



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ- ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ- ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΜΣ: «ΘΕΩΡΙΑ, ΠΡΑΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ
ΕΡΓΟΥ»

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΘΕΩΡΙΑ ΠΡΑΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ»
Κατεύθυνση: Ψηφιακές τεχνολογίες στην εκπαίδευση

Διπλωματική εργασία με τίτλο:

**«Διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία προγραμματιστικού
σχεδίου σε μαθητές Δημοτικού στο ψηφιακό εργαλείο
“Χελωνόσφαιρα”: Ιπτάμενα σχήματα.»**

Καλαμπόκης Ευάγγελος

ΑΜ: 214041

Τριμελής Επιτροπή: **Καθ. Χρόνης Κυνηγός**
Επ. Καθ. Ζαχαρούλα Σμυρναίου
Δρ. Κατερίνα Μακρή

Αθήνα, 2017

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Χρόνη Κυνηγό που με τίμησε με την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας. Η καθοδήγησή του, τα καίρια ερωτήματά του και η υποστήριξή του συνέβαλαν ουσιαστικά και αποφασιστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τα δύο άλλα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κ. Σμυρναίου και την κ. Μακρή, για την κριτική ματιά με την οποία είδαν αυτή την εργασία.

Ευχαριστώ τη διοίκηση, τη διεύθυνση του σχολείου και την εκπαιδευτικό του τμήματος της Στ' τάξης του σχολείου, στο οποίο πραγματοποίησα την έρευνά μου κατά το σχολικό έτος 2016-2017, για τη διάθεση των υλικοτεχνικών υποδομών και του μαθητικού δυναμικού με περίσσεια χαρά και υποστηρικτική διάθεση.

Τέλος, ευχαριστώ το σύνολο του διδακτικού προσωπικού του μεταπτυχιακού προγράμματος και τους συμφοιτητές μου για όλη τη στήριξη τους, εντός και εκτός εργαστηρίου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract.....	2
Εισαγωγή	3
1. Θεωρητικό πλαίσιο.....	5
1.1 Επισκόπηση θεωριών μάθησης.....	5
1.2 Constructionism	6
1.2.1 Η γλώσσα προγραμματισμού Logo.....	10
1.2.2 Μισοψημμένοι μικρόκοσμοι.....	12
1.3 Ομαδοσυνεργατική μάθηση.....	14
1.4 Εργαλειακή Γένεση.....	19
1.5 Προγραμματισμός.....	21
1.5.1 Προσεγγίσεις στη διδασκαλία του προγραμματισμού	26
1.5.2 Τα σχέδια στον προγραμματισμό.....	29
1.6 Σύνδεση του θεωρητικού πλαισίου	31
2. Η μεθοδολογία της έρευνας	35
2.1 Γενικές προσεγγίσεις στην ερευνητική μεθοδολογία.....	35
2.2 Η Έρευνα Σχεδιασμού	37
2.3 Η κυρίως έρευνα.....	42
2.3.1 Αιτιολόγηση επιλογής ερευνητικής μεθόδου	42
2.3.2 Τα ερευνητικά δεδομένα	44
2.3.3 Το αντικείμενο της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα.....	46
2.3.4 Η Χελωνόσφαιρα (MaLT).....	50
2.3.5 Το πλαίσιο της έρευνας	52
2.4 Το σενάριο της έρευνας.....	54
2.4.1 Τα σενάρια διδασκαλίας.....	55
2.4.2 Σενάριο διδασκαλίας: «Ιπτάμενα Σχήματα»	58
3. Ανάλυση των δεδομένων	74
3.1 1 ^η Δραστηριότητα.....	75
3.2 2 ^η Δραστηριότητα.....	84
3.3 3 ^η Δραστηριότητα – Τάνγκραμ Puzzle	87
3.4 4 ^η Δραστηριότητα.....	98

4. Συμπεράσματα	105
4.1 Συμπεράσματα σχετικά με τη Χελωνόσφαιρα	106
4.2 Συμπεράσματα σχετικά με την έννοια της Συμμετρίας	107
4.3 Συμπεράσματα σχετικά με την έννοια της Μεταβλητής	108
4.4 Συμπεράσματα σχετικά με το Διαδικαστικό Προγραμματισμό	109
4.5 Συμπεράσματα σχετικά με το Προγραμματιστικό σχέδιο.....	111
5. Μελλοντική εργασία	114
6. Βιβλιογραφικές Αναφορές	116

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας έρευνας για τη μελέτη του τρόπου λειτουργίας μιας διδακτικής πρότασης για τη διδασκαλία βασικών εννοιών του προγραμματισμού και ενός προγραμματιστικού σχεδίου σε παιδιά δημοτικού. Με αφετηρία την ανάγκη για διδασκαλία σχεδίων και στρατηγικών προγραμματισμού με τρόπο ρητό και σαφή, όπως αυτή υποδεικνύεται από τη βιβλιογραφία, προκειμένου οι αρχάριοι προγραμματιστές να εξοπλιστούν με γνωστικά σχήματα κώδικα που βοηθούν στην κατανόηση και τη δόμηση κώδικα, ο ερευνητής προχώρησε στην ανάπτυξη ενός θεωρητικού σχεδιασμού ως πρόταση διδακτικής τέτοιου είδους προγραμματιστικών σχεδίων. Για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του θεωρητικού σχεδιασμού, αλλά και την ανάδειξη των αδυναμιών του, ο ερευνητής σχεδίασε ένα εκπαιδευτικό σενάριο με βασικό αντικείμενο τη διδασκαλία ενός σχεδίου για τον προγραμματισμό κινούμενων σχημάτων στο ψηφιακό εργαλείο «Χελωνόσφαιρα», σε μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα διερευνήθηκε 1)Τι είδους νοήματα ανέπτυξαν οι μαθητές για τις προγραμματιστικές έννοιες με τις οποίες ήρθαν σε επαφή μέσα από τις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για αυτούς, και 2) Πώς λειτούργησε ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του ερευνητή ως διδακτική πρόταση ως προς την κατάκτηση του προγραμματιστικού σχεδίου των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα από τους μαθητές. Με βάση τη φύση του αντικειμένου και των ερευνητικών ερωτημάτων επιλέχθηκε ως μεθοδολογία η έρευνα σχεδιασμού. Στο τέλος της έρευνας παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας μέσα από την ποιοτική ανάλυση κρίσιμων συμβάντων στην πορεία εργασίας των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: Προγραμματισμός, Διδακτική πρόταση, Προγραμματιστικό σχέδιο, Χελωνόσφαιρα, Έρευνα σχεδιασμού.

Abstract

The objective of this study is to present a research project on the way a didactic approach concerning the instruction of elementary programming concepts and a specific programming plan, functioned in educational practice. The researcher developed a theoretical didactic design, having as starting point the need of explicit instruction of programming strategies and plans, as it is pointed out by the respective research, in order to have novice programmers equipped with appropriate cognitive schemes that will enable them to comprehend and write code. In order for the efficiency and deficiencies of the theoretical didactic design to be assessed, an educational scenario was designed. The scenario's main subject was the instruction of the programming plan of coding shapes that could move in a digital Logo-like environment, called MaLT, to senior students of a primary education school. More specifically, the researcher examined 1) what kinds of meaning were developed by the students on the elementary programming concepts that they encountered while working on the scenario's activities, and 2) how the theoretical didactic design functioned regarding the acquisition of the "moving shapes" programming plan. Due to the nature of the main research objective and research questions, design-based research was chosen as research methodology. In the last part of the study, the results of the research are listed, through the qualitative analysis of critical incidents.

Keywords: Programming, Didactic approach, Programming plan, MaLT, Design-based research.

Εισαγωγή

Η εργασία αυτή παρουσιάζει το σχεδιασμό και τα αποτελέσματα μιας έρευνας που σχεδίασε και διεξήγαγε ο συγγραφέας/ερευνητής με μαθητές Δημοτικού και βασικό αντικείμενο τον προγραμματισμό. Το πεδίο του προγραμματισμού αποτελεί ένα σχετικά νέο επιστημονικό πεδίο που μελετάται συστηματικά για περίπου μισό αιώνα. Η βιβλιογραφία γύρω από το πεδίο είναι πλούσια και εστιάζει κυρίως στους τρόπους με τους οποίους η διδασκαλία του μπορεί να γίνει ευκολότερη και πιο αποτελεσματική για τους επίδοξους προγραμματιστές, με τη διερεύνηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν και τη διαμόρφωση διδακτικών προσεγγίσεων. Ωστόσο, σήμερα, ακόμα και μετά από την εκτενή έρευνα που έχει λάβει χώρα στο πεδίο, είναι εμφανές πως τα παιδιά δεν κατέχουν την προγραμματιστική ευφράδεια που είχε οραματιστεί ο Papert.

Η βιβλιογραφία γύρω από τον προγραμματισμό δείχνει πως οι αρχάριοι προγραμματιστές χρήζουν διδασκαλίας προγραμματιστικών σχεδίων και στρατηγικών με τρόπο σαφή και ρητό προκειμένου να αποκτήσουν εφόδια για την κατανόηση και τη σύνθεση κώδικα. Επιπροσθέτως, φαίνεται πως αυτή είναι και η βασική επιδίωξη των διδακτικών προσεγγίσεων που έχουν αναπτυχθεί για τη διδασκαλία του προγραμματισμού. Ο ερευνητής, αφορμώμενος από την ανάγκη αυτή, σχεδίασε μια διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία ενός προγραμματιστικού σχεδίου σε παιδιά του Δημοτικού. Ο σχεδιασμός της διδακτικής πρότασης βασίστηκε παιδαγωγικά στις αρχές της κατασκευαστικής προσέγγισης της μάθησης (constructionism) και της εργαλειακής γένεσης. Ο κονστραξιονισμός αποτέλεσε το παιδαγωγικό πλαίσιο μέσα στο οποίο δομήθηκε η διδακτική πρόταση, ενώ οι λεπτομερείς διαδικασίες που χαρακτηρίζουν την εργαλειακή γένεση ως παιδαγωγικό πλαίσιο, καθόρισαν τον τρόπο με τον οποίο ενορχηστρώθηκαν οι δραστηριότητες για την επεξεργασία της σχεδίου από τους μαθητές.

Πιο συγκεκριμένα, το σχέδιο που επιχείρησε να διδάξει ο ερευνητής με τη διδακτική του πρόταση στους μαθητές αφορά την κίνηση σχημάτων στο χώρο ενός ψηφιακού εργαλείου, της Χελωνόσφαιρας. Αν και η βιβλιογραφία τονίζει την ανάγκη για αναλυτική διδασκαλία των προγραμματιστικών σχεδίων, ο ερευνητής δεν ήθελε να περιοριστεί σε μια μετωπική διδασκαλία. Σκοπός του

ερευνητή ήταν οι μαθητές να εργαστούν ενεργά για την κατάκτηση της προγραμματιστικής στρατηγικής, δοκιμάζοντας υποθέσεις και λαμβάνοντας ανατροφοδότηση από το εργαλείο, ώστε τελικά να διαμορφώσουν ισχυρότερα και βαθύτερα νοήματα για τη στρατηγική. Έτσι, σχεδίασε μια σειρά από δραστηριότητες, όπου η επεξεργασία του σχεδίου έγινε με διαδοχικά βήματα από τα απλά στα σύνθετα. Σε πρώτο επίπεδο οι μαθητές εξοικειώθηκαν με το εργαλείο και ήρθαν σε επαφή με βασικές προγραμματιστικές έννοιες, που αποτελούσαν συστατικά στοιχεία του σχεδίου. Έπειτα, το σχέδιο δόθηκε στους μαθητές σε ημιτελή μορφή προκειμένου να εμπλακούν προγραμματιστικά και μέσα από τη διαδικασία διόρθωσής της να δημιουργήσουν ισχυρά σχήματα χρήσης και σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης, διαμορφώνοντας νοήματα για τον τρόπο με τον οποίο αυτή λειτουργεί και το πώς χρησιμοποιείται στην πράξη αντίστοιχα. Στο τέλος οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να ενσωματώσουν το σχέδιο αυτό, αυτούσιο ή παραλλαγμένο, σε δικά τους δομήματα, με στόχο να φανεί αν τελικά δημιούργησαν κατάλληλα νοήματα σε σχέση τόσο με τη λειτουργική δομή του όσο και με τις λειτουργικότητες που τους παρέχει.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας γίνεται η παρουσίαση των θεωριών που λήφθηκαν υπόψη για τη διαμόρφωση της διδακτικής πρότασης του ερευνητή. Στη συνέχεια ακολουθεί η μεθοδολογία της έρευνας που διεξήγαγε ο ερευνητής με την παρουσίαση της ερευνητικής μεθόδου που ακολούθησε, την παρουσίαση του πλαισίου μέσα στο οποίο έγινε η έρευνα και του σεναρίου που επεξεργάστηκαν οι μαθητές. Στο τρίτο μέρος, γίνεται η ανάλυση των δεδομένων που συνέλεξε ο ερευνητής με τη χρήση οπτικοακουστικών μέσων, μέσα από την παρουσίαση κρίσιμων γεγονότων στην πορεία εργασίας των μαθητών, με στόχο την ανάδειξη της εξέλιξης της σκέψης των μαθητών και των νοημάτων που αυτοί προοδευτικά διαμόρφωναν στα διάφορα στάδια του σεναρίου. Τέλος, γίνεται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των δεδομένων σε θεματικούς άξονες προκειμένου να παρουσιαστούν τα συμπεράσματα του ερευνητή σχετικά με τα ερευνητικά του ερωτήματα.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1 Επισκόπηση θεωριών μάθησης

Οι θεωρίες μάθησης έχουν ως σκοπό να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι, έτσι ώστε οι εκπαιδευτικοί να έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν σωστά και αποτελεσματικά τους εκπαιδευόμενους, διαμορφώνοντας διδακτικά μοντέλα. Τα διδακτικά μοντέλα θεωρούνται σκαλωσιές που διαμορφώνονται πριν την εκπαιδευτική διαδικασία με στόχο την παροχή διδακτικών εμπειριών που θα βοηθήσουν τους μαθητές να καταφέρουν περισσότερα από όσα θα κατάφερναν μόνοι τους. Στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί τρεις βασικές θεωρίες μάθησης από τους εκπαιδευτές και τους ψυχολόγους: ο συμπεριφορισμός (behaviorism), ο γνωστικισμός (cognitivism) και ο εποικοδομισμός/κονστρουκτιβισμός (constructivism) (Jobrack, 2013).

Η θεωρία του συμπεριφορισμού αναπτύχθηκε κυρίως από τον Skinner, ο οποίος βλέπει τη μάθηση ως δημιουργία συνδέσεων μεταξύ ερεθισμάτων και αντιδράσεων και χαρακτηρίζεται από προδιαγεγραμμένες εκπαιδευτικές ακολουθίες, στις οποίες κυρίαρχο μέσο διδασκαλίας αποτελούν οι μετωπικές διαλέξεις του καθηγητή στους μαθητές. Αυτή η θεωρία μάθησης, βέβαια, αγνοεί τις γνωστικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διδασκαλία και επικεντρώνεται μόνο στην επιφανειακή αλλαγή της συμπεριφοράς του υποκειμένου. Αντίθετα με το συμπεριφορισμό, ο γνωστικισμός δίνει έμφαση στις εσωτερικές διεργασίες των μαθητών. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία οι μαθητές έχουν ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση της γνώσης καθώς εσωτερικεύουν εμπειρίες από το περιβάλλον τους και τις επεξεργάζονται με βάση τα όσα ήδη γνωρίζουν. Σημαντική θέση στη θεωρία αυτή κατέχει η μνήμη των μαθητών, γιατί οι γνωστικιστές βλέπουν το ανθρώπινο μυαλό ως έναν υπολογιστή που επεξεργάζεται πληροφορίες και γι' αυτό φροντίζουν στο να διεγείρουν την πρότερη γνώση αλλά και να μη τον υπερφορτώσουν. Ωστόσο, και αυτή η θεωρία έχει δεχθεί κριτική καθώς επικεντρώνεται στην επεξεργασία των πληροφοριών και όχι στους τρόπους με τους οποίους οικοδομείται η γνώση (Jobrack, 2013).

Η θεωρία του κονστρουκτιβισμού περιλαμβάνει δύο διαφορετικές βασικές κατευθύνσεις. Και οι δύο κατευθύνσεις έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό

το ότι ενδιαφέρονται για το πώς οι άνθρωποι δημιουργούν νοήματα μέσα από τις εμπειρίες τους, μέσω γνωστικών διεργασιών. Η μία κατεύθυνση αποδίδεται στον Piaget ο οποίος βλέπει τη μάθηση ως προοδευτική προσαρμογή των γνωστικών σχημάτων του υποκειμένου στο περιβάλλον. Για τον Piaget η μάθηση είναι μια εσωτερική διεργασία που εξαρτάται από το τι γνωρίζει έως τότε ο μαθητής και για αυτό πρέπει να του παρέχονται εμπειρίες που δημιουργούν γνωστικές συγκρούσεις, προκειμένου να δημιουργήσει νέα γνωστικά σχήματα μέσα από την αφομοίωση και την προσαρμογή στις νέες εμπειρίες. Η άλλη κατεύθυνση ονομάζεται κοινωνικός κονστρουκτιβισμός και έχει ως κύριο εκπρόσωπο τον Vygotsky ο οποίος βλέπει τη μάθηση ως μια διαλεκτική διαδικασία που περιλαμβάνει συνομιλητές. Ο ένας συνομιλητής είναι πιο έμπειρος από τον άλλο και έτσι διαμορφώνεται μια Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης (zone of proximal development), που ξεκινά από το γνωστικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου και έχει ως όριο το ανώτερο δυνητικό γνωστικό επίπεδο στο οποίο μπορεί να φτάσει με την καθοδήγηση αυτού του πιο έμπειρου ατόμου (Merriam, Caffarella, Baumgartner, 2007).

Η έλευση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η επανάσταση στην εκπαίδευση που έφεραν μαζί τους, δημιούργησαν την ανάγκη για νέες πιο σύγχρονες θεωρίες μάθησης που θα υποστήριζαν τη σωστή αξιοποίησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, ώστε να προσδίδουν προστιθέμενη παιδαγωγική αξία. Ο Papert βασιζόμενος στις ιδέες του Piaget για το ότι οι μαθητές δημιουργούν νοήματα μέσα από την οικοδόμηση της γνώσης, εισήγαγε τη θεωρία του κονστρακτιονισμού (κατασκευαστική θεωρία της μάθησης) θέλοντας να επικεντρωθεί στα είδη των νοημάτων που αναπτύσσουν οι μαθητές στη διάρκεια μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας (Kynigos, 2012).

1.2 Constructionism

Για τον Papert η θεωρία του constructionism αποδέχεται το μοντέλο του κονστρουκτιβισμού για τη μάθηση ως χτίσιμο της γνώσης με τη μορφή νοητικών δομών από τα άτομα, αλλά προσθέτει σε αυτό το ρόλο του κοινωνικού πλαισίου. Η μάθηση «επιτυγχάνεται ιδιαίτερα μέσα σε ένα πλαίσιο όπου ο μαθητής εμπλέκεται ενσυνείδητα στην κατασκευή μιας κοινωνικής οντότητας» (Papert & Harel, 1991 :1). Με τη φράση κοινωνική οντότητα εννοείται ένα

κατασκεύασμα που υπάρχει στον πραγματικό κόσμο και για αυτό το λόγο μπορεί να γίνει αντικείμενο συζήτησης, θαυμασμού και αλλαγής. Ο Papert θέτει τον κονστραξιονισμό ευθέως απέναντι από τον διδακτισμό (constructionism vs instructionism) και ισχυρίζεται πως είναι μια προσέγγιση για τη διδασκαλία που είναι καλύτερη για όλους, ή έστω για μερικούς, καθώς αποδέχεται όλο το εύρος των γνωστικών στυλ και προτιμήσεων, σε αντίθεση με το διδακτισμό (Papert & Harel, 1991).

Σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget η μάθηση συμβαίνει όταν τα άτομα δρουν ενεργά στο περιβάλλον τους και αποκτούν εμπειρίες. Οι εμπειρίες αυτές είναι απαραίτητες στο να αλλάξουν τις γνωστικές δομές τους. Οι γνωστικές αυτές δομές είναι δύσκολο να αλλάξουν, γιατί η έρευνα έχει δείξει πως οι απόψεις των παιδιών για τον κόσμο είναι ισχυρά εγκαθιδρυμένες μέσα τους. Από την άποψη αυτή ανακύπτουν κάποια σημαντικά σημεία. Αν οι μαθητές μαθαίνουν μόνο μέσα από τις εμπειρίες τους τότε η διδασκαλία είναι πάντα έμμεση, καθώς οι μαθητές μεταφράζουν αυτά που ακούν με βάση τις μέχρι τότε γνώσεις τους και εμπειρίες. Επίσης, η γνώση δε μπορεί να μεταφερθεί από το ένα άτομο στο άλλο μέσω της επικοινωνίας απλά, και μια θεωρία που αγνοεί την αντίσταση στην αλλαγή αγνοεί κάτι πολύ ουσιώδες. Τα σημεία αυτά φέρουν στο επίκεντρο το μαθητή ως κατασκευαστή της προσωπικής του γνώσης. Ο κονστρουκτιβισμός, όμως, αγνοεί το ρόλο του πλαισίου και το ρόλο που αυτό μπορεί να παίζει στη μάθηση. Μέσα στο πλαίσιο αυτό περιλαμβάνονται τόσο στοιχεία του περιβάλλοντος όσο και στοιχεία που κάνουν το κάθε άτομο ξεχωριστό. Η θεωρία του Papert βοηθάει στο να γίνει κατανοητό το πώς οι ιδέες δημιουργούνται και αλλάζουν όταν αυτές εξωτερικεύονται με διάφορα μέσα, σε διαφορετικά πλαίσια και όταν επεξεργάζονται από διαφορετικά μυαλά. Αυτό καθιστά τον κονστραξιονισμό πιο θεμελιωμένο και πιο πραγματιστικό από τον κονστρουκτιβισμό (Ackermann, 2001).

Η Ackermann (2004) αναφέρει χαρακτηριστικά πως το παιδί που σκιαγραφεί ο Piaget είναι εξιδανικευμένο και αντιπροσωπεύει τον πιο κοινό τρόπο σκέψης σε κάθε στάδιο ανάπτυξης. Ο Piaget βλέπει το παιδί αυτό ως ερευνητικό υποκείμενο και προσπαθεί να βρει σταθερές μέσα σε ένα κόσμο που συνεχώς αλλάζει. Από την άλλη, το παιδί που μελετά ο Papert είναι πιο

συσχετιστικό με το περιβάλλον και τους γύρω του και δε φοβάται να εμπλακεί σε νέες καταστάσεις και πράγματα. Τον Papert τον ενδιαφέρουν οι δυναμικές των αλλαγών που συμβαίνουν στο μυαλό των μαθητών όταν βρίσκονται σε νέες καταστάσεις. Προκειμένου να συμβούν οι αλλαγές αυτές είναι σημαντική η εμπλοκή των μαθητών στη δραστηριότητα, οι ιδέες τους και το στυλ μάθησής τους, καθώς και η έκθεση των ιδεών αυτών δημόσια προς συζήτηση. Η εξωτερίκευση των ιδεών των μαθητών και η δημόσια έκθεσή τους, τις θέτει σε μια κατάσταση αμφισβήτησης και διαδοχικών κύκλων βελτιώσεων, προσδίδοντας στην εργασία των μαθητών ένα «μερεμετίστικο» (bricolage) χαρακτήρα (Kynigos, 2015). Για το λόγο αυτό ιδιαίτερη σημασία στη θεωρία του κονστραξιονισμού έχουν ο ρόλος που παίζουν τα εξωτερικά βοηθητικά μέσα που παρέχονται στους μαθητές, οι τύποι τους και οι πρωτοβουλίες που παίρνουν οι μαθητές στην κατασκευή της δικής τους γνώσης.

Ο ίδιος ο Papert έδωσε συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη ενός εργαστηρίου μάθησης, του Constructionist Learning Lab (Stager, 2005). Θα μπορούσε να πει κανείς πως οι κατευθυντήριες αυτές γραμμές συνοψίζουν και τα βασικά σημεία της θεωρίας του κονστραξιονισμού:

- Μάθηση μέσω πράξης: Είναι σημαντικό η μάθηση να επιτελείται μέσα από την ενεργό ενασχόληση με κάτι που έχει προσωπικό νόημα και ενδιαφέρον για τον μαθητευόμενο.
- Η τεχνολογία ως κατασκευαστικό υλικό: Ειδικά οι ψηφιακές τεχνολογίες, μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία ενδιαφερόντων πραγμάτων.
- Δύσκολη διασκέδαση: Από τη μία είναι σημαντικό να υπάρχει προσωπικό ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια της κατασκευής κάποιου τεχνουργήματος για να υπάρχει και το στοιχείο της διασκέδασης, αλλά η καλύτερη διασκέδαση είναι όταν αντιμετωπίζονται καταστάσεις που δυσκολεύουν, γιατί έτσι μαθαίνονται περισσότερα πράγματα.
- Μαθαίνοντας να μαθαίνουν: Η θεωρία του κονστραξιονισμού επιχειρεί να περάσει στους μαθητές πως η μάθηση δεν είναι μόνο μια διαδικασία που

κατευθύνεται από τον καθηγητή. Οι άνθρωποι είναι σημαντικό να είναι σε θέση να αποφασίζουν και οι ίδιοι για το τι χρειάζεται να διδαχθούν.

- Διαχείριση χρόνου: Οι μαθητές έχουν μάθει να κατευθύνονται συνεχώς στη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Κάτι τέτοιο, όμως, πρέπει να το κάνουν μόνοι τους στα πλαίσια μιας κονστραξιονιστικής δραστηριότητας.
- Αποποινικοποίηση του λάθους: Το λάθος στον κονστραξιονισμό παίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της μάθησης. Το λάθος πρέπει να χρησιμοποιείται ως αφορμή σκέψης για το τι πήγε στραβά, προκειμένου στη συνέχεια να βελτιωθεί.
- Οι καθηγητές βρίσκονται στην ίδια θέση με τους μαθητές: Οι καθηγητές δε μπορεί να θεωρούν πως θα έχουν προβλέψει τα πάντα εξ αρχής. Θα συναντήσουν και αυτοί δυσκολίες τις οποίες θα κληθούν να ξεπεράσουν, μαθαίνοντας μέσα από αυτό.
- Ψηφιακή εποχή: Σημαντικότερο όλων αποτελεί το γεγονός πως στη νέα εποχή ο ψηφιακός αλφαριθμητισμός είναι εξίσου σημαντικός με τη γραφή και την ανάγνωση. Η υποστήριξή του μπορεί να γίνει με τη χρήση των υπολογιστών στη διδασκαλία διάφορων γνωστικών αντικειμένων.

Έτσι, ενώ κάποιες θεωρίες βλέπουν τη γνώση ως κάτι εσωτερικό ή απλή αντανάκλαση των εμπειριών του ατόμου, οι θεωρίες του Piaget και του Papert βλέπουν τη γνώση ως δυναμικά κατασκευαζόμενη από τα ίδια τα άτομα μέσα από τις εμπειρίες τους. Η άποψη αυτή έχει σημαντικό αντίκτυπο στη θεώρηση για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να επιτελείται η διδασκαλία. Αντί, λοιπόν, να γίνεται προσπάθεια να βρεθούν καλύτεροι τρόποι για να διδάσκει ο καθηγητής, πρέπει να γίνεται προσπάθεια για την εύρεση τρόπων να δίνονται στους μαθητές καλύτερες ευκαιρίες να κατασκευάζουν. Αυτή η άποψη οδήγησε τον Papert στην ανάπτυξη εργαλείων που να υποστηρίζουν την κατασκευή από τους ίδιους τους μαθητές (Falbel, 1993). Το όραμά του ήταν όλα τα παιδιά να έχουν πρόσβαση σε υπολογιστή και να αποκτήσουν ευχέρεια στον προγραμματισμό. Ο

Papert δημιούργησε την εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού Logo ελπίζοντας πως οι μαθητές θα αποκτήσουν αυτή την ευχέρεια (Resnick, 2012).

1.2.1 Η γλώσσα προγραμματισμού Logo

Όπως αναφέρθηκε, ο Papert είχε ένα μεγαλύτερο όραμα για την εκπαίδευση, όπου ο υπολογιστής δε θα χρησιμοποιείται ως μια μηχανή επεξεργασίας πληροφοριών από τους μαθητές αλλά ως κάτι που τα παιδιά θα μάθουν «να χειρίζονται, να επεκτείνουν, να αξιοποιούν σε πρότζεκτ, αποκτώντας έτσι μεγαλύτερη κυριαρχία πάνω στον κόσμο, αίσθηση της δύναμης της εφαρμοσμένης γνώσης και μια εικόνα σιγουριάς για τον εαυτό τους ως σκεπτόμενα όντα». Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να δίνονται στα παιδιά «καλύτερα πράγματα να κάνουν και καλύτεροι τρόποι να σκέφτονται πάνω σε αυτά που κάνουν» (Papert, 1971 :1).

Βασική ιδέα πίσω από την ανάπτυξη της γλώσσας προγραμματισμού Logo αποτελεί το ότι ο Papert και η ομάδα του επιθυμούσαν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα στα οποία οι μαθητές θα επικοινωνούσαν με τον υπολογιστή, αναπαράγοντας το παράδειγμα (metaphor) του τρόπου με τον οποίο τα παιδιά μαθαίνουν να μιλάνε. Συνοψίζοντας τις βασικές πτυχές της θεωρίας του Piaget, ο Papert θέλησε να θεμελιώσει το βασικό παιδαγωγικό υπόβαθρο πίσω από τη Logo. Η θεωρία του Piaget παρέχει ένα ψυχολογικό μοντέλο για το πώς οι άνθρωποι δομούν τη γνώση, κάτι το οποίο αναδεικνύει τη δύναμη μιας από τις βασικότερες έννοιες του προγραμματισμού, αυτή των διαδικασιών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μονάδες (Papert, 1980).

