμβάντα	Αντιστοίχιση
M1	Μαθήτρια ομάδας 1
M2	Μαθήτρια ομάδας 1
M3	Μαθήτρια ομάδας 2
M4	Μαθήτρια ομάδας 2
M5	Μαθήτρια ομάδας 3
M6	Μαθήτρια ομάδας 3
M7	Μαθήτρια ομάδας 3
E	Ερευνήτρια
K	Καθηγητής Μαθηματικών

5.2 Στρατηγικές αφαίρεσης και νοηματοδότησης των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης μέσα από την ανάλυση του συστήματος σε επίπεδα

Η ανάλυση και η διαχείριση ενός σύνθετου συστήματος θεωρείται από αρκετούς ερευνητές ότι περικλείει σημαντικές πρακτικές υπολογιστικής σκέψης (Duschl and Bismack 2013, Weintrop et al 2015). Οι Wilensky και Resnick (1999) στις πρώτες μελέτες τους με υπολογιστικά συστήματα προσομοίωσης, χρησιμοποιούν την έννοια των «επιπέδων» για να περιγράψουν τα πολλαπλά επίπεδα ενός συστήματος, τα οποία έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: α) τα στοιχεία ενός χαμηλότερου επιπέδου εμπεριέχονται σε αυτά ενός υψηλότερου επιπέδου και β) ένα υψηλότερο επίπεδο διαμορφώνεται κάθε φορά από τις αλληλεπιδράσεις και τις σχέσεις των στοιχείων των χαμηλότερων επιπέδων. Σύμφωνα με την προσέγγιση των Wilensky και Resnick, ένα σύστημα μπορεί να μελετηθεί από διαφορετικές προοπτικές και επίπεδα που ξεκινούν από το μικρο-επίπεδο το οποίο εξετάζει τα μικρότερα στοιχεία του συστήματος ως μεμονωμένα αντικείμενα και

καταλήγουν στο μακρο-επίπεδο το οποίο εξετάζει το σύστημα ως μια ολότητα. Μια μικρή μεταβολή στα στοιχεία ενός χαμηλότερου επιπέδου μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αναδυόμενα μοτίβα σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Η «σκέψη σε επίπεδα», όπως την αναφέρουν, έγκειται στην αναγνώριση και τη διαχείριση των επιπέδων αυτών και των μεταξύ τους σχέσεων και συμπεριφορών.

Βασισμένοι στην προσέγγιση αυτή, οι Weintrop κ.ά (2015), υποστηρίζουν πως η διαχείριση ενός συστήματος σε επίπεδα περικλείει σημαντικές πρακτικές υπολογιστικές σκέψης όπως η αναγνώριση μοτίβων, η αποδόμηση και η αφαίρεση, και ταυτόχρονα αποτελεί και η ίδια μια πρακτική υπολογιστικής σκέψης. Όπως ισχυρίζονται, οι μαθητές που έχουν κατακτήσει την πρακτική της «σκέψης σε επίπεδα» μπορούν να αναγνωρίσουν τα διαφορετικά επίπεδα σε ένα σύστημα, να προσδιορίσουν τη συμπεριφορά σε κάθε ένα σε σχέση με το σύστημα συνολικά και να μετακινούνται αποτελεσματικά μεταξύ επιπέδων αποδίδοντας χαρακτηριστικά του συστήματος στο κατάλληλο επίπεδο.

Η ανάλυση ενός συστήματος σε μικρό και μακρό επίπεδα θυμίζει σε αρκετά σημεία την εφαρμογή της πρακτικής της αφαίρεσης (βλ. παρ. 2.5.2.2 και παρ. 4.2.1) και τη δημιουργία επιπέδων αφαίρεσης τα οποία ξεκινούν από μια συγκεκριμένη αναπαράσταση, στο χαμηλότερο επίπεδο, και καταλήγουν σε ένα γενικευμένο πρόβλημα στο υψηλότερο επίπεδο (Hazzan, 2008; Perrenet et al., 2005, Armoni 2003). Και οι δυο προσεγγίσεις αναλύουν ένα πολύπλοκο υπολογιστικό σύστημα σε επιμέρους επίπεδα που υλοποιούν συγκεκριμένες λειτουργικότητες και διέπονται από συγκεκριμένους εσωτερικούς και εξωτερικούς κανόνες. Τα υψηλότερα επίπεδα συμπεριλαμβάνουν τα χαμηλότερα και είναι πάντα πιο αφηρημένα από αυτά. Έτσι η κατασκευή και η διαχείριση του υψηλότερου επιπέδου περιλαμβάνουν και το χαμηλότερο χωρίς όμως να απαιτούν πλήρη γνώση των λειτουργιών που αυτό υλοποιεί. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι η «σκέψη σε επίπεδα συστήματος» εστιάζει στην έννοια των αντικειμένων, ή των οντοτήτων, που περιλαμβάνει κάθε επίπεδο και των μεταξύ τους σχέσεων, αντί για την έννοια του προγράμματος ή της αλγεβρικής αναπαράστασης που εξετάζουν άλλοι ερευνητές στην ανάλυση των επιπέδων αφαίρεσης (Wilensky & Resnick, 1999). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι μια αντικειμενοστραφής περίπτωση επιπέδων αφαίρεσης, αντί για τη διαδικασιακή προσέγγιση που αναπτύχθηκε στην ενότητα 4.2.1.

Το παιχνίδι «CT Chef» της παρούσας έρευνας, αντίστοιχα με τα μοντέλα προσομοίωσης των Wilensky και Papert (1999), μπορεί να περιγράψει και να προσεγγιστεί ως ένα πολυεπίπεδο σύστημα επιλογών και επιπτώσεων. Κάθε σημείο-επιλογή είναι ένα μεμονωμένο αντικείμενο με τις δικές του επιπτώσεις (μικρο-επίπεδο) αλλά ταυτόχρονα είναι και τμήμα ενός συνόλου επιλογών οι οποίες διαμορφώνουν την τελική εμπειρία παιχνιδιού (μάκρο-επίπεδο). Έτσι η τρέχουσα κατάσταση του παιχνιδιού, δηλαδή οι τιμές των πεδίων, διαμορφώνεται κάθε φορά από τις ιδιότητες, τις συμπεριφορές και τις διασυνδέσεις των στοιχείων που ανήκουν σε χαμηλότερα

επίπεδα, δηλαδή από τα σημεία και τις επιπτώσεις τους καθώς και από τις επιλογές του παίκτη. Έτσι, μια μικρή αλλαγή στις ιδιότητες ενός μόνο σημείου (για παράδειγμα η αλλαγή μιας επίπτωσης από -2 σε -1000) ενδέχεται να επιφέρει μια σημαντική αλλαγή στη συνολική εμπειρία παιχνιδιού.

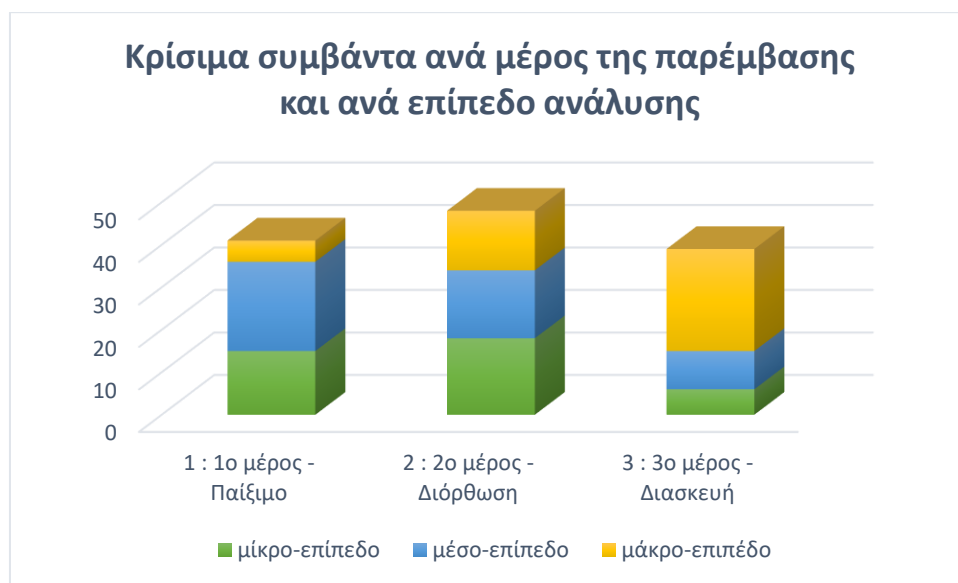
Η ερευνήτρια βασίστηκε στην προσέγγιση της «σκέψης σε επίπεδα» για να μελετήσει τις στρατηγικές αφαίρεσης των μαθητών για τη νοηματοδότηση και χρήση των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης στο παιχνίδι. Μια κλάση, στην επιστήμη των υπολογιστών, θεωρείται ένα πρότυπο που περιγράφει ένα σύνολο από ιδιότητες και διαδικασίες, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πολλών αντικειμένων του ίδιου τύπου (Brookshear, 2007). Κάθε αντικείμενο θεωρείται ένα στιγμιότυπο (instance) της κλάσης από την οποία κατασκευάστηκε. Οι έννοιες της κλάσης και των αντικειμένων αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις δημιουργίας και εφαρμογής υπολογιστικών αφαιρέσεων (Brookshear, 2007; Wing 2009;). Ωστόσο είναι ταυτόχρονα αρκετά αφηρημένες έννοιες που οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν με τα παραδοσιακά μέσα προγραμματισμού.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων η ερευνήτρια εντόπισε τρία επίπεδα στα οποία οι μαθήτριες προσέγγισαν το σύστημα επιλογών-επιπτώσεων του παιχνιδιού «CT Chef». Σε κάθε επίπεδο αναγνώρισε μια διαφορετική στρατηγική αφαίρεσης των μαθητών όσον αφορά τη νοηματοδότηση της έννοιας του αντικειμένου ή της κλάσης μέσα από τα σημεία-επιλογές του παιχνιδιού. Συνοπτικά τα τρία αυτά επίπεδα είναι:

- ο Το **μίκρο-επίπεδο**. Προσέγγιση κάθε σημείου του παιχνιδιού ως ανεξάρτητο αντικείμενο με τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά. Ερμηνεία του «αντικειμένου» ως μια μεμονωμένη περίπτωση χωρίς σύνδεση με την έννοια της κλάσης ή με άλλα αντικείμενα. Πρόκειται για το επίπεδο με τη χαμηλότερη αφαίρεση καθώς οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται το ρόλο του κάθε αντικειμένου στο σύνολο του συστήματος και την επίδραση που ενδεχομένως να έχει η τροποποίηση του στο τελικό αποτέλεσμα του παιχνιδιού.
- ο Το **μέσο-επίπεδο**. Αποτελεί ένα ενδιάμεσο επίπεδο ανάλυσης στο οποίο οι μαθητές εντοπίζουν σύνολα (ή και υποσύνολα) αντικειμένων με κοινά χαρακτηριστικά τα οποία ομαδοποιούν σε γενικευμένες κατηγορίες. Στο μέσο-επίπεδο, οι μαθήτριες νοηματοδότησαν το αντικείμενο ως ένα στιγμιότυπο που κατασκευάζεται από ένα αφηρημένο πρότυπο. Αντίστοιχα, νοηματοδότησαν την έννοια της κλάσης ως το πρότυπο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία αντικειμένων.
- ο Το **μάκρο-επίπεδο**. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές αντιλαμβάνονταν το παιχνίδι ως υπολογιστικό σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους κλάσεις και αντικείμενα αυτών. Οι διαφορετικές κλάσεις διέπονται τόσο από μεταξύ τους κανόνες και σχέσεις όσο και από

εσωτερικούς κανόνες που αποτυπώνονται στα αντικείμενά τους. Στην περίπτωση αυτή, προσεγγίζουν το παιχνίδι ως ενιαίο σύστημα όπου όλα τα επιμέρους στοιχεία του μικρο-επίπεδου συνδέονται και αποκτούν νόημα. Πρόκειται για το επίπεδο που απαιτεί την υψηλότερη ικανότητα αφαίρεσης καθώς προσεγγίζει το ίδιο το σύστημα του παιχνιδιού ως ένα αντικείμενο που αποτελείται με τη σειρά του από επιμέρους επίπεδα και σχέσεις.

Στο γράφημα 3 συνοψίζονται τα κρίσιμα συμβάντα που εντόπισε η ερευνήτρια για κάθε επίπεδο ανάλυσης των μαθητριών και η κατανομή τους στα τρία μέρη της διδακτικής παρέμβασης, δηλαδή στο παίξιμο, τη διόρθωση και τη διασκευή του παιχνιδιού αντίστοιχα. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, ενώ υπάρχει περίπου ισόποση κατανομή του αριθμού κρίσιμων συμβάντων και στις τρεις φάσεις, διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς το επίπεδο ανάλυσης του συστήματος που αφορούν. Κατά το πρώτο μέρος που αφορά το παίξιμο του παιχνιδιού οι μαθήτριες προσέγγισαν το σύστημα του παιχνιδιού και τα σημεία-επιλογές κυρίως σε μικρό και μέσο επίπεδο. Στο δεύτερο μέρος, δηλαδή στη διόρθωση του παιχνιδιού παρατηρείται μια αύξηση των συμβάντων που υποδεικνύουν προσέγγιση σε μακρο επίπεδο, ενώ υπάρχει μείωση των συμβάντων μέσο-επιπέδου. Τέλος στο τρίτο μέρος, δηλαδή στη δημιουργία διασκευής παιχνιδιού, υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των κρίσιμων συμβάντων στα οποία οι μαθήτριες ανέλυσαν το σύστημα και τα αντικείμενά του σε μακρο-επίπεδο και σημαντική μείωση των συμβάντων μικρο και μέσο επιπέδου. Φαίνεται δηλαδή πως καθώς προχωρούν οι δραστηριότητες υπάρχει εξέλιξη στην αφαιρετική σκέψη των μαθητριών και στην ικανότητά τους να προσεγγίζουν το παιχνίδι ως ένα ενιαίο σύστημα με επιμέρους σημεία, αντικείμενα και κλάσεις που συνδέονται μεταξύ τους με υπολογιστικές σχέσεις.



Γράφημα 3: Κατανομή κρίσιμων συμβάντων στα 3 μέρη της διδακτικής παρέμβασης

Στις επόμενες παραγράφους η ερευνήτρια επιχειρεί να ορίσει κάθε ένα επίπεδο ανάλυσης του συστήματος του παιχνιδιού και να αναλύσει τις στρατηγικές νοηματοδότησης των μαθητών σε αυτό. Ο πίνακας 31 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους, προσφέροντας στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων ανά ομάδα μαθητριών και ανά εφαρμογή της παρέμβασης.

Πίνακας 31: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 5.2

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Εφαρμογή παρέμβασης
Κρίσιμο Συμβάν 39	1	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 40	2	2 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 41	3	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 42	2	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 43	2	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 44	2	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 45	3	3 ^η εφαρμογή: Διόρθωση του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 46	1	4 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 47	2	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής

5.2.1 Μικρό-επίπεδο: το αντικείμενο ως μοναδική περίπτωση

Ως «μικρό-επίπεδο» η ερευνήτρια χαρακτηρίζει το χαμηλότερο επίπεδο ανάλυσης του συστήματος του παιχνιδιού, στο οποίο κάθε σημείο-επιλογή προσεγγίζεται από τους μαθητές ως μια οντότητα με δικά της χαρακτηριστικά που υπάρχει και δρα ανεξάρτητα από το υπόλοιπο σύστημα. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές νοηματοδοτούν την έννοια του «αντικειμένου» στο χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή ως **μια μοναδική περίπτωση υλοποίησης**. Αντιλαμβάνονται ότι κάθε ένα σημείο-επιλογή έχει ένα σύνολο από ιδιότητες και έναν συγκεκριμένο ρόλο στο παιχνίδι. Ωστόσο δεν αναζητούν πιθανούς συσχετισμούς μεταξύ των σημείων με αποτέλεσμα να μην εντοπίζουν μοτίβα επιπτώσεων που προκύπτουν από των συνδυασμό τους ή γενικευμένους κανόνες και ιδιότητες που μπορεί να περιγράφουν ένα σύνολο επιλογών. Η ανάλυση σε μικρό-επίπεδο μπορεί να θεωρηθεί ένδειξη ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται το παιχνίδι ως ενιαίο υπολογιστικό σύστημα αλλά αντιμετωπίζουν τα επιμέρους στοιχεία του ως ξεχωριστά και ασύνδετα τμήματα. Αυτή είναι μια συχνή δυσκολία των νέων προγραμματιστών, οι οποίοι τείνουν να προγραμματίζουν συγκεκριμένες και εστιασμένες λύσεις που δεν μπορούν να γενικευτούν (Heberman & Muller, 2008).

Η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες που πραγματοποίησαν οι μαθήτριες καθώς έπαιζαν και διασκεύαζαν το παιχνίδι.

Ως παίκτες:

- Πραγματοποίηση επιλογής ενός σημείου χωρίς να λάβουν υπόψιν τις τρέχουσες τιμές των πεδίων παιχνιδιού ή/και τις συνθήκες τερματισμού
- Πραγματοποίηση επιλογής ενός σημείου χωρίς να εξετάσουν άλλες πιθανές επιλογές
- Σύγκριση επιπτώσεων διαφορετικών επιλογών χωρίς όμως να καταλήξουν σε κάποιο γενικό κανόνα για τις επιπτώσεις

Ως σχεδιαστές:

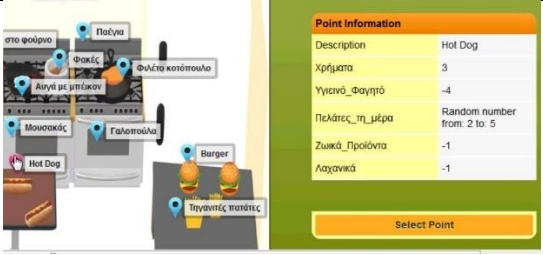
- Τροποποίηση των τιμών των επιπτώσεων ενός σημείου με τυχαία ή προσωπικά/διαισθητικά κριτήρια, χωρίς να λάβουν υπόψιν την επίδραση των αλλαγών αυτών στο παιχνίδι
- Προσθήκη/διαγραφή ενός σημείου, με τυχαία η διαισθητικά κριτήρια, χωρίς να λάβουν υπόψιν τα υπόλοιπα σημεία ή το πως θα διαμορφωθεί η τελική εμπειρία παιχνιδιού μετά την προσθήκη
- Προγραμματισμός ενεργειών για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο (διαχείριση γεγονότος) π.χ. εμφάνιση/απόκρυψη ενός σημείου ή εκτέλεση μιας ενέργειας όταν ο παίκτης επιλέξει το συγκεκριμένο σημείο

Στις ενέργειες μικρό-επιπέδου οι μαθήτριες νοηματοδότησαν έννοιες που σχετίζονται με το συγκεκριμένο στοιχείο που τροποποιούσαν. Η στρατηγική τους όμως ήταν εστιασμένη χωρίς να εμπεριέχει την εφαρμογή πρακτικών υπολογιστικής σκέψης όπως η αφαίρεση και τη αναγνώριση μοτίβων. Όπως φαίνεται και από το γράφημα 3, τα περισσότερα κρίσιμα συμβάντα ανάλυσης μικρό-επιπέδου εντοπίστηκαν στις πρώτες εφαρμογές της παρέμβασης στις οποίες οι μαθήτριες έπαιζαν και στη συνέχεια διόρθωσαν το παιχνίδι.

Μια κοινή στρατηγική μικρό-επιπέδου που ακολούθησαν οι μαθήτριες κατά το παίξιμο του παιχνιδιού ήταν η τυχαία ή διαισθητική επιλογή σημείων με βάση τις επίπτωσής τους, χωρίς να τις εντάσσουν στο παιχνίδι ως σύνολο. Το κρίσιμο συμβάν 39 έλαβε χώρα μια από τις πρώτες προσπαθείς που οι μαθήτριες της ομάδας 1 έπαιζαν το παιχνίδι.

Κρίσιμο Συμβάν 39

1	M1	Λοιπόν βάλε ένα μπέργκερ γιατί είναι το αγαπημένο μου	Επιλέγει το σημείο “Burger” χωρίς να κοιτάξουν τις επιπτώσεις
2	M2	Εντάξει. Και ένα τοστ. Όλα τα εστιατόρια έχουν τοστ. Να βάλουμε και hot dog?	Επιλέγει το σημείο τοστ χωρίς να κοιτάξουν τις επιπτώσεις

3	M1	Για να δούμε τις τιμές του . Χρήματα 3 υγιεινό φαγητό -4, πελάτες 2 με 5 και -1 ζωικά προϊόντα και λαχανικά.	
4	M1	Ας βάλουμε και κάτι πιο υγιεινό καλύτερα . Για δες η χωριάτικη τι τιμές έχει;	
5	M2	Α μια χαρά είναι! Νομίζω μπορούμε να επιλέγουμε όλη την ώρα χωριάτικη και να μη χάσουμε. Είναι το καλύτερο	
6	M1	Υγιεινό φαγητό 2 τι σημαίνει; ότι θα το κάνει 2;	
7	M2	Όχι! ότι θα προστέθουν άλλα 2 στο υγιεινό φαγητό . Αυτό δηλαδή θα πάει 13	Δείχνει τα πεδία του παιχνιδιού

Στο απόσπασμα από το κρίσιμο συμβάν 39 οι μαθήτριες κάνουν τις πρώτες τους επιλογές αποκλειστικά με διαισθητικά και προσωπικά κριτήρια χωρίς να κοιτάζουν τις επιπτώσεις της κάθε επιλογής στα πεδία του παιχνιδιού. Φαίνεται πως αρχικά ερμηνεύουν τα σημεία στη σκηνή μόνο ως οπτικά αντικείμενα στα οποία προβάλλουν τις προσωπικές τους αξίες (π.χ. Να επιλέξουμε burger γιατί είναι το αγαπημένο μου). Στη γραμμή 3 η M1 αρχίζει να εξετάζει τις «τιμές» των επιλογών πριν τις επιλέξει. Με βάση τις τιμές της αναγνωρίζει ότι η επιλογή «hot dog» δεν είναι τόσο υγιεινή και αναζητά μια καλύτερη επιλογή. Βλέπουμε ότι σταδιακά αρχίζει να αντιλαμβάνεται τις επιλογές του παιχνιδιού ως αντικείμενα ίδια πεδία (ιδιότητες) αλλά διαφορετικές τιμές. Στη συνέχεια (γραμμή 4) συνδυάζει το οπτικό/διαισθητικό με τους κανόνες που ακολουθούν τα δεδομένα του παιχνιδιού και υποθέτει πως η επιλογή «χωριάτικη» θα αυξάνει την παράμετρο υγιεινό φαγητό αλλά προτείνει πριν το επιλέξουν να ελέγξουν τις τιμές της. Στις γραμμές 6 και 7 οι δυο μαθήτριες εκφράζουν, στα πλαίσια του παιχνιδιού, μια σημαντική ιδιότητα της προγραμματιστικής μεταβλητής χωρίς ακόμα να έχουν εμπλακεί με τον κώδικα του παιχνιδιού. Η απορία που εκφράζει

η M1 στη γραμμή 6, δηλαδή αν ο αλγόριθμος θα αντικαταστήσει την τιμή της μεταβλητής «υγιεινό φαγητό» με αυτή που αναγράφεται στον πίνακα δεδομένων, είναι μια συχνή παρανόηση των αρχάριων μαθητών για τη λειτουργία της μεταβλητής σε ένα πρόγραμμα. Η M2 λύνει την παρανόηση αυτή λέγοντας πως η τιμή +2 θα προστεθεί στην υπάρχουσα τιμή της μεταβλητής υγιεινό φαγητό η οποία θα έχει την τιμή 13 μετά την πρόσθεση.

Ωστόσο, στο παράδειγμα του κρίσιμου συμβάντος 1, παρ' ότι η M2 αναγνωρίζει τον ρόλο του σημείου «χωριάτικη» ως μια υγιεινή επιλογή του παιχνιδιού, φαίνεται να μην αντιλαμβάνεται τις συνολικές επιπτώσεις του στο σύστημα του παιχνιδιού. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τον λανθασμένο ισχυρισμό της M2 στη γραμμή 5 ότι «μπορούμε να επιλέγουμε όλη την ώρα χωριάτικη και να μη χάσουμε» που αποτυπώνει πως η μαθήτρια είτε δεν έχει ανακαλύψει όλες τις συνθήκες τερματισμού του παιχνιδιού είτε δεν συνδέσε τις αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρει η επιλογή «χωριάτικη» στις παραμέτρους «ζωικά προϊόντα» και «λαχανικά».

Ανάλογα το επίπεδο ανάλυσης του παιχνιδιού, οι μαθήτριες νοηματοδοτούσαν σε διαφορετικό βαθμό τις έννοιες προγραμματισμού που χρησιμοποιούσαν για την υλοποίηση τροποποιήσεων. Στο μικρο-επίπεδο οι αλλαγές εστίαζαν σε μικρό και συγκεκριμένο τμήμα του παιχνιδιού, για παράδειγμα έναν κανόνα ή ένα σημείο της σκηνής, χωρίς να λαμβάνουν υπόψιν τον ρόλο του στο σύνολο του συστήματος. Μια τέτοια περίπτωση τροποποιήσεων, για την οποία η ερευνήτρια εντόπισε μεγάλο αριθμό κρίσιμων συμβάντων, ήταν η διασκευή των επιπτώσεων των επιλογών του παιχνιδιού με μοναδικό κριτήριο τις προσωπικές αξίες των μαθητριών.

Σε αρκετές περιπτώσεις η στρατηγική αυτή, δηλαδή η υλοποίηση μικρών τυχαίων ή διαισθητικών αλλαγών στις ιδιότητες των αντικειμένων, είχε ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται σημαντικά η τελική εμπειρία παιχνιδιού (μάκρο-επίπεδο). Ένα παράδειγμα που αποτυπώνει αυτή τη στρατηγική των μαθητριών είναι το κρίσιμο συμβάν 40, στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 2 διασκευάζουν τις τιμές των επιπτώσεων του αρχικού παιχνιδιού στη δεύτερη φάση της διδακτικής παρέμβασης.

Κρίσιμο Συμβάν 40

1	M3	Λοιπόν, η καρμπονάρα.	<table><tr><th>Description</th><th>Χρήματα</th><th>Υγιεινό_Φαγη</th><th>Πελάτες_τη_1</th><th>Ζωικά_Προϊό</th><th>Λα</th></tr><tr><td>Παγωτό</td><td>4</td><td>-1</td><td>0</td><td>-2</td><td>0</td></tr><tr><td>Καρμπονάρα</td><td>9</td><td>-2</td><td>0</td><td>-3</td><td>0</td></tr><tr><td>Βιολογικά Λαχαν</td><td>-25</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td></tr></table>	Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγη	Πελάτες_τη_1	Ζωικά_Προϊό	Λα	Παγωτό	4	-1	0	-2	0	Καρμπονάρα	9	-2	0	-3	0	Βιολογικά Λαχαν	-25	2	0	0	4	Διατρέχουν σειριακά τη βάση δεδομένων και μελετούν κάθε εγγραφή ανεξάρτητα
Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγη	Πελάτες_τη_1	Ζωικά_Προϊό	Λα																							
Παγωτό	4	-1	0	-2	0																							
Καρμπονάρα	9	-2	0	-3	0																							
Βιολογικά Λαχαν	-25	2	0	0	4																							

2	M4	Είναι τέλεια! Εγώ λέω να αλλάξουμε το όνομα σε ‘μακαρονάδα’ και να αλλάξουμε την τιμή στο υγιεινό φαγητό ώστε μην μειώνει την παράμετρο υγιεινό φαγητό!		Αλλάζουν τις τιμές στα κελιά της βάσης ανάλογα με τις προσωπικές προτιμήσεις τους																								
3	M3	Ναι! Ούτε να μειώνει τα ζωικά προϊόντα.																										
4	M4	Και θα βάλω να αυξάνει την παράμετρο πελάτες από 2 μέχρι 5 γιατί είναι το αγαπημένο μου φαγητό.	<table><tr><th>Description ▼ ⬅ ➡ </th><th>Χρήματα ▼ ⬅ ➡ </th><th>Υγιεινό_Φαγητ ▼ ⬅ ➡ </th><th>Πελάτες_τη_ ▼ ⬅ ➡ </th><th>Ζωικά_Προϊό ▼ ⬅ ➡ </th><th>Λαχανικά ▼ ⬅ ➡ </th></tr><tr><td>Burger</td><td>10</td><td>-3</td><td>2 to: 5 rais ▼</td><td>-3</td><td>-2</td></tr><tr><td>Μακαρονάδα</td><td>4</td><td>2</td><td>1 to: 4 rais ▼</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Κολοκυθόπιτα</td><td>2</td><td>3</td><td>-5 to: 2</td><td>-1</td><td>-4</td></tr></table>	Description ▼ ⬅ ➡	Χρήματα ▼ ⬅ ➡	Υγιεινό_Φαγητ ▼ ⬅ ➡	Πελάτες_τη_ ▼ ⬅ ➡	Ζωικά_Προϊό ▼ ⬅ ➡	Λαχανικά ▼ ⬅ ➡	Burger	10	-3	2 to: 5 rais ▼	-3	-2	Μακαρονάδα	4	2	1 to: 4 rais ▼	0	0	Κολοκυθόπιτα	2	3	-5 to: 2	-1	-4	Δημιουργούν μια επιλογή που έχει μόνο θετικές επιπτώσεις
Description ▼ ⬅ ➡	Χρήματα ▼ ⬅ ➡	Υγιεινό_Φαγητ ▼ ⬅ ➡	Πελάτες_τη_ ▼ ⬅ ➡	Ζωικά_Προϊό ▼ ⬅ ➡	Λαχανικά ▼ ⬅ ➡																							
Burger	10	-3	2 to: 5 rais ▼	-3	-2																							
Μακαρονάδα	4	2	1 to: 4 rais ▼	0	0																							
Κολοκυθόπιτα	2	3	-5 to: 2	-1	-4																							

Στο κρίσιμο συμβάν 40 οι μαθήτριες, χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων στο περιβάλλον σχεδιασμού, προσεγγίζουν κάθε σημείο του παιχνιδιού ως ένα στοιχείο που χαρακτηρίζεται από το όνομά του και από ένα σύνολο από ιδιότητες οι οποίες διέπουν όλα τα αντικείμενα του παιχνιδιού. Η αναπαράσταση των σημείων ως εγγραφές και των επιπτώσεών τους ως στήλες της βάσης δεδομένων φαίνεται ότι συμβάλλει στη νοηματοδότηση της έννοιας του «αντικειμένου». Ωστόσο, η έννοια του αντικειμένου εδώ προσεγγίζεται στο χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης καθώς το νοηματοδοτούν ως μια μοναδική περίπτωση (στιγμιότυπου) και δεν συνδέεται με την έννοια της κλάσης. Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος, οι μαθήτριες τροποποιούν τις τιμές των κελιών της βάσης με μοναδικό κριτήριο τις προσωπικές τους προτιμήσεις για τη συγκεκριμένη επιλογή. Μέσα από την διασκευή εκφράζουν ιδέες για την έννοια της μεταβλητής στα πλαίσια του παιχνιδιού («την παράμετρο υγιεινό φαγητό», «την παράμετρο πελάτες») και για την μεταβολή των τιμών μιας μεταβλητής, όπως «να αλλάξουμε την τιμή στο υγιεινό φαγητό (εννοεί το κελί) ώστε μην μειώνει την παράμετρο υγιεινό φαγητό», «θα βάλω να αυξάνει την παράμετρο πελάτες από 2 μέχρι 5». Αντιλαμβάνονται δηλαδή ότι όταν επιλέγω ένα σημείο στο παιχνίδι, η τιμή του αντίστοιχου πεδίου της βάσης προστίθεται στην τρέχουσα τιμή της εκάστοτε μεταβλητής. Εντούτοις, κατά τη διασκευή τους δεν λαμβάνουν υπόψιν τους τους γενικούς κανόνες, αρχές και μοτίβα που διέπουν το παιχνίδι στο σύνολο του και που δημιουργούν μια ισορροπημένη εμπειρία παιχνιδιού, όπως ότι όλες οι επιλογές έχουν θετικές και αρνητικές επιπτώσεις. Τελικά, δημιουργούν μια επιλογή που έχει μόνο θετικές επιπτώσεις και «διαταράσσει» την εμπειρία παιχνιδιού του παιχνιδιού (μάκρο-επίπεδο) καθώς ένας παίκτης μπορεί να την επιλέξει άπειρες φορές χωρίς να

χάσει. Οι μαθήτριες δεν αντιλαμβάνονται τις αναδυόμενες δυναμικές μεταξύ των επιπέδων μέχρις ότου να δοκιμάσουν το παιχνίδι ως παίκτες.

Όπως φάνηκε από τα κρίσιμα συμβάντα που παρουσιάστηκαν η ανάλυση του παιχνιδιού σε μικρό-επίπεδο βοήθησε τις μαθήτριες να νοηματοδοτήσουν σε ένα εστιασμένο πλαίσιο την έννοια του αντικειμένου αλλά και να εκφράσουν νοήματα για προγραμματιστικές έννοιες, όπως η μεταβλητή, χωρίς να εμπλακούν με προγραμματισμό. Ωστόσο, οι ενέργειες μικρο-επίπεδου υποδεικνύουν έναν περιορισμένο τρόπο σκέψης και επίλυσης του προβλήματος που δεν συνδέεται με τον αλγόριθμο του παιχνιδιού, συχνό φαινόμενο από μαθητές χωρίς προηγούμενη εμπειρία σε υπολογιστική επίλυση προβλημάτων και σε πρακτικές υπολογιστικής σκέψης.

5.2.2 Μέσο-επίπεδο: το αντικείμενο ως στιγμιότυπο κλάσης

Ως «μέσο-επίπεδο» η ερευνήτρια αναφέρεται σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο νοηματοδότησης και ανάλυσης του συστήματος του παιχνιδιού, στο οποίο οι μαθητές αναγνωρίζουν σύνολα (ή και υποσύνολα) σημείων-επιλογών με κοινά χαρακτηριστικά. Μέσα από τη συνεχή σύγκριση των επιλογών και των επιπτώσεών τους, εντόπιζαν ομοιότητες και μοτίβα και χώριζαν τις επιλογές σε κατηγορίες οι οποίες ακολουθούσαν τα μοτίβα αυτά. Έτσι, νοηματοδοτούσαν την έννοια της **κλάσης** ως ένα **πρότυπο**, ένα «καλούπι», με βάση το οποίο δημιουργούνται πολλά σημεία-επιλογές στο παιχνίδι. Τα σημεία αυτά διαφέρουν σε στις ακριβείς τιμές των πεδίων τους, αλλά όλα ακολουθούν τους κανόνες της κλάσης στην οποία ανήκουν. Στο πλαίσιο αυτό, νοηματοδοτήσαν το αντικείμενο ως ένα **στιγμιότυπο μιας κλάσης** η οποία περιγράφει ένα γενικευμένο σύνολο επιλογών με κανόνες επιπτώσεων. Για παράδειγμα η κλάση «υγιεινά φαγητά» περιγράφει όλα τα σημεία-επιλογές τα οποία αυξάνουν την παράμετρο «Υγεία», και μειώνουν τις παραμέτρους «Πελάτες» και «Χρήματα».

Ακόμη, από την ανάλυση των δεδομένων, φάνηκε ότι οι μαθήτριες, εντάσσοντας τα σημεία σε κατηγορίες, συνειδητοποίησαν ότι οι αλλαγές των επιπτώσεων των σημείων στο μικρο-επίπεδο μπορεί να αλλάξουν ή να δημιουργήσουν νέα μοτίβα και συνεπώς νέες κατηγορίες στο μέσο-επίπεδο. Ωστόσο δεν εξέταζαν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των κατηγοριών επιλογών και πως αυτές μπορεί να επηρεάσουν το σύστημα ως ολότητα. Ενώ δηλαδή νοηματοδοτούν την έννοια της κλάσης ως προς τα αντικείμενα του παιχνιδιού, δεν αντιλαμβάνονται τον ρόλο της στον συνολικό αλγόριθμο του παιχνιδιού.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων, οι μαθήτριες εξέφρασαν και εφάρμοσαν τη στρατηγική της ταξινόμησης των επιπτώσεων σε κλάσεις κυρίως για δυο λόγους: α) για να βελτιώσουν την τακτική τους ως παίκτες β) για να εξισορροπήσουν το παιχνίδι ως σχεδιαστές.

Αναλυτικότερα η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες που πραγματοποίησαν οι μαθήτριες καθώς έπαιζαν και διασκεύαζαν το παιχνίδι.

Ως παίκτες:

- Σύγκριση των επιπτώσεων διαφορετικών αντικειμένων-σημείων και εντοπισμός μοτίβων στις επιπτώσεις τους
- Ταξινόμηση αντικειμένων-σημείων σε γενικευμένα σύνολα και υποσύνολα με κοινά χαρακτηριστικά
- Χαρακτηρισμός ενός αντικειμένου-σημείου με βάση την «κλάση» που ανήκει
- Περιγραφή των κανόνων μιας «κλάσης»

Ως σχεδιαστές/διασκευαστές:

- Τροποποίηση των τιμών των επιπτώσεων ενός αντικειμένου-σημείου ώστε να ταιριάζει με τους κανόνες που ακολουθούν τα αντίστοιχα σημεία της «κλάσης» του
- Δημιουργία νέας κλάσης αντικειμένων-σημείων
- Προσθήκη ενός νέου αντικειμένου-σημείου ως περίπτωση μιας κλάσης σημείων (π.χ. ένα υγιεινό φαγητό)

Έχοντας τον ρόλο του παίκτη, οι μαθήτριες σταδιακά επινόησαν στρατηγικές για να παραμείνουν όσο το δυνατόν περισσότερο στο παιχνίδι. Μια από αυτές ήταν ότι αντί να κάνουν τυχαίες ή διαισθητικές επιλογές άρχισαν να συγκρίνουν τις επιπτώσεις των επιλογών και να επιλέγουν κάθε φορά τη βέλτιστη. Μέσα από τις συνεχόμενες συγκρίσεις των δεδομένων, εντόπισαν κάποια επαναλαμβανόμενα μοτίβα στις επιπτώσεις ορισμένων επιλογών και με βάση αυτά τις χώρισαν νοητά σε κατηγορίες. Αυτή η διαδικασία τις βοήθησε να νοηματοδοτήσουν την έννοια της «κλάσης» ως μια αφηρημένη περιγραφή των αντικειμένων του παιχνιδιού που ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Στη νοηματοδότηση αυτή συνέβαλαν τα ερωτήματα που έθετε η ερευνήτρια ή το φύλλο εργασίας στους μαθήτριες σε σχέση με τη δομή και τους κανόνες του παιχνιδιού, όπως «πότε μειώνονται τα χρήματα;» «ποια φαγητά έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να μειώσουν τους πελάτες;» (βλ. [Παράρτημα Β](#)). Στο απόσπασμα 41 οι μαθήτριες της ομάδας 3 καθώς προσπαθούν να απαντήσουν το ερώτημα «πότε μειώνονται τα χρήματα» εντοπίζουν μια κατηγορία αντικειμένων.

Κρίσιμο Συμβάν 41

1	M5	Λοιπόν, πότε μειώνονται τα χρήματα;	
2	M6	χμμμ ποια σημεία έχουν αρνητικό στα χρήματα; Θυμάσαι;	
3	M5	Νομίζω είχαν μειωθεί όταν επιλέξαμε τα φρούτα κονσέρβα και τα βιολογικά λαχανικά στην αποθήκη	Πηγαίνουν στην περιοχή του παιχνιδιού «αποθήκη»

4	M6	Κοίτα και το κρέας έχει αρνητικό όμως...Για δεξ και τα άλλα	Συγκρίνει τα δεδομένα πολλών σημείων
5	M7	Α! <u>όλα τα μειώνουν</u> . Ναι λογικό είναι γιατί αυξάνουν τις πρώτες ύλες οπότε θα έπρεπε να μειώνουν κάτι	
6	M6	Άρα τα χρήματα μειώνονται όταν αγοράζεις πρώτες ύλες από την αποθήκη	

Αρχικά οι μαθήτριες του κρίσιμου συμβάντος 41 στη γραμμή 3 δίνουν μια συγκεκριμένη απάντηση που αφορά δύο μεμονωμένα σημεία τα οποία, όπως είχαν εντοπίσει, ότι μειώνουν την παράμετρο χρήματα (μικρο-επίπεδο). Στη συνέχεια ελέγχουν και συγκρίνουν τα δεδομένα των υπόλοιπων σημείων-αντικειμένων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή παιχνιδιού (στην αποθήκη) και εντοπίζουν ένα μοτίβο που ακολουθείται από όλα. Στη γραμμή 5 η M7 περιγράφει αυτό το μοτίβο με όρους παιχνιδιού «Όλα τα μειώνουν. Είναι λογικό γιατί αυξάνουν τις πρώτες ύλες». Εδώ η M7 έχει στο μυαλό της τη γενική λογική του παιχνιδιού, δηλαδή πως κανένα σημείο δεν μπορεί να έχει μόνο θετικές ή μόνο αρνητικές επιπτώσεις. Τελικά η M6 περιγράφει έναν γενικευμένο κανόνα για το πότε μειώνονται τα χρήματα, ότι «Τα χρήματα μειώνονται όταν αγοράζεις πρώτες ύλες από την αποθήκη». Εδώ φαίνεται ότι έχει δημιουργήσει στο μυαλό της μια κλάση αντικειμένων που ακολουθούν κάποιους συγκεκριμένους κανόνες: α) είναι στην αποθήκη β) μειώνουν τα χρήματα και γ) αυξάνουν τις πρώτες ύλες, δηλαδή τα πεδία Λαχανικά και Ζωικά Προϊόντα. Η απάντησή της είναι σε μέσο-επίπεδο καθώς περιγράφει μια κλάση σημείων που έχουν την ιδιότητα να μειώνουν τα χρήματα και όχι συγκεκριμένα σημεία-αντικείμενα (μικρο-επίπεδο). Ωστόσο, δεν γενικεύει αρκετά την περιγραφή της ώστε να περιλαμβάνει όλες τις κατηγορίες σημείων του παιχνιδιού που μειώνουν τα χρήματα. Για παράδειγμα στην κλάση αυτή δεν εντάσσονται τα σημεία που βρίσκονται στο γραφείο.

Όλες οι ομάδες εντόπισαν και περιέγραψαν λεκτικά ή γραπτά κατηγορίες σημείων του παιχνιδιού νοηματοδοτώντας έτσι τις έννοιες της κλάσης και του αντικείμενο στα οικεία πλαίσια του παιχνιδιού. Για παράδειγμα οι μαθήτριες της ομάδας 3 περιέγραψαν την κλάση των «Υγιεινών φαγητών» τα οποία πάντα αυξάνουν την παράμετρο «Υγιεινό Φαγητό» από 1 έως 5 πόντους και μειώνουν τους πελάτες από -1 έως -5 πόντους. Μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως το παράδειγμα στο κρίσιμο συμβάν 4 περιέγραψαν υποκατηγορίες οι οποίες «κληρωνόμουν» τα χαρακτηριστικά και τους κανόνες της μεγαλύτερης κατηγορίας αλλά έχουν επιπλέον και κάποια δικά τους χαρακτηριστικά που τις διαχωρίζει από τις άλλες υποκατηγορίες. Για παράδειγμα η ομάδα 2 περιέγραψε αρχικά την κατηγορία «Φαγητά στην κουζίνα» με τα χαρακτηριστικά ότι α) αυξάνουν τα χρήματα και β) μειώνουν τα λαχανικά ή/και τα ζωικά προϊόντα. Ενώ μέχρι τη στιγμή του κρίσιμου συμβάντος είχαν εντοπίσει μόνο αυτή την κατηγορία φαγητών, μέσα από τις

διαδοχικές επιλογές περιγράφουν μια υποκατηγορία, τα «Ανθυγιεινά Φαγητά», τα οποία ακολουθούν έναν επιπλέον κανόνα ότι «Αυξάνουν τους πελάτες και μειώνουν το υγιεινό φαγητό».

Κρίσιμο Συμβάν 42

1	M3	Οπότε τώρα τι θέλουμε; Να αυξήσουμε τους πελάτες		
2	M4	Και πώς αυξάνουμε τους πελάτες;		
3	M3	Λογικά παίρνεις φαγητά που είναι ωραία και φέρνουν πελάτες		
4	M4	Ααα για βάλε το παγωτό τότε. Να αυξάνει τους πελάτες και τα χρήματα και μειώνει λίγο το υγιεινό φαγητό και τα ζωικά προϊόντα		Επιλέγουν το παγωτό
5	M3	Και τα «αυγά με μπέικον» φέρνουν πελάτες		
6	M4	Για δεσ και το «burger». 2 έως 5 πελάτες, 10 χρήματα, -3 Υγιεινό Φαγητό. Καλό!		Επιλέγουν το burger
7	M3	Ωραία. Τώρα;		
8	M4	Πήγαινε στις τηγανιτές πατάτες. Κι αυτές θα αυξάνουν τους πελάτες γιατί είναι τέλειες!		
9	M3	Κάτσε όμως. Για δεσ πόσο έχει μειωθεί το υγιεινό φαγητό με όλα αυτά που επιλέξαμε. Α ρε! Τα φαγητά στην κουζίνα που μας φέρνουν πελάτες μειώνουν το Υγιεινό Φαγητό.		Εντοπίζει και περιγράφει ένα μοτίβο για τα φαγητά που επιλέξαν
10	M4	Επειδή είναι όλα Ανθυγιεινά χαχα. Οπότε δεν μπορούμε να τα επιλέγουμε συνέχεια		Περιγράφει την κατηγορία

				«Ανθυγιεινά Φαγητά»
--	--	--	--	---------------------

Στο κρίσιμο συμβάν 42 οι μαθήτριες θέλουν να αυξήσουν την τιμή του πεδίου «Πελάτες τη μέρα». Ξεκινούν από μια υπόθεση που βασίζεται σε προσωπικά κριτήρια, δηλαδή ότι «Τα φαγητά που είναι ωραία θα φέρνουν πελάτες» (Γραμμή 3). Στη συνέχεια ελέγχουν την υπόθεση αυτή διερευνώντας τις ιδιότητες φαγητών που αυτές θεωρούν «νόστιμα», όπως το παγωτό, το burger, τα αυγά με μπέικον. Κάνοντας επιλογές φαγητών και συγκρίνοντας πως αυτές επηρεάζουν τα πεδία του παιχνιδιού, εντοπίζουν ένα μοτίβο στις επιπτώσεις τους. Όπως αναφέρει η M3 στη γραμμή 9 «τα φαγητά που φέρνουν πελάτες μειώνουν το Υγιεινό φαγητό», γενικεύοντας τις επιπτώσεις που έχει μέχρι τώρα στα αντικείμενα της κατηγορίας «Φαγητά στην κουζίνα». Στη συνέχεια η M4 εντάσσει τα αντικείμενα που ακολουθούν αυτόν τον κανόνα στην κατηγορία «Ανθυγιεινά Φαγητά» και συμπεραίνει πως λόγω αυτού του μοτίβου επιπτώσεων δεν μπορούν να τα επιλέγουν συνέχεια.

Μια δεύτερη συχνή περίπτωση μετάβασης από το μικρο-επίπεδο στο μέσο-επίπεδο αντίληψης και ανάλυσης του συστήματος, ήταν όταν οι μαθήτριες έπαιζαν το παιχνίδι για να ελέγξουν τις τροποποιήσεις που είχαν πραγματοποιήσει στις τιμές των επιλογών και εντόπιζαν ότι αυτές επηρεάζουν σημαντικά την τελική εμπειρία και την ισορροπία παιχνιδιού. Έτσι, για να ισορροπήσουν το παιχνίδι εντόπιζαν ή επινοούσαν κατηγορίες επιλογών και τους κανόνες που θα πρέπει να ακολουθεί η κάθε κατηγορία. Το κρίσιμο συμβάν 43 αποτελεί συνέχεια του κρίσιμου συμβάντος 42 που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο ως παράδειγμα ανάλυσης μικρο-επίπεδου. Εδώ, οι μαθήτριες της ομάδας 2 παίζουν το παιχνίδι τους και συνειδητοποιούν πως η τροποποίηση μικρο-επίπεδου, που πραγματοποίησαν στο κρίσιμο συμβάν 42, «χαλάει» την ιδέα και τη ροή του παιχνιδιού και προκαλεί προβλήματα στο υπόλοιπο παιχνίδι.

Κρίσιμο Συμβάν 43

1	M3	Ρε, τη μακαρονάδα μπορείς την επιλέξεις 15 φορές και να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις. Γιατί το κάναμε έτσι; Είναι λάθος	<table><tr><th colspan="2">Point Information</th></tr><tr><td>Description</td><td>Μακαρονάδα</td></tr><tr><td>Χρήματα</td><td>4</td></tr><tr><td>Υγιεινό_Φαγητό</td><td>2</td></tr><tr><td>Πελάτες_τη_μέρα</td><td>Random number 1 to: 4</td></tr><tr><td>Ζωικά_Προϊόντα</td><td>0</td></tr><tr><td>Λαχανικά</td><td>0</td></tr></table>	Point Information		Description	Μακαρονάδα	Χρήματα	4	Υγιεινό_Φαγητό	2	Πελάτες_τη_μέρα	Random number 1 to: 4	Ζωικά_Προϊόντα	0	Λαχανικά	0	Παρατηρεί τις τιμές του σημείου «Μακαρονάδα»
Point Information																		
Description	Μακαρονάδα																	
Χρήματα	4																	
Υγιεινό_Φαγητό	2																	
Πελάτες_τη_μέρα	Random number 1 to: 4																	
Ζωικά_Προϊόντα	0																	
Λαχανικά	0																	
2	M4	Κάτσε να δούμε. Πες ότι παίζουμε και επιλέγουμε συνέχεια αυτό. Για να δούμε.. τι θα γίνει;		Επιλέγει πολλές συνεχόμενες φορές το σημείο														

3	M3	Τίποτα! Δεν θα χάσουμε ποτέ γιατί δεν μειώνεται καμία παράμετρος!		Δείχνει με το ποντίκι τις παραμέτρους του παιχνιδιού
4	M4	Α κατάλαβα! Έχεις δίκιο! Μα γιατί δεν βάλουμε κανένα αρνητικό;		
5	M3	Ναι δεν ξέρω. Αφού όλα τα σημεία έχουν θετικά και αρνητικά για να μην μπορείς να τα επιλέξεις συνεχόμενα		

Οι μαθήτριες στο κρίσιμο συμβάν 43, ελέγχοντας το παιχνίδι ως παίκτες, συζητούν και συνδέουν τις επιπτώσεις ενός συγκεκριμένου αντικειμένου, της «μακαρονάδας», (μικρο-επίπεδο) με τη συνολική πορεία του παιχνιδιού (μάκρο-επίπεδο). Όπως σχολιάζει η M3, το σημείο αυτό, ως παίκτης, «μπορείς το επιλέξεις 15 φορές και να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις». Το γεγονός αυτό είναι αντίθετο με τη λογική και τον σκοπό του παιχνιδιού αφού «δεν θα χάσουμε ποτέ γιατί δεν μειώνεται καμία παράμετρος». Οι μαθήτριες εκφράζουν έναν γενικό μοτίβο που ακολουθούν όλα τα αντικείμενα-σημεία του παιχνιδιού, δηλαδή ότι *κάθε σημείο έχει και αρνητικές και θετικές επιπτώσεις*, και συνειδητοποιούν ότι το συγκεκριμένο σημείο δεν το ακολουθεί και άρα δημιουργεί ένα λογικό σφάλμα στο παιχνίδι («Γιατί το κάναμε έτσι; Είναι λάθος»).

Στο κρίσιμο συμβάν 43 οι μαθήτριες μεταβαίνουν σε πιο αφηρημένο τρόπο προσέγγισης του αντικειμένου σε σχέση με το κρίσιμο συμβάν 42. Εφαρμόζουν την πρακτική της αναγνώρισης μοτίβων, την ταξινόμηση σε σύνολα και την γενίκευση των συνόλων σε κλάσεις-πρότυπα. Ταυτόχρονα εκφράζουν μια κεντρική ιδέα της συστημική σκέψης (Wilensky & Resnick, 1999), ότι τα σημεία-αντικείμενα του παιχνιδιού δεν είναι μεμονωμένες και ανεξάρτητες οντότητες αλλά επιδρούν σε ένα σύστημα και δημιουργούν μοτίβα σε αυτό. Φαίνεται δηλαδή πως αντιλαμβάνονται όχι μόνο τα επιμέρους αντικείμενα που αποτελούν το σύστημα, όπως στο μικρο-επίπεδο, αλλά και τις σχέσεις και τις δυναμικές τους στο ίδιο το σύστημα.

Σημαντικό ρόλο στην κατασκευή νοημάτων από τις μαθήτριες για την έννοια της κλάσης στο μέσο-επίπεδο έπαιξαν τα ενσωματωμένα σφάλματα του μισοψημένου παιχνιδιού. Στο κρίσιμο συμβάν 6 οι μαθήτριες της ομάδας 2 καθώς παίζουν εντοπίζουν πως η επίπτωση ενός σημείου αποκλίνει σημαντικά από τις αντίστοιχες επιπτώσεις άλλων σημείων του ίδιου τύπου. Αυτό το ενσωματωμένο

σφάλμα τις βοήθησε να εντοπίσουν ένα μοτίβο που ακολουθούν τα υπόλοιπα σημεία και να κατηγοριοποιήσουν τις επιλογές σε μια γενικευμένη κλάση με βάση αυτό.

Κρίσιμο Συμβάν 44

1	M4	Καλά στο μουςακά γιατί μειώνονται τόσο οι πελάτες; <u>δεν είναι όπως τα άλλα φαγητά της κουζίνας.</u>	<table><tr><th colspan="2">Πληροφορίες Σημείου</th></tr><tr><td>Description</td><td>Μουςακάς</td></tr><tr><td>Χρήματα</td><td>9</td></tr><tr><td>Υγιεινό_Φαγητό</td><td>3</td></tr><tr><td>Πελάτες_τη_μέρα</td><td>Random number from -30 to: 9</td></tr><tr><td>Ζωικά_Προϊόντα</td><td>-2</td></tr><tr><td>Λαχανικά</td><td>-3</td></tr><tr><td colspan="2">Επιλογή Σημείου</td></tr></table>	Πληροφορίες Σημείου		Description	Μουςακάς	Χρήματα	9	Υγιεινό_Φαγητό	3	Πελάτες_τη_μέρα	Random number from -30 to: 9	Ζωικά_Προϊόντα	-2	Λαχανικά	-3	Επιλογή Σημείου		Έχει επιλέξει το σημείο Μουςακάς και κοιτάζει τις ιδιότητές του
Πληροφορίες Σημείου																				
Description	Μουςακάς																			
Χρήματα	9																			
Υγιεινό_Φαγητό	3																			
Πελάτες_τη_μέρα	Random number from -30 to: 9																			
Ζωικά_Προϊόντα	-2																			
Λαχανικά	-3																			
Επιλογή Σημείου																				
2	M3	Ωχ. Δεν ξέρω. Κυρια αυτό είναι λάθος;																		
3	E	Αυτό δεν είναι αντικειμενικά λάθος δηλαδή το παιχνίδι δουλεύει κανονικά. Αλλά όπως είπες κάτι δεν ταιριάζει σωστά. Τί είναι αυτό;																		
4	M4	Ότι σε <u>όλα τα φαγητά που βρίσκονται στην κουζίνα</u> οι πελάτες αλλάζουν λίγο, 2, 3 αντε 5 νούμερα. Αλλά αυτό τους αλλάζει από -30 μέχρι +9.																		
5	E	Και γιατί είναι πρόβλημα αυτό;																		
6	M4	Γιατί αν το επιλέξεις υπάρχουν πάρα πολλές πιθανότητες να χάσεις και είναι άδικο. Οπότε, βασικά, δεν μπορείς να το επιλέξεις ποτέ.																		
7	E	Ωραία σημείωσε το για να το διορθώσετε εσείς																		
8	M3	Ναι γράψε να έχουν όλα <u>τα φαγητά στην κουζίνα</u> έναν συγκεκριμένο κανόνα για το πως αλλάζουν οι πελάτες. Καπως ετσι γράψτο																		

Στο κρίσιμο συμβάν 44 οι μαθήτριες θεωρούν πως υπάρχει λάθος στην επιλογή «Μουςακάς» ως προς την ιδιότητα της «Πελάτες τη μέρα». Ο λόγος που πιστεύουν ότι είναι λάθος είναι επειδή η

τιμή της ιδιότητας δεν ταιριάζει με τη λογική που ακολουθούν τα υπόλοιπα σημεία στην κουζίνα, δηλαδή με το μοτίβο παιχνιδιού που διαμορφώνεται όταν ο παίκτης κάνει επιλογές. Στη γραμμή 3 η M4 περιγράφει λεκτικά το μοτίβο αυτό λέγοντας πως «Σε όλα τα φαγητά που βρίσκονται στην κουζίνα οι πελάτες αλλάζουν λίγο, 2, 3 άντε 5 νούμερα. Αλλά αυτό τους αλλάζει από -30 μέχρι +9.». Εδώ η M4 εντοπίζει ένα μοτίβο που προκύπτει από τις επιπτώσεις των επιλογών που έχει κάνει μέχρι στιγμής και με βάση αυτό κατασκευάζει έναν γενικό κανόνα που θεωρεί ότι πρέπει να ακολουθούν όλα τα φαγητά που βρίσκονται στη κουζίνα. Δημιουργεί δηλαδή στο μυαλό της ένα σύνολο επιλογών «τα φαγητά στην κουζίνα» τα οποία έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό ότι αλλάζουν τους πελάτες 2-5 νούμερα όχι παραπάνω ούτε λιγότερο. Στη συνέχεια εξηγεί τον λόγο που θεωρεί ότι αυτό το χαρακτηριστικό είναι σημαντικό, χρησιμοποιώντας όρους μέσο-επιπέδου «αν το επιλέξεις υπάρχουν πάρα πολλές πιθανότητες να χάσεις και είναι άδικο σε σχέση με τα άλλα. Οπότε, βασικά, δεν μπορείς να το επιλέξεις ποτέ». Συγκρίνει δηλαδή τη συμπεριφορά του αντικειμένου σε σχέση με τα άλλα αντικείμενα της κλάσης του καθώς και τον ρόλο του στο παιχνίδι, και συνειδητοποιεί πως είναι «άδικο» γιατί ο παίκτης δεν θα μπορέσει να το επιλέξει ποτέ. Τελικά η M3, για να δώσει μια λύση στο μισοψημένο παιχνίδι, εκφράζει την ουσία της έννοιας της κλάσης λέγοντας ότι πρέπει «να έχουν όλα τα φαγητά στην κουζίνα έναν συγκεκριμένο κανόνα για το πως αλλάζουν οι πελάτες».

Όσον αφορά τη διασκευή του παιχνιδιού, η ερευνητριά εντόπισε μια σημαντική διαφορά στα κριτήρια με τα οποία οι μαθήτριες τροποποιούσαν τις τιμές των σημείων-αντικειμένων στη βάση δεδομένων. Ενώ στο μικρο-επίπεδο οι μαθήτριες επέλεγαν τιμές κυρίως με διαισθητικά ή τυχαία κριτήρια, για παράδειγμα τις προσωπικές τους προτιμήσεις για ένα φαγητό, στο μέσο-επίπεδο επέλεγαν τις τιμές με βάση τα πιθανά μοτίβα επιπτώσεων που θα προκύπταν στο παιχνίδι όταν θα το έπαιζε ένας παίκτης. Πολλές φορές τα διαισθητικά κριτήρια έρχονταν σε σύγκρουση με τα κριτήρια του παιχνιδιού και τότε οι μαθήτριες εμπλέκονταν ακόμα βαθύτερα στη διαδικασία νοηματοδότησης της έννοιας του αντικειμένου και της κλάσης ως τμήμα του παιχνιδιού και όχι ως μεμονωμένη οντότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα προκύπτει από το κρίσιμο συμβάν 45 στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 3 διορθώνουν τις τιμές των σημείων του παιχνιδιού στη δεύτερη φάση της έρευνας.

Κρίσιμο Συμβάν 45

1	M6	Το ψάρι είναι αρκετά υγιεινό γιατί έχει μέσα και ψάρι και λαχανικά. Οπότε καλά είναι + 2 στο «Υγιεινό Φαγητό» . Τους πελάτες τώρα πώς να τους κάνουμε;		
2	M5	να το κάνουμε + ;		
3	M6	Οχι γιατί είναι και υγιεινό οπότε πρέπει να χάνει πελάτες όπως όλα τα υγιεινά φαγητά		

4	M6	Στο hot dog βάλε 0 στα λαχανικά		
5	M5	Γιατί; Αφού στο hot dog βάζεις λαχανικά, καρότο λάχανο ντομάτα		Προσωπικό κριτήριο
6	M6	Σιγά δεν είναι απαραίτητο. Και άλλωστε είπαμε ότι υπάρχουν πάρα πολλά φαγητά που μειώνουν τα λαχανικά και κάπως πρέπει να το ισοροπήσουμε		Κριτήριο παιχνιδιού
7	M5	Ενταξει ενταξει ας βαλουμε 0 για το παιχνίδι αλλά να ξέρεις ότι το hotdog έχει και λαχανικά		Κριτήριο παιχνιδιού και προσωπικό κριτήριο

Στο κρίσιμο συμβάν η M5 χρησιμοποιεί προσωπικά κριτήρια για να θέσει τις ιδιότητες των σημείων ενώ η M6 ακολουθεί του κανόνες του παιχνιδιού ώστε να πετύχει ένα ισορροπημένο παιχνίδι. Στη γραμμή 2 η M5 λέει να κάνουν το σημείο «ψάρι» να αυξάνει τους πελάτες χωρίς κάποια αιτιολόγηση. Αντιλαμβάνεται δηλαδή το σημείο ως ένα μεμονωμένο και ανεξάρτητο αντικείμενο που μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στις ιδιότητές του (μικρο-επίπεδο). Στην αμέσως επόμενη γραμμή η M6 προσεγγίζει το σημείο «ψάρι» ως ένα στιγμότυπο της κατηγορίας «Υγιεινά Φαγητά» και εξηγεί πως πρέπει κι αυτό να ακολουθεί τον ίδιο κανόνα για τις τιμές των ιδιοτήτων του, δηλαδή να μειώνονται οι πελάτες. Αυτή η «σύγκρουση» επαναλαμβάνεται αμέσως μετά για το σημείο «hot dog». Η M5 το αντιμετωπίζει ξανά ως ένα αντικείμενο χωρίς να λαμβάνει υπόψιν τις επιπτώσεις που έχουν οι ιδιοτητές του στο παιχνίδι το κριτήριο για τις τιμές των ιδιοτήτων του είναι καθαρά διαισθητικό και προκύπτει από τις προσωπικές της εμπειρίες («αφού στο hot dog βάζεις λαχανικά, καρότο λάχανο ντομάτα»). Η M6 απορρίπτει την πρόταση της M5 εστιάζοντας στο σύνολο των σημείων-αντικειμένων και στις επιπτώσεις που έχουν στη ροή του παιχνιδιού. Όπως αναφέρει πρέπει να ισοροπίσουν το γεγονός ότι υπάρχουν πολλά σημεία που μειώνουν τα λαχανικά. Προσεγγίζει δηλαδή το σύστημα σε ένα πιο αφηρημένο επίπεδο από την M6, σε μέσο-επίπεδο. Τελικά η M5 φαίνεται να διαχωρίζει τα δυο πλαίσια, του παιχνιδιού και το διαισθητικό, και να αποδέχεται την πρόταση της M6 αλλά όπως λέει μόνο στα πλαίσια του παιχνιδιού. Η διαφωνία των μαθητριών τις έβαλε στη διαδικασία να σκεφτούν τις επιπτώσεις των σημείων στο σύνολο του

παιχνιδιού και να περιγράψουν πως οι τιμές τους ως αντικείμενα, αποκτούν νόημα και ρόλο στην ισορροπία του συστήματος.

5.2.3 Μάκρο επίπεδο: το αντικείμενο και η κλάση ως τμήματα του συστήματος

Ως «μάκρο-επίπεδο» η ερευνήτρια χαρακτηρίζει το υψηλότερο και πιο αφηρημένο επίπεδο ανάλυσης του συστήματος του παιχνιδιού. Στο επίπεδο αυτό, οι μαθητές αποδίδουν την έννοια του αντικειμένου στο ίδιο το παιχνίδι το οποίο το αντιλαμβάνονται ως *ένα ενιαίο σύστημα* αποτελούμενο από επιμέρους *κλάσεις, υποκλάσεις και αντικείμενα που συνδέονται μεταξύ τους* και δημιουργούν την εμπειρία παιχνιδιού. Έτσι εκτός από τις κλάσεις των σημείων του παιχνιδιού, τις οποίες είναι σε θέση να εντοπίσουν από το μέσο-επίπεδο, στην περίπτωση του μάκρο-επιπέδου μπορούν επιπλέον να αναγνωρίσουν και να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών κλάσεων καθώς και τη σημασία τους στη διαμόρφωση της τελικής εμπειρία παιχνιδιού. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές εξετάζουν και απαντούν ερωτήματα που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και την αποτελεσματικότητα του συστήματος ως ολότητα, όπως γιατί είναι απαραίτητη η κλάση «Ανθυγιεινά Φαγητά» στο παιχνίδι, τι θα αλλάξει στη δυσκολία του παιχνιδιού αν αλλάξω έναν κανόνα μιας κλάσης, ποιος είναι ο ιδανικός αριθμός αντικειμένων κάθε κλάσης ώστε να είναι ισορροπημένη η δυσκολία και το ενδιαφέρον του παιχνιδιού;

Όπως φάνηκε και στο γράφημα 3, τα περισσότερα κρίσιμα συμβάντα που υποδεικνύουν προσέγγιση μάκρο-επιπέδου από τις μαθήτριες, εντοπίστηκαν στην τρίτη φάση της έρευνας, δηλαδή κατά τη δημιουργία μιας νέας έκδοσης παιχνιδιού. Συγκεκριμένα, η ερευνήτρια κωδικοποίησε σε αυτό το επίπεδο τις παρακάτω ενέργειες των μαθητριών.