Η Logo είναι μια διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού. Για τον Papert η διαδικαστική σκέψη είναι ένα πολύ ισχυρό διανοητικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιούν όλοι οι άνθρωποι, και τα παιδιά, ασυναίσθητα στην καθημερινή τους ζωή. Ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να δημιουργήσουν τα πλαίσια μέσα στα οποία οι μαθητές θα μπορέσουν να εφαρμόσουν αυτό τον τύπο σκέψης αποτελεσματικά. Μέσα σε ένα μικρόκοσμο οι διαδικασίες γίνονται πιο συγκριμένες, αποκτούν όνομα και χειρίζονται ενσυνείδητα. Προκειμένου ένας υπολογιστής να κάνει αυτό που θέλει ο προγραμματιστής του, πρέπει να δεχθεί λεπτομερώς πολύ συγκεκριμένες εντολές με ορισμένη σειρά, κάτι που έχει τη βάση του στους περιγραφικούς φορμαλισμούς. Ένας περιγραφικός

φορμαλισμός μπορεί να βοηθήσει στη βαθύτερη κατανόηση μιας φυσικής δεξιότητας, μέσα από τη λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών που πρέπει να ακολουθηθούν ώστε να επιτευχθεί. Επίσης, το παράδειγμα του διαδικαστικού προγραμματισμού επιτρέπει την ευκολότερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση των λαθών και των σφαλμάτων (bugs). Τα bugs περιορίζονται μέσα στις υποδιαδικασίες κάτι που κάνει πιο εύκολο τον εντοπισμό τους και τη διόρθωσή τους. Η επαφή με τη Logo προοδευτικά βοηθά τα παιδιά να ξεπεράσουν την έμφυτη τάση τους στο να αντιστέκονται στη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης, κάτι που οδηγεί στη διαγραφή ολόκληρου του προγράμματος (Papert, 1980). Κατά την εκσφαλμάτωση οι μαθητές είναι σε θέση να σκεφτούν πάνω στη σκέψη τους, αναπτύσσοντας έτσι δεξιότητες υψηλότερου νοητικού επιπέδου (Guzdial, 2004).

Όταν ο Papert εισήγαγε για πρώτη φορά τον όρο «μικρόκοσμος» στη θεωρία του, έβλεπε τους μικρόκοσμους ως οριοθετημένους κόσμους μέσα στους οποίους οι μαθητές μπορούσαν να εξερευνήσουν, όπως θα έκαναν και στην πραγματική ζωή, αλλά στα πλαίσια μιας επιστημονικής κατασκευαστικής διαδικασίας. Στη συνέχεια οι μικρόκοσμοι περιγράφηκαν ως υπολογιστικά περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν συγκεκριμένες θεωρητικές έννοιες και που σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες, μπορούν να εμπλέξουν τους μαθητές στη διερεύνηση και την ανάπτυξη νοημάτων μέσα από κατασκευαστικές διαδικασίες. Βασικό χαρακτηριστικό των μικρόκοσμων που προάγει την κατασκευή και την εξερεύνηση είναι το ότι δίνουν άμεση ανατροφοδότηση στους μαθητές για τις συνέπειες των ενεργειών τους (Healy & Kynigos, 2010).

Βασικός όρος της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με τους μικρόκοσμους είναι αυτός των «αναπαραστάσεων». Η Edwards (1998) στην προσπάθειά της να οριοθετήσει τον όρο μικρόκοσμος ξεκινά με τη διάκριση μεταξύ των εσωτερικών αναπαραστάσεων, που κατασκευάζονται από τους μαθητές, και τις εξωτερικές αναπαραστάσεις, που αφορούν συμβολισμούς και μέσα έκφρασης εννοιών που σχετίζονται με τα μαθηματικά και τη φυσική. Για την ερευνήτρια οι μικρόκοσμοι είναι συστήματα εξωτερικών αναπαραστάσεων. Είναι ψηφιακά περιβάλλοντα που εμπεριέχουν τέτοιου είδους συμβολικές ή γραφικές αναπαραστάσεις και για

αυτό η πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς και τους ερευνητές είναι να σχεδιάσουν κατάλληλες, τέτοιου είδους, αναπαραστάσεις, που θα υποστηρίξουν την ανάπτυξη εσωτερικών αναπαραστάσεων υψηλότερου επιπέδου, από τους μαθητές. Οι εξωτερικές αναπαραστάσεις που θα συμπεριληφθούν σε ένα μικρόκοσμο πρέπει να επιλεγούν με προσοχή κατά τη σχεδιαστική διαδικασία, ξεκινώντας από το ποιες έννοιες και διαδικασίες θέλει ο ερευνητής να περιλαμβάνει ο μικρόκοσμός του, έτσι ώστε στη συνέχεια να υλοποιηθούν με τη μετατροπή σε προγραμματιστικό κώδικα.

Ο Rieber (2003) κάνοντας μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας γύρω από τον όρο «μικρόκοσμος» αναφέρει πως αυτά τα ψηφιακά περιβάλλοντα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διερευνητικής μάθησης και για αυτό πρέπει να διέπονται από συγκεκριμένες αρχές. Οι αρχές αυτές αναφέρονται στο ότι θα πρέπει να παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα να παίρνουν στα χέρια τους τη μάθησή τους, θα πρέπει να αναγνωρίζουν ότι η γνώση είναι πολυδιάστατη και μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετικούς τρόπους, και ότι η μάθηση μπορεί να έχει και μια πιο φυσική μορφή. Επίσης, η Edwards (1998) αναφέρει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι μικρόκοσμοι από δομικής και λειτουργικής πλευράς. Δομικά πρέπει να περιέχουν υπολογιστικά αντικείμενα που αναπαριστούν τις ιδιότητες του μικρόκοσμου, να υπάρχουν πολλαπλές διασυνδέσεις μεταξύ των αντικειμένων αυτών, να παρέχονται δυνατότητες πολλαπλών συνδέσεων τους από τους μαθητές και να αξιοποιούνται στα πλαίσια κατάλληλα προσχεδιασμένων δραστηριοτήτων. Από λειτουργικής άποψης οι μικρόκοσμοι θα πρέπει να άπτονται ενός συγκεκριμένου πεδίου και να προσφέρουν τη δυνατότητα στο χρήστη να εισαχθεί στο πεδίο αυτό παρουσιάζοντάς του μια πιο απλή εκδοχή του. Επίσης, θα πρέπει να παρακινεί το χρήστη να συμμετάσχει στη δραστηριότητα και να αλληλεπιδράσει μαζί του, εμβυθίζοντάς τον, και γενικότερα να έχει ως υπόβαθρο την εποικοδομιστική φιλοσοφία.

1.2.2 Μισοψημένοι μικρόκοσμοι

Για το Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Τμήματος Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας της Φιλοσοφικής Σχολής του Ε.Κ.Π.Α οι μικρόκοσμοι αποτελούν πρόσφορο πεδίο για την υποστήριξη της

διερευνητικής μάθησης. Στους μικρόκοσμους οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν αντικείμενα, να κάνουν υποθέσεις που ελέγχουν με δοκιμή και λήψη ανατροφοδότησης από το μικρόκοσμο, και να χρησιμοποιούν μια γλώσσα προγραμματισμού ώστε να αλλάζουν τις ιδιότητες των αντικειμένων αυτών. Έτσι, οι μικρόκοσμοι πρέπει να έχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως «να αποτελούν χώρους εξερεύνησης, να διαμεσολαβούν μεταξύ του επίσημου και του ανεπίσημου, να παρέχουν εκτελέσιμες αναπαραστάσεις, να προσφέρουν δυνατότητες για δυναμικό χειρισμό, να υποστηρίζουν τη διασύνδεση εσωτερικών και εξωτερικευμένων εκφράσεων, να παράγουν αλληλοεξαρτώμενες αναπαραστάσεις και να επιτρέπουν βαθειά πρόσβαση στη δομή τους μέσω της γλώσσας προγραμματισμού» (Kynigos, 2007 :6).

Το αίτημα για βαθειά πρόσβαση στη δομή του μικρόκοσμου φαίνεται ιδιαίτερα καθαρά στο σχεδιασμό ενός ψηφιακού εργαλείου κατασκευής μικρόκοσμων του εργαστηρίου που ονομάζεται «Αβάκιο» (E-Slate). Ο σχεδιασμός του εργαλείου αυτού ακολούθησε την προσέγγιση των «μαύρων και άσπρων κουτιών» (black and white box approach). Από τη μία παρέχει στους χρήστες έτοιμα προκατασκευασμένα τουβλάκια, τις ψηφίδες, οι οποίες μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με διάφορους τρόπους για την επιτέλεση συγκεκριμένων διεργασιών κάθε φορά ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη (μαύρο κουτί). Από την άλλη, όμως, παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να προγραμματίσουν δικές τους συνδέσεις μεταξύ των ψηφίδων ή να σχεδιάσουν δικά τους στοιχεία μέσα στην πλατφόρμα (λευκό κουτί). Η φιλοσοφία αυτή πίσω από τους μικρόκοσμους είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί ενδυναμώνει και προτρέπει τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές να δημιουργήσουν δικά τους τεχνουργήματα ή να τροποποιήσουν τεχνουργήματα άλλων, εκφράζοντας τις ιδέες τους (Kynigos, 2004).

Ο Κυνηγός (2007), προκειμένου να παροτρύνει τους χρήστες, εκπαιδευτικούς ή μαθητές, να αλλάξουν τους μικρόκοσμους που έχουν στα χέρια τους, ανέπτυξε την ιδέα των μισοψημένων μικρόκοσμων (Half-baked Microworlds). «Οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι είναι κομμάτια λογισμικού που έχουν σαφώς σχεδιαστεί με τρόπο ώστε οι χρήστες τους να θέλουν να χτίσουν πάνω σε αυτούς, να τους αλλάξουν ή να αποσυνθέσουν τμήματά τους ώστε να

κατασκευάσουν ένα τεχνούργημα για τους εαυτούς τους» (Kynigos, 2007 :2). Στόχος είναι οι χρήστες να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία μετατροπής τους, αποκτώντας έτσι κυριαρχία πάνω στις ιδέες που εμπεριέχονται σε αυτούς, και για αυτό έχουν σχεδιαστεί ως βελτιώσιμα αντικείμενα. Η ιδέα αυτή αποτέλεσε καινοτομία καθώς μέχρι τότε οι μικρόκοσμοι δε θεωρούνταν κάτι που θα μπορούσε να τεθεί υπό αμφισβήτηση.

Μια τυπική μορφή μισοψημένου μικρόκοσμου είναι αυτή ενός ατελούς ή με σφάλματα μικρόκοσμου. Ένας τέτοιος μικρόκοσμος χαρακτηρίζεται από μια μη ικανοποιητική συμπεριφορά η οποία προκαλεί το χρήστη να τη διορθώσει ή να την αλλάξει (Kynigos & Moustaki, 2014). Με τον τρόπο αυτό οι υπό διερεύνηση έννοιες γίνονται ενδογενές συστατικό στοιχείο της διδασκαλίας, κατά τη διαδικασία της αλλαγής του μικρόκοσμου. Οι αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο μικρόκοσμο δε χρειάζεται απαραίτητα να είναι μεγάλου βαθμού. Ακόμα και μικρές αλλαγές μπορούν να θεωρηθούν αρκετές για τη δημιουργία ενός νέου τεχνουργήματος (Κυνηγός, Γιαννούτσου & Φράγκου, 2006).

1.3 Ομαδοσυνεργατική μάθηση

Ο Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley (1995) κάνοντας μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αναφέρουν πως το επίκεντρο της μελέτης σε μια ομαδοσυνεργατική διαδικασία μπορεί να είναι είτε το άτομο ως μονάδα είτε όλα τα άτομα ως συλλογική μονάδα. Στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται το κάθε γνωστικό σύστημα ξεχωριστά ενώ στη δεύτερη όλα τα επιμέρους γνωστικά συστήματα ως ένα με τα δικά του χαρακτηριστικά. Έτσι, στον άξονα που μπορεί να θεωρηθεί μεταξύ των δύο αυτών άκρων τοποθετούν τις διάφορες προσεγγίσεις στην ανάλυση της ομαδοσυνεργατικής μάθησης.

Μία από τις προσεγγίσεις αυτές είναι η κοινωνικο-εποικοδομιστική προσέγγιση (socio-constructivist). Η προσέγγιση αυτή, όπως και ο εποικοδομισμός του Piaget ρίχνει το βάρος στο άτομο και στην ατομική γνωστική ανάπτυξη, θεωρώντας πως η γνωστική ανάπτυξη επέρχεται μέσα από την αλληλεπίδραση με τους άλλους, έπειτα από σύγκρουση και συμμόρφωση. Στην κοινωνικο-πολιτισμική προσέγγιση (socio-cultural), η οποία είναι εμπνευσμένη από τις ιδέες του Vygotsky για τη μάθηση, στο επίκεντρο βρίσκεται η κοινωνική δράση των ατόμων, η οποία με τη σειρά της είναι αυτή

που προκαλεί τη γνωστική αλλαγή. Η τρίτη προσέγγιση που διακρίνουν οι ερευνητές είναι αυτή της κοινής γνωστικής αντίληψης. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή το κοινωνικό πλαίσιο είναι στο επίκεντρο, καθώς η γνωστική αλλαγή δε συμβαίνει ανεξάρτητα από αυτό. Ως εκ τούτου βλέπουν τη συνεργασία ως μια προσπάθεια να δομηθεί από κοινού κατανόηση πάνω σε ένα πρόβλημα, και το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας θεωρείται ομαδικό προϊόν.

Για τον Dillenbourg (1999) η ομαδοσυνεργατική μάθηση, αν και ως όρος εμπεριέχει τη λέξη μάθηση, δεν αποτελεί παιδαγωγική μέθοδο ή γνωστικό μηχανισμό. Ως παιδαγωγική μέθοδος θα μπορούσε να θεωρεί μια συνταγή για αποτελεσματικότερη μάθηση, ενώ ως γνωστικός μηχανισμός θα μπορούσε να περιγράψει το πώς δομήθηκε η μάθηση. Ωστόσο, στην περίπτωση του μηχανισμού, η συνεργασία σε ομάδες δεν αποτελεί η ίδια ένα μηχανισμό, αλλά κινητοποιεί άλλους γνωστικούς μηχανισμούς που οδηγούν στη μάθηση. Επιπλέον, δε μπορεί να ειπωθεί ως παιδαγωγική μέθοδος καθώς είναι δύσκολο να προβλεφθεί ότι οι αναμενόμενοι τύποι αλληλεπιδράσεων θα συμβούν όντως. Για αυτό το λόγο ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στο να δημιουργούνται καλύτερες προϋποθέσεις για να συμβούν οι επιθυμητές αλληλεπιδράσεις. Έτσι, ο σχεδιασμός της κατάστασης πρέπει να γίνει προσεκτικά με στοχευμένες αποφάσεις σε επίπεδο συμμετεχόντων και δραστηριότητας. Επίσης, καλό είναι να οριστούν με σαφή τρόπο οι ρόλοι των συμμετεχόντων με τέτοιο τρόπο που να προωθούν τη συζήτηση και να θεσπιστούν κανόνες με βάση τους οποίους θα διεξάγεται η αλληλεπίδραση. Τέλος, πολύ σημαντικός παράγοντας στην επιτυχία μιας ομαδοσυνεργατικής διαδικασίας είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού, ο οποίος θα πρέπει να επιβλέπει τη διαδικασία και να ρυθμίζει τις αλληλεπιδράσεις.

Με τον όρο συνεργασία γενικότερα θεωρείται η από κοινού εργασία δύο ή περισσότερων ατόμων πάνω σε μια δραστηριότητα. Για τους Roschelle και Teasley (1995) ένας ορισμός της συνεργασίας πρέπει να εμπεριέχει και κάποιες άλλες παραμέτρους. Έτσι αναφέρουν πως «συνεργασία είναι μια οργανωμένη, σύγχρονη δραστηριότητα που αποτελεί το αποτέλεσμα μιας συνεχούς προσπάθειας να κατασκευαστεί και να διατηρηθεί μια κοινή αντίληψη ενός προβλήματος» (Roschelle & Teasley, 1995 :2). Βασικό στοιχείο του ορισμού των

ερευνητών αποτελεί η κοινή αντίληψη πάνω στο πρόβλημα, και ορίζουν το χώρο μέσα στον οποίο αυτή διαμορφώνεται ως «Κοινό Χώρο του Προβλήματος» (Joint Problem Space). Ο χώρος αυτός ενσωματώνει στόχους, περιγραφές του προβλήματος, διαθέσιμες στρατηγικές επίλυσης και συνδέσεις μεταξύ αυτών. Ο χώρος αυτός βρίσκεται πάντα υπό διαπραγμάτευση και σε αυτόν οι συμμετέχοντες εμπλέκονται ενεργά εξωτερικεύοντας τις ιδέες τους μέσω της γλώσσας και των ενεργειών τους.

Μέσα στο χώρο αυτό οι συνεργάτες αποκτούν σταδιακά μια σύγκλιση στα νοήματα που δημιουργούν. Για το χτίσιμο του χώρου όμως αυτού πρέπει να μπορούν να εισάγουν τη γνώση στο χώρο, να παρακολουθούν τη διεξαγωγή της δραστηριότητας για αποκλίσεις από τα νοήματα που έχουν έως τότε δομήσει και να επισκευάζουν αυτές τις αποκλίσεις. Το βασικό μέσο που έχουν στη διάθεσή τους για να τα κάνουν αυτά είναι η γλώσσα και οι ενέργειές τους. Προκύπτουν, λοιπόν, διάφορες μορφές συζητήσεων μεταξύ των συνεργαζόμενων που οδηγούν στο χτίσιμο του χώρου. Αρχικά, βασική μορφή συζήτησης είναι η εναλλαγή της σειράς των ομιλητών που υποδεικνύει το αν οι συμμετέχοντες έχουν κοινές αντιλήψεις για το πρόβλημα. Η σειρά με την οποία παίρνουν το λόγο οι ομιλητές πρέπει να γίνεται ομαλά, και σταδιακά πρέπει να οδηγεί στην από κοινού επίλυση του προβλήματος. Αν κάποιος ομιλητής δεν μιλάει, τότε συνήθως αυτό δείχνει πως διαφωνεί, προκαλώντας στη συνέχεια μια έντονη αλληλεπίδραση με στόχο την ανάδειξη της ατομικής του αντίληψης. Μια άλλη βασική μορφή συζήτησης είναι η κοινωνικά κατανομημένες παραγωγές (socially distributed productions) όπου ο λόγος του κάθε συνομιλητή είναι συμπληρωματικός του άλλου, κάτι που υποδεικνύει μια από κοινού κατασκευή νοήματος. Συχνά αυτού του τύπου οι συζητήσεις έχουν τη μορφή Αν-Τότε, και παράγονται σε διαφορετικούς γύρους ομιλίας. Επίσης, κατά τη συνεργασία πολλές φορές οι συμμετέχοντες διαφωνούν. Στις περιπτώσεις αυτές ακολουθούν μορφές συζήτησης που στόχο έχουν την επισκευή της απόκλισης της κατανόησης προκειμένου να διατηρηθεί η από κοινού αντίληψη πάνω στο πρόβλημα. Τέλος, οι συνεργάτες χρησιμοποιούν αφηγήσεις κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, κάτι που βοηθά τον άλλο να κατανοήσει καλύτερα τους σκοπούς των ενεργειών τους.

Παρόμοια είναι η διάκριση των τύπων συζήτησης που προτείνουν οι Wegerif & Mercer (1997). Οι ερευνητές μετά την επεξεργασία δεδομένων που προέκυψαν από την εργασία μαθητών διαφόρων ηλικιών σε δραστηριότητες μέσα σε υπολογιστικά περιβάλλοντα, κατέληξαν σε τρεις τύπους συζήτησης. Ο πρώτος τύπος ονομάζεται συζήτηση διαμάχης (disputational talk) και έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τη διαφωνία. Σε αυτό τον τύπο συζήτησης κάθε μέλος εμμένει στη θέση του, την οποία προσπαθεί να υπερασπιστεί και να αναδείξει. Στον επόμενο τύπο συζήτησης, ο οποίος ονομάζεται αθροιστικός/συγκεντρωτικός (cumulative), οι συμμετέχοντες δέχονται τις απόψεις του άλλου και χτίζουν από κοινού μια κατανόηση του θέματος, αλλά χωρίς να ασκούν κριτική. Τέλος, οι ερευνητές διακρίνουν την διερευνητική συζήτηση, στην οποία η στάση που έχουν απέναντι στον άλλο είναι θετική αλλά δε διστάζουν να κριτικάρουν τις ιδέες που εκφράζονται με αιτιολογημένες θέσεις και προσφέροντας εναλλακτικές υποθέσεις.

Για την ανάλυση των συζητήσεων που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια μιας ομαδοσυνεργατικής διαδικασίας που υποστηρίζεται από υπολογιστή, οι Weinberger & Fischer (2006) ανέπτυξαν ένα μοντέλο που διακρίνει τέσσερις διαστάσεις ανάλυσης: τη διάσταση της συμμετοχής, τη διάσταση των κοινωνικών τύπων της από κοινού κατασκευής, τη γνωστική διάσταση και την επιχειρηματολογική διάσταση. Αρχικά, η διάσταση της συμμετοχής εξετάζει τη συχνότητα συμμετοχής των μαθητών και το ποσοστό της συνεισφοράς τους. Σε μια διαλογική διαδικασία κάποιοι μαθητές μπορεί να συμμετέχουν περισσότερο ή λιγότερο. Ειδικά σε περιβάλλοντα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης η συχνότητα συμμετοχής μπορεί να μετρηθεί ποσοτικά με βάση τον αριθμό συνδέσεων του κάθε χρήστη. Ακόμα, όμως, και αν συμμετέχουν όλοι, μια ομοιογενής συνεισφορά από όλους τους μαθητές δεν είναι δεδομένη, καθώς μπορεί να συνδέονται ή να βρίσκονται παρόντες αλλά να μη μιλούν. Μεγάλα ποσοστά ετερογένειας στη συνεισφορά συνδέονται με φαινόμενα τεμπελιάσματος.

Στη διάσταση των κοινωνικών τύπων της από κοινού κατασκευής εξετάζεται το κατά πόσο οι μαθητές αναφέρονται στις συνεισφορές των συνεργατών τους και ο βαθμός αλληλεπίδρασής τους, κάτι που φαίνεται να σχετίζεται με την απόκτηση της γνώσης. Οι ερευνητές βασιζόμενοι στην κλίμακα

συναλλαγής (transactivity scale) του Teasley (1997, όπ. αναφ. στο Weinberger & Fischer, 2006) αναφέρουν πως οι συνεργαζόμενοι μπορούν να συμμετέχουν με Εξωτερίκευση (externalization), όπου γνωστοποιούν στους συνεργάτες τους τις γνώσεις και τις απόψεις τους, χωρίς να γίνεται αναφορά σε γνώσεις ή απόψεις άλλων, με Εκμαίευση (elicitation), ερωτώντας τους συνεργάτες τους και χρησιμοποιώντας τους ως πηγές πληροφοριών, με Γρήγορη κατασκευή συμφωνίας (Quick consensus building) φτάνοντας σε συμφωνία αποδεχόμενοι τις απόψεις των συνεργατών τους χωρίς να συμφωνούν απαραίτητα, αλλά για χάρη της συνέχισης της διαδικασίας, με Κατασκευή συμφωνίας προσανατολισμένη στην ενσωμάτωση (Integration-oriented consensus building) τροποποιώντας τις ιδέες του ή και να απορρίπτοντάς τις εντελώς επηρεασμένος από την ιδέα κάποιου συνεργάτη του, και με Κατασκευή συμφωνίας προσανατολισμένη στην σύγκρουση (Conflict-oriented consensus building), όπου ο βαθμός αλληλεπίδρασης είναι ο μεγαλύτερος καθώς οι συμμετέχοντες εμμένουν στις απόψεις τους και επιχειρηματολογούν έντονα προκειμένου να τις στηρίξουν.

Η γνωστική διάσταση εξετάζει το αν οι μαθητές ασχολούνται όντως με τη δραστηριότητα που αποτελεί τη βάση του διαλόγου ή όχι. Η απόκτηση της γνώσης συνδέεται με μεγάλα ποσοστά διαλόγου πάνω στη δραστηριότητα, καθώς είναι δυνατό λεγόμενα των συνεργατών να μην έχουν σχέση με τη δραστηριότητα. Τέλος, η επιχειρηματολογική διάσταση εξετάζει τα είδη των επιχειρημάτων που διατυπώνονται για τη δικαιολόγηση πιθανών λύσεων του προβλήματος πάνω στο οποίο καλούνται να δουλέψουν οι μαθητές. Η ανάλυση των τύπων των επιχειρημάτων γίνεται σε δύο επίπεδα, το μικρο-επίπεδο και το μακρο-επίπεδο. Στο μικρο-επίπεδο εξετάζεται ο τύπος κάθε επιχειρήματος που διατυπώνεται και αναλόγως εντάσσεται στις παρακάτω κατηγορίες, που βασίζονται στο μοντέλο του Toulmin (1958, όπ. αναφ. στο Weinberger & Fischer, 2006): απλός ισχυρισμός (Simple claim), ισχυρισμός με περιορισμένη εγκυρότητα (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις) που δε συνοδεύεται από αποδείξεις (Qualified claim), ισχυρισμός με γενική εγκυρότητα που συνοδεύεται από αποδείξεις (Grounded claim) και ισχυρισμός με περιορισμένη εγκυρότητα που συνοδεύεται από αποδείξεις (Grounded and Qualified claim). Στο μακρο-

επίπεδο εξετάζονται οι αλληλουχίες των επιχειρημάτων που σχηματίζονται για την υποστήριξη των ατομικών απόψεων. Η κατασκευή αυτών των αλληλουχιών ακολουθεί μια κυκλική πορεία, που ξεκινά με την διατύπωση επιχειρημάτων για την υποστήριξη μιας άποψης και συνεχίζεται με τη διατύπωση αντεπιχειρημάτων για την υποστήριξη διαφορετικών απόψεων, οδηγώντας σε μια πολύπλευρη εξέταση του θέματος (Leitão, 2000, όπ. ανάφ στο Weinberger & Fischer, 2006).

1.4 Εργαλειακή Γένεση

Είναι γεγονός πως ο άνθρωπος γεννιέται μέσα σε ένα περιβάλλον που κατά μέρος είναι τεχνητό και χαρακτηρίζεται από συστήματα όπως οι κοινωνικές συμβάσεις και οι κοινωνικοί κανόνες αλλά και τα υλικά ή αφηρημένα μέσα επικοινωνίας και επεξεργασίας της ύλης και των πληροφοριών. Από τη στιγμή που ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τα συστήματα αυτά επεκτείνοντας τις δυνατότητές του για δράση στο περιβάλλον του είναι σημαντικό να ερμηνευθεί ο τρόπος με τον οποίο τα συστήματα αυτά διαμεσολαβούν τις ενέργειές του. Για το λόγο αυτό οι Verillion & Rabardel (1995) ανέπτυξαν τη θεωρία της εργαλειακής γένεσης (instrumental genesis). Βασική έννοια της θεωρίας αυτής αποτελεί η έννοια του εργαλείου (instrument). «Ένα εργαλείο αποτελείται από δύο υποσυστήματα: αρχικά, από ένα τεχνούργημα (artifact), είτε υλικό είτε συμβολικό που δημιουργήθηκε από το υποκείμενο ή κάποιον άλλο, και δεύτερον, από ένα ή περισσότερα σχήματα χρήσης (utilization schemes) που προκύπτουν είτε από την κατασκευή του ίδιου του υποκειμένου είτε από την επεξεργασία των κοινωνικών σχημάτων χρήσης» (Verillion & Rabardel, 1995: 87). Τα δύο αυτά στοιχεία του εργαλείου βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση μεταξύ τους αλλά ταυτόχρονα και σε σχετική ανεξαρτησία και αυτό γιατί ένα σχήμα χρήσης μπορεί να εφαρμόζεται σε περισσότερα του ενός τεχνουργήματα, ενώ αντίθετα, ένα τεχνούργημα μπορεί να αξιοποιηθεί με βάση περισσότερα του ενός σχήματα χρήσης, λαμβάνοντας διαφορετική μορφή ως εργαλείο κάθε φορά (Rabardel & Bourmaud, 2003).

Σημαντική είναι η διάκριση μεταξύ των εννοιών «τεχνούργημα» και «εργαλείο». Ένα τεχνούργημα είναι αντικείμενο που έχει κατασκευαστεί από έναν άνθρωπο. Το εργαλείο από την άλλη έχει και μια ψυχολογική πτυχή. Ένα

εργαλείο δε μπορεί να υπάρχει μόνο του αλλά μόνο σε συνδυασμό με ένα υποκείμενο. Ένα αντικείμενο μετατρέπεται σε εργαλείο μόνο όταν το υποκείμενο το χρησιμοποιήσει και διαμορφώσει μια αντίληψη για τους τρόπους χρήσης του και τις περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να το χρησιμοποιήσει. Ωστόσο, επειδή ένα εργαλείο αποτελείται κατά μέρος από ένα τεχνούργημα, αυτομάτως περιλαμβάνει περιορισμούς τους οποίους επιβάλλει και στο υποκείμενο. Αρχικά, κάποιοι από τους περιορισμούς αυτούς είναι εγγενείς του τεχνουργήματος, περιορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να δράσει το υποκείμενο καθώς και τους τύπους δράσης του υποκειμένου στο περιβάλλον. Επίσης, ένα τεχνούργημα περιορίζει το υποκείμενο ως προς τις διαφορετικές περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιήσει το αντικείμενο αυτό. Τέλος, από τη στιγμή που το τεχνούργημα περιορίζει τον αριθμό των νέων περιπτώσεων στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αυτόματα περιορίζει και τον αριθμό των σχημάτων χρήσης που μπορεί να αναπτύξει το υποκείμενο για το τεχνούργημα αυτό (Verillion & Rabardel, 1995).

Επίσης, Ο Rabardel (1995, όπ. αναφ. στο Trouche, 2005) διακρίνει τους τύπους σχημάτων που μπορεί να αναπτύξει ένα υποκείμενο σε σχέση με ένα εργαλείο σε σχήματα χρήσης (usage schemes) και σε σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης (instrumented action schemes). Τα σχήματα χρήσης αναφέρονται στους τρόπους με τους οποίους το υποκείμενο διαχειρίζεται το εργαλείο, όπως για παράδειγμα οι διάφορες χειρονομίες που συνδέονται με αυτό. Τα σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης αναφέρονται στις ενέργειες του υποκειμένου για να επιτύχει συγκεκριμένους στόχους με τη χρήση του εργαλείου.

Η διαδικασία κατά την οποία ένα τεχνούργημα γίνεται εργαλείο ονομάζεται «εργαλειακή γένεση». Δύο βασικά συστατικά στοιχεία της διαδικασίας αυτής αποτελούν οι διαδικασίες της εργαλειοποίησης (instrumentation) και της εργαλειοποίησης του εργαλείου (instrumentalization). Η εργαλειοποίηση είναι μια διαδικασία που κατευθύνεται από το εργαλείο στο υποκείμενο, κατά την οποία το εργαλείο διαμορφώνει τη δραστηριότητα του υποκειμένου με βάση τα χαρακτηριστικά του και τους περιορισμούς του. Κατά την εργαλειοποίηση του εργαλείου, το υποκείμενο είναι αυτό που αλλάζει το

εργαλείο. Αφού το υποκείμενο έχει χρησιμοποιήσει το εργαλείο σταδιακά έρχεται σε θέση να το αλλάξει ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τους σκοπούς του. Η διαδικασία της εργαλειοποίησης του εργαλείου μπορεί να περάσει από κάποια στάδια, με πρώτο την εξερεύνηση των λειτουργιών του, στη συνέχεια την προσωποποίηση του και τέλος την αλλαγή του, ακόμα και με τρόπους που ο αρχικός του δημιουργός δεν είχε προβλέψει (Trouche, 2004).

Οι διαδικασίες αυτές βρίσκονται σε πολύ στενή σχέση μεταξύ τους, η οποία μπορεί να είναι και αμφίδρομη. Και οι δύο είναι απαραίτητες για την κατάκτηση της χρήσης του εργαλείου σε άριστο βαθμό. Καθώς το υποκείμενο ενεργεί χρησιμοποιώντας το εργαλείο είναι σε θέση να παρατηρήσει την επίδρασή του στα άλλα αντικείμενα, δημιουργώντας έτσι νέα νοήματα που αλλάζουν τα σχήματα χρήσης που είχε αρχικά διαμορφώσει για το εργαλείο (Verillon & Andreucci, 2006).

Προκειμένου να υπάρχουν πιθανότητες να προκύψει η εργαλειακή γένεση είναι σημαντικό να οργανωθεί σωστά από τον εκπαιδευτικό. Για το λόγο αυτό οι Drijvers, Doorman, Boon, & van Gisbergen (2009) ανέπτυξαν το μοντέλο της εργαλειακής ενορχήστρωσης. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τρία στοιχεία και βασίστηκε στο προγενέστερο μοντέλο του Trouche. Οι ερευνητές ορίζουν το μοντέλο αυτό ως «τη σκόπιμη και συστηματική οργάνωση και χρήση διαφόρων διαθέσιμων τεχνουργημάτων σε ένα μαθησιακό περιβάλλον από τον εκπαιδευτικό με σκοπό την καθοδήγηση της εργαλειακής γένεσης από τους μαθητές» (Drijvers et al., 2009 :2). Τα βασικά στοιχεία του μοντέλου αυτού αποτελούν η διδακτική διάταξη, που αναφέρεται στη διάταξη των τεχνουργημάτων στο εκπαιδευτικό περιβάλλον, ο τρόπος εκμετάλλευσης αυτού του διδακτικού σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα ο τρόπος με τον οποίο θα παρουσιαστούν οι δραστηριότητες και θα διενεργηθούν, και η διδακτική απόδοση, που σχετίζεται με τις αποφάσεις που θα κληθεί να πάρει ο εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας προκειμένου να κατευθύνει το μάθημα στα επιθυμητά αποτελέσματα.

1.5 Προγραμματισμός

Η τεχνολογία αποτελεί πλέον για τους νέους ανθρώπους ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς τους. Τα παιδιά του σήμερα

μπορούν να χαρακτηριστούν «Ψηφιακοί Ιθαγενείς», οι οποίοι μιλούν την ψηφιακή γλώσσα, σε αντίθεση με τους μεγαλύτερους που είναι «Ψηφιακοί Μετανάστες» και δυσκολεύονται να συμβαδίσουν με τις νέες αλλαγές (Prensky, 2001). Αν και η χρήση των υπολογιστών και των smartphones είναι καθημερινή συνήθεια για τα παιδιά, στέλνοντας κυρίως μηνύματα και επικοινωνώντας με διάφορους τρόπους, η προγραμματιστική ευφράδεια τους δε μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη. Είναι σημαντικό τα παιδιά να αποκτήσουν προγραμματιστικές ικανότητες, καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να ανοίξει νέους ορίζοντες έκφρασης και να μεγαλώσει το εύρος των πραγμάτων που μπορούν να κάνουν τα παιδιά με τον υπολογιστή. Παράλληλα, η ενασχόληση με τον προγραμματισμό μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη της «προγραμματιστικής σκέψης» (computational thinking), που αποτελεί μια γενικότερη δεξιότητα και αφορά στην χρήση των αρχών που διέπουν τον προγραμματισμό και σε άλλα γνωστικά πεδία και περιοχές της καθημερινής ζωής (Wing, 2006).

Όταν το πεδίο του προγραμματισμού άρχισε να αναπτύσσεται τη δεκαετία του 1970, υπήρχε έντονος ενθουσιασμός για τη εκπαίδευση των παιδιών σε αυτόν. Ωστόσο, το εγχείρημα αυτό αποδείχθηκε αρκετά δύσκολο καθώς οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού ήταν πολύ δύσκολες, οι δραστηριότητες δεν συνδέονταν με τα ενδιαφέροντα των παιδιών και οι εκπαιδευτικοί δεν ήταν κατάλληλα καταρτισμένοι (Resnick, Maloney, Monroy-Hernández, Rusk, Eastmond, Brennan, Millner, Rosenbaum and Silver, 2009). Για τους λόγους αυτούς είναι αναγκαία η διερεύνηση τρόπων με τους οποίους τα παιδιά μπορούν να έρθουν πιο κοντά στον προγραμματισμό.

Η συστηματική έρευνα για τον προγραμματισμό ξεκίνησε ήδη από τη δεκαετία του '70, με την επόμενη δεκαετία να παράγει ένα σημαντικό όγκο βιβλιογραφίας. Οι Robins, Rountree, & Rountree (2003) έκαναν μια εκτεταμένη επισκόπηση της βιβλιογραφίας πάνω στις έρευνες για τον προγραμματισμό. Στη ανασκόπηση τους διακρίνουν βασικούς άξονες με τους οποίους έχει ασχοληθεί η έρευνα.

Ο πρώτος άξονας που αναδύεται είναι η διάκριση μεταξύ αρχάριων και έμπειρων προγραμματιστών. Οι διαφορές μεταξύ των αρχάριων και των

έμπειρων προγραμματιστών, ως προς την κατανόηση ενός κώδικα, και συνεπώς ως προς την παραγωγή του είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Οι έμπειροι προγραμματιστές κατέχουν εκλεπτυσμένες αναπαραστάσεις και προγραμματιστικές στρατηγικές, που μπορεί να είναι είτε γενικές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων είτε εξειδικευμένες, τις οποίες χρησιμοποιούν όταν καλούνται να κατανοήσουν ή να συνθέσουν ένα κώδικα. Επίσης, οι προγραμματιστές κατέχουν νοητικά σχήματα και δομές, αντιμετωπίζοντας τον κώδικα σε μεγάλα κομμάτια που έχουν συγκεκριμένο νόημα ή χρησιμότητα. Αντίθετα οι αρχάριοι προγραμματιστές αντιμετωπίζουν ιδιαίτερες δυσκολίες στο να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους, προγραμματιστικές ή και γενικότερες, ενώ τείνουν να αντιμετωπίζουν τον κώδικα γραμμή γραμμή, κάτι που δυσχεραίνει την κατανόηση εκτενών προγραμμάτων.

Οι Sweller & Chandler (1994 :3) ορίζουν το «σχήμα» (schema) ως «ένα νοητικό κατασκεύασμα που κατηγοριοποιεί τις πληροφορίες σύμφωνα με τον τρόπο που θα υποστούν διαχείριση». Σχήματα που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων κατηγοριοποιούνται με βάση τον τύπο επίλυσης, ενώ σχήματα ανάγνωσης κειμένου οργανώνουν την πληροφορία με βάση το νόημα και έτσι δίνουν τη δυνατότητα να εξάγεται νόημα μόνο κοιτώντας μερικά γράμματα ή λέξεις. Το ίδιο ισχύει και με τα σχήματα για τα ζώα ή για το γενικό σχήμα του δέντρου για παράδειγμα. Από γνωστικής άποψης τα σχήματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη σκέψη καθώς μειώνουν το γνωστικό φόρτο της μνήμης, μειώνοντας τον όγκο των πληροφοριών που γίνονται αντιληπτές από τις αισθήσεις. Έτσι, λοιπόν, τα σχήματα για συγκεκριμένα κομμάτια κώδικα επιτρέπουν στους έμπειρους προγραμματιστές να αναγνωρίζουν γνωστά σημεία και να κατανοούν πιο γρήγορα ένα πρόγραμμα.

Ο δεύτερος άξονας έχει άμεση σχέση με τον προηγούμενο και αναφέρεται ειδικότερα στη διαφορά μεταξύ της δηλωτικής και της διαδικαστικής γνώσης πάνω στον προγραμματισμό. Από τη μία είναι σημαντικό ένας προγραμματιστής να έχει βασικές γνώσεις για το πώς λειτουργεί ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής και να είναι σε θέση να περιγράφει τις λειτουργικότητες που προσφέρουν συγκεκριμένες εντολές. Από την άλλη, όμως, η γνώση πάνω στον προγραμματισμό περιλαμβάνει και τους τρόπους με τον οποίο αυτές οι

δηλωτικού τύπου γνώσεις εφαρμόζονται στην πράξη. Στη βιβλιογραφία κυρίαρχη θέση έχει ο όρος «σχήμα», ο οποίος αναφέρεται σε μια γνωστική αναπαράσταση για το τι κάνει ένα συγκεκριμένο κομμάτι κώδικα. Οι έμπειροι προγραμματιστές κατέχουν τέτοιους είδους σχήματα, τα οποία χρησιμοποιούν για να δομήσουν κώδικα, αλλά και για να κατανοήσουν κώδικα με τον οποίο έρχονται πρώτη φορά σε επαφή.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπάρχει διάκριση και μεταξύ των διαδικασιών κατανόησης ενός προγράμματος και της παραγωγής του, κάτι που αποτελεί και τον τρίτο άξονα της ανασκόπησης των ερευνητών. Η έρευνα έχει δείξει πως οι έμπειροι προγραμματιστές κατανοούν ένα κώδικα κάνοντας υποθέσεις και προσπαθώντας αρχικά να αναγνωρίσουν δομές ή στοιχεία γνωστά σε αυτούς, και όχι μελετώντας το σειριακά. Τα σημεία αυτά λειτουργούν ως «φάροι» που βοηθούν τους προγραμματιστές να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους για το πώς λειτουργεί ένα πρόγραμμα. Η δόμηση προγραμμάτων γίνεται κατά παρόμοιο τρόπο με τρόπο που δεν είναι σειριακός. Σύμφωνα με το μοντέλο του Rist (1995, όπ. αναφ. στο Robins et al., 2003) οι έμπειροι προγραμματιστές ανασύρουν από τη μνήμη τους «σχέδια» που ενώνουν μεταξύ τους προκειμένου να υλοποιήσουν τη στρατηγική τους, συνδέοντάς τα με τη χρήση νοητικών «συνδέσμων» που αυτά περιλαμβάνουν. Αντίθετα, οι αρχάριοι προγραμματιστές δε χρησιμοποιούν κομμάτια της εμπειρίας τους αλλά προσπαθούν να δημιουργήσουν κώδικα εκ νέου.

Ο τελευταίος μεγάλος άξονας που προκύπτει από την ταξινόμηση των θεματικών των ερευνών αναφέρεται στα δύο μεγαλύτερα προγραμματιστικά παραδείγματα, τον διαδικαστικό και τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Έχει υπάρξει εκτενής έρευνα γύρω από τα δύο αυτά παραδείγματα, η οποία δεν καταλήγει στην υπεροχή του ενός αλλά στο ότι το κάθε ένα μπορεί να υποστηρίξει καταλληλότερα συγκεκριμένους τύπους προγραμμάτων. Η εμφάνιση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού θεωρήθηκε αρχικά σημαντική επανάσταση στο χώρο, καθώς θα προσέφερε μια πιο φυσική σχέση με τον κώδικα, σε αντίθεση με τον έως τότε κυρίαρχο διαδικαστικό προγραμματισμό, στη βάση του ότι τα αντικείμενα αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες εικονικές οντότητες στο πεδίο του προγραμματισμού και σε άλλα

πεδία, κάτι που κάνει ευκολότερη την κατανόηση και τη δημιουργία συνδέσεων. Αυτή η άποψη καταρρίφθηκε από την έρευνα, η οποία έδειξε πως είναι δύσκολο να γίνουν συνδέσεις μεταξύ αντικειμένων διαφορετικών πεδίων και πως οι αρχάριοι προγραμματιστές πρέπει πρώτα να δημιουργήσουν ένα διαδικαστικό πλάνο του κώδικα πριν το υλοποιήσουν σύμφωνα με τον αντικειμενοστραφή τρόπο. Παράλληλα, σε μεγαλύτερα προγράμματα η ευρέως κατανεμημένη ροή ελέγχου μεταξύ των αντικειμένων του κώδικα δημιουργεί δυσκολίες στην κατανόησή του, κάτι που δεν υποστηρίζει την άποψη για μια πιο φυσική σχέση με τον προγραμματισμό.

Συνεχίζοντας την ανασκόπησή τους οι Robins et al. (2003) επικεντρώνονται στους αρχάριους προγραμματιστές. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουν πως σχετικά με τον προγραμματισμό ως δραστηριότητα οι αρχάριοι προγραμματιστές καλούνται να επιτελέσουν ένα αρκετά δύσκολο έργο καθώς πρέπει να δουλέψουν με τις νέες γνώσεις του πεδίου του προγραμματισμού, τις απαιτούμενες στρατηγικές και τις πρακτικές δεξιότητες. Παρατηρούν πως η κυριότερη αδυναμία των αρχάριων προγραμματιστών είναι η έλλειψη σχεδίων και στρατηγικών σύνδεσής τους με την αξιοποίηση των οποίων μπορούν να λύσουν ένα προγραμματιστικό πρόβλημα με στόχο να δομήσουν κώδικα. Αν η ανάπτυξη ενός προγράμματος θεωρηθεί ένα πρόβλημα, οι αρχάριοι προγραμματιστές συνήθως αποτυγχάνουν στο να σχεδιάσουν μια λύση για αυτό το πρόβλημα. Πέρα από τη δυσκολία του να εφαρμόσουν στην πράξη τις δηλωτικού τύπου γνώσεις τους, η έλλειψη σχεδίων και στρατηγικών τους εμποδίζει να αποδομήσουν το πρόβλημα σε μικρότερα διαχειρίσιμα κομμάτια. Για αυτούς τους λόγους, οι ερευνητές καταλήγουν στο ότι είναι σκόπιμο να δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη διδασκαλία σχεδίων και στρατηγικών στα μαθήματα για αρχάριους προγραμματιστές.

Τις περιοχές στις οποίες συναντούν δυσκολίες οι αρχάριοι προγραμματιστές παραθέτει και ο Du Boulay (1986). Αρχικά οι νέοι προγραμματιστές ενδέχεται να συναντήσουν δυσκολία ως προς το να κατανοήσουν τους λόγους για τους οποίους ο προγραμματισμός είναι χρήσιμος και ποιου είδους προβλήματα μπορεί να βοηθήσει να επιλυθούν. Επίσης, οι αρχάριοι προγραμματιστές συνήθως δυσκολεύονται στο να δημιουργήσουν ένα

σωστό νοητικό μοντέλο για το πώς λειτουργεί ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (notional machine) όταν εκτελεί κώδικα, ενώ είναι πιθανό να συναντήσουν δυσκολίες και σε σχέση με τη σύνταξη μιας γλώσσας προγραμματισμού και τη σημασιολογία των εντολών της. Σε αυτού του είδους τα προβλήματα σημαντικό ρόλο παίζουν ο ανθρωπομορφισμός που αποδίδουν οι αρχάριοι προγραμματιστές στον υπολογιστή και οι παρανοήσεις που προέρχονται από τη φυσική τους γλώσσα. Η έρευνα έχει δείξει πως ένας σημαντικός αριθμός σφαλμάτων (bugs) προέρχεται από την προσπάθεια των αρχάριων προγραμματιστών να μεταβούν από την προφορικά σχεδιασμένη λύση του προβλήματος στον κώδικα, με τη χρήση «μπαλωμάτων» (patches) στα σημεία που συναντούν δυσκολία. Με τον όρο μπάλωμα εννοείται η απευθείας μετάφραση της λύσης από τον προφορικό λόγο σε εντολές προγραμματισμού (Bonar & Soloway, 1985). Τέλος, όπως προαναφέρθηκε μια άλλη περιοχή είναι αυτή των στρατηγικών και νοητικών σχημάτων για προγραμματιστικές μικρο-δομές, που επιτελούν συγκεκριμένες διεργασίες.

1.5.1 Προσεγγίσεις στη διδασκαλία του προγραμματισμού

Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσει κανείς διάφορες προσεγγίσεις για τη διδασκαλία του προγραμματισμού. Οι προσεγγίσεις αυτές φαίνονται να έχουν δομηθεί με βάση τα ευρήματα της έρευνας πάνω στο πώς οι αρχάριοι και οι έμπειροι προγραμματιστές προγραμματίζουν όπως παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Είναι σημαντικό σε πρώτο επίπεδο οι εκπαιδευόμενοι να κατακτήσουν βασικά στοιχεία και κανόνες του προγραμματισμού, ένα κάθε φορά, δουλεύοντας πάντα σε ένα πλαίσιο που έχει να κάνει με την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Έπειτα, καθώς κατακτούν τα στοιχεία αυτά οι εκπαιδευόμενοι συνεχίζουν στην επεξεργασία πιο σύνθετων προβλημάτων που απαιτούν την εφαρμογή περισσότερο πολύπλοκων στρατηγικών (Winslow, 1996).

Η Selby (2011), κάνοντας μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αναγνωρίζει τέσσερις διαφορετικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία του προγραμματισμού: την ανάλυση κώδικα, τα τουβλάκια, τις απλές μονάδες και τα πλήρη συστήματα. Στην ανάλυση κώδικα, οι νέοι προγραμματιστές έρχονται σε επαφή με κομμάτια κώδικα τα οποία επεξεργάζονται ως προς τη σύνταξη και τη δομή τους. Στην

προσέγγιση αυτή οι προγραμματιστές δε δομούν δικό τους κώδικα, αλλά διαβάζουν έτοιμο κώδικα προσπαθώντας να παρατηρήσουν σημεία της σύνταξής του αλλά και να περιγράψουν τη λογική που υπάρχει πίσω από την ανάπτυξή του. Εναλλακτικά, στην προσέγγιση των τουβλακίων οι προγραμματιστές εισάγονται θεωρητικά σε βασικές έννοιες του προγραμματισμού, όπως μεταβλητές, επανάληψη και υποθέσεις τις οποίες μετά συνδυάζουν προκειμένου να ερμηνεύσουν έτοιμο κώδικα. Στην επόμενη προσέγγιση, οι νέοι προγραμματιστές αναλαμβάνουν ενεργότερο ρόλο δομώντας οι ίδιοι κώδικα. Δημιουργούν απλές μονάδες κώδικα που έχουν συγκεκριμένο νόημα και που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, αναπτύσσοντας με τον τρόπο αυτό μια εργαλειοθήκη από την οποία μπορούν να ανασύρουν μονάδες και να τις συνδέουν για να δημιουργούν πιο σύνθετο κώδικα με πιο σύνθετο νόημα. Τέλος, στην πιο ολιστική προσέγγιση των πλήρων συστημάτων οι νέοι προγραμματιστές αναθέτονται με τη δημιουργία κώδικα για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Τα στοιχεία της σύνταξης και των προγραμματιστικών εννοιών εισάγονται μόνο όταν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του κώδικα.

Επίσης, η ερευνήτρια αναφέρει πως για μια πιο αποτελεσματική διδασκαλία του προγραμματισμού είναι σημαντικός ο συνδυασμός αυτών των προσεγγίσεων. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι δυνατό να συνδυαστούν στο σύνολό τους, ή κάποιες από αυτές, σε διαφορετική σειρά και όχι μόνο γραμμικά, όπως θα ήθελε μια πρώτη, πιο διαισθητική σκέψη. Σε κάθε περίπτωση, όμως, όπως φαίνεται από τους συνδυασμούς που προτείνει η ερευνήτρια, η διδασκαλία κομματιών κώδικα με συγκεκριμένο νόημα κατέχει ιδιαίτερα σημαντική θέση.

Για τον Soloway (1986) ένα πρόγραμμα έχει διττή φύση, αυτή του μηχανισμού και αυτή της εξήγησης. Ένα πρόγραμμα αποτελεί μηχανισμό επίλυσης ενός προβλήματος, κατευθύνοντας τον υπολογιστή μέσα από διαδοχικές εντολές στην επίλυσή του, αλλά ο μηχανισμός αυτός πρέπει να συνοδεύεται και από μια περιγραφή για το πώς λειτουργεί αλλά και για τους λόγους που αυτός ο μηχανισμός είναι ο κατάλληλος για τη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος. Αναγνωρίζοντας τη σημασία των «κομματιών» κώδικα συγκεκριμένης σημασίας και των νοητικών «σχημάτων» οργάνωσης

στον προγραμματισμό, ο ερευνητής θεωρεί πως οι αρχάριοι προγραμματιστές πρέπει να διδάσκονται ρητά τέτοιου είδους «στρατηγικές» και «σχέδια» (goals and plans). Έτσι, αρχικά οι προγραμματιστές πρέπει να διδαχθούν πως ο προγραμματισμός είναι μια διαδικασία παραγωγής τεχνουργημάτων που λειτουργούν ως μηχανισμοί, και που είναι ανοιχτά προς χρήση και επεξεργασία από άλλους προγραμματιστές, και για αυτό θα πρέπει να συνοδεύονται από πληροφορίες για το πώς αναπτύχθηκαν. Θα πρέπει, επίσης, να διδαχθούν με ξεκάθαρο και αναλυτικό τρόπο «στόχους» (goals) και «σχέδια» (plans) ως «κονσερβοποιημένες λύσεις» (canned solutions) που επιτελούν συγκεκριμένες διεργασίες, για την επίλυση των στόχων αυτών.

Τα προηγούμενα σημεία οδήγησαν τον Soloway στην ανάπτυξη μιας διδακτικής πρότασης για τον προγραμματισμό, της «βήμα-βήμα βελτίωσης» (stepwise refinement). Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή οι αρχάριοι προγραμματιστές αποδομούν το πρόβλημα που τους δίνεται σε μικρότερα κομμάτια με βάση κονσερβοποιημένες λύσεις που ήδη κατέχουν ή κατέχουν μερικώς. Δημιουργούν δηλαδή «στόχους» για τους οποίους έχουν ήδη διαμορφωμένα «σχέδια» με τα οποία μπορούν να τους επιτύχουν. Για το λόγο αυτό πρέπει να κατέχουν ήδη σχέδια προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουν ώστε να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα που τους δίνεται. Σε διαφορετική περίπτωση, συνήθως χάνουν σημαντικό χρόνο ή οδηγούνται σε λανθασμένες λύσεις. Ειδικά στις περιπτώσεις που και οι έμπειροι προγραμματιστές συναντούν κάποιο πρόβλημα, εγκαταλείπουν την δόμηση κώδικα με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω (top-down), μια διαδικασία ανώτερου επιπέδου αφαίρεσης, και ακολουθούν τη διαδικασία της δημιουργίας νέων σχεδίων για την επίτευξη μικρών στόχων που ορίζουν. Αυτά τα σχέδια στη συνέχεια αποθηκεύονται στη μνήμη ως σχήματα για χρήση σε αντίστοιχες μελλοντικές περιπτώσεις (Rist, 1989).

Η προσέγγιση αυτή, πέρα από τη στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος στο μακροεπίπεδο, περιγράφει και τους τρόπους με τους οποίους γίνεται η σύνδεση των διάφορων σχεδίων στο μικροεπίπεδο για την εξυπηρέτηση των στόχων που έχουν διαμορφώσει οι προγραμματιστές, αλλά και την υποβοήθηση της ανάπτυξης εξηγήσεων για τη λειτουργία του

προγράμματος. Οι τρόποι με τους οποίους είναι δυνατό να γίνει αυτή η σύνδεση δύο διαφορετικών είναι το αντέρεισμα (abutment), η ενσωμάτωση (nesting), η συγχώνευση (merging) και η προσαρμογή (tailoring). Στο αντέρεισμα δύο σχέδια μπαίνουν σε σειρά το ένα μετά το άλλο, στην ενσωμάτωση ένα σχέδιο εμπεριέχεται εντελώς σε ένα άλλο, στη συγχώνευση δύο σχέδια γίνονται ένα και στην προσαρμογή, ένα σχέδιο που δεν είναι εντελώς κατάλληλο επιδέχεται αλλαγές προκειμένου να εξυπηρετήσει το στόχο.

1.5.2 Τα σχέδια στον προγραμματισμό

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι Robins et al. (2003: 153), εντοπίζουν πως η «κοινή αιτία που διατρέχει τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αρχάριοι προγραμματιστές είναι η έλλειψη γνώσεων στο πεδίο του προγραμματισμού και στρατηγικών». Μάλιστα, οι ερευνητές αναφέρουν πως η έλλειψη αυτή γίνεται ιδιαίτερα εμφανής όταν ένα πρόγραμμα σχεδιάζεται με βάση τη σχεδίαση στην εστίαση (focal design) (Rist, 1995 όπ. αναφ. στο Robins et al., 2003), όπου στην περίπτωση αυτή, η λύση του προβλήματος ξεκινά από την πιο απλή και βασική ενέργεια, και στη συνέχεια δομείται γύρω από αυτή.

Οι Soloway & Ehrlich (1984: 1) ορίζουν τα σχέδια (plans) στον προγραμματισμό ως «κομμάτια κώδικα που αντιπροσωπεύουν στερεοτυπικές ακολουθίες δράσεων», όπως τα σχέδια για τον υπολογισμό ενός αθροίσματος ή την αναζήτηση ενός αντικειμένου. Για τον Soloway (1986) τα σχέδια αποτελούν μαζί με τους στόχους (goals) τα βασικά δομικά τουβλάκια για την ανάλυση των προβλημάτων και την κατασκευή προγραμμάτων. Ο ερευνητής χρησιμοποιώντας το παράδειγμα ενός προγράμματος που υπολογίζει το μέσο όρο από ένα σύνολο αριθμών, προσπαθεί να δώσει μια πιο παραστατική εικόνα των στόχων και των σχεδίων. Στην επίλυση του προβλήματος αυτού τους στόχους αποτελούν το ότι πρέπει να δημιουργηθεί ένα άθροισμα των αριθμών, και στη συνέχεια αυτό το άθροισμα να διαιρεθεί με το πλήθος των αριθμών. Όταν αυτοί οι στόχοι μεταφραστούν σε κώδικα που επιτελεί αυτή τη συγκεκριμένη λειτουργία, τότε έχει δημιουργηθεί ένα σχέδιο, μια στερεοτυπική κονσερβοποιημένη λύση (canned solution), όπως τη χαρακτηρίζει ο ερευνητής. Οι έμπειροι προγραμματιστές έχουν αναπτύξει μια πληθώρα από τέτοιου είδους

σχέδια και στρατηγικές για τη ορθή σύνδεσή τους, και έτσι ο ερευνητής θεωρεί σημαντική τη λεπτομερή και αναλυτική διδασκαλία των αρχάριων προγραμματιστών πάνω σε αυτά.

Η σπουδαιότητα των σχεδίων είναι φανερή και στο μοντέλο των γνωστικών επιτευγμάτων που προτείνει η Linn (1985). Το μοντέλο αυτό ονομάζεται «Αλυσίδα γνωστικών επιτευγμάτων από μαθήματα προγραμματισμού» (The chain of cognitive accomplishments from programming courses), και επιχειρεί να αναδείξει πώς τα γνωστικά επιτεύγματα που επιτυγχάνονται σε μια προγραμματιστική διαδικασία, μπορούν να εφαρμοστούν στην επίλυση προβλημάτων από διαφορετικά πεδία. Το πρώτο επίτευγμα αφορά τα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού, όπως οι εντολές που έχουν στη διάθεσή τους οι χρήστες της. Το δεύτερο επίτευγμα αφορά δεξιότητες σχεδιασμού και συνδυασμού αυτών των χαρακτηριστικών ώστε να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που επιλύει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Αν ένας έμπειρος προγραμματιστής διαθέτει ήδη κάποιο πρότυπο (template) για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος τότε το ανασύρει από τη μνήμη του χωρίς να χρειαστεί να δομήσει νέο κώδικα. Το τρίτο επίτευγμα έχει να κάνει με δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικά συστήματα, όπως για παράδειγμα από τη μία γλώσσα προγραμματισμού στην άλλη, ή από ένα προγραμματιστικό πρόβλημα, σε ένα πρόβλημα διαφορετικού πεδίου.

Ο Rist (1985: 390) αναφέρει πως «η ανάπτυξη ενός προγράμματος μπορεί να γίνει εμφανής από τον ορισμό των σχεδίων που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα και την επισήμανση της σειράς με την οποία κομμάτια των σχεδίων εμφανίζονται κατά τη σχεδιάσή του». Μάλιστα για τον ερευνητή, η εμπειρία στον προγραμματισμό μπορεί να φανεί από το ότι ο σχεδιασμός του προγράμματος αλλάζει από τη δημιουργία σχεδίων στην ανάσυρση σχεδίων από τη μνήμη, καθώς ένα σχέδιο μπορεί να αποθηκευθεί στη μνήμη ως σχήμα του σχεδίου και να χρησιμοποιηθεί αργότερα για την επίλυση νέων προβλημάτων. Η ύπαρξη ή μη σχεδίων μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο το πρόγραμμα δομείται, αλλάζοντας την προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω όταν αυτά δεν υπάρχουν, σε μια προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω, δηλαδή από

ένα γενικό σχέδιο επίλυσης σε πιο ειδικά μέρη, όταν αυτά υπάρχουν. Έτσι, ο Rist περιέγραψε τη δομή ενός προγράμματος σε τέσσερα επίπεδα:

- Στο πρώτο επίπεδο κομμάτια γνώσης συνδυάζονται για να δημιουργηθεί μια πρώτη γραμμή κώδικα.
- Σε ένα λιγότερο λεπτομερές επίπεδο γραμμές κώδικα συνδυάζονται για τη διαμόρφωση ενός σχεδίου, που επιτελεί συγκεκριμένη λειτουργία.
- Σε ένα πιο γενικό επίπεδο, απλά ή σύνθετα σχέδια συνδυάζονται για τη δημιουργία του επιθυμητού προγράμματος.
- Τέλος, στο πιο γενικό επίπεδο βρίσκεται η αφηρημένη δομή του προγράμματος που αντιστοιχεί σε ένα πρότυπο επίλυσης.