Ως παίκτες:

- Αναφορά σε κλάσεις σημείων και στις μεταξύ τους σχέσεις αντί για συγκεκριμένα σημεία του παιχνιδιού

Ως σχεδιαστές/διασκευαστές:

- Περιγραφή όλων των κλάσεων και υποκλάσεων του παιχνιδιού και των μεταξύ τους σχέσεων
- Δημιουργία μιας κλάσης που «ισορροπεί» μια άλλη
- Ανάλυση των χαρακτηριστικών του παιχνιδιού (π.χ. δυσκολία) με βάση τις κλάσεις και τα αντικείμενα που έχει
- Προγραμματισμός ενεργειών για μια ομάδα αντικειμένων του παιχνιδιού (διαχείριση γεγονότων)

		από αυτά στην Αποθήκη. Οπότε πως να το κάνουμε να μην μειώνονται τόσο εύκολα τα Ζωικά Προϊόντα;		
	M1	Μπορούμε να κάνουμε τα φαγητά να μειώνουν λιγότερο αυτό το πεδίο		
	M2	Ή να τα αυξάνουν περισσότερο τα σημεία στην Αποθήκη.		
	M1	Να ταξινομήσω τη βάση ως προς τα ‘Ζωικά Προϊόντα’ για να έχουμε τα σημεία από την αποθήκη μαζί;		Ταξινομεί τη στήλη ‘Ζωικά Προϊόντα’ της βάσης δεδομένων

Η M2 προτείνει αρχικά μια λύση ‘μικρο-επιπέδου’ δηλαδή να κάνουν κάποιο από τα φαγητά στην ‘Κουζίνα’ να αυξάνει την μεταβλητή ‘Ζωικά Προϊόντα’ («Μήπως να κάνουμε κάποιο από αυτά να τα αυξάνει;»). Η M1 προσεγγίζει το πρόβλημα σε επίπεδο παιχνιδιού καθώς δεν εστιάζει σε ένα μόνο σημείο, αλλά αναφέρεται στα ‘φαγητά που πουλάω’ τα οποία ‘όλα αυξάνουν τα χρήματα αλλά μειώνουν τις πρώτες ύλες’ και στα ‘σημεία στην αποθήκη’ τα οποία ‘μειώνουν τα χρήματα και αυξάνουν τα ζωικά προϊόντα ή τα λαχανικά’. Αναγνωρίζει δηλαδή μοτίβα στις επιπτώσεις των σημείων, τα οποία στη συνέχεια γενικεύει σε κανόνες και κατηγοριοποιεί αναλόγως τα σημεία του παιχνιδιού. Βλέπει ότι η λύση της M2 θα χαλούσε την ισορροπία και τη λογική του παιχνιδιού αφού ένα σημείο που ανήκει στην κατηγορία ‘φαγητά που πουλάω’, και άρα αυξάνει τα χρήματα, δεν μπορεί να αυξάνει ταυτόχρονα και τα ζωικά προϊόντα. Στη συνέχεια εξηγεί στη M2 τα μοτίβα και τις κατηγορίες σημείων δείχνοντάς της παραδείγματα σημείων που ακολουθούν κοινό μοτίβο στη βάση δεδομένων (σειρές 2 και 4). Η M1 μέσα από την επεξήγηση της M2 αντιλαμβάνεται την ιδέα των μοτίβων εκφράζοντας μάλιστα μια γενική μαθηματική σχέση μεταξύ των δύο μοτίβων ‘Δηλαδή τα σημεία στην Κουζίνα κάνουν το αντίθετο από αυτά στην αποθήκη’. Τελικά, οι μαθήτριες προτείνουν δύο διαφορετικές λύσεις μάκρο-επιπέδου που περιλαμβάνουν την τροποποίηση του μοτίβου μιας κατηγορίας και όχι ενός μεμονωμένου σημείου. Στην τελευταία σειρά του συμβάντος, η M1 προτείνει την ταξινόμηση του πεδίου ‘Ζωικά Προϊόντα’ στη βάση δεδομένων ως λύση για να έχουν συγκεντρωμένα όλα τα σημεία της κατηγορίας ‘Αποθήκη’. Εδώ η M1 εκφράζει μέσα από τη βάση δεδομένων νοήματα για την έννοια της ταξινόμησης, μια δύσκολη έννοια για τους νεαρούς μαθητές, και αξιοποιεί την ταξινόμηση ως μέσο για τον εντοπισμό εγγραφών με κοινό μοτίβο σε ένα πεδίο (θετικό αριθμό στο πεδίο ‘Ζωικά Προϊόντα’).

Αντίστοιχα συμβάντα εντοπίστηκαν και σε άλλες ομάδες καθώς επιχειρούσαν να διορθώσουν τα ενσωματωμένα «σφάλματα» του μισοψημένου παιχνιδιού. Ωστόσο, τα περισσότερα συμβάντα στα οποία οι μαθήτριες εξέφραζαν νοήματα σε μακρο-επίπεδο ήταν στην τρίτη φάση της έρευνας, όταν προσπαθούσαν να ισορροπήσουν τις επιπτώσεις των σημείων-αντικειμένων, ώστε το παιχνίδι τους να είναι ταυτόχρονα ενδιαφέρον και διασκεδαστικό. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα προσέγγισης μακρο-επίπεδου αποτυπώνεται στη στρατηγική που ακολούθησε η ομάδα 2 για τη δημιουργία μιας νέας εκδοχής του παιχνιδιού. Στη διασκευή τους, ο παίκτης διαχειρίζεται έναν κινηματογράφο αντί για ένα εστιατόριο και επιλέγει ποιες ταινίες θα προβάλει κάθε μέρα καθώς και τι φαγητά θα πουλά στο κυλικείο. Οι παράμετροι του παιχνιδιού είναι: Χρήματα, Διασκέδαση, Ποιότητα_Σινεμά και Πελάτες_τη_μέρα και ο στόχος του παίκτη είναι να διατηρήσει τον κινηματογράφο ανοιχτό όσο το δυνατόν περισσότερο. Στο κρίσιμο συμβάν 47 οι μαθήτριες ελέγχουν το παιχνίδι με τον ρόλο του παίκτη και συνειδητοποιούν πως δεν είναι αρκετά δύσκολο και ενδιαφέρον λόγω των επιπτώσεων ορισμένων επιλογών. Στις γραμμές 1 και 2 οι μαθήτριες αναλύουν το παιχνίδι ως ένα ενιαίο σύστημα και αναφέρονται σε δυο ‘παράλογες’ συμπεριφορές που προκύπτουν από τις επιπτώσεις 2 σημείων. Συγκεκριμένα το γεγονός ότι μια ταινία (σημείο) «αφαιρεί πολύ λίγα χρήματα και αυξάνει πάρα πολύ τους πελάτες» δεν είναι συντακτικά λάθος, δηλαδή δεν αποτρέπει την εκτέλεση του αλγόριθμου του παιχνιδιού, ωστόσο είναι «λογικά» λάθος για τη ροή του παιχνιδιού. Το συγκεκριμένο σημείο όταν εξετάζεται ως μεμονωμένη περίπτωση (μικρο-επίπεδο) είναι σωστό, ωστόσο όταν εξετάζεται στο σύνολο του παιχνιδιού (μακρο-επίπεδο) αποκτά μια «λανθασμένη» συμπεριφορά σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία και τελικά κάνει το συνολικό παιχνίδι πολύ εύκολο. Αντίστοιχα και το σημείο που «έχει μόνο αρνητικές τιμές», ενώ δεν είναι λάθος ως μεμονωμένο αντικείμενο, δεν έχει νόημα στο σύστημα του παιχνιδιού γιατί δεν θα το επιλέξει ο παίκτης ποτέ όπως αναφέρει η M3.

Στη συνέχεια οι μαθήτριες περιγράφουν λεκτικά ορισμένους κανόνες που θα ακολουθούν όλα τα σημεία του παιχνιδιού. Δημιουργούν δηλαδή γενικευμένα πρότυπα (κλάσεις) που περιγράφουν ένα σύνολο από σημεία. Για παράδειγμα όταν περιγράφουν ότι «οι καινούριες ταινίες κοστίζουν πολύ αλλά αυξάνουν πολύ και τους πελάτες» δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένες ταινίες/σημεία αλλά σε οποιαδήποτε καινούρια ταινία προσθέσουν στο παιχνίδι. Η διαφορά από το μέσο-επίπεδο είναι ότι εδώ πάνε ένα βήμα παραπέρα και περιγράφουν σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών κλάσεων με τις οποίες ισορροπείται το παιχνίδι συνολικά. Στη γραμμή 4 η M3 επεκτείνει τον κανόνα λέγοντας πως οι παλιές ταινίες θα κάνουν το αντίθετο από τις καινούριες, δηλαδή θα «κοστίζουν λίγο αλλά θα μειώνουν αντίστοιχα λίγο και τους πελάτες». Έτσι, εκτός από μεμονωμένες κλάσεις που περιγράφουν μια ομάδα σημείων/αντικειμένων του παιχνιδιού, δημιουργούν ένα σύστημα κλάσεων που διέπονται από εσωτερικούς και εξωτερικούς κανόνες. Η ανάλυση που κάνουν είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και αποτελεί ένδειξη εφαρμογής της υπολογιστικής αφαίρεσης.

1	M4	Εεε...Αυτή η ταινία αφαιρεί πολύ λίγα χρήματα και αυξάνει πάρα πολύ τους πελάτες και τη διασκέδαση. Γιατί το κάναμε έτσι; Είναι πολύ εύκολο!		
2	M3	Κι αυτή εδώ έχει μόνο αρνητικές τιμές. Δεν θα το επιλέξει ποτέ κανείς. Λοιπόν, πρέπει να ισορροπήσουμε το παιχνίδι		
3	M4	Μπορούμε να σκεφτούμε κάποιους κανόνες για τις επιπτώσεις όπως αυτοί για τα φαγητά που είχε το αρχικό παιχνίδι		
4	M3	Ναι ας πούμε ότι οι καινούριες ταινίες κοστίζουν πολύ αλλά αυξάνουν πολύ και τους πελάτες, ενώ οι παλιές ταινίες κάνουν το αντίθετο . Δηλαδή κοστίζουν λίγο αλλά μειώνουν αντίστοιχα λίγο και τους πελάτες		
5	M4	Ή καλές και κακές ταινίες με βάση τις κριτικές τους στην πραγματικότητα.		
6	M3	Οκ κάτσε πρώτα να σκεφτούμε τις κατηγορίες και τους κανόνες τους και μετά να αλλάξουμε τις τιμές όλων των σημείων στη βάση		

Πριν προβούν σε υπολογιστικές τροποποιήσεις στο παιχνίδι οι μαθήτριες περιγράφουν τις «κλάσεις» και τις μεταξύ τους σχέσεις σε έναν πίνακα στο φύλλο εργασίας τους (Εικόνα 35). Μεταφέρουν δηλαδή τους κανόνες που είχαν περιγράψει λεκτικά για τις επιπτώσεις κάθε κλάσης, σε μια δική τους φορμαλιστική αναπαράσταση. Ο ιδιαίτερος αυτός πίνακας που επινόησαν οι μαθήτριες δεν αποτελείται από συγκεκριμένα νούμερα, αλλά από αφηρημένους κανόνες σε σχέση με το αν μια «κατηγορία σημείων» επιφέρει αύξηση (+) ή μείωση (-) σε κάθε πεδίο του παιχνιδιού. Με τον πίνακα αυτό οι μαθήτριες περιγράφουν συγκεντρωτικά τις επιπτώσεις όλων των

αντικειμένων του παιχνιδιού σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, χωρίς να ασχολούνται με το κάθε ένα σημείο χωριστά. Ταυτόχρονα χρησιμοποιούν τον πίνακα για να συγκρίνουν την συμμετρία των κατηγοριών και την ισορροπία σε επίπεδο συστήματος και όχι μόνο σε επίπεδο κλάσης. Όπως φαίνεται και στον πίνακα ισορροπούν τα θετικά με τα αρνητικά τόσο ανά κλάση (γραμμή) όσο και ανά πεδίο (στήλη). Το γεγονός αυτό δείχνει πως σκέφτονται τόσο τους εσωτερικούς κανόνες που αφορούν τα αντικείμενα κάθε κλάσης όσο και τους κανόνες μεταξύ των κλάσεων του παιχνιδιού (η μια θα έχει το αντίθετο αποτέλεσμα από την άλλη). Στη συνέχεια τροποποίησαν τις τιμές των σημείων/αντικειμένων του παιχνιδιού ανάλογα με τους κανόνες της κατηγορία/κλάσης που ανήκαν. Κατόπιν, πρόσθεσαν ή αφαίρεσαν αντικείμενα από κάθε κατηγορία ώστε να ισορροπήσουν ακόμη περισσότερο το παιχνίδι.

κατηγορία έντευξη	χρητά	παικτες	ποιότητα ⁽⁸⁾	entertainment ⁽⁹⁾
Ταινίες νέες	(πολύ) —	+	+	+ / —
γρήγορα φάρμακα	+	random	+	—
Ανθυποκαταστάσεις	+	+	—	+
Ταινίες παλιές	(λίγο) —	—	—	+ / —

Εικόνα 35: Ο πίνακας στο φύλλο εργασίας της ομάδας 2 που αποτυπώνει τις κλάσεις των επιλογών και τους γενικευμένους κανόνες των επιπτώσεών του στα πεδία του παιχνιδιού

Η στρατηγική με τον αφηρημένο πίνακα κατηγοριών και πεδίων, αναδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο οι συγκεκριμένες μαθήτριες, χωρίς προηγούμενη εμπειρία στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, προσεγγίζουν και νοηματοδοτούν την έννοια της κλάσης σε ένα πλαίσιο με προσωπικό νόημα. Πρόκειται για μια αναπαράσταση αρκετά διαφορετική από αυτή που χρησιμοποιείται συνήθως για την περιγραφή της έννοιας της κλάσης και του αντικειμένου, η οποία ωστόσο εκφράζει την αντίληψη των μαθητριών για τις έννοιες αυτές στα πλαίσια του παιχνιδιού.

Οι μαθήτριες επινόησαν μια στρατηγική για να διαχειριστούν την πολυπλοκότητα εισαγωγής πολλών δεδομένων σε ένα σύστημα, η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή των γενικών κανόνων κάθε κατηγορίας πριν προσθέσουν τα σημεία της. Όπως περιγράφουν στην ερευνητρία στο απόσπασμα συνέντευξης 5 η χρήση γενικευμένων κατηγοριών τις βοήθησε να ισορροπήσουν τις επιπτώσεις του παιχνιδιού ώστε να μην είναι πολύ εύκολο αλλά και να προσθέτουν γρήγορα και σωστά πολλές επιλογές. Με τη στρατηγική τους εκφράζουν μια περίπτωση κατασκευής μαύρου κουτιού, υπό την έννοια της γενικευμένης κατηγορίας. Έτσι για να ισορροπήσουν τις επιπτώσεις των κατηγοριών δεν χρειάζεται να γνωρίζουν τις ακριβείς τιμές του κάθε σημείου-αντικειμένου αλλά τον γενικό κανόνα που ακολουθεί η κλάση, δηλαδή το μαύρο κουτί, που τα υλοποιεί.

1	E	Πως αποφασίσατε τα νούμερα που θα βάλατε στις επιπτώσεις εδώ;	Η Ε τους δείχνει τη βάση δεδομένων
2	M3	Ανάλογα σε ποια κατηγορία άνηκε κάθε σημείο βάζαμε αντίστοιχα τις τιμές.	
3	M4	Ναι ας πούμε αν κάποια ταινία είναι καινούρια κοστίζει πολύ κι αν είναι παλιά λιγότερο	
4	E	Δηλαδή ακολουθείται κάποιους κανόνες;	
5	M4	Ναι	
6	M3	Και για τους πελάτες ας πούμε. Οι καινούριες ταινίες τους αυξάνουν ενώ οι παλιές τους μειώνουν γιατί μπορεί να τις έχουν ήδη δει	
7	M4	Αλλά ισορροπεί με το ότι είναι φτηνές.	
8	E	Και σας βοήθησε να έχετε αυτός τους κανόνες;	
9	M4	Ναι γιατί ήταν πολύ πιο εύκολο να ισορροπήσουμε το παιχνίδι έτσι, γιατί ξέραμε ότι όλα τα σημεία που ανήκουν στην ίδια κατηγορία ακολουθούν τους ίδιους κανόνες	
10	M3	Και είμασταν σίγουρες ότι δεν θα υπήρχε κάποιο πολύ θετικό ή πολύ αρνητικό σημείο	

5.2.4 Σύνοψη

Στην ενότητα αυτή η ερευνήτρια βασισμένη, στην προσέγγιση της «σκέψης σε επίπεδα» για πολύπλοκα συστήματα (Wilensky&Resnick, 1999), εξέτασε τις στρατηγικές ανάλυσης του παιχνιδιού σε επιμέρους επίπεδα που εφάρμοσαν οι μαθήτριες κατά το παίξιμο και την τροποποίηση του. Ταυτόχρονα μελέτησε τις διαδικασίες νοηματοδότησης των εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης που προέκυψαν σε κάθε επίπεδο ανάλυσης του παιχνιδιού. Όπως φαίνεται και στον συγκεντρωτικά πίνακα αποτελεσμάτων (πίνακας 32) η ερευνήτρια εντόπισε τρία επίπεδα ανάλυσης και τροποποίησης του συστήματος από τις μαθήτριες από τα οποία προκύπτουν αντίστοιχα τρία επίπεδα νοηματοδότησης του αντικειμένου και της κλάσης.

Πίνακας 32: Σύνοψη των επιπέδων ανάλυσης του συστήματος και των στρατηγικών νοηματοδότησης της έννοιας του αντικειμένου στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Επίπεδο ανάλυσης συστήματος	Αντίληψη αντικειμένου παιχνιδιού	Υπολογιστικές πρακτικές	Υπολογιστικές έννοιες
Μίκρο-επίπεδο	Μεμονωμένη περίπτωση υλοποίησης		Εγγραφή βάσης Μεταβλητή
Μέσο-επίπεδο	Στιγμιότυπο κλάσης	Ταξινόμηση Σύγκριση δεδομένων	Μεταβλητή Αντικείμενο Κλάση

		Εντοπισμός και γενίκευση μοτίβων Αφαίρεση	Κληρονομικότητα
Μάκρο-επίπεδο	Στιγμιότυπο κλάσης και κομμάτι του συστήματος παιχνιδιού	Γενίκευση Αφαίρεση	Κλάση Αντικείμενο Πρόβλεψη αποτελέσματος Αποτελεσματικότητα

Το μικρο-επίπεδο αποτελεί το επίπεδο με τη χαμηλότερη αφαίρεση στο οποίο οι μαθήτριες προσέγγιζαν κάθε σημείο-αντικείμενο του παιχνιδιού μια ανεξάρτητη περίπτωση υλοποίησης που δεν συνδέεται με τα υπόλοιπα σημεία. Χαρακτηριστικό του μικρο-επίπεδου, ήταν ότι οι μαθήτριες πραγματοποιούσαν εστιασμένες τροποποιήσεις σε κάθε σημείο-αντικείμενο, για παράδειγμα αλλαγή των επιπτώσεών του, χωρίς να λαμβάνουν υπόψιν εάν και πώς οι αλλαγές αυτές θα επηρεάσουν το σύνολο του παιχνιδιού. Μέσα από την εστιασμένη ανάλυση και διασκευή των επιλογών του παιχνιδιού οι μαθήτριες νοηματοδότησαν το κάθε σημείο-αντικείμενο ως εγγραφή της βάσης δεδομένων και τα πεδία ως μεταβλητές. Ωστόσο οι τροποποιήσεις που έκαναν στο επίπεδο αυτό οδηγούσαν συχνά σε λογικά λάθη στο παίξιμο του παιχνιδιού.

Το μέσο-επίπεδο αποτελεί ένα ενδιάμεσο επίπεδο ανάλυσης του συστήματος στο οποίο οι μαθήτριες αναγνωρίζουν ομοιότητες μεταξύ των σημείων-αντικειμένων του παιχνιδιού και τα ομαδοποιούν σε γενικευμένα σύνολα (ή και υποσύνολα). Κάθε σύνολο ακολουθεί συγκεκριμένους «εσωτερικούς» κανόνες που διέπουν όλες τις επιλογές του παιχνιδιού που ανήκουν σε αυτό. Στο επίπεδο αυτό οι μαθήτριες νοηματοδότησαν την έννοια της κλάσης ως ένα τέτοιο αφηρημένο πρότυπο, ένα «καλούπι», με βάση το οποίο δημιουργούνται σημεία-επιλογές στο παιχνίδι. Αντίστοιχα νοηματοδότησαν κάθε σημείο-αντικείμενο ως ένα στιγμιότυπο που κατασκευάζεται από ένα πρότυπο. Στις διασκευές που πραγματοποίησαν σε αυτό το επίπεδο εφάρμοσαν πρακτικές υπολογιστικής σκέψης που σχετίζονταν κυρίως με τη σύγκριση δεδομένων, τον εντοπισμό μοτίβων μεταξύ των αντικειμένων, την ταξινόμηση τους σε κατηγορίες και τη γενίκευση των κατηγοριών αυτών σε αφηρημένα πρότυπα. Το μέσο-επίπεδο φάνηκε πως έκανε πιο ευέλικτη τη μετάβαση από το μικρο στο μάκρο επίπεδο και τη νοηματοδότηση των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ των αντικειμένων και των κλάσεων του συστήματος (Sharona & Wilensky, 2008)

Τέλος το μάκρο-επίπεδο αποτελεί το επίπεδο με την υψηλότερη αφαίρεση στο οποίο οι μαθήτριες αντιλαμβάνονταν και προσέγγιζαν το παιχνίδι ως ένα ενιαίο υπολογιστικό σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους κλάσεις, υποκλάσεις και αντικείμενα που συνδέονται μεταξύ τους με κανόνες και σχέσεις και δημιουργούν την εμπειρία παιχνιδιού. Στο επίπεδο αυτό οι μαθήτριες ήταν σε θέση να

προσδιορίσουν και να διαχωρίσουν τους εσωτερικούς κανόνες των κλάσεων, οι οποίοι διέπουν όλα τα αντικείμενα τους, και τους εξωτερικούς κανόνες – σχέσεις μεταξύ των κλάσεων του παιχνιδιού. Στις διασκευές που πραγματοποιήσουν σε αυτό το επίπεδο λάμβαναν υπόψη την επίδραση της κάθε αλλαγής στην ισορροπία του συστήματος και στην τελική εμπειρία παιχνιδιού. Όπως φάνηκε και από την ανάλυση των κρίσιμων συμβάντων, για την υλοποίηση διασκευών μάκρο-επιπέδου οι μαθήτριες εφάρμοσαν κυρίως τις υπολογιστικές πρακτικές της γενίκευσης των κλάσεων που είχαν ήδη εντοπίσει στο μέσο-επίπεδο καθώς και της αφαίρεσης των αντικειμένων και των κανόνων τους. Ακόμη οι στρατηγικές τους ενσωμάτωναν υπολογιστικές ιδέες υψηλότερου επιπέδου, όπως η έννοια της πρόβλεψης πιθανών λογικών σφαλμάτων και η αποτελεσματικότητα του αλγόριθμου σε διαφορετικές εκτελέσεις που μπορεί να προκύπταν από διαφορετικούς τρόπους παιξίματος του παιχνιδιού.

Όπως φάνηκε, οι πολλαπλές αναπαραστάσεις των σημείων-αντικειμένων του παιχνιδιού που προσφέρει το περιβάλλον «ChoiCo» συνέβαλε σημαντικά τόσο στην ανάλυση του παιχνιδιού στα τρία επίπεδα όσο και στη νοηματοδότηση της έννοιας της κλάσης και του αντικειμένου σε κάθε επίπεδο από τις μαθήτριες. Η αναπαράσταση των επιλογών ως σημεία στη σκηνή του παιχνιδιού με τα οποία ο παίκτης αλληλεπιδρά, βοήθησε τις μαθήτριες να οπτικοποιήσουν την αφηρημένη έννοια του προγραμματιστικού αντικειμένου ως ένα «χειροπιαστό» αντικείμενο του παιχνιδιού. Επιπλέον η απεικόνιση των ιδιοτήτων κάθε αντικειμένου στον πίνακα επιπτώσεων κατά το παίξιμο του παιχνιδιού βοήθησε σημαντικά στη σύγκριση διαφορετικών αντικειμένων και στην ταξινόμησή τους σε σύνολα με κοινές επιπτώσεις. Η διαδραστική βάση δεδομένων στη λειτουργία σχεδιασμού επέτρεψε στις μαθήτριες να αντιληφθούν τα σημεία ως εγγραφές της βάσης, να αναλύσουν και να συγκρίνουν το σύνολο των αντικειμένων, να αναγνωρίσουν μοτίβα στις επιπτώσεις τους ανά πεδίο (στήλη) και να εντοπίσουν σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών. Ακόμη όταν οι μαθήτριες πρόσθεταν ένα νέο αντικείμενο, η αναπαράστασή του ως «κενή» εγγραφή της βάσης δεδομένων την οποία έπρεπε να συμπληρώσουν, τις βοήθησε να αντιστοιχήσουν κάθε αντικείμενο στην κλάση που ανήκει και να διαμορφώσουν τις τιμές των πεδίων του ανάλογα με τους κανόνες της κλάσης αυτής. Τέλος η αναπαράσταση των επιλογών ως αντικείμενα στον κώδικα επέτρεψε στις μαθήτριες να προγραμματίσουν συγκεκριμένους ελέγχους γεγονότων και συμπεριφορές σε κάθε αντικείμενο ή στα αντικείμενα μιας κλάσης συνδέοντας την οπτική τους αναπαράσταση ως σημεία στη σκηνή και ως εγγραφές στη βάση με τις προγραμματιστικές τους ιδιότητες.

5.3 Στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στα δεδομένα του παιχνιδιού

Η αναγνώριση μοτίβων ως υπολογιστική πρακτική αφορά τη διαδικασία εντοπισμού και αντιστοίχισης ομοιοτήτων μεταξύ υπολογιστικών στοιχείων, όπως δεδομένα, αλγόριθμους,

τμήματα κώδικα, που συνήθως στοχεύει στην εξαγωγή πληροφοριών και συμπερασμάτων για αυτά (Grover & Pea, 2018). Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η αναγνώριση μοτίβων είναι μια θεμελιώδης δεξιότητα υπολογιστικής σκέψης καθώς αποτελεί το πρώτο βήμα για τη γενίκευση και την αφαίρεση. Μια σημαντική πτυχή των δραστηριοτήτων της παρούσας διδακτικής παρέμβασης ήταν η διαχείριση, και η τροποποίηση των δεδομένων του παιχνιδιού. Τα δεδομένα των παιχνιδιών που αναπτύσσονται στο περιβάλλον ChoiCo αφορούν τις ιδιότητες των σημείων της σκηνής του παιχνιδιού και απεικονίζονται με δυο μέσα αναπαράστασης: α) στο περιβάλλον παιχνιδιού μέσω του «πίνακα πληροφοριών» κάθε σημείου, ο οποίος εμφανίζεται όταν ο παίκτης πατήσει με το ποντίκι πάνω σε ένα σημείο β) στο περιβάλλον σχεδιασμού μέσω της διαδραστικής βάσης δεδομένων, η οποία συγκεντρώνει όλα τα σημεία του παιχνιδιού και τα δεδομένα τους και επιτρέπει τη διαχείρισή και την τροποποίηση τους από τον χρήστη. Η διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων είναι ένας τομέας της πληροφορικής που συνδέεται άμεσα με την πρακτική της αναγνώρισης μοτίβων (Hu 2011. Barr & Stephenson, 2011). Ωστόσο, έως σήμερα, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς οι στρατηγικές αναγνώρισης μοτίβων που εκφράζουν οι μαθητές όταν διαχειρίζονται τα δεδομένα ενός υπολογιστικού συστήματος. Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι στρατηγικές που εξέφρασαν οι μαθήτριες της παρούσας έρευνας καθώς έπαιζαν και διασκεύαζαν το παιχνίδι «CT Chef» στο περιβάλλον ChoiCo.

Η ερευνήτρια χώρισε τις στρατηγικές των μαθητών σε δυο ευρύτερες κατηγορίες: α) στον εντοπισμό και εφαρμογή μοτίβων στις επιλογές του παίκτη ως τακτική του παιχνιδιού, β) στην εφαρμογή μοτίβων στη βάση δεδομένων για την εξισορρόπηση του παιχνιδιού ως διασκευαστής. Στις επόμενες παραγράφους αναπτύσσεται η κάθε στρατηγική νοηματοδότησης των μαθητριών μέσα από την ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων. Τα συμβάντα επιλέχθηκαν ώστε να αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικές περιπτώσεις εφαρμογής της κάθε στρατηγικής και ταυτόχρονα να καλύπτουν όλες τις ομάδες των μαθητριών. Ο πίνακας 33 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα της ενότητας, προσφέροντας στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων ανά ομάδα μαθητριών και ανά εφαρμογή της παρέμβασης.

Πίνακας 33: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 5.3

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Εφαρμογή παρέμβασης
Κρίσιμο Συμβάν 48	2	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 49	2	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 50	3	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 51	3	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση του παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 52	2	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής

5.3.1 Αναγνώριση και χρήση μοτίβων ως τακτική του παιχνιδιού

Η χρήση μοτίβων στις κινήσεις του παίκτη, δηλαδή η επανάληψη μιας συγκεκριμένης σειράς κινήσεων μέχρι την επίτευξη ενός στόχου, είναι μια γνωστή τακτική που εφαρμόζεται σε πολλά παιχνίδια, ψηφιακά και μη. Για παράδειγμα στα παιχνίδια μάχης οι παίκτες συχνά επαναλαμβάνουν ένα μοτίβο στα πλήκτρα για την επανάληψη κινήσεων του παίκτη. Ωστόσο, σε παιχνίδια προσομοίωσης όπως το CT Chef, η αναγνώριση και η εφαρμογή μοτίβων στο παίξιμο του παιχνιδιού είναι μια πιο πολύπλοκη διαδικασία, καθώς τα αποτελέσματά των ενεργειών του παίκτη προκύπτουν από μια σύνθεση δεδομένων, σχέσεων, συνθηκών και επιπτώσεων. Ταυτόχρονα όμως, ο εντοπισμός και η εφαρμογή μοτίβων μπορεί να συμβάλλει στην εξισορρόπηση των επιπτώσεων σε βάθος χρόνου παιχνιδιού βοηθώντας σημαντικά την πρόοδο του παίκτη.

Οι μαθήτριες κατά τη διάρκεια παιξίματος του παιχνιδιού προσπάθησαν αρκετές φορές να εντοπίσουν κάποιο μοτίβο κινήσεων που θα τους επέφερε το βέλτιστο αποτέλεσμα ή ιδανικά θα τους επέτρεπε να μην χάσουν ποτέ. Για να το πετύχουν συνέκριναν τα δεδομένα επιπτώσεων διαφορετικών σημείων ή κατηγοριών σημείων (βλ. 5.2) και, συνήθως, επέλεξαν δυο διαδοχικά σημεία με αντίθετες επιπτώσεις ώστε να ισορροπήσουν τα «θετικά» και τα «αρνητικά». Στις περιπτώσεις αυτές, οι μαθήτριες νοηματοδότησαν το μοτίβο ως την επανάληψη συγκεκριμένων κινήσεων (επιλογών) που επιφέρουν μια επαναλαμβανομένη σειρά επιπτώσεων στην προσομοίωση. Αυτή είναι μια στρατηγική που ταυτίζεται με τα μοτίβα επιλογών που ακολουθούνται στην καθημερινή ζωή για την εξισορρόπηση διαφόρων συστημάτων ή κοινωνικό-οικονομικών ζητημάτων όπως η ισορροπημένη διατροφή, η διαχείριση πόρων και η αειφόρος ανάπτυξη.

Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 48 οι μαθήτριες της ομάδας 1 έχουν σημειώσει τη σειρά με την οποία επέλεξαν σημεία στην προηγούμενή τους προσπάθεια και όταν ξαναρχίζουν το παιχνίδι επαναλαμβάνουν τον συνδυασμό που θεωρούν ότι τις κράτησε περισσότερο σε ισορροπία. Οι μαθήτριες, μέσα από την τακτική του παιχνιδιού που ακολουθούν περιγράφουν την επανάληψη ενός μοτίβου πολύ συγκεκριμένων κινήσεων του παιχνιδιού. Μάλιστα εκφράζουν ένα διπλό μοτίβο και την έννοια της διπλής επανάληψης. Συγκεκριμένα το πρώτο μοτίβο, έστω μοτίβο 1: «αυγά, τοστ, χωριάτικη λουκουμάδες», επαναλαμβάνεται μέχρις ότου τα λαχανικά ή τα ζωικά προϊόντα να έχουν την τιμή 5. Στη κάνουν επιλογές στην αποθήκη και επαναλαμβάνουν το δεύτερο μοτίβο, έστω μοτίβο2: «μοτίβο1, επιλογές στην αποθήκη», από την αρχή. Οι μαθήτριες εδώ, εκφράζουν διαισθητικά νοήματα τόσο για την έννοια του μοτίβου με βάση τις επιπτώσεις των σημείων που επιλέγουν, όσο και για την έννοια της επανάληψης και περιγράφουν προφορικά έναν μικρό αλγόριθμο εκτέλεσης των κινήσεών τους. Είναι σημαντικό πως η νοηματοδότηση των εννοιών σε αυτή τη φάση, δεν λαμβάνει χώρα μέσω κάποιου προγραμματιστικού formalισμού, αλλά στα πλαίσια των κινήσεων και της πορείας του παιχνιδιού

Κρίσιμο Συμβάν 48

1	M3	λοιπον παμε παλι με την ιδια σειρά . Αυγα, τοστ, χωριατικη, λουκουμαδες και ξανά το ίδιο μέχρι να μειωθούν πολύ τα ζωικά προϊόντα ή τα λαχανικά, ας πούμε 5	Επιλέγουν γρήγορα και διαδοχικά τα σημεία χωρίς να κοιτάζουν τις επιπτώσεις στον πίνακα
2	M4	Μετά θα πάμε να αγοράσουμε ζωικά προϊόντα ή λαχανικά από τα σημεία στην αποθήκη. Και θα επαναλάβουμε το ίδιο	

Αντιστοίχως, στο κρίσιμο συμβάν 48 οι μαθήτριες της ομάδας 2 εκφράζουν μια παρόμοια αλλά περισσότερο γενικευμένη στρατηγική. Αρχικά συνθέτουν το ζητούμενο που θέλουν να πετύχουν δηλαδή «να αυξήσουμε το πεδίο πελάτες (γραμμή 1) και παράλληλα να έχουμε αρκετά ζωικά προϊόντα και τα λαχανικά (γραμμή 2)». Στη συνέχεια συνθέτουν το μοτίβο κινήσεων που πρέπει να εφαρμόσουν για να πετύχουν το ζητούμενο. Σε αντίθεση όμως με τις μαθήτριες στο κρίσιμο συμβάν 49, οι μαθήτριες εδώ στην περιγραφή του μοτίβου χρησιμοποιούν τις γενικές κατηγορίες σημείων που έχουν ήδη εντοπίσει αντί για συγκεκριμένα σημεία του παιχνιδιού. Στο μοτίβο που εκφράζει η M3 στη γραμμή 3 αναφέρεται γενικά στις κατηγορίες «ακριβά φαγητά» και «πρώτες ύλες» και όχι σε συγκεκριμένα σημεία του παιχνιδιού. Μάλιστα υποστηρίζει πως δεν χρειάζεται να κοιτάζει τις ιδιότητες κάθε σημείου, αφού γνωρίζει του κανόνες που ακολουθεί η κάθε κατηγορία και άρα μπορεί να προβλέψει τις επιπτώσεις που θα έχει κάθε σημείο στα πεδία του παιχνιδιού. Στη συνέχεια, η M4 περιγράφει με ακόμα μεγαλύτερη λεπτομέρεια το μοτίβο, αναφερόμενη και πάλι σε γενικές κατηγορίες (πρώτες ύλες) και υποκατηγορίες (ανθυγιεινά φαγητά, υγιεινά φαγητά) σημείων και όχι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Είναι σημαντικό πως οι μαθήτριες, χωρίς να έχουν εμπλακεί ακόμα με προγραμματισμό, εκφράζουν μέσα από το παιχνίδι νοήματα τις έννοιες του μοτίβου και της επανάληψης.

Κρίσιμο Συμβάν 49

1	M3	Ωραια αυτή τη φορα παμε να αυξήσουμε το πεδίο πελάτες .
2	M4	ναι αλλα πρέπει παράλληλα να έχουμε αρκετά ζωικά προϊόντα και λαχανικά , αλλιως θα χασουμε πάλι
3	M3	ωραια. Ακου τι θα κάνουμε. Επιλέγουμε να πουλήσουμε ακριβά μέχρι να μαζέψουμε αρκετά χρήματα , μετά πάμε και επιλέγουμε πρώτες ύλες από την αποθήκη και μετά ξανά το ίδιο. Δεν κοιτάω καν τις τιμές εδω πάνω
4	M4	Τέλεια λοιπόν. Δίνουμε 2-3 ανθυγιεινά φαγητά , μετά 2-3 υγιεινά φαγητά , και μετά πάμε αποθήκη αγοράζουμε 1-2 πρώτες ύλες και ξανά το ίδιο .

Ωστόσο, στο παιχνίδι, όπως και στην πραγματική ζωή, τόσο οι τυχαίες επιπτώσεις όσο και οι μικρές αποκλίσεις στον απόλυτο αριθμό της θετικής και αρνητικής επίπτωσης, χαλούσαν την ισορροπία των παραμέτρων μετά από λίγη ώρα εφαρμογής του μοτίβου με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να τερματίζει το παιχνίδι. Αν και η τακτική αυτή δεν ήταν τελικά επιτυχημένη ως προς το αρχικό ζητούμενο, δηλαδή να μην χάσουν ποτέ, συνέβαλε σημαντικά στην κατασκευή νοημάτων από τις μαθήτριες για την πρακτική της αναγνώρισης μοτίβων και για την έννοια της επανάληψης.

5.3.2 Αναγνώριση και χρήση μοτίβων στη βάση δεδομένων

Η δεύτερη στρατηγική που εξέφρασαν οι μαθήτριες της έρευνας σε σχέση με την έννοια των μοτίβων, αφορά τον εντοπισμό και τη δημιουργία μοτίβων στα δεδομένα όλων των σημείων του παιχνιδιού τα οποία απεικονίζονται και μπορούν να επεξεργαστούν από τη βάση δεδομένων του περιβάλλοντος. Η ερευνήτρια χώρισε σε δυο επιμέρους κατηγορίες τα μοτίβα που διερεύνησαν οι μαθήτριες στα δεδομένα της βάσης ανάλογα με τη στρατηγική και τις υπολογιστικές έννοιες που εφάρμοσαν για τον εντοπισμό ή την κατασκευή τους: τα μοτίβα στήλης (ή κάθετα μοτίβα) και τα μοτίβα γραμμής (ή οριζόντια μοτίβα) (εικόνα 36)

ID	Description	Ευχαρίστηση	Χρήματα	Κούραση
534	Λονδίνο	0	-100	10
537	Βαρκελώνη	0	-105	11
540	Κων/πολη	0	-20	2
543	Ξενοδοχείο 1	40	-100	-5
544	Ξενοδοχείο 2	15	-80	1
546	Hostel	-20	-15	15
550	Ξενώνας	-45	-5	20
558	Κολοσσαίο	15	-10	5
559	Βατικανό	20	-15	10

Εικόνα 36: Κάθετα και οριζόντια μοτίβα στα δεδομένα της βάσης (ομάδα 1)

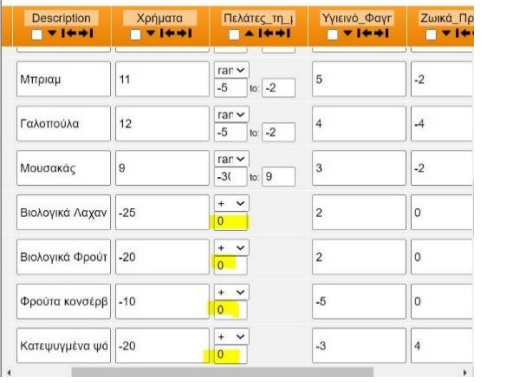
Η πρώτη κατηγορία αφορά τον εντοπισμό ή την αντιστοίχιση μοτίβων στις επιπτώσεις όλων των σημείων του παιχνιδιού ως προς ένα πεδίο. Η ερευνήτρια ονόμασε τα μοτίβα αυτά «**κάθετα**» καθώς προκύπτουν από τη σύγκριση όλων των εγγραφών για μια στήλη της βάσης δεδομένων και τον εντοπισμό κοινών ή επαναλαμβανομένων χαρακτηριστικών μεταξύ των σημείων του παιχνιδιού ως προς το συγκεκριμένο πεδίο (εικόνα 36). Ένα σύνθημα παράδειγμα κατά ήταν η σύγκριση των δεδομένων όλων των σημείων (εγγραφών) ως προς το πεδίο «Υγιεινό Φαγητό» και η εξαγωγή συμπερασμάτων για μοτίβα που εμφανίζονται στα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή οδήγησε τις μαθήτριες στην ταξινόμηση των σημείων με βάσει τις επιπτώσεις τους και τη δημιουργία γενικευμένων κατηγοριών (κλάσεων) σημείων με κοινά χαρακτηριστικά (δες. Ενότητα 5.2.2.). Όπως φάνηκε στην ανάλυση δεδομένων, οι μαθήτριες μετέβησαν σταδιακά από τον εντοπισμό στην αντιστοίχιση μοτίβων και τελικά στην κατασκευή των δικό τους μοτίβων στα δεδομένα του

παιχνιδιού. Στο παράδειγμα της εικόνας 33 η μια μαθήτρια της ομάδας 1 έχει ταξινομήσει τη βάση δεδομένων του διασκευασμένου παιχνιδιού ως προς τη στήλη «Ευχαρίστηση» ώστε να περιγράψει στην ερευνήτρια τα μοτίβα που ακολουθούν όλα τα σημεία του παιχνιδιού ως προς αυτό το πεδίο. Όπως περιγράφει «Η επίσκεψη σε μια πόλη δεν επηρεάζει την ευχαρίστηση, τα αξιοθέατα και τα ακριβά ξενοδοχεία την αυξάνουν, ενώ τα φτηνά ξενοδοχεία όπως τα hostel τη μειώνουν».

Ένα ακόμα παράδειγμα στο οποίο οι μαθήτριες εφαρμόζουν την κάθετη σύγκριση των δεδομένων και οδηγούνται αρχικά σε εντοπισμό και στη συνέχεια σε κατασκευή μοτίβων φαίνεται στα αποσπάσματα των κρίσιμων συμβάντων 50 και 51. Τα συμβάντα αυτά έλαβαν διαδοχικά χώρα από τις μαθήτριες της ομάδας 3 στη δεύτερη φάση της διδακτικής παρέμβασης κατά τη διόρθωση του αρχικού παιχνιδιού.

Κρίσιμο Συμβάν 50

1	M5	Λοιπόν έχουμε σημειώσει ότι θέλουμε όλα τα φαγητά να ακολουθούν ένα συγκεκριμένο μοτίβο για το πως αλλάζουν οι πελάτες.		Κοιτάζει στο φύλλο εργασίας τις αλλαγές που έχουν σημειώσει ότι θέλουν να κάνουν στο αρχικό παιχνίδι																								
2	M6	Για να δούμε πως αλλάζουν οι πελάτες συνολικά		Κοιτάζουν τη βάση δεδομένων																								
3	M5	Νομίζω ότι τα υγιεινά φαγητά όπως το ψάρι, οι φακές, το σούσι, μειώνουν τους πελάτες	<table><tr><th>Description</th><th>Χρήματα</th><th>Πελάτες_τη_μέρα</th></tr><tr><td>Πουρές Λαχανικών</td><td>5</td><td>rar -2(to: -1</td></tr><tr><td>Ψάρι στο φούρνο</td><td>12</td><td>rar -4 to: -1</td></tr><tr><td>Παγωτό</td><td>4</td><td>rar 0 to: 3</td></tr><tr><td>Καρμπονάρα</td><td>9</td><td>rar 0 to: 3</td></tr><tr><td>Σούσι</td><td>9</td><td>rar -2 to: 0</td></tr><tr><td>Τηγανιτές πατάτες</td><td>5</td><td>rar 1 to: 4</td></tr><tr><td>Φακές</td><td>6</td><td>rar -4 to: -1</td></tr></table>	Description	Χρήματα	Πελάτες_τη_μέρα	Πουρές Λαχανικών	5	rar -2(to: -1	Ψάρι στο φούρνο	12	rar -4 to: -1	Παγωτό	4	rar 0 to: 3	Καρμπονάρα	9	rar 0 to: 3	Σούσι	9	rar -2 to: 0	Τηγανιτές πατάτες	5	rar 1 to: 4	Φακές	6	rar -4 to: -1	Συγκρίνει τις τιμές του πεδίου «Πελάτες_τη_μέρα» για τις τρεις εγγραφές στη βάση
Description	Χρήματα	Πελάτες_τη_μέρα																										
Πουρές Λαχανικών	5	rar -2(to: -1																										
Ψάρι στο φούρνο	12	rar -4 to: -1																										
Παγωτό	4	rar 0 to: 3																										
Καρμπονάρα	9	rar 0 to: 3																										
Σούσι	9	rar -2 to: 0																										
Τηγανιτές πατάτες	5	rar 1 to: 4																										
Φακές	6	rar -4 to: -1																										

4	M6	και τα ανθυγιεινά αλλά νόστιμα όπως οι τηγανιτές πατάτες, τα Pancakes ... η καρμπονάρα, τους αυξάνουν.		Συγκρίνει τις τιμές του πεδίου «Πελάτες_τη_μέρα» για τις ορισμένες εγγραφές στη βάση
5	M5	Και τα φαγητά στην αποθήκη νομίζω ότι δεν κάνουν τίποτα. Για δες		Ψάχνει στη βάση τις τιμές των σημείων που βρίσκονται στη στρώση «Αποθήκη»
6	M6	Ναι. Κάτσε να το ελέγξω ότι ισχύουν αυτά που λέμε για όλα... Ναι έτσι είναι		Κοιτάζει αν ισχύει η υπόθεσή της για όλες τις εγγραφές της βάσης
7	M5	Α! Και είχαμε πει ότι όλα αλλάζουν τους πελάτες λίγο 1,2,3, άντε 6 μονάδες και ότι πρέπει να αλλάξουμε το μουσακά που είναι από -30 μέχρι 9 και το κοτόπουλο που είναι από -15 γιατί δεν ταιριάζει και χαλάει το μοτίβο		Δείχνει τα συγκεκριμένα κελιά στη βάση

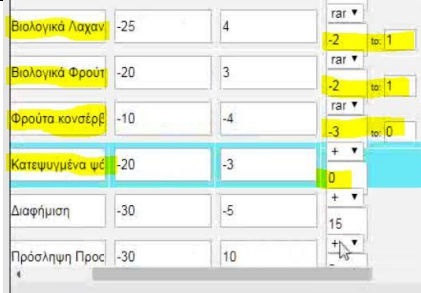
Στο κρίσιμο συμβάν 50 η M6 ελέγχει αρχικά τις τιμές που έχουν στο πεδίο πελάτες_τη_μέρα κάποιες από τις εγγραφές, με βάση το συμπέρασμα που έχει καταλήξει από το παίξιμο του παιχνιδιού. Δηλαδή ότι τα υγιεινά φαγητά αυξάνουν τους πελάτες και τα ανθυγιεινά τους μειώνουν. Στη γραμμή 6 υποστηρίζει ότι πρέπει η υπόθεσή της ισχύει για όλες τις εγγραφές και ελέγχει τις τιμές όλων των εγγραφών για τη στήλη «Πελάτες_τη_μέρα» επιβεβαιώνοντας τα μοτίβα που έχει εντοπίσει. Στη συνέχεια η M5 εντοπίζει στα δεδομένα της βάσης το «πρόβλημα» που είχαν καταγράψει καθώς έπαιζαν το αρχικό παιχνίδι. Πρόκειται για μια ασυνέπεια στο πόσο μεταβάλλει

κάθε σημείο την τιμή του πεδίου πελάτες. Όπως σωστά εντοπίζει, όλα τα σημεία αλλάζουν του πελάτες από 1 μέχρι 6 μονάδες, ενώ δύο μόνο σημεία αλλάζουν τους πελάτες -30 και -15. Οι τιμές αυτές θεωρεί πως δεν συνάδουν με τη λογική που ακολουθείται από τα υπόλοιπα σημεία και πως «χαλάει» το μοτίβο επιπτώσεων στο παίξιμο του παιχνιδιού. Στο συμβάν αυτό, βλέπουμε πως οι μαθήτριες συγκρίνοντας πολλά δεδομένα σε μια βάση καταλήγουν να τα ομαδοποιούν σε κατηγορίες και να διορθώνουν όποιες τιμές αποκλίνουν από τις κατηγορίες αυτές με στόχο την ισορροπία των επιπτώσεων του παιχνιδιού. Η στρατηγική αποτελεί μια μορφή έκφρασης της πρακτικής εντοπισμού μοτίβων και αφαίρεσης δεδομένων.

Οι ίδιες μαθήτριες λίγο μετά από το κρίσιμο συμβάν 51 αποφασίζουν να δημιουργήσουν ένα νέο μοτίβο για τα σημεία που ανήκουν στη στρώση «αποθήκη». Στο κρίσιμο συμβάν 51 η Μ6 προτείνει τα σημεία στην αποθήκη, να επηρεάζουν και αυτά πεδίο πελάτες ακολουθώντας ένα παρόμοιο μοτίβο στις τιμές τους, όπως αυτό που εντόπισαν πριν. Η Μ5 αντιπροτείνει να δημιουργήσουν ένα διαφορετικό μοτίβο που δεν βασίζεται στο αν τα φαγητά είναι υγιεινά ή ανθυγιεινά αλλά αν είναι νόστιμα. Τελικά αλλάζουν τις τιμές των συγκεκριμένων σημείων με βάση αυτό το μοτίβο στη βάση δεδομένων.

Κρίσιμο Συμβάν 51

1	M6	Επίσης θα μπορούσε και σε αυτά στην αποθήκη να έχει ένα μοτίβο που να αλλάζει τους πελάτες.		Δείχνει στη βάση τις εγγραφές που έχουν τιμή 0 στο πεδίο «Πελάτες τη μέρα»
2	M5	Τι εννοείς; δηλαδή;		
3	M6	Τώρα οι πελάτες δεν αλλάζουν καθόλου όταν αγοράζεις προμήθειες από την αποθήκη. Θα μπορούσε για παράδειγμα όταν αγοράζεις κάτι ανθυγιεινό να σου μειώνει και αυτό τους πελάτες		

4	M5	Α ναι. Ωραία αλλά πως θα αλλάζουν τους πελάτες; Με ποια λογική; Μήπως να βάλουμε διαφορετικό μοτίβο από αυτό των φαγητών της κουζίνας		
5	M6	Λοιπόν ας πούμε αν πάρεις φρούτα κονσέρβα δεν θα έρθουν παραπάνω πελάτες ενώ αν πάρεις φρέσκα φρούτα θα έρθουν		
6	M5	Οκ. Οπότε να μπορούμε να το βάλουμε ανάλογα με το αν είναι νόστιμα ή όχι		

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τον εντοπισμό ή αντιστοίχιση μοτίβων στις επιπτώσεις δύο ή περισσότερων πεδίων, για όλα ή για μια ομάδα σημείων. Η ερευνήτρια ονόμασε τα μοτίβα αυτά «**οριζόντια**» καθώς αφορούν τη σύγκριση των τιμών μεταξύ δύο, ή περισσότερων, στηλών ανά γραμμή της βάσης δεδομένων και τον εντοπισμό κοινών ή επαναλαμβανόμενων σχέσεων μεταξύ των τιμών των στηλών αυτών (εικόνα 33). Μέσα από αυτή τη διαδικασία οι μαθήτριες αναγνώρισαν ή δημιούργησαν νέες συσχετίσεις μεταξύ δυο πεδίων τις οποίες στη συνέχεια γενίκευσαν σε μαθηματικές συναρτησιακές σχέσεις. Για παράδειγμα στην εικόνα 33 οι μαθήτριες της ομάδας 1 έχουν δημιουργήσει τη σχέση $\text{Χρήματα} = -(\text{Κούραση}) \cdot 10$ για να υπολογίζουν το πεδίο που αφορά το κόστος του ταξιδιού σε συνάρτηση με το πεδίο που αφορά την κούραση του ταξιδιώτη. Κατά τη γενίκευση των μοτίβων αυτής της κατηγορίας, οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα για την έννοια της μεταβλητής ως μεταβαλλόμενη ιδιότητα ενός αντικειμένου. Ένα παράδειγμα της στρατηγικής οριζόντιας σύγκρισης των δεδομένων που οδήγησε στη δημιουργία και γενίκευση ενός μοτίβου, φαίνεται στο παράδειγμα του κρίσιμου συμβάντος 52.

Στο κρίσιμο συμβάν 52 οι μαθήτριες της ομάδας 2 έχουν ήδη δημιουργήσει τη δικής τους εκδοχή του παιχνιδιού στην οποία ο παίκτης επιλέγει τι ταινίες θα προβάλει στον κινηματογράφο που διαχειρίζεται. Οι ταινίες επηρεάζουν τα πεδία «Χρήματα, Entertainment, Ποιότητα_Σινεμά και Πελάτες_τη_μέρα». Όπως αναφέρει η M3 στη δεύτερη γραμμή του αποσπάσματος, μέχρι στιγμής έχουν βάλει τιμές στο πεδίο entertainment με βάση τις προσωπικές τους προτιμήσεις για τις ταινίες. Η M4 διατυπώνει τον εξής προβληματισμό. Αν θέλουν να προσθέσουν πολύ περισσότερες ταινίες

θα πρέπει να σκέφτονται τις προτιμήσεις τους για κάθε μια ξεχωριστά, γεγονός που θα τους πάρει πολύ χρόνο. Κατόπιν η M3 προτείνει να σκεφτούν μια σχέση μεταξύ κάποιων πεδίων του παιχνιδιού όπως το entertainment να ισούται με τα χρήματα δια 10. Η M3 εδώ περνά από την ειδική στη γενική σκέψη, εκφράζοντας μια στρατηγική που εμπεριέχει την έννοια της αφαίρεσης των τιμών των δυο πεδίων σε «μεταβλητές». Στη συνέχεια, στη γραμμή 6, η M3 χρησιμοποιεί παραδείγματα με συγκεκριμένα νούμερα για να εκφράσει τη σχέση μεταβολής των τιμών των δύο πεδίων. Καθώς τα περιγράφει εντοπίζει το μοτίβο στις τιμές των δύο πεδίων και το γενικεύει διατυπώνοντάς το με μια μαθηματική σχέση «αν το entertainment είναι x οι πελάτες είναι $2 \cdot x$ ». Αμέσως μετά η M4 εκφράζει μια άλλη μαθηματική σχέση, την οποία τελικά και εφαρμόζουν στο παιχνίδι, την οποία εκφράζει τόσο περιγραφικά στα πλαίσια του παιχνιδιού «να κάνουμε τους πελάτες να είναι ο μέσος όρος του entertainment και της ποιότητας, όσο και φορμαλιστικά χρησιμοποιώντας μεταβλητές για τα πεδία, «δηλαδή αν το entertainment είναι x και η ποιότητα y τότε Πελάτες = $(x + y)/2$ ».

Κρίσιμο Συμβάν 52

1	M4	Τώρα πως έχουμε βάλει τις τιμές του Entertainment;
2	M3	Ανάλογα με το τι μας αρέσει
3	M4	Οκ τώρα δουλεύει έτσι. Αλλά αν θέλουμε να βάλουμε πολύ περισσότερες ταινίες θα πρέπει κάθε φορά να ελέγχουμε και να αποφασίζουμε αν μας αρέσει η ταινία για να μπορέσουμε να βάλουμε την τιμή του πεδίου «Entertainment». Θα μας πάρει πολύ χρόνο.
4	M3	Ναι όντως... εκτός αν σκεφτούμε μια σχέση μεταξύ κάποιων πεδίων του παιχνιδιού . Για παράδειγμα ότι το entertainment είναι τα χρήματα δια 10 ή κάτι τέτοιο
5	M4	Ναι αλλά να σκεφτούμε μια σχέση που να έχει νόημα για το παιχνίδι . Γιατί αυτό που λες με τα χρήματα δεν έχει νόημα
6	M3	Ωραία μπορούμε να κάνουμε το πεδίο entertainment να είναι το διπλάσιο από την ποιότητα. Δηλαδή αν το entertainment είναι 2 οι πελάτες να αυξάνονται +4, αν το entertainment είναι -4 τότε οι πελάτες να μειώνονται -8. Δηλαδή αν το entertainment είναι x οι πελάτες είναι $2 \cdot x$
7	M4	Ναι ή μπορούμε να κάνουμε τους πελάτες να είναι ο μέσος όρος του entertainment και της ποιότητας . Δηλαδή αν το entertainment είναι x και η ποιότητα y τότε Πελάτες = $(x + y)/2$

Όπως φάνηκε, η αναπαράσταση όλων των δεδομένων του παιχνιδιού στη διαδραστική βάση δεδομένων, έδωσε στις μαθήτριες την ευκαιρία να εκφράσουν και να αναπτύξουν στρατηγικές εντοπισμού και γενίκευσης μοτίβων. Συγκρίνοντας τις τιμές ανά στήλη εντόπισαν κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ όλων των αντικειμένων για ένα συγκεκριμένο πεδίο-μεταβλητή του

παιχνιδιού. Αντίστοιχα συγκρίνοντας τις τιμές ανά γραμμή εντόπισαν σχέσεις και κανόνες μεταξύ δυο μεταβλητών του παιχνιδιού που ισχύουν για κάποια ή για όλα τα αντικείμενα. Η διαδικασία αυτή θα ήταν αρκετά πιο δύσκολη ή και αδύνατη για τους μαθητές χωρίς το εργαλείο της βάσης δεδομένων.

Σχετικά αποτελέσματα ερωτηματολογίων

Η σύγκριση των ερωτηματολογίων που δόθηκαν στις μαθήτριες πριν και μετά την έρευνα ενίσχυσε τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην παρούσα ενότητα για τις στρατηγικές αναγνώρισης και κατασκευής μοτίβων. Η ερευνήτρια συνέκρινε τις απαντήσεις των μαθητριών στις ερωτήσεις που αφορούσαν τον εντοπισμό μοτίβων και τη διαχείριση δεδομένων στα δυο ερωτηματολόγια. Ειδικότερα, η διαχείριση και ο εντοπισμός μοτίβων σε δεδομένα εξετάζονται σε 5 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε πριν την έρευνα (ερωτήσεις 14, 15, 16, 17, 19) και σε 5 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε μετά την έρευνα (ερωτήσεις 15, 16, 17, 18, 20). Ο πίνακας ... συνοψίζει τις σωστές απαντήσεις των τριών στις ερωτήσεις αυτές. Στον πίνακα έχουν ληφθεί υπόψιν μόνο οι απαντήσεις των μαθητών που απάντησαν και στα δυο ερωτηματολόγια, καθώς οι υπόλοιπες απάντησαν μόνο στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν αλλά όχι σε αυτό που δόθηκε μετά, λόγω απουσίας τους στην τελευταία συνάντηση.

Πίνακας 34: Σύνοψη σωστών απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις που εξετάζουν τα μοτίβα και τα δεδομένα στα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Κωδικός	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων και δεδομένων στο ερωτηματολόγιο πριν την παρέμβαση	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων και δεδομένων στο ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση
M3	3 στα 5	5 στα 5
M4	5 από 5	3 στα 5
M5	4 στα 5	5 στα 5

Όπως φαίνεται στον πίνακα η επίδοση δυο εκ των τριών μαθητριών βελτιώθηκε μετά τη διδακτική παρέμβαση. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι οι M3 και M5, των οποίων η επίδοση βελτιώθηκε, ήταν παρούσες σε όλες τις εφαρμογές της διδακτικής παρέμβασης ενώ η M4 απουσίαζε σε 3 εφαρμογές που σχετίζονταν με την τροποποίηση των τιμών της βάσης δεδομένων. Το γεγονός αυτό είναι μια ένδειξη ότι η χρήση της βάσης δεδομένων του ChoiCo μπορεί να ενισχύσει στρατηγικές διαχείρισης δεδομένων και εντοπισμού μοτίβων σε αυτά.

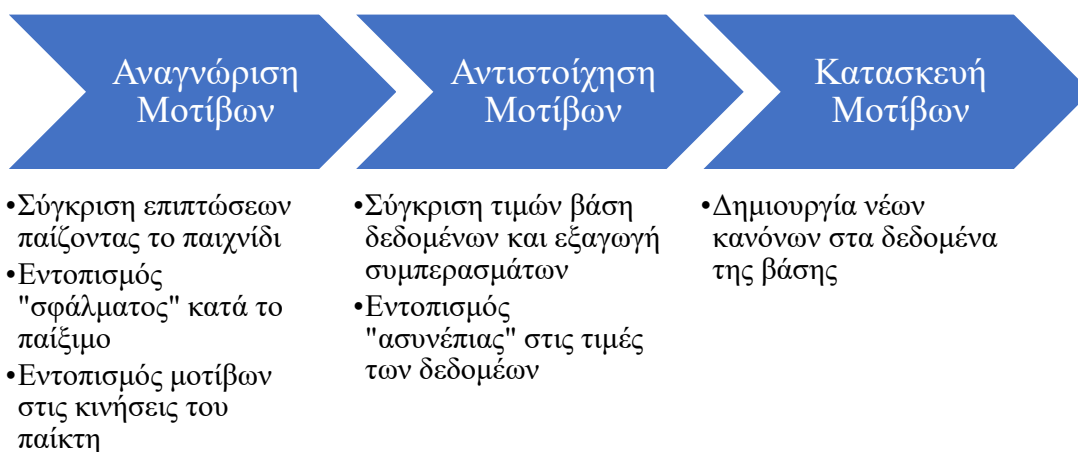
5.3.3 Σύνοψη

Στην ενότητα αυτή εξετάστηκαν οι στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων που ανέπτυξαν οι μαθητές κατά το παίξιμο και τη διασκευή του παιχνιδιού «CT Chef». Η ερευνήτρια εντόπισε δυο κατηγορίες χρήσης μοτίβων από τις μαθήτριες οι οποίες αφορούν α) τον εντοπισμό και εφαρμογή μοτίβων στις επιλογές του παίκτη ως τακτική του παιχνιδιού, β) την αναγνώριση και δημιουργία μοτίβων στη βάση δεδομένων με στόχο την εξισορρόπηση του παιχνιδιού. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα μέσα από την ανάλυση των κρίσιμων συμβάντων συνοψίζονται στον συγκεντρωτικό πίνακα 34.

Πίνακας 35: Σύνοψη των στρατηγικών αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων των μαθητών στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Τύπος Μοτίβου		Ενέργειες	Υπολογιστικές έννοιες
Μοτίβο κινήσεων παιχνιδιού		Επανάληψη διαδοχικών κινήσεων με στόχο το βέλτιστο αποτέλεσμα στο παιχνίδι	Επανάληψη, σειρά εκτέλεσης, ακολουθία
Μοτίβα στη βάση δεδομένων	Κάθετα μοτίβα	Σύγκριση όλων των δεδομένων για μια στήλη της βάσης και εξαγωγή συμπερασμάτων για τα σημεία του παιχνιδιού (εγγραφές)	Κλάσεις, γενίκευση δεδομένων, κατηγοριοποίηση δεδομένων, αφαίρεση
	Οριζόντια μοτίβα	Σύγκριση των δεδομένων δυο ή περισσότερων στηλών για μια ή περισσότερες εγγραφές και εξαγωγή συμπερασμάτων για τις μεταξύ τους σχέσεις	Μεταβλητή, συσχετισμός τιμών, γενίκευση, μαθηματικές σχέσεις

Όπως φάνηκε από την ανάλυση της ενότητας αυτής, η προοδευτική εμπλοκή των μαθητριών με το σύστημα του παιχνιδιού μέσα από το μοντέλων τριών σταδίων ‘παίξε-διόρθωσε-διασκεύασε’ (βλ. ενότητα 2.5.4.) συνέβαλε σημαντικά στην εξέλιξη των στρατηγικών αναγνώρισης μοτίβων που εφάρμοσαν και εξέφρασαν καθώς προχωρούσαν οι δραστηριότητες. Όπως φάνηκε, οι μαθήτριες μετέβησαν σταδιακά από την αναγνώριση στην αντιστοίχιση και τελικά στην κατασκευή μοτίβων, εφαρμόζοντας τις στρατηγικές που αποτυπώνονται στο διάγραμμα 6.



Διάγραμμα 6: Απεικόνιση της προοδευτικής ανάπτυξης της στρατηγικής αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων από τους μαθητές

Αρχικά, καθώς έπαιζαν το παιχνίδι ως εξωτερικοί χρήστες, οι μαθήτριες αναγνώρισαν μοτίβα που σχετίζονταν με τις επιλογές τους και τις επιπτώσεις που είχαν στο παιχνίδι. Μέσα από το παιχνίδι, αναγνώρισαν μοτίβα διαδοχικών επιλογών που επέφεραν αποτελεσματικότερες επιπτώσεις από άλλα αναπτύσσοντας σταδιακά μια τακτική παιχνιδιού που βασιζόταν στην εφαρμογή μοτίβων στις επιλογές τους. Παράλληλα εντόπισαν τα ενσωματωμένα σφάλματα του μισοψημένου παιχνιδιού και τα περιέγραψαν ως «λάθη» στα μοτίβα.

Στη συνέχεια, καθώς διόρθωναν το παιχνίδι απέκτησαν πρόσβαση στα δεδομένα του παιχνιδιού μέσα από το εργαλείο της διαδραστικής βάσης δεδομένων. Η αναπαράσταση της βάσης, βοήθησε τις μαθήτριες να συγκρίνουν όλες τις τιμές των επιπτώσεων του παιχνιδιού τόσο ανά πεδίο-στήλη (κάθετα) όσο και ανά επιλογή-γραμμή (οριζόντια), να εντοπίσουν ομοιότητες και μοτίβα μεταξύ των τιμών και να εξάγουν συμπεράσματα για τα αντικείμενα και τις παραμέτρους του παιχνιδιού. Η «κάθετη» σύγκριση και ανάλυση των δεδομένων οδήγησε τις μαθήτριες να εντοπίσουν μοτίβα στις επιπτώσεις των σημείων του παιχνιδιού για κάθε πεδίο και να τα κατηγοριοποιήσουν σε ευρύτερες κατηγορίες με βάση τα μοτίβα αυτά (για παράδειγμα: Υγιεινά Φαγητά, Ανθυγιεινά Φαγητά, Νόστιμα Φαγητά, Πρώτες ύλες). Αυτή η διαδικασία εντοπισμού μοτίβων ήταν το πρώτο βήμα για τη νοσηματοδότηση των εννοιών της κλάσης και του αντικειμένου, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά στην ενότητα 5.2.2. Η «οριζόντια» σύγκριση και ανάλυση των δεδομένων στη βάση δεδομένων του περιβάλλοντος, οδήγησε τις μαθήτριες να εντοπίσουν μοτίβα στις τιμές δυο πεδίων και πιθανές συσχετίσεις μεταξύ του. Για παράδειγμα ότι οι τιμές του πεδίου «Υγιεινό Φαγητό» είναι αντιστρόφως ανάλογες από το πεδίο «Ποιότητα».

Τέλος, καθώς διασκεύαζαν το παιχνίδι για να δημιουργήσουν τη δική τους εκδοχή, κατασκεύαζαν νέα μοτίβα στα δεδομένα του παιχνιδιού. Τα μοτίβα αυτά αφορούσαν είτε τις τιμές επιπτώσεις όλων ή μιας «κλάσης» σημείων για ένα συγκεκριμένο πεδίο, είτε τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων πεδίων του παιχνιδιού. Όσον αφορά τα μοτίβα τις πρώτης κατηγορίας, οι μαθήτριες

συχνά τα περιέγραφαν πρώτα με γενικευμένους κανόνες πριν βάλουν συγκεκριμένες τιμές στη βάση δεδομένων, όπως ότι «Τα Ξενοδοχεία του παιχνιδιού μειώνουν την κούραση από 10-15 μονάδες και τα Αξιοθέατα θα την αυξάνουν από 5-10 μονάδες». Όσο αφορά τα μοτίβα της δεύτερης κατηγορίας, κάποιες από τις μαθήτριες τα ανήγαγαν σε γενικευμένες σχέσεις τις οποίες στη συνέχεια εξέφρασαν χρησιμοποιώντας μαθηματικό φορμαλισμό. Για παράδειγμα περιέγραψαν προφορικά ότι «οι τιμές του πεδίου «Χρήματα», για κάποια σημεία, είναι αντιστρόφως ανάλογες με το μισό των τιμών του πεδίου «Κούραση»» και στη συνέχεια έγραψαν τη σχέση $X=K/2$ στο φύλλο εργασίας τους.