1.6 Σύνδεση του θεωρητικού πλαισίου

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας πάνω στα χαρακτηριστικά των εμπειρών και των αρχάριων προγραμματιστών, καθώς και των προσεγγίσεων στη διδασκαλία του προγραμματισμού, γίνεται φανερή η εξέχουσα σημασία των σχεδίων προγραμματισμού. Όπως αναφέρθηκε ένας από τους σημαντικότερους λόγους για τους οποίους αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη δόμηση κώδικα οι αρχάριοι προγραμματιστές είναι η έλλειψη σχεδίων και στρατηγικών. Τα σχέδια αυτά είναι απαραίτητα στο να καταταμηθεί το προγραμματιστικό πρόβλημα σε μικρότερα, απλούστερα και πιο εύκολα αντιμετωπίσιμα υπο-προβλήματα. Στη συνέχεια, ο προγραμματιστής χρησιμοποιώντας στρατηγικές σε συνδυασμό με τα σχήματα κώδικα που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες, προχωρά στην ανάπτυξη του κώδικα και τη λύση του προβλήματος. Συνεπώς, μια διδακτική προσέγγιση στην εκπαίδευση αρχάριων προγραμματιστών πρέπει να στοχεύει στο να τους εξοπλίζει με επαρκή γνωστικά σχήματα κώδικα αλλά και στρατηγικές για την οργάνωση και σύνθεσή τους.

Στην περίπτωση της διδασκαλίας μαθητών νεαρής ηλικίας, οι εκάστοτε διδακτικοί στόχοι είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διαμορφώνονται με βάση κατευθυντήριες γραμμές που προέρχονται από κάποια μαθησιακή θεωρία, έτσι ώστε ο σχεδιασμός να είναι αποδοτικότερος ως προς την πιθανότητα επίτευξής τους. Για τη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού, η κατασκευαστική

θεωρία της μάθησης του Papert, είναι ιδιαίτερα κατάλληλη. Είναι κατάλληλη, αφενός, γιατί είναι μια θεωρία προσανατολισμένη στην αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων στην εκπαιδευτική πράξη, και αφετέρου γιατί προβλέπει την ενεργό δράση των μαθητών μέσα σε οριοθετημένα πλαίσια, με στόχο την ανάπτυξη νοημάτων μέσα από τις ίδιες τους τις εμπειρίες. Αυτό είναι πολύ σημαντικό επειδή αν το πρόγραμμα θεαθεί ως μηχανισμός και εξήγηση, όπως αναφέρει ο Soloway, τότε μέσα από την εργασία τους σε ένα τέτοιου είδους πλαίσιο είναι πολύ πιθανό να κατακτηθεί επαρκώς το κομμάτι της «εξήγησης», και αυτό γιατί δοκιμάζοντας ελεύθερα υποθέσεις και διορθώνοντας οι ίδιοι τα λάθη τους, προοδευτικά αποκτούν μια πιο συνειδητή και θεμελιωμένη αντίληψη των πράξεών τους και των κατασκευασμάτων τους. Σε αυτή την κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει και η εργασία στα πλαίσια ομάδας, όπου οι αντιλήψεις των μαθητών εξωτερικεύονται και γίνονται αντικείμενο συζήτησης και σκέψης.

Όπως είναι φυσικό, αν η διδασκαλία του προγραμματισμού γίνεται μέσα σε κονστραξιονιστικό πλαίσιο, τότε τα καταλληλότερα εργαλεία με τα οποία μπορεί να υλοποιηθεί είναι η γλώσσα προγραμματισμού Logo και οι ψηφιακοί μικρόκοσμοι. Η γλώσσα προγραμματισμού Logo αναπτύχθηκε για την υλοποίηση τέτοιου είδους διδασκαλιών, υποστηρίζοντας με τη διαδικαστική της μορφή την κατασκευή της γνώσης από τους μαθητές. Οι διαδικασίες και οι υποδιαδικασίες που δημιουργούνται σε ένα πρόγραμμα στη γλώσσα της Logo, αντιστοιχούν στα γνωστικά σχήματα οργάνωσης της σκέψης των μαθητών βοηθώντας τους έτσι να τα οργανώσουν και να τα αναπτύξουν αποτελεσματικότερα, ενώ οι περιγραφικοί φορμαλισμοί πάνω στους οποίους βασίζεται η επικοινωνία με τον υπολογιστή κάνουν σαφέστερα τα νοήματα που αναπτύσσουν οι μαθητές γύρω από τις έννοιες με τις οποίες ασχολούνται. Οι διαδικασίες και οι υποδιαδικασίες που τις συνθέτουν χαρακτηρίζονται από το ότι επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες ανάλογα με τις εντολές που περιλαμβάνουν, και για αυτό μπορούν να αποτελέσουν εργαλεία για τη διδασκαλία στρατηγικών προγραμματισμού.

Επιπροσθέτως, οι μικρόκοσμοι που αξιοποιούν τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, μπορούν να αποτελέσουν κατάλληλα πλαίσια κατασκευαστικής εργασίας για τους μαθητές. Το σημαντικότερο

χαρακτηριστικό τους είναι ότι είναι περιβάλλοντα που προσφέρουν δυνατότητες διερεύνησης εννοιών οι οποίες έχουν ενσωματωθεί με τη μορφή κατάλληλων αναπαραστάσεων από τους εκπαιδευτικούς για την ανάπτυξη σωστών νοημάτων από τους μαθητές. Οι μικρόκοσμοι προσφέρουν στους μαθητές άμεση ανατροφοδότηση για τις συνέπειες των ενεργειών τους, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν οι ίδιοι τα λάθη τους, τα οποία γίνονται αφορμή σκέψης και, μετά τη διόρθωσή τους, βελτίωσης. Οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι, που συνήθως έχουν ατελή ή με σφάλματα μορφή, προκαλούν τους χρήστες να τους αλλάξουν εμπλέκοντας τους σε υψηλότερα επίπεδα ενεργούς συμμετοχής στην εκπαιδευτική διαδικασία, στοιχείο απαραίτητο σε μια κονστραξιονιστική διδασκαλία, και στην προκειμένη περίπτωση, στη διδασκαλία προγραμματιστικών εννοιών.

Τέλος, η θεωρία της εργαλειακής γένεσης μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην οργάνωση μιας διδασκαλίας εννοιών του προγραμματισμού. Η κατασκευαστική προσέγγιση της μάθησης μπορεί να προσφέρει ένα πολύ αποτελεσματικό πλαίσιο και κατάλληλα εργαλεία για την εργασία των μαθητών, αλλά η θεωρία της εργαλειακής γένεσης, μπορεί να προσφέρει συγκεκριμένες κατευθύνσεις στην οργάνωση του πλαισίου αυτού για τη διδασκαλία προγραμματιστικών εννοιών. Αυτό μπορεί να γίνει με την αξιοποίηση του μοντέλου της εργαλειακής ενορχήστρωσης που περιγράφηκε παραπάνω. Η βιβλιογραφία υποστηρίζει πως τα προγραμματιστικά σχέδια πρέπει να διδάσκονται με σαφή και λεπτομερή τρόπο έτσι ώστε να αποκλείονται τυχόν παρανοήσεις των μαθητών. Από τη στιγμή που τα προγράμματα μπορούν να θεωρηθούν τεχνουργήματα που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες (Soloway, 1986), τότε με όρους εργαλειακής γένεσης, τα σχέδια προς διδασκαλία, μπορούν να θεωρηθούν τεχνουργήματα που έχει δημιουργήσει ο εκπαιδευτικός και που δίνονται στους μαθητές με στόχο την εργαλειοποίηση. Μέσα από την εργασία τους με τα τεχνουργήματα αυτά οι μαθητές αναμένεται να δημιουργήσουν σχήματα αξιοποίησής τους (σχήματα χρήσης και σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης), ανάλογα των περιορισμών που αυτά ενέχουν, κατανοώντας τους τρόπους χρήσης των τεχνουργημάτων, άρα και αποκτώντας τη δυνατότητα να εξηγήσουν τη λειτουργία του τεχνουργήματος-προγράμματος ως μηχανισμό.

Παράλληλα, η εργαλειοποίηση του εργαλείου από τους μαθητές θα τους δώσει τη δυνατότητα να αποκτήσουν καλύτερη αντίληψη πάνω στα τεχνουργήματα που τους δόθηκαν, αλλά και να διαμορφώσουν νέα εργαλεία.

2. Η μεθοδολογία της έρευνας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του μαθησιακού σχεδιασμού του ερευνητή, όπως αυτός προέκυψε μετά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας πάνω στις θεωρίες μάθησης και στο πεδίο του προγραμματισμού. Για την ανάδειξη της αποτελεσματικότητας και των αδύναμων σημείων του σχεδιασμού αυτού είναι αναγκαία η δοκιμή του στην εκπαιδευτική πράξη, μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Ως μέθοδος έρευνας επιλέχθηκε η μεθοδολογία της Έρευνας Σχεδιασμού, η οποία εδώ και δεκαετίες χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση εκπαιδευτικών καινοτομιών.

Πριν την αιτιολόγηση της επιλογής της Έρευνας Σχεδιασμού ως μεθοδολογία για την παρούσα έρευνα κρίνεται σκόπιμη η βιβλιογραφική ανασκόπηση της μεθοδολογίας της Έρευνας Σχεδιασμού, καθώς τα χαρακτηριστικά της και οι διαδικασίες που ακολουθεί κατηύθυναν τις σχεδιαστικές επιλογές του ερευνητή.

2.1 Γενικές προσεγγίσεις στην ερευνητική μεθοδολογία

Μια ερευνητική μεθοδολογία περιλαμβάνει διαδικασίες που αφορούν όλο το εύρος μιας έρευνας, από την γενική της σύλληψη μέχρι τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, που απαιτούν μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Τρεις βασικοί όροι που είναι απαραίτητοι για τον ορισμό του ευρύτερου όρου της ερευνητικής μεθοδολογίας είναι οι ερευνητικές προσεγγίσεις, οι ερευνητικοί σχεδιασμοί και οι ερευνητικές μέθοδοι. Η ερευνητική προσέγγιση αφορά το σχέδιο και τις διαδικασίες που θα ακολουθήσει ένας ερευνητής για να απαντήσει στα ερωτήματα του. Ο ερευνητικός σχεδιασμός αφορά ένα συγκεκριμένο και εξειδικευμένο πρότυπο έρευνας που θα ακολουθηθεί, ενώ οι ερευνητικές μέθοδοι αφορούν τις διαδικασίες με τις οποίες θα συλλεχθούν, θα αναλυθούν και θα ερμηνευθούν τα δεδομένα. Έτσι ένας ερευνητής καλείται να επιλέξει κάθε φορά στοιχεία αυτών των τριών βασικών όρων με βάση τη φύση του ερευνητικού προβλήματος που καλείται να αντιμετωπίσει, αλλά και με βάση τις προσωπικές του πεποιθήσεις και ενδιαφέροντα (Creswell, 2014).

Σημαντικό χαρακτηριστικό των ερευνητικών μεθοδολογιών είναι πως βασίζονται σε κάποια ιδιαίτερη φιλοσοφία. Ο Creswell (2014) χρησιμοποιεί τον όρο «κοσμο-οπτική» ή «οπτική» (worldview) για να περιγράψει αυτές τις

φιλοσοφίες ως ένα σύνολο ιδεών που ορίζουν την πράξη, και είναι συνώνυμος με τους όρους «παράδειγμα», «οντολογία» και «επιστημολογία». Οι οπτικές αυτές αφορούν το πώς οι ερευνητές βλέπουν φιλοσοφικά τον κόσμο και τη φύση της έρευνας και, έτσι, η οπτική του κάθε ερευνητή και οι προσωπικές του πεποιθήσεις τον οδηγούν στο να επιλέξει κάποιο από αυτά τα μεθοδολογικά παραδείγματα. Στο μετα-θετικιστικό παράδειγμα κυρίαρχη είναι η άποψη πως οι αιτίες καθορίζουν τα αποτελέσματα, και για αυτό χρησιμοποιούνται λεπτομερείς μέθοδοι ποσοτικών (συνήθως) μετρήσεων της αντικειμενικής πραγματικότητας. Στο κονστρουκτιβιστικό παράδειγμα, από την άλλη, οι ερευνητές πιστεύουν πως τα άτομα δημιουργούν υποκειμενικές αντιλήψεις στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο και για αυτό ενδιαφέρονται για τις απόψεις των ατόμων αυτών. Το μετασχηματιστικό παράδειγμα (transformative paradigm) ενδιαφέρεται για τις περιθωριοποιημένες ομάδες και αναζητά τρόπους να αλλάξει την κοινωνία ώστε οι ομάδες αυτές να ωφεληθούν, θεωρώντας πως βασικός στόχος της έρευνας πρέπει να είναι η βελτίωση της ανθρώπινης κοινωνίας. Τέλος στο πραγματιστικό παράδειγμα την κεντρική θέση κατέχει το ερευνητικό πρόβλημα το οποίο επιχειρείται να λυθεί με τη χρήση πολλών διαφορετικών προσεγγίσεων που πηγάζουν από διάφορα άλλα παραδείγματα (Creswell, 2014).

Από τα προηγούμενα φιλοσοφικά υπόβαθρα της έρευνας προκύπτουν τρεις κυρίαρχοι τύποι έρευνας: η ποιοτική έρευνα, η ποσοτική έρευνα και η μικτή έρευνα (mixed methods research). Η ποιοτική έρευνα είναι μια προσέγγιση για την απάντηση σε ερωτήματα που έχουν να κάνουν με το πώς τα υποκείμενα βλέπουν κοινωνικά ή ατομικά θέματα. Αυτός ο τύπος έρευνας συνήθως έχει επαγωγικό χαρακτήρα, ξεκινώντας από το ειδικό και στη συνέχεια γενικεύοντας και χαρακτηρίζεται από ευέλικτες μεθόδους. Η ποσοτική έρευνα έχει επαγωγικό χαρακτήρα και προσπαθεί να επιβεβαιώσει ή να απορρίψει γενικές θεωρίες για τον αντικειμενικό κόσμο. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιεί σταθμισμένες μεθόδους και προσπαθεί να ελέγξει τις μεταβλητές, τον συσχετισμό των οποίων εξετάζει. Τέλος, στην έρευνα μικτών μεθόδων χρησιμοποιούνται ποιοτικές και ποσοτικές μέθοδοι για τη διερεύνηση των ερωτημάτων καθώς με αυτό τον τρόπο θεωρείται πως μπορεί να δημιουργηθεί

μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το πρόβλημα (Robson, 2007; Cohen, Manion & Morrison, 2008; Creswell, 2014).

Κάθε τύπος ερευνητικής μεθοδολογίας περιλαμβάνει εξειδικευμένους τύπους ερευνητικών σχεδιασμών που παρέχουν συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για τη διεξαγωγή της έρευνας. Τέτοιου είδους ερευνητικοί σχεδιασμοί στην ποιοτική έρευνα αποτελούν η θεμελιωμένη θεωρία, οι μελέτες περίπτωσης και η εθνογραφία. Στην ποσοτική έρευνα κυρίαρχος τύπος ερευνητικού σχεδιασμού αποτελεί αυτός των ποσοτικών πειραμάτων. Ένας σχεδιασμός μικτών ερευνητικών μεθόδων, που στέκεται μεταξύ των δύο άλλων τύπων, είναι η Έρευνα Σχεδιασμού.

2.2 Η Έρευνα Σχεδιασμού

Ο όρος «Έρευνα Σχεδιασμού» (design research) εισήχθηκε από τους Collins και Brown στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ο Collins επεσήμανε την ανάγκη για την ανάπτυξη μιας νέας ερευνητικής μεθοδολογίας με σκοπό τη διερεύνηση της αποτελεσματικότερης εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, σε μια εποχή που τα νέα δεδομένα απαιτούσαν τη συνεργασία με τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς αλλά και τον έλεγχο όλων των παραμέτρων μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας (Collins, 1992). Η Brown αναγνώρισε και αυτή την πολυπλοκότητα της μαθησιακής διαδικασίας και τη δυσκολία του ελέγχου συγκεκριμένων μεταβλητών ανεξάρτητα από άλλες, και θεωρούσε πως η μέχρι τότε έρευνα ακολουθούσε διαδικασίες που δεν ήταν σύμφωνες με την πραγματικότητα, με μικρή χρονική διάρκεια, χωρίς έμφαση στο διδακτικό σχεδιασμό, και με αλληλεπιδράσεις ενός δασκάλου προς ένα μαθητή (Brown, 1992). Έτσι, λοιπόν, τους δύο πρωτοπόρους κινητοποίησαν ερωτήματα σχετικά με τη φύση της μάθησης εντός του εκπαιδευτικού πλαισίου, στον πραγματικό κόσμο και όχι σε εργαστηριακά περιβάλλοντα, με την υπερπήδηση των περιοριστικών, έως τότε, μεθόδων της έρευνας, και την ανάγκη για συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της υπό εξέταση εκπαιδευτικής παρέμβασης (Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004).

Μέχρι τότε η έρευνα στην εκπαίδευση είχε ως σκοπό σε πρώτο επίπεδο τη μελέτη των καινοτομιών και στη συνέχεια την ενσωμάτωσή τους στην

εκπαιδευτική διαδικασία. Για τους ερευνητές, όμως, αυτή η πορεία θεωρείται ανορθόδοξη καθώς οι παράμετροι μιας εκπαιδευτικής πρακτικής είναι πολλές, και εμποδίζουν τη σωστή ενσωμάτωση των καινοτομιών, ακόμα και αν η προηγηθείσα έρευνα έχει δείξει πως λειτουργούν (Brown, 1992). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην ανεπάρκεια των ποσοτικών και ποιοτικών μεθόδων να συλλάβουν την καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική. Οι ποσοτικές ερευνητικές μέθοδοι, από τη μία, λαμβάνουν χώρα μέσα σε εργαστηριακές συνθήκες, ελέγχουν μονοσήμαντα τη σχέση μεταξύ μεμονωμένων μεταβλητών με αυστηρά προκαθορισμένα μέσα και διαδικασίες, περιορισμένες αλληλεπιδράσεις, συγκεκριμένες υποθέσεις και με τον ερευνητή να κατέχει τον απόλυτο έλεγχο της πορείας της έρευνας. Από την άλλη, οι ποιοτικές μέθοδοι των εθνογραφικών μεθόδων στοχεύουν στο να ερευνήσουν αυτό που γίνεται φυσικά, χωρίς καμία μορφή επέμβασης, με τη χρήση αναλυτικών περιγραφών. Στόχος της Έρευνας Σχεδιασμού είναι το να καλύψει τις αδυναμίες των δύο αυτών κυρίαρχων μεθοδολογιών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιεί ποιοτικές μεθόδους για την περιγραφή της μαθησιακής διαδικασίας με όλη την πολυπλοκότητά της, αλλά και ποσοτικές μεθόδους ώστε να καταστεί δυνατό τα συμπεράσματά της να μπορούν να γενικευθούν (Barab & Squire, 2004; Collins et al., 2004).

Για τους Hoyles & Noss (2015) ο κονστραξιονισμός είναι μία από τις πρώτες θεωρίες που αναπτύχθηκαν με τις μεθόδους της Έρευνας Σχεδιασμού. Οι αρχές της μαθησιακής αυτής θεωρίας αναπτύχθηκαν μέσα από συνεχείς έρευνες που στο κέντρο τους είχαν την εργασία των μαθητών μέσα σε ψηφιακά περιβάλλοντα. Μάλιστα, οι ερευνητές επισημαίνουν πως υπάρχει και μια βαθύτερη σχέση μεταξύ της θεωρίας αυτής και της Έρευνας Σχεδιασμού. Στην Έρευνα Σχεδιασμού είναι εμφανής η χρήση των πρακτικών του κονστραξιονισμού. Όπως οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σχεδιάζοντας στρατηγικές και δοκιμάζοντάς τις στην πράξη, έτσι και οι εκπαιδευτικοί-ερευνητές κατασκευάζουν τις θεωρίες τους μέσα από διαδοχικές δοκιμές των υποθέσεών τους, κατευθυνόμενοι στο επόμενο βήμα από τα προηγούμενα ευρήματά τους.

Οι Cobb, Confrey, Lehrer, Schauble, diSessa, Richard και Lehrer (2003 :1) χρησιμοποιούν τον όρο πειράματα σχεδιασμού και αναφέρουν πως

«περιλαμβάνουν την παραγωγή συγκεκριμένων μορφών μάθησης και τη συστηματική μελέτη αυτών των μορφών μάθησης μέσα στο πλαίσιο που διαμορφώνεται από τα μέσα που τις υποστηρίζουν». Στόχος των πειραμάτων αυτών είναι η παραγωγή «ταπεινών» μαθησιακών θεωριών, από την άποψη ότι είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύσσονται. Η ανάπτυξη αυτών των μαθησιακών θεωριών γίνεται μέσα από αλληπάλληλες δοκιμές και αναμορφώσεις υποθέσεων (conjectures) για το πώς τα μέσα που ελέγχονται υποστηρίζουν συγκεκριμένες μορφές μάθησης. Η διαδικασία αυτή προοδευτικά οδηγεί σε μια καλύτερη κατανόηση των «εκπαιδευτικών οικολογιών», δηλαδή των δραστηριοτήτων, των μέσων υποστήριξής τους και των μορφών αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών και μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού.

Το Design-Based Research Collective (2003 :1) ορίζει κατά παρόμοιο τρόπο την Έρευνα Σχεδιασμού δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα εργαλεία, αναφέροντας πως «είναι ένα (ερευνητικό) παράδειγμα για τη μελέτη της μάθησης εντός πλαισίου μέσα από το συστηματικό σχεδιασμό και μελέτη διδακτικών στρατηγικών και εργαλείων». Για τους ερευνητές μια έρευνα σχεδιασμού πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αρχικά, η έρευνα πρέπει να στοχεύει στη βελτίωση του εκάστοτε σχεδιασμού αλλά και ευρύτερα στην ανάπτυξη μαθησιακών θεωριών, μέσα από συνεχείς κύκλους σχεδιασμού, δοκιμών, ανάλυσης και επανασχεδιασμού. Επίσης, τα αποτελέσματά τους πρέπει να κοινοποιούνται στον ερευνητικό κύκλο και να εστιάζουν εξίσου με τα μαθησιακά αποτελέσματα και στις διαδικασίες της εκπαιδευτικής πρακτικής. Τέλος, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά τη διενέργεια τέτοιου είδους ερευνών πρέπει να επιτρέπουν την εξαγωγή ενδιαφερόντων συμπερασμάτων για την επιστήμη μέσα από την πράξη.

Ένας τρίτος ορισμός δίνει έμφαση στην πολυπλοκότητα των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Οι Shavelson, Phillips, Towne, & Feuer (2003 :1) επισημαίνουν πως η εν λόγω μεθοδολογία «στηριζόμενη σε προηγούμενες έρευνες, αναζητά τρόπους να ανιχνεύσει την εξέλιξη της μάθησης μέσα σε περίπλοκες, ακατάστατες τάξεις και σχολεία, να δοκιμάσει και να δομήσει μαθησιακές και διδακτικές θεωρίες, και να παράγει διδακτικά εργαλεία που

μπορούν να επιβιώσουν των καθημερινών δυσκολιών της εκπαιδευτικής πρακτικής». Τόσο αυτός ο ορισμός όσο και οι προηγούμενοι τονίζουν την άρρηκτη σχέση που πρέπει να έχει η Έρευνα Σχεδιασμού με την εκπαιδευτική πρακτική στην φυσική της μορφή, παρεμβαίνοντας σε αυτή και αλλάζοντάς τη. Επιπλέον, κοινό χαρακτηριστικό των ορισμών είναι η απόδοση του στόχου της βελτίωσης των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων αλλά και της ανάπτυξης μαθησιακών θεωριών, οι οποίες βέβαια δε μπορούν να είναι γενικές καθώς αναπτύσσονται μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια, και ιδιαίτερα μέσα από διαδικασίες που ακολουθούν διαδοχικούς σχεδιασμούς, δοκιμές και επανασχεδιασμούς, με στόχο την ανίχνευση μοτίβων σκέψης (The Design-Based Research Collective, 2003). Ωστόσο, μιας και το πεδίο της Έρευνας Σχεδιασμού είναι σχετικά νέο, όλοι οι ερευνητές συμφωνούν πως υπάρχει η ανάγκη για την ανάπτυξη μιας κοινής μεθοδολογίας και κοινών κωδίκων επικοινωνίας με σκοπό την πρόοδο της επιστήμης αλλά και την αντιμετώπιση θεμάτων αξιοπιστίας που ανακύπτουν, τα οποία θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Τα χαρακτηριστικά αυτά της Έρευνας Σχεδιασμού δίνουν και τις κατευθυντήριες γραμμές για την υλοποίηση της. Αρχικά, πρέπει να διασαφηνιστούν τα βασικά στοιχεία της καινοτομίας που πρόκειται να μελετηθεί, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, έτσι ώστε στη συνέχεια να είναι δυνατή η ανάλυση των δεδομένων με βάση αυτά. Κατά την εφαρμογή της καινοτομίας είναι σημαντικό όλα αυτά τα χαρακτηριστικά να ενσωματωθούν σωστά. Στη συνέχεια η εφαρμογή της καινοτομίας πρέπει να αξιολογηθεί με βάση τα αποτελέσματα ως προς το τι δούλεψε αλλά κυρίως ως προς το τι δε δούλεψε, προκειμένου να γίνει επανασχεδιασμός της και να βελτιωθεί. Η αξιολόγηση αυτή είναι καλό να γίνεται υπό διάφορες πτυχές. Ένας ερευνητικός σχεδιασμός μπορεί να αξιολογηθεί σε επίπεδο γνωστικό (ανάπτυξη νοημάτων), διαπροσωπικό (αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων), ομάδας ή τάξης (ευκαιρίας ισότιμης συμμετοχής), πόρων (εργαλεία που έχουν στη διάθεσή τους οι συμμετέχοντες) και δομής (σχέσεις με το εκπαιδευτικό σύστημα ως ευρύτερη έννοια). Λόγω της πολυπλοκότητας του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος η αξιολόγηση αυτή πρέπει να γίνει με τη χρήση ποσοτικών αλλά και ποιοτικών μέσων. Προκειμένου να καταστεί δυνατό αυτό είναι σημαντικό να

αναγνωριστούν οι εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές του πλαισίου. Ως εξαρτημένες μεταβλητές μπορούν να ιδωθούν το κλίμα μεταξύ των συμμετεχόντων, τα νοήματα που ανέπτυξαν και οι παράμετροι της καινοτομίας που έχουν να κάνουν με αυτή ως συστημικό τεχνούργημα. Από την άλλη οι ανεξάρτητες μεταβλητές δε είναι δυνατό να αγνοηθούν στην αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα. Τέτοιοι ανεξάρτητοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μαθησιακή διαδικασία είναι το χωρο-χρονικό πλαίσιο, η φύση των συμμετεχόντων, υλικοτεχνικές και οικονομικές ανάγκες, οι δεξιότητες των εκπαιδευτικών, και η γενικότερη πορεία της εφαρμογής. Τελικό στάδιο της Έρευνας Σχεδιασμού είναι η παρουσίαση της έρευνας και των ευρημάτων της, με τα βασικά της στοιχεία και τους αλληλοσυσχετισμούς τους, την περιγραφή του πλαισίου μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε και κάθε κύκλου επανασχεδιασμού, και τέλος παρουσίαση των αποτελεσμάτων και της σημασίας τους για την επιστήμη (Collins et al., 2004).

Βέβαια, όπως κάθε μεθοδολογία, η Έρευνα Σχεδιασμού πρέπει να αποσκοπεί σε αποτελέσματα με εγκυρότητα και αξιοπιστία, και τα οποία μπορούν να γενικευθούν και να εφαρμοστούν σε πληθώρα νέων πλαισίων. Οι Barab και Squire (2004) αναφέρουν πως ένα από τα δυσκολότερα σημεία μιας τέτοιου είδους έρευνας είναι η απόδειξη των συνεπειών που έχει ο σχεδιασμός στην πραγματικότητα, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί κριτήριο εγκυρότητας. Μια μαθησιακή θεωρία πρέπει να έχει εμφανή αντίκτυπο στη μαθησιακή διαδικασία και για το λόγο αυτό πρέπει να αποδεικνύεται από τα ευρήματα της έρευνας πως ο θεωρητικός σχεδιασμός την επηρέασε και την άλλαξε. Πρέπει, όμως επιπροσθέτως, να έχει εμφανείς συνδέσεις και με τις υπόλοιπες θεωρίες αλλά και να παρέχει αναλυτική περιγραφή του πλαισίου, των μέσων και των διαδικασιών που περιλαμβάνει, καθώς η αυτούσια επανάληψη μιας τέτοιας έρευνας είναι αδύνατη από άλλους ερευνητές. Από την άλλη, το γεγονός του ότι ο ερευνητής έχει ενεργό συμμετοχή ως εκπαιδευτικός κατά την υλοποίηση της έρευνας, εγείρει ζητήματα αξιοπιστίας. Είναι πολύ πιθανό ο ερευνητής να μην είναι σε θέση να κρίνει αντικειμενικά τα αποτελέσματα της ίδιας του της

έρευνας. Για το λόγο αυτό οι παρεμβάσεις του στην πορεία της έρευνας πρέπει να παρουσιάζονται ώστε να είναι ανοιχτές προς κρίση.

Παρόμοιες προκλήσεις, σχετικές με την εγκυρότητα και την αξιοπιστία, παρουσιάζει και το Design-Based Research Collective (2003). Οι ερευνητές αναφέρουν πως η αντικειμενικότητα δεν είναι δεδομένη όταν ο ερευνητής είναι συμμετοχος αλλά και αξιολογητής. Επίσης, η πολυπλοκότητα των περιβαλλόντων μάθησης αποτελεί και αυτή παράγοντα που αποτελεί απειλή για την αξιοπιστία της έρευνας. Ως μέσο αύξησης της αξιοπιστίας για τις δύο περιπτώσεις αυτές οι ερευνητές προτείνουν μέτρα τριγωνοποίησης με τη συλλογή δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Σχετικά με τα θέματα εγκυρότητας των θεωριών που ανακύπτουν, οι ερευνητές υποστηρίζουν πως η μεγάλη διάρκεια των αλληπάλληλων κύκλων επανασχεδιασμού και της βελτίωσης της καινοτομίας, καθώς και η συμβολή μεγάλου αριθμού ερευνητών, μπορούν να οδηγήσουν προοδευτικά σε ασφαλή συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να γενικευθούν χωρίς όμως να αφαιρούνται από το πλαίσιο μέσα από το οποίο προέκυψαν, και αυτό γιατί η αποπλαισίωσή τους θα μπορούσε να οδηγήσει σε λανθασμένη άποψη για την Έρευνα Σχεδιασμού, πως, δηλαδή, τα πάντα μπορεί να ισχύουν και να λειτουργούν.