5.4 Στρατηγικές νοηματοδότησης και συσχετισμού αλγοριθμικών εννοιών με τη ροή του παιχνιδιού

Η κατασκευή ενός αλγόριθμου, δηλαδή η περιγραφή μιας λύσης με σαφώς ορισμένα εκτελέσιμα βήματα που ορίζουν μια τερματιζόμενη διαδικασία (Brookshear, 2005, Knuth, 2007), θεωρείται μια σημαντική πρακτική υπολογιστικής σκέψης απαραίτητη για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων με αυτοματοποιημένο τρόπο. Η πρακτική της κατασκευής αλγορίθμων περιλαμβάνει ένα σύνολο από δυναμικές ιδέες, όπως είναι η σειριακή εκτέλεση, η δομή επιλογής, η μεταβλητή και η δομή επανάληψης (Grover & Pea, 2017). Συνήθως οι μαθητές εμπλέκονται με την έννοια του αλγόριθμου και των επιμέρους ιδεών που περικλείει, μέσα από δραστηριότητες διαδικαστικού προγραμματισμού σε περιβάλλοντα βασισμένα στη γλώσσα Logo, όπως το MaLT2 που αξιοποιήθηκε στην πρώτη διδακτική παρέμβαση. Τα περιβάλλοντα αυτά, όπως έχει φανεί, ενισχύουν στην ενσώματη μάθηση εννοιών που αποτυπώνονται στην κίνηση και το ίχνος της προγραμματιζόμενης «χελώνας», όπως η έννοια της ακολουθίας, της επανάληψης, των διαδικασιών, ακόμα και του αντικειμένου σε περιβάλλοντα με πολλές «χελώνες». Ωστόσο, φαίνεται να υστερούν στην αναπαράσταση πολύπλοκων συνθηκών επιλογής

Στο περιβάλλον ChoiCo, η έννοια του αλγόριθμου και των επιμέρους δομών του αποτυπώνονται με διαφορετικές αναπαραστάσεις που αφορούν τη ροή και τους κανόνες του παιχνιδιού «επιβίωσης». Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται από την κλασσική προσέγγιση του προγραμματισμού οντοτήτων ή αντικειμένων της Logo ως προς το τι προγραμματίζει ο μαθητής. Στη Logo η έμφαση δίνεται κυρίως στον προγραμματισμό των κινήσεων ή των ιδιοτήτων του κάθε αντικειμένου-οντότητας που κινείται ελεύθερα σε μια σκηνή. Αντίθετα ο προγραμματισμός στο ChoiCo επικεντρώνεται περισσότερο στη διαχείριση του συστήματος που προκύπτει από τις επιπτώσεις και τις ενέργειες του παίκτη σε ένα σύνολο «στατικών» αντικειμένων στην σκηνή και λιγότερο στον προγραμματισμό των αντικειμένων. Ο μαθητής, προγραμματίζοντας στο ChoiCo, εστιάζει στη διαχείριση μεταβλητών, οι οποίες αντιστοιχούν στα πεδία του παιχνιδιού, στον έλεγχο τους με συνθήκες ελέγχου και δομές επιλογής και στη διαχείριση γεγονότων που προκύπτουν από

τις ενέργειες του παίκτη. Αντίθετα η χρήση διαδικασιών και παραμέτρων όπως στη Logo είναι περιορισμένη. Έτσι η ερευνήτρια στην ανάλυση των δεδομένων εστίασε στα νοήματα που κατασκεύασαν οι μαθήτριες για τις έννοιες της δομής επιλογής και της μεταβλητής, καθώς ανέλυναν και αυτοματοποιούσαν το μοντέλο του παιχνιδιού. Παράλληλα προσπάθησε να ερμηνεύσει το ρόλο του πλαισίου του παιχνιδιού στη δημιουργία των νοημάτων αυτών από τους μαθητές.

Όπως προέκυψε από την ανάλυση, το πλαίσιο του παιχνιδιού «CT Chef» σε συνδυασμό με τη ροή των δραστηριοτήτων διασκευής της παρέμβασης, συνέβαλαν σημαντικά στην κατασκευή και ανάπτυξη νοημάτων από τις μαθήτριες για σύνθετες υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές. Καταρχήν, μέσα από την ανάλυση, τροποποίηση και δημιουργία κανόνων του παιχνιδιού οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα για τη δομή επιλογής και τις συνθήκες ελέγχου καθώς και για τον ρόλο τους στον αλγόριθμο του παιχνιδιού. Το πλαίσιο του παιχνιδιού βοήθησε τις μαθήτριες να μεταφέρουν τις διαισθητικές τους γνώσεις για τους κανόνες και τις συνθήκες ελέγχου στη φορμαλιστική και υπολογιστική υλοποίηση τους με προγραμματισμό. Ακόμη, ο σχεδιασμός ενός ισορροπημένου παιχνιδιού με νόημα για τον παίκτη, το οποίο θα εξισορροπεί τη δυσκολία, τη διασκέδαση και την πρόκληση, οδήγησε τις μαθήτριες να εκφράσουν νοήματα για την έννοια της μεταβλητής, για τις ιδιότητες της και για τον ρόλο που αποκτά σε διαφορετικά σημεία του αλγόριθμου.

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναπτύσσονται οι στρατηγικές και τα νοήματα των μαθητών για τις έννοιες αυτές καθώς και ο ρόλος του πλαισίου που διαμορφώθηκε από το παιχνίδι επιλογών και επιπτώσεων στην ανάπτυξη των στρατηγικών αυτών. Ο πίνακας 35 συνοψίζει τα κρίσιμα συμβάντα της ενότητας, προσφέροντας στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων ανά ομάδα μαθητριών και ανά εφαρμογή της παρέμβασης.

Πίνακας 36: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 5.4

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Εφαρμογή παρέμβασης
Κρίσιμο Συμβάν 53	3	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 54	2	2 ^η εφαρμογή: Παίξιμο παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 55	2	2 ^η εφαρμογή: Παίξιμο παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 56	3	4 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 57	2	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 58	2	7 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 59	1	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 60	2	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 61	3	4 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής

Κρίσιμο Συμβάν 62	2	7 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
-------------------	---	---

5.4.1 Νοηματοδότηση των δομών επιλογής μέσα από τους κανόνες του παιχνιδιού

Οι κανόνες αποτελούν δομικό στοιχείο του παιχνιδιού καθώς καθορίζουν τη συμπεριφορά του στις ενέργειες του παίκτη, τις σχέσεις των επιμέρους τμημάτων του, τη ροή και τη δυσκολία του και τελικά διαμορφώνουν την εμπειρία που βιώνει ο παίκτης (Sale & Zimmerman, 2005). Η κατανόηση των κανόνων από τον παίκτη εμπεριέχει σύνθετες νοητικές λειτουργίες όπως η λογική σκέψη, η αναγνώριση της αιτιότητας και η πρόβλεψη αποτελεσμάτων και έχει μελετηθεί στο παρελθόν από ψυχολόγους και επιστημολόγους. Ο Piaget (1997), σε σχετικές μελέτες του συμπέρανε ότι η συνειδητή αντίληψη των κανόνων του παιχνιδιού από τα παιδιά εμφανίζεται μετά την ηλικία των 10 ετών, ενώ στα πρώτα στάδια ανάπτυξης τα παιδιά μπορούν μεν να παίζουν παιχνίδια αλλά χωρίς σαφή αναγνώριση των κανόνων τους. Αντίστοιχα, οι Hoyles κ.ά (2001) υποστηρίζουν πως τα παιδιά νεαρής ηλικίας (6 με 8 χρόνων) όταν τους ζητήθηκε να περιγράψουν τους κανόνες των αγαπημένων τους παιχνιδιών, αναφέρονταν μόνο στους περιορισμούς ή στους σκοπούς των παιχνιδιών και όχι στους κανόνες του συστήματος. Στις έρευνές τους συμπέραναν πως η ανάπτυξη της λογικής σκέψης και της συλλογιστικής των μαθητών για τους κανόνες ενός παιχνιδιού, διαμορφώνεται τόσο από το πλαίσιο του παιχνιδιού όσο και από το μέσο που χρησιμοποιούν για να εκφράσουν τους κανόνες (γραπτό, προφορικό, υπολογιστικό). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τους, όταν τα παιδιά προγραμματίζουν το παιχνίδι αντιλαμβάνονταν καλύτερα τους κανόνες και μπορούσαν να τους περιγράψουν με σαφείς και φορμαλιστικούς όρους, σε σχέση με όταν απλώς έπαιζαν το παιχνίδι και περιέγραφαν τους κανόνες του προφορικά. Ωστόσο ακόμα και σε αυτή την περίπτωση δυσκολεύονταν να προβλέψουν τις συνέπειες ενός κανόνα που είχαν προγραμματίσει αλλά και να τον μεταφέρουν σε ένα άλλο πλαίσιο παιχνιδιού, για παράδειγμα σε ένα άλλο αντικείμενο.

Από πλευράς υπολογιστικής σκέψης, σε ένα ψηφιακό σύστημα, όπως είναι ένα ψηφιακό παιχνίδι, οι δυναμικές ιδέες της αιτιότητας και της συλλογιστικής λογικής που απαιτείται για την συνειδητοποίηση και τη μεταφορά των κανόνων σε διαφορετικά πλαίσια, αποτυπώνονται μέσα από υπολογιστικές έννοιες όπως η δομή επιλογής, η συνθήκη ελέγχου, η διαχείριση γεγονότων, η είσοδος και η έξοδος ενός αλγόριθμου. Στο παρόν κεφάλαιο η ερευνήτρια μελετά τους τρόπους αντίληψης των κανόνων του παιχνιδιού από τους μαθητές και τα νοήματα που εξέφρασαν για αλγοριθμικές έννοιες μέσα από τις διαδικασίες ερμηνείας, διασκευής και επινόησης τους.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων, η ερευνήτρια χώρισε τα νοήματα που εξέφρασαν οι για τους κανόνες του παιχνιδιού, και αντίστοιχα για τις υπολογιστικές έννοιες που τους διαμορφώνουν, σε τρεις κατηγορίες. Οι δυο πρώτες κατηγορίες έχουν διατυπωθεί ανάλογα στη βιβλιογραφία από

ερευνητές που μελετούν τις ερμηνείες των κανόνων ψηφιακών παιχνιδιών από παιδιά (Goldstein, Kalas, Noss & Pratt, 2001). Η τρίτη κατηγορία προέκυψε μέσα από την ανάλυση της παρούσας έρευνας και αφορά την ανάλυση ενός κανόνα ως τμήμα του συνολικού υπολογιστικού συστήματος και σε σχέση με άλλους κανόνες που το διέπουν. Πρόκειται για μια πιο σύνθετη και γενικευμένη στρατηγική που περιλαμβάνει, εκτός από τη λογική σκέψη που απαιτείται για την κατανόηση της δομής ενός κανόνα, και συστημική σκέψη για την κατανόηση του ρόλου του κανόνα στο σύνολο του παιχνιδιού και του τελικού αποτελέσματος που προκύπτει σε διαφορετικές περιπτώσεις αλληλεπίδρασης.

α) Διαισθητική-προσωπική προσέγγιση

Στην προσέγγιση αυτή οι μαθήτριες περιέγραφαν τους κανόνες του παιχνιδιού γραπτά ή προφορικά και η ερμηνεία τους βασίζεται είτε σε προσωπικά, είτε σε ρεαλιστικά κριτήρια. Οι μαθήτριες αντιλαμβάνονται τον κανόνα ως μια επίπτωση χωρίς όμως να περιγράφουν φορμαλιστικά την υπολογιστική σχέση που οδηγεί στην επίπτωση αυτή. Η αιτιολόγηση της επίπτωσης είτε απουσιάζει (π.χ. «Χάνουμε από χρήματα αλλά δεν ξέρουμε γιατί») είτε προκύπτει από γενικές παρατηρήσεις που εμπεριέχουν τη διαισθητική γνώση των μαθητών από άλλα παιχνίδια, από προσωπικές απόψεις ή από πραγματικές καταστάσεις (π.χ. «Λογικά θα χάνουμε όταν τα χρήματα γίνουν 0»). Η παρακάτω σχέση προσπαθεί να αποτυπώσει την νοηματοδότηση του κανόνα από τους μαθητές σε αυτή την προσέγγιση.

$$\text{Κανόνας} = (\text{Προσωπικό/ρεαλιστικό κριτήριο}) + \text{Ενέργεια(ες) Επίπτωσης}$$

β) Φορμαλιστική-αλγοριθμική προσέγγιση

Στην προσέγγιση αυτή οι μαθητές εκφράζουν τους κανόνες είτε με κώδικα είτε γραπτά ή προφορικά χρησιμοποιώντας αλγοριθμικούς όρους. Αντιλαμβάνονται και περιγράφουν τον κανόνα ως μια υπολογιστική δομή που συγκροτείται από μια συνθήκη ελέγχου και ένα σύνολο ενεργειών το οποίο εκτελείται αν ισχύει η συνθήκη. Μεταβαίνοντας από τη διαισθητική-προσωπική ερμηνεία, στη φορμαλιστική υλοποίηση αντικαθιστούν το προσωπικό/ρεαλιστικό κριτήριο με μια τυπική αναπαράσταση στον κώδικα του παιχνιδιού. Έτσι, νοηματοδοτούν τη δομή επιλογής και τη λογική συνθήκη ελέγχου ως δομικά στοιχεία των κανόνων του παιχνιδιού τα οποία καθορίζουν τη συλλογιστική και την αιτιότητά τους. Η σχέση νοηματοδότησης της προηγούμενης προσέγγισης αλλάζει όπως φαίνεται παρακάτω.

$$\text{Κανόνας} = \text{Λογική συνθήκη ελέγχου} + \text{Ενέργεια(ες) Επίπτωσης}$$

Ωστόσο στη φάση αυτή νοηματοδοτούν τον κάθε κανόνα στα στενά όρια της εφαρμογής του, δηλαδή για τη συγκεκριμένη περίπτωση – συνθήκη – ενέργεια, και όχι ως τμήμα ενός συνολικού συστήματος κανόνων και καταστάσεων. Όπως εντόπισε η ερευνήτρια, οι μαθήτριες δυσκολεύονταν

να μεταφέρουν και να εφαρμόσουν έναν κανόνα σε διαφορετικό πλαίσιο, για παράδειγμα για μια άλλη μεταβλητή, καθώς και να προβλέψουν το αποτέλεσμα του σε διαφορετικές καταστάσεις παιχνιδιού. Αυτή η δυσκολία έχει εντοπιστεί και από τους Hoyles κ.ά (2001) οι οποίοι αναφέρουν πως τα παιδιά δυσκολεύονταν να προβλέψουν το αποτέλεσμα στο παιχνίδι ακόμα και για κανόνες που είχαν τα ίδια προγραμματίσει.

γ) Υπολογιστική προσέγγιση

Στην προσέγγιση αυτή οι μαθητές εκφράζουν τους κανόνες είτε με κώδικα είτε γραπτά ή προφορικά χρησιμοποιώντας υπολογιστικούς όρους που ανάγονται σε επίπεδο συστήματος. Νοηματοδοτούν τον κανόνα ως μια υπολογιστική δομή που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συνολικού υπολογιστικού συστήματος μέσα στο οποίο εντάσσεται και συνεπώς επηρεάζει και επηρεάζεται από τα υπόλοιπα μέρη και κανόνες του συστήματος αυτού. Η νοηματοδότηση του κανόνα σε αυτή την περίπτωση αποτελείται από δυο τμήματα: το πρώτο αφορά την σωστή έκφρασή του με προγραμματισμό, δηλαδή τη διαδικασία που περιγράφηκε στη φορμαλιστική/αλγοριθμική προσέγγιση. Το δεύτερο αφορά τη σημασία και το νόημα που έχει ο κανόνας στην τελική εμπειρία παιχνιδιού. Ένας κανόνας δεν αρκεί να είναι τυπικά σωστός αλλά θα πρέπει να έχει κάποιο νόημα μέσα στο σύστημα στο οποίο εντάσσεται, διαφορετικά χάνει την έννοιά του ως κανόνας. Η ερευνήτρια κατηγοριοποίησε στην προσέγγιση αυτή τα κρίσιμα συμβάντα στα οποία οι μαθητές αναγνωρίζουν τα επιμέρους υπολογιστικά τμήματα που αποτελούν τις συνθήκες και τις ενέργειες ενός κανόνα και αναλύουν ή προβλέπουν τη συμπεριφορά τους στο σύνολο του συστήματος. Για παράδειγμα αν μια μεταβλητή, λόγω προηγούμενων εντολών, δεν μπορεί να πάρει ποτέ μια τιμή που να ικανοποιεί μια συνθήκη ελέγχου, τότε ο κανόνας που χρησιμοποιεί τη συνθήκη αυτός δεν έχει νόημα στον αλγόριθμο του παιχνιδιού. Μέσα από τη στρατηγική αυτή οι μαθήτριες κατασκεύασαν νοήματα για σύνθετες δομές επιλογής και συνθήκες ελέγχου, ενώ εφάρμοσαν τον ίδιο κανόνα σε διαφορετικές καταστάσεις. Η σχέση νοηματοδότησης παίρνει την παρακάτω μορφή στην οποία προστίθεται επιπλέον ο «ρόλος στο σύστημα».

$$\text{Κανόνας} = \text{Ρόλος στο σύστημα} + (\text{Συνθήκη(ες)} + \text{Επίπτωση}).$$

Όπως φάνηκε από την ανάλυση, οι μαθήτριες, με την πάροδο των δραστηριοτήτων, ανέπτυξαν τις στρατηγικές νοηματοδότησης για τους κανόνες του παιχνιδιού μετατρέποντας σταδιακά τη διαισθητική-εμπειρική γνώση για τις υπολογιστικές έννοιες, που πρόκυπτε από το παίξιμο του παιχνιδιού, σε φορμαλιστική γνώση και αναπαράστασή της στον κώδικα και τελικά σε υπολογιστική ερμηνεία των κανόνων ως τμήμα του συστήματος του παιχνιδιού. Τα περισσότερα κρίσιμα συμβάντα διαισθητικής προσέγγισης εντοπίστηκαν στη πρώτη φάση, φορμαλιστικής στη δεύτερη φάση και λιγότερα στη τρίτη φάση ενώ υπολογιστικής προσέγγισης κυρίως στην τρίτη

φάση. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται επιλεγμένα κρίσιμα συμβάντα ή απαντήσεις από κάθε ομάδα μαθητών που αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά κάθε μιας στρατηγικής.

Διαισθητική προσέγγιση – ο κανόνας ως αφήγηση

Αρχικά, όταν έπαιζαν το παιχνίδι, οι μαθήτριες όλων των ομάδων αναγνώρισαν και περιέγραψαν, γραπτά ή προφορικά, ορισμένους κανόνες του παιχνιδιού. Στις περιγραφές τους αποτυπώνουν με αφηγηματικά λόγια τους κανόνες την άποψή τους για τους κανόνες η οποία έχει προκύψει από την έως τότε εμπειρία τους με το παιχνίδι ως παίκτριες. Στον πίνακα 37 παρατίθενται οι σχετικές απαντήσεις των ομάδων στο φύλλο εργασίας που δόθηκε στις μαθήτριες στην πρώτη φάση της έρευνας στην οποία έπαιζαν το μισοψημένο παιχνίδι CT Chef.

Πίνακας 37: Σύνοψη των απαντήσεων των μαθητριών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας

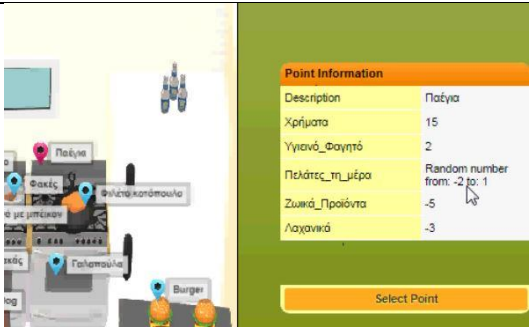
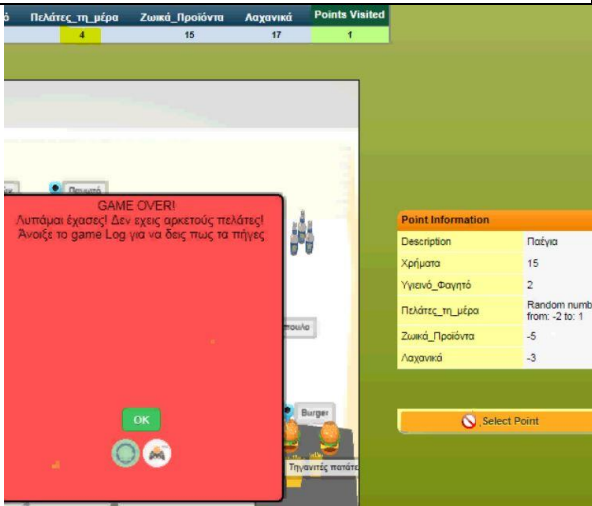
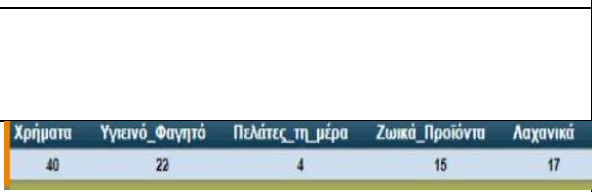
Ερώτ. Α.1	«Πότε τελειώνει το παιχνίδι;»
Ομ. 1: «Όταν οι πελάτες πέφτουν κάτω από 5. όταν τα ζωικά προϊόντα πέφτουν κάτω από μια τιμή»	
Ομ. 2: «Αν μια από τις πέντε τιμές είναι πολύ χαμηλή»	
Ερώτ. Β.2	«Τι τακτική ακολουθήσατε για να πετύχετε το μέγιστο σκορ;»
Ομ 1: «Προσπαθούσαμε να βρούμε πότε γίνεται Game over εξαιτίας των ζωικών προϊόντων»	
Ερώτ. Γ.2	«Γράψτε 3 πράγματα που θα αλλάζατε στο παιχνίδι για να γίνει πιο ενδιαφέρον»
Ομ. 3: «Να χάνεις αν ένα από τα Game Values πέσει κάτω από 3»	
Ομ. 2: «Να προειδοποιείται ο παίκτης όταν έχει λίγες πρώτες ύλες (ζωικά προϊόντα και λαχανικά)»	

Στα παραπάνω παραδείγματα οι μαθήτριες διατυπώνουν ορισμένα συμπεράσματα για τους κανόνες του παιχνιδιού τα οποία προκύπτουν από την προσωπική τους εμπειρία με αυτό. Στις περιγραφές τους, ενώ αναφέρονται με σαφήνεια στις επιπτώσεις των κανόνων, δηλαδή στις ενέργειες που εκτελούνται (*χάνεις, προειδοποιείται ο παίκτης, τελειώνει το παιχνίδι*), η διατύπωση των αιτιών που τις προκαλεί είναι είτε ασαφής (*είναι πολύ χαμηλή, λίγες πρώτες ύλες, πέφτουν κάτω από μια τιμή*), είτε είναι μια προσωπική υπόθεση που προκύπτει από την εμπειρία των μαθητών με το παιχνίδι η οποία όμως μπορεί να είναι λανθασμένη (*πέφτουν κάτω από 5, ενώ η συνθήκη στον κώδικα είναι μικρότερο ή ίσο του 3*). Μόνο η ομάδα 3 περιγράφει δίνει μια πιο τυπική περιγραφή των κανόνων λέγοντας πως θα ήθελαν «να χάνεις αν ένα από τα game values πέσει κάτω από 3».

Ένα ακόμη παράδειγμα νοηματοδότηση σε διαισθητικό επίπεδο φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 53 στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 3 παίζουν το παιχνίδι στην πρώτη συνάντηση. Οι μαθήτριες αρχικά εκφράζουν έναν κανόνα που βασίζεται σε προσωπικές τους απόψεις, πιθανώς με βάση την εμπειρία τους σε άλλα ψηφιακά παιχνίδια. Εξαρχής θεωρούν δεδομένο ότι το παιχνίδι θα τελειώσει

όταν μηδενιστεί κάποιο από τα πεδία του παιχνιδιού. Ωστόσο χάνουν εξαιτίας των πελατών, όταν η τιμή του πεδίου πελάτες ήταν μόλις 3. Αυτή η «παράδοση» για τις μαθήτριες συμπεριφορά του παιχνιδιού αποτελεί το έναυσμα για να συζητήσουν για τον συγκεκριμένο κανόνα και για το πότε υλοποιείται η επίπτωσή του, δηλαδή ο τερματισμός του παιχνιδιού. Μέσα από τη συζήτηση εκφράζουν διαισθητικά την ιδέα της δομής επιλογής (*Να τελειώνει το παιχνίδι αν οι πελάτες είναι κάτω από τρεις;*), χωρίς όμως ακόμα να την εκφράζουν με σαφείς όρους.

Κρίσιμο Συμβάν 53

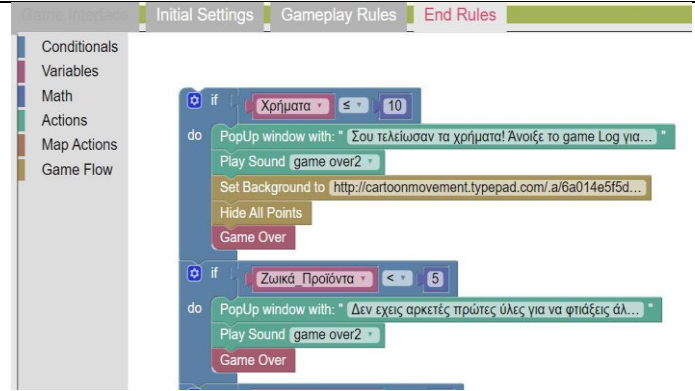
1	M5	Ας πάρουμε παέγια		Επιλέγει το σημείο παέγια
2	M6	Ε! Μα γιατί χάσαμε από τους πελάτες αφού είχαμε 5 και πήγε 4		
3	M5	Μα αν χαθει κάποιο από αυτά τελειώνει το παιχνίδι		
4	M6	δεν χάθηκε. Βλέπεις να εγινε κανένα 0; Πώς χάσαμε;		Δείχνει τις τιμές των πεδίων
5	M5	Ελα ντε! Μήπως...το όριο που χάνεις δεν είναι 0 και είναι 3;		
6	M6	Ααα λες να το έχουν κάνει έτσι; Να τελειώνει το παιχνίδι αν οι πελάτες είναι		

		κάτω από τρεις; Γιατί όμως;		
--	--	-----------------------------	--	--

Φορμαλιστική προσέγγιση - ο κανόνας ως δομή επιλογής

Οι μαθήτριες εξέφρασαν τους κανόνες με τυπικό φορμαλισμό στο δεύτερο και στο τρίτο μέρος της παρέμβασης, όταν δηλαδή διόρθωσαν και διασκεύασαν το παιχνίδι. Στη φάση της διόρθωσης του παιχνιδιού, όλες οι μαθήτριες αντιστοίχισαν τους κανόνες που είχαν ήδη περιγράψει διαισθητικά, στις εντολές κώδικα που τους υλοποιούσαν. Μετέφεραν δηλαδή τη διαισθητική-εμπειρική γνώση που είχαν εκφράσει νωρίτερα με κείμενο, στη φορμαλιστική της έκφραση με συγκεκριμένες εντολές και σύμβολα προγραμματισμού. Στο κρίσιμο συμβάν 54 οι μαθήτριες της ομάδας 2 βλέπουν για πρώτη φορά τον κώδικα που υλοποιεί τους κανόνες τερματισμού του παιχνιδιού. Αμέσως αναγνωρίζουν στον κώδικα τους κανόνες που είχαν εντοπίσει και περιγράψει πιο γενικά στην προηγούμενη συνάντηση. Τώρα όμως περιγράφουν τους ίδιους κανόνες με πιο σαφής και τυπικές εκφράσεις προγραμματισμού, όπως «αν τα χρήματα είναι κάτω ή ίσο από 15 game over δηλαδή χάνεις».

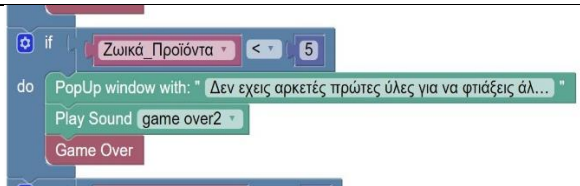
Κρίσιμο Συμβάν 54

1	M3	Πάμε να κανουμε τον κωδικα στο end rules	
	M4	Τι είναι αυτό;	
2	M3	Λογικά θα οριζουμε πως θα τελειώνει το παιχνίδι	Ανοίγει την καρτέλα «End rules»
3	M3	λοιπόν λειι αν τα χρήματα είναι κάτω ή ισο από το 15 game over δηλαδή χάνεις. Αν τα ζωικα προιοντα είναι μικροτερα του 5 χάνεις. Ναι είδες! είναι αυτά που λέγαμε όταν παίζαμε. Πότε χάνεις	

Στη συνέχεια επιχειρούν να τροποποιήσουν τις συνθήκες ελέγχου των δομών επιλογής έχοντας ως βασικό κριτήριο τη δυσκολία του παιχνιδιού. Στο κρίσιμο συμβάν 55, που έλαβε χώρα αμέσως μετά το κρίσιμο συμβάν 54, η μαθήτρια M4 εξηγεί τη λειτουργία της συνθήκης ελέγχου στη M3 η οποία την έχει καταλάβει λανθασμένα. Συγκεκριμένα η M3 θεωρεί ότι αυξάνοντας το όριο της συνθήκης «αν ζωικά_προϊόντα < 8 τότε game_over» από 8 σε 10 η εντολή game_over θα εκτελείται

πιο σπάνια. Το γεγονός αυτό δείχνει πως, παρ' ότι στο κρίσιμο συμβάν 54 περιγράφει σωστά τον κανόνα «διαβάζοντας» τη συνθήκη επιλογής, δεν έχει κατανοήσει τη λειτουργία των επιμέρους τμημάτων του, δηλαδή της συνθήκης ελέγχου, του τελεστή της και του αποτελέσματός της αν αυτά τροποποιηθούν. Στη γραμμή 4 η M3 προσπαθώντας να εξηγήσει καλύτερα τον κώδικα στη συμμαθήτριά της διατυπώνει τον εξής ορισμό «αν η τιμή του «ζωικά προϊόντα» είναι μικρότερη ή ίση από ένα νούμερο τότε να χάσει. Όσο πιο μικρό είναι το νούμερο που ελέγχει τόσο πιο δύσκολα θα χάσει». Ο ορισμός αυτός είναι αρκετά τυπικός και ταυτόχρονα γενικεύσιμος, καθώς δεν αναφέρεται μόνο στο συγκεκριμένο νούμερο που βλέπει αλλά περιγράφει τη γενική συλλογιστική της δομής επιλογής και τη σχέση αιτίου και αιτιατού μεταξύ της συνθήκης και τον εντολών διακλάδωσης. Η ερευνήτρια θεωρεί ιδιαίτερα ενδιαφέρον το γεγονός πως οι μαθήτριες συνδυάζουν τους κανόνες τερματισμού με τη δυσκολία ή ευκολία του παιχνιδιού, που πρόσφατα βίωσαν ως παίκτριες. Το πλαίσιο αυτό φαίνεται να τις βοηθά να αναπτύξουν τα νοήματα για την έννοια της δομής επιλογής πέρα από τον κώδικα που βλέπουν, στην επίπτωσή του στη ροή του αλγορίθμου του παιχνιδιού. Φαίνεται πως το παιχνίδι, με το οποίο ήταν ήδη εξοικειωμένες οι μαθήτριες αποτέλεσε ένα πλαίσιο αναφοράς μέσα στο οποίο μπορούν να ερμηνεύσουν το αποτέλεσμα της συνθήκης και τον ρόλο της δομής επιλογής στον αλγόριθμο ως κάτι οικείο και «χειροπιαστό».

Κρίσιμο Συμβάν 55

1	M3	Λοιπόν στα ζωικά προϊόντα ανέβασε λίγο το όριο. Βάλε 10 για να μην χάνεις τόσο εύκολα	
2	M4	Όχι είναι λάθος αυτό που λες! Για να μην χάνεις τόσο εύκολα πρέπει να βάλουμε μικρότερο νούμερο από αυτό που έχει τώρα. Δηλαδή μικρότερο από 8. 6 πχ	
3	M3	Γιατί;	
4	M4	Γιατί αυτό σημαίνει ότι αν η τιμή του «ζωικά προϊόντα» είναι μικρότερη ή ίση από ένα νούμερο τότε να χάσει. Όσο πιο μικρό είναι το νούμερο που ελέγχει τόσο πιο δύσκολα θα χάσει	
5	M3	Α ναι σωστά σωστά!	

Στη φάση της διασκευής του παιχνιδιού, οι μαθήτριες δημιούργησαν νέους κανόνες χρησιμοποιώντας τις δομές επιλογής. Για τους περισσότερους κανόνες χρησιμοποίησαν την απλή δομή επιλογής με μια ή παραπάνω συνθήκες ελέγχου. Συχνά όταν οι μαθήτριες περιέγραφαν προφορικά τους κανόνες που προγραμματίζαν, χρησιμοποιούσαν αναφορές στο αφηγηματικό

πλαίσιο του παιχνιδιού ώστε να ερμηνεύσουν και να νοηματοδοτήσουν τη λειτουργία των επιμέρους υπολογιστικών τμημάτων του, για παράδειγμα των λογικών πράξεων. Στο κρίσιμο συμβάν 56 οι μαθήτριες της ομάδας 3 τροποποιούν τον κώδικα του παιχνιδιού που εμφανίζει προειδοποιητικά μηνύματα στον παίκτη. Η Μ7, στη γραμμή 2 περιγράφει τη διαφορά μεταξύ των λογικών πράξεων της σύζευξης (and) και της διάζευξης (or) ερμηνεύοντας το αποτέλεσμα τους στο πλαίσιο του παιχνιδιού. Όπως λέει, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουν μια πράξη διάζευξης για τους κανόνες προειδοποίησης, οι οποίοι θέλουν να εμφανίζονται συχνά, διότι η συνθήκη της διάζευξης είναι πιο συχνά αληθής από τη συνθήκη της σύζευξης. Στη συνέχεια η Μ5, πάλι για τις ανάγκες του παιχνιδιού, προτείνει αντί για μια δομή επιλογής με μια σύνθετη συνθήκη ελέγχου να χρησιμοποιήσουν δύο δομές επιλογής με απλές συνθήκες ελέγχου ώστε να εμφανίζουν διαφορετικά μηνύματα για το αποτέλεσμα κάθε συνθήκης.

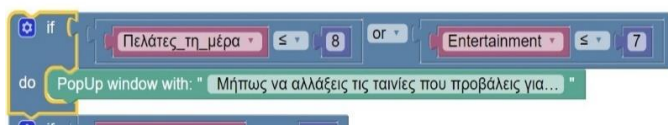
Κρίσιμο Συμβάν 56

1	M5	να σου πω αυτό να το κανουμε or ή and ;	
2	M7	οι καλύτερα. Με το And θα είναι δύσκολο να ισχυουν και τα 2 μαζί και αλλωστε τώρα φτιαχνουμε κανονες για προειδοποιηση που θελουμε να διευκολύνουν τον παίκτη, οπότε θέλουμε να βγαίνουν συχνά.	
3	M5	σωστα	
4	M5	να σου πω μηπως να το κανουμε ξεχωριστά το or?	
5	M7	γιατί;	
6	M5	γιατί τώρα θα βγάλει ένα μηνυμα και για τους 2 ελέγχους. Αλλιως αν είναι δυο ξεχωριστά if μπορούμε να βαλουμε διαφορετικό μηνυμα για τον κάθε ελεγκο.	
7	M7	Οκ ας το κανουμε ετσι	

8	M5	Λοιπόν θελουμε ένα condition	
9	M5	μετα μια μεταβλητη για εδώ και έναν αριθμο για εδώ	
10	M7	ωραιο γράψε αν ενεργεια μικρότερη από 8. Τι να κάνει;	
11	M5	Να βγάξει ένα μήνυμα; Μπορούμε να βάλουμε και έναν ήχο!	

Όπως φάνηκε στο κρίσιμο συμβάν 56, η ανάλυση των κανόνων και της συμπεριφοράς του παιχνιδιού συνέβαλε στη νοηματοδότηση των εννοιών αυτών από τις μαθήτριες σε ένα πλαίσιο που είχε νόημα για τις ίδιες και το οποίο μπορούσαν να αντιληφθούν ως κάτι οικείο. Αντίστοιχα, στο απόσπασμα συνέντευξης 6 η μαθήτρια M4 της ομάδας 2 εξηγεί στην ερευνήτρια τον κώδικα του παιχνιδιού τους. Στην απάντησή της περιγράφει όχι μόνο τι κάνει η πράξη της διάζευξης (αν ένα από τα δύο είναι χαμηλό εμφανίζει το μήνυμα) αλλά και για ποιον λόγο επέλεξαν να τη χρησιμοποιήσουν στον κώδικα τους. Είναι ενδιαφέρον ότι η μαθήτρια ερμηνεύει τη διάζευξη στα πλαίσια του παιχνιδιού κι αυτό φαίνεται να τη βοηθά να κατανοήσει τη λειτουργία και τον ρόλο της καλύτερα. Όπως λέει τη χρησιμοποίησαν επειδή τα πεδία «πελάτες» και «entertainment» σχετίζονται και τα δύο με το πόσο ευχαριστημένοι είναι οι πελάτες ανάλογα με τις επιλογές του παίκτη, οπότε ήθελαν αν οποιοδήποτε από τα δύο ήταν αρκετά χαμηλό, να εμφανίζεται το ίδιο προειδοποιητικό μήνυμα.

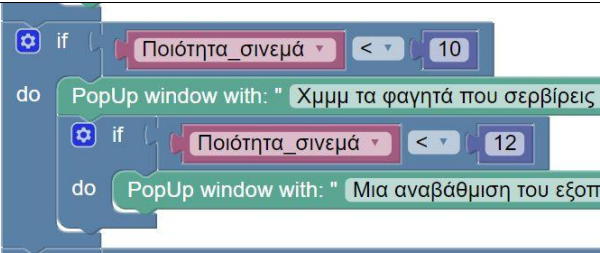
Απόσπασμα Συνέντευξης 6

E	εδώ γιατί έχετε βάλει τη συνθήκη or?	
M4	επειδή οι πελάτες και το entertainment έχουν και τα 2 σχέση με το πόσο	

	ευχαριστημένοι είναι οι πελάτες βάση τις ταινίες που επιλέγει. Και θέλαμε αν ένα από τα δύο είναι χαμηλό τότε βγάζει το ίδιο μήνυμα ώστε να σε προειδοποιεί ότι οι τις ταινίες που προβάλλεις δεν αρέσουν.	
--	--	--

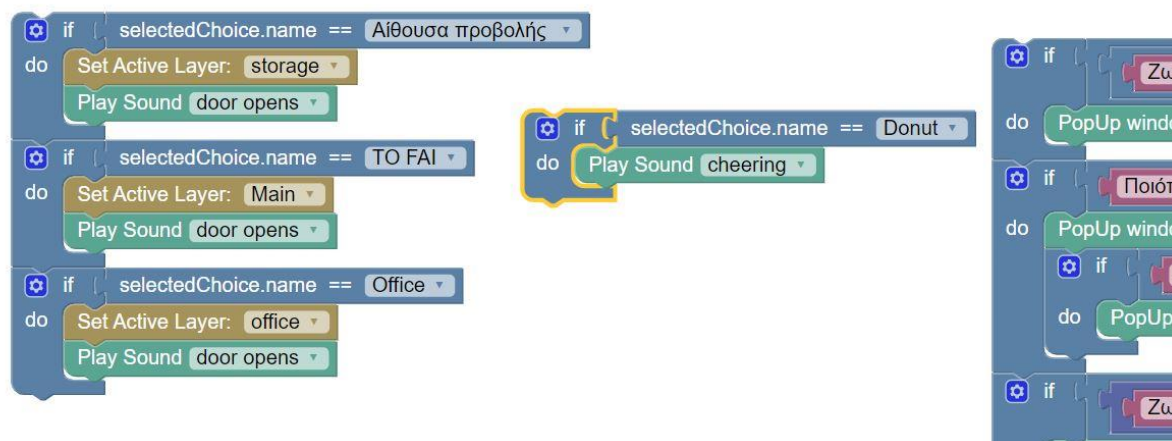
Η ίδια ομάδα ήταν και η μόνη που χρησιμοποίησε την εμφολευμένη δομή επιλογής στο παιχνίδι τους. Η εμφολευμένη δομή αποτελεί μια σύνθετη έννοια για τους αρχάριους προγραμματιστές καθώς εμπεριέχει τη διπλή διακλάδωση της ροής του αλγόριθμου και συχνά δυσκολεύονται να εντοπίσουν σωστά ποια ομάδα εντολών θα εκτελεστεί και με ποια σειρά. Στο κρίσιμο συμβάν 57 οι μαθήτριες, μετά την παρέμβαση της ερευνήτριας, αναγνωρίζουν και διορθώνουν ένα λογικό σφάλμα στον τρόπο που έχουν συντάξει τις δυο εμφολευμένες δομές επιλογής. Η M4 καθώς περιγράφει στην ερευνήτρια τη σειρά με την οποία εκτελούνται οι εντολές «διαβάζοντας» τον κώδικα βήμα βήμα, συνειδητοποιεί ένα λογικό παράδοξο στη σειρά των δυο συνθηκών ελέγχου, δηλαδή ότι «πρώτα κοιτάει αν είναι κάτω από 10 και μετά κοιτάει αν είναι κάτω από 12. Αν όμως είναι κάτω από 10 θα είναι σίγουρα και κάτω από 12». Στη συνέχεια προσπαθεί να σκεφτεί πως θα μπορούσε να το διορθώσει ώστε όπως λέει «να έχει νόημα» για το παιχνίδι και καταλήγει πως θα είχε νόημα αν οι δύο έλεγχοι ήταν ανάποδα. Στη συνέχεια εξηγεί τον σύνθετο κώδικα ως κανόνα πλαίσια του παιχνιδιού, ότι δηλαδή η εμφολευμένη επιλογή θα είχε νόημα αν ήθελαν να δώσουν μια δεύτερη προειδοποίηση για ακόμα πιο χαμηλότερες τιμές. Και σε αυτό το παράδειγμα οι μαθήτριες ερμηνεύουν μια πολύπλοκη αλγοριθμική δομή σε ένα πλαίσιο το οποίο έχει νόημα για τις ίδιες, και μέσα σε αυτό η χρήση των αλγοριθμικών δομών αποκτά νόημα.

Κρίσιμο Συμβάν 57

1	E	Ωραία! Για πείτε μου κι αυτό εδώ τι κάνει	 <pre> if (Ποιότητα_σινεμά < 10) do PopUp window with: " Χμμμ τα φαγητά που σερβίρεις if (Ποιότητα_σινεμά < 12) do PopUp window with: " Μια αναβάθμιση του εξοπλ </pre>
2	M4	Λοιπόν. Αν η ποιότητα είναι κατω από 10 θα βγει αυτό και μετα ελεγχει αν η ποιότητα είναι κάτω από 12...κάτσε...αυτό...είναι λαθος;	
3	E	ναι λαθος είναι. αλλα γιατι;	

4	M4	Γιατί πρώτα κοιτάει αν είναι κάτω από 10 και μετά κοιτάει αν είναι κάτω από 12. Αν όμως είναι κάτω από 10 θα είναι σίγουρα και κάτω από 12. Δεν πρέπει να το ξαναελέγξει	
5	M3	Ναι γιατί αυτό είναι μέσα σε αυτό. Δεν έχει νόημα	
6	M4	Θα είχε νόημα αν ήταν ανάποδα. Αν ήταν πρώτα το μικρότερο από 12 και μετά το μικρότερο από 10	
7	E	Γιατί τότε θα είχε νόημα;	
8	M4	Θα ήταν σαν δεύτερη προειδοποίηση για πιο χαμηλές τιμές. Γιατί το δεύτερο μήνυμα δεν θα εβγαίνε ας πουμε για τις τιμες 11 και 10 αλλα θα εβγαίνε το πρωτο.	

Οι μαθήτριες, εκτός από κανόνες που ελέγχουν τα πεδία του παιχνιδιού, στην τρίτη φάση της παρέμβασης προγραμματίσαν και κανόνες που ελέγχουν τα συμβάντα που προκαλούνται από τις ενέργειες του παίκτη, όπως είναι η επιλογή ενός συγκεκριμένου σημείου στον χάρτη. Η διαφορά των κανόνων αυτών είναι ότι εστιάζουν στην ερμηνεία του κανόνα ως διαχείριση γεγονότος και όχι ως έλεγχο μιας μεταβλητής. Στην περιγραφή αυτού του είδους κανόνων οι μαθήτριες χρησιμοποιούσαν περισσότερο την έννοια του συμβάντος (όταν) παρά την έννοια του ελέγχου (αν). Για παράδειγμα οι μαθήτριες περιέγραψαν τους κανόνες που φαίνονται στην εικόνα 34 ως «Όταν ο παίκτης επιλέξει το ‘Donut’ θα παίξει ο ήχος ‘Cheering’», «Όταν επιλέγεις το ‘Αίθουσα Προβολής’ αλλάζει η στρώση και παίξει ο ήχος ‘door open’». Οι μαθήτριες όταν προγραμματίζαν έναν τέτοιο κανόνα αντιλαμβάνονταν το σημείο ως αντικείμενο (βλ. ενότητα 5.2.) στο οποίο πρόσθεταν μια συμπεριφορά που ενεργοποιούνταν με την αλληλεπίδραση του χρήστη. Ωστόσο τις περισσότερες φορές οι μαθήτριες θεωρούσαν πως οι κανόνες αυτοί είναι ασύνδετοι με τη σειρά εκτέλεσης του αλγόριθμου, καθώς ενεργοποιούνται μόνο με ένα συγκεκριμένο συμβάν. Μάλιστα, κάποιες φορές επειδή δεν μπορούσαν να αποφασίσουν σε πιο σημείο του κώδικα πρέπει να μπουν τους άφηναν ως ξεχωριστά κομμάτια κώδικα στην καρτέλα προγραμματισμού (εικόνα 37).



Εικόνα 37: Στιγμιότυπο από τον κώδικα παιχνιδιού της ομάδας 2 στον οποίο υλοποιούν διαχείριση γεγονότων για κάποια σημεία του παιχνιδιού

Όπως φάνηκε από τα συμβάντα που παρουσιάστηκαν, οι μαθήτριες μετέβησαν σταδιακά από την έκφραση διαισθητικών-αφηγηματικών κανόνων κατά το παίξιμο του παιχνιδιού στην εφαρμογή και νοηματοδότηση υπολογιστικών εννοιών, όπως η δομή επιλογής και η συνθήκη ελέγχου, για την έκφραση των κανόνων με φορμαλιστικό τρόπο. Ωστόσο η ερμηνεία και η κατασκευή των κανόνων παραμένει σε επίπεδο προγραμματιστικής υλοποίησης και δεν λαμβάνει υπόψιν πιθανά λογικά σφάλματα ή αντιφάσεις που μπορεί να προκύπτουν στο σύνολο του παιχνιδιού, εξαιτίας κάποιων άλλων κανόνων ή σχέσεων.

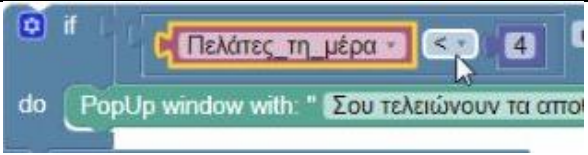
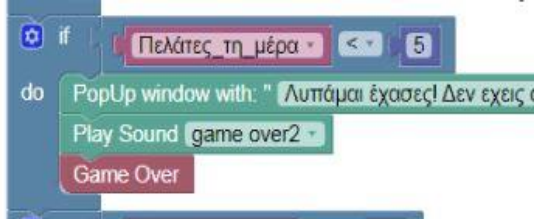
Υπολογιστική προσέγγιση - ο κανόνας ως κομμάτι του συστήματος

Η τρίτη κατηγορία αφορά τη νοηματοδότηση των κανόνων ως αναπόσπαστα τμήματα του συστήματος του παιχνιδιού που διαμορφώνουν και διαμορφώνονται από τους υπόλοιπους κανόνες και σχέσεις που υπάρχουν σε αυτό. Αντίστοιχα αφορούν τη νοηματοδότηση της δομής επιλογής όχι ως μια ανεξάρτητη προγραμματιστική δομή, αλλά ως τμήμα του αλγόριθμου με συγκεκριμένο ρόλο στη διαμόρφωση ολόκληρου του παιχνιδιού. Τα περισσότερα συμβάντα που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία έλαβαν χώρα όταν οι μαθήτριες δοκίμαζαν το διασκευασμένο παιχνίδι ως παίκτες και εντόπιζαν κάποια ασυνέπεια στους κανόνες που είχαν ήδη προγραμματίσει.

Στο κρίσιμο συμβάν 58 οι μαθήτριες της ομάδας 2 αφού έχουν τροποποιήσει τους κανόνες και δοκιμάσει το παιχνίδι εξετάζουν ξανά τους κανόνες που εμφανίζουν προειδοποιητικά μηνύματα στον παίκτη διότι κάποια από αυτά δεν εμφανίστηκαν ποτέ ενώ έπαιζαν. Η M3 έχοντας στο μυαλό της το παιχνίδι, θεωρεί πως η υλοποίηση ενός κανόνα είναι λανθασμένη. Η M4 διαφωνεί λέγοντας πως ο κανόνας είναι σωστός, αναφερόμενη όμως στη σύνταξη και τη λογική της δομής επιλογής στο συγκεκριμένο σημείο. Κατόπιν η M3 της εξηγεί ότι αν ισχύει η συνθήκη αυτή, δηλαδή οι

πελάτες είναι μικρότεροι από 4, τότε νωρίτερα έχει ισχύσει μια άλλη δομή επιλογής που τερματίζει το παιχνίδι, συνεπώς αυτή δεν θα εκτελεστεί ποτέ και δεν θα έχει ειδοποιήσει έγκαιρα τον παίκτη. Κοιτάζοντας μόνο αυτό το σημείο του αλγόριθμου φαίνεται πως η M4 έχει δίκιο καθώς δεν υπάρχει κάποιο συντακτικό ή λογικό λάθος στον συγκεκριμένο κανόνα. Ωστόσο, προσεγγίζοντας τον κανόνα σε επίπεδο συστήματος και λαμβάνοντας υπόψιν τους υπόλοιπους κανόνες του παιχνιδιού για την μεταβλητή «πελάτες» είναι φανερό πως αυτός ο κανόνας αυτός δεν έχει νόημα καθώς δεν θα εκτελεστεί ποτέ.

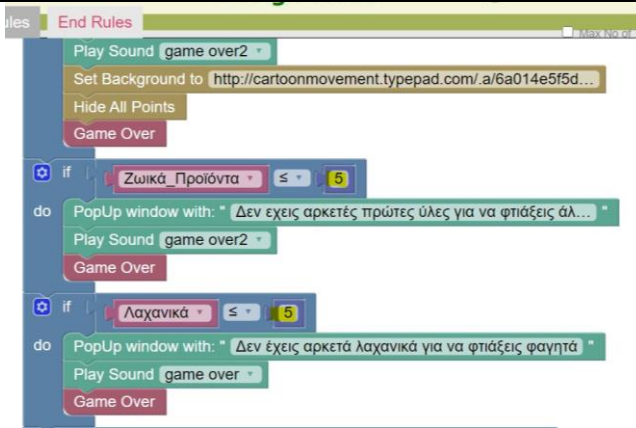
Κρίσιμο Συμβάν 58

1	M4	πάμε να δούμε τα προειδοποιητικά μηνύματα τώρα	Ανοίγει την καρτέλα «Gameplay Rules»
2	M4	Λοιπόν εδώ λέει αν οι πελάτες είναι κάτω από 4.	
3	M3	Κάτσε αυτό είναι λάθος	
4	M4	Γιατί; εμένα σωστό μου φαίνεται	
5	M3	Ναι σωστό είναι εδώ. Αλλά για το παιχνίδι είναι λάθος. Γιατί αν οι πελάτες είναι κάτω από 4 έχεις χάσει ήδη. Γιατί εδώ έχει ελέγξει αν είναι κάτω από 5 και έχει βγάλει gameover	Ανοίγει την καρτέλα «End rules» 
6	M4	Σωστά. Δεν το είχα σκεφτεί! Ας το βάλουμε πιο ψηλά τότε.	

Το απόσπασμα συνέντευξης 7, αποτελεί ακόμα ένα παράδειγμα που αναδεικνύει τη νοηματοδότηση των κανόνων σε επίπεδο συστήματος. Στην ημιδομημένη συνέντευξη στο τέλος της δεύτερης φάσης, η ερευνήτρια ζήτησε από τη μαθήτρια M5 της ομάδας 3 να περιγράψει τις αλλαγές που έκαναν στο αρχικό παιχνίδι. Η μαθήτρια εκφράζει τη λειτουργία της δομής επιλογής και τον ρόλο της στο πρόγραμμα χρησιμοποιώντας όρους και καταστάσεις από το παιχνίδι. Όταν περιγράφει την αλλαγή που έκαναν δεν αναφέρεται στη δομή επιλογής μόνο ως εντολή, αλλά στη λειτουργία της και στον σκοπό της, δηλαδή να προειδοποιεί έγκαιρα τον παίκτη για τις τιμές 2 μεταβλητών (λαχανικά ή ζωικά_προϊόντα) και συγκεκριμένα όταν η τιμή κάποια από τις δυο γίνει μικρότερη ή ίση του 8. Στη συνέχεια όταν εξηγεί γιατί θεωρεί ότι η εντολή εμφάνισης του μηνύματος πραγματοποιείται «έγκαιρα», περιγράφει τον ρόλο της δομής επιλογής στο σύνολο του αλγόριθμου και σε σχέση με άλλες δομές επιλογής του αλγόριθμου. Εδώ φαίνεται πως οι μαθήτριες στη διασκευή τους δεν χρησιμοποίησαν απλώς συντακτικά σωστά μια δομή επιλογής, αλλά την αξιοποίησαν με τρόπο που έχει νόημα για το πρόγραμμα και υλοποιεί μια σημαντική λειτουργία

του. Έτσι η νέα γνώση που αναπτύσσουν δεν περιορίζονται σε επιφανειακή γνώση περιεχομένου, αλλά νοηματοδοτείται σε ένα πλαίσιο που έχει νόημα και αξία για τις ίδιες.

Απόσπασμα Συνέντευξης 7

1	E	Τι άλλες αλλαγές κάνατε;	
2	M5	Βάλαμε εδώ να προειδοποιεί τον παίκτη έκκαιρα για τα λαχανικά ή τα ζωικά προϊόντα και να του λει να παει να αγορασει καποια	
3	E	ποτε τον ειδοποιεί δηλαδή;	
4	M5	όταν η τιμή τους είναι μικρότερη ή ίση με 8	
5	E	και γιατί λες ότι είναι έκκαιρα αυτό;	
6	M5	Γιατί εδώ έχουμε πει να χάνει όταν είναι η τιμή τους είναι μικρότερη ή ίση με 5 οπότε έχει περιθώριο.	
7	E	Πριν το παιχνίδι σε ειδοποιούσε;	
8	M5	Για άλλες μεταβλητές ναι. Αλλά δεν εκανε τον έλεγχο για αυτές τις 2 μεταβλητές. Εγώ το έβαλα	

Φαίνεται πως οι μαθήτριες ανέπτυξαν σταδιακά τα νοήματα που εφάρμοζαν για την αναγνώριση και τη διόρθωση κανόνων στις προηγούμενες φάσεις, διαμορφώνοντας μια στρατηγική υπολογιστικής σκέψης που αφορά την αποτελεσματική κατασκευή ενός αλγόριθμου με νόημα για τον τελικό χρήστη. Κατά τη νοηματοδότηση σε επίπεδο συστήματος δεν εστιάζουν μόνο στη σωστή σύνταξη της δομής επιλογής ως ανεξάρτητη μονάδα που εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη λειτουργία σε ένα σημείο του προγράμματος, αλλά στο πως η χρήση της δομής επιλογής σε ένα σημείο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη ροή και την τελική εμπειρία παιχνιδιού που βιώνει ο παίκτης. Η μετάβαση αυτή επαναφέρει την ιδέα των επιπέδων που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 5.1 από την ερευνήτρια για την νοηματοδότηση της έννοιας της κλάσης και του αντικειμένου. Αντίστοιχα και εδώ οι μαθήτριες μεταβαίνουν από ένα μικρο-επίπεδο εφαρμογής της δομής επιλογής σε ένα μάκρο-επίπεδο.

Τέλος, όπως φάνηκε από τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν, η απεικόνιση των κανόνων του παιχνιδιού με προγραμματισμό σε μπλοκς συνέβαλλε σημαντικά στη νοηματοδότηση των δομών επιλογής. Η συμβολική αναπαράσταση των κανόνων με εντολές διαφορετικού χρώματος και σχήματος στη γλώσσα του ChoiCo, λειτούργησε ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ των αφηγηματικών κανόνων που συνήθως περιγράφουν οι μαθητές όταν παίζουν ένα παιχνίδι (Kalas & Noss) και των υπολογιστικών ιδεών της συλλογιστικής τους.

5.4.2 Νοηματοδότηση της μεταβλητής μέσα από την ισορροπία παιχνιδιού

Η μεταβλητή είναι μια αφηρημένη υπολογιστική έννοια που συχνά οι νέοι προγραμματιστές και οι μαθητές δυσκολεύονται να νοηματοδοτήσουν και να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά στην κατασκευή ενός αλγόριθμου (Samurcay, 1989, Robins et al 2003). Μεταξύ των πιο συχνών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν περιλαμβάνονται η διαδικασία αρχικοποίησης της τιμής της μεταβλητής, η έννοια της μοναδικότητας της τιμής της μεταβλητής και η διαδικασία μεταβολής της ανατιθέμενης τιμής (Haberman & Muller, 2008). Οι παρανοήσεις αυτές αναφέρονται συχνά σε έρευνες που χρησιμοποιούν παραδοσιακούς τρόπους αναπαράστασης και χρήσης της μεταβλητής σε έναν αλγόριθμο, ανεξάρτητα από τη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στις δραστηριότητες (Doukakakis, Grigoriadou & Tsaganou, 2007. Soloway & Spohrer, 2013. Tzimogiannis & Komis, 2000)

Στο παιχνίδι CT Chef της παρούσας διδακτικής παρέμβασης, οι μεταβλητές έχουν κεντρικό ρόλο καθώς αποτελούν τα πεδία-παραμέτρους του παιχνιδιού (για παράδειγμα Χρήματα, Λαχανικά, Πελάτες). Οι ενσωματωμένες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος ChoiCo επιτρέπουν τη διερεύνηση κάθε μεταβλητής του παιχνιδιού με τρεις διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις, οι οποίες φαίνονται μαζί στην εικόνα 38 : α) ως πεδίο του παιχνιδιού καθώς παίζει ο παίκτης, β) ως μπλοκ μεταβλητής στον αλγόριθμο του παιχνιδιού στο περιβάλλον προγραμματισμού και γ) ως πεδίο της βάσης δεδομένων (στήλες) στο περιβάλλον διασκευής της διεπαφής. Κατά την ανάλυση των δεδομένων η ερευνήτρια μελέτησε τις στρατηγικές με τις οποίες οι μαθήτριες νοηματοδότησαν τη μεταβλητή στα πλαίσια του παιχνιδιού και τον ρόλο των τριών αναπαραστάσεων για την ανάπτυξη αυτών των στρατηγικών.



Εικόνα 38: Οι τρεις διαφορετικές αναπαραστάσεις της μεταβλητής στο περιβάλλον του ChoiCo

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον ήταν το πλαίσιο μέσα στο οποίο οι μαθήτριες εξέφρασαν τα παραπάνω νοήματα, το οποίο, κατά κύριο λόγο, αφορούσε την επίτευξη της *ισορροπίας του παιχνιδιού*, μια έννοια αρκετά περίπλοκη αλλά και σημαντική στον σχεδιασμό παιχνιδιών. Η ισορροπία ενός παιχνιδιού αφορά την εξισορρόπηση της πρόκλησης, της ενεργής συμμετοχής και της διασκέδασης που προσφέρει στον παίκτη (Salen, 2007) και μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τον κατάλληλο σχεδιασμό των επιμέρους στοιχείων του παιχνιδιού, δηλαδή της ιστορίας, των κανόνων, των αντικειμένων και των ενεργειών που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο παίκτης κ.ο.κ. Ένα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ισορροπία των παιχνιδιών είναι η αναλογία(τρόπος, ρυθμός, σχέση) με την οποία μεταβάλλονται οι παράμετροι του παιχνιδιού, η οποία συχνά αναφέρεται και ως αναλογία οφέλους/κόστους (cost/benefit ratio). Για παράδειγμα, ένα παιχνίδι στο οποίο οι περισσότερες ενέργειες του παίκτη επιφέρουν συνεχώς αρνητικά αποτελέσματα στο σκορ ή στις παραμέτρους του παιχνιδιού, θα είναι ένα δύσκολο και όχι τόσο διασκεδαστικό παιχνίδι. Αντίστοιχα αν σε ένα παιχνίδι υπάρχουν πολλές και συχνές θετικές επιπτώσεις και επιβραβεύσεις χωρίς κανένα αρνητικό αντίκτυπο, τότε θα είναι αρκετά εύκολο και πιθανώς ανιαρό για τον παίκτη. Είναι σημαντικό λοιπόν ο σχεδιαστής του παιχνιδιού να εξασφαλίσει μια ισορροπημένη αναλογία στο ρυθμό μεταβολής των παραμέτρων του, όπως είναι η βαθμολογία, οι διαθέσιμοι πόροι του παιχνιδιού και οι επιπτώσεις των επιλογών του παίκτη σε αυτές.

Στην παρούσα έρευνα οι μαθήτριες μέσα από την επινόηση στρατηγικών με στόχο την εξισορρόπηση του παιχνιδιού, εξέφρασαν σημαντικά νοήματα για την έννοια της μεταβλητής και τον ρόλο της στον αλγόριθμο του παιχνιδιού. Όπως προέκυψε από την ανάλυση οι μαθήτριες διερεύνησαν και νοηματοδότησαν τη μεταβλητή ως «αθροιστή» δηλαδή ως μια θέση που συσσωρεύει το αποτέλεσμα μεμονωμένων τιμών (Sajaniemi, 2005). Ακόμη χρήση των μεταβλητών από τις μαθήτριες ως πεδία του παιχνιδιού φάνηκε πως συνέβαλε στην αναγνώριση σημαντικών ιδιοτήτων της μεταβλητής όπως η μοναδικότητα της τιμής της και η μεταβολή της κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, ο τύπος της και η σημασία της αρχικοποίησής της. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά κρίσιμα συμβάντα που αναδεικνύουν τους τρόπους χρήσης και νοηματοδότησης της μεταβλητής και των ιδιοτήτων της από τις μαθήτριες.

Η σημασία των «αρχικών τιμών» στη δυσκολία του παιχνιδιού

Ένα ζήτημα που προέκυψε και συζητήθηκε σε όλες τις ομάδες ήταν οι αρχικές τιμές των πεδίων του παιχνιδιού. Κατά τη διασκευή του παιχνιδιού, οι μαθήτριες διαπίστωσαν ότι η αρχικοποίηση των μεταβλητών που αντιστοιχούν στα πεδία του παιχνιδιού παίζει καθοριστικό ρόλο στο βαθμό δυσκολίας του παιχνιδιού καθώς θέτει το σημείο εκκίνησης του παίκτη. Η ερευνήτρια εντόπισε στα δεδομένα πως ενώ αρχικά όλες οι μαθήτριες παραβλέπαν την αρχικοποίηση των τιμών των πεδίων του παιχνιδιού, σταδιακά άρχισαν να αναφέρονται περισσότερο στο κομμάτι αυτό και να συνειδητοποιούν τη σημασία του στον αλγόριθμο και στην ισορροπία του παιχνιδιού. Στο κρίσιμο

συμβάν 59 οι μαθήτριες της ομάδας 1 διαπιστώνουν τη σημασία της αρχικοποίησης των τιμών καθώς δοκιμάζουν το παιχνίδι που μόλις έχουν διασκευάσει. Πριν το συμβάν οι μαθήτριες είχαν τροποποιήσει ορισμένες τιμές στη βάση δεδομένων του αρχικού παιχνιδιού και κάποιους από τους κανόνες τερματισμού, στη δεύτερη φάση της παρέμβασης. Μόλις ξεκινάν να δοκιμάσουν το διασκευασμένο παιχνίδι τους, η M2 διαπιστώνει ότι είναι πολύ εύκολο διότι το πεδίο «Χρήματα» έχει εξαρχής υψηλή τιμή χωρίς να έχουν κάνει ακόμα καμία επιλογή στο παιχνίδι. Η M1 τότε αναφέρεται στις αρχικές τιμές των μεταβλητών, τις οποίες έως τώρα είχαν ξεχάσει να ορίσουν (γραμμή 2), και ψάχνει να βρει πως ορίζονται στον κώδικα. Κατόπιν εντοπίζουν την εντολή που αναθέτουν την αρχική τιμή στη μεταβλητή «Χρήματα» και αποφασίζουν να την αλλάξουν ώστε «να γίνει πιο δύσκολο» (γραμμή 6). Η M2 προτείνει να αλλάξουν τις αρχικές τιμές και των υπόλοιπων μεταβλητών ώστε να δυσκολέψει το παιχνίδι και προχωρά στις αντίστοιχες τροποποιήσεις στον κώδικα. Στο συμβάν 59 φαίνεται πως ο σχεδιασμός των αρχικών πόρων που δίνονται στον παίκτη συνέβαλε ώστε να εκφράσουν οι μαθήτριες νοήματα για τη διαδικασία αρχικοποίησης των τιμών μιας μεταβλητής και για τη σημασία της αρχικοποίησης στη ροή και την έξοδο του αλγόριθμου.

Κρίσιμο Συμβάν 59

1	M2	Κατσε γιατι έχουμε τόσα πολλά χρήματα κι όλας ; Χωρίς να έχουμε πουλήσει τίποτα; Αυτό είναι πολύ εύκολο		Κοιτάει τις αρχικές τιμές των πεδίων μόλις ξεκινάει το παιχνίδι
2	M1	Α δεν το αλλαξαμε αυτό. Το ξεχάσαμε		Ανοίγει ξανά το design mode
3	M1	Λοιπόν πρέπει να βρούμε τον κώδικα που εχει τις αρχικές τιμές...που είναι;		
4	M2	Εδώ μήπως; On game start;		Ανοίγει την καρτέλα initial settings
5	M1	Ναι ναι. Πρέπει να αλλάξουμε αυτό που θετει την αρχική τιμή στα Χρηματα		

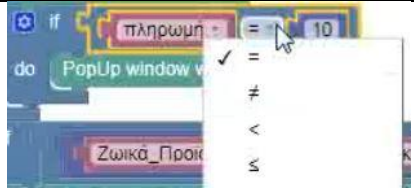
6	M2	Οκ θα το βάλω 20 για να είναι πιο δύσκολο. Να αλλάξω και τα άλλα για να δυσκολέψει;		
7	M1	Ναι		
8	M2	Ωραία πελάτες θα το βάλω 7		

Πρόβλεψη πιθανών τιμών των μεταβλητών κατά το παίξιμο του παιχνιδιού

Μια αντίστοιχη περίπτωση νοηματοδότησης προκύπτει και στο κρίσιμο συμβάν 60 στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 2 συζητούν για τις αρχικές τιμές των πεδίων του παιχνιδιού τους στη τρίτη φάση της έρευνας. Εδώ οι μαθήτριες κατά την ανάθεση των τιμών επικεντρώνονται στη σχέση της αρχικής τιμής της μεταβλητής με το εύρος μεταβολής της όπως προκύπτει από τις διαθέσιμες επιλογές του παιχνιδιού. Η στρατηγική τους για τη δυσκολία και την ισορροπία του παιχνιδιού είναι πιο περίπλοκη από αυτή των μαθητριών στο κρίσιμο συμβάν 60 καθώς περιλαμβάνει την **πρόβλεψη** των πιθανών τιμών που μπορεί να πάρει η μεταβλητή «Χρήματα» ανάλογα με τις κινήσεις που θα κάνει αρχικά ο παίκτης. Μέσα από τον διάλογό τους προκύπτουν σημαντικά νοήματα για την έννοια της μεταβλητής τα οποία οι μαθήτριες τα εντάσσουν στο πλαίσιο και τη λογική του παιχνιδιού. Οι μαθήτριες φαίνεται πως αντιλαμβάνονται την μεταβλητή ως αθροιστή, δηλαδή ως μια «θέση» που έχει πάντα μια μοναδική τιμή στην οποία προστίθεται ένα νούμερο. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου παιχνιδιού το νούμερο αυτό καθορίζεται από τις επιπτώσεις των «ταινιών» για το πεδίο «Χρήματα». Συνδυάζοντας τη βάση δεδομένων, τον κώδικα αρχικοποίησης και τη σκηνή του παιχνιδιού οι μαθήτριες προβλέπουν τη μεταβολή της τιμής της μεταβλητής μετά από κάθε πιθανή επιλογή του παίκτη. Τελικά (γραμμή 7) αποφασίζουν να βάλουν μια αρχική τιμή που να επιτρέπει την επιλογή ταινιών με χαμηλή αύξηση της τιμής της μεταβλητής ώστε να μη είναι πολύ εύκολο το παιχνίδι από την αρχή.

1	M4	Κάτσε θα τα γραψω στο χαρτί πρώτα. Λοιπόν Χρήματα να ξεκινάει με τουλάχιστον 12	
2	M3	Γιατί;	
3	M4	Για να μπορεί ο παίκτης να αγοράσει τουλάχιστον μια ταινία όταν ξεκινά το παιχνίδι	
4	M3	Κάτσε να δούμε πόσο κάνουν οι ταινίες. Πόσο κάνει η πιο φτηνή για να την πάρεις στην αρχή πχ ;	Κοιτάει τις εγγραφές που αντιστοιχούν σε ταινίες στη βάση δεδομένων.
5	M3	Εγώ λέω να ξεκινάει με 40 ευρώ τουλάχιστον. Για να μπορείς να επιλέξεις το Avengers.	
6	M4	Όχι 40! Δεν θα μπορείς να πάρεις κατευθείαν το Avengers. Θα είναι εύκολο έτσι. Θα πρέπει να παίζεις πρώτα λίγο για να καταφέρεις να το πάρεις.	
7	M3	Ενταξει... Θα πάρεις όμως 2,3. Οι πιο φτηνες έχουν 9,10,11. Να παρεις 3 για αρχή οπότε να βάλουμε 30;	

Η πρόβλεψη των τιμών της μεταβλητή που προκύπτει από το παίξιμο του παιχνιδιού, βοήθησε τις μαθήτριες να αντιληφθούν και να διορθώσουν λογικά λάθη που σχετίζονται με τη χρή της δομής επιλογής για έλεγχο των τιμών μιας μεταβλητής. Στο απόσπασμα που παρουσιάζεται στο κρίσιμο συμβάν 61 η μαθήτρια M5 της ομάδας 3 εξηγεί στη συμμαθήτριά της, M6, ένα τέτοιο λογικό λάθος που υπάρχει στον κώδικα του παιχνιδιού. Οι μαθήτριες έχουν προγραμματίσει τον έλεγχο που φαίνεται στη γραμμή 1, δηλαδή αν η τιμή της μεταβλητής «Πληρωμή» είναι ίση με 10 τότε το παιχνίδι να τερματίζει (game over). Η M5 υποστηρίζει ότι πρέπει να βάλουν τον τελεστή «μικρότερο ή ίσο» για τον έλεγχο της τιμής, αλλιώς μπορούν να προκύψουν λογικά λάθη και το παιχνίδι να μην τερματίσει ποτέ. Στη γραμμή 3 εξηγεί το πρόβλημα στη συμμαθήτριά της χρησιμοποιώντας ένα πιθανό σενάριο παιχνιδιού του παιχνιδιού από έναν παίκτη και προβλέποντας τη μεταβολή της τιμής της μεταβλητής «Πληρωμή». Όπως αναφέρει, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις στο παιχνίδι που η τιμή της μεταβλητής μπορεί να γίνει κάτω από 10 από μια επιλογή του παίκτη, πριν γίνει ο έλεγχος τερματισμού. Βάζοντας τον τελεστή μικρότερο ή ίσο διασφαλίζουν τη σωστή εκτέλεση για όλες τις τιμές της μεταβλητής «Πληρωμή» που είναι κάτω από τον αριθμό 10. Εδώ η μαθήτρια προβλέπει τη τις διαφορετικές τιμές που μπορεί να αποκτήσει η μεταβλητή κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου.

1	M5	εδώ βάλε μικρότερο ή ίσο του 10 όχι σκέτο ίσο	
2	M6	Μικρότερο; Γιατί;	
3	M5	γιατί αν η πληρωμή είναι για παράδειγμα 11 και επιλέξεις κάποιο σημείο το οποίο την κάνει -2 η πληρωμή θα παει στο 9 αλλά αν το εχεις = με 10 τότε δεν θα σου βγάλει προειδοποιητικό μήνυμα. Κι αυτό μπορεί να γίνει σε πολλές επιλογές. Γιαυτο πρεπει ο έλεγχος να είναι μικρότερο από 10 ή μικρότερο ή ίσο	
4	M6	αα τώρα το κατάλαβα.	

Η ικανότητα προσδιορισμού της τιμής μιας μεταβλητής σε κάθε σημείο ενός προγράμματος αποτελεί μια υπολογιστική δεξιότητα υψηλού επιπέδου, που ενδεχομένως οι μαθητές να δυσκολεύονται να εκφράσουν με τις παραδοσιακές γλώσσες προγραμματισμού. Όπως φάνηκε, η ροή του παιχνιδιού και οι συνεχείς μεταβολές των τιμών των πεδίων από τις επιλογές του παίκτη, βοήθησε τις μαθήτριες να οπτικοποιήσουν τη μεταβολή αυτή και να είναι σε θέση να προβλέπουν και να προσδιορίζουν τις τιμές των μεταβλητών.

Οι μεταβλητές ως δομικά στοιχεία του συστήματος του παιχνιδιού

Ένα ακόμη ζήτημα που προέκυψε σε σχέση με την ισορροπία του παιχνιδιού ήταν η εξισορρόπηση των συνθηκών τερματισμού με τις αρχικές τιμές και με το ρυθμό μεταβολής των πεδίων του παιχνιδιού. Για παράδειγμα αν μια μεταβλητή έχει αρχική τιμή πολύ κοντά στη τιμή τερματισμού, είναι πιθανό το παιχνίδι να τελειώσει πολύ γρήγορα. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω των αρχικών τιμών και των συνθηκών τερματισμού, προκύπταν λογικά αδιέξοδα όπως να τερματίζει το παιχνίδι στην πρώτη επιλογή ή να μην τερματίζει ποτέ. Οι μαθήτριες για να εξασφαλίσουν την ομαλή και ενδιαφέρουσα πορεία του παιχνιδιού, άρχισαν σταδιακά να αναλύουν τις μεταβλητές των πεδίων σε όλη την έκταση του αλγόριθμου και όχι μόνο τοπικά. Έτσι νοηματοδότησαν τη μεταβλητή ως δομικό στοιχείο του συστήματος του παιχνιδιού το οποίο διαμορφώνει την αρχή, την εξέλιξη και το τέλος του. Ένα χαρακτηριστικό δείγμα αυτής της στρατηγικής φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 62, στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 2 προσπαθούν να ισορροπήσουν τη δυσκολία του παιχνιδιού τους αφού το έχουν ήδη διασκευάσει. Αρχικά η M4 περιγράφει ένα παράδοξο στο παιχνίδι τους που αφορά τη χρήση της μεταβλητής «Πελάτες_τη_μέρα» στον αλγόριθμο. Όπως διαπιστώνει, στον κώδικα αναθέτουν ως αρχική τιμή της μεταβλητής τον αριθμό 5 και στη συνέχεια

ελέγχουν αν η τιμή είναι μικρότερη ή ίση του 5 για να τελειώσει το παιχνίδι. Αυτό είναι λογικό λάθος, καθώς το παιχνίδι θα τελειώσει στην πρώτη εκτέλεση του κώδικα, πριν ο παίκτης προλάβει να κάνει κάποια επιλογή. Ενώ οι μαθήτριες συμφωνούν πως αυτό είναι λάθος, στη συνέχεια διαφωνούν ως προς τον βέλτιστο τρόπο διόρθωσής του. Η M3 προτείνει στη συνθήκη ελέγχου για τον τερματισμό να βάλουν μια αρκετά χαμηλότερη τιμή από την αρχική, δηλαδή μικρότερο του 2, ενώ η M4 προτείνει να βάλουν την ίδια, δηλαδή μικρότερο του 5, υποστηρίζοντας πως αν η τιμή μιας μεταβλητής γίνει μικρότερη από την αρχική της θα πρέπει να τελειώνει το παιχνίδι. Ωστόσο η M4 δεν έχει λάβει υπόψιν της τη μεταβολή της τιμής της μεταβλητής κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού που προκύπτει από τις επιλογές του παίκτη και μπορεί να αλλάζει κάθε φορά. Όπως της εξηγεί η M3, δεν υπάρχει κάποια επιλογή που να έχει μόνο θετικές ή μηδενικές επιπτώσεις, συνεπώς κάποιες από τις μεταβλητές αναγκαστικά θα μειωθούν στις πρώτες κινήσεις. Έτσι καταλήγει στο συμπέρασμα πως, λόγω της μεταβολής που θα προκύψει από το παίξιμο του παίκτη την οποία δεν μπορούν να προβλέψουν ακριβώς, πρέπει να αφήσουν ένα περιθώριο μείωσης της τιμής σε σχέση με την αρχική για να είναι το παιχνίδι ενδιαφέρον. Εδώ οι μαθήτριες νοσηματοδοτούν τη μεταβλητή υπολογιστικό στοιχείο που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος του παιχνιδιού και η χρήση της σε κάθε σημείο του αλγόριθμου θα πρέπει να σχετίζεται και να λαμβάνει υπόψιν της τη χρήση της σε άλλα σημεία καθώς και τη επίδρασή της στην εμπειρία του παίκτη, δηλαδή στην έξοδο του συστήματος. Θεωρώντας την προσέγγιση των επιπέδων ανάλυσης του συστήματος (ενότητα 5.2), η στρατηγική αυτή προσεγγίζει τη μεταβλητή σε μακρο-επίπεδο και εξετάζει πως η συνολική της χρήση στον κώδικα έχει νόημα για το σύστημα του παιχνιδιού και για τη τελική εμπειρία παιχνιδιού.

Κρίσιμο Συμβάν 62

1	M4	Λοιπόν για τους πελάτες τη μέρα. Εδώ γράφει μικρότερο ή ίσο από 5 αλλά ξεκινάς με 5 οπότε δεν μπορεί να χάνεις με μικρότερο ή ίσο του 5. Δεν θα δουλέψει καν		Κοιτάζουν τους κανόνες τερματισμού
2	M3	Σωστο. Να βαλουμε 3;		
3	M4	Ε οχι και τρεις. Εγω λεω να το κανουμε απλως μικροτερο απο 5		

4	M3	τι λες αφού ξεκινάς με 5		Ανοίγει την καρτέλα «Initial Settings»
5	M4	Ναι λέω αν πας λιγότερο από αυτό που ξεκίνησες με χάνεις		
6	M3	Μα σκέψου το λίγο. Θα χάνεις με σχεδόν όλες τις επιλογές. δεν θα είναι ωραίο		
7	M4	Ωραία αν παει κάτω από 4 χάνεις. Δεν μπορεί να έχει πολύ απόκλιση από τις αρχικές τιμές		
8	M3	μα όλες οι επιλογές έχουν κάποιες αρνητικές επιπτώσεις. Τόσο οριακά που το έχεις βάλει με οποιαδήποτε επιλογή θα χάσεις από κάποια από τις παραμέτρους. Δεν μπορείς να τα αυξήσεις όλα στην αρχή ή κατευθείαν με μια επιλογή		Ανοίγει την καρτέλα «Game Interface» και δείχνει τις επιπτώσεις στη βάση

Σχετικά αποτελέσματα ερωτηματολογίων

Η σύγκριση των ερωτηματολογίων που δόθηκαν στις μαθήτριες πριν και μετά την έρευνα ενίσχυσε τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στις δυο παραγράφους για τα νοήματα των μαθητριών για αλγοριθμικές έννοιες. Η ερευνήτρια συνέκρινε τις απαντήσεις των μαθητριών στις ερωτήσεις που αφορούσαν την κατασκευή αλγόριθμου στα δυο ερωτηματολόγια. Ειδικότερα, οι αλγοριθμικές έννοιες εξετάζονται σε 7 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε πριν την έρευνα (ερωτήσεις 9,10,11,12,13,14,19) και σε 7 από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε μετά την έρευνα (ερωτήσεις 8,9,10,11,12,13,18). Ο πίνακας 38 συνοψίζει τις σωστές απαντήσεις τωντριών στις ερωτήσεις αυτές. Στον πίνακα έχουν ληφθεί υπόψιν μόνο οι απαντήσεις των μαθητών που απάντησαν και στα δυο ερωτηματολόγια, καθώς οι υπόλοιπες απάντησαν μόνο στο

ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν αλλά όχι σε αυτό που δόθηκε μετά, λόγω απουσίας τους στην τελευταία συνάντηση.

Πίνακας 38: Σύνοψη των απαντήσεων των μαθητών σε ερωτήσεις που εξετάζουν την κατασκευή αλγόριθμου στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την έρευνα

Κωδικός	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων και δεδομένων στο ερωτηματολόγιο πριν την παρέμβαση	Σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις μοτίβων και δεδομένων στο ερωτηματολόγιο μετά την παρέμβαση
M3	3 από 7	6 από 7
M4	3 από 7	6 από 7
M5	6 από 7	5 από 7

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι μαθήτριες M3 και M4 παρουσίασαν βελτίωση στις ερωτήσεις που σχετίζονταν με τη σειρά εκτέλεσης των εντολών, τη δομή επιλογής, τη χρήση της μεταβλητής και την βελτιστοποίηση ενός αλγόριθμου. Η σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε συνδυασμό με τα κρίσιμα συμβάντα στα οποία εμπλέκονται οι μαθήτριες αυτές, αποτελούν ενδείξεις κατασκευής και ανάπτυξης νοημάτων για τις αλγοριθμικές έννοιες. Οι μαθήτριες φαίνεται πως ήταν σε θέση να εφαρμόσουν τα νοήματα που εξέφρασαν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και σε προβλήματα εκτός του πλαισίου του παιχνιδιού, όπως οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων.

5.4.3 Σύνοψη

Στην ενότητα αυτή εξετάστηκαν τα νοήματα και οι στρατηγικές που ανέπτυξαν οι μαθήτριες για αλγοριθμικές έννοιες κατά το παίξιμο και τη διασκευή του παιχνιδιού επιλογών και επιπτώσεων «CT Chef». Η ανάπτυξη των στρατηγικών μελετήθηκε υπό το πρίσμα του πλαισίου που διαμορφώθηκε από το παιχνίδι και το οποίο, όπως φάνηκε, επηρέασε σημαντικά τις διαδικασίες νοηματοδότησης των μαθητριών σε όλη τη διάρκεια της παρέμβασης. Στον πίνακα 39 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα αυτή.

Πίνακας 39: Σύνοψη των στρατηγικών νοηματοδότησης αλγοριθμικών εννοιών στα πλαίσια του παιχνιδιού στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Στοιχείο παιχνιδιού	Στρατηγικές	Αλγοριθμικές έννοιες
Κανόνες	Διαισθητική προσέγγιση Φορμαλιστική προσέγγιση Υπολογιστική προσέγγιση	Δομή επιλογής Συνθήκη ελέγχου Σύνθετες συνθήκες Άλγεβρα Bool Σειρά εκτέλεσης

Ισορροπία παιχνιδιού (δυσκολία- πρόκληση- διασκέδαση)	Αρχικές τιμές παιχνιδιού Πρόβλεψη τιμών παιξίματος Συνολική ισορροπία τιμών	Μεταβλητή ως αθροιστής Ιδιότητες μεταβλητής (αρχικοποίηση, τύπος, μοναδικότητα τιμής) Ανάθεση τιμής Μεταβολή τιμής Ρόλος στο παιχνίδι
---	---	--

Οι κανόνες τους παιχνιδιού, διαμεσολάβησαν για τη μεταφορά της διαισθητικής-προσωπικής γνώσης που είχαν οι μαθητές για την έννοια της δομής επιλογής και της συνθήκης ελέγχου, στην φορμαλιστική υλοποίηση της με προγραμματισμό και τελικά στην υπολογιστική χρήση της στα πλαίσια του συστήματος του παιχνιδιού. Όπως φάνηκε από τα κρίσιμα συμβάντα που παρουσιάστηκαν, οι μαθήτριες αρχικά καθώς έπαιζαν το παιχνίδι εξέφρασαν προσωπικά νοήματα για τη σειρά εκτέλεσης των εντολών και τις συνθήκες τερματισμού μέσα από την προφορική ή γραπτή περιγραφή των κανόνων τερματισμού του παιχνιδιού. Αυτό το στάδιο νοηματοδότησης λειτούργησε ως βάση για τη μετάβαση στην αναγνώριση και κατασκευής της φορμαλιστικής αναπαράστασης των εννοιών με χρήση προγραμματιστικών δομών. Οι μαθήτριες κατά τη διασκευή του παιχνιδιού αντιστοίχησαν τους κανόνες που είχαν ήδη περιγράψει στον κώδικα που τους υλοποιούσε στο περιβάλλον σχεδιασμού και εξέφρασαν νοήματα για την απλή δομή επιλογής, της συνθήκης ελέγχου και τους λογικούς τελεστές καθώς και τη σειρά εκτέλεσης ανάλογα με το αποτέλεσμα της συνθήκης. Τέλος, οι μαθήτριες, κυρίως στην τρίτη φάση της παρέμβασης, προσέγγισαν τους κανόνες του παιχνιδιού ως αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος το οποίο αποκτά νόημα σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία του παιχνιδιού, όπως τα αντικείμενα και τις επιπτώσεις τους, τις αρχικές τιμές, την ιστορία κλπ. Οι μαθήτριες σε αυτή την υπολογιστική προσέγγιση των κανόνων νοηματοδότησαν τη δομή επιλογής όχι ως μια ανεξάρτητη προγραμματιστική δομή, αλλά ως τμήμα του αλγόριθμου με συγκεκριμένο ρόλο στη διαμόρφωση ολόκληρου του παιχνιδιού.

Ένα δεύτερο στοιχείο που οδήγησε τις μαθήτριες να επινοήσουν στρατηγικές και να νοηματοδοτήσουν αλγοριθμικές έννοιες ήταν η ισορροπία του παιχνιδιού, δηλαδή η δημιουργία ενός παιχνιδιού με νόημα το οποίο εξισορροπεί τη δυσκολία, την ενεργό συμμετοχή και τη διασκέδαση που βιώνει ο παίκτης καθώς παίζει. Οι μαθήτριες κατά τη διόρθωση και διασκευή του παιχνιδιού επινόησαν στρατηγικές για να εξασφαλίσουν ισορροπία μεταξύ των επιπτώσεων στα πεδία του παιχνιδιού και στους κανόνες ελέγχου των τιμών τους. Μέσα από αυτές τις στρατηγικές εξέφρασαν σημαντικά νοήματα για την έννοια της μεταβλητής ως πεδίο του παιχνιδιού και για τον ρόλο της στο αποτέλεσμα του αλγόριθμου του παιχνιδιού. Όπως φάνηκε από τα συμβάντα που παρουσιάστηκαν, η τριπλή αναπαράσταση της μεταβλητής στο περιβάλλον ChoiCo, δηλαδή ως παράμετρος παιχνιδιού στο περιβάλλον παιξίματος, ως πεδίο της βάσης δεδομένων και ως ‘μπλοκ’ μεταβλητής στον κώδικα, συνέβαλε σημαντικά στη νοηματοδότηση έννοιας της μεταβλητής από

τις μαθήτριες και στην αποσαφήνιση συχνών παρανοήσεων που προκύπταν. Οι μαθήτριες σταδιακά ανέπτυξαν την αντίληψη τους για την έννοια της μεταβλητής από ένα συγκεκριμένο πεδίο του παιχνιδιού ή ένα κομμάτι του κώδικα σε ένα δομικό στοιχείο της υπολογιστικής υλοποίησης του συστήματος. Στις τελευταίες εφαρμογές της παρέμβασης, σε αντίθεση με τις αρχικές, οι μαθήτριες ήταν σε θέση να περιγράφουν τον ρόλο της μεταβλητής σε κάθε σημείο του αλγόριθμου που χρησιμοποιούνταν και να προβλέπουν την τιμή που θα έχει μετά από κάθε εκτέλεση του αλγόριθμου για διαφορετικές επιλογές του παίκτη. Αυτή είναι μια δεξιότητα υψηλού επιπέδου που συνήθως δεν διερευνούν ή δεν εκφράζουν οι μαθητές στις παραδοσιακές ασκήσεις και αναπαραστάσεις προγραμματισμού.

5.5 Ο ρόλος των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων του ChoiCo στην ανάπτυξη στρατηγικών

Στις τρεις προηγούμενες ενότητες εξετάστηκαν οι στρατηγικές και τα νοήματα για υπολογιστικές που ανέπτυξαν οι μαθήτριες καθώς έπαιζαν, διόρθωναν και διασκεύαζαν το παιχνίδι «CT Chef» στο διαδικτυακό λογισμικό ChoiCo. Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, οι πολλαπλές διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις υπολογιστικών εννοιών, όπως η μεταβλητή, και οι λειτουργικότητες σχεδιασμού που ενσωματώνει το περιβάλλον του ChoiCo έπαιξαν καταλυτικό ρόλο στην έκφραση και την ανάπτυξη στρατηγικών από τις μαθήτριες.

Η λειτουργικότητα του σχεδιασμού χαρτών του παιχνιδιού, σε συνδυασμό με την οπτική επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων είχαν διττό ρόλο. Από τη μια λειτούργησαν ως εργαλεία αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητριών, ως παίκτριες, και του παιχνιδιού με τα οποία διερευνούσαν το σύνθετο πρόβλημα που έθετε το παιχνίδι, τις επιλογές του και τις επιπτώσεις τους. Από την άλλη, κατά τη διασκευή του παιχνιδιού, απέκτησαν το ρόλο των εργαλείων διαμεσολάβησης μεταξύ της ρεαλιστικής-δισαισθητικής γνώσης που αποτυπώνονταν στο παιχνίδι, και της προσομοίωσης της ως υπολογιστικό σύστημα με προγραμματισμό και υπολογιστικά δεδομένα στη λειτουργία σχεδιασμού. Έτσι συνέβαλαν στη νοηματοδότηση πολύπλοκων υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών που συνέθεταν το σύστημα αυτό, όπως οι μεταβλητές, οι εγγραφές δεδομένων, οι κλάσεις και οι δομές επιλογής, σε ένα πλαίσιο που είχε νόημα για τις μαθήτριες και το οποίο, μέσω του παιχνιδιού, μπορούσαν να το εντάξουν σε πραγματικές και οικείες καταστάσεις.

Στις επόμενες παραγράφους αναπτύσσονται τα σχήματα χρήσης του χάρτη και της βάσης δεδομένων που εντόπισε η ερευνήτρια κατά την ανάλυση των δεδομένων. Ως *σχήματα χρήσης* η ερευνήτρια αναφέρεται στην ανάπτυξη ενός μοτίβου επαναλαμβανόμενων τεχνικών αλληλεπίδρασης των μαθητών με τα δυο εργαλεία οι οποίες συνέβαλαν στη νοηματοδότηση υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών (Drijvers et al., 2010).

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναπτύσσονται τα δύο σχήματα χρήσης του χαρτογραφικού συστήματος της σκηνής, μέσα από την παρουσίαση και ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων από διαφορετικές φάσεις και ομάδες της έρευνας. Ο πίνακας 37 περιλαμβάνει μια σύνοψη των κρίσιμων συμβάντων με στόχο να προσφέρει στον αναγνώστη μια συνολική εικόνα της κατανομής και της διασποράς των συμβάντων που παρουσιάζονται στην ενότητα αυτή.

Πίνακας 40: Σύνοψη κρίσιμων συμβάντων, ομάδων μαθητών και εφαρμογών παρέμβασης που παρουσιάζονται στην ενότητα 5.4

Όνομα	Ομάδα μαθητών	Εφαρμογή-δραστηριότητα
Κρίσιμο Συμβάν 63	3	4 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 64	1	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 65	3	4 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 66	3	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 67	3	5 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 68	2	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 69	2	1 ^η εφαρμογή: Παίξιμο παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 70	1	2 ^η εφαρμογή: Διόρθωση παιχνιδιού
Κρίσιμο Συμβάν 71	2	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 72	2	7 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 73	2	5 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής
Κρίσιμο Συμβάν 74	1	6 ^η εφαρμογή: Δημιουργία διασκευής

5.5.1 Ο ρόλος του σχεδιασμού χάρτη στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή χαρτών αποτελεί, σύμφωνα με ερευνητές, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της αφαίρεσης (Kramer, 2007, υπάρχει κι άλλο ένα). Ο σχεδιαστής ενός χάρτη καλείται να επιλέξει ποιες πληροφορίες είναι σημαντικές και πρέπει να συμπεριληφθούν στον χάρτη, με ποιο γραφικό τρόπο θα τις απεικονίσει και πώς θα μεταφέρει τη σημασία τους στον χρήστη του χάρτη. Ο τρόπος και η θέση που θα τοποθετηθούν τα σημεία, τα γραφικά, και ο βαθμός αφαίρεσης των πληροφοριών και του σχεδιασμού, παίζουν σημαντικό ρόλο στο πως θα διαβάσει και θα ερμηνεύσει κάποιος τον χάρτη. Ο σχεδιασμός χαρτών φαίνεται πως εμπλέκει σημαντικές δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης όπως η αφαίρεση, η διαχείριση και αναπαράσταση δεδομένων, η αποδόμηση και η γενίκευση (Kramer, 2007). Στην περίπτωση μάλιστα που πρόκειται για έναν διαδραστικό ψηφιακό χάρτη ο οποίος επιτρέπει τη χρήση πολλαπλών στρωμάτων, τη μεγέθυνση και σμίκρυνση της απεικόνισης και την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα σημεία ενδιαφέροντος, τότε αυξάνονται ακόμη περισσότερο οι δυνατότητες που προσφέρει για αναπαράσταση εννοιών

και πληροφοριών. Εντούτοις, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν γνωστές έρευνες που να εξετάζουν τη συμβολή της διαχείρισης και κατασκευής ψηφιακών διαδραστικών χαρτών στην ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης.

Η ερευνήτρια, κατά την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας διδακτικής παρέμβασης, εξέτασε εάν και σε ποιες περιπτώσεις η αναπαράσταση των δεδομένων του παιχνιδιού μέσω του συστήματος χαρτογράφησης με σημεία, στρώσεις και συντεταγμένες, ενίσχυσε τη νοηματοδότηση εννοιών και την εφαρμογή πρακτικών υπολογιστικής σκέψης από τις μαθήτριες. Από την ανάλυση προέκυψαν 2 σχήματα χρήσης του συστήματος χαρτογράφησης της σκηνής τα οποία συνοψίζονται στον πίνακα 38.

Πίνακας 41: Σχήματα χρήσης του σχεδιασμού χάρτη από τις μαθήτριες στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Σχήμα χρήσης του σχεδιασμού χάρτη	Σχετικές υπολογιστικές πρακτικές/στρατηγικές	Τύπος διαμεσολάβησης
Εργαλείο χειρισμού και αλληλεπίδρασης του παιχνιδιού	Διαχείριση γεγονότων Το σημείο ως αντικείμενο-κλάση Ιδιότητες αντικειμένου	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ διαισθητικής γνώσης και υπολογιστικής υλοποίησης Απόδοση νοήματος στη συμβολική αναπαράσταση (σημαίνον και σημαινόμενο του χάρτη)
Εργαλείο απεικόνισης και οργάνωσης των δεδομένων	Μοτίβα Κατηγοριοποίηση-ταξινόμηση δεδομένων Γενίκευση	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ της βάσης δεδομένων και της οπτικής αναπαράστασης των δεδομένων στη σκηνή

Καταρχήν, η σκηνή αποτέλεσε το κύριο μέσο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητριών και του παιχνιδιού. Το αναπαραστατικό σύστημα χαρτογράφησης που εφαρμόζεται στη σκηνή πρόσφερε μια οπτική αναπαράσταση των διαφορετικών επιλογών του παιχνιδιού ως σημεία με συγκεκριμένη θέση και ρόλο στον χάρτη. Η οπτικοποίηση αυτή επέτρεψε στις μαθήτριες να νοηματοδοτήσουν την έννοια του προγραμματιστικού αντικειμένου ως στοιχείο του παιχνιδιού με συγκεκριμένες ιδιότητες με το οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης. Αυτή η στρατηγική νοηματοδότησης παρουσιάστηκε αναλυτικά στην παράγραφο 5.2.

Ταυτόχρονα, η σύνδεση των επιλογών με συγκεκριμένα γραφικά που απεικονίζονται στο υπόβαθρο της σκηνής, ενίσχυσε την αντίληψη των μαθητριών για τις ιδιότητες κάθε επιλογής, προσδίδοντάς μια ‘απτή’ αναπαράσταση των πληροφοριών της, δηλαδή του σημαινόμενου της. Η αναπαράσταση αυτή συνέβαλε στη νοηματοδότηση των υπολογιστικών στοιχείων που συνθέτουν το σύστημα του παιχνιδιού. Για παράδειγμα, κατά τη διασκευή του παιχνιδιού οι μαθήτριες δεν πρόσθεταν απλώς νέες εγγραφές στη βάση δεδομένων αλλά συνέδεαν τις εγγραφές αυτές με την οπτική υπόσταση του σημείου στον χάρτη προσδίδοντάς του ένα σημαινόμενο. Το σημαινόμενο αφορούσε τι σημαίνει η επιλογή του συγκεκριμένου σημείου από τον παίκτη και πως αυτή η σημασία θα επικοινωνήσει μέσω του παιχνιδιού. Για τη δημιουργία ενός σημαιομένου με νόημα για κάθε επιλογή το οποίο να ταιριάζει με το υπόλοιπο παιχνίδι, οι μαθήτριες εφάρμοσαν πρακτικές υπολογιστικής σκέψης όπως η αντιστοίχιση μοτίβων, η αφαιρετική σκέψη και η αναγνώριση της σειράς εκτέλεσης των εντολών.

Τέλος η αναπαράσταση του χάρτη, προσέφερε μια «χωρική» κατανομή των πληροφοριών του παιχνιδιού είτε στην ίδια εικόνα είτε σε διαφορετικές στρώσεις. Η χωρική αναπαράσταση των δεδομένων συνέβαλε στην εφαρμογή των πρακτικών της ταξινόμησης, σύγκρισης και ομαδοποίησης των επιλογών από τις μαθήτριες καθώς και στην αναγνώριση και εφαρμογή μοτίβων μεταξύ των κατηγοριών. Έτσι τα αριθμητικά δεδομένα που εισήγαγαν στη βάση για κάθε εγγραφή και τα μοτίβα που δημιουργούσαν συνδέονταν και επηρεάζονταν από τη θέση του σημείου στη σκηνή τόσο σε σχέση με την απεικόνιση του υποβάθρου όσο και σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία.

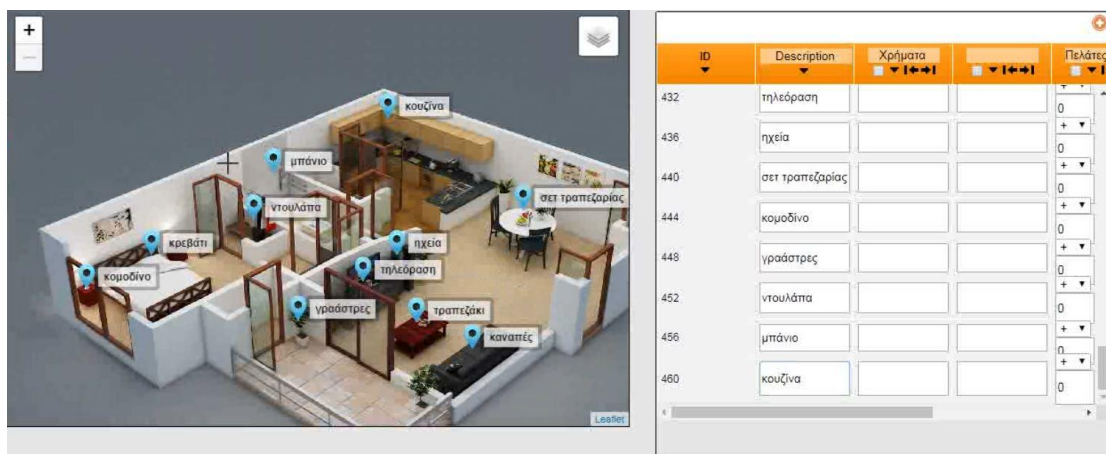
Εργαλείο χειρισμού του παιχνιδιού και αλληλεπίδρασης του παίκτη

Η πιο συχνή χρήση του χάρτη από τις μαθήτριες ήταν για να περιηγηθούν στις περιοχές του παιχνιδιού, να διερευνήσουν τις διαθέσιμες επιλογές και να αλληλεπιδράσουν με αυτές επιλέγοντας τα αντίστοιχα σημεία πάνω στον χάρτη. Η σκηνή ήταν το πρώτο μέσο αναπαράστασης του συστήματος του παιχνιδιού το οποίο χρησιμοποίησαν οι μαθήτριες με αποτέλεσμα να παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αρχικών στρατηγικών και νοημάτων που εξέφρασαν. Όταν έπαιζαν το παιχνίδι για πρώτη φορά, προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τους κανόνες του και τη λογική του συνδυάζοντας τις διαισθητικές και προσωπικές ιδέες τους με τη γραφική απεικόνιση των επιλογών και των περιοχών του παιχνιδιού. Σε κάθε σημείο-επιλογή και σε κάθε περιοχή επιχειρούσαν να αποδώσουν μια ερμηνεία σε σχέση με τον ρόλο της στο παιχνίδι που αντλούσαν από τις προσωπικές τους εμπειρίες. Καθώς συνέχιζαν να παίζουν επαλήθευαν ή αμφισβητούσαν την ιδέα αυτή μέσα από τη ροή του παιχνιδιού. Αυτή η διαδικασία μεταφοράς της εμπειρικής γνώσης στην εικονική αναπαράσταση του χάρτη βοήθησε τις μαθήτριες να εκφράσουν κάποια πρώτα νοήματα για έννοιες όπως η δομή επιλογής (δες κεφ. 5.3.1.)

Στις επόμενες φάσεις, όταν διασκεύαζαν το παιχνίδι, ένα θέμα που απασχόλησε όλες τις ομάδες ήταν η επιλογή ή η δημιουργία της κατάλληλης εικόνας υποβάθρου στην οποία θα τοποθετούνταν τα σημεία του παιχνιδιού, καθώς και η διαμόρφωση των στρώσεων του χάρτη που θα αντιπροσώπευαν τις περιοχές του παιχνιδιού. Για την εικόνα υποβάθρου τέθηκαν και συζητήθηκαν μεταξύ των μαθητριών τα παρακάτω ζητήματα, τα οποία οδήγησαν πολλές φορές σε νοηματοδότηση υπολογιστικών πρακτικών όπως η αφαιρετική σκέψη και η γενίκευση:

- Η πιστότητα της απεικόνισης, δηλαδή πόσο ρεαλιστική ή αφηρημένη θα είναι η εικόνα του χάρτη της σκηνής
- Η εννοιολογική σημασία της εικόνας για το πλαίσιο του παιχνιδιού, δηλαδή τι θέλουν να σημαίνει η εικόνα και πως το ερμηνεύει ο παίκτης
- Η εννοιολογική σημασία της τοποθέτησης ενός σημείου σε μια θέση συγκεκριμένη θέσης της εικόνας, δηλαδή τι σημαίνει όταν ο παίκτης επιλέγει το σημείο αυτό και πως η σημασία αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο του παιχνιδιού
- Η διαχείριση του γεγονότος επιλογής ενός σημείου από τον παίκτη, δηλαδή τι θα εκτελέσει ο αλγόριθμος όταν ο παίκτης επιλέξει το συγκεκριμένο σημείο

Η διαδικασία αντιστοίχισης των επιλογών-σημείων με την εικόνα υποβάθρου και η σωστή επικοινωνία της σημασίας τους στον παίκτη οδήγησε συχνά τις μαθήτριες να αναθεωρήσουν τον αρχικό τους σχεδιασμό και να εκφράσουν νοήματα για την λογική ροή εκτέλεσης του αλγόριθμου, των σημείων ως αντικείμενα και ως εγγραφές της βάσης δεδομένων και των ιδιοτήτων τους ως πεδία της βάσης. Για παράδειγμα στην αρχή της διασκευής τους οι μαθήτριες της ομάδας 3 επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν την εικόνα υποβάθρου που φαίνεται στην εικόνα 39 επειδή τους άρεσε οπτικά και να τοποθετήσουν αντίστοιχα σημεία στα αντικείμενα που απεικονίζονταν χωρίς όμως να προσδιορίσουν τις επιπτώσεις τους στη βάση. Με άλλα λόγια, εστίασαν στην οπτική αναπαράσταση χωρίς να της αποδώσουν μια συγκεκριμένη σημασία για το παιχνίδι, δηλαδή τι σημαίνει ότι ο παίκτης επιλέγει το κάθε σημείο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα πεδία-μεταβλητές που υπήρχαν ήδη στο παιχνίδι (Χρήματα, Πελάτες, Υγιεινό Φαγητό) να σταματήσουν να έχουν νόημα στο νέο πλαίσιο που έθετε η εικόνα και να μην μπορούν πλέον να ερμηνευτούν ως ιδιότητες των νέων σημείων-αντικειμένων που είχαν τοποθετήσει. Αυτό οδήγησε τις μαθήτριες σε μια συζήτηση γύρω από τα σημεία και τα πεδία του παιχνιδιού, ένα απόσπασμα της οποίας φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 63 .



Εικόνα 39: Στιγμιότυπο της διασκευής της ομάδας 3 σε λειτουργία σχεδιασμού

Κρίσιμο Συμβάν 63

1	M5	Να δούμε λίγο τις παραμέτρους τώρα; Τα χρήματα ας πούμε τι είναι;
2	M6	Δεν ξέρω... πόσο αγοράζουμε το κάθε επίπλο;
3	M5	Και το υγιεινό φαγητό τι να το κάνουμε;
4	M6	Μήπως να κρατήσουμε το υγιεινό φαγητό για τα φαγητά στην κουζίνα του σπιτιού και τα πράγματα όπως το κρεβάτι, ο καναπές στο σπίτι να μην το επηρεάζουν;
5	M5	χμμ δεν ξέρω γιατί όλες οι επιλογές πρέπει να έχουν τιμές για όλες τις παραμέτρους. Αλλιώς δεν έχει νόημα το παιχνίδι.
6	M6	ναι σωστά είναι ο ίδιος πίνακας για όλα τα σημεία
7	M5	Και πελάτες ; Τι γίνεται με τους πελάτες; δεν ταιριάζει. Ερχονται πελάτες στο σπίτι;
8	M6	Βασικά πρέπει να σκεφτούμε τι θα γίνεται στο παιχνίδι. Γιατί τώρα απλώς βάλουμε τα σημεία στην εικόνα
9	M6	Να σου πω μήπως να μην κάνουμε σπίτι τελικά γιατί δεν έχει νόημα να πληρώνεις χρήματα για να μπεις στο μπάνιο ας πούμε.
10	M5	Ναι ok. Αντί για αυτό μπορούμε να κάνουμε μια πόλη. Στην οποία θα επιλέγεις τα μέρη που θα επισκευθείς και να έχουμε για παραμέτρους διασκέδαση, χρήματα, υγεία που ταιριάζουν σε όλα

Στο κρίσιμο συμβάν 63 οι μαθήτριες προσπαθούν να συνδυάσουν την οπτική αναπαράσταση του παιχνιδιού, δηλαδή τη θέση κάθε σημείου στην εικόνα υποβάθρου, με τα υπολογιστικά δεδομένα του παιχνιδιού, δηλαδή με τις ιδιότητες του κάθε σημείου ως αντικείμενο και ως εγγραφή της βάσης δεδομένων. Μέχρι τη στιγμή εκείνη οι μαθήτριες ερμήνευαν τις επιλογές του παιχνιδιού μόνο ως σημεία στη σκηνή του παιχνιδιού που αντιπροσώπευαν την εικόνα στην οποία είχαν τοποθετηθεί, για παράδειγμα το κρεβάτι, ο καναπές, το μπάνιο κλπ. Σταδιακά μέσα από το διάλογό τους, αρχίζουν να αποδίδουν μια υπολογιστική ερμηνεία στις επιλογές που αφορά το τι θα συμβεί όταν ο παίκτης κάνει μια επιλογή, δηλαδή τι επιπτώσεις θα έχει η ενέργειά του στα πεδία του παιχνιδιού. Οι μαθήτριες επιχειρούν να ταιριάξουν την οπτική αναπαράσταση (π.χ. το μπάνιο) με τις υπάρχουσες μεταβλητές του παιχνιδιού (π.χ. τα χρήματα, το υγιεινό φαγητό) καταλήγοντας σε

λογικά αδιέξοδα. Όπως διαπιστώνουν, οι υπάρχουσες μεταβλητές είτε δεν ταιριάζουν καθόλου στο παιχνίδι, όπως οι Πελάτες, είτε δεν ταιριάζουν σε κάποιες από τις επιλογές, όπως η «Υγιεινό_Φαγητό». Στις γραμμές 5 και 6 εκφράζουν μια ιδέα που σχετίζεται με τη λογική του παιχνιδιού, ότι δηλαδή όλες οι επιλογές του παιχνιδιού πρέπει να μπορούν να ερμηνευθούν ως προς τις επιπτώσεις που έχουν στα πεδία του παιχνιδιού. Η M1 εκφράζει την ιδέα αυτή στα πλαίσια του παιχνιδιού επιλογών και επιπτώσεων («αλλιώς δεν έχει νόημα για το παιχνίδι») ενώ η M2 εκφράζει την ίδια ιδέα μέσα από την αναπαράσταση της βάσης δεδομένων («είναι ο ίδιος πίνακας για όλα»). Όπως φαίνεται οι μαθήτριες αρχίζουν να προσδιορίζουν τις επιλογές του παιχνιδιού όχι μόνο ως οπτικές αναπαράστασης στον χάρτη αλλά και ως εγγραφές της βάσης δεδομένων με συγκεκριμένες ιδιότητες και τιμές. Τελικά αλλάζουν την αρχική τους ιδέα και επιλέγουν μια εικόνα υποβάθρου που τους επιτρέπει να χρησιμοποιήσουν επιλογές με κοινά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να εκφραστούν ως πεδία της βάσης δεδομένων και να επικοινωνηθούν στον παίκτη ως παράμετροι του παιχνιδιού. Η μετάβαση αυτή είναι ένα πρώτο βήμα για τη νοηματοδότηση των επιλογών του παιχνιδιού ως προγραμματιστικά αντικείμενα που προκύπτουν από μια κλάση.

Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση χρήσης του συστήματος χαρτογράφησης για τον προσδιορισμό της σημασίας κάθε σημείου στο παιχνίδι εντοπίστηκε στη διασκευή της ομάδας 1. Στο κρίσιμο συμβάν 64 οι μαθήτριες εξηγούν τη λογική του παιχνιδιού τους στην ομάδα 3. Όπως περιγράφουν δημιούργησαν ένα παιχνίδι στο οποίο ο παίκτης είναι ένας τουρίστας που θέλει να ταξιδέψει σε διαφορετικές πόλεις για να δοκιμάσει νέα φαγητά και να αποκτήσει γνώσεις. Τα σημεία του χάρτη είναι τοποθετημένα πάνω σε χώρες ή πόλεις και η επιλογή τους στο παιχνίδι σημαίνει ότι ο παίκτης ταξιδεύει στο συγκεκριμένο μέρος (Εικόνα 40). Το κόστος κάθε «ταξιδιού» δηλαδή το πόσο η κάθε επιλογή μειώνει το πεδίο «Χρήματα» εξαρτάται από την απόσταση της χώρας αυτής από την Ελλάδα, η οποία θεωρείται το σημείο εκκίνησης του ταξιδιώτη. Εδώ οι μαθήτριες έχουν συνδυάσει την οπτική και χωροταξική αναπαράσταση των επιλογών του παιχνιδιού στον χάρτη με τις επιπτώσεις που αυτές θα έχουν στις μεταβλητές του παιχνιδιού αν τις επιλέξει ο παίκτης. Έτσι η σημασία κάθε επιλογής στον αλγόριθμο του παιχνιδιού ενισχύεται από τη χρήση του χάρτη και των συντεταγμένων, σε σχέση με τη χρήση άλλων μέσων αναπαράστασης των επιλογών όπως μια λίστα ή ένα αναδυόμενο μενού.



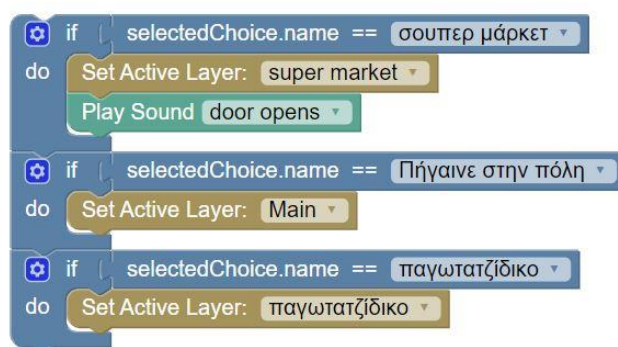
Εικόνα 40: Στιγμιότυπο του παιχνιδιού της ομάδας 1 σε λειτουργία παιχνιδιού

Κρίσιμο Συμβάν 64

1	M2	Εμείς κάνουμε πόλεις
2	M5	Τι πόλεις κάνετε;
3	M2	Κοίταξε είναι ένας χάρτης και εσύ είσαι ένας τουρίστας που θες να ταξιδέψεις για να δοκιμάσεις νέα φαγητά και να δεις αξιοθέατα. Θα πατάς μια χώρα και θα έχει κάποιες τιμές που θα επηρεάζουν αυτές τις παραμέτρους. Και αν ας πούμε το φαγητό κατέβει κάτω από 5 θα χάνεις.
4	M1	Και σε μια χώρα μπορεί να έχεις ας πούμε παραπάνω διάθεση αλλά να κοστίζει και περισσότερα χρήματα, ενώ σε άλλη το αντίστροφο κλπ
5	M5	Και πως κερδίζει χρήματα;
6	M2	Αν πας στην Ελλάδα παίρνεις χρήματα και ξαναταξιδεύεις. Και όσο πιο μακριά από την Ελλάδα είναι μια πόλη στον χάρτη τόσο περισσότερα χρήματα κοστίζει να την επισκευθείς

Στα παραπάνω συμβάντα φάνηκε πως η χρήση του χάρτη ως εργαλείο αλληλεπίδρασης των μαθητριών με το παιχνίδι τις βοήθησε να αντιληφθούν την έννοια του γεγονότος σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Συγκεκριμένα, νοηματοδότησαν το γεγονός ως την επιλογή ενός σημείου από τον παίκτη και για να το διαχειριστούν προσδιόριζαν τις ενέργειες που θα συμβούν όταν ο παίκτης επιλέγει κάθε σημείο τόσο στη βάση δεδομένων όσο και στον κώδικα. Στη νοηματοδότηση της έννοιας του «γεγονότος» συνέβαλε σημαντικά η λειτουργικότητα των πολλαπλών στρώσεων που προσφέρεται από τον χάρτη του περιβάλλοντος. Στο κρίσιμο συμβάν 65 οι μαθήτριες της ομάδας 3 συζητούν για το πως μπορούν να δώσουν στον παίκτη τη δυνατότητα μετάβασης σε διαφορετικές περιοχές του παιχνιδιού. Οι μαθήτριες προγραμματίσαν τη μετάβαση μεταξύ περιοχών στο παιχνίδι, ως ενέργεια που εκτελείται όταν συμβεί ένα γεγονός από τον παίκτη, για παράδειγμα όταν επιλέξει ένα σημείο (Εικόνα 41).

1	M2	πως μπορείς να μπεις κάπου;	
2	M1	τι εννοείς;	
3	M2	Να πατάμε ας πούμε στην πιτσαρία και να μπαίνουμε μέσα. Δηλαδή να αλλάζει αυτό και να φαίνεται το εσωτερικό της πιτσαρίας	
4	M1	τώρα δεν γίνεται. Μόνο εάν βάλουμε κι άλλο layer	
5	M2	Ωραία να το κάνουμε; Ας το κάνουμε για το σουπερ μαρκετ, για να μπαίνει και να αγοράζει πράγματα.	
Αφού έχει προσθέσει τη νέα στρώση			
5	M1	Τώρα πρέπει να το προγραμματίσουμε όταν ο παίκτης επιλέγει το σημείο σουπερ μαρκετ να εμφανίζεται αυτό	
6	M2	Και πως θα το κάνουμε;	
7	M1	Από εδώ. If selected point είναι σουπερ μαρεκτ τότε να κάνει change layer στο μαρκετ	



Εικόνα 41: Τμήμα του κώδικα της ομάδας 3 που υλοποιεί διαχείριση συμβάντων

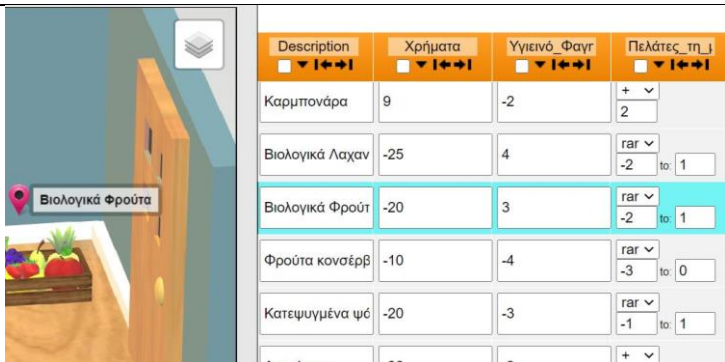
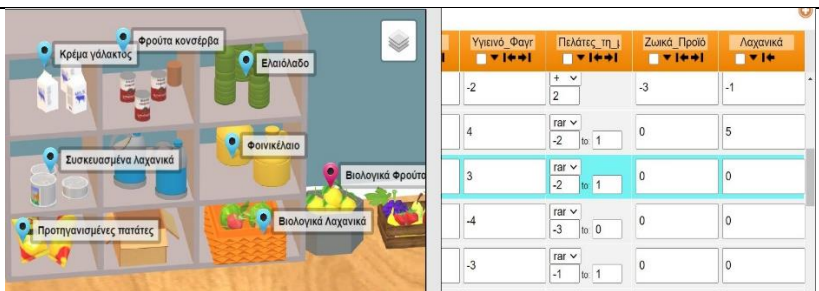
Εργαλείο αναπαράστασης και οργάνωσης των δεδομένων

Το δεύτερο σχήμα χρήσης του συστήματος χαρτογράφησης της σκηνής αφορά την αξιοποίηση των λειτουργικοτήτων του χάρτη για την οργάνωση και την δομημένη παρουσίαση των δεδομένων του

παιχνιδιού. Οι μαθήτριες χρησιμοποίησαν την οπτική αναπαράσταση των σημείων του χάρτη για να ομαδοποιήσουν τις επιλογές του παιχνιδιού και να δημιουργήσουν σύνολα και υποσύνολα επιλογών, τοποθετώντας για παράδειγμα επιλογές με ενός συνόλου σε κοντινά σημεία. Ακόμη, όλες οι ομάδες αξιοποίησαν τη δυνατότητα των στρώσεων που προσφέρει ο χάρτης για να αποδημήσουν την πληροφορία του παιχνιδιού σε επιμέρους «σκηνές», κάθε μια από τις οποίες είχε τα δικά της χαρακτηριστικά και κανόνες. Για τον αποτελεσματικό διαχωρισμό των δεδομένων του παιχνιδιού, δηλαδή των σημείων, οι μαθήτριες εφάρμοσαν πρακτικές σύγκρισης και αναγνώρισης μοτίβων μεταξύ των επιπτώσεων και ταξινόμησης των σημείων σε γενικευμένες κατηγορίες ανάλογα με την στρώση που ανήκαν.

Σε πολλές περιπτώσεις η χρήση των στρώσεων ήταν το πρώτο βήμα για τη νοηματοδότηση των κλάσεων και των αντικειμένων στο παιχνίδι, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.2.2. Για παράδειγμα η ομάδα 2 αρχικά είχε 1 στρώση στο παιχνίδι του που αναπαριστούσε μια αίθουσα σινεμά και περιείχε όλα τα σημεία-επιλογές συγκεντρωμένα. Στη συνέχεια χώρισαν τα σημεία σε τρεις στρώσεις, την «αίθουσα προβολής», το «κυλικείο» και το «γραφείο», και στην κάθε μια τοποθέτησαν μια κατηγορία σημείων. Έτσι δημιούργησαν αρχικά τις κλάσεις «Ταινίες», «Φαγητά», «Ενέργειες Αναβάθμισης» που προσδιόριζαν σε ποια στρώσει ανήκουν τα αντικείμενά τους. Στη συνέχεια δημιούργησαν υποκλάσεις όπως για παράδειγμα «Παλιές Ταινίες» και «Νέες Ταινίες».

Στο απόσπασμα του κρίσιμου συμβάντος 66 αποτυπώνονται τα νοήματα που εκφράζουν οι μαθήτριες της ομάδας 3 για την έννοια του μοτίβου καθώς τροποποιούν το μισοψημένο παιχνίδι στη δεύτερη φάση της έρευνας. Όταν λαμβάνει χώρα το συμβάν, οι μαθήτριες διορθώνουν τις τιμές της βάσης δεδομένων για τα σημεία που ανήκουν στη στρώση «Αποθήκη». Καθώς έχουν ορίσει τις τιμές για δυο σημεία η M5 προτείνει να ακολουθήσουν το ίδιο μοτίβο που ακολουθούν τα φαγητά που ανήκουν στη στρώση της κουζίνας, δηλαδή «Όποια αυξάνουν το υγιεινό φαγητό θα μειώνουν πελάτες και αντίστροφα». Φαίνεται πως η μαθήτρια παρατήρησε κάποιο μοτίβο στη στρατηγική με την οποία επέλεξαν τις τιμές και μάλιστα εντόπισε ομοιότητες με το μοτίβο που ακολουθείται από μια άλλη κλάση αντικειμένων, τα φαγητά της κουζίνας. Ακόμη, η χωρική διάταξη των σημείων στη στρώση της αποθήκης, βοήθησε τη M5 να εντοπίσει γρήγορα την έλλειψη επιλογών μιας συγκεκριμένης υποκατηγορίας, αυτών «που αυξάνουν τα λαχανικά». Η διαπίστωση αυτή την οδήγησε να προσθέσει νέα σημεία ώστε να δημιουργήσει μια «συμμετρία» καλών και κακών επιλογών μέσα στη στρώση ισορροπώντας το παιχνίδι. Η διαδικασία αυτή πιθανώς να μην ήταν τόσο προσιτή αν τα δεδομένα αναπαρίστανται μόνο ως εγγραφές στη βάση δεδομένων ή ως επιλογές μιας λίστας.

1	M5	Και τους πελάτες είπαμε θα να του κάνουμε τυχαία ας πούμε από -3 μεχρι 2																									
2	M6	Να βάλουμε -2 με 1 καλύτερα. Να είναι 3 το διάστημα																									
3	M5	Και να σου αυξάνει κ λίγο παραπάνω λαχανικά																									
4	M6	Το σημείο Φρούτα τώρα...πελάτες πάλι random... απο -2 με 1	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Description</th> <th>Χρήματα</th> <th>Υγιεινό_Φαγ</th> <th>Πελάτες_τη_</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Καρμπονάρα</td> <td>9</td> <td>-2</td> <td>+ 2</td> </tr> <tr> <td>Βιολογικά Λαχαν</td> <td>-25</td> <td>4</td> <td>rar -2 to 1</td> </tr> <tr> <td>Βιολογικά Φρούτ</td> <td>-20</td> <td>3</td> <td>rar -2 to 1</td> </tr> <tr> <td>Φρούτα κονσέρβ</td> <td>-10</td> <td>-4</td> <td>rar -3 to 0</td> </tr> <tr> <td>Κατεψυγμένα ψά</td> <td>-20</td> <td>-3</td> <td>rar -1 to 1</td> </tr> </tbody> </table>	Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγ	Πελάτες_τη_	Καρμπονάρα	9	-2	+ 2	Βιολογικά Λαχαν	-25	4	rar -2 to 1	Βιολογικά Φρούτ	-20	3	rar -2 to 1	Φρούτα κονσέρβ	-10	-4	rar -3 to 0	Κατεψυγμένα ψά	-20	-3	rar -1 to 1
Description	Χρήματα	Υγιεινό_Φαγ	Πελάτες_τη_																								
Καρμπονάρα	9	-2	+ 2																								
Βιολογικά Λαχαν	-25	4	rar -2 to 1																								
Βιολογικά Φρούτ	-20	3	rar -2 to 1																								
Φρούτα κονσέρβ	-10	-4	rar -3 to 0																								
Κατεψυγμένα ψά	-20	-3	rar -1 to 1																								
5	M5	Αρα εδω θα ακολουθήσουμε το ίδιο μοτίβο με τα φαγητά της κουζίνας; Οποια αυξάνουν το υγιεινο φαγητό θα μειωνουν πελάτες και αντίστροφα.																									
6	M6	Ναι																									
7	M5	Απλώς πρέπει να προσθέσουμε πιο πολλές επιλογές που αυξάνουν τα λαχανικά εδώ, γιατί κοίτα δεν έχει αρκετά	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Υγιεινό_Φαγ</th> <th>Πελάτες_τη_</th> <th>Ζωικά_Προϊό</th> <th>Λαχανικά</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-2</td> <td>+ 2</td> <td>-3</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>rar -2 to 1</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>rar -2 to 1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-4</td> <td>rar -3 to 0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-3</td> <td>rar -1 to 1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> Δείχνει τα σημεία στον χάρτη που είναι τοποθετημένα πάνω σε φρούτα ή λαχανικά και ταυτόχρονα τις επιπτώσεις στο πεδίο λαχανικά στη βάση δεδομένων	Υγιεινό_Φαγ	Πελάτες_τη_	Ζωικά_Προϊό	Λαχανικά	-2	+ 2	-3	-1	4	rar -2 to 1	0	5	3	rar -2 to 1	0	0	-4	rar -3 to 0	0	0	-3	rar -1 to 1	0	0
Υγιεινό_Φαγ	Πελάτες_τη_	Ζωικά_Προϊό	Λαχανικά																								
-2	+ 2	-3	-1																								
4	rar -2 to 1	0	5																								
3	rar -2 to 1	0	0																								
-4	rar -3 to 0	0	0																								
-3	rar -1 to 1	0	0																								

Επιπροσθέτως, η ταυτόχρονη αναπαράσταση των δεδομένων του παιχνιδιού στη βάση δεδομένων και στον χάρτη συνέβαλε στην ανάπτυξη των στρατηγικών για την ισορροπία του παιχνιδιού (βλ.

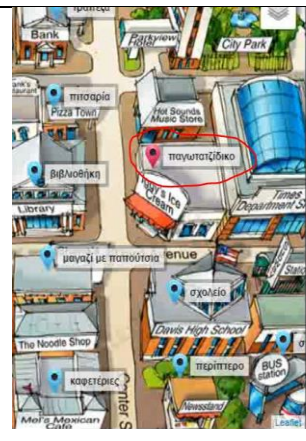
παρ 2.2.2). Για παράδειγμα, στο κρίσιμο συμβάν 67 οι μαθήτριες της ομάδας 3, κοιτώντας τη βάση δεδομένων, διαπιστώνουν ότι δεν υπάρχουν επιλογές που να αυξάνουν τη μεταβλητή χρήματα. Στη συνέχεια μελετούν την αναπαράσταση των δεδομένων στο χάρτη για να αποφασίσουν πως θα αποτυπώσουν την επιλογή της αύξησης των χρημάτων με τρόπο που να είναι ταιριάζει στη λογική του παιχνιδιού και να γίνεται κατανοητός στον παίκτη. Αποφασίζουν (γραμμή 3) να αλλάξουν το σημαινόμενο κάποιων σημείων των χάρτη. Όπως αναφέρουν, η επιλογή κάποιων σημείων από τον παίκτη, όπως η πιτσαρία και το παγωτατζίδικο, δεν θα σημαίνει επίσκεψη αλλά εργασία σε αυτά κι έτσι θα έχει νόημα να αυξάνεται το πεδίο «Χρήματα». Στο παράδειγμα αυτό φαίνεται πως η αναπαράσταση των δεδομένων ως σημεία στο χάρτη μιας πόλης βοήθησε τις μαθήτριες να αποφασίσουν πως θα ισορροπήσουν τα δεδομένα του παιχνιδιού στη βάση δεδομένων.

1	M6	Πρέπει από κάποιες επιλογές να κερδίζει χρήματα	
2	M5	Πως θα το κάνουμε να φανεί αυτό στο χάρτη;	
3	M6	Να διαλέξουμε κάποια σημεία που όταν τα επιλέγει θα σημαίνει ότι δουλεύει εκεί και άρα κερδίζει χρήματα	

4

M5

Α ναι σωστό! και σε αυτά θα βάλουμε + στα χρήματα. Ας πούμε στην πιτσαρία και στο παγωτατζίδικο



παιδί	διασκέδαση	ενέργεια	κοινωνικοποι	χρήματα
ήμιο	-4	-5	+	-10
κέντρο	7	-5	+	-15
ες	4	-2	+	-6
ο	0	0	+	-3
μία	-3	-2	+	-2
κη	2	-1	+	0
	-3	-3	+	20
μάρκετ	0	0	+	0

5.5.2 Ο ρόλος της οπτικής διαχείρισης δεδομένων στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών

Η ικανότητα διαχείρισης, οργάνωσης και αναπαράστασης δεδομένων αποτελούν, σύμφωνα με τους ερευνητές, βασικές δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα και της υπολογιστικής σκέψης (Hu, 2011. Bart & Stephenson, 2011. Grover & Pea, 2017). Τα υπολογιστικά δεδομένα αποτελούν κομμάτι της σύγχρονης ζωής και συχνά απαιτείται η διαχείριση, απεικόνιση και η ανάγνωσή τους σε διαφορετικούς τομείς. Η αναγνώριση μοτίβων σε δεδομένα είναι θεμελιώδες κομμάτι της τεχνίτης νοημοσύνης και των σύγχρονων υπολογιστικών τεχνικών. Ωστόσο η εμπλοκή των μαθητών με τη διαχείριση δεδομένων απουσιάζει από τις παραδοσιακές μεθόδους διδακτικής της πληροφορικής καθώς δεν είναι εύκολα προσβάσιμη και κατανοητή από τους μαθητές όταν χρησιμοποιούν συγκεκριμένες γλώσσες προγραμματισμού. Ως αποτέλεσμα υπάρχει έλλειψη ερευνητικών αποτελεσμάτων σε σχέση με τις στρατηγικές διαχείρισης και οργάνωσης υπολογιστικών δεδομένων από νεαρούς μαθητές καθώς και για τη συμβολή των στρατηγικών αυτών στη συνολική ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης.

Στο περιβάλλον του ChoiCo το εργαλείο της βάσης δεδομένων αναπαριστά τις επιλογές του παιχνιδιού που απεικονίζονται στον χάρτη (δες 5.5.1) ως εγγραφές και τις παραμέτρους του παιχνιδιού ως στήλες. Η αλλαγή των τιμών στα πεδία της βάσης, ακόμα και του ονόματος του σημείου, αποτυπώνεται άμεσα στα σημεία που απεικονίζονται στον χάρτη της σκηνής. Έτσι ο χρήστης μπορεί να κάνει γρήγορες τροποποιήσεις στις τιμές των επιλογών και να βλέπει άμεσα το αποτέλεσμα των αλλαγών στο σύστημα του παιχνιδιού αλληλεπιδρώντας με τον χάρτη ως παίκτης.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας η ερευνήτρια εντόπισε τρία σχήματα χρήσης της οπτικής διαχείρισης των δεδομένων του παιχνιδιού από τις μαθήτριες τα οποία σχετίζονται με την εφαρμογή και την ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης, όπως συνοψίζονται στον πίνακα 39.

Πίνακας 42: Σχήματα χρήσης της οπτικής διαχείρισης δεδομένων από τις μαθήτριες στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Σχήμα χρήσης οπτικής διαχείρισης δεδομένων	Σχετικές υπολογιστικές πρακτικές/στρατηγικές	Τύπος διαμεσολάβησης
Εργαλείο εισαγωγής και τροποποίησης δεδομένων	Εγγραφές-πεδία βάσης Έννοια του αντικειμένου	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ της οπτικής αναπαράστασης και της υπολογιστικής υλοποίησης
Εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού αριθμητικών δεδομένων	Μοτίβα Κλάση-αντικείμενο Γενίκευση Αφαίρεση	
Εργαλείο εισαγωγής και διαχείρισης πεδίων-μεταβλητών	Μεταβλητή ως αθροιστής Έννοια της μεταβολής Τύπος μεταβλητών	Εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ του κώδικα και των δεδομένων

Η οπτική διαχείριση δεδομένων στην παρούσα διδακτική παρέμβαση αξιοποιήθηκε από τις μαθήτριες για την εισαγωγή, τροποποίηση και συσχέτιση των δεδομένων του παιχνιδιού. Η διασύνδεση του εργαλείου της βάσης με τον χάρτη αλλά και με τον κώδικα, επέτρεψε στις μαθήτριες να επεξεργαστούν δεδομένα που αφορούσαν τόσο τη διεπαφή χρήστη, δηλαδή τη σκηνή, όσο και τον αλγόριθμο του παιχνιδιού, όπως τις μεταβλητές, των τύπο τους και τον τρόπο μεταβολής τους. Έτσι λειτούργησε, εκτός από εργαλείο διαχείρισης δεδομένων, και ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ της οπτικής αναπαράστασης του παιχνιδιού (σκηνή-χάρτης) και της υπολογιστικής υλοποίησης του συστήματος του παιχνιδιού στον κώδικα. Όπως φάνηκε πρόσφερε στις μαθήτριες ένα προσιτό μέσο για να διερευνήσουν και να νοηματοδοτήσουν σύνθετες έννοιες και πρακτικές που θεμελιώνουν ένα πολύπλοκο υπολογιστικό σύστημα με πολλά δεδομένα, όπως αυτό του παιχνιδιού προσομοίωσης CT Chef. Μέσα από τα τρία σχήματα χρήσης, οι μαθήτριες εφάρμοσαν πρακτικές όπως ο εντοπισμός μοτίβων μεταξύ των δεδομένων, η ταξινόμηση των δεδομένων σε κατηγορίες και η γενίκευση των κατηγοριών σε κλάσης, η προσέγγιση των εγγραφών της βάσης ως προγραμματιστικά αντικείμενα. Ακόμη, τα πεδία της που αντιστοιχούσαν σε μεταβλητές του κώδικα παιχνιδιού, προσέφεραν στις μαθήτριες μια νέα αναπαράσταση της έννοιας της μεταβλητής η οποία σε συνδυασμό με την φορμαλιστική αναπαράστασή της στον κώδικα, τις βοήθησε να αντιληφθούν την έννοια της μεταβολής και κάποιες σημαντικές ιδιότητες της προγραμματιστικής μεταβλητής.