2.3 Η κυρίως έρευνα

2.3.1 Αιτιολόγηση επιλογής ερευνητικής μεθόδου

Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε αυτός ο τύπος έρευνας άπτονται της φύσεως των ερευνητικών ερωτημάτων του ερευνητή και των μέσων με τα οποία επιθυμεί να ελέγξει το σχεδιασμό του. Η έρευνα σχεδιασμού είναι ένας τύπος έρευνας που αναπτύχθηκε με σκοπό τη διερεύνηση καινοτομιών στην εκπαίδευση, και όπως αναφέρθηκε κυρίως για καινοτομίες που συμπεριλαμβάνουν τη χρήση υπολογιστικών εργαλείων. Η εκπαιδευτική διαδικασία είναι μια κατάσταση ρευστή και ευμετάβλητη που δύσκολα μπορεί να ελεγχθεί. Επιπλέον, οι καινοτομίες στην εκπαίδευση δε είναι δυνατόν να ελεγχθούν ως προς τον αντίκτυπο που έχουν έξω από την εκπαιδευτική πράξη, ενώ είναι σχεδόν αδύνατο μια καινοτομία να έχει σχεδιαστεί εξ αρχής τέλεια. Αντίθετα, χρειάζεται να διερευνηθεί και να δοκιμαστεί ξανά και ξανά προκειμένου να βελτιωθεί και να αλλάξει προοδευτικά. Για τους λόγους αυτούς

οι κυρίαρχες ερευνητικές μεθοδολογίες, ποσοτικές και ποιοτικές, είναι δύσκολο, ακόμα και ανούσιο, να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση τέτοιου είδους καταστάσεων. Οι ποσοτικές μέθοδοι με τα σταθμισμένα μέτρα και τα άκρως ελεγχόμενα περιβάλλοντα που απαιτούν για τη χρήση τους, φαντάζουν μη εφαρμόσιμες σε περιπτώσεις όπου το πλαίσιο μιας έρευνας είναι μια σχολική τάξη. Επίσης, οι ποιοτικές μέθοδοι με τις ευέλικτες και φυσικές μεθόδους από τις οποίες χαρακτηρίζονται, δε μπορούν να θεωρηθούν άκρως κατάλληλες για τη διερεύνηση μια μαθησιακής διαδικασίας καθώς οι μαθητές ως ερευνητικά υποκείμενα πρέπει να δουλεύουν μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο παρουσία του καθηγητή, ρόλος του οποίου είναι να ελέγχει τους αστάθμητους παράγοντες που μπορεί να εκτροχιάσουν τη διαδικασία, κρατώντας τη σε μια επιθυμητή πορεία, αφού σκοπός ενός μαθήματος είναι η ανάπτυξη των βέλτιστων νοημάτων από τους μαθητές πάνω στο θέμα. Επομένως, φαίνεται πως οι διαδικασίες της έρευνας σχεδιασμού, με τις αλληπάλληλες δοκιμές αλλά και τα στοιχεία που συνδυάζουν από τις ποσοτικές και τις ποιοτικές ερευνητικές μεθόδους, φαντάζουν ως πλέον κατάλληλες για τη διερεύνηση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής μιας καινοτομίας μέσα στην τάξη.

Ένας ακόμα λόγος για τον οποίο η μεθοδολογία της έρευνας σχεδιασμού κρίνεται κατάλληλη για την παρούσα έρευνα είναι το γεγονός πως σκοπός του ερευνητή, εκτός από το να διερευνήσει τον εκπαιδευτικό του σχεδιασμό, αποτελεί και το γεγονός ότι ενδιαφέρεται να βγάλει και συμπεράσματα που αφορούν τους τρόπους με τους οποίους η διδασκαλία των προγραμματιστικών σχεδίων μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική γενικότερα. Αυτός ο σκοπός βρίσκεται σε απόλυτη συμφωνία με τον ευρύτερο σκοπό των ερευνών σχεδιασμού που είναι η ανάπτυξη θεωριών μάθησης. Μέσα από τον έλεγχο επιμέρους καινοτομιών, μέσα από αλληπάλληλους ερευνητικούς κύκλους, οι ερευνητές προσπαθούν να διακρίνουν μοτίβα σκέψης που επαναλαμβάνονται έτσι ώστε να διαμορφωθούν σε θεωρίες για το πώς μαθαίνουν οι άνθρωποι. Έτσι, λοιπόν, και στην παρούσα έρευνα ο ερευνητής έχει και έναν απώτερο σκοπό. Από τη μία επιθυμεί να διερευνήσει τη λειτουργικότητα του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού σχεδιασμού στην εκπαιδευτική πράξη και τον αντίκτυπο που αυτός έχει στους μαθητές ως προς την ανάπτυξη νοημάτων

σχετικά με τις έννοιες του προγραμματισμού και την κατάκτηση σχεδίων στον προγραμματισμό, αλλά από την άλλη, θέλει παράλληλα να ανιχνεύσει τι μπορεί να σημαίνει ο σχεδιασμός αυτός για το πεδίο του προγραμματισμού και ειδικότερα της διδακτικής του προγραμματισμού σε μαθητές δημοτικού.

2.3.2 Τα ερευνητικά δεδομένα

Όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση για την Έρευνα Σχεδιασμού, η μεθοδολογία αυτή μπορεί να τοποθετηθεί κάπου ενδιάμεσα από τις ποσοτικές και ερευνητικές μεθόδους. Προκειμένου να διερευνήσει καταστάσεις άμεσα συσχετισμένες με την εκπαιδευτική πράξη δανείζεται διαδικασίες και από τις δύο αυτές μεθόδους. Από τις ποιοτικές μεθόδους δανείζεται διαδικασίες που επιτρέπουν την περιγραφή όλων όσων συμβαίνουν στη μαθησιακή διαδικασία σε σχέση με το πλαίσιο και τις ανεξάρτητες μεταβλητές, καθώς συνιστούν σημαντικές πληροφορίες για το σχεδιασμό του επόμενου κύκλου διερεύνησης. Για το λόγο αυτό ως μέθοδος συλλογής των δεδομένων επιλέχθηκε η παρατήρηση.

Η παρατήρηση ως μέθοδος συλλογής δεδομένων επιτρέπει στον ερευνητή να συλλέξει δεδομένα μέσα στο φυσικό τους πλαίσιο, από ανθρώπους που δρουν φυσικά μέσα σε αυτό, και να μελετήσει τις αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν μεταξύ τους. Ανάλογα με το αν ο ερευνητής γνωρίζει τι είναι αυτό που αναζητά ή όχι, μια παρατήρηση μπορεί να είναι δομημένη, ημιδομημένη ή μη δομημένη. Στην περίπτωση της δομημένης παρατήρησης, ο ερευνητής γνωρίζει τι είναι αυτό που αναζητά και για αυτό έχει διαμορφώσει εξ αρχής κατηγορίες παρατήρησης. Σε περίπτωση που ο ερευνητής έχει μια γενικότερη εικόνα των θεμάτων που τον ενδιαφέρουν, μπορεί να πραγματοποιήσει μια παρατήρηση στην οποία τα δεδομένα θα συλλεχθούν με λιγότερο συστηματικό τρόπο. Τέλος, αν ο ερευνητής επιθυμεί να διερευνήσει μια κατάσταση πρωτόγνωρη για αυτόν, παρατηρεί χωρίς προκαθορισμένους άξονες παρατήρησης, προκειμένου οι άξονες αυτοί να προκύψουν μέσα από τα δεδομένα που ο ίδιος θα συλλέξει (Cohen et al., 2008).

Επίσης, μια άλλη σημαντική διάσταση της παρατήρησης αφορά το ρόλο που έχει ο ερευνητής στη διεξαγωγή της παρατήρησης. Ο ερευνητής μπορεί να έχει διάφορους ρόλους που ξεκινούν από την πλήρη συμμετοχή του στην υπό

διερεύνηση κατάσταση μέχρι την πλήρη αποστασιοποίησή του. Όταν ο ερευνητής έχει ενεργό ρόλο και παρουσία στο ερευνητικό πεδίο, γίνεται λόγος για συμμετοχική παρατήρηση. Στην περίπτωση της συμμετοχικής παρατήρησης ο ερευνητής μπορεί να έχει φανερό ρόλο παρατηρητή ή λανθάνον, ενώ προσπαθεί να αποκτήσει σχέσεις με τα ερευνητικά υποκείμενα έτσι ώστε η παρουσία του να μην επηρεάσει τη συμπεριφορά των υποκειμένων, και κατ' επέκταση την ποιότητα των δεδομένων που πρόκειται να συλλεχθούν (Robson 2007).

Με βάση λοιπόν αυτά τα χαρακτηριστικά της παρατήρησης, στα πλαίσια της συγκεκριμένης έρευνας σχεδιασμού, επιλέχθηκε ως μέθοδος συλλογής των δεδομένων η ημιδομημένη συμμετοχική παρατήρηση. Αφενός η παρατήρηση είναι ημιδομημένη γιατί ο ερευνητής μέσα από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας ξεχώρισε γενικούς άξονες με βάση τους οποίους δόμησε τον υπό διερεύνηση εκπαιδευτικό του σχεδιασμό. Οι άξονες αυτοί αποτέλεσαν άξονες σχεδιασμού αλλά και θα αποτελέσουν και τους άξονες με βάση τους οποίους θα αξιολογηθεί η εκπαιδευτική καινοτομία. Επίσης, η ανάγκη ανάδειξης των αδυναμιών του διδακτικού σχεδιασμού του ερευνητή, γεγονός που αποτελεί και έναν από τους στόχους της έρευνας σχεδιασμού, επιβάλλει να υπάρχει περιθώριο να συλλεχθούν δεδομένα που ο ερευνητής δεν έχει προβλέψει πως θα προκύψουν. Αφετέρου, η παρατήρηση είναι συμμετοχική, καθώς στην έρευνα σχεδιασμού, ο ερευνητής είναι και ο ίδιος ο εκπαιδευτικός που υλοποιεί την καινοτομία που επιθυμεί να μελετήσει στην εκπαιδευτική πράξη.

Ως κύριο μέσο συλλογής των ερευνητικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η καταγραφή της οθόνης του υπολογιστή στους οποίους εργάζονταν οι μαθητές σε συνδυασμό με την ηχογράφηση των μεταξύ τους συζητήσεων. Οι παρατηρήσεις περιλαμβάνουν συνήθως οπτικοακουστικά δεδομένα, που συνήθως ο ερευνητής είναι δύσκολο να καταγράψει πλήρως κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Η οπτικοακουστική εγγραφή των δεδομένων προσδίδει πληρότητα και ευρύτητα στο ερευνητικό υλικό, διασφαλίζοντας τα αποτελέσματα της έρευνας από μια τμηματική καταγραφή από τον ερευνητή μόνο όσων συμβαίνουν συχνότερα (Cohen et al., 2008). Για λόγους δεοντολογίας, δεν κρίθηκε σκόπιμη η βιντεοσκόπηση των ίδιων των μαθητών.

Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, καθώς και να αποθαρρύνει τους γονείς από το να επιτρέψουν τη συμμετοχή των παιδιών τους στην έρευνα.

Σε μια προσπάθεια τριγωνοποίησης των δεδομένων, με στόχο τη βελτίωση της αξιοπιστίας των ευρημάτων, χρησιμοποιήθηκε ως πρόσθετο μέσο συλλογής δεδομένων η τήρηση προσωπικών σημειώσεων του ερευνητή. Μετά το πέρας κάθε συνεδρίας με τους μαθητές ο ερευνητής κράτησε σημειώσεις για την πορεία διεξαγωγής της έρευνας, για στιγμές της διδασκαλίας που θεώρησε σημαντικές αλλά και για συμβάντα που ήταν αδύνατο να καταγραφούν χωρίς τη χρήση βιντεοκάμερας. Σχετικά με τα ζητήματα αξιοπιστίας που προκύπτουν από το διπλό ρόλο του ερευνητή ως εκπαιδευτικού που συμμετέχει στην εκπαιδευτική διαδικασία και ως κριτή της διαδικασίας αυτής, όπως αυτά αναφέρθηκαν στην θεωρητική επισκόπηση της Έρευνας Σχεδιασμού, θα γίνει προσπάθεια να παρουσιάζονται και οι παρεμβάσεις του ερευνητή στην εργασία των μαθητών, έτσι ώστε να είναι ανοιχτές προς κρίση σε αυτούς που επιθυμούν να αξιολογήσουν την ποιότητα της έρευνας.

2.3.3 Το αντικείμενο της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας σχεδιασμού είναι μια διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία βασικών εννοιών του προγραμματισμού και μιας προγραμματιστικής στρατηγικής σε παιδιά δημοτικού. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε πως στην εκπαίδευση αρχάριων προγραμματιστών είναι πολύ σημαντική η διδασκαλία σχεδίων με τρόπο αναλυτικό και προοδευτικό, από τα πιο απλά στα πιο σύνθετα. Λαμβάνοντας υπόψη θεωρίες μάθησης και προσεγγίσεις για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, ο ερευνητής συνέθεσε μια πρόταση για τη διδασκαλία προγραμματιστικών εννοιών σε αρχάριους προγραμματιστές όπως τα παιδιά του δημοτικού, η οποία υλοποιείται σε μια σειρά δραστηριοτήτων με την αξιοποίηση κατάλληλα διαμορφωμένων ψηφιακών εργαλείων.

Ο σχεδιασμός της διδακτικής πρότασης αυτής βασίστηκε στη «βήμα-βήμα βελτίωση» (Stepwise refinement) προσέγγιση για διδασκαλία προγραμματιστικών εννοιών του Soloway, σε συνδυασμό με τις αρχές της κατασκευαστικής προσέγγισης της μάθησης και της εργαλειακής γένεσης. Η

προσέγγιση αυτή χαρακτηρίζεται από την προοδευτική διδασκαλία όλο και πιο σύνθετων εννοιών, με στόχο την απόκτηση από τους μαθητές «στόχων» και «σχεδίων». Οι στόχοι αντιστοιχούν σε στρατηγικές ανάλυσης του προβλήματος ενώ τα σχέδια σε κονσερβοποιημένες λύσεις, κομμάτια κώδικα που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες, που έχουν στη διάθεσή τους οι μαθητές για να υλοποιήσουν τις στρατηγικές αυτές. Στη διδακτική πρόταση του ερευνητή γίνεται η προοδευτική διδασκαλία ενός συγκεκριμένου σχεδίου μέσα σε ένα κονστράξιονιστικό πλαίσιο, το οποίο, όπως αναφέρθηκε, θεωρείται κατάλληλο για την εργασία μαθητών με ψηφιακά εργαλεία. Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές έχουν ενεργό δράση και θέτουν τις ιδέες τους σε κοινή θέα, οι οποίες μετατρέπονται σε αντικείμενο σκέψης και αμφισβήτησης. Δοκιμάζουν και ελέγχουν διαφορετικές υποθέσεις αποκτώντας με τον τρόπο αυτό βαθύτερη κατανόηση των ενεργειών τους και των δομημάτων τους, κάτι που είναι σημαντικό στη διδασκαλία του προγραμματισμού, καθώς ένας προγραμματιστής πρέπει να είναι σε θέση να εξηγεί πώς και γιατί λειτουργεί το πρόγραμμα που έχει δομήσει. Επιπλέον, από τη στιγμή που γίνεται λόγος για λεπτομερή διδασκαλία σχεδίων, οι αρχές της εργαλειακής γένεσης θεωρούνται κατάλληλες για την οργάνωση του πλαισίου αυτού. Το σχέδιο που επιθυμεί να διδάξει ο ερευνητής δίνεται ως έτοιμο τεχνούργημα στους μαθητές, οι οποίοι θα πρέπει με τη σειρά τους να δημιουργήσουν σχήματα αξιοποίησης για αυτό, εργαλειοποιώντας το. Αν οι μαθητές είναι σε θέση να περιγράφουν τη λειτουργία του τεχνουργήματος (σχήμα χρήσης), το διαμορφώσουν (εργαλειοποίηση του εργαλείου) και το χρησιμοποιήσουν για την επίλυση ενός προβλήματος αποτελεσματικά (σχήμα εργαλειοποιημένης δράσης), τότε θα μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής η εργαλειοποίησή του και συνεπώς η κατάκτηση του.

Οι δραστηριότητες της διδακτικής πρότασης περιλαμβάνουν μια σειρά από μικρόκοσμους που ο ερευνητής δημιούργησε. Οι μικρόκοσμοι χρησιμοποιούνται ως βασικό διδακτικό εργαλείο, γιατί υποστηρίζουν την κατασκευή της γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές. Δίνουν ελευθερία δοκιμής των υποθέσεών τους και προσφέρουν άμεση ανατροφοδότηση, βοηθώντας τους να εντοπίζουν οι ίδιοι τα λάθη τους, τα οποία έπειτα εργάζονται για να

διορθώσουν. Οι μικρόκοσμοι αυτοί αξιοποιούν την εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού Logo, μια διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού, η οποία υποστηρίζει την ανάπτυξη γνωστικών σχημάτων από τους μαθητές. Οι διαδικασίες και οι υποδιαδικασίες που δομούνται με τη γλώσσα αυτή έχουν συγκεκριμένες λειτουργικότητες ανάλογα με το είδος των εντολών που περιέχουν. Έτσι, το σχέδιο δίνεται στους μαθητές με τη μορφή μιας διαδικασίας, η οποία εντάσσεται και ως υποδιαδικασία μέσα σε άλλες. Οι μαθητές επεξεργάζονται τη διαδικασία αυτή για να ανακαλύψουν τις ιδιότητές της, την προσαρμόζουν και την προσθέτουν στα δικά τους δομήματα, έτσι ώστε το σχέδιο/τεχνούργημα να εργαλειοποιηθεί και να κατακτηθεί με ορθό τρόπο.

Το προγραμματιστικό σχέδιο του οποίου η διδασκαλία επιχειρείται μέσα από αυτή τη διδακτική πρόταση, είναι αυτή των κινούμενων σχημάτων στο ψηφιακό περιβάλλον της χελωνόσφαιρας (MaLT). Η χελωνόσφαιρα αξιοποιεί τη Logo και έτσι ο κώδικας για το πώς μπορούν τα σχήματα να κινηθούν στη χελωνόσφαιρα δίνεται στους μαθητές με τη μορφή μιας διαδικασίας, την οποία επεξεργάζονται σταδιακά. Η επεξεργασία του σχεδίου γίνεται σε μια σειρά από τρεις δραστηριότητες, που περιλαμβάνουν αντίστοιχο αριθμό μικρόκοσμων, με τους δύο να έχουν σχεδιαστεί από τον ερευνητή. Ως κύριο γνωστικό αντικείμενο των δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε η έννοια της συμμετρίας. Ωστόσο, οι δραστηριότητες δημιουργήθηκαν με τέτοιο τρόπο που να παρακινούν τους μαθητές να εμπλακούν προγραμματιστικά σε αυτές, καθιστώντας τη συμμετρία ένα πλαίσιο οργάνωσης της δραστηριότητας των μαθητών και αύξησης της εμπλοκής τους σε αυτές, σε μια προσπάθεια να γίνουν πιο ενδιαφέρουσες για τους μαθητές και να αποκτήσουν νόημα. Παράλληλα με την επεξεργασία του σχεδίου οι μαθητές έρχονται σε επαφή με βασικές προγραμματιστικές έννοιες οι οποίες είναι και συστατικά στοιχεία της στρατηγικής, αυτές των μεταβλητών και της δόμησης διαδικασιών με υποδιαδικασίες. Η παρουσίαση και η αναλυτική περιγραφή των δραστηριοτήτων και των ψηφιακών εργαλείων θα γίνει σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Επιπροσθέτως, οι μαθητές θα έρθουν σε επαφή με τις προγραμματιστικές αυτές έννοιες, τόσο πριν την κυρίως επεξεργασία του σχεδίου, αλλά και κατά τη διάρκεια αυτής. Όπως έχει αναφερθεί στόχος της

έρευνας σχεδιασμού δεν είναι μόνο η μελέτη των ψηφιακών δομημάτων ή των διδακτικών καινοτομιών στο χώρο της εκπαίδευσης, αλλά και η μελέτη του τρόπου σκέψης των μαθητών, έτσι ώστε να προκύψουν και συμπεράσματα που να προάγουν την παιδαγωγική επιστήμη γενικότερα. Έτσι, λοιπόν, κρίνεται σκόπιμο να μελετηθούν και τα νοήματα που αναπτύσσουν οι μαθητές για την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό και για το διαδικαστικό προγραμματισμό.

Η μεταβλητή στον προγραμματισμό διαφέρει από την αλγεβρική μεταβλητή. Η προγραμματιστική μεταβλητή αποτελεί μια θέση μνήμης, που για τους μαθητές μπορεί να γίνει ευκολότερα αντιληπτή με τη βοήθεια της αναλογίας του κουτιού, ως μια θέση στην οποία μπορούν να αποθηκεύονται διάφορες τιμές. Ωστόσο, ο ρόλος της μεταβλητής στον προγραμματισμό δεν είναι στατικός, όπως σε μια αλγεβρική εξίσωση, αλλά δυναμικός, καθώς η τιμή μιας μεταβλητής μπορεί να αλλάζει από το χρήστη ή από το σύστημα σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχει ορίσει ο χρήστης. Αυτή η φύση της προγραμματιστικής μεταβλητής έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παρανοήσεων σε αρχάριους προγραμματιστές, όπως είναι τα παιδιά, και για αυτό αξίζει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης (Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000). Για τους Rogalsky και Samurcay (1990) η κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής βασίζεται κυρίως στην απόδοση ενός ονόματος σε αυτή που θα έχει νόημα σε σχέση με το πεδίο του προβλήματος, και στο ότι μια μεταβλητή μπορεί να αλλάζει τιμές, αλλά η λειτουργία της στο κώδικα παραμένει σταθερή.

Παρομοίως με την προγραμματιστική μεταβλητή, η έννοια του διαδικαστικού προγραμματισμού αποτελεί βασική έννοια του πεδίου. Σύμφωνα με τον Μαστροκώστα (2015: 14), «βασικά στοιχεία του διαδικαστικού προγραμματισμού είναι η δόμηση του προγράμματος και η επαναλαμβανόμενη χρήση υποπρογραμμάτων, τα οποία είτε επιτελούν εργασίες γενικής φύσης είτε απευθύνονται σε ένα τμήμα του συνολικού προβλήματος», και το συγκεκριμένο προγραμματιστικό παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει βάση για το πέρασμα των μαθητών σε άλλα, όπως αυτό του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Ο θεμελιώδης γνωστικός ρόλος του διαδικαστικού προγραμματισμού υπογραμμίζεται και από τον Papert (1980), ο οποίος θεωρεί πως βρίσκεται πιο

κοντά στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές δομούν τη γνώση, όπως αυτός περιγράφεται μέσα από τις αρχές του κονστρουκτιβισμού και κατ' επέκταση του κονστραξιονισμού, υποστηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη νοημάτων. Οι διάφορες διαδικασίες που δομούν οι μαθητές έχουν συγκεκριμένες λειτουργικότητες και μπορεί να είναι θεμελιώδεις ή να δομούνται από τη σύνδεση δύο ή περισσότερων υποδιαδικασιών, κάθε μία από τις οποίες επιτελεί επίσης μια συγκεκριμένη λειτουργία.

Έτσι, λοιπόν, με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί προηγουμένως, τόσο για τις θεωρητικές παραδοχές του ερευνητή μετά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, που οδήγησαν στον υπό διερεύνηση διδακτικό σχεδιασμό, αλλά και για τους γενικότερους σκοπούς της έρευνας σχεδιασμού, που υπερβαίνουν την αποκλειστική διερεύνηση της λειτουργίας των εκάστοτε καινοτομιών, τα ερωτήματα της έρευνας αυτής διαμορφώνονται ως εξής:

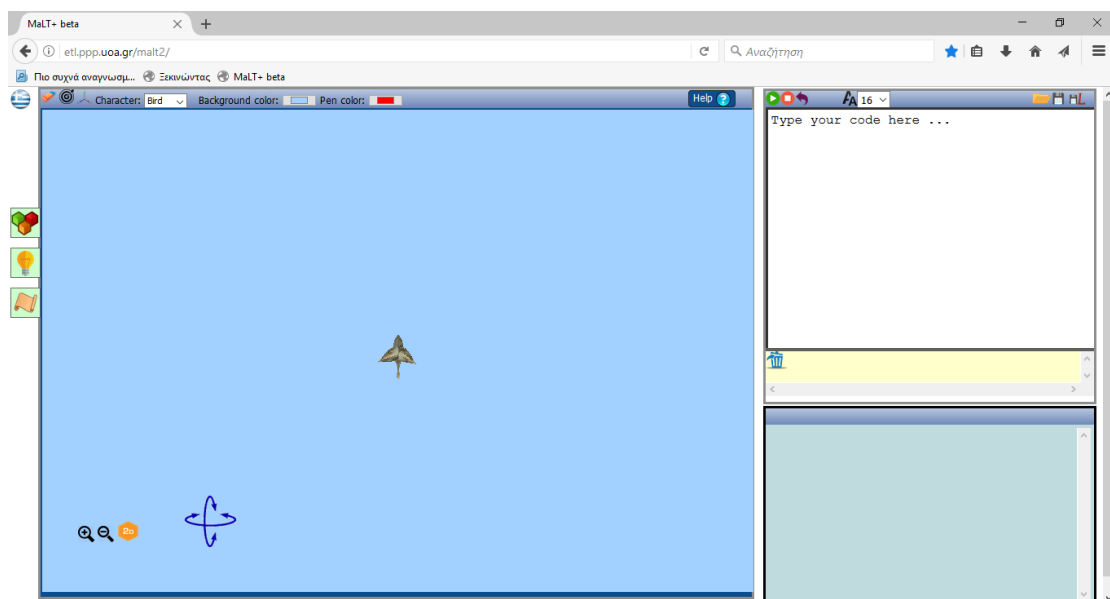
- Τι είδους νοήματα αναπτύσσουν οι μαθητές για τις προγραμματιστικές έννοιες με τις οποίες έρχονται σε επαφή μέσα από τις δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί για αυτούς;
- Πώς λειτούργησε ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του ερευνητή ως διδακτική πρόταση ως προς την κατάκτηση του σχεδίου για τον προγραμματισμό κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα από τους μαθητές;

2.3.4 Η Χελωνόσφαιρα (MaLT)

Το εγχειρίδιο της Χελωνόσφαιρας (Εγχειρίδιο Χρήσης της «Χελωνόσφαιρας» <http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/>) ορίζει το ψηφιακό εργαλείο αυτό ως «ένα διαδικτυακό εργαλείο συμβολικής έκφρασης για μαθηματική δραστηριότητα μέσω του προγραμματισμού, με σκοπό τη δημιουργία και το μαστόρεμα δυναμικών γραφικών μοντέλων και αντικείμενων σε τρισδιάστατο χώρο». Η χελωνόσφαιρα αποτελείται από τρεις διακριτές αλλά συνδεδεμένες περιοχές. Στα αριστερά βρίσκεται η περιοχή της σκηνής, στην οποία υπάρχει μια ψηφιακή οντότητα που έχει ως βασική μορφή αυτή ενός πουλιού. Το πουλί κινείται στη σκηνή και αφήνει το ίχνος της κίνησής του, ενώ ο προσανατολισμός του γίνεται διακριτός από τον προσανατολισμό του κεφαλιού του. Επίσης, ο

χρήστης μπορεί να μεγεθύνει ή να προχωρήσει σε σμίκρυνση της σκηνής προκειμένου να εξετάσει στο σύνολό τους τα ίχνη που έχει δημιουργήσει, ενώ επιπλέον μπορεί να αλλάξει τη γωνία θέασης, αποκτώντας μια τρισδιάστατη αντίληψή τους.

Η επόμενη διακριτή περιοχή του εργαλείου είναι αυτή του Συντάκτη των εντολών. Σε αυτή την περιοχή ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την οντότητα της σκηνής με προγραμματιστικές εντολές της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Ο συντάκτης εντολών ενσωματώνει και μια περιοχή στην οποία εμφανίζει μηνύματα απόκρισης στις ενέργειες του χρήστη. Τα μηνύματα αυτά μπορεί να αφορούν σφάλματα στη σύνταξη του κώδικα από το χρήστη, ή επιβεβαίωση του ορθού ορισμού μιας διαδικασίας. Η περιοχή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς υποστηρίζει το χρήστη και του προσφέρει ανατροφοδότηση για τις ενέργειές του. Η τρίτη διακριτή περιοχή του εργαλείου είναι αυτή των Μεταβολών. Οι μεταβολές έχουν τη μορφή ολισθητών, και χρησιμοποιούνται για τη δυναμική μεταβολή παραμετρικών εντολών. Όταν ένα σχήμα της σκηνής περιέχει εντολή στην τιμή της οποίας έχει οριστεί μια μεταβλητή, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει δυναμικά την τιμή της μεταβλητής και να δει σε πραγματικό χρόνο το σχήμα του να αλλάζει ανάλογα με την εκάστοτε τιμή της μεταβλητής.



Εικόνα 1. Το περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας

2.3.5 Το πλαίσιο της έρευνας

Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφική επισκόπηση της Έρευνας Σχεδιασμού, αυτός ο τύπος έρευνας χαρακτηρίζεται από τους αλληπάλληλους κύκλους έρευνας και επανασχεδιασμού της ίδιας καινοτομίας προκειμένου να ελεγχθεί πολύπλευρα και να βελτιωθεί λεπτομερώς. Επειδή ο διδακτικός σχεδιασμός που αποτελεί το αντικείμενο έρευνας της εργασίας αυτής, τίθεται προς διερεύνηση για πρώτη φορά από τον ερευνητή, η εργασία αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως ο πρώτος πιλοτικός κύκλος διερεύνησης του εν λόγω σχεδιασμού. Σκοπός είναι μια πρώτη δοκιμή του σχεδιασμού σε πραγματικές συνθήκες, μέσα στην εκπαιδευτική πράξη, και μέσα από την ακολουθία δραστηριοτήτων και δομημάτων που σχεδιάστηκαν για την υλοποίησή του.