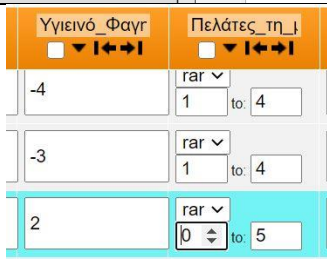
Στις παραγράφους που ακολουθούν, η ερευνήτρια αναπτύσσει τα τρία σχήματα χρήσης μέσα από την παρουσίαση και την ανάλυση επιλεγμένων κρίσιμων συμβάντων από διαφορετικές ομάδες και φάσης της παρέμβασης. Ωστόσο, η ερευνήτρια δεν περιλαμβάνει κρίσιμα συμβάντα που έχουν ήδη παρουσιαστεί και σχολιαστεί σε προηγούμενες ενότητες για την ανάλυση των στρατηγικών και τα οποία περιλαμβάνουν ταυτόχρονα και κάποιο σχήμα χρήσης.

Εργαλείο εισαγωγής και τροποποίησης δεδομένων

Η πιο συχνή χρήση της οπτικής διαχείρισης δεδομένων από τις μαθήτριες ήταν για την εισαγωγή νέων δεδομένων στο παιχνίδι και για την τροποποίηση των υπαρχόντων. Η αναπαράσταση όλων των σημείων του χάρτη του παιχνιδιού ως εγγραφές της βάσης και η διασύνδεση των δυο αναπαραστάσεων συνέβαλε σημαντικά στη νοηματοδότηση των εννοιών της εγγραφής δεδομένων και του αντικειμένου. Οι μαθήτριες παίζοντας το παιχνίδι στην πρώτη φάση της έρευνας νοηματοδότησαν τα σημεία της σκηνής ως στοιχεία του παιχνιδιού με συγκεκριμένες ιδιότητες. Ωστόσο η αντίληψη τους για αυτά ήταν περιορισμένη στο οπτικό πλαίσιο. Ανοίγοντας στη συνέχεια το παιχνίδι σε περιβάλλον σχεδιασμού χρησιμοποίησαν τη βάση δεδομένων για να αντιστοιχήσουν την οπτική αναπαράσταση των σημείων στο χάρτη με την αντίστοιχη εγγραφή (γραμμή) στη βάση δεδομένων. Στο κρίσιμο συμβάν 68 οι μαθήτριες της ομάδας 2 έχουν μόλις ανοίξει το παιχνίδι στο περιβάλλον σχεδιασμού, στη δεύτερη φάση της παρέμβασης. Η πρώτη τροποποίηση που κάνουν είναι σε ένα από τα ενσωματωμένα σφάλματα του παιχνιδιού που αφορά την επίπτωση του σημείου «φιλέτο κοτόπουλο» στην παράμετρο «πελάτες τη μέρα». Οι μαθήτριες είχαν εντοπίσει το λογικό σφάλμα καθώς έπαιζαν. Η M3 (γραμμή 2) προτείνει να πατήσουν πάνω στο σημείο στο χάρτη και βλέποντας την αλλαγή χρώματος της γραμμής, διαπιστώνει ότι το σημείο αντιστοιχεί σε μια εγγραφή της βάσης δεδομένων. Αμέσως αντιλαμβάνονται ότι τα πεδία της εγγραφής αντιστοιχούν στις επιπτώσεις που έχει η επιλογή του σημείου στην αντίστοιχη παράμετρο. Οι μαθήτριες εξετάζουν με τη σειρά τα κελιά, κάνουν άμεσες τροποποιήσεις και συγκρίσεις στις τιμές τους και συζητούν πως η κάθε αλλαγή ταιριάζει με το σημείο «τι λαχανικά έχει το κοτόπουλο;» αλλά και με το σύνολο του παιχνιδιού «δεν μπορεί να είναι όλα θετικά». Η αναπαράσταση του σημείου ως εγγραφή της βάσης φαίνεται πως βοήθησε τις μαθήτριες να ερμηνεύσουν τα σημεία στον χάρτη ως υπολογιστικά αντικείμενα με συγκεκριμένες ιδιότητες και να τα εκφράσουν ως εγγραφές της βάσης δεδομένων. Στα κρίσιμα συμβάντα της ενότητας 5.2, στην οποία εξετάζονται αναλυτικά τα νοήματα των μαθητριών για την έννοια του αντικειμένου, φαίνεται η συμβολή της βάσης δεδομένων στην ανάπτυξη των στρατηγικών αυτών.

Κρίσιμο Συμβάν 68

1	M4	Λοιπόν πάμε να αλλάξουμε το πόσο μειώνει τους «πελάτες» το φιλέτο		
---	----	---	--	--

		κοτόπουλο που μου έσπασε τα νύερα όταν παίζαμε!		
2	M3	Ωραία. Για πάτησε πάνω του. Α δεξ είναι αυτό εδώ!		Πατάει το σημείο στον χάρτη και κοιτάζει τη γραμμή της βάσης που αλλάζει χρώμα
3	M4	Λοιπόν. Το κοτόπουλο θα φέρνει πελάτες! Δεν φοβόμαστε τη σαλμονέλα. θα το βάλω 0 με 5		
4	M3	Βάλε 0 με 3 καλύτερα ...		Αλλάζει ξανά τα όρια του random.
5	M3	Και γιατί εδώ μειώνονται τα λαχανικά; Τι λαχανικά έχει το κοτόπουλο;		Δείχνει το αντίστοιχο κελί
6	M4	δεν έχει ... αλλά πρέπει να χάνει και από κάτι. Δεν μπορεί να είναι όλα θετικά αλλιώς θα το επιλέγεις συνέχεια.		Δείχνει όλα τα κελιά της εγγραφής κοτόπουλο

Όπως φάνηκε και από το κρίσιμο συμβάν 68 η βάση δεδομένων επέτρεψε τη γρήγορη και άμεση τροποποίηση των επιπτώσεων κάθε σημείου καθώς και του ονόματός του ή άλλων ιδιοτήτων του. Οι μαθήτριες αξιοποίησαν αυτή τη δυνατότητα για να δοκιμάσουν διαφορετικούς συνδυασμούς επιπτώσεων και να παρατηρήσουν την επίδραση τους στο συνολικό σύστημα του παιχνιδιού. Ένα παράδειγμα που αποτυπώνει την οικειότητα και την αντίληψη που απέκτησαν οι μαθήτριες με τη διαχείριση δεδομένων φαίνεται στο κρίσιμο συμβάν 69. Στο συμβάν οι μαθήτριες της ομάδας 2 έχουν αποφασίσει να διασκεύασουν τη σκηνή του παιχνιδιού ώστε να απεικονίζεται το κυλικείο ενός σινεμά αντί για την κουζίνα ενός εστιατορίου. Έχουν ήδη αλλάξει την εικόνα υποβάθρου και θέλουν να αλλάξουν αντίστοιχα και τις επιλογές του παίκτη. Στη γραμμή 2 η M4 ρωτάει αν θα πρέπει να διαγράψουν όλα τα σημεία που υπήρχαν στη σκηνή και να προσθέσουν νέα. Η M4 θεωρεί ότι κάθε σημείο είναι αμετάβλητο και δεν είναι εύκολο ή δυνατό να τροποποιηθεί. Η M3 όμως της

εξηγεί ότι δεν χρειάζεται να τα διαγράψουν, διότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη βάση δεδομένων για να αλλάξουν τόσο το όνομά τους όσο και τις επιπτώσεις τους. Η M3 συνδέει την οπτική αναπαράσταση του κάθε σημείου και της αντίστοιχης εγγραφής στη βάση δεδομένων. Φαίνεται ότι αντιλαμβάνεται κάθε σημείο ως αντικείμενο με συγκεκριμένες ιδιότητες, όπως το όνομά του και οι τιμές των επιπτώσεων, στις οποίες μπορεί να επέμβει μέσω της βάσης δεδομένων χωρίς όμως να αλλάζει το ίδιο το οπτικό αντικείμενο.

Η παραπάνω δραστηριότητα πειραματισμού με τα δεδομένα δεν θα ήταν τόσο προσιτή και κατανοητή για τις μαθήτριες αν η πρόσβαση στα δεδομένα γινόταν μόνο μέσω του κώδικα, καθώς θα απαιτούσε από αυτές υψηλές γνώσεις προγραμματισμού δεδομένων.

Κρίσιμο Συμβάν 69

1	M3	Λοιπόν τώρα αλλάξαμε την εικόνα και πρέπει να σκεφτούμε τι επιλογές θα έχει.		Έχουν αλλάξει την εικόνα υποβάθρου αλλά όχι τα ονόματα των σημείων															
2	M4	Ωχ τώρα όμως θα πρέπει να κανουμε όλα τα σημεία διαγραφή;																	
3	M3	όχι δεν χρειάζεται! μπορούμε απλώς να τους αλλάξουμε το όνομα στη βάση δεδομένων και τις τιμές στις επιπτώσεις. Αφού υπάρχουν ήδη στη βάση	 <table data-bbox="984 1276 1256 1543"><thead><tr><th>ID</th><th>Description</th></tr></thead><tbody><tr><td>102</td><td>Κρέας ελευθέρ...</td></tr><tr><td>103</td><td>Ελαιόλαδο</td></tr><tr><td>104</td><td>Φοινικέλαιο</td></tr><tr><td>105</td><td>Συσκευασμένα λ...</td></tr></tbody></table>	ID	Description	102	Κρέας ελευθέρ...	103	Ελαιόλαδο	104	Φοινικέλαιο	105	Συσκευασμένα λ...	Δείχνει τις εγγραφές στη βάση δεδομένων					
ID	Description																		
102	Κρέας ελευθέρ...																		
103	Ελαιόλαδο																		
104	Φοινικέλαιο																		
105	Συσκευασμένα λ...																		
4	M4	Α ναι. σωστό. Οπότε πάω εδώ και αλλάζω το όνομα;	 <table data-bbox="880 1612 1256 1868"><thead><tr><th>ID</th><th>Description</th><th>Χρήματα</th></tr></thead><tbody><tr><td>102</td><td>Κρέας ελευθέρ...</td><td>-30</td></tr><tr><td>103</td><td>τράπεζα</td><td>-15</td></tr><tr><td>104</td><td>Φοινικέλαιο</td><td>-10</td></tr><tr><td>105</td><td>Συσκευασμένα λ...</td><td>-10</td></tr></tbody></table>	ID	Description	Χρήματα	102	Κρέας ελευθέρ...	-30	103	τράπεζα	-15	104	Φοινικέλαιο	-10	105	Συσκευασμένα λ...	-10	Αλλάζει το όνομα της εγγραφής και παρατηρεί την αλλαγή στη σκηνή του παιχνιδιού
ID	Description	Χρήματα																	
102	Κρέας ελευθέρ...	-30																	
103	τράπεζα	-15																	
104	Φοινικέλαιο	-10																	
105	Συσκευασμένα λ...	-10																	
5	M3	Ναι και σε όσα θέλουμε ίδια θα																	

		αλλάζουμε μόνο τις τιμές		
--	--	--------------------------	--	--

Η γρήγορη εισαγωγή και τροποποίηση των δεδομένων απευθείας πάνω στη βάση και η άμεση μεταφορά των αλλαγών στο παιχνίδι, βοήθησε τις μαθήτριες να μεταβούν από την προσέγγιση μικρό επιπέδου, δηλαδή την εστίαση σε κάθε υπολογιστικό στοιχείο του παιχνιδιού ως ανεξάρτητο τμήμα, στην προσέγγιση μεγάλο επιπέδου, δηλαδή την αντίληψη του παιχνιδιού ως ένα ενιαίο σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους υπολογιστικά στοιχεία και σχέσεις (δες ενότητα 5.2). Η χρήση της βάσης συνέβαλε δηλαδή στην ανάπτυξη της αφαιρετικής σκέψης των μαθητριών και στην ικανότητα τους να αντιλαμβάνονται και να διαχειρίζονται ένα πολύπλοκο σύστημα σε επίπεδα.

Εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού αριθμητικών δεδομένων

Μια ακόμη χρήση της οπτικής διαχείρισης δεδομένων από τις μαθήτριες ήταν για τη σύγκριση των δεδομένων με στόχο την εξισορόπηση της δυσκολίας, της διασκέδασης και της πρόκλησης του παιχνιδιού. Όπως αναπτύχθηκε και στην παράγραφο 5.3.2 οι μαθήτριες χρησιμοποίησαν τη βάση δεδομένων για να εντοπίσουν ομοιότητες και μοτίβα στις επιπτώσεις των επιλογών του παιχνιδιού. Η αναπαράσταση του πίνακα και οι δυνατότητα για ταξινόμηση των γραμμών και των στηλών του, επέτρεψε στις μαθήτριες να συγκρίνουν διεξοδικά τις εγγραφές και τα πεδία και να εντοπίσουν κάθετα και οριζόντια μοτίβα στα δεδομένα (περισσότερα για τους τύπους των μοτίβων στα δεδομένα δες παρ. 5.3.2). Η διαδικασία αυτή συνέβαλε καταλυτικά στην κατηγοριοποίηση των επιλογών του παιχνιδιού σε σύνολα και υποσύνολα με κοινά μοτίβα επιπτώσεων και στη νοηματοδότηση της έννοια της κλάσης μέσα από την περιγραφή των συνόλων αυτών με γενικευμένους κανόνες. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτυπώνεται στο κρίσιμο συμβάν 70, στο οποίο οι μαθήτριες της ομάδας 1 διορθώνουν τις επιπτώσεις των επιλογών του μισοψημένου παιχνιδιού στη δεύτερη φάση της διδακτικής παρέμβασης. Οι δύο μαθήτριες εξετάζουν τα δεδομένα της βάσης δεδομένων με στόχο να ισορροπήσουν το παιχνίδι. Η M2 θεωρεί ότι υπάρχουν λίγες επιλογές που αυξάνουν την παράμετρο «Ζωϊκά Προϊόντα» και επιχειρεί να αλλάξει την επίπτωση μιας επιλογής από αρνητική σε θετική. Ωστόσο η M1 επεμβαίνει λέγοντας πως το σημείο που έκανε την αλλαγή ανήκει στην κατηγορία των φαγητών «που πουλάνε» και τα οποία μειώνουν πάντα τα ζωϊκά προϊόντα. Εκφράζει δηλαδή τον κανόνα που ακολουθεί η συγκεκριμένη κλάση σημείων. Στη συνέχεια η M2 ψάχνοντας τα δεδομένα στη βάση ρωτάει τη M1 για ένα άλλο σημείο που δεν ακολουθεί αυτόν τον κανόνα (γραμμή 2) και η M2 της εξηγεί ότι το σημείο αυτό ανήκει σε μια άλλη κατηγορία, δηλαδή στα φαγητά που βρίσκονται στην αποθήκη. Η M2 τότε κάνει μια διαπίστωση για τη σχέση μεταξύ των δύο κατηγοριών (γραμμή), ότι η μια έχει τις αντίθετες επιπτώσεις από την άλλη. Η M1 επιβεβαιώνει τη σχέση αυτή και την εκφράζει με ένα πιο

συγκεκριμένο μοτίβο «Αυτά σου μειώνουν τις ύλες και αυξάνουν τα χρήματα ενώ αυτά στην αποθήκη μειώνουν τα χρήματα και αυξάνουν τις ύλες». Όπως φάνηκε στο συμβάν, η βάση δεδομένων βοήθησε τις μαθήτριες να εντοπίσουν και να εκφράσουν τις κατηγορίες των σημείων και τις σχέσεις που τις διέπουν. Αντίστοιχα συμβάντα γενίκευσης των συνόλων που εντόπισαν οι μαθήτριες στη βάση δεδομένων παρουσιάζονται και αναλύονται στην ενότητα 5.2.

Κρίσιμο Συμβάν 70

1	M2	Ρε να σου πω να μην βάλουμε στα ζωικά προϊόντα καποιο συν; Είναι πολύ λίγες επιλογές που το αυξάνουν		
2	M1	Ναι αλλα όχι εδώ που είναι τα φαγητά που πουλάμε. Αυτά μειώνουν πάντα τα ζωικά προϊόντα		
3	M2	Γιατί; Για κάτσε εδώ, στο κρέας, γιατί έχει +3;		Ψάχνει τα δεδομένα στη βάση για το πεδίο «Ζωικά Προϊόντα»
4	M1	Αυτό (εννοεί το σημείο) είναι όταν αγοράζω καποιο κρέας. Είναι στην αποθήκη. Να δες		Δείχνει το σημείο «Κρέας ελευθερας βοσκής» στη στρώση της αποθήκης
5	M2	Α οκ. Οποτε αυτά κανουν το αντιθετο δηλαδη;		
6	M1	Να αυτά σου μειώνουν τις υλες και αυξάνουν τα χρήματα, ενώ αυτά στην αποθηκη τις μειώνουν τα χρήματα και αυξάνουν τις ύλες.		

Ακόμη, οι μαθήτριες αξιοποίησαν τη δυνατότητα της ταξινόμησης που προσφέρει η βάση δεδομένων για να εξετάσουν και να επεξεργαστούν τα δεδομένα ανά κατηγορία σημείων. Για παράδειγμα, στο κρίσιμο συμβάν 71 οι μαθήτριες της ομάδας 2 θέλουν να επεξεργαστούν μόνο τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τις ταινίες του παιχνιδιού τους (γραμμή 2). Η M3, για να διευκολύνει τον εντοπισμό των εγγραφών που αντιστοιχούν στις ταινίες, εκφράζει έναν κανόνα που διέπει όλα τα σημεία που ανήκουν σε αυτή την κλάση, δηλαδή ότι έχουν πάντα αρνητική επίπτωση στα χρήματα (γραμμή 4). Στη συνέχεια αξιοποιεί τον κανόνα αυτόν στη βάση προτείνοντας να την ταξινομήσουν ως προς το πεδίο «Χρήματα» ώστε όλες οι «ταινίες» να συγκεντρωθούν στο κάτω πάνω της βάσης.

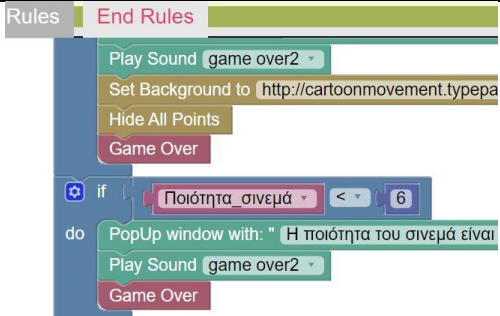
1	M4	Μετα έχουμε το refreshments														
2	M3	Όχι άστο αυτό. Παμε να βρούμε πρώτα όλες τις ταινίες και να ελέγξουμε τις επιπτώσεις τους.														
3	M4	Πως θα δούμε μόνο τις ταινίες;														
4	M3	Οι ταινίες έχουν πάντα αρνητική επίπτωση στα χρήματα οπότε μπορούμε να ταξινομήσουμε τη βάση για να τις έχουμε μαζεμένες	Description ▼ ↔ ↔ ↔ ↔ Χρήματα ▼ ↔ ↔ ↔ ↔ Πελάτες_τη ▼ ↔ ↔ ↔ ↔ <table><tr><td>Spider-man Far I</td><td>-35</td><td> rar ▼ 4 to: 8 </td></tr><tr><td>Avengers Endga</td><td>-32</td><td> rar ▼ 2 to: 6 </td></tr><tr><td>After</td><td>-23</td><td> rar ▼ 2 to: 5 </td></tr><tr><td>Shazam</td><td>-20</td><td> rar ▼ 1 to: 5 </td></tr></table>	Spider-man Far I	-35	rar ▼ 4 to: 8	Avengers Endga	-32	rar ▼ 2 to: 6	After	-23	rar ▼ 2 to: 5	Shazam	-20	rar ▼ 1 to: 5	Ταξινομεί τις εγγραφές ως προς το πεδίο «Χρήματα»
Spider-man Far I	-35	rar ▼ 4 to: 8														
Avengers Endga	-32	rar ▼ 2 to: 6														
After	-23	rar ▼ 2 to: 5														
Shazam	-20	rar ▼ 1 to: 5														
5	M3	Σωστό. Να. Και τώρα άνεβα προς τα πάνω														

Εργαλείο πρόβλεψης αποτελεσμάτων του παιχνιδιού

Το τρίτο σχήμα χρήσης της βάση δεδομένων που εντόπισε η ερευνήτρια σε όλες τις ομάδες αφορά την πρόβλεψη της πορείας του παιχνιδιού και την νοητή «εκτέλεση» πιθανών σεναρίων παιχνιδιού. Οι μαθήτριες καθώς προγραμματίζουν το παιχνίδι στη λειτουργία σχεδιασμού συχνά χρησιμοποιούσαν τη βάση για να εξετάσουν τη μεταβολή των πεδίων του παιχνιδιού σε διαφορετικές περιπτώσεις επιλογής σημείων από τον παίκτη. Στόχος τους ήταν να προγραμματίσουν το παιχνίδι ώστε να έχει νόημα για όλα τα πιθανά σενάρια επιλογών. Η αναπαράσταση των μεταβλητών του παιχνιδιού στα πεδία της βάσης και των επιπτώσεων μεταβολής τους στα κελιά της βάσης επέτρεψε στις μαθήτριες να προβλέψουν τις τιμές των μεταβλητών, δηλαδή το αποτέλεσμα του αλγόριθμου, για ένα μεγάλο εύρος σεναρίων παιχνιδιού. Μέσα από αυτή τη χρήση της βάσης οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα για τις ιδιότητες της μεταβλητής, όπως η μοναδικότητα της τιμής της, η πρόσθεση τιμής, ο τύπος των δεδομένων της, τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 5.4.2. Στο κρίσιμο συμβάν 72 οι μαθήτριες της ομάδας 2 προγραμματίζουν μια δομή επιλογής η οποία ελέγχει τη μεταβλητή «ποιότητα» και αν είναι μικρότερη από ένα νούμερο τερματίζει το παιχνίδι. Για τον προσδιορισμό της συνθήκης ελέγχου της δομής επιλογής, οι μαθήτριες εξετάζουν την αρχική τιμή της μεταβλητής «ποιότητα» σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις των επιλογών που πιθανώς να επιλέξει ο παίκτης στην αρχή του

παιχνιδιού. Οι μαθήτριες διαφωνούν σε σχέση με τη δυσκολία του παιχνιδιού και το πόσο πιθανό είναι ο παίκτης να χάσει γρήγορα. Η M3 ισχυρίζεται ότι είναι πολύ πιθανό η συνθήκη αυτή να είναι αληθής από την πρώτη επιλογή του παίκτη, κάτι που θα δυσκόλευε πολύ το παιχνίδι. Η M4 από την άλλη υποστηρίζει πως ο παίκτης θα πρέπει αρχικά να επιλέξει ένα σημείο το οποίο να αυξάνει την τιμή της μεταβλητής «ποιότητα» ώστε μετά να έχει περιθώριο να επιλέξει σημεία που την μειώνουν. Η M4 εδώ περιγράφει ένα «καλό» σενάριο παιχνιδιού. Η M3 στη συνέχεια εξετάζει στη βάση δεδομένων τις επιπτώσεις όλων των σημείων στο πεδίο Ποιότητα. Όπως διαπιστώνει οι περισσότερες επιλογές μειώνουν την Ποιότητα, συνεπώς οι πιθανότητες να μειωθεί η τιμή της μεταβλητής στις πρώτες επιλογές του παίκτη είναι μεγάλη.

Κρίσιμο Συμβάν 72

M3	Στην ποιότητα έχουμε βάλει το όριο να είναι το 6. Κάτω από 6		
M4	με τι νούμερο ξεκινάμε στην ποιότητα;		Αλλάζει στην καρτέλα «Initial Settings»
M3	Με 7. Άρα όχι και 6 ρε. Να το βάλουμε 3. Γιατί δεν μπορείς να ξεκινάς με 7 και να σου τελειώνει κατευθείαν από την πρώτη επιλογή		
M4	Εξαρτάται τι θα διαλέξεις. Μπορείς να διαλέξεις κάτι που θα την αύξησει, ας πούμε το Avengers και μετά να έχεις περιθώριο να διαλέξεις άλλα		

M3	και πάλι αυτό είναι πολύ δύσκολο για τον παίκτη αν συμβαίνει από την αρχή. Δες εδώ πόσες επιλογές μειώνουν την ποιότητα. Είναι πολύ πιθανό να χάσει αμέσως		Αλλάζει στην καρτέλα «Game Interface» και δείχνει τις επιπτώσεις διαφορετικών επιλογών στο πεδίο ποιότητα_σινεμά στη βάση δεδομένων
M4	Καλά. Θα το βάλω 5		Αλλάζει ξανά στην καρτέλα «End rules»
M3	Εγώ λέω και πιο κάτω.		

Στο κρίσιμο συμβάν 72 η αναπαράσταση της βάσης δεδομένων βοήθησε τις μαθήτριες να εκτελέσουν προφορικά τον αλγόριθμο του παιχνιδιού και να προβλέψουν τις τιμές της μεταβλητής «Ποιότητα» για διαφορετικά σενάρια χρήσης. Στην περίπτωση αυτή η βάση λειτούργησε ως εργαλείο διαμεσολάβησης μεταξύ του παιχνιδιού, δηλαδή των ενεργειών του παίκτη, και του αλγόριθμου που διαχειρίζεται τις ενέργειες αυτές, δηλαδή της πρόσθεσης μιας τιμής στην υπάρχουσα τιμή της μεταβλητής. Αυτή η υπολογιστική διαδικασία, αντί να αποτυπωθεί με αφηρημένες προγραμματιστικές εντολές που αναφέρονται σε δομές δεδομένων (π.χ. μια λίστα τιμών ή μια στοίβα) και σε μεταβλητές, αποτυπώνεται με έναν οπτικό τρόπο αναπαράστασης, τον πίνακα δεδομένων, που είναι πιο προσιτός και κατανοητός από τις μαθήτριες.

Μια αντίστοιχη περίπτωση, η οποία όμως αφορά την πρόβλεψη των επιλογών του παίκτη στη διάρκεια και όχι στην αρχή του παιχνιδιού, αποτυπώνεται στο κρίσιμο συμβάν 73. Στο συμβάν αυτό, οι μαθήτριες ξανά της ομάδας 2 θέλουν να προγραμματίσουν μια «παγίδα» στο παιχνίδι τους. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και από τον κώδικα που έχουν προγραμματίσει στη γραμμή 1, θέλουν αν η μεταβλητή «Ποιότητα_σινεμά» είναι μικρότερη από μια τιμή και ο παίκτης επιλέξει την ταινία «After» (selectedChoiC.name == After) τότε ξαφνικά να χάνουν. Ωστόσο δεν είναι σίγουρες για το νούμερο που πρέπει να βάλουν στη συνθήκη ελέγχου για την Ποιότητα_σινεμά διότι δεν μπορούν να γνωρίζουν τις τιμές που θα πάρει η μεταβλητή σε διαφορετικά σενάρια εκτέλεσης του αλγόριθμου του παιχνιδιού. Αρχικά η M3 βρίσκει την εγγραφή του σημείου «After», το οποίο αφορά ο προγραμματισμός του συμβάντος, και εξετάζει πόσο μειώνει τη μεταβλητή «Ποιότητα_σινεμά» όταν επιλέγεται (γραμμή 2). Στη συνέχεια βρίσκει στον κώδικα μια υπάρχουσα δομή επιλογής για τη μεταβλητή «Ποιότητα_σινεμά» η οποία τερματίζει το παιχνίδι όταν η τιμή της γίνει κάτω από 6. Έτσι προτείνει να βάλουν την τιμή 11 στον έλεγχο της μεταβλητής στη δομή

επιλογής της «παγίδας». Ωστόσο, όπως σωστά επισημαίνει η M4 (γραμμή 4), αν η τιμή της μεταβλητής είναι μικρότερη από 11 και επιλέξει το συγκεκριμένο σημείο τότε θα μειωθεί κάτω από 6 και άρα θα χάσει λόγω της πρώτης δομής επιλογής. Εδώ η M4 συνδυάζει τις δύο αναπαραστάσεις, τον κώδικα και τον πίνακα δεδομένων, και εκτελεί στο μυαλό της τις εντολές που εκτελούνται όταν συμβεί το γεγονός επιλογής του σημείου After. Αυτές είναι η μεταβολή της μεταβλητής «Ποιότητα_σινεμά» κατά -5, η πρώτη δομή επιλογής και μετά η δομή επιλογής της «παγίδας».

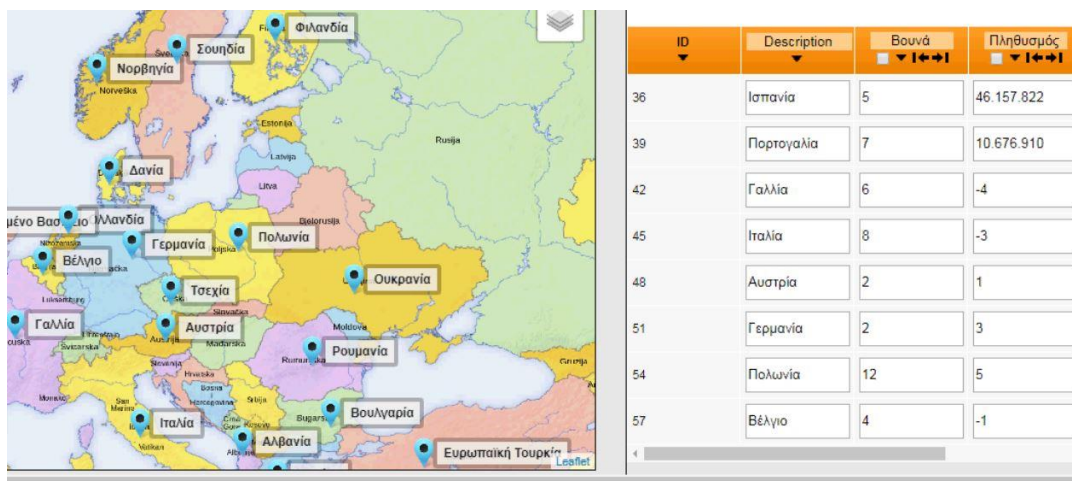
Κρίσιμο Συμβάν 73

1	M4	Πρέπει να δούμε πόσο θα το βάλουμε. Γιατί αν μειωθεί πολύ η ποιότητα θα χάσει έτσι κι αλλιώς από πιο πριν	
2	M3	Κάτσε που είναι το after εδώ. Να το. Μειώνει την ποιότητα κατά 5	
3	M3	Λοιπόν κάτσε, στην ποιότητα χάνουμε στο 6 οπότε να το βάλουμε κάτω από 11;	
4	M4	Μα αν είναι κάτω από 11 και το επιλέξει θα μειωθεί κατά 5. Άρα θα πάει κάτω από 6 και θα χάσει έτσι κι αλλιώς.	
5	M3	Α ναι σωστά σωστά. Οπότε να βάλουμε αν η τιμή της ποιότητας είναι μικρότερο από 15 και επιλέξει το after να χάνει.	

Στο κρίσιμο συμβάν 73 ο πίνακας δεδομένων βοηθάει τη μαθήτριά να οπτικοποιήσει την ιδέα της μεταβλητής και να προβλέψει την τιμή της και το αποτέλεσμα του αλγόριθμου για διαφορετικές περιπτώσεις εκτέλεσης. Αν η μεταβολή της τιμής της μεταβλητής αναπαρίστανται με φορμαλισμό στον κώδικα, για παράδειγμα με μια εντολή «Ποιότητα_σινεμα = Ποιότητα_σινεμά + selectedChoiCe.ποιότητα», πιθανώς να οδηγούσε τις μαθήτρίες σε παρανοήσεις σε σχέση με την

τιμή της μεταβλητής σε κάθε στιγμή του αλγόριθμου. Αντίθετα η διπλή αναπαράσταση στον κώδικα και στον πίνακα δεδομένων φάνηκε ότι βοήθησε τις μαθήτριες να νοηματοδοτήσουν την έννοια της μεταβλητής και τη σειρά εκτέλεσης των εντολών.

Όπως φάνηκε από τα συμβάντα που παρουσιάστηκαν, η συμβολή της βάσης δεδομένων στη νοηματοδότηση υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών ήταν σημαντική. Ωστόσο η ερευνήτρια εντόπισε πως μια ομάδα δυσκολεύτηκε αρχικά να αντιληφθεί τη σύνδεση του πίνακα δεδομένων σε σχέση με τις μεταβλητές του παιχνιδιού και οδηγήθηκε σε παρανοήσεις οι οποίες λύθηκαν στη συνέχεια με τη δοκιμή του παιχνιδιού ως παίκτες. Συγκεκριμένα, οι μαθήτριες της ομάδας 1, στην αρχή της διασκευής του παιχνιδιού, χρησιμοποίησαν τη βάση δεδομένων ως πίνακα πληροφοριών χωρίς να αντιλαμβάνονται όλα τα πεδία ως μεταβλητές του παιχνιδιού και τη διαδικασία μεταβολής τους ανάλογα με τις τιμές των κελιών. Έτσι δημιούργησαν μια βάση στην οποία οι εγγραφές ήταν οι χώρες της Ευρώπης και τα πεδία είχαν πληροφορίες για την κάθε χώρα, όπως πληθυσμός και βουνά (Εικόνα 39) .



ID	Description	Βουνά	Πληθυσμός
36	Ισπανία	5	46.157.822
39	Πορτογαλία	7	10.676.910
42	Γαλλία	6	-4
45	Ιταλία	8	-3
48	Αυστρία	2	1
51	Γερμανία	2	3
54	Πολωνία	12	5
57	Βέλγιο	4	-1

Εικόνα 42: Στιγμιότυπο της σκηνής και της βάσης δεδομένων του παιχνιδιού της ομάδας 1

Αν και η βάση αυτή είναι σωστή ως αυτόνομη βάση δεδομένων, δεν έχει νοήμα στα πλαίσια του παιχνιδιού ChoiCo όπου τα πεδία αντιστοιχούν σε παραμέτρους του παιχνιδιού που συνεχώς αυξομειώνονται ανάλογα με τις επιλογές του παίκτη. Φαίνεται πως οι μαθήτριες δεν έχουν κάνει την αντίστοιχη των δυο αναπαράστασεων, δηλαδή της βάσης και του κώδικα και δεν έχουν αντιληφθεί τον ρόλο των επιπτώσεων στη λογική του παιχνιδιού. Αυτή η παρανόηση πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η M2 απουσίαζε από τη δεύτερη φάση της παρέμβασης, δηλαδή τη διόρθωση του παιχνιδιού, και δεν είχε εμπλακεί καθόλου με την επεξεργασία των επιπτώσεων του αρχικού παιχνιδιού. Στο κρίσιμο συμβάν 74 η ερευνήτρια θέτει στις μαθήτριες ορισμένες ερωτήσεις αναστοχασμού σε σχέση με τον ρόλο των πεδίων και την ιδέα του παιχνιδιού που σχεδιάζουν. Όπως φαίνεται από τις απαντήσεις τους, οι μαθήτριες δεν έχουν στο μυαλό τους μια σαφή «παιχνιδο-ιδέα», δηλαδή ποιο είναι το θέμα του παιχνιδιού, ο σκοπός του παίκτη και η σημασία των ενεργειών

του (γραμμές 4,6,12). Μετά από την παρέμβαση της ερευνήτριας, οι μαθήτριες αντιλήφθηκαν τη σχέση των πεδίων της βάσης με τις μεταβλητές και άλλαξαν τα πεδία ώστε να είναι πιο ταιριαστά με την ιδέα του παιχνιδιού.

Κρίσιμο Συμβάν 74

1	E	Εξηγήστε μου αν θέλετε τη λογική στο παιχνίδι σας. Καταρχήν ως παίκτης τι είμαι; Ποιος είναι ο ρόλος μου;
2	M1	Είμαι ένας άνθρωπος που ταξιδεύει στην Ευρώπη και επιλέγει διαφορετικές χώρες
3	E	Ωραία! Και ποιος είναι ο σκοπός μου;
4	M1	Δεν ξέρουμε ακόμα ..
5	E	Για να δούμε τις παραμέτρους που βάλατε. Η παράμετρος Βουνά τι αντιπροσωπεύει; Επισκέπτομαι εγώ μια χώρα ως ταξιδιώτης. Τι επηρεάζει η μεταβλητή Βουνά;
6	M1	Εεε.. πόσα Βουνά έχω δει;
7	E	Α μάλιστα!
8	M1	Όμως έχουμε κάνει μια βλακεία εδώ. Δεν υπάρχει κάτι αρνητικό οπότε η παράμετρος Βουνά θα αυξάνεται συνέχεια.
9	E	Οπότε αν είναι πόσα Βουνά έχω επισκεφθεί είναι κάπως δύσκολο να έχει αρνητικό. Και ο Πληθυσμός;
10	M2	Ο πληθυσμός της χώρας.
11	E:	Και αυτό τι σχέση έχει με εμένα που επισκέπτομαι την χώρα;
12	M2	Εεε...δεν ξέρουμε...θα δούμε
13	E	Ωραία. Θα πρέπει να σκεφτείτε λοιπόν αυτές εδώ οι παράμετροι πως θα επηρεάζουν το παιχνίδι μου καθώς παίζω. Δηλαδή όταν επιλέγω μια χώρα ποιες παράμετροι θα αλλάζουν και πως.
14	M1:	Μπορούμε να έχουμε κάποια Χρήματα.

Η παρανόηση των μαθητριών σε σχέση με τα δεδομένα του παιχνιδιού στη βάση, καθώς και η άμεση επίλυσή της μετά την παρέμβαση της ερευνήτριας, αναδύκνει τη σημασία του προσεκτικού σχεδιασμού μιας ολοκληρωμένης και σαφούς ιδέας παιχνιδιού πριν την υπολογιστική υλοποίηση των επιμέρους τμημάτων του. Η στρατηγική αυτή είναι σημαντική όχι μόνο για τον σχεδιασμό παιχνιδιών ChoiCo αλλά ευρύτερα για τον σχεδιασμό υπολογιστικών συστημάτων και λύσεων.

5.5.3 Σύνοψη

Όπως ήδη φάνηκε από το κεφάλαιο 4, οι λειτουργικότητες που ενσωματώνει ένα ψηφιακό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσουν με ποικίλους τρόπους τη μαθησιακή διαδικασία των μαθητών που το χρησιμοποιούν. Ιδιαίτερα οι πολλαπλές διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις, μπορεί να λειτουργήσουν ως εργαλεία διαμεσολάβησης μεταξύ της διαισθητικής και της «επίσημης» γνώσης σύνθετων ή αφηρημένων υπολογιστικών εννοιών. Στην παρούσα ενότητα εξετάστηκε πως οι διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος ChoiCo, δηλαδή η χαρτογράφηση της σκηνής και η οπτική διαχείριση δεδομένων σε συνδυασμό με τον οπτικό προγραμματισμό, επηρέασαν τις διαδικασίες δημιουργίας και έκφρασης νοημάτων των μαθητριών που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις πρώτες τρεις ενότητες του κεφαλαίου.

Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν 2 σχήματα χρήσης του συστήματος χαρτογράφησης της σκηνής και 3 σχήματα χρήσης της διαδραστικής βάσης δεδομένων, τα οποία συνοψίζονται στον συγκεντρωτικό πίνακα 40.

Πίνακας 43: Σύνοψη των σχημάτων χρήσης των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων στη δεύτερη διδακτική παρέμβαση

Λειτουργικότητα (affordance)	Σχήμα χρήσης	Υπολογιστικές έννοιες/πρακτικές
Σχεδιασμός χάρτη παιχνιδιού	Εργαλείο χειρισμού του παιχνιδιού και αλληλεπίδρασης του παίκτη	Διαχείριση γεγονότων Το σημείο ως αντικείμενο-κλάση Ιδιότητες αντικειμένου
	Εργαλείο αναπαράστασης και οργάνωσης των δεδομένων	Μοτίβα Κατηγοριοποίηση-ταξινόμηση δεδομένων Γενίκευση
Οπτική διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων	Εργαλείο εισαγωγής και τροποποίησης δεδομένων	Εγγραφές-πεδία βάσης Έννοια του αντικειμένου
	Εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού αριθμητικών δεδομένων	Μοτίβα Κλάση-αντικείμενο Γενίκευση Αφαίρεση
	Εργαλείο πρόβλεψης αποτελεσμάτων	Μεταβλητή ως αθροιστής Έννοια της μεταβολής Τύπος μεταβλητών

Όσον αφορά το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής του παιχνιδιού οι μαθήτριες το αξιοποίησαν κυρίως με δυο τρόπους: α) ως εργαλείο χειρισμού του παιχνιδιού και β) ως εργαλείο αναπαράστασης και οργάνωσης των δεδομένων. Στην πρώτη περίπτωση αξιοποίησαν τις δυνατότητες του εργαλείου χαρτών, όπως η αλλαγή της εικόνας υποβάθρου και η τοποθέτηση «σημείων» σε συγκεκριμένες θέσεις, για να διαμορφώσουν τη διεπαφή του παιχνιδιού και την αλληλεπίδραση του παίκτη με αυτή. Αυτό το σχήμα χρήσης συνέβαλε στην κατασκευή νοημάτων για την έννοια του γεγονότος και τη διαχείρισή του, για την έννοια του αντικειμένου ως σημείο στον χάρτη και ως εγγραφή στη βάση (βλ 5.2.1) και για τη σημασία της θέσης του κάθε σημείου πάνω στον χάρτη. Η αναπαράσταση του χάρτη και οι δυνατότητες που προσέφερε λειτούργησαν σε αυτή την περίπτωση ως εργαλεία διαμεσολάβησης μεταξύ της διαισθητικής γνώσης των μαθητριών για τις επιλογές του παιχνιδιού και της υπολογιστικής τους υλοποίησης ως εγγραφές της βάσης δεδομένων του παιχνιδιού. Στη δεύτερη περίπτωση χρήσης αξιοποίησαν το σύστημα χαρτογράφησης και τις δυνατότητές του για την οργάνωση των σημείων-αντικειμένων του παιχνιδιού. Η χωρική ταξινόμηση των σημείων στον χάρτη καθώς και η κατανομή τους σε διαφορετικές στρώσεις ανάλογα με κάποια χαρακτηριστικά τους, συνέβαλε στην εφαρμογή υπολογιστικών πρακτικών όπως η αναγνώριση μοτίβων (βλ 5.3), η ταξινόμηση και η γενίκευση των δεδομένων καθώς και στη νοηματοδότηση εννοιών όπως η κλάση και το αντικείμενο (βλ 5.2.2, 5.2.3).

Όσον αφορά τη λειτουργικότητα της οπτικής διαχείρισης δεδομένων, οι μαθήτριες την αξιοποίησαν κυρίως με 3 σχήματα χρήσης κατά τη διόρθωση και διασκευή του παιχνιδιού: α) ως εργαλείο τροποποίησης των δεδομένων και εισαγωγής νέων, β) ως εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού των αριθμητικών δεδομένων, δηλαδή των επιπτώσεων των σημείων και γ) ως εργαλείο πρόβλεψης των αποτελεσμάτων του αλγόριθμου και των τιμών των μεταβλητών για διαφορετικά σενάρια παιχνιδιού. Στην πρώτη περίπτωση οι μαθήτριες αξιοποίησαν τη βάση δεδομένων για να κάνουν τροποποιήσεις στις ιδιότητες των σημείων του παιχνιδιού και να ελέγξουν το αποτέλεσμα στην πορεία του παιχνιδιού. Η άμεση πρόσβαση που έδινε η βάση στις ιδιότητες του κάθε σημείου και η απευθείας μεταφορά των αλλαγών στο παιχνίδι, επέτρεψε στις μαθήτριες να πειραματιστούν με διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών συμβάλλοντας στη νοηματοδότηση της έννοιας του αντικειμένου (βλ. 5.2.2.) μέσα στα πλαίσια του παιχνιδιού. Ακόμη εξέφρασαν νοήματα για τα πεδία και τις εγγραφές της βάσης δεδομένων, έννοιες που συνήθως δεν διδάσκονται ή δεν είναι προσιτές από τις παραδοσιακές ασκήσεις προγραμματισμού. Στη δεύτερη περίπτωση χρήσης οι μαθήτριες αξιοποίησαν τη συγκεντρωμένη αναπαράσταση όλων των σημείων του παιχνιδιού στη βάση δεδομένων για να συγκρίνουν τις επιπτώσεις διαφορετικών επιλογών, να εντοπίσουν μοτίβα στις επιπτώσεις τους και να κατηγοριοποιήσουν τα σημεία σε κλάσεις ανάλογα με τα μοτίβα αυτά (βλ. 5.3.2). Ακόμη συνέβαλε στον μαθηματικό συσχετισμό μεταξύ των

επιπτώσεων και στη δημιουργία μαθηματικών σχέσεων και κανόνων μεταξύ των κατηγοριών των σημείων (βλ. 5.2.3 και 5.3.2). Τέλος, το τρίτο σχήμα χρήσης αφορά την αξιοποίηση της βάσης δεδομένων για την πρόβλεψη της μεταβολής των πεδίων του παιχνιδιού και του αποτελέσματος του αλγόριθμου σε διαφορετικές περιπτώσεις επιλογών του παίκτη. Η διπλή αναπαράσταση των μεταβλητών ως πεδία στη βάση και ως μπλοκ μεταβλητών στον κώδικα φάνηκε πως βοήθησε τις μαθήτριες να νοηματοδοτήσουν τις ιδιότητες των μεταβλητών και τον τρόπο μεταβολής της τιμής τους καθ' όλη τη διάρκεια του αλγόριθμου (βλ. 5.4.1 και 5.4.2). Συνδυάζοντας την οπτική επεξεργασία δεδομένων με τον προγραμματισμό ήταν σε θέση να προβλέψουν τις πιθανές τιμές των μεταβλητών σε διαφορετικά σημεία του αλγόριθμου του παιχνιδιού και για διαφορετικούς συνδυασμούς επιλογών του παίκτη.

5.6 Επισκόπηση και σύνθεση αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν οι στρατηγικές και τα νοήματα που κατασκεύασαν οι μαθήτριες σχετικά με έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης στα πλαίσια των δραστηριοτήτων της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης. Ειδικότερα, όπως φάνηκε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα για α) τις έννοιες του αντικειμένου και της κλάσης σε τρία διακριτά επίπεδα αφαίρεσης και ανάλυσης του συστήματος β) την έννοια του μοτίβου και την πρακτική αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων σε δεδομένα και γ) αλγοριθμικά στοιχεία και έννοιες, και συγκεκριμένα τη δομή επιλογής, τη συνθήκη ελέγχου, τη μεταβλητή, τη διαχείριση γεγονότων, την εγγραφή δεδομένων και τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου.

Οι μαθήτριες, όπως προέκυψε από την ανάλυση της ενότητας 5.2, προσέγγισαν το σύστημα του παιχνιδιού σε τρία επίπεδα ανάλυσης, εκφράζοντας σε κάθε επίπεδο νοήματα για τις έννοιες του αντικειμένου και της κλάσης μέσα στο παιχνίδι. Πρόκειται για:

- α. το μικρο-επίπεδο, το επίπεδο με τη χαμηλότερη αφαίρεση, στο οποίο οι μαθήτριες προσέγγιζαν κάθε σημείο-επιλογή του παιχνιδιού μια μοναδική περίπτωση που υλοποιείται αυτόνομα και ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα σημεία και κανόνες του παιχνιδιού.
- β. το μέσο-επίπεδο, ένα ενδιάμεσο επίπεδο ανάλυσης του συστήματος στο οποίο οι μαθήτριες προσέγγιζαν τα σημεία-επιλογές του παιχνιδιού σε σύνολα ή υποσύνολα με κοινά χαρακτηριστικά. Στο επίπεδο αυτό νοηματοδότησαν την έννοια της κλάσης ως ένα αφηρημένο πρότυπο, ένα «καλούπι», που διέπεται από συγκεκριμένους κανόνες επιπτώσεων και με βάση αυτό δημιουργούνται σημεία-επιλογές στο παιχνίδι. Αντίστοιχα νοηματοδότησαν κάθε σημείο-επιλογή ως ένα στιγμιότυπο που κατασκευάζεται από ένα πρότυπο κανόνων και
- γ. το μακρο-επίπεδο, το επίπεδο με την υψηλότερη αφαίρεση, στο οποίο οι μαθήτριες προσέγγιζαν όλο το παιχνίδι ως ένα ενιαίο υπολογιστικό σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους κλάσεις,

υποκλάσεις, αντικείμενα τα οποία συνδέονται με κανόνες μεταξύ τους δημιουργώντας την εμπειρία παιχνιδιού. Στο επίπεδο αυτό οι μαθήτριες ήταν σε θέση να προσδιορίσουν και να διαχωρίσουν τους εσωτερικούς κανόνες των κλάσεων, οι οποίοι διέπουν όλα τα αντικείμενα τους, και τους εξωτερικούς κανόνες – σχέσεις μεταξύ των κλάσεων του παιχνιδιού.

Η ικανότητα ανάλυσης πολύπλοκων υπολογιστικών συστημάτων σε επίπεδα όπως τα παραπάνω θεωρείται από μόνη της μια σημαντική υπολογιστική δεξιότητα (Weintrop κ.ά, 2015. Wing, 2008.). Επιπροσθέτως, όπως φάνηκε από την παρούσα έρευνα, το κάθε επίπεδο ανάλυσης ενός συστήματος προσφέρει ένα διαφορετικό πλαίσιο για τη χρήση και τη νοηματοδότηση των αφηρημένων υπολογιστικών εννοιών του αντικειμένου και της κλάσης. Εφαρμόζοντας από τη «σκέψη σε επίπεδα» (Wilensky & Resnick, 1999) στο σύστημα του παιχνιδιού, οι μαθήτριες ανέπτυξαν σταδιακά την αντίληψή τους για τις έννοιες αυτές μεταβαίνοντας από μια προσέγγιση «εστιασμένη στην υλοποίηση» στη νοηματοδότησή τους ως αφηρημένα υπολογιστικά δομήματα.

Παράλληλα, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα της ενότητας 4.3, οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα για την έννοια του μοτίβου στα πλαίσια του παιχνιδιού, τα οποία σταδιακά εξελίσσονταν καθώς προχωρούσαν οι δραστηριότητες. Συγκεκριμένα ανέπτυξαν δυο υπολογιστικές στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων οι οποίες αφορούν:

- α. τον εντοπισμό και εφαρμογή μοτίβων στις διαθέσιμες επιλογές, ως τακτική του παιχνιδιού και
- β. την αναγνώριση και δημιουργία μοτίβων στη βάση δεδομένων, με στόχο την εξισορρόπηση του παιχνιδιού.

Η πρώτη στρατηγική αφορά τη σύγκριση των επιπτώσεων των σημείων-επιλογών στη σκηνή του παιχνιδιού με στόχο την κατάστρωση μια τακτικής για τη βελτίωση της επίδοσης στο παιχνίδι. Στις περιπτώσεις αυτές, οι μαθήτριες νοηματοδότησαν το μοτίβο ως την επανάληψη συγκεκριμένων κινήσεων (επιλογών) που επιφέρουν μια επαναλαμβανομένη σειρά επιπτώσεων στην προσομοίωση του παιχνιδιού. Η δεύτερη στρατηγική αφορά τον εντοπισμό, τη γενίκευση και τη δημιουργία μοτίβων στα αριθμητικά δεδομένα του παιχνιδιού μέσα από την αναπαράστασή τους στη διαδραστική βάση δεδομένων. Οι μαθήτριες κατά τη διόρθωση και διασκευή του παιχνιδιού αναγνώρισαν και κατασκεύασαν δυο τύπων μοτίβα στις τιμές της βάσης δεδομένων: τα «μοτίβα στήλης» και τα «μοτίβα γραμμής». Ένα μοτίβο στήλης εφαρμόζεται στις επιπτώσεις όλων των σημείων του παιχνιδιού (γραμμές) ως προς ένα μόνο πεδίο (στήλη). Ένα παράδειγμα «μοτίβου στήλης» είναι ο εξής κανόνας: «Οι εγγραφές που αντιπροσωπεύουν αξιοθέατα και ξενοδοχεία το αυξάνουν πεδίο 'Ευχαρίστηση', ενώ οι εγγραφές που αντιπροσωπεύουν hostel και μέσα μεταφοράς το μειώνουν». Ένα μοτίβο γραμμής είναι μια σχέση που εφαρμόζεται μεταξύ δυο στηλών για κάποια ή για όλες τις εγγραφές. Ένα παράδειγμα «μοτίβου γραμμής» είναι η εφαρμογή της σχέσης Χρήματα = -(Κούραση)*10 μεταξύ των πεδίων Χρήματα και Κούραση για κάποιες από τις

εγγραφές των δεδομένων. Μέσα από τις διαδικασίες αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων στα δεδομένα της βάσης οι μαθήτριες χρησιμοποίησαν και άλλες υπολογιστικές έννοιες και συγκεκριμένα για τη γενίκευση και την κατηγοριοποίηση τιμών και για τον συσχετισμός μεταβλητών με μαθηματικές σχέσεις. Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα η προοδευτική εμπλοκή των μαθητριών με το σύστημα του παιχνιδιού, συνέβαλε σημαντικά στην εξέλιξη των νοημάτων που εξέφραζαν για την έννοια του μοτίβου. Όπως φάνηκε, οι μαθήτριες μετέβησαν σταδιακά από την αναγνώριση στην αντιστοίχιση και τελικά στην κατασκευή μοτίβων στα δεδομένα του παιχνιδιού μεταβαίνοντας και εδώ από μια πιο συγκεκριμένη και «απτή» σε μια πιο αφηρημένη προσέγγιση της έννοιας.

Ακόμη, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5.4, οι μαθήτριες εξέφρασαν νοήματα ενταγμένα στα πλαίσια του παιχνιδιού για βασικές αλγοριθμικές έννοιες καθώς και για τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του αλγόριθμου. Σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες νοηματοδότησης των εννοιών αυτών είχε το πλαίσιο που έθετε το παιχνίδι και ειδικότερα οι κανόνες του παιχνιδιού και η ισορροπία της εμπειρίας παιχνιδιού. Οι μαθήτριες αντιλήφθηκαν και ανέλυσαν τους κανόνες του παιχνιδιού, και αντίστοιχα και τις αλγοριθμικές έννοιες που τους συνέθεταν, με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις (βλ. ενότητα 5.4.1):

- α. τη διαισθητική προσέγγιση, στην οποία οι μαθήτριες αναγνώριζαν τον κανόνα ως μια επίπτωση στο παιχνίδι χωρίς όμως να μπορούν να περιγράψουν την υπολογιστική σχέση που οδηγεί σε αυτή. Η ερμηνεία των κανόνων βασιζόταν είτε σε προσωπικά κριτήρια είτε στην εμπειρία που προκύπτει από το παίξιμο του παιχνιδιού ή παρόμοιων παιχνιδιών. Σε αυτή την προσέγγιση οι μαθήτριες εξέφρασαν διαισθητικές ιδέες για την έννοια της δομής επιλογής και για τη σειρά με την οποία εκτελούνται οι εντολές. Ωστόσο δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν ή να διατυπώσουν τους κανόνες με προγραμματισμό. Αυτό το στάδιο νοηματοδότησης λειτούργησε ως βάση για τη μετάβαση στην αναγνώριση και κατασκευής της φορμαλιστικής αναπαράστασης των εννοιών με χρήση προγραμματιστικών δομών.
- β. τη φορμαλιστική-αλγοριθμική προσέγγιση, στην οποία οι μαθήτριες ερμήνευαν τη δομή επιλογής ως κανόνα του παιχνιδιού που αποτελείται από μια ή περισσότερες συνθήκες ελέγχου και ένα σύνολο ενεργειών που εκτελούνται ανάλογα με το αποτέλεσμα της συνθήκης. Σε αυτή την προσέγγιση μετέφεραν συχνά τη διαισθητική-εμπειρική γνώση που είχαν ήδη εκφράσει με κείμενο ή προφορικά, στη φορμαλιστική της έκφραση με συγκεκριμένες εντολές και σύμβολα προγραμματισμού. Ωστόσο στη φάση αυτή νοηματοδοτούν τον κάθε κανόνα ως αυτόνομο στοιχείο που υλοποιείται ξεχωριστά και ανεξάρτητα από του υπόλοιπους κανόνες και στοιχεία του αλγόριθμου.
- γ. την υπολογιστική προσέγγιση, στην οποία οι μαθήτριες περιέγραφαν τους κανόνες του παιχνιδιού χρησιμοποιώντας υπολογιστικούς όρους που ανάγονται σε επίπεδο συστήματος.

Στην προσέγγιση αυτή νοηματοδότησαν τη δομή επιλογής ως αναπόσπαστο κομμάτι του συνολικού υπολογιστικού συστήματος, το οποίο επηρεάζεται από τα προηγούμενα τμήματα του αλγόριθμου και αντίστοιχα επηρεάζει τα επόμενα. Έτσι εκτός από τη σωστή υλοποίηση του κανόνα με προγραμματισμό οι μαθήτριες έδιναν σημασία και στο νόημα και τον ρόλο του κανόνα στην τελική εμπειρία παιχνιδιού. Για την υλοποίηση των κανόνων σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποίησαν σύνθετες δομές επιλογής και συνθήκες ελέγχουν, ενώ εφάρμοσαν υπολογιστικές πρακτικές όπως η πρόβλεψη του αποτελέσματος των συνθηκών, ο εντοπισμός λογικών σφαλμάτων και η διαχείριση γεγονότων.

Προσεγγίζοντας τους κανόνες του παιχνιδιού στα παραπάνω πλαίσια οι μαθήτριες μετέφεραν σταδιακά τη διαισθητική-προσωπική γνώση που είχαν για την έννοια της δομής επιλογής στη φορμαλιστική υλοποίηση της με προγραμματισμό και τελικά στην υπολογιστική χρήση της ως κομμάτι ενός ενιαίου συστήματος.

Παράλληλα οι μαθήτριες νοηματοδότησαν την έννοια της μεταβλητής καθώς επινοούσαν και εφάρμοζαν στρατηγικές για την επίτευξη της ισορροπίας τους παιχνιδιού, δηλαδή την εξισορρόπηση της πρόκλησης, της ενεργής συμμετοχής και της διασκέδασης που προσφέρει το παιχνίδι στον παίκτη (Salen, 2007). Για να δημιουργήσουν ένα παιχνίδι ισορροπημένο και με νόημα για τον παίκτη οι μαθήτριες εφάρμοσαν τις εξής στρατηγικές, οι οποίες αναπτύσσονται στην ενότητα 5.4.2:

- α. Έλεγχος της δυσκολίας/ευκολίας του παιχνιδιού από τις αρχικές τιμές των πεδίων
- β. Πρόβλεψη πιθανών τιμών των μεταβλητών που μπορεί να προκύψουν το παίξιμο του παιχνιδιού
- γ. Εξισορρόπηση των συνθηκών τερματισμού με τις αρχικές τιμές και τον ρυθμό μεταβολής των μεταβλητών του παιχνιδιού

Μέσα από τις παραπάνω στρατηγικές οι μαθήτριες νοηματοδότησαν τη μεταβλητή ως α) μεταβαλλόμενη παράμετρο του παιχνιδιού β) πεδίο στη βάση δεδομένων και γ) δομικό στοιχείο του κώδικα, όπως κομμάτι μιας συνθήκης ελέγχου. Ακόμη αντιλήφθηκαν σημαντικές ιδιότητες της μεταβλητής όπως η μοναδικότητα της τιμής της, η λειτουργία της ως αθροιστής, η ανάθεση τιμών και οι διαφορετικοί τύποι μεταβλητών (λογικός, ακαριαίος, δεκαδικός).

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης των μαθητριών είχαν οι ενσωματωμένες διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες του περιβάλλοντος ChoiCo, δηλαδή το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής παιχνιδιού, η οπτική διαχείριση δεδομένων με το εργαλείο της βάσης δεδομένων και ο οπτικός προγραμματισμός με μπλοκς. Όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 5.5 οι μαθήτριες ανέπτυξαν διαφορετικά σχήματα χρήσης των λειτουργικοτήτων τα οποία

τις βοήθησαν να εκφράσουν τις υπολογιστικές έννοιες με διαφορετικές αναπαραστάσεις και να κατασκευάσουν νοήματα για αυτές.

Το σύστημα χαρτογράφησης της σκηνής λειτούργησε από τη μια ως εργαλείο αλληλεπίδρασης των μαθητριών με το παιχνίδι και από την άλλη ως εργαλείο οργάνωσης και αναπαράστασης των επιλογών και των πληροφοριών του παιχνιδιού. Οι μαθήτριες αξιοποίησαν τις δυνατότητες του εργαλείου χαρτών, όπως η αλλαγή της εικόνας υποβάθρου, η μετακίνηση των σημείων σε συγκεκριμένες θέσεις, η εισαγωγή νέων σημείων και η δημιουργία στρώσεων για να διαμορφώσουν τη διεπαφή του παιχνιδιού και για να καθορίσουν την αλληλεπίδραση του παίκτη με αυτή. Έτσι το εργαλείο του χάρτη συνέβαλε στη νοηματοδότηση υπολογιστικών πρακτικών όπως το προγραμματιστικό αντικείμενο και η κλάση μέσα από τα σημεία του χάρτη, η διαχείριση γεγονότων, για παράδειγμα τι θα συμβεί να ο παίκτης πατήσει ένα σημείο, η ταξινόμηση σημείων με κοινά χαρακτηριστικά και η οπτική ομαδοποίησή τους σε περιοχές του χάρτη και η επιλογή του τρόπου αναπαράστασης τις ιδέας του παιχνιδιού μέσα από τα γραφικά και την εννοιολογική των σημείων.

Αντίστοιχα, εντοπίστηκαν τρία σχήματα χρήσης της οπτικής διαχείρισης δεδομένων από τις μαθήτριες: α) ως εργαλείο τροποποίησης και εισαγωγής δεδομένων β) ως εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού αριθμητικών δεδομένων και γ) ως εργαλείο πρόβλεψης των τιμών των μεταβλητών και του αποτελέσματος εκτέλεσης του αλγόριθμου σε διαφορετικά πιθανά σενάρια παιχνιδιού. Στις δυο πρώτες χρήσεις οι μαθήτριες αξιοποίησαν την αναπαράσταση όλων των σημείων ως εγγραφές της βάσης για να πραγματοποιήσουν άμεσες τροποποιήσεις στις τιμές των επιπτώσεών τους και για να συγκρίνουν τα δεδομένα μεταξύ τους εντοπίζοντας μοτίβα. Τα παραπάνω σχήματα χρήσης συνέβαλαν σημαντικά στη νοηματοδότηση των εννοιών του αντικειμένου, της κλάσης και της εγγραφής δεδομένων, αλλά και στην εφαρμογή των υπολογιστικών πρακτικών της αναγνώρισης και κατασκευής μοτίβων στα δεδομένα και της γενίκευσης των μοτίβων σε γενικούς κανόνες. Στην τρίτη περίπτωση χρήσης οι μαθήτριες αξιοποίησαν την αναπαράσταση των μεταβλητών του παιχνιδιού ως πεδία της βάσης δεδομένων για να πειραματιστούν με τη μεταβολή τους και για να προβλέψουν τις πιθανές τιμές τους σε διαφορετικά σημεία εκτέλεσης του αλγόριθμου. Η λειτουργικότητα αυτή τις βοήθησε να νοηματοδοτήσουν τη μεταβλητή ως αθροιστή και να αντιληφθούν σημαντικές ιδιότητες της μεταβλητής. Στις τρεις χρήσεις της βάσης οι μαθήτριες συνήθως συνδύαζαν τη βάση δεδομένων με την οπτική αναπαράσταση στον χάρτη της σκηνής και με τη συμβολική αναπαράσταση στον κώδικα του παιχνιδιού.

Τέλος όπως προκύπτει συνολικά από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο παρόν κεφάλαιο, το πλαίσιο του παιχνιδιού συνέβαλε σημαντικά στην έκφραση, την εφαρμογή και την ανάπτυξη νοημάτων για υπολογιστικές έννοιες από τις μαθήτριες. Καθοριστικό ρόλο είχαν τα παρακάτω στοιχεία του παιχνιδιού:

- α. Το είδος του παιχνιδιού, δηλαδή το γεγονός ότι το παιχνίδι CT Chef ήταν ένα παιχνίδι προσομοίωσης επιλογών καθοδηγούμενες από τις επιπτώσεις. Η διαφορά από άλλα γνωστά είδη παιχνιδιών, είναι ότι στο συγκεκριμένο δεν υπάρχει κάποια προκαθορισμένη σωστή διαδρομή ή στρατηγική που πρέπει να ακολουθήσει ο παίκτης για να τερματίσει. Αντίθετα ο σκοπός είναι να παραμείνει όσο το δυνατόν περισσότερο στο παιχνίδι, κάνοντας επιλογές με θετικές και αρνητικές επιπτώσεις και αλλάζοντας συχνά τη στρατηγική του. Το γεγονός αυτό ενέπλεξε τις μαθήτριες, τόσο ως παίκτριες αλλά και ως σχεδιάστριες, σε διαδικασίες πρόβλεψης του αποτελέσματος, εξισορρόπησης και συσχετισμού των δεδομένων και συνεχούς αναθεώρησης και βελτίωσης των τακτικών παιξίματος και των μοτίβων επιλογών.
- β. Το θέμα του παιχνιδιού, δηλαδή υγιεινούς και κερδοφόρας διαχείρισης ενός εστιατορίου, το οποίο αποτυπώνει ένα ρεαλιστικού προβλήματος με σύνθετες κοινωνικο-επιστημονικές προεκτάσεις. Τα ζητήματα αυτά δεν έχουν μια ξεκάθαρη λύση αλλά υπάρχει ένα σύνολο από θετικές και αρνητικές επιπτώσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Ο παίκτης σε κάθε επιλογή του παιχνιδιού έρχεται αντιμέτωπος με ένα ή περισσότερα διλήμματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπίσεις διερευνώντας και προβλέποντας τις επιπτώσεις που θα επιφέρει η επιλογή του στο σύνολο του παιχνιδιού, χωρίς να υπάρχει σαφής απάντηση. Το πλαίσιο αυτό λειτούργησε ως εφελκυστικό συζητήσεων μέσα στην ομάδα και παρακίνησε τις μαθήτριες να εκφράσουν προσωπικές ιδέες για τα στοιχεία του αρχικού παιχνιδιού, όπως ο αριθμός και το είδος των διαθέσιμων επιλογών, οι επιπτώσεις τους και οι κανόνες.
- γ. Τα «μισοψηφμένα» στοιχεία του παιχνιδιού, δηλαδή τα λογικά σφάλματα που είχε ενσωματώσει η ερευνήτρια κατά τον σχεδιασμό του παιχνιδιού (βλ. παρ. 3.3.2). Οι μαθήτριες εντόπισαν και συζητήσαν για τις λανθασμένες συμπεριφορές από το πρώτο μέρος της παρέμβασης καθώς έπαιζαν το παιχνίδι. Τα σφάλματα που αφορούσαν τις επιπτώσεις κάποιων σημείων του παιχνιδιού συνέβαλαν σημαντικά στη διαδικασία αναγνώρισης και διόρθωσης μοτίβων στα δεδομένα (βλ. ενοτ. 5.3) καθώς και στην περιγραφή των σημείων-επιλογών μέσα από γενικευμένα πρότυπα (βλ. ενότ. 5.2). Το σφάλμα στους κανόνες τερματισμού παρακίνησε συζητήσεις γύρω από τους κανόνες και τις συνθήκες ελέγχου του παιχνιδιού (βλ. 5.4.) και ταυτόχρονα λειτούργησε ως έναυσμα για να τροποποιήσουν οι μαθήτριες τον κώδικα του παιχνιδιού. Έτσι, συνέβαλε στη νοηματοδότηση της δομής επιλογής, της σειράς εκτέλεσης των εντολών και της μεταβλητής ως τμήμα της συνθήκης ελέγχου.

Στον πίνακα του [παραρτήματος Δ](#) γίνεται μια συνοπτική σύνθεση και συσχετισμός των παραπάνω αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή

Η υπολογιστική σκέψη αναφέρεται στην ικανότητα αποτελεσματικής εφαρμογής ενός συνόλου εννοιών, πρακτικών και αντιλήψεων για τη διαχείριση και επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Wing, 2009). Αν και ο υπολογιστικός τρόπος σκέψης προέρχεται από την επιστήμη των υπολογιστών και είναι άμεσα συνδεδεμένος με τη διαδικασία του προγραμματισμού, οι έννοιες και οι πρακτικές που περιλαμβάνει βρίσκουν εφαρμογή στην επίλυση προβλημάτων από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς και της καθημερινής ζωής. Συνεπώς, πολλοί επιστήμονες και ερευνητές κρίνουν ιδιαίτερα σημαντική και ωφέλιμη την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης των παιδιών, ακόμα και από τις πρώτες τάξεις του σχολείου. Ωστόσο, όπως φάνηκε και από τη βιβλιογραφική επισκόπηση στο κεφάλαιο 2, τα τυπικά εργαλεία και δραστηριότητες προγραμματισμού είτε είναι ιδιαίτερα απλοποιημένα που «αποκρύπτουν» τις υπολογιστικές πρακτικές και εστιάζουν αποκλειστικά στην εκμάθηση κώδικα, είτε είναι πλήρως «ανοιχτά», απαιτώντας την κατασκευή σύνθετων προγραμμάτων από την αρχή, με αποτέλεσμα να είναι δυσπρόσιτα από τους νεαρούς και χωρίς εμπειρία μαθητές. (Armoni, 2013. Robins, 2003). Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ένα σημαντικό ερευνητικό κενό αναφορικά με την περιγραφή των νοητικών διαδικασιών με τις οποίες τα άτομα, και ιδιαίτερα οι νεαροί μαθητές επινοούν, εκφράζουν και εφαρμόζουν πιο σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές για να επιλύσουν προβλήματα.

Η παρούσα ερευνητική εργασία επιχείρησε να εντοπίσει και να περιγράψει κάποιος από τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών, μελετώντας τη δραστηριότητά τους σε μια καινοτόμο προσέγγιση προγραμματισμού. Η «υπολογιστική στρατηγική» προσεγγίζεται από την ερευνήτρια ως το σύνολο των διαδικασιών, των μεθόδων και των νοημάτων που επινοούν και εφαρμόζουν οι μαθητές για να διαχειριστούν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα με υπολογιστικό τρόπο. Για την πρόκληση της δραστηριότητας των μαθητών, η ερευνήτρια ανέπτυξε δυο ψηφιακά διαδικτυακά λογισμικά, το «MaLT2» και το «ChoiCo», που επικαιροποιούν παλαιότερα λογισμικά σχεδιασμού και τα επεκτείνουν με νέες διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες (Morgan & Kynigos, 2014), δημιουργώντας έτσι νέες ευκαιρίες υπολογιστικής επίλυσης προβλημάτων. Τόσο οι λειτουργικότητες του MaLT2, δηλαδή ο κειμενικός προγραμματισμός, ο δυναμικός χειρισμός των κατασκευασμένων μοντέλων και η δυναμική μεταβολή της γωνίας θέασης, όσο και αυτές του ChoiCo, δηλαδή ο οπτικός προγραμματισμός, ο οπτικός χειρισμός δεδομένων και το ο σχεδιασμός χαρτών, δίνουν τη δυνατότητα σε μη εξειδικευμένους χρήστες, όπως οι μαθητές, να δημιουργήσουν και να διερευνήσουν σύνθετα ψηφιακά δομήματα, όπως τρισδιάστατα μοντέλα και ψηφιακά παιχνίδια. Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε τα νέα λογισμικά για να αναπτύξει δύο πρωτότυπα «μισοψημένα» παιχνίδια που προσεγγίζουν τον προγραμματισμό ως εργαλείο έκφρασης και

επικοινωνίας στα πλαίσια του παιχνιδιού. Τα μισοψημένα παιχνίδια αξιοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα ως «διαψεύσιμα» δομήματα (Lakatos, 1976 οπ. ανφ. Kynigos, 2015) με στόχο να προκαλέσουν την αμφισβήτηση των μαθητών και να εγείρουν συζητήσεις γύρω από την υπολογιστική δομή του παιχνιδιού (Kynigos, 2007). Στόχος της ερευνήτριας δεν ήταν να μελετήσει την ορθότητα του τελικού κατασκευάσματος των μαθητών αλλά τις υπολογιστικές στρατηγικές που επινόησαν και εξέφρασαν οι μαθητές μέσα από τη διαδικασία συνεχούς διασκέυης, δοκιμής και αναθεώρησης των παιχνιδιών. Παράλληλα μελέτησε τον ρόλο του πλαισίου του παιχνιδιού καθώς και τον διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων στην ανάπτυξη αυτών των στρατηγικών.

Οι διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες κάθε λογισμικού έδωσαν στους μαθητές «πρόσβαση» σε αφηρημένες και σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές, όπως η πρακτική της αναγνώρισης μοτίβων και η πρακτική της υπολογιστικής αφαίρεσης. Παράλληλα η σαφώς ορισμένη αλλά ταυτόχρονα ανοιχτή για δράση και πειραματισμό δομή των παιχνιδιών επέτρεψε την προοδευτική εμπλοκή των μαθητών με τις πρακτικές αυτές σε ένα οικείο και προσιτό για αυτούς πλαίσιο. Συνολικά, το πλαίσιο δράσης (diSessa, 2001) που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα, φάνηκε πως έδωσε τη δυνατότητα στους μαθητές να επινοήσουν υπολογιστικές στρατηγικές δηλαδή να αντιληφθούν και να εφαρμόσουν έννοιες και πρακτικές υπολογιστικής σκέψης για να λύσουν προβλήματα με υπολογιστικό τρόπο στα πλαίσια των παιχνιδιών.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή ήταν τρία. Το πρώτο αφορούσε τις υπολογιστικές στρατηγικές που επινοούν και εκφράζουν οι μαθητές καθώς διασκεύουν ένα ψηφιακό παιχνίδι με προγραμματισμό. Το δεύτερο εξέταζε τον ρόλο του πλαισίου που διαμορφώνεται από τα στοιχεία του παιχνιδιού στις διαδικασίες ανάπτυξης των υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητών. Το τρίτο εστίαζε τον ρόλο των διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων στις διαδικασίες ανάπτυξης των υπολογιστικών στρατηγικών. Στις ακόλουθες τρεις ενότητες συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο διδακτικών παρεμβάσεων που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 4 και 5 υπό το πρίσμα των τα τριών ερευνητικών ερωτημάτων αντίστοιχα. Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου γίνεται αναστοχασμός ως προς τους περιορισμούς και τους ερευνητικούς προβληματισμούς που προκύψαν και πως αυτοί μπορεί να οδηγήσουν σε περεταίρω έρευνα. Τέλος στον πίνακα του [παραρτήματος Δ](#) γίνεται μια συνοπτική σύνθεση του συνόλου των αποτελεσμάτων της έρευνας με στόχο να προσφέρει μια σφαιρική εικόνα της δραστηριότητας των μαθητών, αλλά και ένα εργαλείο για μελλοντικές έρευνες.

6.2 Υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών κατά τη συνεργατική διασκευή παιχνιδιών

Κεντρικό στοιχείο της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της δραστηριότητας των μαθητών καθώς ήρθαν αντιμέτωποι με αυθεντικά προβλήματα κατά το παίξιμο, το σχεδιασμό και τη διασκευή δύο

ψηφιακών παιχνιδιών. Οι μαθητές, επινόησαν στρατηγικές για να επιλύσουν τα προβλήματα αυτά με υπολογιστικό τρόπο στα πλαίσια του παιχνιδιού. Κατά τις στρατηγικές αυτές εφάρμοσαν συνδύαζαν και νοηματοδότησαν σύνθετες πρακτικές υπολογιστικής σκέψης, όπως η προγραμματιστική αφαίρεση και η αναγνώριση μοτίβων, καθώς και πρακτικές που δεν συγκαταλέγονται επίσημα στην υπολογιστική σκέψη όπως η εξισορρόπηση του συστήματος, η ανάλυση σε επίπεδα και τα μοτίβα δεδομένων. Αν και η ερευνήτρια δεν μπορεί να ισχυριστεί ότι μέσα από μια τόσο σύντομη διαδικασία καλύφθηκε η «κατάκτηση» των πρακτικών αυτών, τα αποτελέσματα της έρευνάς της δίνουν κάποια πρώτα στοιχεία για τους τρόπους, δηλαδή τις στρατηγικές, με τους οποίους οι μαθητές μπορούν να τις επινοήσουν, να τις αντιληφθούν και να τις χρησιμοποιούν, κάτι που δεν είχε επιτευχθεί έως σήμερα.

Οι μαθητές, στα δυο ψηφιακά περιβάλλοντα, είχαν την ευκαιρία να χειριστούν πολλαπλές και διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις υπολογιστικών εννοιών, όπως την οπτική επεξεργασία δεδομένων συνδυαστικά με τον οπτικό προγραμματισμό τους στο ChoiCo ή τις παραμετρικές διαδικασίες του κώδικα συνδυαστικά με τον δυναμικό χειρισμό των παραμέτρων στο MaLT2. Έτσι δημιουργήθηκαν νέες ευκαιρίες έκφρασης υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών, που δεν ήταν εφικτές με τη μεμονωμένη χρήση αυτών των λειτουργικοτήτων, όπως μόνο με τη σύνταξη κώδικα ή μόνο με τον δυναμικό χειρισμό. Η έκφρασή τους ωστόσο, δεν πραγματοποιήθηκε με αυστηρά φορμαλιστικό τρόπο, όπως από τους προχωρημένους προγραμματιστές, αλλά μέσα από μια εμπειρική διαδικασία, «συντονισμένη» με τις διαισθητικές γνώσεις των μαθητών από τον κόσμο γύρω τους (Papert, 1980). Συνεπώς, η ερευνήτρια δεν ισχυρίζεται ότι οι μαθητές ανέπτυξαν τυπικές, φορμαλιστικές γνώσεις για τόσο σύνθετες υπολογιστικές πρακτικές όπως η αφαίρεση, η κλάση και το αντικείμενο, αλλά ότι, με τη βοήθεια των εργαλείων, μετέφεραν και εφάρμοσαν τις ιδέες αυτές σε ένα αυθεντικό πλαίσιο, κατακτώντας έτσι μια πλούσια και με νόημα υπολογιστική εμπειρία για τις διαφορετικές πτυχές της υπολογιστικής σκέψης. Τα υπολογιστικά εργαλεία, στην περίπτωση αυτή, λειτούργησαν ως εργαλεία διαμεσολάβησης (Noss & Hoyles, 1996) μεταξύ της διαισθητικής, εμπειρικής γνώσης δυναμικών υπολογιστικών ιδεών (όπως της έννοιας του μοτίβου ή της κλάσης) και της υπολογιστική αναπαράστασής τους για την επίλυση προβλημάτων. Έτσι οι μαθητές οδηγήθηκαν σε αυτό που ο Papert ονόμασε «εναλλακτικό φορμαλισμό» της τυπικής γνώσης καθώς δεν μαθαίνουν τον φορμαλισμό της υπολογιστικής έννοιας αλλά γιατί χρησιμοποιείται και τι σημαίνει (Papert, 1991).

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μια σύνθεση των υπολογιστικών πρακτικών που εξέφρασαν οι μαθητές τόσο κατά τον προγραμματισμό παιχνιδιού μίμησης στο περιβάλλον MaLT2 όσο και κατά τη διασκευή παιχνιδιού επιλογών και επιπτώσεων στο περιβάλλον ChoiCo.

6.2.1 Στρατηγικές αφαίρεσης

Η ικανότητα δημιουργίας και διαχείρισης αφαιρέσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αποτελεσματική επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Lee κ.ά. 2011. Wing, 2008). Ταυτόχρονα όμως θεωρείται και μια από τις πιο δύσκολες και αφηρημένες πρακτικές, καθώς δεν μπορεί να περιγραφεί και να διδαχθεί με αυστηρούς τυπικούς κανόνες (Armoni, 2013). Ως αποτέλεσμα, γνωρίζουμε ελάχιστα για τις στρατηγικές με τις οποίες τα άτομα και ειδικά τα παιδιά επινοούν και εφαρμόζουν αφαιρέσεις για να επιλύσουν προβλήματα. Η διατριβή αυτή επιχειρήσε να περιγράψει πως οι μαθητές Γυμνασίου κατασκευάζουν αφαιρέσεις όταν παίζουν και διασκευάζουν ψηφιακά παιχνίδια με προγραμματισμό και άλλες υπολογιστικές λειτουργικότητες.

Όπως φάνηκε από την ανάλυση των δεδομένων στις ενότητες 4.2 και 5.2, η ερευνήτρια εντόπισε στρατηγικές αφαίρεσης και στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες αναδύθηκαν από την ανάλυση στοιχείων του παιχνιδιού σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας. Στην περίπτωση του παιχνιδιού μίμησης η ανάλυση σε επίπεδα αφορούσε το μοντέλο του ανθρώπου και τον κώδικα που το κατασκεύαζε. Στην περίπτωση του παιχνιδιού επιλογών και επιπτώσεων η ανάλυση σε επίπεδα αφορούσε τις επιλογές του παιχνιδιού και τον ρόλο τους στο συνολικό σύστημα. Ειδικότερα εντοπίστηκαν οι εξής στρατηγικές αφαίρεσης των μαθητών:

A) Στρατηγικές **αφαίρεσης** κατά τη δημιουργία και χρήση προγραμματιστικών διαδικασιών

B) Στρατηγικές **αφαίρεσης** κατά τη χρήση και νοηματοδότηση των εννοιών του αντικείμενου και της κλάσης ως «επιλογές» του παιχνιδιού

Παρακάτω, αναπτύσσονται συνοπτικά οι δυο στρατηγικές.

Στρατηγικές εφαρμογής της υπολογιστικής αφαίρεσης

Κεντρικό στοιχείο της δραστηριότητας των μαθητών κατά τη διασκευή και το παίξιμο του παιχνιδιού μίμησης με προγραμματισμό ήταν η δημιουργία, η τροποποίηση και η χρήση προγραμματιστικών διαδικασιών. Η ερευνήτρια εξέτασε τις στρατηγικές αφαίρεσης των μαθητών κατά τη νοηματοδότηση και τη χρήση της προγραμματιστικής διαδικασίας, εντοπίζοντας **τέσσερα διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης** με τα οποία οι μαθητές την προσέγγισαν και την υλοποίησαν (βλ. ενότητα 4.2). Σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης οι μαθητές κατασκευάζουν και προσδίδουν έναν νέο ρόλο στην προγραμματιστική διαδικασία ο οποίος είναι πιο αφηρημένος και εσωκλείει τον προηγούμενο. Τα τέσσερα επίπεδα αφαίρεσης των μαθητών αναφορικά με την έννοια της προγραμματιστικής διαδικασίας συνοψίζονται ως εξής:

- 1) **Επίπεδο εντολής.** Οι μαθητές ερμήνευαν τη διαδικασία ως το αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης εκτέλεσης ταυτίζοντάς τη με το οπτικό αποτέλεσμα. Αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης αφού αυτό που νοηματοδοτούσαν οι μαθητές ήταν το

αποτέλεσμα της εκτέλεσης για συγκεκριμένες τιμές εκτέλεσης και όχι τον ίδιο τον κώδικα που το δημιουργούσε.

- 2) **Επίπεδο κώδικα.** Οι μαθητές ερμήνευαν τη διαδικασία ως μια αλγοριθμική δομή αποτελούμενη συγκεκριμένες εντολές οι οποίες εκτελούνται σειριακά κάθε φορά που καλείται η διαδικασία με το όνομά της. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές εστίαζαν περισσότερο στον κώδικα της διαδικασίας παρά στην διαδικασία ως ανεξάρτητο αντικείμενο. Έτσι συχνά το αποτέλεσμα της διαδικασίας ήταν συνήθως εξαρτώμενο από τις εντολές που εκτελούνταν πριν και μετά από αυτή.
- 3) **Επίπεδο δομικού λίθου.** Οι μαθητές ερμήνευαν τη διαδικασία ως ένα ανεξάρτητο αντικείμενο με είσοδο και έξοδο, το οποίο μπορούσε να εκτελεστεί με διαφορετικά δεδομένα δίνοντας άλλα αποτελέσματα. Αντιπροσωπευτική χρήση της διαδικασίας σε αυτό το επίπεδο ήταν η κατασκευή παραμετρικών διαδικασιών και η χρήση τους σε διαφορετικά σημεία του αλγόριθμου, καθώς και η δημιουργία στρώσεων διεπαφής προγραμματισμού χρήση εμφολευμένων διαδικασιών.
- 4) **Επίπεδο προβλήματος.** Οι μαθητές ερμήνευαν τη διαδικασία ως λύση σε ένα θεωρητικό πρόβλημα. Το επίπεδο αυτό απαιτούσε την περισσότερη αφαίρεση καθώς οι μαθητές έπρεπε να αντιληφθούν το πρόβλημα ως ένα αυτόνομο αντικείμενο και να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά του, όπως τα δεδομένα του, τη δυνατότητα διάσπασής του και την πολυπλοκότητά του. Στη συνέχεια υλοποιούσαν μια γενικευμένη διαδικασία η οποία μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως λύση για το ίδιο ή και για άλλα, παρόμοια προβλήματα.

Άλλες έρευνες που επιχειρούν να μελετήσουν αντίστοιχα τη δημιουργία και χρήση επίπεδων αφαίρεσης, υποστηρίζουν πως οι μαθητές παραμένουν συνήθως στα χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης χωρίς να καταφέρνουν να φτάσουν στο επίπεδο προβλήματος (Armoni, 2003. Hazzan 2000). Η ερευνήτρια ωστόσο στην παρούσα έρευνα παρατήρησε μια σταδιακή αύξηση των κρίσιμων συμβάντων που αντιστοιχούσαν στα υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης κατά τη δεύτερη και την τρίτη εφαρμογή. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την εξέλιξη ενός αφαιρετικού τρόπου σκέψης που κατέστη εφικτός με τα συγκεκριμένα μέσα και στο συγκεκριμένο πλαίσιο αλληλεπίδρασης.

Στρατηγικές αφαίρεσης κατά τη χρήση και νοηματοδότηση των εννοιών του αντικείμενου και της κλάσης ως «επιλογές» του παιχνιδιού

Όπως αναφέρεται στην ενότητα 5.2, ένα σύστημα προσομοίωσης μπορεί να μελετηθεί σε διάφορα επίπεδα ανάλυσης που ξεκινούν από το μικρο-επίπεδο, το οποίο εξετάζει τα μικρότερα στοιχεία του συστήματος ως μεμονωμένα αντικείμενα, και καταλήγουν στο μακρο-επίπεδο το οποίο εξετάζει το σύστημα ως μια ολότητα που όλα τα αντικείμενα συνδέονται μεταξύ τους και αποκτούν νόημα. Η «σκέψη σε επίπεδα», δηλαδή η ικανότητα αναγνώρισης και διαχείρισης των επιπέδων σε ένα σύστημα, απαιτεί συνήθως την εφαρμογή υπολογιστικών ιδεών όπως η έννοια του αντικειμένου

και η αφαίρεση πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων (Weintrop κ.ά., 2016). Βασισμένη σε αυτή την προσέγγιση, η ερευνήτρια επιχείρησε να εντοπίσει και να περιγράψει τα επίπεδα στα οποία οι μαθητές ανέλυσαν το σύστημα του παιχνιδιού. Σε κάθε επίπεδο αναγνώρισε μια διαφορετική στρατηγική αφαίρεσης των μαθητών όσον αφορά τη χρήση και τη νοηματοδότηση της έννοιας του **αντικειμένου** ή/και της **κλάσης** μέσα από τα σημεία-επιλογές του παιχνιδιού.

- Το **μίκρο-επίπεδο**. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές προσέγγιζαν κάθε σημείο-επιλογή του παιχνιδιού ως ένα ανεξάρτητο αντικείμενο με τις δικές του ιδιότητες το οποίο είναι ασύνδετο με τα υπόλοιπα σημεία-επιλογές του παιχνιδιού. Έτσι, πραγματοποιούσαν εστιασμένες τροποποιήσεις σε κάθε σημείο-αντικείμενο μεμονωμένα, για παράδειγμα αλλαγή των επιπτώσεών του, χωρίς να λαμβάνουν υπόψιν την επίδραση της αλλαγής τους στο συνολικό σύστημα του παιχνιδιού.
- Το **μέσο-επίπεδο**. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές εντόπιζαν κατηγορίες (ή και υποκατηγορίες) σημείων-επιλογών με κοινά χαρακτηριστικά. Σε κάθε κατηγορία προσέδιδαν συγκεκριμένους «εσωτερικούς» κανόνες που ακολουθούσαν όλα τα σημεία-επιλογές που ανήκαν σε αυτή. Στο μέσο-επίπεδο, νοηματοδότησαν την έννοια της κλάσης ως ένα αφηρημένο πρότυπο με βάση το οποίο δημιουργούνται σημεία-επιλογές στο παιχνίδι. Αντίστοιχα νοηματοδότησαν κάθε σημείο ως ένα στιγμιότυπο που κατασκευάζεται από ένα τέτοιο πρότυπο.
- Το **μάκρο-επίπεδο**. Στο επίπεδο αυτό οι μαθητές αντιλαμβάνονταν το παιχνίδι ως ένα ενιαίο υπολογιστικό σύστημα αποτελούμενο από επιμέρους κλάσεις, υποκλάσεις και αντικείμενα αυτών που συνδέονται μεταξύ τους με κανόνες και σχέσεις και δημιουργούν την τελική εμπειρία παιχνιδιού. Για κάθε αλλαγή που πραγματοποιούσαν λάμβαναν υπόψιν την επίδραση της στη συνολική ισορροπία του παιχνιδιού. Πρόκειται για το επίπεδο που απαιτεί την υψηλότερη ικανότητα αφαίρεσης καθώς προσεγγίζει το ίδιο το σύστημα του παιχνιδιού ως ένα αντικείμενο που αποτελείται με τη σειρά του από επιμέρους επίπεδα και σχέσεις.

Όπως φάνηκε η μετάβαση των μαθητών μεταξύ των τριών επιπέδων ήταν σταδιακή και ενισχύθηκε τόσο από τις δραστηριότητες της παρέμβασης όσο και από τις πολλαπλές διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις των σημείων-αντικειμένων του παιχνιδιού. Συγκεκριμένα:

- Η αναπαράσταση των επιλογών ως σημεία στη σκηνή του παιχνιδιού επέτρεψε στους μαθητές να οπτικοποιήσουν την αφηρημένη έννοια του προγραμματιστικού αντικειμένου ως ένα «χειροπιαστό» αντικείμενο του παιχνιδιού με τη μορφή του σημείου στο χάρτη.
- Η αναπαράσταση των επιλογών ως εγγραφές και αντίστοιχα των ιδιοτήτων τους ως στήλες της βάσης δεδομένων επέτρεψε στους μαθητές να αντιληφθούν κάθε σημείο ως

αντικείμενο με μεταβλητές ιδιότητες, να αναλύσουν και να συγκρίνουν το σύνολο των αντικειμένων, να αναγνωρίσουν μοτίβα στις ιδιότητες διαφορετικών αντικειμένων ανά πεδίο (στήλη) καθώς και να τα ταξινομήσουν σε κατηγορίες.

- Η αναπαράσταση των επιλογών ως εντολές αντικειμένων του οπτικού προγραμματισμού επέτρεψε στους μαθητές να νοηματοδοτήσουν τη χρήση και τον ρόλο των αντικειμένων σε έναν αλγόριθμο, να προγραμματίσουν ελέγχους γεγονότων και συμπεριφορές για κάθε αντικείμενο ή για τα αντικείμενα μιας κλάσης.

Η ερευνήτρια δεν ισχυρίζεται ότι οι μαθητές κατέκτησαν τη φορμαλιστική τυπική γνώση για τις έννοιες της κλάσης και του αντικειμένου, δηλαδή την ικανότητα σύνταξης και χρήσης τους σε μια αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού, αλλά ότι τα νοήματα που εξέφρασαν μέσω των αναπαραστάσεων του παιχνιδιού, ήταν ένα πρώτο βήμα για την αντίληψη των δυο αφηρημένων ιδεών της κλάσης μέσα από μια οικεία και «προσιτή» συνθήκη για αυτούς. Οι στρατηγικές που ανέπτυξαν σχετικά με το πως δημιουργούνται και γιατί χρησιμοποιούνται κατηγορίες, «πρότυπα» και στιγμιότυπα αυτών, σε ένα παιχνίδι, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια νοητική σκαλωσιά για την μετέπειτα κατάκτηση της τυπικής γνώσης του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού.

6.2.2. Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων

Η αναγνώριση μοτίβων, δηλαδή ο εντοπισμός κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ παρόμοιων οντοτήτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για αυτές, αποτελεί προϋπόθεση για τη γενίκευση και της δημιουργία αποτελεσματικών αφηρημένων εργαλείων (Haberman & Muller, 2008). Συνεπώς θεωρείται εξίσου σημαντική ικανότητα για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Grover & Pea, 2018. Krauss & Prottsman, 2017). Αν και τα άτομα χρησιμοποιούν την αναγνώριση μοτίβων από μικρή ηλικία με διαισθητικό τρόπο, συνήθως δεν μπορούν να την εφαρμόσουν για την επίλυση προβλημάτων (Gomes & Mendes, 2007). Στην παρούσα διατριβή, εντοπίστηκαν περιγράφηκαν οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές αναγνώρισαν και γενίκευσαν μοτίβα κατά το παίξιμο και τη διασκευή των παιχνιδιών με προγραμματισμό. Ειδικότερα, όπως αναπτύχθηκε και στις ενότητες 4.3 και 5.3, οι μαθητές επινοήσαν και εφάρμοσαν τους παρακάτω τύπους στρατηγικών:

- A. Στρατηγικές **αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων** κατά τη διασκευή της γραφικής αναπαράστασης
- B. Στρατηγικές **αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων** στα δεδομένα του παιχνιδιού

Παρακάτω, αναπτύσσονται συνοπτικά οι στρατηγικές αυτές καθώς και οι υπολογιστικές πρακτικές και έννοιες που νοηματοδότησαν οι μαθητές κατά την εφαρμογή τους.

Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων κατά τη διασκευή της γραφικής αναπαράστασης

Η κατασκευή και διασκευή ενός τρισδιάστατου μοντέλου ανθρώπου με διαδικαστικό προγραμματισμό και ο δυναμικός χειρισμός των παραμέτρων του με το εργαλείο των μεταβολών, φάνηκε ότι επέτρεψε στους μαθητές να αναπτύξουν στρατηγικές για τον εντοπισμό και τη γενίκευση μοτίβων που υπήρχαν τόσο στον κώδικα όσο και στην οπτική-γεωμετρική αναπαράσταση (βλ. ενότητα 4.3). Η ερευνήτρια ταξινόμησε τις στρατηγικές των μαθητών σε δυο κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο του μοτίβου που εντόπιζαν.

- Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης **γεωμετρικών μοτίβων** (βλ. ενότητα 4.3.1).
Αφορούν την αναγνώριση και κατασκευή επαναλαμβανόμενων ή συμμετρικών γεωμετρικών τμημάτων του μοντέλου με κοινές μαθηματικές και γεωμετρικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα ο σχεδιασμός τεσσάρων διαδοχικών ορθών γωνιών και αντίστοιχα η επανάληψη των εντολών «*μπροστά 100 δεξιά 90*» τέσσερις φορές στον κώδικα. Σε αυτή τη στρατηγική οι μαθητές νοηματοδότησαν τις υπολογιστικές έννοιες της επανάληψης και της διαδικασίας ως «τεχνικές» για την κατασκευή και τη γενίκευση γεωμετρικών μοτίβων στο παιχνίδι.
- Στρατηγικές αναγνώρισης και γενίκευσης **μοτίβων κίνησης** (βλ. ενότητα 4.3.2).
Αφορούν τη δημιουργία μιας επαναλαμβανόμενης ή περιοδικής κίνησης με προγραμματισμό την οποία εκτελούσε το μοντέλο όταν το χειρίζονταν με τους ολισθητές, δίνοντας την αίσθηση κινούμενου σχεδίου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο συσχετισμός δύο μεταβλητών γωνιών με μια μαθηματική σχέση στον προγραμματισμό ώστε όταν αλλάζει η μια να μεταβάλλεται με περιοδικό τρόπο και οι άλλη (π.χ. αριστερά :λ και αργότερα αριστερά :λ+180). Σε αυτή τη στρατηγική οι μαθητές εξέφραζαν διαισθητικές ιδέες για την κίνηση του ανθρώπινου σώματος τις οποίες στη συνέχεια υλοποιούσαν με υπολογιστικά μοτίβα μέσω του προγραμματισμού του ψηφιακού μοντέλου.

Το πλαίσιο του παιχνιδιού μίμησης σε συνδυασμό με τις ενσωματωμένες υπολογιστικές λειτουργικότητες του λογισμικού, φάνηκε πως επέτρεψαν στους μαθητές να συνδέσουν την έννοια του υπολογιστικού μοτίβου με καθημερινές καταστάσεις, προσωπικές εμπειρίες και γνώσεις από άλλους τομείς όπως τα μαθηματικά. Σε πολλές περιπτώσεις εξέφραζαν αρχικά μια διαισθητική γνώση, όπως η συμμετρία του σώματός τους ή ένα μοτίβο στην κίνηση ενός αθλήματος, την οποία στη συνέχεια νοηματοδοτούσαν ως μοτίβο προγραμματισμού. Έτσι, η διερεύνηση και εφαρμογή της υπολογιστικής πρακτικής αναγνώρισης και γενίκευσης μοτίβων, πραγματώθηκε ως μια δραστηριότητα με νόημα για τους μαθητές και όχι ως μια δυσνόητη και αφηρημένη πρακτική προγραμματισμού.

Κεντρικό στοιχείο της δραστηριότητας των μαθητών κατά το παίξιμο και τη διασκευή του παιχνιδιού ήταν η ανάλυση, η τροποποίηση και ο έλεγχος των δεδομένων του παιχνιδιού, δηλαδή των διαθέσιμων επιλογών και των επιπτώσεών τους. Όπως περιγράφεται και στην ενότητα 5.3, μέσα από αυτή τη διαδικασία οι μαθητές ανέπτυξαν στρατηγικές αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων, τις οποίες η ερευνήτρια ταξινόμησε σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον σκοπό και το είδος της ανάλυσης που πραγματοποιούσαν οι μαθητές στα δεδομένα του παιχνιδιού.

A) Αναγνώριση και χρήση μοτίβων **στις επιλογές** που έκαναν ως τακτική του παιχνιδιού, την οποία εφάρμοζαν ως παίκτες.

Οι μαθητές ενώ έπαιζαν το παιχνίδι συχνά συνέκριναν τα διαθέσιμα δεδομένα του παιχνιδιού και ακολουθούσαν μια σειρά από βέλτιστες επιλογές δημιουργώντας έτσι ένα μοτίβο επιλογών. Στις περιπτώσεις αυτές, οι μαθητές νοηματοδότησαν την έννοια του μοτίβου ως την επανάληψη συγκεκριμένων κινήσεων που επιφέρουν μια επαναλαμβανομένη σειρά επιπτώσεων στην προσομοίωση, ταυτίζοντάς το με αντίστοιχες περιπτώσεις μοτίβων στην καθημερινή ζωή.

B) Αναγνώριση και κατασκευή μοτίβων **στη βάση δεδομένων** για την εξισορρόπηση του παιχνιδιού, την οποία εφάρμοζαν ως σχεδιαστές/διασκευαστές.

Η στρατηγική αυτή αφορά τον εντοπισμό ομοιοτήτων μεταξύ όλων των δεδομένων του παιχνιδιού όπως αυτά απεικονίζουν στη διαδραστική βάση δεδομένων του περιβάλλοντος. Η ερευνήτρια χώρισε σε δυο επιμέρους κατηγορίες τα μοτίβα που εφάρμοσαν οι μαθητές στα δεδομένα της βάσης: α) τα **μοτίβα στήλης** (ή κάθετα μοτίβα). Κατά τη στρατηγική αυτή οι μαθητές συνέκριναν τις επιπτώσεις όλων των εγγραφών (σημείων) ως προς μια συγκεκριμένη επίπτωση (στήλη) χωρίζοντάς τα σε κατηγορίες-κλάσεις ανάλογα με το μοτίβο επιπτώσεων που ακολουθούσαν. Αυτή η διαδικασία εντοπισμού μοτίβων ήταν συχνά το πρώτο βήμα για τη νοηματοδότηση των εννοιών της κλάσης και του αντικειμένου, που παρουσιάστηκε παραπάνω. β) τα **μοτίβα γραμμής** (ή οριζόντια μοτίβα). Κατά τη στρατηγική αυτή οι μαθητές εντόπιζαν ή δημιουργούσαν γενικευμένες μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των τιμών δύο πεδίων του παιχνιδιού για μια ή περισσότερες εγγραφές της βάσης δεδομένων, για παράδειγμα Χρήματα = -(Κούραση)*10. Η σχέση αυτή αποτυπωνόταν στη συνέχεια στο παίξιμο του παιχνιδιού.

Καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των στρατηγικών αναγνώρισης μοτίβων είχε η πρόσβαση σε όλα τα υπολογιστικά δεδομένα του παιχνιδιού που είχαν οι μαθητές μέσα από τη διαδραστική βάση δεδομένων σε συνδυασμό με τον διαδραστικό χάρτη της σκηνής, καθώς και το είδος του παιχνιδιού το οποίο έθετε ζητήματα ισορροπίας, βελτιστοποίησης και ανάλυσης των επιλογών του παίκτη.

6.2.3. Στρατηγικές νοηματοδότησης και συσχετισμού αλγοριθμικών εννοιών με στοιχεία του παιχνιδιού

Όπως αναπτύχθηκε και στην ενότητα 2.3., η ικανότητα επινόησης, περιγραφής και σχεδιασμού ενός ολοκληρωμένου αλγόριθμου αποτελεί προϋπόθεση για την πετυχημένη επίλυση προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Aho, 2012). Αν και έχουν γίνει αρκετές έρευνες που μελετούν τη χρήση βασικών αλγοριθμικών εννοιών από τους μαθητές, όπως τη δομή επανάληψης και επιλογής, η εφαρμογή των εννοιών αυτών περιορίζεται συνήθως στην επίλυση κλειστών ασκήσεων προγραμματισμού (Grover, Bienkowski, & Snow, 2015. Moreno-León & Robles, 2015 Zur-Bargury, Parv & Lanzberg, 2013.) Συνεπώς δεν υπάρχουν επαρκείς περιγραφές των στρατηγικών με τις οποίες οι μαθητές εκφράζουν και εφαρμόζουν τη σειριακή εκτέλεση εντολών και τις αλγοριθμικές έννοιες για την επίλυση ευρύτερων προβλημάτων με υπολογιστικό τρόπο (Lye & Koh, 2014).

Στην έρευνα που έγινε για την παρούσα διατριβή, οι μαθητές προγραμματίζοντας τα παιχνίδια έρχονταν αντιμέτωποι με προβλήματα διαχείρισης μεταβλητών, επεξεργασίας πολλών δεδομένων και διαχείρισης γεγονότων που επηρεάζουν άμεσα τη ροή και την ισορροπία του κάθε παιχνιδιού. Αυτές οι διαδικασίες συνήθως απουσιάζουν ή είναι περιορισμένες στα τυπικά περιβάλλοντα προγραμματισμού παιχνιδιών. Έτσι η ερευνήτρια θεώρησε σημαντικό να μελετήσει τις στρατηγικές νοηματοδότησης αλγοριθμικών εννοιών που ανέπτυξαν οι μαθητές μέσα από αυτή τη διαφορετική πρακτική προγραμματισμού. Στην ενότητα 5.4 περιγράφηκαν οι στρατηγικές που επινόησαν οι μαθητές για να νοηματοδοτήσουν και να συσχετίσουν στοιχεία της ροής και της ισορροπίας του παιχνιδιού με αλγοριθμικές έννοιες. Ειδικότερα εντοπίστηκαν δυο κατηγορίες υπολογιστικών στρατηγικών:

- A. Στρατηγικές νοηματοδότησης της **δομής επιλογής** μέσα από τους **κανόνες** του παιχνιδιού.
- B. Στρατηγικές νοηματοδότησης της **μεταβλητής** μέσα από την **ισορροπία** του παιχνιδιού

Στη συνέχεια αναπτύσσονται εν συντομία οι στρατηγικές κάθε κατηγορίας και οι υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές που νοηματοδοτούσαν και χρησιμοποιούσαν οι μαθητές σε αυτές.

Στρατηγικές νοηματοδότησης της δομής επιλογής μέσα από τους κανόνες του παιχνιδιού

Κεντρικό κομμάτι της δραστηριότητας των μαθητών ήταν ο εντοπισμός, η περιγραφή και η διασκευή των κανόνων τερματισμού του παιχνιδιού. Μέσα από την εμπλοκή τους με τους κανόνες, νοηματοδότησαν την έννοια της δομής επιλογής με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις:

- τη *διαισθητική προσέγγιση*, στην οποία αναγνώριζαν τον κανόνα ως μια επίπτωση στο παιχνίδι την οποία περιέγραφαν λεκτικά (π.χ. «Αν τα Χρήματα ή οι πελάτες πέσουν πολύ

χαμηλά, τελειώνει το παιχνίδι»), χωρίς όμως να μπορούν να περιγράψουν την υπολογιστική σχέση που οδηγεί σε αυτή. Αυτό το στάδιο νοηματοδότησης λειτούργησε ως βάση για τη μετέπειτα μετάβαση στην αναγνώριση και κατασκευής της φορμαλιστικής αναπαράστασης των κανόνων με χρήση δομών επιλογής.

- τη *φορμαλιστική-αλγοριθμική προσέγγιση*, στην οποία οι μαθητές ερμήνευαν τον κανόνα του παιχνιδιού ως μια δομή επιλογής που αποτελείται από μια ή περισσότερες συνθήκες ελέγχου και ένα σύνολο ενεργειών που εκτελούνται ανάλογα με το αποτέλεσμα της συνθήκης. Ωστόσο στη φάση αυτή νοηματοδοτούν τον κάθε κανόνα ως αυτόνομο στοιχείο που υλοποιείται ξεχωριστά και ανεξάρτητα από του υπόλοιπους κανόνες και στοιχεία του αλγόριθμου. Αυτή η δυσκολία έχει εντοπιστεί και από τους Hoyles κ.ά οι οποίοι αναφέρουν πως τα παιδιά δυσκολεύονταν να προβλέψουν το αποτέλεσμα στο παιχνίδι ακόμα και για κανόνες που είχαν τα ίδια προγραμματίσει.
- την *υπολογιστική προσέγγιση* στην οποία οι μαθητές νοηματοδότησαν τη δομή επιλογής ως αναπόσπαστο κομμάτι του συνολικού υπολογιστικού συστήματος, το οποίο επηρεάζεται και επηρεάζει τη συνολική ροή του αλγόριθμου του παιχνιδιού. Έτσι εκτός από τη σωστή υλοποίηση του κάθε κανόνα έδιναν σημασία και στην επίδρασή του στην τελική εμπειρία παιχνιδιού. Σε αυτό το επίπεδο χρησιμοποίησαν για του κανόνες σύνθετες δομές επιλογής και συνθήκες ελέγχου, ενώ εφάρμοσαν υπολογιστικές πρακτικές όπως η πρόβλεψη του αποτελέσματος των συνθηκών, ο εντοπισμός λογικών σφαλμάτων και η διαχείριση γεγονότων.

Στρατηγικές νοηματοδότησης της μεταβλητής μέσα από την ισορροπία του παιχνιδιού

Ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι της δραστηριότητας των μαθητών κατά τη διασκευή του παιχνιδιού ήταν η δημιουργία ενός παιχνιδιού με νόημα, το οποίο ισορροπούσε τη δυσκολία, την πρόκληση και τη διασκέδαση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι μαθητές νοηματοδότησαν εφάρμοσαν τις εξής τρεις στρατηγικές εξισορρόπησης του παιχνιδιού σε κάθε μια από τις οποίες αξιοποιήσαν την έννοια της μεταβλητής με διαφορετικό τρόπο.

- α. Έλεγχος της δυσκολίας/ευκολίας του παιχνιδιού από τις αρχικές τιμές των πεδίων/μεταβλητών
- β. Πρόβλεψη πιθανών τιμών των μεταβλητών που μπορεί να προκύψουν κατά το παίξιμο του παιχνιδιού
- γ. Εξισορρόπηση των συνθηκών τερματισμού με τις αρχικές τιμές και τον ρυθμό μεταβολής των μεταβλητών του παιχνιδιού

Μέσα από τις παραπάνω στρατηγικές οι μαθητές νοηματοδότησαν τη μεταβλητή ως α) μεταβαλλόμενη παράμετρο του παιχνιδιού β) πεδίο στη βάση δεδομένων και γ) δομικό στοιχείο

του κώδικα, όπως κομμάτι μιας συνθήκης ελέγχου. Η αναπαράσταση της μεταβλητής με πολλαπλούς τρόπους στο περιβάλλον του ChoiCo, δηλαδή ως παράμετρος παιχνιδιού στο περιβάλλον παιξίματος, ως πεδίο της βάσης δεδομένων και ως «μπλοκ» μεταβλητής στον κώδικα, είχε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των παραπάνω στρατηγικών και στην νοηματοδότηση της έννοιας της μεταβλητής.

Όπως φάνηκε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων οι μαθητές εξέφρασαν ορισμένες παρανοήσεις τόσο για την έννοια της μεταβλητής όσο και τις δομές επιλογής, που έχουν εντοπιστεί και σε άλλες έρευνες, για παράδειγμα η διατήρηση της τιμής μιας μεταβλητής ή η σειρά εκτέλεσης των εντολών σε σύνθετη δομή επιλογής (Robins κ.ά., 2003. Soloway & Spohrer, 2013. Tzimogiannis & Komis, 2000). Ωστόσο, οι διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες των ψηφιακών περιβαλλόντων βοήθησαν τους μαθητές να τις αποσαφηνίσουν και να κατασκευάσουν νέα νοήματα για τις αλγοριθμικές έννοιες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ενώ οι μαθητές χρησιμοποίησαν παρόμοιες πρακτικές υπολογιστικής σκέψης και στις δύο παρεμβάσεις, ο τρόπος με τις οποίες τις εφάρμοσαν και οι έννοιες που νοηματοδότησαν κάθε φορά, διαφοροποιείται σημαντικά. Δυο ήταν οι κυριότεροι παράγοντες που επηρέασαν τις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών κατά την εμπλοκή τους με τις δραστηριότητες:

- 1) Τα μισοψημένα παιχνίδια και το πλαίσιο δραστηριότητας που έθετε το καθένα
- 2) Οι πολλαπλές διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες που ενσωμάτωνε το κάθε ψηφιακό περιβάλλον

6.3. Ο ρόλος των μισοψημένων παιχνιδιών στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών

Τα επιμέρους στοιχεία που συνέθεταν το σύστημα του κάθε μισοψημένου παιχνιδιού, όπως οι κανόνες, η ιστορία, ο στόχος, τα μισοψημένα στοιχεία και οι περιορισμοί, δημιούργησαν σαφώς ορισμένο πλαίσιο που υποστήριζε και καθοδηγούσε τη δραστηριότητα των μαθητών, χωρίς παράλληλα να περιορίζει τις διαδικασίες ελεύθερης έκφρασης, διερεύνησης και πειραματισμού. Το πλαίσιο αυτό επηρέασε καθοριστικά τις διαδικασίες επινόησης και εφαρμογής υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητών.

Επιπλέον, η διασκευή των μισοψημένων παιχνιδιών η οποία προκλήθηκε σταδιακά μέσα από τη διερεύνηση των ενσωματωμένων «σφαλμάτων», λειτούργησε ως σκαλωσιά για την προοδευτική εμπλοκή των μαθητών με υπολογιστικά ζητήματα. Έτσι οι μαθητές ανακάλυψαν και ανέπτυξαν τις πρακτικές υπολογιστικής σκέψης σε μικρά βήματα, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, έχοντας τη δυνατότητα σε κάθε βήμα να αναστοχάζονται και να εφαρμόζουν τα νοήματα που κατέκτησαν στο προηγούμενο.

Τα δύο παιχνίδια που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς το πλαίσιο δράσης του παίκτη, συνεπώς επηρέασαν με διαφορετικό τρόπο τις στρατηγικές που επινόησαν οι μαθητές.

Όσον αφορά το παιχνίδι μίμησης με προγραμματισμό στο MaLT2, καθοριστικό ρόλο έπαιξε ο περιορισμός που έθετε στην επικοινωνία μεταξύ των παικτών, η οποία μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω του ψηφιακού δομήματος. Έτσι οι μαθητές έπρεπε να επινοήσουν τρόπους να επικοινωνήσουν στους συμπαίκτες τους την εκάστοτε «λέξη» προγραμματίζοντας την κατάλληλη αφηρημένη μορφή και τις αντίστοιχες κινήσεις στο ψηφιακό μοντέλο ανθρώπου του παιχνιδιού. Η ερευνήτρια διέκρινε τις παρακάτω πέντε κυρίαρχες τακτικές παιχνιδιού που επινόησαν οι μαθητές καθώς έπαιζαν για να βελτιώσουν την απόδοσή τους, στις οποίες χρησιμοποιούσαν συνδυασμούς υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών.

1. Αφηρημένος σχεδιασμός ρεαλιστικών αναπαράστασεων. Οι μαθητές έπρεπε να μεταφέρουν μια ρεαλιστική κατάσταση, δηλαδή την αναπαράσταση του αθλήματος σε μια αφηρημένη μορφή στο ψηφιακό μοντέλο. Για να το πετύχουν αυτό εφάρμοζαν την **πρακτική της αφαίρεσης** ώστε να επιλέξουν αντιπροσωπευτικά στοιχεία της κατάστασης τα οποία υλοποιούσαν με προγραμματισμό του μοντέλου.
2. Ανάλυση και αποδόμηση της κατασκευής. Οι μαθητές με στόχο να βελτιώσουν τον χρόνο αλλά και την αποτελεσματικότητα των διασκευών του μοντέλου ανά γύρω, εφάρμοσαν την **πρακτική της αποδόμησης** με τρεις τρόπους: α) την οπτική αποδόμηση στη γραφική αναπαράσταση του μοντέλου στη σκηνή β) την προγραμματιστική αποδόμηση στον κώδικα του μοντέλου σε επιμέρους διαδικασίες και γ) την αποδόμηση προβλήματος στην οποία χώριζαν το αρχικό ζητούμενο, δηλαδή τη συνολική αναπαράσταση ενός αθλήματος, σε επιμέρους ζητούμενα που επέλυαν ξεχωριστά. Από αυτή την τακτική φαίνεται πως τα παιδιά μπορεί να εκφράσουν και να χρησιμοποιήσουν μια υπολογιστική πρακτική, όπως την αποδόμηση, σε πολλαπλά πλαίσια ανάλογα με τις αναπαραστάσεις που έχουν διαθέσιμες.
3. Προοδευτική βελτίωση και γενίκευση των διασκευών. Ακόμη μια τακτική των μαθητών ήταν η αναζήτηση υπολογιστικών λύσεων ώστε να πραγματοποιούν τις διασκευές τους καλύτερα και πιο αποτελεσματικά. Έτσι σταδιακά προσπαθούσαν να διατηρήσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κομμάτι του κώδικα ίδιο και σε επόμενα προβλήματα, υλοποιώντας πιο μικρές αλλά ουσιαστικές αλλαγές και κατασκευάζοντας **γενικευμένες και επαναχρησιμοποιούμενες διαδικασίες**. Η τακτική αυτή ενίσχυσε την εφαρμογή της αφαίρεσης και της γενίκευσης από τους μαθητές.
4. Χρήση του σώματος στο παιχνίδι. Η χρήση του σώματος και των κινήσεων των μαθητών είχε κυρίαρχο ρόλο στο συγκεκριμένο παιχνίδι, καθώς το χρησιμοποιούσαν ως εργαλείο

διαμεσολάβησης μεταξύ της **κιναισθητικής έκφρασης** μια ιδέας, όπως μιας μεταβλητής γωνίας ή ενός μοτίβου κίνησης, και της γραφικής και φορμαλιστικής αναπαράστασής της στο ψηφιακό περιβάλλον. Ακόμη, επιχειρώντας να αποτυπώσουν τους περιορισμούς που έθετε το σώμα τους στην αναπαράσταση του ψηφιακή μοντέλου, χρησιμοποιούσαν και νοηματοδοτούσαν υπολογιστικές έννοιες, όπως η δομή ελέγχου για να περιορίσουν και να ελέγξουν τις κινήσεις του σώματός του.

5. Ανάπτυξη μιας «υπολογιστικής» γλώσσας επικοινωνίας. Λόγω του περιορισμού επικοινωνίας του παιχνιδιού οι μαθητές ανέπτυξαν σταδιακά έναν κώδικα επικοινωνίας μέσω της ψηφιακής δυναμικής αναπαράστασης του μοντέλου. Μέσω αυτής της τακτικής, ο προγραμματισμός απέκτησε τον ρόλο του μέσου κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης των προσωπικών ιδεών των μαθητών και το ψηφιακό μοντέλο είχε το ρόλο του διαμεσολαβητή των κωδικοποιημένων ιδεών μεταξύ των δύο «συνομιλητών» της συζήτησης.

Όσον αφορά το παιχνίδι επιλογών και επιπτώσεων στο ChoiCo, καταλυτικό ρόλο στις στρατηγικές των μαθητών έπαιξαν τα εξής στοιχεία του.

- Οι κανόνες τερματισμού, οι οποίοι καθορίζοντας από συνθήκες ελέγχου των μεταβλητών, συνέβαλε στη νοηματοδότηση της δομής επιλογής
- Η χρήση μεταβλητών πεδίων που η τιμή τους μεταβαλλόταν με κάθε επιλογή του παίκτη συνέβαλε στη νοηματοδότηση της έννοιας της μεταβλητής
- Το είδος του παιχνιδιού, δηλαδή η προσομοίωση ενός σύνθετου συστήματος που κάθε μικρή επιλογή επηρεάζει τη συνολική ισορροπία του συστήματος, συνέβαλε στην προσέγγιση του συστήματος σε επιμέρους επίπεδα ανάλυσης και αφαίρεσης και στην ενίσχυση της σκέψης σε επίπεδα.
- Η αποτύπωση των επιλογών του παιχνιδιού ως σημεία-αντικείμενα με συγκεκριμένες ιδιότητες και τιμές, τόσο στον χάρτη όσο και στη βάση δεδομένων, συνέβαλε στην επινόηση στρατηγικών αναγνώρισης μοτίβων δεδομένων και στην γενίκευση των σημείων-αντικειμένων σε κλάσεις.
- Τα μισοψημένα στοιχεία του λειτούργησαν ως εφελκύστρα συζήτησης μεταξύ των μαθητών για τα παραπάνω υπολογιστικά στοιχεία, παρακινώντας τους μαθητές να τα τροποποιήσουν και να δοκιμάσουν τις δικές τους ιδέες για να βελτιώσουν το παιχνίδι.

Όπως φάνηκε, παρά τις διαφορές των δύο παιχνιδιών, η ερευνήτρια εντόπισε αντίστοιχες υπολογιστικές πρακτικές και στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις, όπως η αναγνώριση μοτίβων, η προσέγγιση του συστήματος σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης και η χρήση υπολογιστικών εννοιών, όπως η δομή επιλογής, στα πλαίσια του αλγόριθμου του παιχνιδιού. Η νοηματοδότηση

των ιδεών αυτών ήταν άμεσα συνδεδεμένη με συγκεκριμένα στοιχεία των παιχνιδιών, που κάποιες φορές ήταν κοινά και στις δυο εφαρμογές. Για παράδειγμα οι μαθητές εφάρμοσαν την πρακτική της αφαίρεσης σε επίπεδα για να διαχειριστούν τα επιμέρους μικρότερα στοιχεία του παιχνιδιού και τον ρόλο τους στο συνολικό σύστημα, είτε αυτά ήταν οι επιλογές στην περίπτωση του ChoiCo είτε τα τμήματα του μοντέλου στην περίπτωση του MaLT2. Λαμβάνοντας υπόψιν την προσέγγιση της «συντονισμένης μάθησης» του Papert (1991), μπορούμε να υποστηρίξουμε η μαθησιακή διαδικασία για τις υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές ήταν «**συντονισμένη με το παιχνίδι**», καθώς τα νοήματα των μαθητών πάντα εκφράζονταν, εγκαθιδρύονταν και αποκτούσαν νόημα για την επίλυση συγκεκριμένων προβληματικών καταστάσεων που προκύπταν στα πλαίσια του εκάστοτε παιχνιδιού.

6.4 Ο ρόλος των διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων στις υπολογιστικές στρατηγικές των μαθητών

Οι προσφερόμενες διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες των δυο ψηφιακών περιβαλλόντων, MaLT2 και ChoiCo, ήταν ο δεύτερος παράγοντας που επηρέασε τις διαδικασίες έκφρασης και ανάπτυξης στρατηγικών υπολογιστικής σκέψης από τους μαθητές. Οι διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες δημιούργησαν νέες ευκαιρίες έκφρασης και διερεύνησης υπολογιστικών εννοιών, όπως της μεταβλητής, των δεδομένων, της διαδικασίας, που επέτρεψαν στους μαθητές να επινοήσουν νέες υπολογιστικές στρατηγικές.

Όσον αφορά το ψηφιακό εργαλείο MaLT2 οι στρατηγικές των μαθητών επηρεάστηκαν σημαντικά:

α) από τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού των παραμέτρων μιας εκτελεσμένης διαδικασίας και κατά συνέπεια του γραφικού αποτελέσματός της, δηλαδή του τρισδιάστατου μοντέλου και β) από τη δυνατότητα αλλαγής προοπτικής θέασης στον τρισδιάστατο χώρο του περιβάλλοντος.

Είναι σημαντικό, ωστόσο, σε κάθε δυνατότητα να εντοπιστούν τα διαφορετικά σχήματα χρήσης της που μπορεί να προκύψουν και πως αυτά βοηθούν ή εμποδίζουν την ανάπτυξη στρατηγικών. Ειδικότερα, οι μαθητές αξιοποίησαν τη δυνατότητα δυναμικού χειρισμού με τρία σχήματα χρήσης:

1) Ως εργαλείο χειρισμού των ψηφιακών μοντέλων της σκηνής. Στην περίπτωση αυτή ο δυναμικός χειρισμός γεφύρωνε τη διαισθητική ενσώματη γνώση των μαθητών με την ψηφιακή αναπαράσταση. Ωστόσο, η νοηματοδότηση περιοριζόταν στο γραφικό-οπτικό κομμάτι του μοντέλου χωρίς να γίνεται σύνδεση με την υπολογιστική του υλοποίηση, δηλαδή με το τμήμα του προγράμματος που το υλοποιούσε. Για παράδειγμα ενώ συχνά χρησιμοποιούσαν την ιδέα της μεταβολής για να περιγράψουν το οπτικό αποτέλεσμα και για να γενικεύσουν μια ιδιότητα του αντικειμένου, εντούτοις δεν τη συνέδεαν άμεσα με την έννοια της μεταβλητής στον αλγόριθμο. Αυτό συνέβαινε κυρίως όταν οι μαθητές εκτελούσαν και χειρίζονταν τις έτοιμες διαδικασίες που

τους δόθηκαν στον μικρόκοσμο του παιχνιδιού. Στις περιπτώσεις αυτές δεν μπορούμε να πούμε ότι η δυνατότητα δυναμικού χειρισμού οδήγησε στη νοηματοδότηση υπολογιστικών εννοιών και πρακτικών αλλά ότι ήταν ένα αρχικό στάδιο διαισθητικής έκφρασης και πειραματισμού με την ψηφιακή αναπαράσταση.

2) Ως εργαλείο ελέγχου και αποσφαλμάτωσης του αλγόριθμου. Αφορά τις περιπτώσεις όπου οι μαθητές αντιλαμβάνονταν τη διασύνδεση μεταξύ του κώδικα, των ολισθητών και του γραφικού αποτελέσματος και μεταβάλλοντας δυναμικά τις τιμές των παραμέτρων μιας εκτελεσμένης διαδικασίας έλεγχαν την ορθότητα του κώδικά της για πολλαπλούς συνδυασμούς τιμών εισόδου. Σε αυτό το σχήμα χρήσης, ο δυναμικός χειρισμός διαμεσολαβούσε μεταξύ της φορμαλιστικής αναπαράστασης των υπολογιστικών εννοιών στον κώδικα, για παράδειγμα της δομής επιλογής, και της οπτικής «χειροπιαστής» αναπαράστασης στην οθόνη. Η χρήση αυτή επέτρεψε στους μαθητές να μεταφέρουν και να εκφράζουν ιδέες μεταξύ των δυο αναπαραστατικών συστημάτων.

3) Ως χειριστήριο του παιχνιδιού μίμησης. Αφορά την αξιοποίηση του δυναμικού χειρισμού ως ένα βασικό μέσο επικοινωνίας μεταξύ των συμμαχικών ομάδων στο παιχνίδι μίμησης. Στο πλαίσιο αυτού του σχήματος χρήσης, οι μαθητές κωδικοποιούσαν συγκεκριμένες ιδέες στη γραφική αναπαράσταση, για παράδειγμα την κίνηση της κλωτσίας, τις οποίες αποκρυπτογραφούσε η συμμαχική ομάδα μέσω του δυναμικού χειρισμού του μοντέλου. Στην περίπτωση αυτή ο δυναμικός χειρισμός αξιοποιούνταν ως εργαλείο επικοινωνίας ιδεών μεταξύ των παικτών του παιχνιδιού. Η διαφορά με το πρώτο σχήμα χρήσης είναι ότι εδώ η ομάδα που χρησιμοποιούσε τον δυναμικό χειρισμό δεν διερευνούσε το μοντέλο ως γεωμετρική ή υπολογιστική κατασκευή, αναζητώντας για παράδειγμα μια ιδιότητα στις τιμές μιας γωνίας, αλλά προσπαθούσε να ερμηνεύσει το «μήνυμα» που αποτύπωναν οι συμπαίκτες τους στα μεταβλητά σημεία της κατασκευής. Συνήθως δεν έδιναν σημασία στις τιμές των μεταβολών αλλά μόνο στο κινούμενο αποτέλεσμα. Από την άλλη η ομάδα που κατασκεύαζε τα μεταβαλλόμενα στοιχεία του μοντέλου, προσπαθούσε να αποτυπώσει κινήσεις που ενδεχομένως να μην ήταν απαραίτητα σωστές μαθηματικά και φορμαλιστικά, αλλά θα επέτρεπαν στους συμπαίκτες τους να καταλάβουν το ζητούμενο άθλημα. Αυτό το ιδιαίτερο σχήμα χρήσης του δυναμικού χειρισμού, αν και είχε νόημα μόνο στα πλαίσια του παιχνιδιού μίμησης, συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών των μαθητών όπως ο συσχετισμός παραμέτρων και μεταβλητών, η νοηματοδότηση των διαδικασιών ως δομικούς λίθους και η κατασκευή μοτίβων κίνησης.

Όσον αφορά τη δυνατότητα αλλαγής προοπτικής θέασης στον τρισδιάστατο χώρο, εξετάστηκε αν και με ποιον τρόπο η θέαση ενός τρισδιάστατου δυναμικού αντικειμένου μέσω πολλαπλών προοπτικών επηρεάζει τη διαδικασία δημιουργίας νοημάτων σχετικά με τον αλγόριθμο που το κατασκευάζει. Με βάση αυτό το ερώτημα η ερευνήτρια εντόπισε τρία σχήματα χρήσης της

συγκεκριμένης δυνατότητας. Ειδικότερα, οι μαθητές χρησιμοποίησαν την αλλαγή θέασης με τους εξής τρόπους:

1) Για να αντιληφθούν και να προσδιορίσουν τις ιδιότητες ενός γραφικού αντικειμένου στη σκηνή. Αυτό το σχήμα χρήσης επέτρεψε στους μαθητές να ανακαλύψουν μαθηματικές και υπολογιστικές ιδιότητες και σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, τις οποίες στη συνέχεια εντόπιζαν στον κώδικα, για παράδειγμα σχέσεις αναλογίας και συμμετρίας. Ακόμη η παρατήρηση ενός σύνθετου σχήματος από διαφορετικές οπτικές και βαθμίδες εστίασης συνέβαλε σημαντικά στην οπτική αποδόμηση του σε επιμέρους τμήματα.

2) Για να ελέγξουν την ορθότητα της κατασκευής ή ενός τμήματός της. Στην περίπτωση αυτή η αλλαγή θέασης ενίσχυε τη διαδικασία αποσφαλμάτωσης του αλγόριθμου και εφαρμοζόταν συνήθως συνδυαστικά με τον δυναμικό χειρισμό του αντικειμένου ώστε ελεγχθεί το αποτέλεσμα εξόδου για διαφορετικές τιμές εισόδου. Το σχήμα αυτό αξιοποιήθηκε όχι μόνο για τρισδιάστατες κατασκευές, όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά και για δισδιάστατες κατασκευές, υποδηλώνοντας ότι μπορεί να ενισχύσει την εφαρμογή υπολογιστικών πρακτικών, όπως η αποδόμηση και η αποσφαλμάτωση, ανεξάρτητα από το είδος των προγραμματιζόμενων κατασκευών.

3) Ως χειριστήριο του παιχνιδιού, είτε για να αποτυπώσουν το άθλημα στον τρισδιάστατο χώρο είτε για να βρουν το ζητούμενο άθλημα που σχεδίασαν οι συμπαίκτες τους.

Μια διαφορά μεταξύ των τριών περιπτώσεων χρήσης που αξίζει να σημειωθεί, είναι ότι ενώ στις δύο πρώτες περιπτώσεις οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την αλλαγή γωνίας θέασης πριν ή μετά τον προγραμματισμό της κατασκευής, στην τρίτη περίπτωση άλλαζαν τη γωνία θέασης παράλληλα με τη διασκευή του προγράμματος. Η διαφορά αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι, στο πλαίσιο του παιχνιδιού, οι μαθητές είχαν συνεχώς στο μυαλό τους τη διερεύνηση του μοντέλου από την συμμαχική ομάδα και έτσι επιδίωκαν το καλύτερο και ορθότερο αποτέλεσμα αξιοποιώντας τις δυνατότητες του τρισδιάστατου χώρου.

Όσον αφορά το ψηφιακό εργαλείο ChoiCo οι στρατηγικές των μαθητών επηρεάστηκαν σημαντικά:

α) από τη δυνατότητα του συστήματος χαρτογράφησης στη σκηνή του παιχνιδιού και β) από τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τη διαδραστική βάση δεδομένων.

Ειδικότερα, οι μαθητές χρησιμοποίησαν το σύστημα χαρτογράφησης του ChoiCo με τους εξής τρόπους οι οποίοι κρίθηκαν καθοριστικοί για την ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών:

1) Ως εργαλείο χειρισμού του παιχνιδιού και αλληλεπίδρασης του παίκτη. Καθώς ο χάρτης ήταν το πρώτο μέσο αναπαράστασης με το οποίο αλληλεπιδρά ο παίκτης, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αρχική διαμόρφωση των στρατηγικών των μαθητών, τόσο ως παίκτες όσο και ως διασκευαστές. Σε αυτό το σχήμα χρήσης οι μαθητές αξιοποίησαν τις δυνατότητες χαρτογράφησης του εργαλείου,

όπως η αλλαγή της εικόνας υποβάθρου, η τοποθέτηση επιλογών-σημείων σε συγκεκριμένες θέσεις της εικόνας και η χρήση στρώσεων, για να ερμηνεύσουν και στη συνέχεια για να τροποποιήσουν τη διεπαφή χρήστη του παιχνιδιού. Μέσα από αυτή τη διαδικασία ήρθαν αντιμέτωποι με υπολογιστικά ζητήματα που δεν είναι προσιτά με άλλα μέσα, όπως η σημασιολογία της θέσης της κάθε επιλογής για το παιχνίδι, ο βαθμός αφαιρετικής αναπαράστασης της εικόνας υποβάθρου, η διαχείριση του γεγονότος επιλογής ενός σημείου από τον παίκτη.

2) Ως εργαλείο αναπαράστασης και οργάνωσης των δεδομένων του παιχνιδιού. Κατά τη διασκευή του παιχνιδιού οι μαθητές αξιοποίησαν τον χάρτη και τη δυνατότητα δημιουργίας στρώσεων που προσφέρει, για να αναπαραστήσουν με οπτικό τρόπο τις διαφορετικές κατηγορίες (κλάσεις) των επιλογών τοποθετώντας όμοιες ή αντίθετες επιλογές στο ίδιο σημείο του χάρτη ή στην ίδια στρώση. Για την ταξινόμηση των επιλογών του παιχνιδιού στον χάρτη, οι μαθητές εφάρμοσαν πρακτικές σύγκρισης και αναγνώρισης μοτίβων μεταξύ των επιπτώσεων. Ακόμη, σε αρκετές περιπτώσεις η χρήση της λειτουργίας των στρώσεων ήταν το πρώτο βήμα για τη νοηματοδότηση των κλάσεων και των αντικειμένων στο παιχνίδι. Ωστόσο, το σχήμα αυτό, σε αντίθεση με το πρώτο, εμφανίστηκε μόνο όταν οι μαθητές είχαν τον ρόλο του διασκευαστή του παιχνιδιού και όχι όταν ήταν απλοί παίκτες.