Με τη διενέργεια αυτής της πιλοτικής έρευνας του εκπαιδευτικού σχεδιασμού, ο ερευνητής αποσκοπεί στη διερεύνηση των νοημάτων που αναπτύσσουν οι μαθητές για βασικές προγραμματιστικές έννοιες με τις οποίες καταπιάνονται κατά την ενασχόλησή τους με τις δραστηριότητες, αλλά και στην αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού ως πρόταση διδακτικής προγραμματιστικών σχεδίων. Πολύ πιο σημαντική, όμως, για τον ερευνητή είναι η διερεύνηση των αδυναμιών του εκπαιδευτικού του σχεδιασμού. Τη στιγμή διενέργειας της έρευνας αυτής ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του ερευνητή βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, και όπως είναι φυσικό, ο ερευνητής δεν περιμένει πως αυτό που σχεδίασε μπορεί να δουλέψει με απόλυτη επιτυχία. Τα δεδομένα της έρευνας αυτής είναι πολύτιμα για τον μετέπειτα σχεδιασμό της έρευνας και τη βελτίωση του εκπαιδευτικού σχεδιασμού έτσι ώστε προοδευτικά ο ερευνητής να έχει ένα βελτιωμένο εκπαιδευτικό σχεδιασμό, που να φέρει μεγαλύτερες πιθανότητες επίτευξης των εκπαιδευτικών στόχων που ο ίδιος έχει θέσει με βάση τις θεωρητικές του παραδοχές.

Ο πιλοτικός χαρακτήρας της έρευνας καθόρισε το χωροχρονικό πλαίσιο της έρευνας καθώς και τον αριθμό των μαθητών που συμμετείχαν σε αυτή. Επιπλέον, οι διαδικασίες της έρευνας σχεδιασμού ως μεθοδολογία, που προβλέπουν διεξοδική μελέτη μέσα σε ένα συγκεκριμένο και σαφές περιγεγραμμένο πλαίσιο, οδήγησαν τον ερευνητή στη διεξαγωγή της έρευνας σε ένα μόνο σχολείο, και με μικρό αριθμό μαθητών. Έτσι, ως χώρος διεξαγωγής της

έρευνας επιλέχθηκε ένα ιδιωτικό σχολείο στο κέντρο της Αθήνας, το οποίο διαθέτει αίθουσα υπολογιστών. Βασικός λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε το συγκεκριμένο σχολείο είναι το ότι ο ερευνητής έχει συνεργαστεί στο παρελθόν με το σχολείο ως δάσκαλος του μαθήματος της Διερεύνησης, στο οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν τους Η/Υ για τη διερεύνηση θεμάτων που άπτονται διάφορων γνωστικών αντικειμένων, βελτιώνοντας παράλληλα τις δεξιότητες τους στον χειρισμό του Η/Υ μέσα από μια ολιστική προσέγγιση. Η σχέση του ερευνητή με τη διοίκηση και διεύθυνση του σχολείου, καθώς και οι υλικοτεχνικές υποδομές αυτού, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην έγκριση της διεξαγωγής της έρευνας καθώς και στην ομαλότητα της πορείας της. Επίσης, ένας άλλος σημαντικός λόγος για το οποίο επιλέχθηκε το σχολείο αυτό ήταν η σκοπιμότητα του ερευνητή να χρησιμοποιήσει ως ερευνητικά υποκείμενα μαθητές του σχολείου που είχε διδάξει ο ίδιος στο παρελθόν.

Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα προήλθαν από την ΣΤ' τάξη του σχολείου και ήταν έξι. Οι μαθητές αυτοί επιλέχθηκαν με κλήρωση και εργάστηκαν σε τρία ζευγάρια των δύο σε ξεχωριστούς υπολογιστές. Η ΣΤ' τάξη επιλέχθηκε σκόπιμα από τον ερευνητή γιατί είναι ένα τμήμα με το οποίο έχει δουλέψει και ο ίδιος στο παρελθόν και έτσι ήταν σε θέση να γνωρίζει το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται οι μαθητές του σχετικά με τη χρήση Η/Υ και τον προγραμματισμό. Παλαιότερα, οι μαθητές αυτοί και ο ερευνητής είχαν δουλέψει πάνω στη γεωμετρία της χελώνας και τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, μέσα από μικρόκοσμους του ψηφιακού εργαλείου Microworlds Pro. Η εξοικείωση των μαθητών με τη γλώσσα προγραμματισμού αλλά και με τη φιλοσοφία της γεωμετρίας της χελώνας, έκανε τους μαθητές αυτούς κατάλληλα ερευνητικά υποκείμενα καθώς οι δραστηριότητες που σχεδίασε ο ερευνητής για τη διερεύνηση του εκπαιδευτικού σχεδιασμού υλοποιούνται σε μικρόκοσμους ενός παρόμοιου ψηφιακού εκπαιδευτικού εργαλείου, της χελωνόσφαιρας ή MaLT. Το εργαλείο αυτό ακολουθεί μια παρόμοια λογική με αυτή του Microworlds Pro, ως προς το σχεδιασμό σχημάτων μέσω του προγραμματισμού μιας εικονικής οντότητας, και αξιοποιεί μια εκδοχή της Logo, η σύνταξη της οποίας είναι παρόμοια με αυτή που είχαν εξοικειωθεί οι μαθητές. Η έρευνα διήρκεσε έξι διδακτικές ώρες, οι οποίες μοιράστηκαν σε τρεις εβδομάδες. Κάθε εβδομάδα οι

μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα εργάστηκαν για δύο συνεχόμενες διδακτικές ώρες.

Για την έγκριση της διεξαγωγής της έρευνας, ο ερευνητής ήρθε σε επικοινωνία αρχικά με τη διοίκηση του σχολείου και τη διεύθυνσή του. Έχοντας πάρει την έγκρισή τους, ήρθε σε επαφή με την δασκάλα του τμήματος προκειμένου να βρεθεί ο καλύτερος χρόνος διεξαγωγής της έρευνας, ώστε να διαταραχθεί όσο το δυνατόν λιγότερο η ομαλή ροή του ωρολογίου προγράμματος. Η ημέρα και οι ώρες του ωρολογίου προγράμματος κατά τις οποίες θα απασχολούνταν οι μαθητές επιλέχθηκαν με κριτήριο τη διαθεσιμότητα της αίθουσας υπολογιστών αλλά και με προϋπόθεση τις ώρες αυτές να έχουν μάθημα με τη δασκάλα του τμήματος και όχι με κάποιο δάσκαλο ειδικότητας. Με αυτό τον τρόπο η δασκάλα θα μπορούσε να προσαρμόσει το μάθημά της με τα υπόλοιπα παιδιά της τάξης, έτσι ώστε οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα να μπορούν να αναπληρώσουν καλύτερα τις χαμένες διδακτικές ώρες. Αφού αποφασίστηκε το χρονοδιάγραμμα της έρευνας, ο ερευνητής απέστειλε μέσω του σχολείου ενημερωτική επιστολή στους γονείς του μαθητών που επιλέχθηκαν. Η επιστολή αυτή συντάχθηκε από τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας εργασίας, κ. Χρόνη Κυνηγό, και περιελάμβανε πληροφορίες για τη φύση της έρευνας και το χρονοδιάγραμμά της. Παράλληλα ζητούσε την έγκριση των γονέων για τη συμμετοχή των παιδιών τους στην έρευνα. Όλες οι επιστολές απαντήθηκαν θετικά και έτσι ο ερευνητής προχώρησε στην υλοποίηση της έρευνας.

2.4 Το σενάριο της έρευνας

Για τη διερεύνηση του διδακτικού του σχεδιασμού ο ερευνητής δημιούργησε ένα σενάριο διδασκαλίας. Στο σενάριο αυτό περιγράφονται οι δραστηριότητες με τις οποίες θα ασχοληθούν οι μαθητές, αλλά και τα ψηφιακά εργαλεία που αυτές περιλαμβάνουν. Επίσης, θα περιγραφεί το χωρο-χρονικό πλαίσιο και η ενορχήστρωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών και ο ρόλος του εκπαιδευτικού. Η παρουσίαση της διδακτικής πρότασης με μορφή σεναρίου κρίνεται σκόπιμη, καθώς τα εκπαιδευτικά σενάρια είναι κατάλληλα για την εισαγωγή καινοτομιών στην εκπαιδευτική πράξη. Επιπροσθέτως, το αντικείμενο της έρευνας δεν παύει να έχει παιδαγωγικούς στόχους που

αποσκοπούν στην μάθηση από μέρους των μαθητών, και όχι μόνο στη συλλογή δεδομένων. Τέλος, ο ερευνητής ευελπιστεί πως με τη μορφή του σεναρίου, η διδακτική του πρόταση θα γίνει ευκολότερα αποδεκτή από συναδέλφους του που τυχόν θα επιθυμούν να το εφαρμόσουν στη δική τους τάξη, αυτούσιο ή αλλαγμένο, με την προϋπόθεση βέβαια το βασικό σκεπτικό πίσω από τη διαμόρφωση των δραστηριοτήτων να παραμείνει το ίδιο.

2.4.1 Τα σενάρια διδασκαλίας

Ο όρος «σενάριο» χρησιμοποιείται σε ποικίλα επιστημονικά πεδία και η έννοιά του μεταβάλλεται αντιστοίχως. Σε γενικό επίπεδο τα σενάρια θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως εργαλεία δημιουργίας μιας φανταστικής αναπαράστασης μιας κατάστασης που βρίσκεται υπό εξέταση, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων για αυτή. Στόχος του σεναρίου δεν είναι η πρόβλεψη. Στα πλαίσια ενός σχεδιασμού το σενάριο στοχεύει στην ανίχνευση πιθανών μελλοντικών εκβάσεων, επιτρέποντας την ανάδειξη περεταίρω οπτικών της κατάστασης που μελετάται. Επίσης, τα σενάρια διδασκαλίας δεν έχουν χαρακτήρα υποχρεωτικής αυτούσιας διεκπεραίωσης, αλλά αφήνουν περιθώρια στους εκπαιδευτικούς (αν όχι απαιτούν από αυτούς) που θα τα πραγματοποιήσουν να τα αλλάξουν και να τα προσαρμόσουν στις ανάγκες τους και τα ενδιαφέροντά τους, εξελίσσοντας και αναβαθμίζοντάς τα σε μια κατεύθυνση ανάπτυξης της παιδαγωγικής επιστήμης και του ίδιου του εκπαιδευτικού (Κυνηγός, 2011).

Η ύπαρξη των σεναρίων στην ελληνική εκπαίδευση είναι σημαντική, καθώς τα σενάρια αποτελούν ένα τρόπο προώθησης της αλλαγής μέσα σε ένα δύσκαμπτο σύστημα. Ο Έλληνας εκπαιδευτικός βρίσκεται αρκετά περιορισμένος από το Α.Π. που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το τι θα διδαχθεί και με ποιο τρόπο. Οι αποκλίσεις από το Α.Π. δεν θεωρούνται αποδεκτές και έτσι ο σύγχρονος εκπαιδευτικός περιορίζει κατά πολύ τη δημιουργικότητα. Οι μεταρρυθμίσεις στην ελληνική εκπαίδευση δεν ακολουθούν το μοντέλο της Προσωπικής Δέσμευσης, που θέτει στο επίκεντρο της αλλαγής τον ίδιο τον εκπαιδευτικό και τον βλέπει ως φορέα αυτής της αλλαγής και προσπαθεί να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις μέσα στις οποίες ο εκπαιδευτικός θα νιώσει άνετα να εκφραστεί και πως έχει μια σημαντική αποστολή, χωρίς να του

επιβάλλει σταθμισμένους και περιοριστικούς ελέγχους. Αντίθετα ακολουθεί το μοντέλο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Ποιότητας (T.Q.M.) που περισσότερο καταπιέζει την εκπαίδευση παρά τη βελτιώνει καθώς δεν αφήνει περιθώρια ελεύθερης έκφρασης των ατόμων που συνθέτουν το σύστημα και επιβάλλει διαρκείς ελέγχους που μονοπωλούν το ενδιαφέρον τους στην επιτυχή διεκπεραίωσή τους (Kynigos, 2003).

Κατά το σχεδιασμό ενός σεναρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τέσσερις παράγοντες: το περιεχόμενο, οι διδακτικοί στόχοι, τα ψηφιακά εργαλεία και ο ρόλος του μαθητή. Οι παράγοντες αυτοί διαπλέκονται και αλληλοεπηρεάζονται σε διαφορετικούς βαθμούς στα διάφορα σενάρια ανάλογα με την οπτική γωνία που ο εκπαιδευτικός επιλέγει. Τα ψηφιακά εργαλεία καθορίζουν το περιεχόμενο, τους διδακτικούς στόχους και το ρόλο του μαθητή, οι στόχοι καθορίζουν ποια εργαλεία θα χρησιμοποιηθούν και με ποιο τρόπο από το μαθητή, ενώ το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου κατευθύνει τον τρόπο διαχείρισης του διδακτικού υλικού και τον τύπο των ψηφιακών εργαλείων (Γκίκα, 2002).

Όπως αναφέρει ο Κυνηγός (2011: 160), «εκτός από τις συνήθεις αναφορές σε συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς σκοπούς και ύλη, ένα σενάριο υποβοηθά την ανάδυση ζητημάτων όπως:

- τα είδη των δραστηριοτήτων στις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές,
- την κοινωνική ενορχήστρωση μιας μαθησιακής κοινότητας,
- τις χωροχρονικές πτυχές του περιβάλλοντος,
- τα είδη νοήματος που αναμένεται να δομήσουν οι μαθητές μέσω της χρήση συγκεκριμένων τεχνολογικών μέσων,
- τη διδακτική διαχείριση της δραστηριότητας».

Κλείνοντας την επισκόπηση της θεωρίας για τα σενάρια διδασκαλίας είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι δραστηριότητες ενός σεναρίου διδασκαλίας, ειδικά στην περίπτωση που αυτές περιλαμβάνουν ψηφιακά εργαλεία, θα πρέπει πάντα να διαμορφώνονται με στόχο την ανάδειξη

Πρόσθετης Παιδαγωγικής Αξίας. Σύμφωνα με τον Κυνηγό (2011), ο τρόπος ένταξης μιας ψηφιακής τεχνολογίας στην διδασκαλία πρέπει να γίνεται με σκοπό την πιθανότητα ανάδειξης προστιθέμενης παιδαγωγικής αξίας. Ως προστιθέμενη παιδαγωγική αξία ορίζεται αυτό που μπορεί να κάνει ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής με την τεχνολογία, που χωρίς αυτή δε θα μπορούσε να γίνει. Ακόμα και αν μια τεχνολογία έχει δεδομένη πρόσθετη αξία, η χρήση της πρέπει να συνοδεύεται από εμπειριστατωμένη θεμελίωση και ανάλυση των διαδικασιών στις οποίες θα χρησιμοποιηθεί.

Το διδακτικό σενάριο της έρευνας δομείται σύμφωνα με το πρότυπο των Πανεπιστημιακών Κέντρων Επιμορφωτών (ΠΑΚΕ) των επιμορφωτών Β' Επιπέδου στο πλαίσιο της Πράξης «Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών στη χρήση και αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διδακτική διαδικασία» του ΕΠΕΑΕΚ II / Γ' ΚΠΣ. Αρχικά αναφέρεται ο τίτλος του σεναρίου και στη συνέχεια η ταυτότητά του. Έπειτα παρατίθεται η καινοτομία την οποία εισάγει το σενάριο, η προστιθέμενη παιδαγωγική αξία και το θεωρητικό πλαίσιο. Ακολουθεί το αναλυτικό πλαίσιο εφαρμογής του σεναρίου και η περιγραφή των δραστηριοτήτων που προτείνονται. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις επέκτασης του σεναρίου.

2.4.2 Σενάριο διδασκαλίας: «Ιπτάμενα Σχήματα»

1. Ταυτότητα του Σεναρίου

Συγγραφέας: Καλαμπόκης Ευάγγελος

Γνωστικές περιοχές:

- Προγραμματισμός
- Μαθηματικά

Θέματα:

- Οι βασικές προγραμματιστικές έννοιες της μεταβλητής και της δόμησης διαδικασιών
- Το σχέδιο για τον προγραμματισμό κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα
- Συμμετρία

2. Σκεπτικό της δραστηριότητας

Καινοτομίες

Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός πίσω από τη διδακτική πρόταση του σεναρίου αποτελεί τη βασική του καινοτομία. Πέρα από το γεγονός πως ο προγραμματισμός δεν αποτελεί ένα βασικό γνωστικό αντικείμενο για τους μαθητές του δημοτικού, ο τρόπος με τον οποίο επιχειρείται η διδασκαλία ρητών προγραμματιστικών εννοιών σε παιδιά τόσο νεαρής ηλικίας, είναι κάτι νέο. Επίσης, η εφαρμογή ενός σεναρίου μέσα σε μια σχολική τάξη αποτελεί από μόνο της μια καινοτομία. Ένα σενάριο διδασκαλίας δεν ακολουθεί την πορεία της παραδοσιακής διδασκαλίας, στην οποία ο εκπαιδευτικός παρέχει τη γνώση και ο μαθητής είναι ο παθητικός αποδέκτης της. Έτσι, και το παρόν σενάριο είναι σχεδιασμένο ώστε να ξεβολέψει τον εκπαιδευτικό που θα προσπαθήσει να το υλοποιήσει, καθώς σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές οδηγούν την μαθησιακή διαδικασία και ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του αρωγού-καθοδηγητή.

Προστιθέμενη αξία

Οι δραστηριότητες του σεναρίου έχουν σχεδιαστεί με στόχο την ανάδειξη Πρόσθετης Παιδαγωγικής Αξίας. Σε ένα σενάριο διδασκαλίας με βασικό αντικείμενο τον προγραμματισμό, η Π.Π.Α των ψηφιακών εργαλείων που περιλαμβάνουν οι δραστηριότητες θα μπορούσε να θεωρηθεί αυτονόητη. Πέρα, όμως, από την αυτονόητη ανάγκη για αξιοποίηση ψηφιακών περιβαλλόντων προγραμματισμού, το ψηφιακό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τη δημιουργία των μικροκόσμων στους οποίους θα εργαστούν οι μαθητές, δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την ανάδειξη Π.Π.Α. Η χελωνόσφαιρα (MaLT) ενσωματώνει γραφικές αναπαραστάσεις που υποστηρίζουν τη σύνταξη κώδικα, μειώνοντας τα λάθη σύνταξης, και επιτρέποντας στους μαθητές να επικεντρωθούν σε διεργασίες υψηλότερου νοητικού επιπέδου. Επίσης, παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στους μαθητές για τις πράξεις τους μέσω των μεταβολών που συμβαίνουν στη σκηνή της, δημιουργώντας ευκαιρίες για βαθύτερο προβληματισμό, ειδικά στις περιπτώσεις που αυτοί κάνουν λάθη.

Γνωστικά-Διδακτικά προβλήματα

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι αρχάριοι προγραμματιστές έχουν αναφερθεί εκτενώς στο θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας. Ως βάση τους εντοπίζεται η έλλειψη στρατηγικών προγραμματισμού και γνωστικών σχημάτων κώδικα για την επιτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών. Αυτό είναι και το βασικό πρόβλημα που προσπαθεί να αντιμετωπίσει η παρούσα διδακτική πρόταση.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το θεωρητικό πλαίσιο πάνω στο οποίο βασίστηκε ο διδακτικός σχεδιασμός του σεναρίου και των δραστηριοτήτων του έχει, επίσης, αναλυθεί στο θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας και στην ενότητα παρουσίασης του αντικειμένου της έρευνας.

3. Πλαίσιο εφαρμογής

Σε ποιούς απευθύνεται

Το παρόν διδακτικό σενάριο απευθύνεται σε μαθητές δημοτικού. Ανάλογα με το επίπεδο εξοικείωσης των μαθητών με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, θα μπορούσε να απευθυνθεί σε μαθητές της Ε' ή της ΣΤ' τάξης. Επιπλέον, στις τάξεις αυτές οι μαθητές διδάσκονται την έννοια της συμμετρίας, που είναι βασική για την εκπόνηση των δραστηριοτήτων του σεναρίου.

Χρόνος υλοποίησης

Ο ενδεικτικός χρόνος υλοποίησης του σεναρίου είναι έξι διδακτικές ώρες. Προτείνεται η διεξαγωγή του σεναρίου σε τρία δώρα, για να υπάρχει αρκετός χρόνος οι μαθητές να εργαστούν απρόσκοπτα και να εμβαθύνουν στις δραστηριότητες. Ωστόσο, το χρονικό πλαίσιο δε θα έπρεπε να θεωρείται δεσμευτικό, καθώς εξαρτάται και από την πορεία του σεναρίου. Για αυτό δεν αποκλείεται η πιθανότητα να χρειαστεί ένα ακόμα δώρο.

Χώρος υλοποίησης

Ο χώρος υλοποίησης του σεναρίου είναι η αίθουσα Η/Υ με αναγκαία προϋπόθεση να υπάρχουν αρκετοί Η/Υ, ένας για κάθε ομάδα. Εναλλακτικά θα μπορούσε να γίνει χρήση της σχολικής αίθουσας, με την ίδια προϋπόθεση, έστω και αν χρειαστεί ο αριθμός των ατόμων σε κάθε ομάδα να αυξηθεί.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Οι προαπαιτούμενες γνώσεις με τις οποίες πρέπει να είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές για τη διαπραγμάτευση των δραστηριοτήτων, όπως παρουσιάζονται, χωρίς προβλήματα, είναι σχετικές με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo και με την έννοια της συμμετρίας. Αν και η πρώτη δραστηριότητα αποτελεί δραστηριότητα εξοικείωσης με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, θα ήταν καλό οι μαθητές να έχουν ήδη εξοικειωθεί με τα χαρακτηριστικά της, και να γνωρίζουν τον τρόπο σχηματισμού βασικών σχημάτων, για οικονομία χρόνου.

Απαιτούμενα βοηθητικά υλικά και εργαλεία

Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται οι μικρόκοσμοι που είναι απαραίτητοι για τη διεξαγωγή των αντίστοιχων δραστηριοτήτων, χαρτί και μολύβι για την τήρηση σημειώσεων από τους μαθητές για τη διευκόλυνση της διερεύνησης, και ένα puzzle τάνγκραμ για κάθε ομάδα. Το τάνγκραμ puzzle δεν είναι απαραίτητο να αγοραστεί, αλλά μπορεί να κατασκευαστεί εύκολα από τον εκπαιδευτικό με το κόψιμο φύλλων σκληρού χαρτιού ή πλαστικού.

Κοινωνική ενορχήστρωση της τάξης

Οι μαθητές χωρίζονται και εργάζονται σε ομάδες. Προτείνεται οι ομάδες να είναι του μεγέθους των δύο ατόμων (αν βέβαια επαρκούν οι Η/Υ). Ο χωρισμός μπορεί να γίνει κατόπιν συνεννόησης των ίδιων των μαθητών, αλλά καλό θα ήταν ο εκπαιδευτικός να ορίσει τις ομάδες ώστε να έχουν παρόμοιες δυναμικότητες. Κάθε ομάδα έχει ως κέντρο εργασίας της τον Η/Υ που της αντιστοιχεί, και τα άτομα της ομάδας επικοινωνούν συνεχώς και με απόλυτη ελευθερία μεταξύ τους. Θα ήταν σκόπιμο οι Η/Υ να είναι διατεταγμένοι αντικριστά έτσι ώστε αν χρειαστεί οι ομάδες να έχουν τη δυνατότητα εύκολης επικοινωνίας και παρατήρησης του τρόπου εργασίας των άλλων ομάδων. Ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του συντονιστή και του βοηθού, καθώς αυτός είναι που ήδη κατέχει την τεχνογνωσία και μπορεί να βοηθήσει γρήγορα και αποτελεσματικά τους μαθητές να κινηθούν στους μικρόκοσμους.

Στόχοι σεναρίου

Οι στόχοι του σεναρίου έχουν διατυπωθεί με βάση τη στοχοταξινόμια του Bloom (Bloom, 1956). Αυτή η επιλογή έγινε με σκοπό την εύκολη αξιολόγηση του επιπέδου των στόχων των δραστηριοτήτων και προσαρμογή του σεναρίου.

Επιδίωξη του σεναρίου είναι οι μαθητές:

1^η Δραστηριότητα

- Κατανόηση: Να αναγνωρίζουν και να περιγράφουν τη λειτουργία των βασικών εντολών της γλώσσας προγραμματισμού στη Χελωνόσφαιρα.

- Εφαρμογή: Να κατασκευάσουν μια διαδικασία «για σπίτι» χρησιμοποιώντας άλλες διαδικασίες ως υποδιαδικασίες, και προσθέτοντας μεταβλητές ώστε αυτό να γίνει σπίτι μεταβλητού μεγέθους.

2η Δραστηριότητα

- Κατανόηση: Να κυλήσουν τα σχήματα και να τα τοποθετήσουν πάνω στον άξονα του μικρόκοσμου ώστε αυτός να γίνει άξονας συμμετρίας τους.
- Ανάλυση: Να εξηγήσουν τον τρόπο που ο κώδικας καθιστά εφικτή την κύλιση των σχημάτων.

3η Δραστηριότητα

- Εφαρμογή: Να συμπληρώσουν των κώδικα που επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση των σχημάτων στη χελωνόσφαιρα, σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και με οποιονδήποτε προσανατολισμό.
- Ανάλυση: Να εξηγούν τη λογική πίσω από τη λειτουργία του κώδικα που επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση των σχημάτων στο χώρο της χελωνόσφαιρας.
- Κατανόηση: Να σχηματίσουν τη συμμετρική σιλουέτα του κύκνου τοποθετώντας τα σχήματα/τάνγκραμ στη σωστή θέση με τη χρήση των ολισθητών δυναμικού χειρισμού των μεταβλητών που περιλαμβάνουν.

4η Δραστηριότητα

- Σύνθεση: Να αξιοποιήσουν το σχέδιο για την κίνηση των σχημάτων στη χελωνόσφαιρα στη δημιουργία ενός δικού τους δομήματος.

Οι Δραστηριότητες του σεναρίου

Για την υλοποίηση της διδακτικής πρότασης του ερευνητή διαμορφώθηκε μια ακολουθία από τέσσερις δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές ακολουθούν μια πορεία από το απλό στο πιο σύνθετο, δίνοντας στους

μαθητές τη δυνατότητα να επεξεργαστούν πρώτα βασικές προγραμματιστικές έννοιες, ώστε στη συνέχεια να είναι σε θέση να επεξεργαστούν το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα. Βασικό ρόλο στη διαμόρφωση των δραστηριοτήτων κατά τις οποίες γίνεται η επεξεργασία του σχεδίου παίζει η έννοια της συμμετρίας, η οποία χρησιμοποιήθηκε ως θεματικός άξονας για τη δόμησή τους. Σκοπός είναι η διαμόρφωση ενός πλαισίου κατασκευαστικής μάθησης για τους μαθητές, ώστε να παρακινηθούν να συντάξουν κώδικα έχοντας συγκεκριμένους στόχους με νόημα, δουλεύοντας πάνω σε μια έννοια με την οποία είναι εξοικειωμένοι.

Κοινό χαρακτηριστικό των δραστηριοτήτων αποτελεί το ότι διεξάγονται με τη χρήση του διαδικτυακού εργαλείου Χελωνόσφαιρα (MaLT). Το εργαλείο αυτό ενσωματώνει τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, η οποία υποστηρίζει την ανάπτυξη κώδικα από παιδιά, και προσφέρει ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο μπορούν να κατασκευάσουν, λαμβάνοντας άμεση ανατροφοδότηση για τις ενέργειές τους. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να δημιουργήσει μικρόκοσμους, οργανώνοντας την εκπαιδευτική πράξη σύμφωνα με την παιδαγωγική ατζέντα του, κάνοντας επιλογές για τις έννοιες και τις αναπαραστάσεις που θα συμπεριλάβει, αλλά και για τα σημεία στα οποία οι μαθητές θα επέμβουν ώστε να διορθώσουν ή να κατασκευάσουν εκ νέου.

Δραστηριότητα 1η

Στην πρώτη φάση του σεναρίου οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν με το νέο εργαλείο (MaLT), καθώς σε αυτό θα εργαστούν στις επόμενες δραστηριότητες. Παίρνοντας ως δεδομένη την εξοικείωσή τους με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo μέσα από την ενασχόλησή τους με αυτή στο μάθημα της Διερεύνησης, θα δοθεί βάση σε θέματα που αφορούν τη σύνταξη της γλώσσας στο Χελωνόκοσμο και τη γνωριμία με τις λειτουργικότητες που διαθέτει.

Αρχικά θα δοθεί στους μαθητές τυπωμένη η λίστα με τις εντολές της γλώσσας και θα επισημανθεί η σύνταξη των εντολών που ήδη γνωρίζουν και αναμένεται να χρησιμοποιήσουν πιο πολύ. Για παράδειγμα, οι μαθητές κατά την εργασία τους στο Microworlds Pro έδιναν εντολή στο χαρακτήρα να κινηθεί μπροστά γράφοντας «μπ», ενώ στη χελωνόσφαιρα η αντίστοιχη εντολή δίνεται

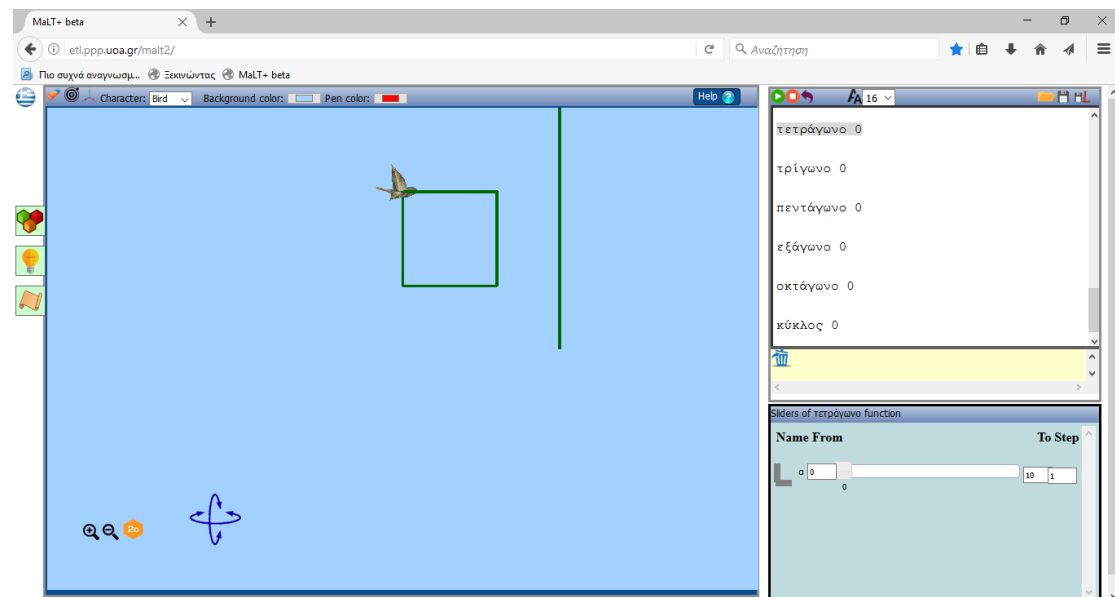
γράφοντας «μ». Επίσης, πρέπει να επισημανθεί πως η επικύρωση της εντολής, αφού αυτή συνταχθεί, γίνεται με το πλήκτρο insert ή πατώντας το κουμπί με το τρίγωνο (Run Code), και όχι με το Enter. Για την εξάσκησή τους με τα νέα δεδομένα του εργαλείου θα ζητηθεί από τους μαθητές να φτιάξουν απλά σχήματα που ήδη γνωρίζουν, όπως το τετράγωνο και ο κύκλος. Επίσης, αυτό είναι ένα καλό σημείο να γίνει επίδειξη και της δυνατότητας κατασκευής τρισδιάστατων σχημάτων που προσφέρει το εργαλείο με τη χρήση των εντολών «πάνω» και «κάτω».

Έπειτα, σκόπιμο είναι οι μαθητές να θυμηθούν τον τρόπο με τον οποίο συντάσσονται διαδικασίες, με ή χωρίς μεταβλητές. Έτσι πρώτα θα ζητηθεί από τους μαθητές να δημιουργήσουν ένα τετράγωνο το οποίο στη συνέχεια θα βάλουν μέσα σε μια διαδικασία «Για τετράγωνο». Έπειτα, ο εκπαιδευτικός θα τους δώσει τη διαδικασία για το τρίγωνο και θα τους ζητήσει να συνθέσουν τις δύο διαδικασίες σε μία διαδικασία «για σπίτι», σχηματίζοντας ένα σπίτι, προκειμένου οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με το διαδικαστικό προγραμματισμό. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός αφού ρωτήσει τους μαθητές για το αν η έννοια της μεταβλητής τους είναι οικεία από τα μαθηματικά και τους εξηγήσει τον τρόπο σύνταξής της στη Logo, θα τους ζητήσει να μετατρέψουν τη διαδικασία του σπιτιού, σε ένα σπίτι μεταβαλλόμενου μεγέθους. Με την ευκαιρία αυτή θα χρησιμοποιήσουν και τους ολισθητές για τη δυναμική μεταβολή του μεγέθους του σπιτιού, στοιχείο σημαντικό για την επόμενη δραστηριότητα.

Δραστηριότητα 2η

Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές θα εξασκηθούν στη συμμετρία βασικών σχημάτων. Οι μαθητές θα εργαστούν σε ένα μικρόκοσμο στη Χελωνόσφαιρα κατασκευασμένο από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος θα προβάλει έναν κάθετο άξονα, που θα χρησιμεύσει ως άξονας συμμετρίας, και ένα βασικό σχήμα (π.χ. τετράγωνο). Στόχος των μαθητών θα είναι να κυλίσουν το σχήμα και να το τοποθετήσουν με τέτοιο τρόπο στον άξονα ώστε αυτός να γίνει άξονας συμμετρίας του σχήματος. Για να είναι δυνατή η κίνηση του σχήματος έχει προστεθεί από το σχεδιαστή μια εντολή «μπροστά» πριν το τετράγωνο, με

μεταβλητή στην τιμή της, έτσι ώστε από τον ολισθητή το σχήμα να κινείται μπρος-πίσω.



Εικόνα 2: Ο μικρόκοσμος της δεύτερης δραστηριότητας

Πιο συγκεκριμένα, στο μικρόκοσμο της δεύτερης δραστηριότητας θα δίνονται τρεις διαδικασίες:

Για σχεδιασμός_άξονα δ 90 στυλοπάνω μ 100 α 90 στυλοκάτω μ 200 στυλοπάνω ΣτηνΑρχη μ 100 δ 90 στυλοκάτω Τέλος	
Για κίνηση :α στυλοπάνω μ :α στυλοκάτω Τέλος	
Για τετράγωνο :α σχεδιασμός_άξονα κίνηση :α επανάλαβε 4 [μ 60 δ 90] Τέλος	

Η πρώτη διαδικασία σχεδιάζει τον άξονα που θα γίνει άξονας συμμετρίας του σχήματος και φέρνει τον χαρακτήρα σε θέση ώστε όταν σχεδιαστεί το σχήμα αυτό να κινείται προς τον άξονα. Η διαδικασία κίνηση δίνει τη δυνατότητα στο σχήμα να κινηθεί. Αυτό ουσιαστικά γίνεται με το χαρακτήρα να σχεδιάζει μια αόρατη γραμμή πριν το τετράγωνο, το μήκος της οποίας είναι μεταβλητό. Οι δύο διαδικασίες εμπεριέχονται στη δεύτερη διαδικασία με το όνομα του εκάστοτε σχήματος, η συμμετρία του οποίου πρόκειται να μελετηθεί.

Οι μαθητές καλούνται να τρέξουν τη διαδικασία τετράγωνο δίνοντας την τιμή 0 στη μεταβλητή (τετράγωνο 0). Αφού την τρέξουν προτρέπονται από τον ερευνητή να χρησιμοποιήσουν τον ολισθητή, δίνοντάς του ανώτερη τιμή το 200, ώστε να κινηθεί το σχήμα για να το τοποθετήσουν πάνω στον άξονα συμμετρίας. Το μήκος των πλευρών του τετραγώνου έχει σκόπιμα οριστεί σε 60, έτσι ώστε οι μαθητές να βοηθηθούν στην τοποθέτηση του σχήματος στον άξονα, από τις γραμμές πλέγματος της σκηνής του εργαλείου. Προαιρετικά είναι δυνατό να ερωτηθούν οι μαθητές για το αν το σχήμα έχει και άλλους άξονες συμμετρίας και να κληθούν να τους εμφανίσουν. Αυτό είναι δυνατό να γίνει με την περιστροφή του χαρακτήρα πριν τον σχεδιασμό του σχήματος (στην προκειμένη περίπτωση κατά 45 μοίρες δεξιά).

Βασικός, όμως, στόχος της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με μια απλοποιημένη μορφή της στρατηγικής που το σενάριο επιχειρεί να τους διδάξει. Για το λόγο αυτό αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα θα ερωτηθούν: «Τι είναι αυτό που κάνει το σχήμα να κινείται;». Με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να σκεφθούν πάνω στον κώδικα του δομήματος και να περιγράψουν το πώς λειτουργεί, αναπτύσσοντας έτσι κάποια βασικά σχήματα χρήσης του σχεδίου σε αυτή την απλουστευμένη του μορφή, ξεκινώντας την εργαλειοποίησή του. Τα σχήματα αυτά θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για την επεξεργασία του κυρίως σχεδίου των κινούμενων σχημάτων στη Χελωνόσφαιρα, και την ανάπτυξη νέων πιο σύνθετων σχημάτων χρήσης και εργαλειοποιημένης δράσης.

Δραστηριότητα 3η

Η τρίτη δραστηριότητα αφορά την κατασκευή συμμετρικών εικόνων. Για τη δραστηριότητα αυτή δημιουργήθηκε ένας μικρόκοσμος εμπνευσμένος από το παιχνίδι των τάνγκραμ, που ανήκει στην κατηγορία των πάζλ. Στο παιχνίδι αυτό ο παίχτης έχει στη διάθεσή του ένα πεπερασμένο αριθμό πλακιδίων διαφορετικών σχημάτων και μεγεθών με σκοπό την αναπαραγωγή εικόνων που έχουν σχηματιστεί με τα πλακίδια αυτά, έχοντας στη διάθεσή του μόνο το περίγραμμα ή τη σιλουέτα του σχήματος. Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα στόχος των μαθητών θα είναι να αναπαράγουν το συμμετρικό του σχήματος που θα τους δοθεί. Πριν την ενασχόληση με τον μικρόκοσμο, είναι δυνατό να δοθεί στους μαθητές ένα φυσικό πάζλ τάνγκραμ, ώστε να σχηματίσουν τη σιλουέτα πρώτα στον πραγματικό κόσμο. Το τάνγκραμ αποτελείται από τα εξής πλακίδια:

Πλήθος	Σχήμα
1	μεσαίο ορθογώνιο τρίγωνο
2	μεγάλα ορθογώνια τρίγωνα
2	μικρά ορθογώνια τρίγωνα
1	τετράγωνο
1	παραλληλόγραμμο

Στο μικρόκοσμο που θα δοθεί στους μαθητές θα βρίσκεται σχεδιασμένη η σιλουέτα ενός κύκνου και ο άξονας συμμετρίας της, έτσι ώστε οι μαθητές να εργαστούν στην αντίθετη πλευρά για το σχηματισμό του συμμετρικού του. Επίσης, θα υπάρχει ήδη ο κώδικας σχηματισμού κάθε πλακιδίου, τον οποίο οι μαθητές θα τρέχουν για να εμφανιστεί το εκάστοτε πλακίδιο, έτσι ώστε να το μετακινήσουν στο χώρο και να το τοποθετήσουν στη σωστή θέση.

Στο επιτραπέζιο παιχνίδι τα πλακίδια έχουν συγκεκριμένες αναλογίες που αφορούν τις υποτείνουσες των τριγώνων. Το τετράγωνο έχει πλευρά ίση με την υποτείνουσα του μικρού τριγώνου ενώ το παραλληλόγραμμο έχει μικρή πλευρά ίση με την υποτείνουσα του μικρού τριγώνου και μεγάλη πλευρά ίση με την υποτείνουσα του μεσαίου. Στον μικρόκοσμο ο σχεδιασμός των πλακιδίων έγινε με βάση την αναλογία των πλευρών και όχι των υποτείνουσών έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η τοποθέτηση των σχημάτων στο πλέγμα των γραμμών της

χελωνόσφαιρας. Έτσι, η πλευρά του τετράγωνου, η πλευρά των μικρών τριγώνων και η μικρή πλευρά του παραλληλόγραμμου σχεδιάστηκαν ίσα με το μισό της πλευράς του μεγάλου τριγώνου, και η πλευρά του μεσαίου τριγώνου και η μεγάλη πλευρά του παραλληλογράμμου σχεδιάστηκαν ίσα με τα $3/4$ της πλευράς του μεγάλου τριγώνου.

Για τη διευκόλυνση της εξαγωγής της δραστηριότητας σε κάθε ένα από τα πλακίδια του μικρόκοσμου αποδόθηκε ένα χρώμα, καθώς κάποια από αυτά είναι ίδια. Έτσι οι διαδικασίες σχηματισμού των πλακιδίων έχουν τα εξής ονόματα:

- τάνγκραμ_μωβ (μικρό ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο)
- τάνγκραμ_κίτρινο (παραλληλόγραμμο)
- τάνγκραμ_πορτοκαλί (μεγάλο ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο)
- τάνγκραμ_μπλε (μεγάλο ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο)
- τάνγκραμ_ροζ (μεσαίο ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο)
- τάνγκραμ_κόκκινο (μικρό ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο)
- τάνγκραμ_πράσινο (τετράγωνο)

Κάθε πλακίδιο έχει συνταχθεί με παρόμοιο κώδικα, στον οποίο περιλαμβάνεται μια διαδικασία για την κίνησή του, μια εντολή για τον καθορισμό του χρώματος και μια διαδικασία σχεδιασμού του εκάστοτε σχήματος. Έτσι, ο κώδικας του μωβ τάνγκραμ διαμορφώνεται ως εξής:

Για τάνγκραμ_μωβ :χ :ω κίνηση :χ :ω Θεσεχρωμαστυλο [170 4 247] μικρό_ισοσκελές_ορθογώνιο_τρίγωνο στυλοπάνω ΣτηνΑρχή Τέλος
Για κίνηση :χ :ω στυλοπάνω δ:ω

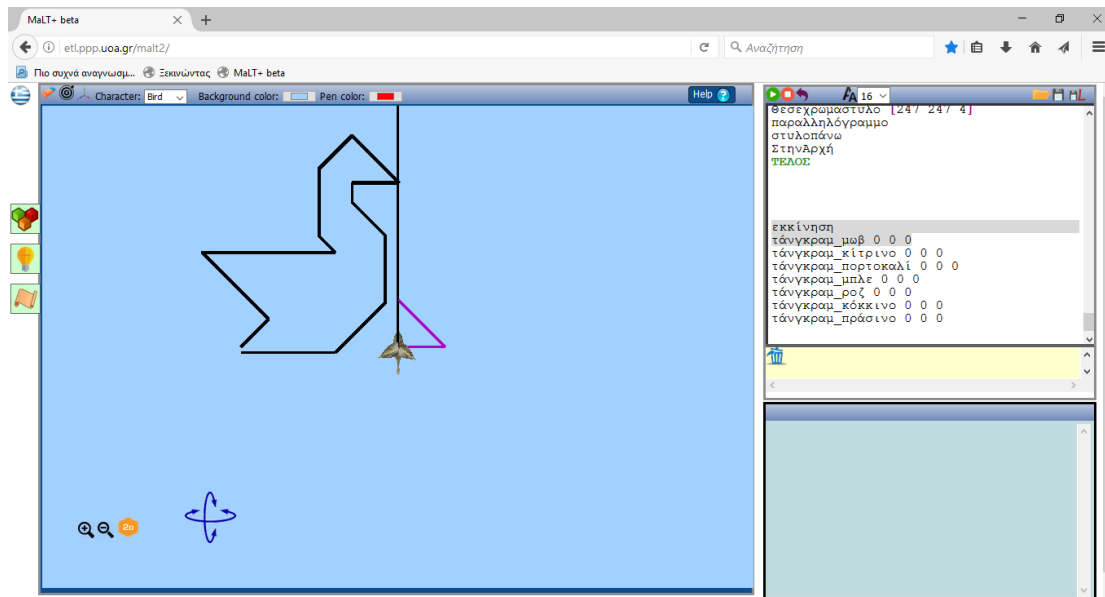
$\mu : \chi$ στυλοκάτω Τέλος
Για μικρό_ισοσκελές_ορθογώνιο_τρίγωνο $\mu 30$ $\delta 135$ $\mu 42.5$ $\delta 135$ $\mu 30$ Τέλος

Η υποδιαδικασία «κίνηση» είναι αυτή που επιτρέπει στο τάνγκραμ να κινηθεί στο χώρο της χελωνόσφαιρας. Περιλαμβάνει μία εντολή στροφής προς τα δεξιά (δ) και μια κίνησης προς τα μπροστά (μ). Και στις δύο εντολές έχουν αποδοθεί ως τιμές οι μεταβλητές ω και χ αντίστοιχα. Η σειρά με την οποία έχουν συνταχθεί οι εντολές έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς είναι σημαντικό ο χαρακτήρας πρώτα να στρίβει σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και στη συνέχεια να κινείται ευθύγραμμα προς αυτή την κατεύθυνση. Η διαδικασία κίνηση αυτής της δραστηριότητας, διαφέρει από την αντίστοιχη της προηγούμενης δραστηριότητας, στο ότι περιλαμβάνει και μια εντολή στροφής, η οποία επιτρέπει την αλλαγή του αρχικού προσανατολισμού του πουλιού πριν σχεδιάσει το σχήμα. Έτσι, αλλάζοντας κάθε φορά τον προσανατολισμό αυτό, το σχήμα μπορεί να κινηθεί ευθύγραμμα προς οποιοδήποτε σημείο του επιπέδου της σκηνής (όχι και στις τρεις διαστάσεις).

Στόχος της δραστηριότητας αυτής σχετικά με το υπό επεξεργασία σχέδιο είναι οι μαθητές να επέμβουν στον κώδικα που τους δίνεται ως τεχνούργημα, προκειμένου να τον αλλάξουν, αναπτύσσοντας βαθύτερα σχήματα χρήσης και εργαλειοποιημένης δράσης για αυτό, και ως εκ τούτου να την εργαλειοποιήσουν. Για να υποστηριχθεί η επέμβαση των μαθητών στο τεχνούργημα, ο εκπαιδευτικός την κίνηση των πλακιδίων με τρόπο ώστε να μην είναι πλήρως λειτουργική, και οι μαθητές να μη μπορούν να κατασκευάσουν αμέσως το συμμετρικό του σχήματος που τους δίνεται. Στον πραγματικό κόσμο οι μαθητές

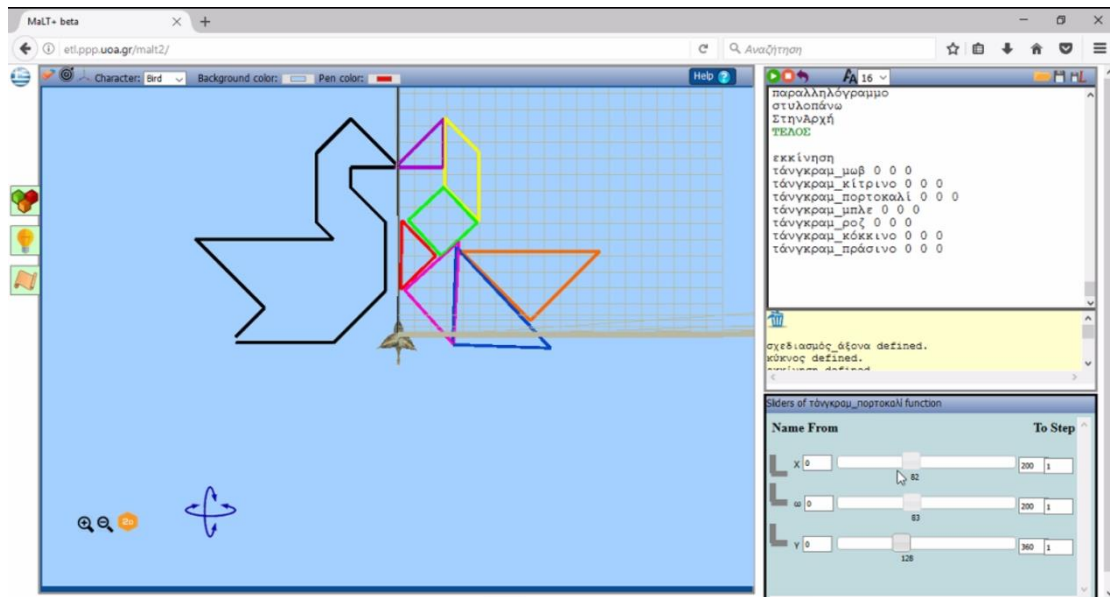
εκτός από τα μετακινήσουν τα πλακίδια στο επίπεδο του τραπεζιού οι μαθητές θα τα περιέστρεφαν επίσης. Η έλλειψη αυτής της λειτουργικότητας από το μικρόκοσμο τον καθιστά ένα μισοψημένο μικρόκοσμο, που αποσκοπεί στη δημιουργία της ανάγκης περιστροφής των σχημάτων στους μαθητές, έτσι ώστε στη συνέχεια οι ίδιοι να μελετήσουν τον κώδικα των εικονικών τάνγκραμ και να επέμβουν προγραμματιστικά σε αυτόν προσθέτοντας τη λειτουργικότητα της περιστροφής του σχήματος. Για την ενίσχυση της ανάγκης για περιστροφή μπορεί να δοθεί αρχικά στους μαθητές ένα πάζλ τάνγκραμ, έτσι ώστε να φτιάξουν πρώτα τη σιλουέτα στον πραγματικό κόσμο.

Αρχικά, θα ζητηθεί από τους μαθητές να τρέξουν τη διαδικασία τάνγκραμ_μωβ, που αντιστοιχεί στη μύτη του κύκνου, και να προσπαθήσουν να το τοποθετήσουν με θέση συμμετρική της μύτης της σιλουέτας. Αφού τρέξουν την διαδικασία οι μαθητές θα εμφανίσουν τους ολισθητές που αντιστοιχούν στις μεταβλητές των εντολών της διαδικασίας κίνησης, και χρησιμοποιώντας τους θα προσπαθήσουν να φέρουν το σχήμα στη σωστή θέση με σωστό προσανατολισμό. Λόγω της έλλειψης της λειτουργικότητας για επιτόπια περιστροφή του σχήματος, οι μαθητές δεν θα τα καταφέρουν όσο και αν προσπαθήσουν, και αναμένεται να εκνευριστούν. Αν δεν καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι χρειάζονται και τη δυνατότητα της επιτόπιας περιστροφής του σχήματος, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να τους καθοδηγήσει προς αυτό το συμπέρασμα υποδεικνύοντάς τους να σκεφθούν πάνω στις κινήσεις που κάνουν με τα χέρια τους στον πραγματικό κόσμο με τα πραγματικά τάνγκραμ.



Εικόνα 3: Ο μικρόκοσμος της τρίτης δραστηριότητας

Όταν πια η ανάγκη προσθήκης είναι ξεκάθαρη, οι μαθητές θα πρέπει να συμπληρώσουν τον κώδικα της υποδιαδικασίας κίνησης, προσθέτοντας μια εντολή στροφής με μεταβλητή ως τιμή της. Επόμενο σημαντικό βήμα είναι οι μαθητές να αποφανθούν και για το σημείο της διαδικασίας στο οποίο θα πρέπει να προστεθεί η εντολή καθώς αυτή θα πρέπει να προστεθεί μετά την εντολή της ευθύγραμμης κίνησης, ως εντολή διόρθωσης του προσανατολισμού του σχήματος, αφού αυτό έρθει στη σωστή θέση στο χώρο. Στόχος είναι μέσα από αυτό τον τρόπο επεξεργασίας του σχεδίου και της τελειοποίησής του, οι μαθητές να αναπτύξουν βαθειά κατανόηση για τον τρόπο λειτουργίας του κώδικα του σχεδίου (σχήματα χρήσης) και του τρόπου αξιοποίησης του μέσω των ολισθητών (σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης), ώστε να μπορούν να κινούν ελεύθερα σχήματα στη σκηνή της χελωνόσφαιρας, σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και με οποιονδήποτε προσανατολισμό.



Εικόνα 4: Η ολοκληρωμένη συμμετρική σιλουέτα του κύκνου (Ομάδα 3)

Δραστηριότητα 4η

Στην τέταρτη δραστηριότητα οι μαθητές θα κληθούν να δημιουργήσουν ένα δικό τους δόμημα στη χελωνόσφαιρα. Σκοπός της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να δομήσουν κώδικα χρησιμοποιώντας διαδικασίες και υποδιαδικασίες. Καθώς είναι σημαντικό οι μαθητές να δημιουργήσουν μια διαδικασία στο μικρόκοσμο, θα τους δοθεί ένας περιορισμός προς αυτή την κατεύθυνση. Το δόμημα των μαθητών θα πρέπει να κινείται. Με αυτό τον περιορισμό οι μαθητές θα πρέπει να δημιουργήσουν το δόμημά τους σε μια διαδικασία, που ίσως και να περιλαμβάνει υποδιαδικασίες, και όχι απλά να το σχεδιάσουν χρησιμοποιώντας μεμονωμένες εντολές. Επίσης, στόχος του περιορισμού αυτού είναι οι μαθητές να εφαρμόσουν το σχέδιο που εργαλειοποίησαν στην προηγούμενη δραστηριότητα, σε ένα νέο πλαίσιο από την αρχή.

Προγραμματιστικά, είναι σημαντικό αρχικά οι μαθητές να μην εκπλαγούν με αυτό που τους ζητείται να κάνουν, νιώθοντας σίγουροι πως έχουν ήδη στα χέρια τους ένα σχέδιο που θα τους επιτρέψει να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα που τους ανατίθεται. Αν οι μαθητές έχουν όντως εργαλειοποιήσει το σχέδιο, έχοντας σχηματίσει ένα γνωστικό σχήμα για την υποδιαδικασία κίνηση με τη δεδομένη δομή και τις δεδομένες λειτουργικότητες που προσφέρει, ως μια διαδικασία που τους επιτρέπει να κινούν σχήματα ελεύθερα στο χώρο της

χελωνόσφαιρας, και αντιμετωπίζοντάς το ως μια κονσερβοποιημένη λύση (με όρους του Soloway), τότε αναμένεται να το χρησιμοποιήσουν αυτούσιο στην αρχή του δομήματος τους. Επίσης, τυχόν αλλαγές στις λειτουργικότητες του σχεδίου, οι οποίες θα προκύψουν μέσα από συζήτηση και δικαιολόγηση, είναι αποδεκτές, εφόσον συνεχίσουν να το καθιστούν λειτουργικό, καθώς κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποτελέσει ένδειξη ανεπτυγμένων ισχυρών σχημάτων χρήσης.

3. Ανάλυση των δεδομένων

Σύμφωνα με το Robson (2008), δεν υπάρχει κάποιο επίσημο και ευρέως αποδεκτό πλαίσιο για την ανάλυση των ποιοτικών δεδομένων, όπως αντίστοιχα υπάρχει για τα ποσοτικά. Συνήθως η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων καθορίζει και τον τρόπο με τον οποίο θα επεξεργαστούν και θα αναλυθούν. Οι Miles και Huberman (1994, όπ. αναφ. στο Robson, 2008) παραθέτουν ένα γενικό σύνολο κινήσεων που έχουν ακολουθηθεί στην ανάλυση ποιοτικών δεδομένων σε διάφορες έρευνες. Αρχικά, προτείνουν το να δοθούν κωδικοί στο αρχικό σύνολο του υλικού, με σχόλια και υπομνήματα. Έπειτα, προτείνεται η μελέτη του υλικού ώστε να αναγνωριστούν σχέσεις, ή παρόμοια σχήματα. Στη συνέχεια, προτείνεται ο ερευνητής να προχωρήσει σε μικρές γενικεύσεις, τις οποίες τελικά θα παρουσιάσει σε ένα σύνολο με τη μορφή εννοιολογικών κατασκευών ή θεωριών.

Η επεξεργασία των δεδομένων αυτής της έρευνας ακολούθησε την παραπάνω λογική, με βάση την προσπάθεια εύρεσης γεγονότων που θα αποτελούν αποδείξεις για τα συμπεράσματα του ερευνητή. Αρχικά, τα οπτικοακουστικά δεδομένα μετατράπηκαν σε κείμενο, με τους διαλόγους των μαθητών αλλά και περιγραφή των κινήσεών τους στον Η/Υ. Έπειτα, τα δεδομένα αναγνώστηκαν με στόχο την κατηγοριοποίηση τους σε άξονες. Οι άξονες με βάση τους οποίους κατηγοριοποιήθηκαν, προέκυψαν από τα δύο ερευνητικά ερευνητικά ερωτήματα, αλλά και από τα ίδια τα δεδομένα. Τα συμβάντα που εντοπίστηκαν και που κατηγοριοποιήθηκαν ανά θεματικό άξονα, θα παρουσιαστούν μαζί και θα επιχειρηθεί η ερμηνεία τους από τον ερευνητή, ως προς το τι δείχνουν για τα νοήματα που ανέπτυξαν οι μαθητές κατά την εργασία τους στις δραστηριότητες της διδακτικής πρότασης.

Η ανάλυση των δεδομένων που ακολουθεί θα γίνει με βάση τις δραστηριότητες της διδακτικής πρότασης. Όπως έχει αναφερθεί, οι δραστηριότητες δομήθηκαν με βάση το Stepwise Refinement, όπου η διδασκαλία προχωρά προοδευτικά στη διαπραγμάτευση όλο και πιο σύνθετων εννοιών, με στόχο την κατάκτηση στρατηγικών και γνωστικών σχημάτων κώδικα. Για την κατάκτηση του σχεδίου για τον προγραμματισμό των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα, οι μαθητές πρώτα έρχονται σε

επαφή με βασικές προγραμματιστικές έννοιες, το διαδικαστικό προγραμματισμό και την έννοια της μεταβλητής, έτσι ώστε να χρησιμοποιήσουν τα σχήματα αυτά για την ανάπτυξη συνθετότερων σχημάτων κατά την εργαλειοποίηση του σχεδίου. Έτσι, λοιπόν, η παρουσίαση των δεδομένων ακολουθεί μια λογική από τα απλά στα πιο σύνθετα, κάτι που θα κάνει και πιο εμφανή την πορεία ανάπτυξης των νοημάτων από τους μαθητές. Παράλληλα, σε κάθε ενότητα ανάλυσης θα παρουσιάζονται και θα αντιπαραβάλλονται κρίσιμα επεισόδια από την εργασία και των τριών ομάδων, έτσι ώστε να φανούν και οι διαφορές στις προσεγγίσεις τους.

3.1 1^η Δραστηριότητα

Διαδικαστικός προγραμματισμός

Στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με απλές έννοιες προγραμματισμού καθώς εξοικειώνονταν με το ψηφιακό εργαλείο και με τη σύνταξη της Logo, που διαφέρει σε κάποια σημεία από αυτή που γνώριζαν. Προκειμένου οι μαθητές να μπορέσουν να επεξεργαστούν το σχέδιο για τη διαμόρφωση κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα, θεωρήθηκε απαραίτητη η εξάσκησή τους σε τέτοιες βασικές έννοιες. Οι έννοιες με τις οποίες ήρθαν σε επαφή οι μαθητές ήταν αυτές του διαδικαστικού προγραμματισμού και της μεταβλητής.

Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να δημιουργήσουν ένα τετράγωνο το οποίο στη συνέχεια διαμόρφωσαν σε μια διαδικασία με ομώνυμο όνομα. Έπειτα ο εκπαιδευτικός τους παρείχε μια διαδικασία για το σχηματισμό τριγώνου. Έχοντας αυτές τις δύο διαδικασίες ζητήθηκε από τους μαθητές να φτιάξουν ένα σπίτι. Στόχος αυτού του μέρους της πρώτης δραστηριότητας ήταν οι μαθητές να εισαχθούν στη δόμηση σύνθετων διαδικασιών χρησιμοποιώντας άλλες απλούστερες που επιτελούν συγκεκριμένες διεργασίες, συνδέοντάς τις με λογικό τρόπο ώστε να δημιουργήσουν αυτό που τους ζητήθηκε. Στην περίπτωση αυτή οι υποδιαδικασίες μπορούν να ιδωθούν ως σχέδια (γνωστικά σχήματα κονσερβοποιημένων λύσεων) ενώ ο τρόπος σύνδεσής τους ως στόχος, με όρους της Stepwise refinement διδακτικής προσέγγισης του Soloway.