Αναφορικά με τη λειτουργικότητα της οπτικής επεξεργασίας δεδομένων η ερευνήτρια εντόπισε τρία σχήματα χρήσης της από τους μαθητές:

1) ως εργαλείο τροποποίησης και εισαγωγής νέων δεδομένων για τα σημεία του παιχνιδιού. Η άμεση πρόσβαση που έδινε η βάση δεδομένων στις ιδιότητες του κάθε σημείου του παιχνιδιού και η απευθείας μεταφορά των αλλαγών στο παιχνίδι, επέτρεψε στις μαθήτριες να πειραματιστούν με διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών συμβάλλοντας στη νοηματοδότηση της έννοιας του αντικειμένου και της μεταβλητής στα πλαίσια του παιχνιδιού.

2) ως εργαλείο σύγκρισης και συσχετισμού των αριθμητικών δεδομένων, δηλαδή των επιπτώσεων των σημείων. Οι μαθητές συχνά αξιοποίησαν τη συγκεντρωμένη αναπαράσταση όλων των δεδομένων του παιχνιδιού στη βάση για να συγκρίνουν τις επιπτώσεις διαφορετικών επιλογών, να εντοπίσουν κοινά στοιχεία στις επιπτώσεις τους και να τις κατηγοριοποιήσουν κλάσεις ανάλογα με τις επιπτώσεις τους. Ο ρόλος αυτού του σχήματος ήταν καταλυτικός στην ανάπτυξη της στρατηγικής αναγνώρισης και εφαρμογής μοτίβων που περιγράφηκε παραπάνω.

3) ως εργαλείο πρόβλεψης των αποτελεσμάτων του αλγόριθμου και των τιμών των μεταβλητών για διαφορετικά σενάρια παιχνιδιού. Ορισμένοι μαθητές συνδύασαν την τριπλή αναπαράσταση των μεταβλητών ως παραμέτροι της προσωμοίωσης του παιχνιδιού όσο, ως πεδία της βάσης δεδομένων και ως μπλοκ μεταβλητών στον οπτικό προγραμματισμό, για να προβλέψουν τις πιθανές τιμές που θα είχαν σε διαφορετικά σημεία του αλγόριθμου και για διαφορετικά σενάρια επιλογών του παίκτη.

Το σχήμα αυτό ήταν αρκετά πολυπλοκό καθώς απαιτούσε την εφαρμογή πρακτικών πρόβλεψης αποτελέσματος και αφαίρεσης, και δεν εφαρμόστηκε από όλες τις ομάδες μαθητών. Ωστόσο αναδύεται μια πτυχή της λειτουργικότητας της βάσης δεδομένων που θα ενδέχεται να είναι χρήσιμη για την ενίσχυση αυτών των υπολογιστικών πρακτικών σε μελλοντικές έρευνες.

Είναι ενδιαφέρον πως όλα τα σχήματα χρήσης περιλαμβάνουν τη συνδυαστική χρήση των προσφερόμενων λειτουργικοτήτων, των δεδομένων και του κώδικα, των δεδομένων και της χαρογράφησης ή και των τριών, αναδύοντας την αξία των διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων για την επινόηση υπολογιστικών στρατηγικών. Είναι πολύ πιθανόν η χρήση των παραπάνω λειτουργικοτήτων ως ανεξάρτητα στοιχεία σε διαφορετικά περιβάλλοντα να μην είχε τα ίδια αποτελέσματα με αυτά που παρουσιάστηκαν εδώ. Άλλωστε η αξία των πολλαπλών αναπαραστάσεων σύνθετων εννοιών για την νοηματοδότησή τους από μαθητές, έχει τονιστεί από αρκετούς ερευνητές στο παρελθόν (Noss & Hoyles, 1996. Morgan & Kynigos, 2014). Έτσι και στην περίπτωση της παρούσας παρέμβασης, η διεύνηση υπολογιστικών εννοιών όπως η μεταβλητή, η κλάση, το αντικείμενο, με διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα αναπαραστασιακά μέσα φάνηκε πως επέτρεψε την ανάπτυξη και εφαρμογή υπολογιστικών στρατηγικών από τις μαθήτριες που δεν θα ήταν εφικτές με παραδοσιακά μέσα.

6.5 Παιδαγωγικές ενδείξεις, ερευνητικοί περιορισμοί και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα έρευνα ανέπτυξε ένα καινοτόμο πλαίσιο δράσης (framework of action) το οποίο, συνδυάζοντας νέες τεχνολογίες και προσεγγίσεις προγραμματισμού, επέτρεψε στους μαθητές να επινοήσουν και να εφαρμόσουν υπολογιστικές στρατηγικές που δεν είχαν εντοπιστεί και περιγραφή μέχρι σήμερα. Η ερευνήτρια, μελετώντας τη δραστηριότητα των μαθητών σε δύο εφαρμογές πεδίου, μπόρεσε να ερμηνεύσει τους τρόπους με τους οποίους χρησιμοποιούν και νοηματοδοτούν σύνθετες πρακτικές της υπολογιστικής σκέψης στο πλαίσιο αυτό. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν μπορούν φυσικά να γενικευθούν, καθώς αφορούν μια συγκεκριμένη δραστηριότητα που πραγματώνεται με συγκεκριμένα ψηφιακά μέσα. Παρ' όλα αυτά, μέσα από τα συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν αναδείχθηκαν ορισμένα μείζονα παιδαγωγικά θέματα που μπορούν να συνεισφέρουν στην έρευνα της ανάπτυξης της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών με ψηφιακές τεχνολογίες. Όπως φάνηκε άλλωστε, η ανάπτυξη υπολογιστικών στρατηγικών από τους μαθητές δεν ήταν μια γραμμική μονοδιάστατη διαδικασία, αλλά διαμορφώθηκε και επηρεάστηκε από ένα σύνολο παραγόντων οι οποίοι χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

Ένα πρώτο θέμα που προκύπτει αφορά την περαιτέρω μελέτη της συνεισφοράς της επαναληπτικής διασκευής ενός υπολογιστικού δομήματος με προγραμματισμό στην ανάπτυξη υπολογιστικών πρακτικών. Η παρούσα έρευνα έδειξε πως η αντίληψη και η εφαρμογή πιο σύνθετων

υπολογιστικών πρακτικών από τους μαθητές, όπως η χρήση αφαιρέσεων και μοτίβων, επιτεύχθηκε σταδιακά μέσα από την επαναχρησιμοποίηση και διασύνδεση εννοιών και πρακτικών που είχαν νοηματοδοτήσει στην προηγούμενη διασκευή. Η αξιοποίηση της τεχνικής της επαναληπτικής διασκευής με προγραμματισμό σε άλλα ψηφιακά δομήματα, όπως παιχνίδια, προσομοιώσεις, κατασκευές, θα μπορούσε ενδεχομένως να ενισχύσει ή να οδηγήσει σε νέα συμπεράσματα για τα στάδια νοηματοδότησης των πιο σύνθετων και αφηρημένων υπολογιστικών πρακτικών από τα παιδιά.

Ένα δεύτερο ζήτημα αφορά τη μελέτη της συνεισφοράς του παιχνιδιού ως ένα πλαίσιο *σύνδεσης των υπολογιστικών ιδεών με πολυθεματικές καταστάσεις* στις οποίες προβλήματα από διάφορους τομείς, όπως τα μαθηματικά, τη φυσική ή ακόμα και τις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες, έχει νόημα να επιλυθούν με υπολογιστικό τρόπο. Όπως φάνηκε οι μαθητές και στις δυο εφαρμογές πεδίου, παρά τις σημαντικές διαφορές των δύο παιχνιδιών, νοηματοδότησαν τις υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές μέσα από τη χρήση τους για την επίλυση προβλημάτων που προκύπταν στα πλαίσια του παιχνιδιού. Τα προβλήματα αυτά δεν ήταν αμιγώς προγραμματιστικά αλλά συνδύαζαν στοιχεία από άλλα πεδία όπως τη βιολογία, τα μαθηματικά και τη φυσική. Η εφαρμογή πρακτικών υπολογιστικής σκέψης σε διαθεματικά πλαίσια έχει ευρύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον και μέσα από την παρούσα έρευνα φάνηκε πως θα μπορούσε να ενισχυθεί σημαντικά με τη χρήση παιχνιδιών.

Ακόμη, σημαντικό κομμάτι της δραστηριότητας των μαθητών στις δύο εκπαιδευτικές παρεμβάσεις ήταν η χρήση υπολογιστικών πρακτικών για την διόρθωση των μισοψημένων στοιχείων των παιχνιδιών και τη συνολικότερη βελτίωσή τους. Συνεπώς, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο σχεδιασμός και η χρήση *μισοψημένων παιχνιδιών ως εργαλεία εφαρμογής υπολογιστικών πρακτικών*. Για παράδειγμα, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εστιάσουν στα είδη των ενσωματωμένων σφαλμάτων σε ένα παιχνίδι, για παράδειγμα σφάλματα στους κανόνες τερματισμού, σφάλματα στα δεδομένα, και στις υπολογιστικές πρακτικές που εκφράζουν οι μαθητές στην κάθε περίπτωση σφάλματος.

Τέλος, ένα ζήτημα που χρήζει περαιτέρω ερευνητικής μελέτης είναι η *ενσωμάτωση διασυνδεδεμένων λειτουργικοτήτων* στα ψηφιακά περιβάλλοντα και η πρόσβαση που μπορούν να δώσουν σε αφηρημένες και σύνθετες υπολογιστικές στους μαθητές που τα χρησιμοποιούν. Από τη μία, θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει επιπλέον έρευνα με τα δυο περιβάλλοντα που αναπτύχθηκαν, το MaLT2 και το ChoiCo, η οποία θα μελετά τον ρόλο των ενσωματωμένων λειτουργικοτήτων τους για τις ίδιες ή νέες υπολογιστικές πρακτικές, ώστε να ενισχυθούν και να επεκταθούν τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας. Από την άλλη, τα ευρήματα και το πλαίσιο δράσης της παρούσας έρευνας, θα μπορούσε να συνεισφέρει στο σχεδιασμό νέων ψηφιακών περιβαλλόντων που θα ενσωματώνουν διασυνδεδεμένες λειτουργικότητες και θα δίνουν πρόσβαση σε νέες, ανεξερεύνητες πτυχές της υπολογιστικής σκέψης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abt, C.C. (1987) *Serious games*. University press of America.
- Ackerman, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism. Future of learning group publication, 5(3), p. 483.
- Aedo Lopez, M., Vidal Duarte, E., Castro Gutierrez, E., & Paz Valderrama, A. (2016). Teaching Abstraction, Function and Reuse in the first class of CS1: A Lightbot Experience. *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '16*, 256–257.
- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835.
- Alexander, C., & Hammond, T. C. (2012). *Five-Picture Charades: A Flexible Model for Technology Training in Digital Media Tools and Teaching Strategies*. 16.
- Armoni, M. (2013). On teaching abstraction in CS to novices. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 32(3), 265–284.
- Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2010). *Computer Science Concepts in Scratch*. Rehovot, Israel: Weizmann Institute of Science.
- Artigue, M. (2002). Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Wor. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* ,7, 245-274.
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., & Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(3), 66-72.
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- Bakker A., (2018). *Design Research in Education*. Routledge, New York.
- Balacheff, N. & Kaput, J. (1996). Computer-based learning environments in mathematics. In A. J. Bishop, K. Klements, C. Keitel, J. Kilpatrick and C. Laborde (Eds), *International Handbook on Mathematics education* (pp. 469-501). Dordrecht: Kluwer.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.

- Barr D., Harrison J., & Conery L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology* 38(6), 20–23.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? . *ACM Inroads*, 2.
- Bell, J., & Bell, T. (2018). Integrating Computational Thinking with a Music Education Context. *Informatics in Education*, 17(2), 151-166.
- Bertelsen, O., & Bødker, S. (2003). Activity theory. In C. J. M., HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science (pp. 291-324). San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Bienkowski, M., Snow, E., Rutstein, D., & Grover, S. (2015). Assessment design patterns for computational thinking practices in secondary computer science: A first look. *SRI International*.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (1997). *Qualitative research for education*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Borba, M., & Villarreal, M. (2005). Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: Information and Communication Technologies, Modeling, Visualization and Experimentation. Springer Science & Business Media.
- Boychev (2011) Logo tree project Rev 1.82, July 2011. Retrieved October 2019 from http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena12/pdf/Logo_TreeProject.pdf
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012a). Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design. Paper presented at *Annual American Educational Research Association meeting*, Vancouver, BC, Canada.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012b). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada. 1–25.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2013). Imagining, creating, playing, sharing, reflecting: How online community supports young people as designers of interactive media. In *Emerging technologies for the classroom* (pp. 253-268). Springer, New York, NY.
- Brookshear, J. G. (2005). *Η επιστήμη των υπολογιστών: Μια ολοκληρωμένη παρουσίαση* (Κουρκουμπέτης Κ. Επιμ., Καρτσакλής Δ. μετ.). Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The journal of the learning sciences*, 2(2), 141-178.
- Caillois, R. (1961). *Man, play and games* (Barash M., Trans.). Urbana and Chicago: University of Illinois Press.
- Calder, N. (2012). *Processing mathematics through digital technologies*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
- Carey, S. (1987). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cho, H. H. & Lee J. Y. (2014). 3d turtle representation system and mental rotation using 3d turtle perspective. In *Constructionism 2014*, Vienna. Retrieved from: http://constructionism2014.ifs.tuwien.ac.at/papers/2.2_3-8532.pdf
- Christou, C., Jones, K., Pitta-Pantazi, D., Pittalis, M., Mousoulides, N., Matos, J. F., ... & Boytchev, P. (2007). Developing student spatial ability with 3D software applications. Retrieved from <https://eprints.soton.ac.uk/45969/>
- Clements, D. & Burns, B. (2000). Students' development of strategies for turn and angle measure. *Educational studies in Mathematics*, 41, 31-45.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, P., Schauble, L. Design. (2003). Experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Cook, C. T., Drachova, S., Hallstrom, J. O., Hollingsworth, J. E., Jacobs, D. P., Krone, J., & Sitaraman, M. (2012). A systematic approach to teaching abstraction and mathematical modeling. *Proceedings of the 17th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '12*, 357.
- Cooper, S., Dann, W., & Pausch, R. (2000). ALICE: A 3-D tool for introductory programming concepts. *Journal of Computing Sciences in Colleges*.
- Cormen, T., Leiserson, C., Rivest, R., & Stein, C. (2001). *Introduction to algorithms*. Cambridge, MA: MIT.
- Crook, C., (1994). *Computers and the Collaborative Experience of Learning*. London: Routledge.
- Cuoco, A., Paul Goldenberg, E., & Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for mathematics curricula. *The Journal of Mathematical Behavior*, 15(4), 375–402.

- Girvan, C., & Savage, T. (2010). Identifying an appropriate pedagogy for virtual worlds: A Communal Constructivism case study. *Computers & Education*, 55(1), 342-349.
- Goldstein R., Kalas I., Noss R., Pratt D. (2001) Building Rules. In: Beynon M., Nehaniv C.L., Dautenhahn K. (eds) *Cognitive Technology: Instruments of Mind*. CT 2001. Lecture Notes in Computer Science, vol 2117. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-44617-6_26
- Dagiene, V., & Stupuriene, G. (2016). Bebras--A Sustainable Community Building Model for the Concept Based Learning of Informatics and Computational Thinking. *Informatics in education*, 15(1), 25-44.
- Daskolia, M., & Kynigos, C. (2012). Applying a constructionist frame to learning about sustainability. *Creative Education*, 3(06), 818.
- Denner, J., Campe, S., & Werner, L. (2019). Does computer game design and programming benefit children? A meta-synthesis of research. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(3), 19.
- Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts? *Computers & Education*, 58(1), pp. 240-249.
- Denning, P. J. (2009). The profession of IT Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Deterding, S., Björk, S. L., Nacke, L. E., Dixon, D., & Lawley, E. (2013). Designing gamification: Creating gameful and playful experiences. *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13*, 3263.
- Dijkstra, E. W. (1972). The humble programmer. *Communications of the ACM* 15(10), 859-866.
- diSessa, A. (2001). *Changing minds: Computers, learning and literacy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Doukakis, D., Grigoriadou, M., & Tsaganou, G. (2007). Understanding the programming variable concept with animated interactive analogies. In *Proceedings of the The 8th Hellenic European Research on Computer Mathematics & Its Applications Conference (HERCMA'07)*.

- Drijvers, P., Kieran, C., & Mariotti, M.A. (2010). Integrating technology into mathematics education: Theoretical perspectives. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology - Rethinking the terrain* (pp. 89-132). New York/Berlin: Springer.
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. In D. Jonassen, *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. . NY, USA: Macmillan Library Reference.
- Duffy, T.M., & Jonassen, D. (1992). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dutt, V., Chaudhry, V., & Khan, I. (2012). Pattern recognition: An overview. *American Journal of Intelligent Systems*, 2(1), 23-27.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Elliot, J. (1991). *Action research for educational change*. McGraw-Hill Education (UK).
- El-Nasr M.S, & Brian S. K. (2006). Learning through Game Modding. *Computers in Entertainment (CIE)* 4(1), 7
- Fauconnier G. & Turner M., *The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*, Basic Books, New York, NY, USA, 2002.
- Fessakis, G., Gouli, E., & Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87–97
- Fessakis, G., Komis, V., Mavroudi, E., & Prantsoudi, S. (2018). Exploring the scope and the conceptualization of computational thinking at the K-12 classroom level curriculum. In *Computational Thinking in the STEM Disciplines* (pp. 181-212). Springer, Cham.
- Feurzeig, W. (1969). *Programming-languages as a conceptual framework for teaching mathematics. Final Report on the First Fifteen Months of the LOGO Project*. ERIC Clearinghouse.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. USA: Palgrave macmillan.
- Gergen, K. J. (2001). *Social construction in context*. Thousand Oaks, CA: Sage.

- Gibson, J. (1977). The concept of affordances. *Perceiving, acting, and knowing*, 1.
- Goldenberg, E. P., & Cuoco, A. A. (1998). What is dynamic geometry. *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space*, 351-368
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2007). Learning to program-difficulties and solutions. In *International Conference on Engineering Education–ICEE*.
- Gonzales, R. C., & Thomason, M. G. (1978). Syntactic pattern recognition. In *An Introduction* (pp. 216-271). Addison-Wesley Reading, MA.
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from the learning design perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (eds.), *Educational Design Research* (pp. 17–51). New York: Routledge.
- Greeno, J. G. (1994). Gibson’s affordances. *Psychological Review*, 101(2), 336–342.
- Grizioti M. , Kynigos C. (2019). Computer-based learning, computational thinking, and constructionist approaches, In Arthur Tatnall (Eds.) *Encyclopedia of Education and Information Technologies*. Springer
- Grover, S. (2017). Assessing Algorithmic and Computational Thinking in K-12: Lessons from a Middle School Classroom. In P. J. Rich & C. B. Hodges (Eds.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (pp. 269–288). Springer International Publishing.
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A competency whose time has come. *Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school*, 19.
- Grover, S., Bienkowski, M., & Snow, E. (2015). Assessments for computational thinking in K-12. In *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 700-700).
- Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2015). Systems of assessments” for deeper learning of computational thinking in K-12. In *Proceedings of the 2015 annual meeting of the American educational research association* (pp. 15-20).
- Guin, D., & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3, 195 – 227.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In L. Puig & A. Gutiérrez (Eds.), *Proceedings of the 20th conference of the international group for the psychology of mathematics education* (pp. 3–19). Valencia: Universidad de Valencia.

- Haberman, B. (2004). High-school students' attitudes regarding procedural abstraction. *Education and Information Technologies*, 9(2), 131-145.
- Haberman, B., & Muller, O. (2008). Teaching abstraction to novices: Pattern-based and ADT-based problem-solving processes. *2008 38th Annual Frontiers in Education Conference*, F1C-7-F1C-12.
- Hainey, T., Connolly, T. M., Boyle, E. A., Wilson, A., & Razak, A. (2016). A systematic literature review of games-based learning empirical evidence in primary education. *Computers & Education*, 102, 202–223. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.001>
- Hartmanis, J. (1994). Turing Award lecture on computational complexity and the nature of computer science. *Communications of the ACM* 37(10), 37-43.
- Harvey, B. (1997). *Computer Science Logo Style: Symbolic Computing* (Vol. 1). MIT press.
- Hauptman, H. (2010). Enhancement of spatial thinking with Virtual Spaces 1.0, *Computers & Education*, 54(1), 123–135.
- Hayes, E. R., & Games, I. A. (2008). Making Computer Games and Design Thinking: A Review of Current Software and Strategies. *Games and Culture*, 3(3–4), 309–332.
- Hazzan, O. & Tomayko, J. E. (2005). Reflection and abstraction in learning software engineering's human aspects. *Computer* 38(6), 39-45.
- Hazzan, O. (2008). Reflections on teaching abstraction and other soft ideas. *Inroads The ACM SIGCSE Bulletin* 40(2), 40-43.
- Hooper, P. (1998). *They have thoughts of their own: Children's learning of computational ideas from a cultural constructionist perspective*. Cambridge, MA: University Press.
- Hoyles, C., Newman, K., & Noss, R. (2001). Changing patterns of transition from school to university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 829-845.
- Hoyles, C., Noss, R., Adamson, R., & Lowe, S. (2001). Programming rules: what do children understand?. In *PME conference* (Vol. 3, pp. 3-169).
- Hu, C. (2011). Computational thinking: What it might mean and what we might do about it. *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '11*, 223.
- Huizing J. (2010). Ο άνθρωπος και το παιχνίδι (Homo Ludens). (Λυκιαρδόπουλος Γ. & Ροζάνης Σ. Μετ.). Αθήνα: Εκδόσεις Γνώση

- Ichinco, M., & Kelleher, C. (2017). Towards better code snippets: Exploring how code snippet recall differs with programming experience. *2017 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, 37–41.
- Ioannidou, A., Bennet V., Repenning Al, Koh, K. H. & Basawapatna, A. (2011), Computational Thinking Patterns. *Paper presented at the 2011 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA) in the Division C - Learning and Instruction / Section 7: Technology Research symposium “Merging Human Creativity and the Power of Technology: Computational Thinking in the K-12 Classroom”*
- ISTE & CSTA. (2011). Computational Thinking: Teacher Resources. Second Edition. Retrieved from http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-teacher-resources_2ed-pdf.pdf?sfvrsn=2
- Jenkins, H. (2009). *Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21st century*. Cambridge, MA : Mit Press.
- Jonassen, D. H. (1994). Thinking technology: Toward a constructivist design model. *Educational technology*, 34(4), 34-37.
- Jonassen, D. H., Carr, C., & Yueh, H.-P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2), 24–32. <https://doi.org/10.1007/BF02818172>
- Jonassen, D. H., & Rohrer-Murphy, L. (1999). Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 47(1), 61–79. <https://doi.org/10.1007/BF02299477>
- Kafai, Y. B. (1995). *Minds in play: Computer game design as a context for children's learning*. Routledge.
- Kafai, Y. B. (2006). Playing and making games for learning: Instructionist and constructionist perspectives for game studies. *Games and culture*, 1(1), 36-40.
- Kafai, Y. B., & Resnick, M. (Eds.). (2012). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Routledge.
- Kafai, Y., & Bruke, Q. (2014). *Connected code: Why children need to learn programming*. MIT Press.
- Kanselaar, G. (2002). *Constructivism and socio-constructivism*. Retrieved 16/6/2020 from <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/6684/12305.pdf?sequence=2>
- Kaput, J. J. (1992). Linking representations in the symbol systems of algebra. *Handbook of research on mathematics teaching and learning*.

- Keisoglou, S., & Kynigos, C. (2006). Measurements with a physical and a virtual quadrant: students' understandings of trigonometric tangent. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 425.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24.
- Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). *Literature review in games and learning: A Report for NESTA Futurelab*. Retrieved from: <https://www.nfer.ac.uk/publications/FUTL27/FUTL27literaturereview.pdf> [last access: 17/6/2020].
- Knuth, D. E. (1997). *The art of computer programming* (Vol. 3). Pearson Education.
- Kramer, J. (2007). Is abstraction the key to computing? *Communications of the ACM*, 50(4), 36–42.
- Krauss J. & Prottzman K. (2017). *Computational Thinking and coding for every student: The Teacher's Getting-Started Guide*. Corwin Press.
- Kuittinen, M., & Sajaniemi, J. (2004, June). Teaching roles of variables in elementary programming courses. In *Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 57-61).
- Kynigos, C. (1992). The turtle metaphor as a tool for children doing geometry'. In C. Hoyles & R. Noss (Eds.), *Learning Logo and Mathematics*, 97-126. Cambridge MA: M.I.T. press
- Kynigos, C. (1995). Programming as a means of expressing and exploring ideas in a directive educational system: Three case studies. In A diSessa, C Hoyles, & R. Noss (Eds.), *Computers and Exploratory Learning*, (NATO ASI Series) (pp. 399-420). Heidelberg: Springer-Verlag
- Kynigos, C. (1997). Dynamic Representations of Angle with a Logo – Based variation tool: a case study, *Proceedings of the Sixth European Logo Conference*, Budapest, Hungary, 104-112.
- Kynigos, C. (2004). A Black and White Box Approach to User Empowerment with Component Computing, *Interactive Learning Environments*, Carfax Pubs, Taylor and Francis Group. 12(1–2), 27–71.
- Kynigos, C. (2005). Meanings around intrinsic curves with a medium for symbolic expression and dynamic manipulation, *Proceedings of the Sixth Conference of Central European Research in Mathematics Education*, Sant Feliu de Guíxols, Spain.

- Kynigos, C. (2007). Half-Baked Logo Microworlds as Boundary Objects in Integrated Design. *Informatics in Education*, 6(2), 335–358.
- Kynigos, C. (2015). Constructionism: Theory of Learning or Theory of Design?. In *Selected regular lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 417-438). Springer, Cham.
- Kynigos, C., & Gavrilis, K. (2006). Constructing a sinusoidal periodic covariation. In *Proceedings of the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Education* (4, pp. 9-16).
- Kynigos, C., & Grizioti, M. (2018). Programming Approaches to Computational Thinking: Integrating Turtle Geometry, Dynamic Manipulation and 3D Space. *Informatics in Education*, 17(2), 321-340.
- Kynigos, C., & Grizioti, M. (2020). Modifying games with ChoiCo: Integrated affordances and engineered bugs for computational thinking. *British Journal of Educational Technology*.
- Kynigos, C. & Psycharis, G. (2003). 13 Year olds' Meanings Around Intrinsic Curves with a Medium for Symbolic Expression and Dynamic Manipulation. *Proceedings of the 27th Psychology of Mathematics Education Conference* (3, 165-172)
- Kynigos, C. & Psycharis, G. (2009). Investigating the role of context in experimental research involving the use of digital media for the learning of mathematics: Boundary objects as vehicles for integration. *International Journal for Computers in Mathematical Learning*, 14(3), 265–298.
- Kynigos, C., & Yiannoutsou, N. (2018). Children challenging the design of half-baked games: Expressing values through the process of game modding. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 16–27.
- Kynigos, C., Grizioti, M., & Nikitopoulou, S. (2017, June). RobIn: A Half-baked Robot for Electronics in a STEM Context. In *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children* (pp. 521-526). ACM.
- Kynigos, C., Koutlis, M. & Chatzilakos, Th. (1997). Mathematics with component-oriented exploratory software. *International Journal of Computers and Mathematical Learning*, 2, 229-250.
- Kynigos, C., Latsi, M. (2007). Turtle's navigation and manipulation of geometrical figures constructed by variable processes in a 3d simulated space. *Informatics in Education*, 6(2), 1–14.

- Kynigos, C., Smyrniou, Z., & Grizioti, M. (2019). Augmented Playgrounds: Questioning Simulations to Question Intuitions. In *Augmented Reality in Educational Settings* (pp. 295-324). Brill Sense.
- Kynigos, C., Smyrniou, Z., & Roussou, M. (2010, June). Exploring rules and underlying concepts while engaged with collaborative full-body games. In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 222-225). ACM.
- Laborde, C., Kynigos, C., Hollebrands, K. and Strasser, R. (2006). Teaching and Learning Geometry with Technology. In A. Gutiérrez, P. Boero (eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*, (pp. 275–304), Rotterdam: Sense Publishers.
- Lahtinen, E., Ala-Mutka, K., & Järvinen, H. M. (2005). A study of the difficulties of novice programmers. *Acm sigcse bulletin*, 37(3), 14-18.
- Lakatos, I. (1976). *Proofs and Refutations: The Logic of Mathematical Discovery*. New York: Cambridge University Press.
- Latsi, M., & Kynigos, C. (2012). Experiencing 3D simulated space through different perspectives. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 183-195). Springer, New York, NY.
- LeCompte, M. & Preissle, J. (2003). *Ethnography and qualitative design in educational research*. London: Academic Press
- Lee, I., Fred, M., Jill, D., Bob, C., Allan, W., Jeri, E., ... Linda, W. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2020). Computational Thinking Is More about Thinking than Computing. *Journal for Stem Education Research*, 1.
- Lohman, D.(1988), Spatial abilities as traits, processes and knowledge , in R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 4). Hillsdale, NJ: LEA.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational Thinking in K-9 Education. In *Proceedings of the Working Group Reports of the*

2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference - ITiCSE-WGR '14, pp. 1–29.

Masuch, M., Nacke, L. (2004). Power and peril of teaching game programming. In: Gough, N.E., Mehdi, Q. (Eds.), *International Conference on Computer Games: Artificial Intelligence, Design and Education*. University of Wolverhampton, Reading, 347–351.

Mayer, R. E. (1992). Teaching for transfer of problem-solving skills to computer programming. In *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 193-206). Springer, Berlin, Heidelberg.

Meerbaum-Salant, O., Armoni, M. & M. Ben-Ari. (2011). Habits of programming in scratch. In *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE'11)*. ACM, 168–172.

Mitchelmore, M. C. (2002). The Role of Abstraction and Generalisation in the Development of Mathematical Knowledge. Paper presented at the 2nd East Asia Regional Conference on Mathematics Education (EARCOME) and the 9th Southeast Asian Conference on Mathematics Education (SEACME), Singapore, May 27-31.

Morgan, C., & Alshwaikh, J. (2012). Communicating Experience of 3D Space: Mathematical and Everyday Discourse. *Mathematical Thinking and Learning*, 14(3), 199–225.

Morgan, C., & Kynigos, C. (2014). Digital artefacts as representations: forging connections between a constructionist and a social semiotic perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 85(3), 357-379.

Moshirnia, A. (2007). The educational potential of modified video games. *Issues in Informing Science & Information Technology*, 4.

National Research Council. (2010). Committee for the Workshops on Computational Thinking: Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking. Washington, DC: National Academies Press

Noss, R., & Clayson, J. (2015). Reconstructing constructionism. *Constructivist foundations*, 10(3), 285-288.

Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers* (Vol. 17). Springer Science & Business Media.

Noss, R., Healy, L. & Hoyles, C. (1997). The construction of mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 203–233.

- O'Halloran, K. (2008). *Mathematical discourse: Language, symbolism and visual images*. A&C Black.
- Papert, S. (1993). *The children's machine. Rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks.
- Papert, S. (2000). What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. *IBM systems journal*, 39, pp. 720-729.
- Papert, S.(1991). Νοητικές Θύελλες: Παιδιά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και δυναμικές ιδέες. (Σταματίου Α. μετ., Κωτσάνης Γ. επιμ.). Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας ΕΠΕ.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1-11.
- Pea, R. (1993) Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon, , (Ed.), *Distributed Cognitions. Psychological and educational considerations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pea, R. D. (1993) Practices of distributed intelligence and designs for education. *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations* 11, 47-87.
- Perrenet, J., Groote, J. F., & Kaasenbrood, E. (2005). Exploring students' understanding of the concept of algorithm: levels of abstraction. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(3), 64-68.
- Philipp, R. A. (1992). The Many Uses of Algebraic Variables. *The Mathematics Teacher*, 85(7), 557–561.
- Piaget, J. (1997). *The moral judgement of the child*. Simon and Schuster.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. (H. Weaver, Trans.) New York: Basic Books.
- Pólya, G., & Conway, J. H. (2004). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (Expanded Princeton Science Library ed). Princeton University Press.
- Prensky, M. (2002), The motivation of gameplay, *On the Horizon*, 10(1). pp. 5 - 11
- Prensky, M. (2005), Computer Games and Learning: Digital Game-Based Learning, in J Raessens & J Goldstein (eds.), *Handbook of Computer Game Studies* (pp. 97–122). Cambridge, MA: MIT Press.
- Prensky, M., & Wright, W. (2003). Modding-the newest authoring tool. *SRIC–BI report*.

- Prensky, M. (2007). Μάθηση Βασισμένης στο Ψηφιακό Παιχνίδι. Αρχές, δυνατότητες και παραδείγματα εφαρμογής στην εκπαίδευση και την κατάρτιση. (Παπασταύρου Κ. & Παπαστράουρου Ν. Μετ., Μειμάρης Μ. Επιμ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Psycharis, G. & Kynigos, C. (2009). Normalising geometrical figures: Dynamic manipulation and construction of meanings for ratio and proportion. *Research in Mathematics Education*, 11(2), 149–166
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50–58.
- Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A. (2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '10*, 265.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., & Kafai, Y. B. (2009). Scratch: Programming for all. *Commun. Acm. Communications ACM*, 52(11), pp. 60-67.
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming: A review and discussion. *Computer science education*, 13(2), 137-172.
- Roth W. M. (2005). *Doing Qualitative Research. Praxis of Method* (Vol. 3). Rotterdam: Sense Publishers.
- Salen K. (2007). Gaming Literacies: A Game Design Study in Action. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 16(3), 301–322.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2005). Game design and meaningful play. In *Handbook of computer game studies* (pp. 59–79). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Samurcay, R. (1989). The concept of variable in programming: Its meaning and use in problem-solving by novice programmers. *Studying the novice programmer*, 9, 161-178.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2004). Building blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 181-189.
- Scott, D., & Morrison, M. (2006). *Key ideas in educational research*. A&C Black.
- Seiter, L., & Foreman, B. (2013). Modeling the learning progressions of computational thinking of primary grade students. *Proceedings of the Ninth Annual International ACM Conference on International Computing Education Research - ICER '13*, 59.

- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351–380.
- Sharona T. Levy & Wilensky U. (2008) Inventing a “Mid Level” to Make Ends Meet: Reasoning between the Levels of Complexity, *Cognition and Instruction*, 26(1)
- Sharples, M., de Roock, R., Ferguson, R., Gaved, M., Herodotou, C., Koh, E., ... & Weller, M. (2016). *Innovating pedagogy 2016: Open University innovation report 5*. Institute of Educational Technology, The Open University.
- Shotter, J. (1995). In dialogue: Social constructionism and radical constructivism. In L.P. Steffe, & J. Gale (Eds.), *Constructivism in Education* (pp. 41-56). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158.
- Soloway, E., & Spohrer, J. C. (2013). *Studying the novice programmer*. Psychology Press.
- Sotamaa, O. (2010). When the game is not enough: Motivations and practices among computer game modding culture. *Games and Culture*, 5(3), 239–255.
- Statter, D., & Armoni, M. (2016). Teaching Abstract Thinking in Introduction to Computer Science for 7th Graders. *Proceedings of the 11th Workshop in Primary and Secondary Computing Education on ZZZ - WiPSCE '16*, 80–83.
- Statter, D., & Armoni, M. (2017). Learning Abstraction in Computer Science: A Gender Perspective. *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, 5–14.
- Strauss, A., & Corbin, G. (1998). *Basics of qualitative research*. London: Sage Publications.
- Swacha, J., Skrzyszewski, A., & Syslo, W. A. (2010). Computer game design classes: The students' and professionals' perspectives. *Informatics in Education*, 9(2), 249-260.
- Taub, R., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2012). CS unplugged and middle-school students' views, attitudes, and intentions regarding CS. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 12(2), 1-29.
- Taub, R., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2014). Abstraction as a bridging concept between computer science and physics. *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education on - WiPSCE '14*, 16–19. <https://doi.org/10.1145/2670757.2670777>

- Taylor, R. (Ed.). (1980). *The computer in the school: Tutor, tool, tutee* (pp. 1-10). New York: Teachers College Press.
- Theodoridis, S., & Koutroumbas, K. (2003). *Pattern recognition*. Elsevier.
- Tisue, S., & Wilensky, U. (2004, May). Netlogo: A simple environment for modeling complexity. *International conference on complex systems* 21, 16-21.
- Tripp, D. (2011). *Critical incidents in teaching (classic edition): Developing professional judgement*. New York: Routledge.
- Tzimogiannis, A. Komis, B. (2000) The concept of variable in Programming: student's difficulties and misconceptions , In Komis, B, (Eds) *Proceedings of the 2nd Panhellenic Conference "The Technologies of Information and Communication in Education*, pp103-114, Patra, Greece.
- Usiskin, Z. (1988). Conceptions of school algebra and uses of variables. *The ideas of algebra*, K-12, 8, 19.
- Valdez, G., McNabb, M., Foertsch, M., Anderson, M., Hawkes, M., & Raack, L. (1999). *Computer-based technology and learning: Evolving uses and expectations*. NCREL, 1900 Spring Rd., Suite 300, Oak Brook, IL 60523-1480.
- Voogt, J., & Pelgrum, H. (2005). ICT and curriculum change. *Human Technology*, 1(2), 157-175.
- Voogt, J., & Robin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competencies: implications for national curriculum policies. *Journal of curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Massachusetts: The MIT press.
- Vygotsky, L. (2000). Νους στην κοινωνία: Η ανάπτυξη των ανώτερων ψυχολογικών διαδικασιών. (Μπίμπου και Βοσνιάδου, Μετ. Βοσνιάδου, Επιμ.). Αθήνα: Gutenberg.
- Waite, J. L., Curzon, P., Marsh, W., Sentance, S., & Hadwen-Bennett, A. (2018). Abstraction in action: K-5 teachers' uses of levels of abstraction, particularly the design level, in teaching programming. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(1), 14.
- Wang, F. & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-3.
- Wang, Y., Li, H., Feng, Y., Jiang, Y., & Liu, Y. (2012). Assessment of programming language learning based on peer code review model: Implementation and experience report. *Computers & Education*, 59(2), 412-422.

- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2013). Robobuilder: a computational thinking game. In *SIGCSE* (p. 736).
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2015). To block or not to block, that is the question: students' perceptions of blocks-based programming. In *Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children* (pp. 199-208).
- Weintrop, D., Holbert, N., Horn, M. S., & Wilensky, U. (2016). Computational Thinking in Constructionist Video Games: *International Journal of Game-Based Learning*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2016010101>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Werner, L., Denner, J., & Campe, S. (2014). Children Programming Games: A Strategy for Measuring Computational Learning. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(4), 1–22. <https://doi.org/10.1145/2677091>
- Wilensky U., & Resnick M. (1999). Thinking in levels: a dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and technology*, 8(1), 3–19
- Wilson M.(2002), Six views of embodied cognition, *Psychonomic Bulletin and Review*, 9 (4), pp. 625–636
- Wing J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), pp. 33-35.
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The link magazine*, 6.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–372.
- Yiannoutsou, N., Kynigos, C., & Daskolia, M. (2014). Constructionist designs in game modding: The case of learning about sustainability. *Proceedings of Constructionism*, 19-23.
- Zur-Bargury, I., Pârv, B., & Lanzberg, D. (2013). A nationwide exam as a tool for improving a new curriculum. *Proceedings of the 18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '13*, 267.
- Γρηγοριάδου, Μ. , Γουλή, Ε. , & Γόγουλου, Α. (Επιμ.) (2009), *Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για τη διδασκαλία της Πληροφορικής*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

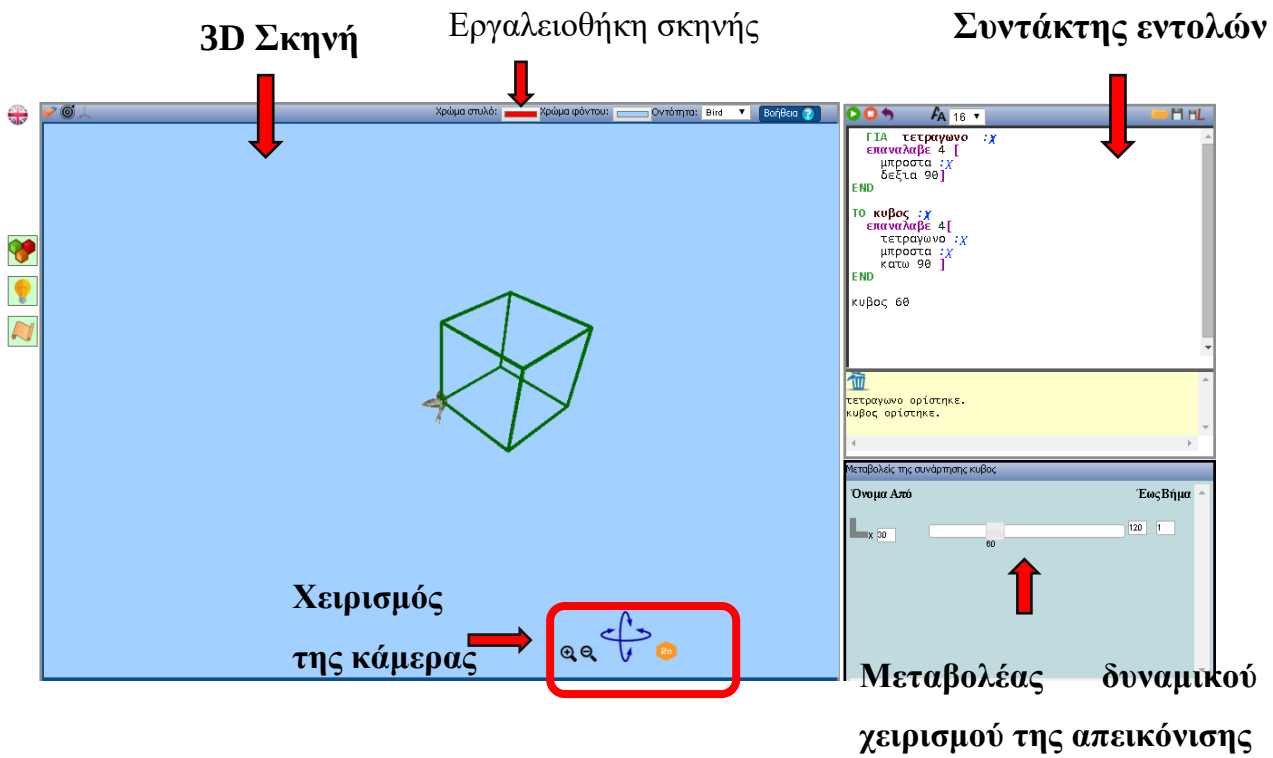
- Γριζιώτη, Μ., Κυνηγός, Χ., & Ξένος, Μ. (2016). Εισάγοντας την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό με το λογισμικό «Χελωνόσφαιρα». *Πρακτικά Εργασιών του Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016
- Δαπόντες Ν. (1989). *Η διδασκαλία της Logo στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg
- Καραγεώργος, Δ. (2002). *Μεθοδολογία Έρευνας στις επιστήμες της αγωγής. Μια διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα : Εκδόσεις Σαββάλας.
- Κόμης Β., 2004. *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις νέων τεχνολογιών
- Κυνηγός, Χ. (2011). *Το μάθημα της διερεύνησης*. Αθήνα: Τόπος.
- Κυνηγός, Χ., Γιαννούτσου, Ν. & Φράγκου Σ. (2006). *Μετατρέποντας «Μισοψημένους μικρόκοσμους» σε ηλεκτρονικά παιχνίδια: μία πρόταση για τη διδασκαλία του προγραμματισμού*. Ανακοινώθηκε στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α. – Λογισμικά

Ακολουθούν οι σύντομοι οδηγοί λειτουργίας των δύο λογισμικών που δόθηκαν στους μαθητές.

Σύντομος οδηγός του MaLT2



Κουμπιά περιβάλλοντος

	Επαναφορά όλων των παραθύρων		Εκτέλεση κώδικα
	Συμβουλές: Εμφάνιση/Απόκρυψη		Σταμάτημα κώδικα
	Σημειωματάριο: Εμφάνιση/Απόκρυψη		Αναίρεση τελευταίας εκτέλεσης
	Σβήσιμο γραφικών		Αποθήκευση τοπικού αρχείου
	Εντοπισμός της οντότητας		Άνοιγμα τοπικού αρχείου
	Βοηθητικοί άξονες: Εμφάνιση/Απόκρυψη		Αποθήκευση τοπικού txt αρχείου (Μόνο ο κώδικας)

Βασικές εντολές (ελληνικές)

μπροστά αριθμός βημάτων	Το αεροπλάνο/περιστέρι <u>προχωρά</u> μπροστά τόσα βήματα όσο ο αριθμός βημάτων πχ: μπροστά 100
πίσω αριθμός βημάτων	Το αεροπλάνο/περιστέρι <u>προχωρά</u> πίσω τόσα βήματα όσο ο αριθμός βημάτων πχ: πίσω 100
δεξιά μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι <u>στρίβει</u> δεξιά όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: δεξιά 90
αριστερά μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι <u>στρίβει</u> αριστερά όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: αριστερά 90
πάνω μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι στρίβει το μπροστινό του μέρος προς τα πάνω (κοιτάει ψηλά) όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: πάνω 90
κάτω μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι στρίβει το μπροστινό του μέρος προς τα κάτω (κοιτάει χαμηλά) όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: κάτω 90
περιστροφή Δεξιά (ή πδ) μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι περιστρέφεται δεξιόστροφα (με τη φορά του ρολογιού) όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: πδ 45
περιστροφή Αριστερά (ή πα) μοίρες	Το αεροπλάνο/περιστέρι περιστρέφεται προς τη αριστερή πλευρά του όσες μοίρες είναι ο αριθμός μοιρών πχ: πα 45
σβγ	Σβήνει τα γραφικά από τη σκηνή

Δημιουργία διαδικασιών

-  Για να προγραμματίσετε μια νέα διαδικασία αρχικά γράψτε την λέξη **Για** το όνομα της διαδικασίας π.χ. τετράγωνο. Στη συνέχεια γράψτε τον κώδικα της διαδικασίας και στο σημείο που τελειώνει γράψτε τη λέξη **Τελος**.
-  Για να ορίσετε μια διαδικασία μαρκάρετέ την με το ποντίκι από την αρχή της (Για) έως το τέλος της (τελος) και πατήστε το κουμπί play του συντάκτη ή το πλήκτρο insert (ins) στο πληκτρολόγιο.

Παραδείγματα διαδικασιών

Διαδικασία χωρίς παραμέτρους	Διαδικασία με παραμέτρους	Διαδικασία με παραμέτρους
Για τετράγωνο επανάλαβε 4 [Μπροστά 50 δεξιά 90] τελος	Για τετράγωνο :x επανάλαβε 4 [Μπροστά :x δεξιά 90] τελος	Για кубος :x επαναλαβε 4[τετραγωνο :x μπροστα :x κατω 90] Τελος
<i>τετράγωνο</i>	τετράγωνο 100	куβος 100

ΔΟΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ

Αν :α > 50 [μπροστα 100]	Αν η τιμή του :α είναι μεγαλύτερη από 50 τότε το αεροπλάνο/περιστέρι θα προχωρήσει μπροστά 100. Διαφορετικά δεν θα κάνει τίποτα.
Αλλιώς :α > 50 [μπροστα 100] [πισω 100]	Αν η τιμή του :α είναι μεγαλύτερη από 50 τότε το αεροπλάνο/περιστέρι θα προχωρήσει μπροστά 100. Αλλιώς θα προχωρήσει πίσω 100

ΔΟΜΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

Εντολή **επανάλαβε αριθμός []**: επαναλαμβάνει τις εντολές που βρίσκονται μέσα στις παρενθέσεις τόσες φορές όσο η τιμή του *αριθμού*

Παραδειγμα

επανάλαβε 4 [μπροστα 100 δεξιά 90] μπροστα 40	Επαναλαμβάνει 4 φορές μόνο τις εντολές <u>μπροστα 100 δεξιά 90</u>
--	---

Σύντομος οδηγός διασκευής παιχνιδιού στο ChoiCo

Συμβουλές για τη διασκευή παιχνιδιών στη «Λειτουργία Σχεδιασμού» του ChoiCo



Αλλαγή εικόνας φόντου

Στην καρτέλα **‘Game Interface’** κάνε κλικ στο κουμπί  και επίλεξε μια εικόνα από τον υπολογιστή σου



Προσθήκη νέας στρώσης (Layer)

Στην καρτέλα **‘Game Interface’**

1. Κάνε κλικ στο κουμπί .
2. Πάτησε το κουμπί «Επιλογή Αρχείου» (ή “Select File”) που βρίσκεται στο κάτω μέρος του παραθύρου.
3. Επίλεξε μια εικόνα από τον υπολογιστή σου.
4. Δημιουργήθηκε μια νέα στρώση με φόντο την εικόνα που επέλεξες. Για να την ανοίξεις

στη σκηνή πάτησε στο κουμπί  πάνω δεξιά στη σκηνή και κλικ στο όνομά της.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ

! Η αρχική στρώση του παιχνιδιού είναι ΠΑΝΤΑ η στρώση με το όνομα ‘Main’.

! Για να **διαγράψεις** μια στρώση κάνε κλικ στο κουμπί , επίλεξε τη στρώση και πάτησε το κουμπί DELETE LAYER



Προσθήκη νέας παραμέτρου παιχνιδιού

Στη **βάση δεδομένων** κάνε κλικ στο κουμπί  πάνω δεξιά



Διαγραφή παραμέτρου παιχνιδιού

Στη **βάση δεδομένων** Κλικ στο κουτάκι (checkbox) δεξιά από το όνομά της και μετά κάνε κλικ στο  πάνω αριστερά στον πίνακα.

Προγραμματισμός

Initial Settings / Αρχικές Ρυθμίσεις

Οι εντολές που υπάρχουν εδώ εκτελούνται **ΜΙΑ** φορά, όταν ξεκινήσει το παιχνίδι.

Gameplay Rules / Κανόνες Ροής

Οι εντολές που υπάρχουν εδώ εκτελούνται **ΚΑΘΕ** φορά που ο παίκτης επιλέγει ένα σημείο (select point)

End Rules / Κανόνες Τερματισμού

Οι εντολές που υπάρχουν εδώ εκτελούνται **ΚΑΘΕ** φορά που ο παίκτης επιλέγει ένα σημείο (select point) **ΜΕΤΑ** τις εντολές του Gameplay rules

!!! Για να τελειώσει το παιχνίδι πρέπει να χρησιμοποιήσεις το block “Game Over” !!!

Χειρισμός των Blocks

Τα μπλοκ είναι χωρισμένα σε κατηγορίες ανάλογα με τη λειτουργία τους

Διαγραφή μπλοκ

Υπάρχουν 3 τρόποι για να διαγράψεις ένα μπλοκ

- Δεξί κλικ πάνω στο μπλοκ και “Delete block”
- Να το επιλέξεις και να το σύρεις μέχρι τον κάδο που βρίσκεται στην κάτω δεξιά γωνία.
- Να το επιλέξεις και να το σύρεις στη δεξιά πλευρική μπάρα.

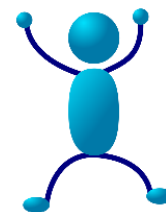
Αντιγραφή μπλοκ

Δεξί κλικ πάνω στο μπλοκ και ‘Duplicate’

Παράρτημα Β. – Φύλλα εργασίας

Φύλλα εργασίας πρώτης διδακτικής παρέμβασης

Παιχνίδι ‘CodeTheMime’ – Μέρος 1^ο



Όνομα Ομάδας: _____

Κωδικοί Μαθητών: _____

Ανοίξτε τη δραστηριότητα στη διεύθυνση: <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/?personModeler>

Α) Εκτελέστε τη διαδικασία ‘*person 120 80 80 80*’ στον συντάκτη εντολών.

Κάντε κλικ πάνω στο σχέδιο του ανθρώπου που θα εμφανιστεί και στη συνέχεια μετακινήσετε τους τέσσερις ολισθητές για να κουνήσετε τον άνθρωπο.

Τι πιστεύετε ότι αλλάζει η κάθε από τις παρακάτω μεταβλητές;

ύψος:

θ:

φ:

ω:

Τι άθλημα προσπαθώ να σας περιγράψω με τις κινήσεις που κάνει ο άνθρωπος;

Εντοπίζετε κάποια προβλήματα στις κινήσεις του ανθρώπου με τους μεταβολείς;

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

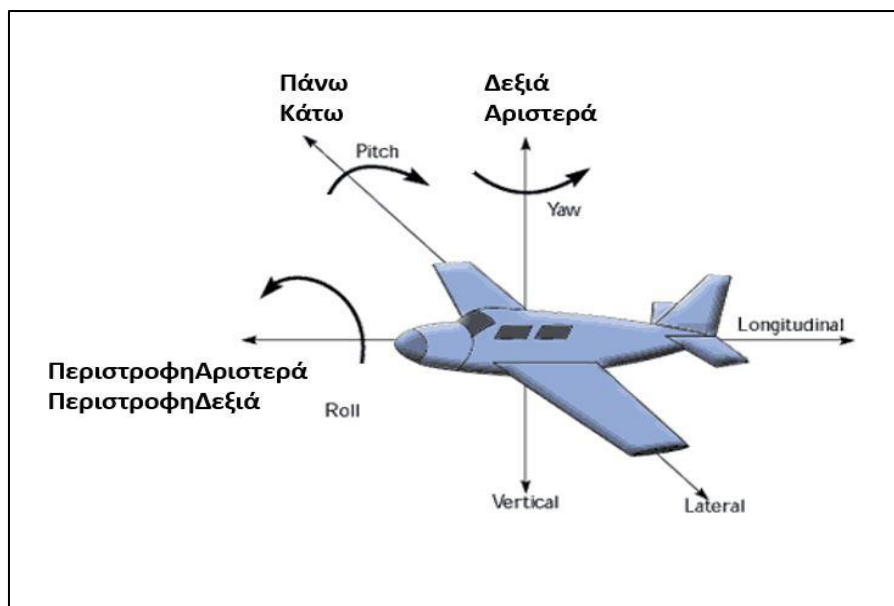
Αν ναι, τότε σημειώστε παρακάτω μέχρι 3 από τα προβλήματα που εντοπίσατε:

- 1) _____

- 2) _____

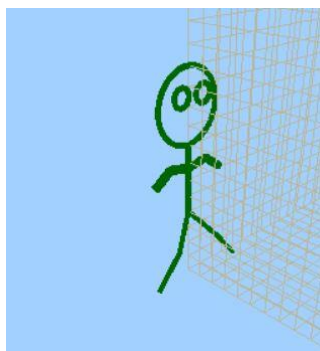
- 3) _____

B) Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται **οι τρεις στροφές** στον χώρο. Αυτές τις στροφές μπορεί πραγματοποιήσει και το αεροπλάνο-ζωγράφος στη σκηνή της Χελωνόσφαιρας.

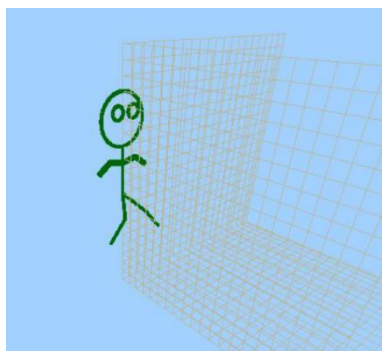


Αλλάξτε τη διαδικασία '**person**' ώστε το ανθρωπάκι να πραγματοποιεί την κίνηση που φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, όταν αλλάζει η **μεταβλητή θ** με τον ολισθητή.

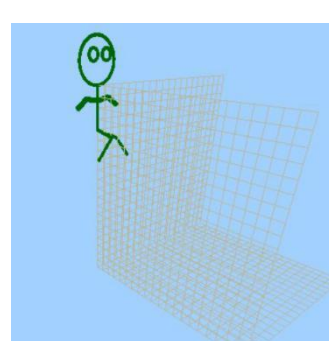
$\theta = 40$



$\theta = 90$



$\theta = 160$



Γ) Συζητήστε και αποφασίστε με την ομάδα σας **1 νέα κίνηση** που θα θέλατε να κάνει το ανθρωπάκι στην οποία να μπορώ να κουνήσω ταυτόχρονα χέρια και πόδια με έναν μεταβολέα. Περιγράψτε ή ζωγραφίστε την κίνηση παρακάτω και σημειώστε ποιες από τις τρεις στροφές στο χώρο που μάθατε θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσετε. Στη συνέχεια προγραμματίστε την κίνηση στο συντάκτη εντολών.

[illegible]

Παιχνίδι ‘MimeCraft’ – Μέρος 2^ο



Όνομα Ομάδας: _____

Κωδικοί Μαθητών: _____

Ανοίξτε τη δραστηριότητα στη διεύθυνση: <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/?personBuilder>

1) Τρέξτε τη διαδικασία *πόδια*. Μπορείτε να σχεδιάσετε **ένα δεύτερο πόδι** προσθέτοντας εντολές στο πρόγραμμα;

2) Τρέξτε τη διαδικασία *σώμα*. Μπορείτε να σχεδιάσετε **ένα δεύτερο χέρι** προσθέτοντας εντολές στο πρόγραμμα;

2β) Μπορείτε να χωρίσετε τη διαδικασία *πόδια* ή τη διαδικασία *σώμα* σε μικρότερες υπο-διαδικασίες (π.χ. χέρια, πόδι κλπ);

3) Φτιάξτε μια διαδικασία με όνομα ‘*ανθρωπος*’ η οποία θα σχεδιάζει ένα ανθρωπάκι χρησιμοποιώντας τις εντολές *πόδια*, *σώμα* και *πρόσωπο*.

Παιχνίδι 'CT Chef'

Μαθηματικά και μαγειρική

Φύλλο Εργασίας

Όνομα Ομάδας: _____

Μέρος Α



Ανακαλύπτω τη δομή του παιχνιδιού



Πότε τελειώνει το παιχνίδι;

Πότε μειώνονται τα χρήματα;

Γράψε τουλάχιστον 3 φαγητά που έχουν **μεγάλη πιθανότητα να μειώσουν** τους πελάτες

Τι άλλο κοινό έχουν τα παραπάνω φαγητά;

Χώρισε τις παρακάτω επιλογές σε κατηγορίες ανάλογα με τη συμπεριφορά τους στο παιχνίδι (κύκλωσε με διαφορετικό σχέδιο/χρώμα τις επιλογές που ανήκουν στην ίδια κατηγορία)

Hot Dog

Διαφήμιση

Βιολογικά φρούτα

Ελαιόλαδο

Burger

Λουκουμάδες

Χωριάτικη

Φρέσκα Ψάρια

Πρόσληψη προσωπικού

Για κάθε κατηγορία που βρήκες γράψε ακόμα μια επιλογή από το παιχνίδι που ανήκει εκεί

Βρήκες άλλες κατηγορίες επιλογών στο παιχνίδι;

Μέρος Β

Ποιο είναι το μέγιστο σκορ που πετύχατε;

Τι τακτική ακολουθήσατε για να πετύχετε αυτό το σκορ;

- ☐ Κάναμε κυρίως τυχαίες επιλογές
- ☐ Επιλέγαμε συνέχεια κάποια συγκεκριμένα σημεία
- ☐ Επιλέγαμε κάθε φορά ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων εκείνη τη στιγμή χωρίς συγκεκριμένη τακτική
- ☐ Βρήκαμε μια σειρά βημάτων για την οποία το παιχνίδι δεν τελείωνε ποτέ
- ☐

Μέρος Γ



Βελτιώνω το παιχνίδι



Εντοπίσατε κάποια λανθασμένη ή παράξενη συμπεριφορά στο παιχνίδι; (π.χ. στις επιπτώσεις κάποιων επιλογών, το πως τελειώνει κλπ)

Γράψτε 3 πράγματα που θα αλλάζατε στο παιχνίδι για να γίνει πιο ενδιαφέρον

1.

2.

3.

Μέρος Δ



Διορθώνω το παιχνίδι



Τι αλλαγές κάνατε στο παιχνίδι για να το βελτιώσετε; Επιλέξτε παρακάτω και εξηγήστε.

☐ Αλλάξαμε τις επιλογές στο χάρτη.

Περιγράψτε τι αλλάξατε

☐ Αλλάξαμε τις τιμές στη βάση δεδομένων

Περιγράψτε τι αλλάξατε

☐ Αλλάξαμε τις τον κώδικα των κανόνων

Περιγράψτε τι αλλάξατε

Μέρος Ε



Δημιουργώ τη δική μου έκδοση



Γράφω τις ιδέες της ομάδας μου για να φτιάξουμε μια **παραλλαγή** του παιχνιδιού. Σκέφτομαι τα παρακάτω

Που θα διαδραματίζεται;

(π.χ. σε εστιατόριο, στη φάρμα, στο σχολείο, στην Ευρώπη, στην πόλη)

Ποιες παραμέτρους θα έχει το παιχνίδι;

(π.χ. Χρήματα, Υγεία, Διασκέδαση , Προϊόντα κλπ)

Τι είδους επιλογές θα έχει ο παίκτης;

(π.χ. υγιεινά/ανθυγιεινά φαγητά, επισκέψεις σε κτήρια, αγροτικές εργασίες κλπ)

Πως θα επηρεάζουν οι επιλογές τις παραμέτρους;

(π.χ. όλα τα υγιεινά φαγητά αυξάνουν την υγεία, όλες οι δουλειές στην ύπαιθρο αυξάνουν την κούραση κλπ)

Πότε θα τερματίζει το παιχνίδι;

Πως θα αντιδρά το παιχνίδι στις ενέργειες του παίκτη;

Π.χ. εμφανίζει κάποια προειδοποιητικά μηνύματα, αλλάζει η εικόνα φόντου, παίζει έναν ήχο, παίζει ένα βίντεο

Άλλες ιδέες που θα κάνουν το παιχνίδι πιο ενδιαφέρον, διασκεδαστικό, κατανοητό

Παράρτημα Γ. – Ψηφιακά Ερωτηματολόγια

Ακολουθούν τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις, όπως εξήχθησαν από την ψηφιακή τους μορφή στο εργαλείο google forms.

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν την εφαρμογή της 1^{ης} διδακτικής παρέμβασης

28/8/2020

Ερωτηματολόγιο Υπολογιστικής Σκέψης

Ερωτηματολόγιο Υπολογιστικής Σκέψης

* Required



1. Κωδικός:

2. Πόσο χρονών είσαι;

Mark only one oval.

- ☐ 11
- ☐ 12
- ☐ 13
- ☐ 14
- ☐ 15
- ☐ 16
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ 19

3. Είμαι: ★

Mark only one oval.

- ☐ Κορίτσι
- ☐ Αγόρι

<https://docs.google.com/forms/d/1LF7xfrOu6VVFPLFeVeu6iliziFBI8Tk9qKFLQB3o7f8/edit>

1/15

4. Πόσο συχνά παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Ποτέ	☐	☐	☐	☐	☐	Κάθε μέρα

5. Πόσο συχνά παίζεις με τους φίλους σου ομαδικά παιχνίδια (επιτραπέζια, κρυφτό, παντομίμα κλπ;)

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Ποτέ	☐	☐	☐	☐	☐	Κάθε μέρα

6. Έχεις κάνει ποτέ προγραμματισμό; (π.χ. Scratch, ρομποτική κλπ) *

Mark only one oval.

☐ Ναι

☐ Όχι Skip to question 11

Προγραμματισμός

7. Σε ποιο(α) από τα παρακάτω εργαλεία έχεις προγραμματίσει;

Check all that apply.

- ☐ Scratch
- ☐ Logo
- ☐ App Inventor
- ☐ ChoiCo
- ☐ MaLT - Χελωνόσφαιρα
- ☐ Alice
- ☐ Εργαλείο Προγραμματισμού Ρομποτικής

Other: ☐ _____

8. Πόσο σου αρέσει ο προγραμματισμός; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

9. Θα ήθελες να ασχοληθείς με τον προγραμματισμό όταν μεγαλώσεις; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

10. Πόσο καλός/ή πιστεύεις ότι είσαι στον προγραμματισμό; *

Mark only one oval.

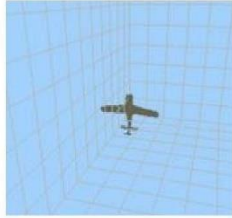
	1	2	3	4	5	
Καθόλου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

Κατασκευή
Αλγόριθμου

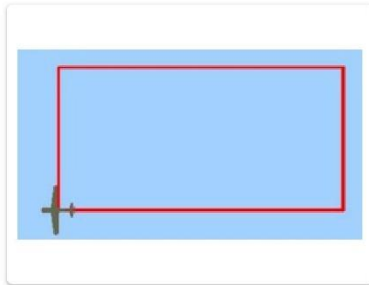
Είσαι προγραμματιστής/προγραμματίστρια ενός κατευθυνόμενου αεροπλάνου-Drone στο οποίο δίνεις εντολές για να κινηθεί στον αέρα. Το Drone καθώς κινείται αφήνει πίσω του χρωματιστό καπνό.

11. Το drone βρίσκεται στη θέση που βλέπεις στην εικόνα και του δίνεις με τη σειρά τις παρακάτω εντολές. Όταν εκτελέσει και την τελευταία εντολή, τι σχέδιο θα έχει σχηματιστεί και που θα βρίσκεται το drone ; *

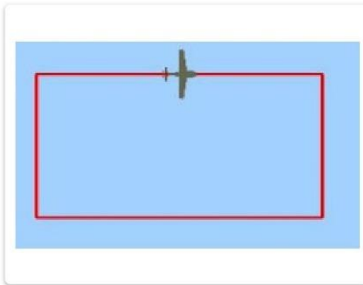
δεξιά 90
 μπροστά 100
 δεξιά 90
 μπροστά 100
 δεξιά 90
 μπροστά 200
 δεξιά 90
 μπροστά 100
 δεξιά 90
 μπροστά 100



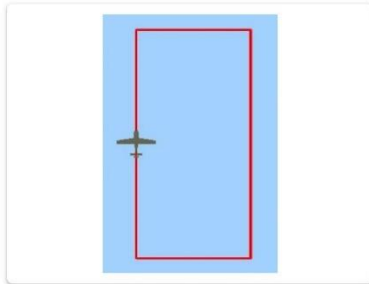
Mark only one oval.



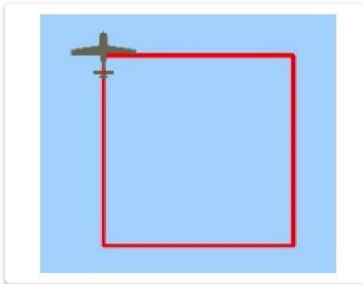
☐ Option 5



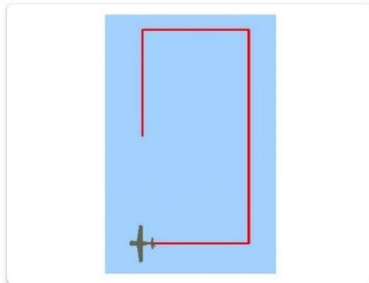
☐ Option 1



☐ Option 2



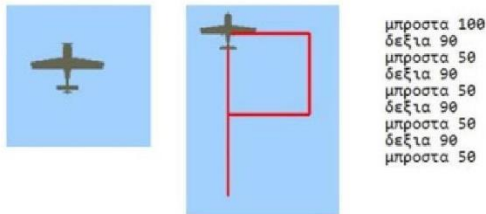
☐ Option 3



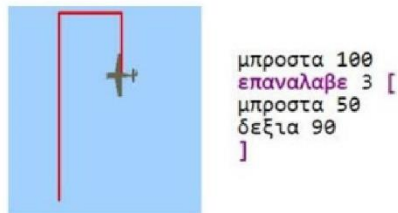
☐ Option 4

Κατασκευή Αλγόριθμου

Το drone βρισκόταν στη θέση που βλέπεις στην πρώτη εικόνα. Του έδωσες τις παρακάτω εντολές και αυτό σχημάτισε το γράμμα P που φαίνεται στη δεύτερη εικόνα.



12. Ένας προγραμματιστής προσπάθησε να σχηματίσει το ίδιο σχήμα P με λιγότερες εντολές και έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο. Όμως ο οι εντολές έχουν κάποιο λάθος και το drone σχημάτισε το σχήμα που βλέπεις στην παρακάτω εικόνα. Μπορείς να βρεις το λάθος του στις παρακάτω εντολές και να το διορθώσεις ώστε να σχηματίζεται σωστά το γράμμα P; Σημείωση: Με την εντολή 'επανάλαβε 3' το drone επαναλαμβάνει 3 φορές τις εντολές που βρίσκονται μέσα στις μωβ παρενθέσεις.*



13. Μια προγραμματίστρια έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο. Το γράμμα :α είναι μια μεταβλητή, δηλαδή μπορεί στη θέση του μπορεί να είναι οποιοσδήποτε αριθμός. Για ποιές από τις παρακάτω αριθμητικές τιμές του :α το Drone θα εκτελέσει την εντολή μπροστά 50; *

```
αν :α < 100 [  
  μπροστά 50  
]
```

Check all that apply.

- ☐ 100
☐ 90
☐ 150
☐ 50
☐ 200
☐ 0

Κατασκευή Αλγόριθμου

14. Ένας προγραμματιστής έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο με το όνομα 'σχήμα :α :β'. Τα γράμματα :α και :β είναι μεταβλητές, δηλαδή το καθένα μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε αριθμός. Για παράδειγμα αν γράψεις 'σχήμα 20 30' το drone θα εκτελέσει με τη σειρά τις εντολές και το α θα είναι ο αριθμός 20 και το β ο αριθμός 30. Ποιά απο τα παρακάτω σχήματα μπορείς να φτιάξεις χρησιμοποιώντας μόνο την εντολή 'σχήμα' με τους κατάλληλους αριθμούς; Μπορείς να χρησιμοποιήσεις όποιους αριθμούς θέλεις για τα α και β

ΓΙΑ σχήμα :α :β

 μπροστά :α

 δεξιά 90

 μπροστά :β

 δεξιά 90

 μπροστά :α

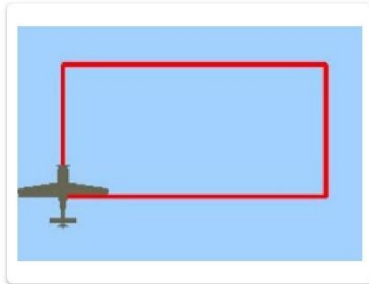
 δεξιά 90

 μπροστά :β

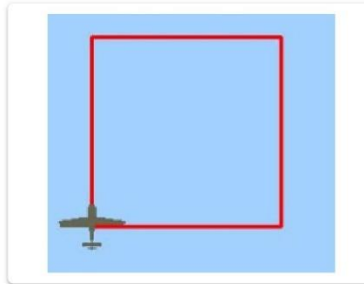
 δεξιά 90

ΤΕΛΟΣ

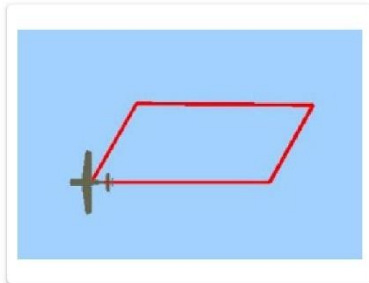
Check all that apply.



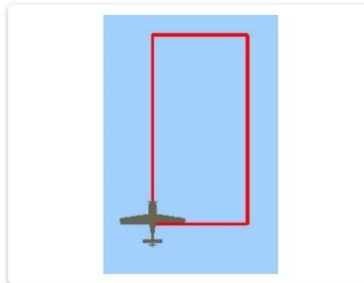
☐ Επιλογή 1



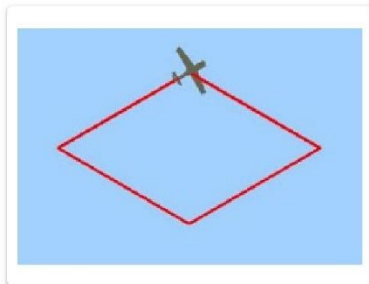
☐ Επιλογή 2



☐ Επιλογή 3



☐ Επιλογή 4

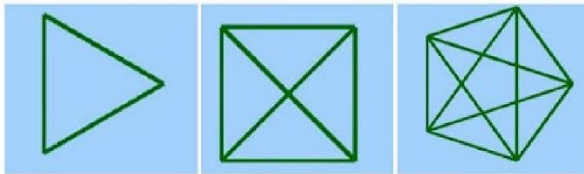


☐ Επιλογή 5

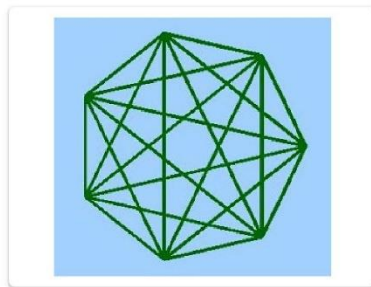
Αναγνώριση Μοτίβων

15. Τι είναι ένα μοτίβο; Δώσε ένα παράδειγμα

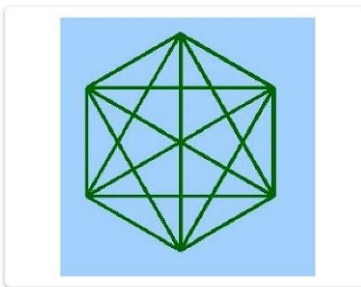
16. Το Drone σχεδίασε με τη σειρά τα παρακατω σχήματα ακολουθώντας ένα μοτίβο. Ποιο πιστεύεις ότι θα είναι το επόμενο σχήμα που θα σχεδιάσει; *



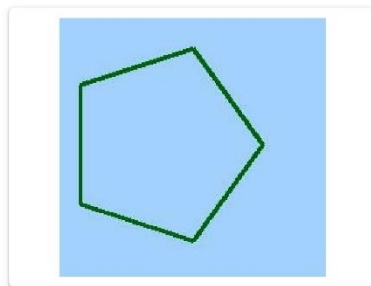
Mark only one oval.



☐ Επιλογή 1

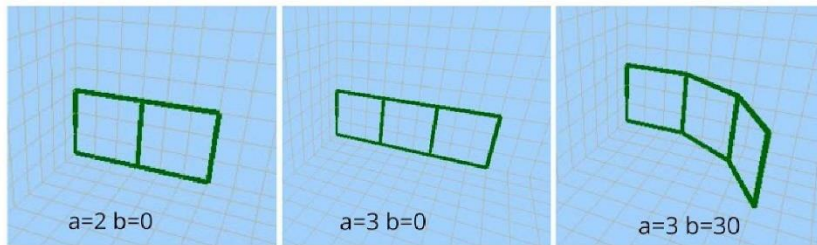


☐ Επιλογή 2

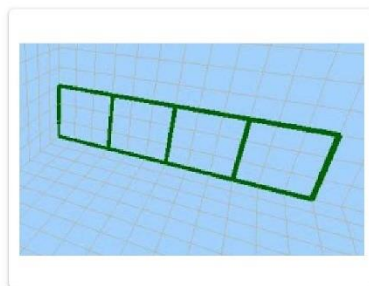


☐ Επιλογή 3

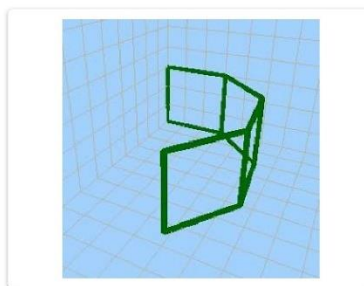
17. Έχω έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί 2 μεταβλητές: την a και την b (μία μεταβλητή μπορεί να πάρει οποιονδήποτε αριθμό). Στην εικόνα φαίνονται τα σχήματα που σχεδιάζει το drone όταν το a και b έχουν συγκεκριμένους αριθμούς. Ποιο σχήμα θα σχεδιάσει όταν $a = 4$ και $b = 45$; *



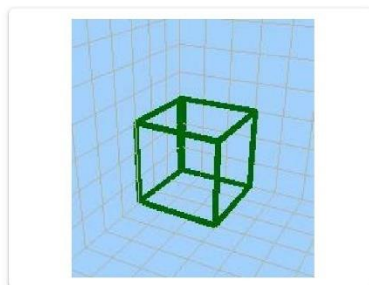
Mark only one oval.



☐ Επιλογή 1



☐ Επιλογή 2



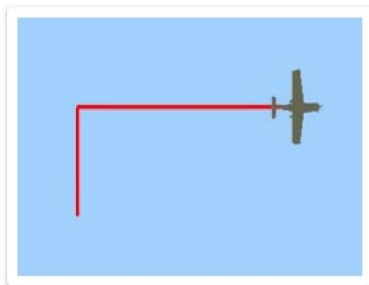
☐ Επιλογή 3

18. Ένας προγραμματιστής έφτιαξε τους 2 παρακάτω αλγόριθμους για ένα Drone. Τι σχήμα θα φτιάξει το drone αν του δώσω την εντολή "γραμμη1 100"; (θα εκτελέσει τις εντολές του αλγορίθμου γραμμη 1 και το α θα έχει την τιμή 100)

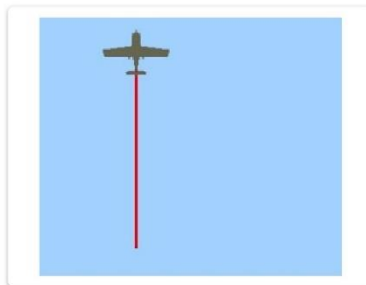
```
ΓΙΑ γραμμη1 :α  
  μπροστα :α  
  δεξια 90  
  γραμμη2 :α/2  
ΤΕΛΟΣ
```

```
ΓΙΑ γραμμη2 :β  
  μπροστα :β  
ΤΕΛΟΣ
```

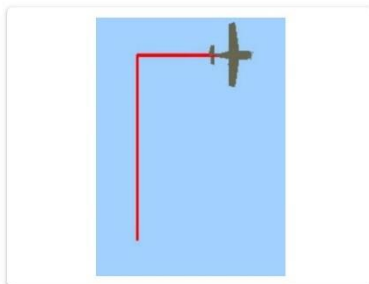
Mark only one oval.



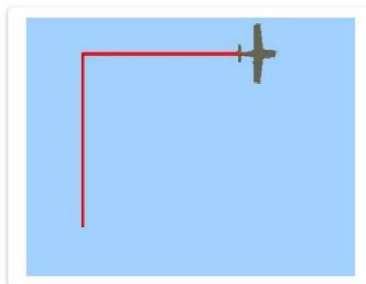
☐ Επιλογή 1



☐ Επιλογή 2



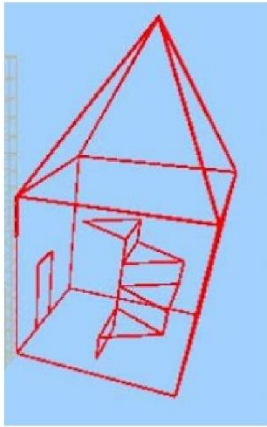
☐ Επιλογή 3



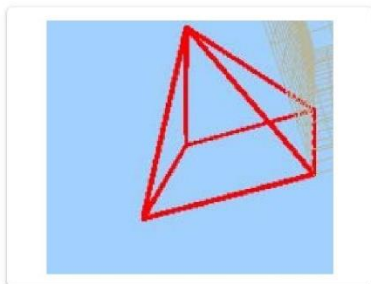
☐ Επιλογή 4

Αποδόμηση

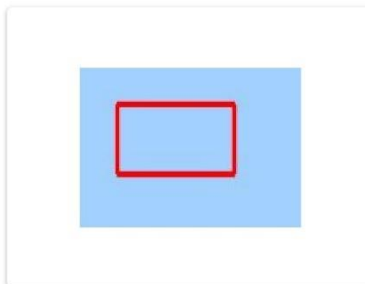
19. Θέλεις να φτιάξεις το τρισδιάστατο σχέδιο της εικόνας. Έχεις διαθέσιμες τις παρακάτω κατηγορίες σχημάτων με απεριόριστες ποσότητες από σχημάτων στην καθεμία. Σε όλα τα σχήματα μπορείς να αλλάξεις το μέγεθος και τον προσανατολισμό, όχι όμως τη μορφή τους. Επίλεξε όσο το δυνατόν λιγότερες κατηγορίες σχημάτων που θα χρειαστείς για να το κατασκευάσεις *



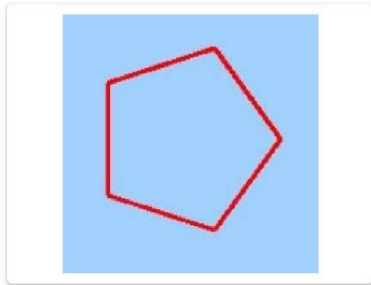
Check all that apply.



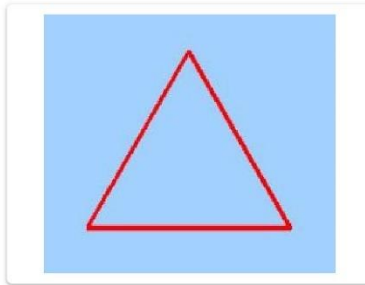
☐ Κατηγορία 1



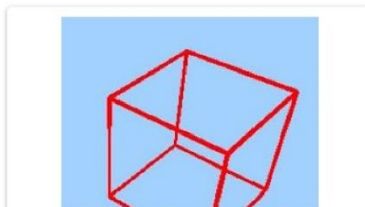
☐ Κατηγορία 2



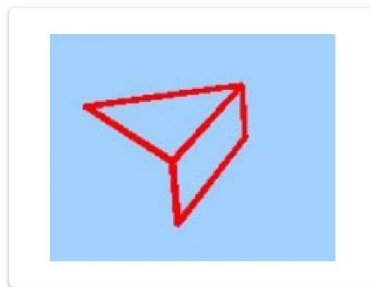
☐ Κατηγορία 3



☐ Κατηγορία 4




☐ Κατηγορία 5

☐ Κατηγορία 6

☐ Κατηγορία 7

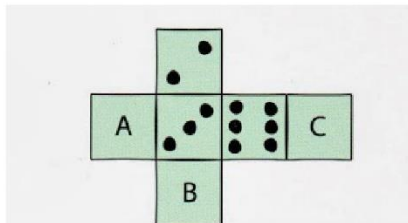
Φτιάχνοντας ένα ζάρι

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κανονικό ζάρι:



20. Ο Beaver σχεδίασε το παρακάτω πρότυπο (ανάπτυγμα κύβου) για να φτιάξει το δικό του ζάρι. Πόσες τελείες πρέπει να βάλει στις πλευρές A, B και C ; *



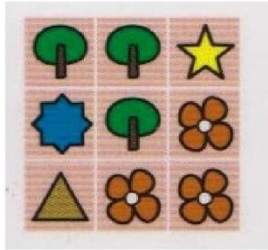
Mark only one oval per row.

	Πλευρά A	Πλευρά B	Πλευρά C
1 τελεία	☐	☐	☐
4 τελείες	☐	☐	☐
5 τελείες	☐	☐	☐

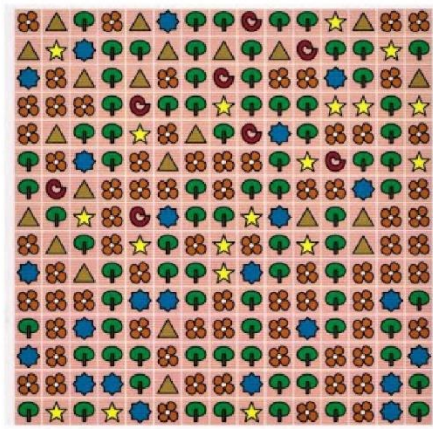
Μοτίβα

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Το παρακάτω μοτίβο είναι κομμάτι ενός μεγαλύτερου χαρτιού περιτυλίγματος το οποίο αποτελείται από πολλά σχέδια.



21. Πόσα αντίγραφα του παραπάνω μοτίβου μπορείς να βρεις στο παρακάτω χαρτί περιτυλίγματος; *

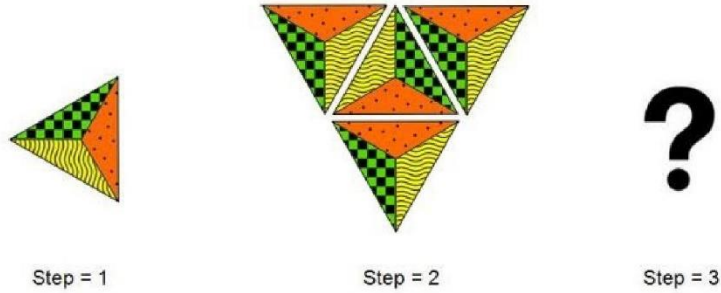


Mark only one oval.

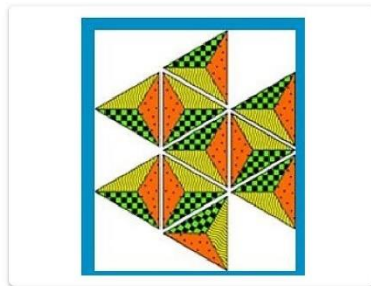
- ☐ 0
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8
☐ 9
☐ 10

Τρίγωνα

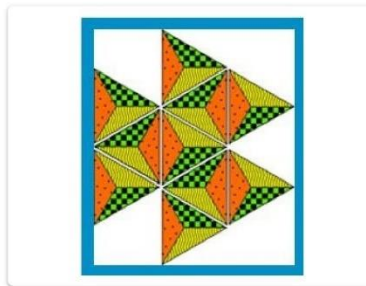
22. Ο Beaver θέλει να φτιάξει ένα μωσαϊκό με όμοια τριγωνικά πλακάκια. Ξεκινάει με ένα τριγωνικό πλακάκι (step 1), το γυρίζει προς τα δεξιά 90 μοίρες και προσθέτει τρία νέα πλακάκια στις πλευρές του όπως φαίνεται στο step 2. Στο επόμενο βήμα περιστρέφει όλο το σχέδιο δεξιά 90 μοίρες και προσθέτει νέα πλακάκια στις πλευρές του ακολουθώντας το ίδιο μοτίβο. Ποιο σχήμα θα δημιουργηθεί στο step 3; *



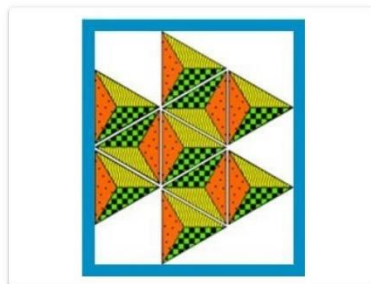
Mark only one oval.



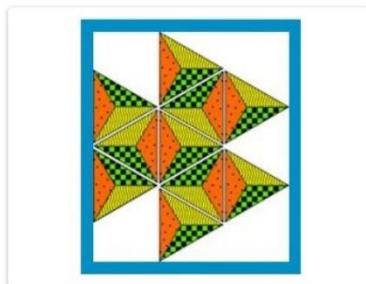
☐ Option 1



☐ Option 2



☐ Option 3



☐ Option 4

This content is neither created nor endorsed by Google.

<https://docs.google.com/forms/d/1LF7xfrOu6VVFPLFeVeu6iliziFBI8Tk9qKFLQB3o7f8/edit>

14/15

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την εφαρμογή της 1^{ης} διδακτικής παρέμβασης

28/8/2020

Ερωτηματολόγιο Υπολογιστικής Σκέψης 2

Ερωτηματολόγιο Υπολογιστικής Σκέψης 2

Γενικές Ερωτήσεις

* Required

1. Κωδικός (Αρχικά ονόματος και τμήμα) *

2. Είμαι *

Mark only one oval.

☐ Αγόρι

☐ Κορίτσι

3. Πόσο σου αρέσει ο προγραμματισμός *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πάρα πολύ

4. Θα ήθελες να ασχοληθείς με τον προγραμματισμό όταν μεγαλώσεις; *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πάρα πολύ

5. Πόσο καλός/ή πιστεύεις ότι είσαι στον προγραμματισμό; *

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πάρα πολύ

Σχετικά με τη
δραστηριότητα

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν τη δραστηριότητα προγραμματισμού που κάνατε τις προηγούμενες μέρες

6. Πιστεύεις ότι έμαθες κάτι καινούριο σχετικά με τον προγραμματισμό; Αν ναι τι είναι αυτό; *

7. Πιστεύεις ότι απέκτησες ή ότι ανέπτυξες περισσότερο κάποια δεξιότητά σου; Αν ναι ποια; *

8. Στο μέλλον θα ήθελες να ασχοληθείς ξανά με τον προγραμματισμό στο περιβάλλον Χελωνόσφαιρα; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθολου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

Κατασκευή
Αλγόριθμου

Είσαι προγραμματιστής/προγραμματίστρια ενός κατευθυνόμενου αεροπλάνου-Drone στο οποίο δίνεις εντολές για να κινηθεί στον αέρα. Το Drone καθώς κινείται αφήνει πίσω του χρωματιστό καπνό.

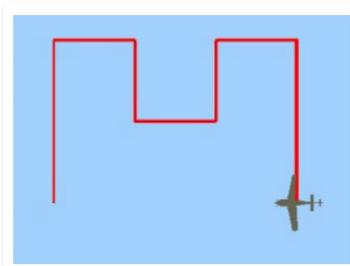
9. Το drone βρίσκεται στη θέση που βλέπεις στην εικόνα και του δίνεις με τη σειρά τις παρακάτω εντολές. Όταν εκτελέσει και την τελευταία εντολή, τι σχέδιο θα έχει σχηματιστεί και που θα βρίσκεται το Drone; *



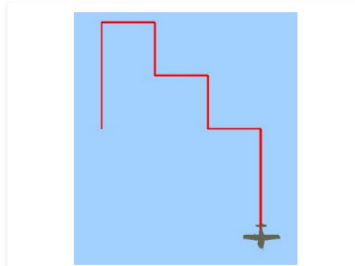
```

μπροστα 100
δεξια 90
μπροστα 50
δεξια 90
μπροστα 50
αριστερα 90
μπροστα 50
αριστερα 90
μπροστα 50
δεξια 90
μπροστα 50
δεξια 90
μπροστα 100
  
```

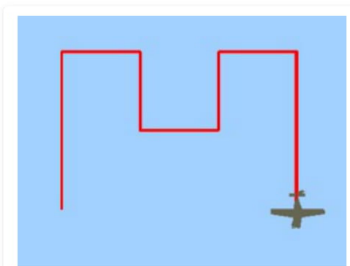
Mark only one oval.



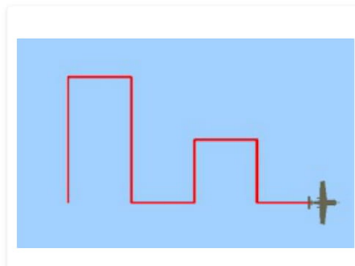
☐ a



☐ b



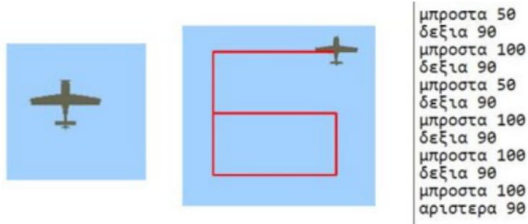
☐ c



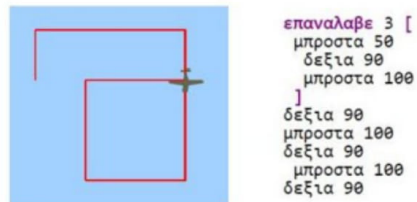
☐ d

Κατασκευή Αλγόριθμου

Έδωσες τις παρακάτω εντολές στο drone και αυτό ξεκινώντας από την θέση που φαίνεται στην πρώτη εικόνα σχημάτισε τον αριθμό 6



10. Ένας προγραμματιστής προσπάθησε να σχηματίσει τον αριθμό 6 με λιγότερες εντολές και έτσι έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο. Όμως το drone σχημάτισε το σχήμα που βλέπεις στην εικόνα. Μπορείς να διορθώσεις τα λάθη του ώστε να σχηματίζεται ο αριθμός 6 όπως παραπάνω, με τον ίδιο αριθμό εντολών που έχει χρησιμοποιήσει ο προγραμματιστής; *



11. Bonus: Μήπως μπορείς να φτιάξεις τον αριθμό έξι με ακόμα λιγότερες εντολές; Αν ναι γράψε τις εντολές παρακάτω

Κατασκευή Αλγόριθμου

12. Μια προγραμματίστρια έφτιαξε τον παρακάτω αλγόριθμο με τίτλο 'σχεδιο :α'. Το γράμμα :α είναι μια μεταβλητή, δηλαδή στη θέση του μπορεί να είναι ένας οποιοσδήποτε αριθμός. Για ποιές απο τις παρακάτω αριθμητικές τιμές του α το drone θα σχεδιάσει ένα τρίγωνο; *

```
ΓΙΑ σχεδιο :α  
  αν :α > 100 [  
    τετραγωνο  
  ]  
  αν :α < 80 [  
    τριγωνο  
  ]  
ΤΕΛΟΣ
```

Check all that apply.

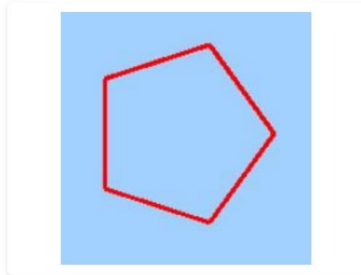
- ☐ 100
☐ 40
☐ 0
☐ 80
☐ 90

Κατασκευή Αλγόριθμου

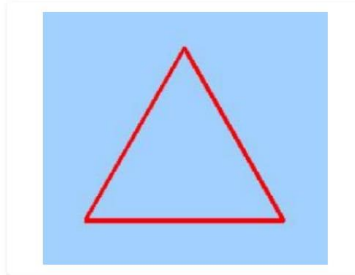
13. Ένας προγραμματιστής έφτιαξε τη διαδικασία με το όνομα 'σχήμα :v'. Ποια από τα παρακάτω σχήματα μπορείς να φτιάξεις χρησιμοποιώντας μόνο την εντολή 'σχήμα'; Η μεταβλητή v μπορεί να είναι οποιοσδήποτε αριθμός. *

```
ΓΙΑ σχημα :v
  επαναλαβε :v
    [ μπροστα 100
      δεξια 360/:v
    ]
  ΤΕΛΟΣ
```

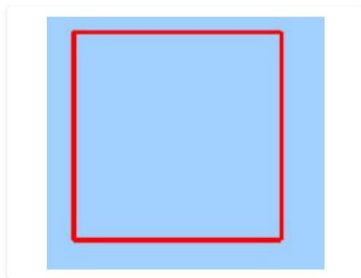
Check all that apply.



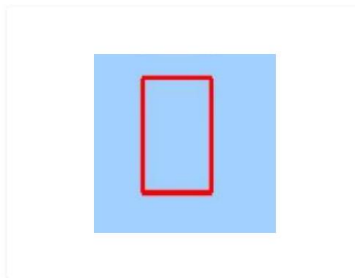
☐ Πεντάγωνο



☐ Τρίγωνο Ισοσκελές



☐ Τετράγωνο

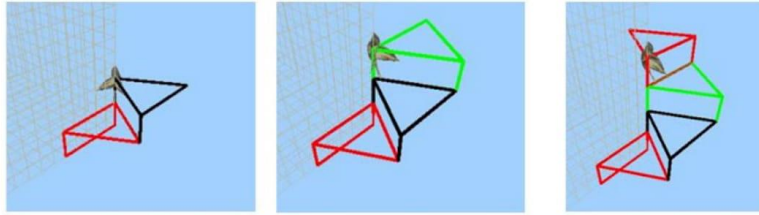


☐ Ορθογώνιο Παραλληλόγραμμο

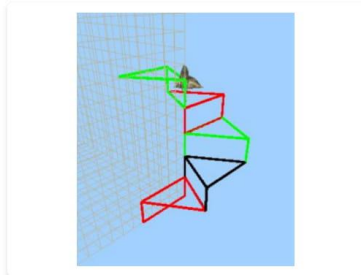
Pattern recognition - Decomposition

14. Τι είναι ένα μοτίβο; Δώσε ένα παράδειγμα *

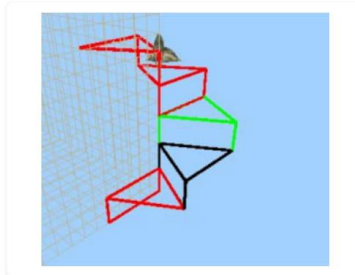
15. Ένα drone-περιστέρι σχεδίασε με τη σειρά τα παρακατω σχήματα. Ποιο πιστεύεις ότι θα είναι το επόμενο σχήμα που θα σχεδιάσει; *



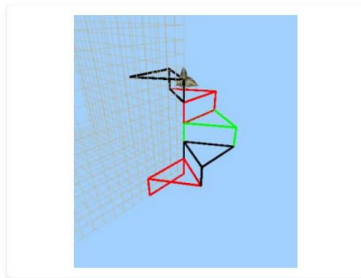
Mark only one oval.



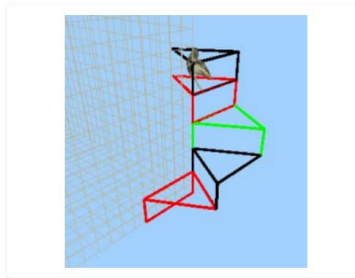
☐ α



☐ β

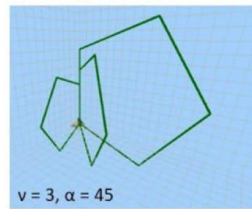
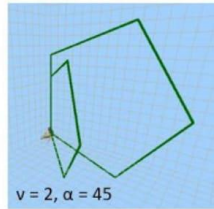
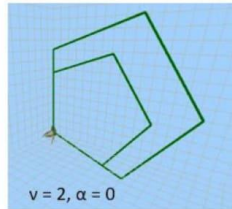


☐ γ

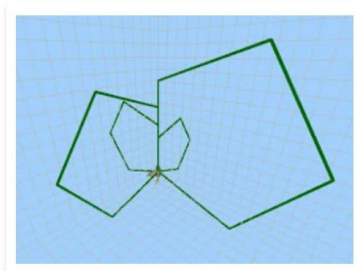


☐ δ

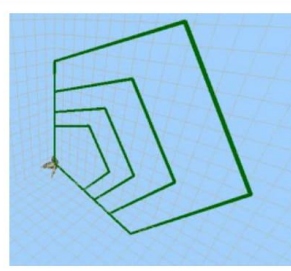
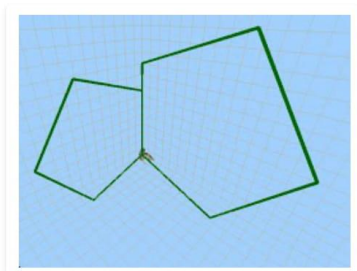
16. Έχω έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί 2 μεταβλητές: την n και την a . Στην εικόνα φαίνονται τα σχήματα που σχεδιάζει το drone όταν τα n και a έχουν συγκεκριμένους αριθμούς. Ποιο σχήμα θα σχεδιάσει όταν $n = 4$ και $a = 90$; *



Mark only one oval.

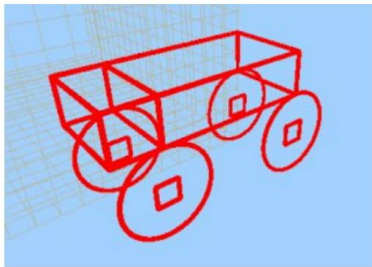


☐ a

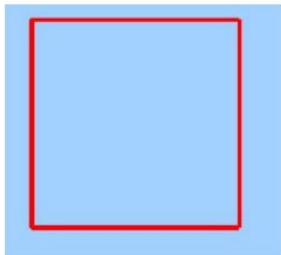
 β 

☐ Y

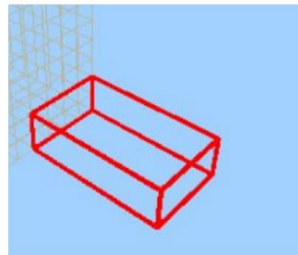
17. Θέλεις να φτιάξεις το παρακάτω σχέδιο. Επίλεξε όσο το δυνατόν λιγότερα από τα παρακάτω σχήματα που θα χρειαστείς ώστε να το σχηματίσεις. Σε όλα τα σχήματα μπορείς να αλλάξεις το μέγεθος και τον προσανατολισμό, όχι όμως τη μορφή τους. *



Check all that apply.



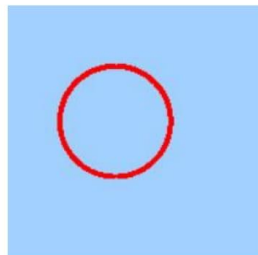
☐ Option 1



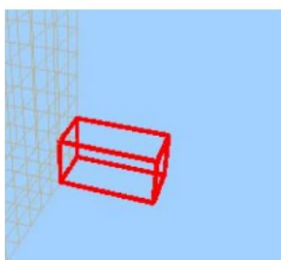
☐ Option 2



☐ Option 3



☐ Option 4

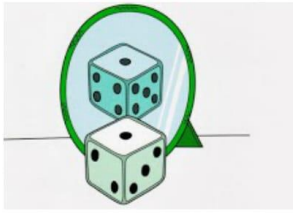


☐ Option 5

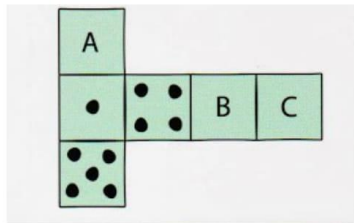
Κατασκευάζοντας ένα ζάρι

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κανονικό ζάρι:



18. Ο Beaver σχεδίασε το παρακάτω πρότυπο (ανάπτυγμα κύβου) για να κατασκευάσει το δικό του ζάρι. Πόσες τελείες πρέπει να βάλει στις πλευρές A, B και C ; *



Mark only one oval per row.

	2 τελείες	3 τελείες	6 τελείες
Πλευρά A	☐	☐	☐
Πλευρά B	☐	☐	☐
Πλευρά C	☐	☐	☐

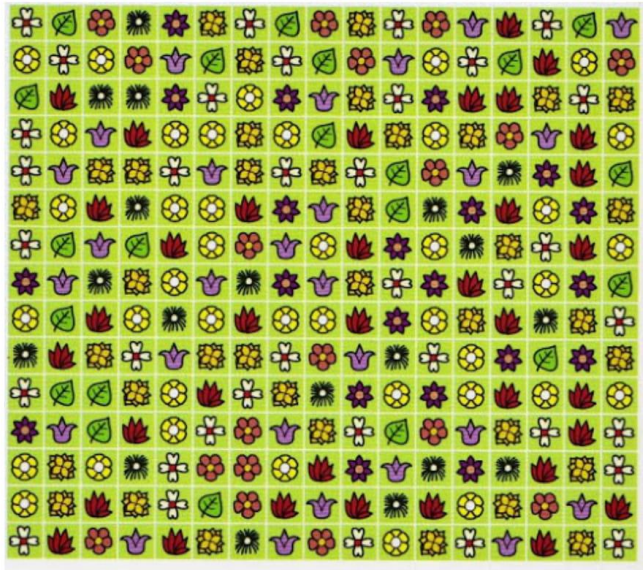
Ανακαλύπτοντας μοτίβα

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

Το παρακάτω μοτίβο είναι κομμάτι ενός μεγαλύτερου χαρτιού περιτυλίγματος το οποίο αποτελείται από πολλά σχέδια.



19. Πόσα αντίγραφα του μοτίβου μπορείς να βρεις στο παρακάτω χαρτί περιτυλίγματος; *



Mark only one oval.

- ☐ 0
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8
☐ 9
☐ 10

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν την εφαρμογή της 2^{ης} διδακτικής παρέμβασης

28/8/2020

CT Chef - Ερωτηματολόγιο (Pre)

CT Chef - Ερωτηματολόγιο (Pre)

Ένα παιχνίδι για τα μαθηματικά μέσα από την μαγειρική

* Required

1. Κωδικός *

2. Πόσο χρονών είσαι; *

Mark only one oval.

☐ 11

☐ 12

☐ 13

☐ 14

☐ 15

☐ 16

☐ 17

☐ 18

☐ 19

3. Πόσο συχνά παίζεις ηλεκτρονικά παιχνίδια; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Ποτέ	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ συχνά

4. Πόσο συχνά παίζεις με τους φίλους σου ομαδικά παιχνίδια (επιτραπέζια, κρυφτό, παντομίμα κλπ); *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Ποτέ	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ συχνά

5. Έχεις κάνει προγραμματισμό στο παρελθόν; (π.χ. Scratch, ρομποτική κλπ) *

Mark only one oval.

- ☐ Ναι
☐ Όχι Skip to question 7

Προγραμματισμός

6. Σε ποιο(α) από τα εργαλεία έχεις προγραμματίσει; *

Check all that apply.

- ☐ Scratch
☐ Logo
☐ App Inventor
☐ ChoiCo
☐ MaLT - Χελωνόσφαιρα
☐ Alice
☐ Εργαλείο Προγραμματισμού Ρομποτικής

Other: ☐ _____

Παιχνίδια και Μαθηματικά

7. Γράψε τέσσερα στοιχεία που χρειάζονται για να φτιαχτεί ένα ψηφιακό παιχνίδι *

8. Στο παρακάτω κομμάτι κώδικα ενός παιχνιδιού η μεταβλητή Points έχει κάθε στιγμή τον αριθμό που αντιστοιχεί στους πόντους του παίκτη. Για ποιες από τις παρακάτω τιμές του Points θα εμφανιστεί το μήνυμα Game Over ; *



Check all that apply.

- ☐ 100
☐ 90
☐ 150
☐ 30
☐ 200

9. Τι μήνυμα θα εκτυπώσει (Print) το παιχνίδι όταν η μεταβλητή Joy έχει τις παρακάτω τιμές; (Για κάθε τιμή επέλεξε όσες λέξεις θα τυπωθούν) *



Check all that apply.

	Hello	I am happy!	I am sad	Game Over	Bye
Joy = 100	☐	☐	☐	☐	☐
Joy = 50	☐	☐	☐	☐	☐
Joy = 0	☐	☐	☐	☐	☐

10. Τι μήνυμα θα εμφανίσει αυτός ο κώδικας παιχνιδιού όταν η μεταβλητή Points έχει τις παρακάτω τιμές; *

```
if (Points > 20)
do
  PopUp window with: " Nice!! "
else
  if (Points < 10)
  do
    PopUp window with: " Be careful! "
  else
    PopUp window with: " Keep going! "
```

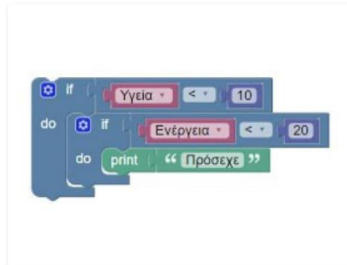
Mark only one oval per row.

	Nice!!	Be careful!	Keep going!
Points = 30	☐	☐	☐
Points = 5	☐	☐	☐
Points = 15	☐	☐	☐
Points = 10	☐	☐	☐

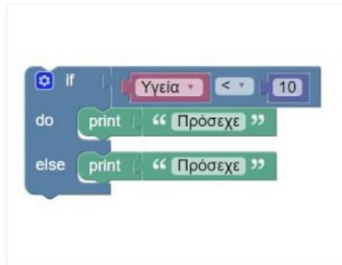
11. Ποιος από τους παρακάτω κώδικες έχει πάντα το ίδιο αποτέλεσμα με αυτόν της εικόνα; *



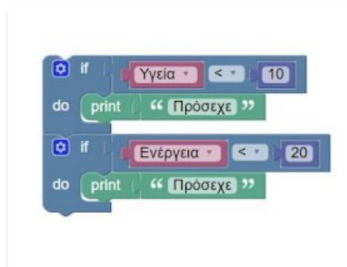
Mark only one oval.



☐ Επιλογή 1

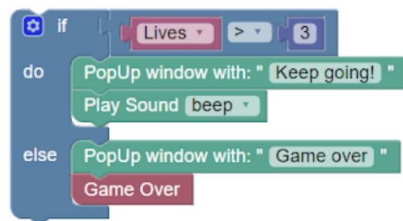


☐ Επιλογή 2



☐ Επιλογή 3

12. Έπαιξα ένα παιχνίδι και έχασα (game over) ενώ είχα ακόμα 2 ζωές (δηλαδή Lives = 2). Μπορείς να βρεις το λάθος στο παρακάτω κομμάτι κώδικα; Αν ναι περιέγραψε το λάθος στο παρακάτω κουτί.



Το ταξίδι ενός κάστορα

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

13. Ένας κάστορας ξεκινά το ταξίδι του στο ποτάμι. Κάθε φορά που συναντά ένα ζάρι συνεχίζει να κολυμπάει τόσα τετράγωνα όσα ο αριθμός που δείχνει το ζάρι. Σε ποιο αντικείμενο θα σταματήσει το ταξίδι του; Σημείωσε την απάντησή σου παρακάτω *



Μοτίβα

14. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μέρη που μπορώ να επισκεφθώ σε ένα παιχνίδι και οι επιπτώσεις του κάθε μέρους στις παραμέτρους Απόσταση και Βενζίνη. Ποια μαθηματική σχέση συνδέει την τιμή της Βενζίνης και της τιμής της Απόστασης στα περισσότερα σημεία; *

Description	Απόσταση (Km)	Βενζίνη
Αεροδρόμιο	40	80
Super Market	5	10
Εμπορικό Κέντρο	20	40
Παραλία	60	15
Εσπατόριο	10	20

15. Με βάση τη σχέση που βρήκες ποιο μέρος πιστεύεις ότι δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα ως προς τις επιπτώσεις του στις παραμέτρους Βενζίνη και Απόσταση;

Δεδομένα

Στον παρακάτω πίνακα δεδομένων φαίνονται τα φαγητά που μπορώ να επιλέξω σε ένα παιχνίδι και οι επιπτώσεις του κάθε φαγητού στις παραμέτρους "Υγεία", "Ενέργεια" και "Κόστος".

ID	Φαγητό	Υγεία	Ενέργεια	Κόστος
754	Σαλάτα	+30	-10	7
757	Σοκολάτα	-15	+15	3
760	Σπανάκι	+20	+20	12
769	Καφές	-15	+30	2
772	Τσάι	+10	+10	2
775	Κοκα κολα	-30	+20	2
778	Σούπα	+20	-15	6
781	Ρύζι	+5	+15	10
784	Σολομός	+10	+15	15
787	Τούρτα	-30	+25	10

16. Πόσα φαγητά αυξάνουν και την Υγεία ΚΑΙ την Ενέργεια; *

Mark only one oval.

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9

17. Πόσα φαγητά αυξάνουν την Υγεία ΚΑΙ κοστίζουν λιγότερο από 10 ευρώ; *

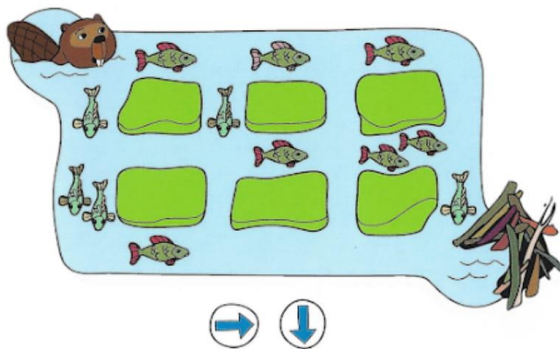
Mark only one oval.

- ☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8
☐ 9

Ο κάστορας και τα ψάρια

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

18. Ένας κάστορας κολυμπά μέχρι το σπίτι του και στο δρόμο μαζεύει ψάρια. Ο κάστορας μπορεί να κολυμπήσει μόνο στις δύο κατευθύνσεις που δείχνουν τα μπλε βέλη. Ποιος είναι ο μεγαλύτερος αριθμός ψαριών που μπορεί να μαζέψει μέχρι να φτάσει σπίτι του; Πως πρέπει να κινηθεί για να μαζέψει αυτόν τον αριθμό; Γράψε την απάντηση παρακάτω *



Αξία και βάρος

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

19. Ένας κάστορας μαζεύει ξύλινα αντικείμενα στη βάρκα του για να τα πουλήσει στην Beaverland. Το συνολικό βάρος των αντικειμένων όταν είναι πάνω στη βάρκα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30 kg. Το βάρος και η αξία του κάθε αντικείμενου φαίνονται στην κίτρινη ετικέτα. Ποια αντικείμενα πρέπει να επιλέξει να μεταφέρει ο κάστορας, ώστε κερδίσει τα περισσότερα χρήματα όταν τα πουλήσει; Επιλέξε τα αντικείμενα παρακάτω *



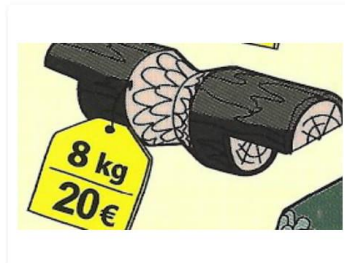
Check all that apply.



☐ Αντικείμενο 1



☐ Αντικείμενο 2



☐ Αντικείμενο 3



☐ Αντικείμενο 4



☐ Αντικείμενο 5



☐ Αντικείμενο 6

Ερωτηματολόγιο που δόθηκε μετά την εφαρμογή της 2^{ης} διδακτικής παρέμβασης

28/8/2020

CT Chef - Ερωτηματολόγιο (Post)

CT Chef - Ερωτηματολόγιο (Post)

Γενικές Ερωτήσεις

* Required

1. Κωδικός (Αρχικά ονόματος και τμήμα) *

2. Είμαι *

Mark only one oval.

☐ Αγόρι

☐ Κορίτσι

3. Πόσο σου αρέσει ο προγραμματισμός *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

4. Πόσο καλή /ος πιστεύεις ότι είσαι στον προγραμματισμό; *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

Σχετικά με τη δραστηριότητα

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν τη δραστηριότητα προγραμματισμού που κάνατε τις προηγούμενες μέρες

5. Πιστεύεις ότι έμαθες κάτι καινούριο σχετικά με τον προγραμματισμό; Αν ναι τι είναι αυτό; *

6. Πιστεύεις ότι απέκτησες ή ότι ανέπτυξες περισσότερο κάποια δεξιότητά; Αν ναι ποια; *

https://docs.google.com/forms/d/1YGgkC7HRy7Bjiu79BKZ3XYGmUzbRApavHY8Hs1NIJ_8/edit

1/10

7. Στο μέλλον θα ήθελες να ασχοληθείς ξανά με τον προγραμματισμό στο περιβάλλον ChoiCo; *

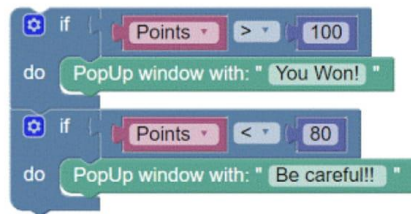
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Καθολου	☐	☐	☐	☐	☐	Πάρα πολύ

Ο κώδικας του παιχνιδιού

8. Γράψε τέσσερα στοιχεία που χρειάζονται για να φτιαχτεί ένα ψηφιακό παιχνίδι *

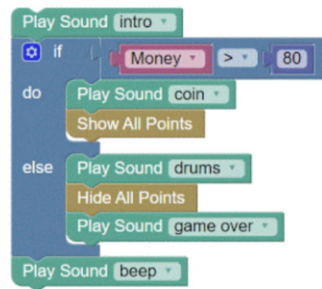
9. Για ποιες από τις παρακάτω τιμές της μεταβλητής Points το πρόγραμμα θα εμφανίσει το μήνυμα Be careful ; *



Check all that apply.

- ☐ 100
☐ 40
☐ 0
☐ 80
☐ 90

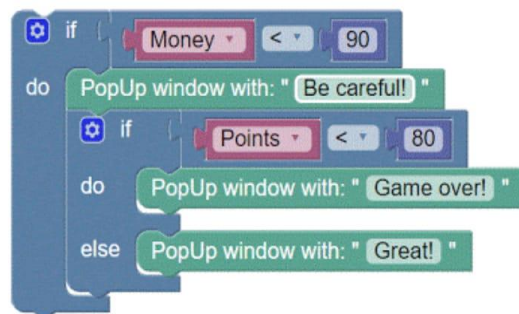
10. Σε αυτόν τον κώδικα παιχνιδιού, ποιοι ήχοι θα παίξουν (play sound) για κάθε μια από τις παρακάτω τιμές της μεταβλητής Money; (Για κάθε τιμή επίλεξε ΟΛΟΥΣ τους ήχους που θα παίξουν) *



Check all that apply.

	intro	coin	drums	game over	beep
100	☐	☐	☐	☐	☐
80	☐	☐	☐	☐	☐
30	☐	☐	☐	☐	☐

11. Έχω τον παρακάτω κώδικα παιχνιδιού. Επίλεξε όποιες από τις προτάσεις είναι σωστές *

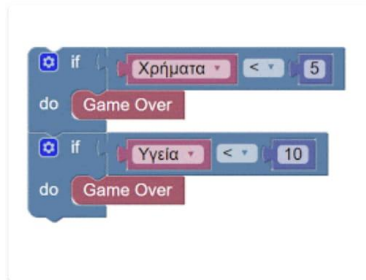


Check all that apply.

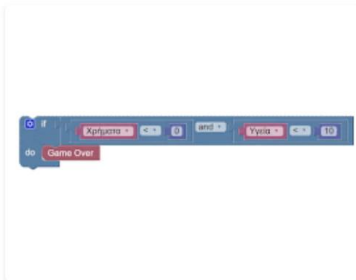
- ☐ Το μήνυμα 'Be careful' εμφανίζεται αν η μεταβλητή Money είναι μικρότερη από 90, ανεξάρτητα από την τιμή της μεταβλητής Points
- ☐ Το μήνυμα 'Game over!' εμφανίζεται αν η μεταβλητή Points είναι μικρότερη από 80, ανεξάρτητα από την τιμή της μεταβλητής Money
- ☐ Το μήνυμα 'Game over!' εμφανίζεται αν η μεταβλητή Money είναι μικρότερη από 90 και αν η μεταβλητή Points είναι μικρότερη από 80
- ☐ Το μήνυμα 'Great' εμφανίζεται αν η μεταβλητή Points είναι μικρότερη από 80
- ☐ Αν η μεταβλητή Money είναι 40 και η μεταβλητή Points είναι 30 θα εμφανιστούν τα μηνύματα 'Be careful' και 'Game over!'
- ☐ Αν η μεταβλητή Money είναι 60 και η μεταβλητή Points είναι 100 θα εμφανιστούν τα μηνύματα 'Be careful' και 'Game over!'

12. Φτιάχνω ένα παιχνίδι και θέλω να χάνω αν η υγεία μου είναι λιγότερη από 10 ΚΑΙ ταυτόχρονα αν τα χρήματα μου είναι λιγότερα από 5. Ποιοι από τους παρακάτω κώδικες το κάνουν αυτό; *

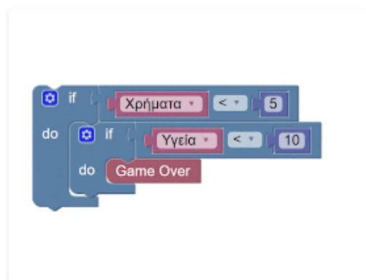
Check all that apply.



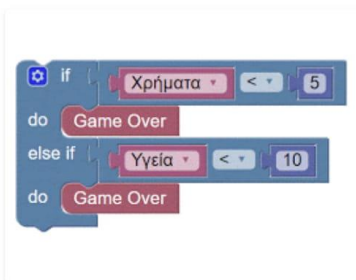
☐ Επιλογή 1



☐ Επιλογή 2

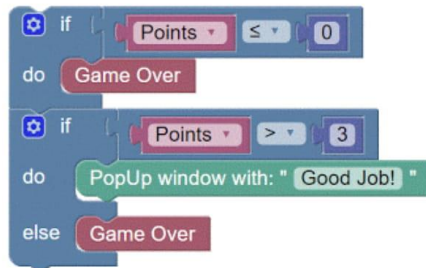


☐ Επιλογή 3



☐ Επιλογή 4

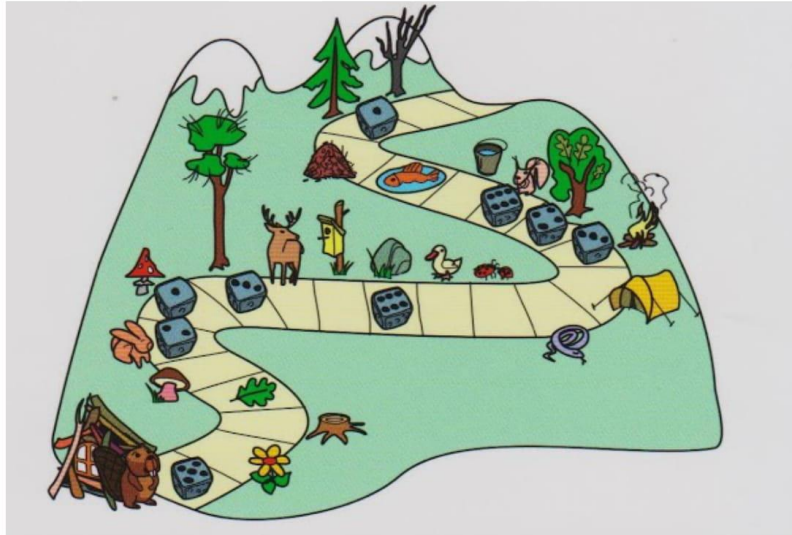
13. Στο παρακάτω παιχνίδι θέλω ο παίκτης να χάνει αν η μεταβλητή Points είναι μικρότερη ή ίση από 0. Όταν δοκίμασα τον παρακάτω κώδικα έχασα όταν η μεταβλητή Points ήταν 1. Γιατί πιστεύεις ότι έγινε αυτό; Εξήγησε το λάθος στο παρακάτω κουτί *



Το ταξίδι ενός κάστορα

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

14. Ένας κάστορας ξεκινά το ταξίδι του στο ποτάμι. Κάθε φορά που συναντά ένα ζάρι συνεχίζει να κολυμπάει τόσα τετράγωνα όσα ο αριθμός που δείχνει το ζάρι. Σε ποιο αντικείμενο θα σταματήσει το ταξίδι του; Σημείωσε την απάντησή σου παρακάτω *



Μοτίβα

15. Στην παρακάτω βάση δεδομένων φαίνονται τα μέρη που μπορώ να επισκεφθώ σε ένα παιχνίδι και οι επιπτώσεις του κάθε μέρους στις παραμέτρους Ενέργεια και Διασκέδαση. Υπάρχει κάποια μαθηματική σχέση που συνδέει τις 2 παραμέτρους; Αν ναι σημείωσε τη παρακάτω. *

Description ▼	Ενέργεια ■ ▼ ➡	Διασκέδαση ■ ▼ ◀ ➡
Μπαρ	-20	10
Σινεμά	-10	5
Σπίτι	10	-5
Πάρκο	4	-2

16. Στο παραπάνω παιχνίδι θέλω να προσθέσω την επιλογή "Ξενοδοχείο". Ποιες είναι οι καταλληλότερες από τις παρακάτω τιμές για τις παραμέτρους Ενέργεια και Διασκέδαση ώστε να ταιριάζει με τις υπόλοιπες εγγραφές (γραμμές) του πίνακα δεδομένων; *

Mark only one oval.

- ☐ Ενέργεια: 8 Διασκέδαση: -4
- ☐ Ενέργεια: 8 Διασκέδαση: 4
- ☐ Ενέργεια: -10 Διασκέδαση: 3
- ☐ Ενέργεια: -8 Διασκέδαση: -4

Data

Στην παρακάτω βάση δεδομένων φαίνονται τα μέρη που μπορώ να επιλέξω σε ένα παιχνίδι και οι επιπτώσεις του κάθε μέρους στις παραμέτρους "Ενέργεια", "Χρήματα" και "Διασκέδαση".

Description	Ενέργεια	Χρήματα	Διασκέδαση
Club	-30	-30	30
Ταξίδι με πλοίο	10	-100	100
Ποδηλασία	-50	0	10
Σούπερ Μαρκετ	10	-20	-5
Εσπατόριο	10	-50	40
Γιατρός	30	-60	-20
Σπίτι	20	0	-20
Σινεμά	-5	-10	10
Δουλειά	-50	100	-50
Καφετέρια	5	-5	2

17. Πόσα μέρη αυξάνουν και την Ενέργεια ΚΑΙ κοστίζουν λιγότερο από 50 ευρώ; *

Mark only one oval.

- ☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7
☐ 8

18. Πόσα μέρη μειώνουν την Ενέργεια ΚΑΙ αυξάνουν την Διασκέδαση; *

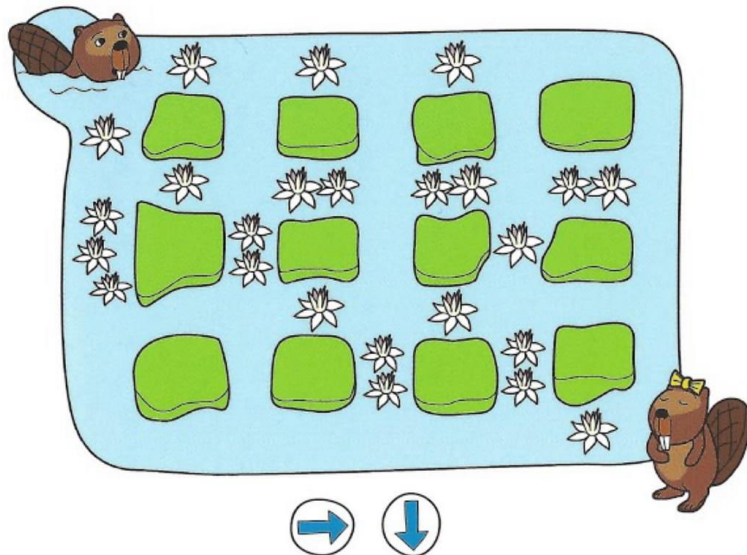
Mark only one oval.

- ☐ 0
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☐ 7

Ο κάστορας και τα ψάρια

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

19. Ένας κάστορας κολυμπάει και μαζεύει νούφαρα για να τα δώσει στη φίλη του. Μπορεί όμως να κολυμπήσει μόνο στις δύο κατευθύνσεις που δείχνουν τα μπλε βέλη, δηλαδή ΜΠΡΟΣΤΑ και ΚΑΤΩ. Ποιος είναι ο μεγαλύτερος αριθμός από νούφαρα που μπορεί να μαζέψει μέχρι να φτάσει στη φίλη του; Πως πρέπει να κολυμπήσει για να μαζέψει αυτόν τον αριθμό; Γράψε την απάντηση παρακάτω *



Αξία και βάρος

Η ερώτηση είναι από τον διεθνή διαγωνισμό 'Bebras Challenge'

20. Δύο κάστορες ετοιμάζουν τα σακίδια τους για ταξίδι. Κάθε σακίδιο δεν μπορεί να χωρέσει πράγματα που ζυγίζουν πάνω από 8Kg. Πώς πρέπει να χωρίσουν τα αντικείμενα μεταξύ των 2 σακιδίων ώστε να πάρουν όσο το δυνατόν περισσότερα πράγματα στο ταξίδι; Γράψε την απάντηση παρακάτω. *



This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Παράρτημα Δ. – Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων – Πλέγμα δραστηριότητας Υπολογιστικής Σκέψης

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα αποτελέσματα της έρευνας επιχειρώντας να προσφέρει μια σφαιρική εικόνα της δραστηριότητας των μαθητών σε μια μορφή που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως εργαλείο σε μελλοντικές έρευνες.

Υπολογιστική Στρατηγική	Διαδικασίες μαθητών	Λογισμικό	Σχετικές λειτουργικότητες λογισμικού	Σχετικό(ά) στοιχείο(α) παιχνιδιού
Αφαίρεση μέσα από την ανάλυση στοιχείων του παιχνιδιού σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας	Χρήση διαβαθμισμένων επιπέδων αφαίρεσης κατά την υλοποίηση προγραμματιστικών διαδικασιών	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού:</i> Ψηφιακό μοντέλο αποτελούμενο από διακριτά τμήματα (άνθρωπος)
	Πετυχημένη και γρήγορη μεταφορά σύνθετης-ρεαλιστικής αναπαράστασης σε απλοποιημένο ψηφιακό σχέδιο	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός Δυναμικός χειρισμός παραμέτρων Αλλαγή γωνίας θέασης	<i>Είδος/θέμα παιχνιδιού:</i> Μίμηση αθλημάτων με το τρισδιάστατο μοντέλο
	Δημιουργία γενικευμένων και επαναχρησιμοποιούμενων διαδικασιών	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός Δυναμικός χειρισμός παραμέτρων	<i>Συνθήκη νίκης παιχνιδιού:</i> ο περισσότερος αριθμός πετυχημένων διασκευών -> Γρήγορη και αποτελεσματική διασκευή
	Δημιουργία κλάσεων και αντικειμένων	ChoiCo	Βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης	<i>Είδος παιχνιδιού:</i> Παιχνίδι προσομοίωσης επιλογών και επιπτώσεων
	Προσέγγιση των αντικειμένων του παιχνιδιού σε	ChoiCo	Βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης	<i>Είδος παιχνιδιού:</i> Παιχνίδι προσομοίωσης επιλογών και επιπτώσεων

	διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας		Προγραμματισμός μηχανισμού παιχνιδιού	
Εξισορρόπηση συστήματος (εμπειρίας παιχνιδιού)	Αλλαγή ενός στοιχείου του παιχνιδιού (κανόνας, αντικείμενο, σκηνικό) στο σωστό επίπεδο	ChoiCo	Βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης Προγραμματισμός μηχανισμού παιχνιδιού	<i>Μηχανισμοί παιχνιδιού</i>
	Δημιουργία ανατροφοδότησης προς τον παίκτη χρήσιμη και με νόημα για το παιχνίδι	ChoiCo	Συνδυασμός και των τριών λειτουργικοτήτων	<i>Είδος παιχνιδιού Συνθήκη νίκης/ήττας παιχνιδιού Κανόνες παιχνιδιού</i>
	Πρόβλεψη της επίδρασης μιας τροποποίησης στα διαφορετικά επίπεδα (μικρο-μέσο-μάκρο)	ChoiCo	Βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης Προγραμματισμός μηχανισμών παιχνιδιού	<i>Είδος/θέμα παιχνιδιού Μηχανισμοί παιχνιδιού</i>
	Αντίληψη και περιγραφή και ενός αντικειμένου του παιχνιδιού ως εγγραφή δεδομένων	ChoiCo	Διαδραστική βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης	<i>Μισοψημένα στοιχεία του παιχνιδιού: Ενσωματωμένο σφάλμα στα δεδομένα Πολλαπλή αναπαράσταση αντικειμένων παιχνιδιού (σημεία στο χάρτη-εγγραφή στη βάση)</i>
	Σχεδιασμός ενός ισορροπημένου παιχνιδιού με νόημα (ενδιαφέρον, δύσκολο, προκλητικό)	ChoiCo	Συνδυασμός και των τριών λειτουργικοτήτων	<i>Σκοπός/θέμα παιχνιδιού Κανόνες παιχνιδιού Συνθήκη νίκης/ήττας παιχνιδιού</i>
Αναγνώριση, Εφαρμογή και γενίκευση μοτίβων	Μοτίβα συμμετρίας ή επανάληψης (υλοποίηση συμμετρικών ή	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός Αλλαγή γωνίας θέασης	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού Μισοψημένα στοιχεία παιχνιδιού: λανθασμένη αναπαράσταση ανθρώπου</i>

	επαναλαμβανόμενων τμημάτων κώδικα)			
	Μοτίβα περιοδικότητας (υλοποίηση σχέσεων μεταξύ ορισμάτων που προκαλούν περιοδικό αποτέλεσμα)	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός Δυναμικός χειρισμός	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού</i> <i>Είδος/θέμα παιχνιδιού</i>
	Μοτίβα δεδομένων (σύγκριση εγγραφών – εντοπισμός κοινών στοιχείων – γενίκευση σε κατηγορίες εγγραφών με κοινά χαρακτηριστικά)	ChoiCo	Διαδραστική βάση δεδομένων Σκηνή-χάρτης	<i>Μισοψημένα στοιχεία παιχνιδιού: Ενσωματωμένο σφάλμα στα δεδομένα</i> <i>Αναπαράσταση δεδομένων/αντικειμένων παιχνιδιού</i>
	Εντοπισμός μοτίβων βέλτιστων επιλογών στα πλαίσια του παιχνιδιού	ChoiCo	Σκηνή-χάρτης	<i>Συνθήκη νίκης παιχνιδιού: Παραμένει στο παιχνίδι ο παίκτης με τις περισσότερες επιλογές</i> <i>Είδος παιχνιδιού</i>
Αποδόμηση	Οπτική-αποδόμηση της γραφικής αναπαράστασης παιχνιδιού (μοντέλο – χάρτης)	ChoiCo MaLT2	Σκηνή-χάρτης Αλλαγή γωνίας θέασης	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού</i>
	Αποδόμηση του προγράμματος σε επιμέρους διαδικασίες αντίστοιχες με την οπτική αποδόμηση του μοντέλου (διαδικασία πόδι-χέρι-κεφάλι κλπ)	MaLT2	Διαδικαστικός προγραμματισμός Αλλαγή γωνίας θέασης	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού</i>
	Αποδόμηση του προβλήματος προς επίλυση που θέτει το	MaLT2 ChoiCo	Διαδικαστικός προγραμματισμός Τρισδιάστατη αναπαράσταση	<i>Είδος/θέμα παιχνιδιού.</i> <i>Συνθήκη νίκης παιχνιδιού</i>

	παιχνίδι σε επιμέρους προβλήματα		Χάρτης-σκηνή	
Ροή αλγόριθμου-Πρόβλεψη αποτελέσματος	Περιγραφή των κανόνων του παιχνιδιού με δομές ελέγχου	ChoiCo	Προγραμματισμός μηχανισμών παιχνιδιού	<i>Συνθήκη νίκης/ήττας παιχνιδιού</i> <i>Κανόνες παιχνιδιού</i>
	Δημιουργία νέων κανόνων παιχνιδιού	ChoiCo	Προγραμματισμός μηχανισμών παιχνιδιού	<i>Κανόνες παιχνιδιού</i>
	Πρόβλεψη πιθανών τιμών των μεταβλητών του παιχνιδιού για διαφορετικά σενάρια παιξίματος (εκτέλεσης)	ChoiCo MaLT2	Συνδυασμός και των τριών λειτουργικοτήτων	<i>Είδος παιχνιδιού</i> <i>Συνθήκη νίκης/ήττας παιχνιδιού</i> <i>Κανόνες παιχνιδιού</i>
	Προσδιορισμός και προγραμματισμός της σχέσης αρχική τιμή-μεταβολή-συνθήκη ελέγχου τερματισμού για μια μεταβλητή του παιχνιδιού	ChoiCo	Συνδυασμός και των τριών λειτουργικοτήτων	<i>Είδος παιχνιδιού</i> <i>Συνθήκη νίκης/ήττας παιχνιδιού</i> <i>Κανόνες παιχνιδιού</i>
	Πρόβλεψη και διαχείριση γεγονότων του παίκτη	ChoiCo MaLT2	Συνδυασμός και των τριών λειτουργικοτήτων	<i>Αναπαράσταση παιχνιδιού (χάρτης)</i>