Ομάδα 1 K-Z	
Απόσπασμα 1 Φτιάχνουν το τρίγωνο χρησιμοποιώντας τις υποδιαδικασίες.	E: Τι πρέπει να κάνει η χελώνα για φτιάξει ένα σπίτι; Z K: Ένα τετράγωνο και ένα τρίγωνο! E: Για πάμε να αρχίσουμε να γράφουμε τη διαδικασία για το σπίτι. Z: Κάτω κάτω. K: Για κάτω (και πηγαίνει τον κέρσορα στο τέλος)... Enter (η Z το πατάει). Z: Για... σπίτι... K: Ωραία τι θέλουμε πρώτα να μας κάνει; Z: Ένα τετράγωνο. E: Ξέρει να κάνει τετράγωνο; K Z: Ναι. E: Του το έχουμε μάθει ήδη. Άρα θα του πούμε απλά τετράγωνο (η Z γράφει τετράγωνο χωρίς τόνο και στη συνέχεια διορθώνει και βάζει τόνο). Ωραία και μετά τι πρέπει να μας φτιάξει; Z K: Ένα τρίγωνο.
Απόσπασμα 2 Η δυσκολία των μαθητών να αποφασίσουν τη γωνία και η στρατηγική των τυχαίων αριθμών με τη λογική του μισού.	(Αφού οι μαθητές έχουν αποφασίσει πως το πουλί πρέπει να βρίσκεται στην πάνω αριστερή γωνία του τετραγώνου) K: ... τώρα πάμε μ 100 και τώρα πάμε τρίγωνο... Z: Μήπως πρέπει πρώτα να στρίψει λιγάκι (καθώς ο άλλος εκτελούσε); Ωωω. K: Όχιι. Z: Γι' αυτό πρέπει πρώτα να στρίψει λίγο γιατί αλλιώς βγαίνει έτσι. E: Κοίτα στο βγάζει έτσι. Z: Ναι πρέπει να το στρίψουμε πρώτα K: Καλά έλεγα! (αν και δε φαίνεται να έχει πει κάτι προφορικά) Z: Πρέπει να το στρίψουμε 45 μοίρες! Να είναι μισό. E: 45 για δεξ... είσαι σίγουρη όμως ότι είναι 45; Z: Να δοκιμάσουμε 45 και βλέπουμε. (ο K ενθουσιασμένος πως η λύση βρέθηκε καθαρίζει και ξαναφτιάχνει το τετράγωνο με το πουλί στην πάνω αριστερά γωνία) Z: Για πάτα τώρα το τρίγωνο. K: Νταααα (απογοητευμένα). Z: Ααα (απογοητευμένα)... ήταν πολύ στραβά. K: Αρα έπρεπε 50; Όχι. E: Παραέστριψε. Z: Όχι 50 είναι πιο πολύ. (Σβήνουν και επιστρέφουν στο ίδιο σημείο πάλι. Ο K φτιάχνει το τετράγωνο και προχωράει μ 100)

	K: Και τώρα να σβήσουμε το 45... E: Τώρα πρέπει ν σκεφτούμε πόσο πρέπει να το στρίψετε... K: 60. Z: Οχι 60 γιατί είναι περισσότερο από το 45 θα στρίψει πιο πολύ. E: 60 μοίρες είναι... Z: 30;;; όχι... E: Γιατί;;; Z: Γιατί είναι το 60 δια 2;... δε ξέρω να το αιτιολογήσω...
Απόσπασμα 3 Ο Κ βλέπει τη νέα διαδικασία ως ένα γνωστικό σχήμα για το σπίτι.	(Ο Ε στον πίνακα τους βοηθά να κατανοήσουν τη γωνία που πρέπει να έχει το πουλί πριν φτιάξει το τρίγωνο) E: 90... Είσαι εδώ και πρέπει ν στρίψεις έτσι... K: (πριν τελειώσει ο Ε) άρα 30;! E: Για να αφήσεις μέσα; Z: 60 E: Άρα; Z: 30! (δυνατά) K: δ 30 (η Z γράφει) και τώρα στρίβουμε (με αγωνία). Z: Και το τρίγωνο... K: Τρίγωνο (με αγωνία και εκτελεί) E K Z: ΝΑΙ! E: Για διορθώστε τώρα τη διαδικασία «για σπίτι»... Z: Τετράγωνο, μετά από κάτω... (ο Κ πάει τον κέρσορα) κάτω από το τετράγωνο. K: Enter (τοποθετεί τον κέρσορα δίπλα στη λέξη τετράγωνο). Z: Εεε μ 100 και μετά. Z K: δ 30. K: Σωστά. Και μετά τρίγωνο; Άρα αυτό είναι το σπίτι;

Οι μαθητές της πρώτης Ομάδας χρησιμοποίησαν τις διαδικασίες του τετραγώνου και του τριγώνου ως υποδιαδικασίες για τη δόμηση της διαδικασίας του σπιτιού. Από τα λεγόμενα των μαθητών στο Απόσπασμα 1 φαίνεται οι μαθητές να είναι πρόθυμοι να σχηματίσουν το σπίτι χρησιμοποιώντας τις διαδικασίες που ήδη έχουν στη διάθεσή τους, αφού αυτό που ουσιαστικά θέλουν είναι ένα τετράγωνο και ένα τρίγωνο από πάνω για σκεπή. Σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν τα δύο βασικά σχήματα για τα οποία έχουν ήδη διαμορφωμένα γνωστικά σχήματα, ώστε να δημιουργήσουν κάτι πιο σύνθετο. Τα χρησιμοποιούν, λοιπόν, βάζοντάς τα μέσα σε μια διαδικασία «για σπίτι». Ωστόσο, η πρώτη προσπάθεια είναι ανεπιτυχής καθώς δεν έχουν φροντίσει να τα συνδέσουν με στρατηγικά σωστό τρόπο. Παίρνοντας ανατροφοδότηση από το μικρόκοσμο οι μαθητές προσπαθούν να συνδέσουν τις

δύο υποδιαδικασίες με τρόπο που το τρίγωνο να εφάπτεται της άνω πλευράς του τετραγώνου. Όπως, όμως, φαίνεται από το Απόσπασμα 2, δεν προσπαθούν να καταστρώσουν μια στρατηγική για την αντιμετώπιση του προβλήματος, αλλά ακολουθούν μια πιο διαισθητική στρατηγική δοκιμής και λάθους. Η Ζ, αφού είναι ξεκάθαρο πως το πουλί πρέπει να έχει στρίψει πρώτα, προτείνει διαισθητικά στρίψιμο 45 μοιρών, επειδή είναι το μισό του 90. Και αυτή η προσπάθεια αποδεικνύεται λανθασμένη και έτσι διαισθητικά η μαθήτριά αποκλείει τιμές μεγαλύτερες του 45, αφού η ανατροφοδότηση έδειξε πως η στροφή 45 μοιρών, είναι μεγάλη. Έπειτα, η Ζ προτείνει στρίψιμο 30 μοιρών, που είναι όντως η σωστή λύση, αλλά δε το δικαιολογεί σωστά, καθώς πρόκειται για μια διαισθητική υπόθεση βασισμένη πάλι στον κανόνα του μισού, αυτή τη φορά του μισού της γωνίας του ισοσκελούς τριγώνου. Στο τέλος, ο Ε πρέπει να κατευθύνει τους μαθητές στη λύση του προβλήματος με τη χρήση χαρτιού και μολυβιού (Απόσπασμα 3).

Από τα παραπάνω φαίνεται να επιβεβαιώνεται ένα μέρος της βιβλιογραφίας για τους αρχάριους προγραμματιστές, σύμφωνα με το οποίο αυτοί μπορεί να κατέχουν γνωστικά σχήματα κώδικα που επιτελούν συγκεκριμένες διαδικασίες, αλλά αδυνατούν να διαμορφώσουν στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων γιατί δεν γνωρίζουν στρατηγικές σύνδεσής τους. Αυτός είναι και ο λόγος άλλωστε που η διδασκαλία προγραμματιστικών στρατηγικών θεωρείται τόσο σημαντική. Τέλος, ενδιαφέρον σημείο του τρίτου Σχήματος αποτελεί η τελευταία φράση του Κ: «Άρα αυτό είναι το σπίτι;». Με αυτή τη φράση, φαίνεται πως ο μαθητής αντιμετωπίζει τη διαδικασία για το σπίτι ως ένα σχέδιο, σαν να έχει διαμορφώσει μέσα του, δηλαδή, ένα νέο γνωστικό σχήμα κώδικα που επιτελεί την πολύ συγκεκριμένη λειτουργία του σχηματισμού ενός σπιτιού.

Ομάδα 2 Κ-Δ	
Απόσπασμα 4	<i>Ε: Πάμε τώρα να φτιάξουμε μια διαδικασία για σπίτι...</i>
Οι ΚΔ φτιάχνουν το σπίτι χρησιμοποιώντας τα σχήματα που έχουν φτιάξει ως υποδιαδικασίες	<i>Δ: Ωραία άρα βάζουμε... βασικά δε χρειάζεται το έχουμε ήδη αποθηκεύσει το τετράγωνο άρα πατάμε τετράγωνο (εκτελεί το τετράγωνο).</i>
	<i>Κ: Το έχουμε έτοιμο βασικά.</i>
	<i>Δ: Και τώρα να κάνουμε μ εδώ (δείχνει με το ποντίκι που θέλει να πάει το πουλί) να κάνουμε μ 100 για να βρεθεί εδώ και μετά να κάνουμε το τρίγωνο που θα πάει έτσι.</i>

που φτιάχνουν συγκεκριμένα πράγματα (π.χ. το τρίγωνο είναι σκεπή).	K: μ 100 και δ 30. Δ: Ναι... όχι θα κάνουμε μ 100 και μετά το τρίγωνο. K: Όχι δ 30 γιατί αν είναι έτσι το τρίγωνο... Δ: Κοίτα λίγο (εκτελεί μ 100) κοίτα θα πάει εδώ και μετά θα πάει το τρίγωνο από εδώ αφού μπροστά κινείται το πουλί. K: Ναι (αβέβαια) εεε φτιάξε το να το δεις (η Δ εκτελεί το τρίγωνο και δε βγαίνει σωστά). Δ: Ααα. K: Αν βάλεις δ 30 θα κουνηθεί το πουλί έτσι και μετά θα κάνει το τρίγωνο (η Δ καθαρίζει και ετοιμάζεται να εκτελέσει πάλι τις εντολές χωριστά). E: Θέλω διαδικασία! K: Για σπίτι (γράφει) και μετά... Δ: Τετράγωνο δείχνοντας το ήδη γραμμένο (ο K γράφει) μ 100. K: Από κάτω μ 100. Δ: δ 30 είπες; K: Ναι. Δ: Και τρίγωνο πρέπει να κάνουμε και τη σκεπή. K: Ωραία (γράφει τρίγωνο). Δ: Τέλος.
--	--

Σύμφωνα με τα λεγόμενα των μαθητών της δεύτερης ομάδας, όπως φαίνονται στο Απόσπασμα 4, οι μαθητές φαίνεται να έχουν διαμορφώσει γνωστικά σχήματα για τις δύο διαδικασίες τις οποίες χρησιμοποιούν αυτούσιες ως υποδιαδικασίες για το σχηματισμό του σπιτιού. Μάλιστα, η Δ αναφέρει στο τέλος πως πρέπει να σχηματίσουν και τη σκεπή, βλέποντας την υποδιαδικασία του τριγώνου ως μέρος του κώδικα του σπιτιού που σχεδιάζει κάτι πολύ συγκεκριμένο. Βέβαια, η ομάδα αυτή δε φαίνεται να αντιμετωπίσε πρόβλημα στη σύνδεση των δύο υποδιαδικασιών. Αρχικά επιχείρησαν να φτιάξουν το σπίτι με διαδοχικά βήματα, εκτός διαδικασίας, και αυτό φαίνεται να έπαιξε ρόλο στο να σκεφτούν, πως το να γράψουν απλά τη μία υποδιαδικασία κάτω από την άλλη δεν αρκεί, καθώς είδαν πως το πουλί σταματά σε λάθος γωνία όταν φτιάχνει το τετράγωνο. Επίσης, ο K δίνει τη λύση για τη στροφή που πρέπει να έχει κάνει το πουλί πριν φτιάξει το τρίγωνο σχετικά εύκολα, στοιχείο που δείχνει ότι ίσως και να ήταν εξοικειωμένος από πριν με το πρόβλημα.

Ομάδα 3 Φ-N	
Απόσπασμα 5	E: Τώρα φτιάξτε μου μια διαδικασία για σπίτι.
	K: (από την άλλη ομάδα) Αυτό είναι πολύ δύσκολο...
Φτιάχνουν το	E: Δεν είναι πολύ δύσκολο είναι πολύ εύκολο.

σπίτι χρησιμοποιώντας τα σχήματα ως υποδιαδικασίες.	N: Οκ (ετοιμάζεται). Φ: Πρώτα ένα τετράγωνο και από πάνω ένα τρίγωνο. N: Ναι... N: Enter... για σπίτι... E: Για σπίτι (ο N αρχίζει να γράφει). N: Να ρωτήσω αφού εδώ είναι το τρίγωνο έτσι και εμείς θέλουμε να το κάνουμε ίσιο θα κάνουμε δέλτα 120 πρώτα και μετά 50; E: Εσύ τι λες; N: Ναι; E: Εσύ πρέπει να πεις στον υπολογιστή τι να κάνει. N: Ναι! Για σπίτι... Φ: Λοιπόν επανάλαβε... όχι πρέπει πρώτα να κάνουμε το τετράγωνο. N: Όχι γιατί αν δεις, αν δεις το τετράγωνο έχει βγει έτσι. Φ: Πρώτα θα κάνουμε το τετράγωνο και θα κάνουμε μετά άλλη μια πλευρά έτσι και μετά... E: Γράψτε πρώτα, δείτε τι σας βγάζει και μετά αλλάξτε το. N: Μπράβο (συμφωνεί) για σπίτι... Μπορούμε να βάλουμε τετράγωνο; (ενώ ο Φ έχει αρχίσει να γράφει μ) E: Ναι κατευθείαν.
Απόσπασμα 6 Αντιμετώπιση του προβλήματος γραμμή-γραμμή και εμφάνιση της στρατηγικής του μισού.	(Μετά από μια αποτυχημένη προσπάθεια να βγει το τρίγωνο σωστά, οι μαθητές αποφασίζουν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα γραμμή-γραμμή, ξεκινώντας από τη γωνία που πρέπει να πάρει το πουλί για να τραβήξει την πρώτη γραμμή της σκεπής.) E: Το έχεις έτοιμο βρε το τρίγωνο. N: Ναι κύριε αλλά... Φ: Όχι κύριε αλλά... N: ... Το τρίγωνο μας βγαίνει έτσι. Φ: ... Θα κάνει πιο μπροστά μετά θα στρίψει. E: Καλά για φτιάξτε και θα δούμε. N: Λοιπόν επανάλαβε. Φ: Επανάλαβε (γράφει). N: 3 φορές. Φ: Τρία (γράφει). N: Βάλε αγκύλη (ο Φ βάζει) δ 120 πρώτα επειδή αλλιώς θα μας βγει αλλιώς (ο Φ γράφει). Φ: Και μ 50 και κλείνει η αγκύλη και από κάτω τέλος. N: Ναι. Φ: Για πάτα play. N: Όχι περίμενε. Φ: Αυτό είναι αυτό θα βγει (όσο ο N μαυρίζει και ορίζει και εκτελεί. Το σχήμα που βγαίνει μοιάζει με φάκελο) ΩΩΩ! N: Ωωω... Φ: Χοχο N: Κύριε το κάναμε λάθος.

	<i>E: Διορθώστε το προσπαθήστε να βρείτε τι πήγε λάθος.</i> <i>Φ: Λοιπόν αν βγει από δω πρέπει να στρίψει...</i> <i>N: Ααα! (σαν να σκέφτηκε κάτι καλό) περίμενε περίμενε! (σκέφτεται) δε 120.</i> <i>Φ: δε 60 ρε!</i> <i>N: Α ναι δε 60.</i> <i>Φ: Το 120 είναι έτσι θέλει δ 60 το μισό. Κύριε αν έχουμε κάνει λάθος πρέπει να το σβήσουμε;</i> <i>E: Κάνουμε αλλαγές μέσα στη διαδικασία ξαναμαυρίζουμε και ξαναορίζουμε.</i> <i>Φ: Α εντάξει πάντα σβήστρα.</i> <i>N: Είσαι σίγουρος; Δεν είμαι σίγουρος ρε.</i> <i>Φ: Ναι ρε γιατί αν κάνει 120 θα πάει έτσι (σβήνουν το 120 και γράφουν 60 ορίζουν και εκτελούν το σχήμα βγαίνει πάλι λάθος αλλά η σκεπή φαίνεται να ξεκινάει σωστά. Βέβαια δεν είναι τρίγωνο.) Όχι ρε! (σαν να ήταν κοντά στη λύση) Πώς γίνεται αυτό; Αφού στρίβει έτσι...</i> <i>N (παύση)... έστριψε πάρα πολύ δε θέλει δ 60.</i> <i>Φ: δ 50;</i> <i>N: δ 30;</i>
--	--

Στην περίπτωση, όμως, της τρίτης ομάδας, το πρόβλημα σύνδεσης των δύο υποδιαδικασιών λόγω έλλειψης στρατηγικής είναι πάλι εμφανές. Οι μαθητές και αυτής της ομάδας χρησιμοποιούν τις διαδικασίες των βασικών σχημάτων για το σχηματισμό του σπιτιού (Απόσπασμα 5). Ο Ν μάλιστα ρωτάει αν μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διαδικασία για το τετράγωνο που σχημάτισε αυτός και ο συμμαθητής του λίγο πριν. Επίσης, ο Ν έχοντας δει που σταματάει το πουλί στο σχηματισμό του τετραγώνου αλλά και τον προσανατολισμό του τριγώνου, αφού έτρεξε την αντίστοιχη διαδικασία, καταλαβαίνει πως πρέπει να κάνουν προσαρμογές στον κώδικα πριν εμφανίσουν το τρίγωνο ως σκεπή. Έτσι, αρχικά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, προτείνει να αλλάξουν το τρίγωνο και να βάλουν μέσα στις αγκύλες της εντολής «επανάλαβε», πρώτα τη στροφή και μετά το σχεδιασμό γραμμής, πιστεύοντας διαισθητικά πως αυτό θα κάνει το τρίγωνο να βγει με σωστό προσανατολισμό. Η υπόθεσή αυτή, βέβαια, δε δούλεψε και οι μαθητές κατέφυγαν στη στρατηγική λύση του να σχηματίσουν τη σκεπή βήμα βήμα, αφήνοντας την υποδιαδικασία του τριγώνου (Απόσπασμα 6). Κάτι τέτοιο συνάδει με τις περιπτώσεις που ακόμα και οι έμπειροι προγραμματιστές, όταν δεν έχουν ήδη διαμορφωμένα σχήματα (σχέδια) για συγκεκριμένες λειτουργίες, καταφεύγουν στη δόμηση κώδικα με αυτό τον τρόπο. Έτσι, λοιπόν, οι μαθητές

κατέφυγαν και αυτοί σε διαισθητικές υποθέσεις, αξιοποιώντας τον κανόνα του μισού και την ανατροφοδότηση που τους παρείχε ο μικρόκοσμος, δοκιμάζοντας πρώτα το μισό του 120, και μετά το μισό του μισού, που συμπτωματικά ήταν σωστό. Από αυτά φαίνεται το πώς η έλλειψη προγραμματιστικής στρατηγικής δυσκόλεψε τους μαθητές στο σχηματισμό του σπιτιού, και πολύ χειρότερα, τους οδήγησε σε μια λογική ανάπτυξης κώδικα που δεν έχει σωστές βάσεις.

Μεταβλητές

Στη συνέχεια της δραστηριότητας οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τη δεύτερη και βασικότερη προγραμματιστική έννοια που αξιοποιείται στο σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στο χώρο της χελωνόσφαιρας, την έννοια της μεταβλητής. Αν και η έννοια της μεταβλητής ήταν γνωστή στα παιδιά από τα μαθηματικά, είναι σημαντικό οι μαθητές να διαμορφώσουν σωστή άποψη για τη μεταβλητή στον προγραμματισμό καθώς, όπως αναφέρθηκε, η προγραμματιστική μεταβλητή διαφέρει από την αλγεβρική. Στόχος αυτού του μέρους της δραστηριότητας ήταν αφενός οι μαθητές να εξοικειωθούν με τη σύνταξη της μεταβλητής στη Logo της χελωνόσφαιρας, αλλά και αφετέρου να αντιληφθούν τη βασική λειτουργία της μεταβλητής στον προγραμματισμό. Να αντιληφθούν, δηλαδή, τη μεταβλητή στον κώδικά τους ως ένα χώρο αποθήκευσης μιας τιμής που ορίζουν οι ίδιοι και η οποία παραμένει αμετάβλητη μέχρι οι ίδιοι να την αλλάξουν.

Ομάδα 1 K-Z	
Απόσπασμα 7	<i>E: (στο μπροστά σταματά και λέει) Θέλω να έχει οποιοδήποτε μέγεθος η πλευρά, άρα...</i>
Η Ζωή εξηγεί ότι κάθε φορά μπορείς να αλλάξεις τη μεταβλητή.	<i>K: Βάζουμε το χ;</i>
	<i>E: Το χ. δε βάζω 100, βάζω το χ και θα αλλάζω το χ και θα μου βγάζει διάφορα μεγέθη σωστά;</i>
	<i>Z: Μμμ!</i>
	<i>E: Το δ όμως πόσο πρέπει να είναι;</i>
	<i>K: 90.</i>
	<i>E: 90 γιατί αν οι γωνίες του δεν είναι 90 μοίρες αυτό δε πρόκειται ποτέ να είναι τετράγωνο (και φτιάχνει δύο τετράγωνα με διαφορετικού μήκους πλευρά).</i>
	<i>K: Α! δηλαδή με το χ κάθε φορά που το αλλάξεις αλλάζει η γραμμή;</i>
	<i>E: Ναι.</i>
	<i>Z: Να γράψεις για παράδειγμα τώρα χ μετά μπορεί να το κάνει 10 μετά. 20...</i>

Ομάδα 2 Κ-Δ	
Απόσπασμα 8 Κατανόηση της μεταβλητής σε σχέση με το notional machine για τον υπολογιστή.	(έπειτα ο Ε ρωτάει τη Δ τι είναι μεταβλητή και τη ρωτάει η τιμή ποιας εντολής πρέπει να αλλάζει για να αλλάξει μέγεθος το σπίτι. Αυτή απαντά στο μ και έπειτα της δείχνει τη σύνταξη.) Δ: Ναι αλλά όταν έχεις βάλει χ και μετά θες να εκτελέσεις τη διαδικασία δε πρέπει να σε ρωτήσει τι τιμή θέλεις να έχει το χ; (αντιλαμβάνεται μόνη της ότι πρέπει να δίνεις τιμή) Ε: Μπράβο. Μετά όταν είναι να γράψεις τετράγωνο για να σου φτιάξει το τετράγωνο γράφεις τετράγωνο και βάζεις και τον αριθμό που θέλεις. Δ: Με άνω κάτω τελεία;
Ομάδα 3 Φ-Ν	
Απόσπασμα 9 Ο Ν εξηγεί ότι η μεταβλητή από τη στιγμή που είναι ίδια θα έχει πάντα την ίδια τιμή. Ο Φ λέει ότι απλά σβήνουμε αυτό σαν να αδειάζει το κουτί και να βάζει κάτι άλλο μέσα.	(Οι μαθητές είχαν σχηματίσει τη διαδικασία για το τετράγωνο γράφοντας διαδοχικά τις εντολές μ και δ.) Ε: Φτιάξε τώρα το τετράγωνο αλλά πρέπει να δώσουμε και έναν αριθμό εκεί πέρα. Ν: 50. Ε: Κενό 50. Φ: 50... Ε: Play πάτα τώρα. Φ: Play; Αφού αυτό ήταν χ. Ν: Ακριβώς εδώ τώρα θα πηγαίνει συνέχεια 50 50 50. Φ: Ααα σωστά (κατάλαβε και εκτελεί). Ε: Φτιάξε μου τώρα ένα τετράγωνο 100. Φ: Άρα απλά σβήνουμε αυτό (φτιάχνουν τετράγωνο 100). Ε: Και τώρα θέλω Ν να κάνεις κλικ πάνω στο σχήμα (κάνει κλικ και εμφανίζεται ο ολισθητής) πάτα τον και σύρε τον. Ν: Α ναι. Ε: Τι κάνει αυτός ο ολισθητής; Φ Ν: Αλλάζει τη μεταβλητή.

Σε αυτό το μέρος της δραστηριότητας ζητήθηκε από τους μαθητές να κάνουν το σπίτι που φτιάξανε προηγουμένως να μπορεί να αλλάζει μέγεθος. Από τα λεγόμενα των μαθητών φαίνεται να κατανοούν το πώς λειτουργεί η μεταβλητή μέσα στη διαδικασία στη θέση της τιμής για την εντολή «μ» (μπροστά). Η Ζ στο Απόσπασμα 7 εξηγεί στον Κ το πώς είναι δυνατό αλλάζοντας τη μεταβλητή να εμφανίζεις κάθε φορά πλευρά στο σχήμα με τιμές 10, 20 και ούτω καθεξής. Στο λόγο της Ζ ιδιαίτερη αξία λαμβάνει η λέξη «μετά» που δείχνει πως η ίδια μεταβλητή μπορεί να πάρει διαφορετικές τιμές, αλλά μόνο μία κάθε φορά. Κατά παρόμοιο τρόπο η Δ φαίνεται να κατανοεί πως μια μεταβλητή πρέπει να έχει μια συγκεκριμένη τιμή όταν είναι να εκτελεστεί η διαδικασία, την

οποία πρέπει να ορίσει ο χειριστής (Απόσπασμα 8). Χαρακτηριστικά αναφέρει πως ο υπολογιστής «πρέπει να σε ρωτήσει» τι τιμή θέλεις να έχει το χ , δείχνοντας να έχει διαμορφώσει μια σωστή εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο υπολογιστής (notional machine), ο οποίος δε μπορεί να λάβει πρωτοβουλίες, αλλά πρέπει να καθοδηγηθεί πλήρως από τον χρήστη ως προς το τι να κάνει. Τέλος, ο N στο Απόσπασμα 9, εξηγεί στο Φ πως η μεταβλητή παίρνει την ίδια τιμή, που έχουν οι ίδιοι ορίσει, σε όλα τα σημεία που αυτή εμφανίζεται. Φαίνεται πως οι N και Φ κατανοούν πως η τιμή της μεταβλητής παραμένει σταθερή σε όλο τον κώδικα μέχρι να την αλλάξουν. Μάλιστα η φράση «απλά σβήνουμε αυτό» δείχνει πως ο Φ θεωρεί ιδιαίτερα χρήσιμη τη μεταβλητή καθώς τον γλιτώνει από τον κόπο να γράψει 4 φορές το 100 μέσα στη διαδικασία του τετραγώνου, στη θέση της τιμής της εντολής για την πλευρά.

3.2 2^η Δραστηριότητα

Σύμφωνα με τα στάδια για την εργαλειακή γένεση που προτείνει ο Trouche, αρχικά ο χρήστης διερευνά τις λειτουργίες του τεχνουργήματος και το προσωποποιεί προτού προχωρήσει σε αλλαγές. Επειδή στόχος του διδακτικού σχεδιασμού αυτού είναι η εργαλειοποίηση του σχεδίου για τα κινούμενα σχήματα στη χελωνόσφαιρα, κρίνεται σκόπιμη η επεξεργασία μιας πιο απλής, βασικής μορφής του σχεδίου από τους μαθητές, με στόχο να αναπτύξουν κυρίως σχήματα χρήσης του, μέσα από τη διερεύνηση των λειτουργιών του, έτσι ώστε σε επόμενο χρόνο να μπορέσουν να προχωρήσουν σε εργαλειοποίηση του εργαλείου με τη δημιουργία αλλαγών στο βασικό κώδικα του σχεδίου. Σε αυτή τη βασική μορφή της στρατηγικής αξιοποιούνται οι βασικές προγραμματιστικές έννοιες με τις οποίες οι μαθητές ήρθαν σε επαφή κατά την προηγούμενη δραστηριότητα. Ως τεχνούργημα δόθηκε στους μαθητές ο κώδικας ενός μικρόκοσμου, όπου οι ίδιοι καλούνται να τοποθετήσουν σχήματα στον άξονα συμμετρίας τους, κινώντας τα στο χώρο της χελωνόσφαιρας με τον ολισθητή της μεταβλητής της υποδιαδικασίας «κίνηση» που αυτά περιέχουν. Για την αξιολόγηση του αν αναπτύχθηκαν σχήματα χρήσης του τεχνουργήματος θα γίνει προσπάθεια παράθεσης κρίσιμων συμβάντων κατά τα οποία οι μαθητές περιγράφουν το πώς λειτουργεί ο κώδικας του τεχνουργήματος αυτού.

Ομάδα 1 Κ-Ζ	
Απόσπασμα 10 Ο Κ εντοπίζει αυτό για το οποίο δεν έχει γνωστικό σχήμα και στρέφει την προσοχή του εκεί. Βέβαια και το όνομα της υποδιαδικασίας δηλώνει αυτό που κάνει. Έπειτα την εξηγούν.	<i>E: Πάμε να δούμε τον κώδικα; Και να μου εξηγήσετε τώρα με λόγια γιατί κινείται το τετράγωνο; Τι κάνει ο υπολογιστής και κινείται; (Οι μαθητές κοιτούν τη διαδικασία και ο Κ αρχίζει να διαβάζει τον κώδικα δυνατά κάνοντας όμως απλή ανάγνωση).</i> <i>K: Κίνηση... α είναι η κίνηση;</i> <i>E: Τι σημαίνει αυτό; Πάμε να δούμε τη διαδικασία; (πηγαίνουν στη διαδικασία της κίνησης)</i> <i>Z: Επειδή... κοίτα! Επειδή πρώτα στυλό πάνω, κάνει τα βήματα αλλά δεν αφήνει (χρώμα) και μετά όταν βάζει το στυλό κάτω και αρχίζει να γράφει κάνει... (σταματά τη φαινομενικά σωστή σκέψη της) όχι;</i> <i>E: δε χρειάζεται... δεν είναι τόσο δύσκολο διαβάστε τον κώδικα. Πάρτε τις εντολές μία μία, ο υπολογιστής κάνει αυτά που του λέμε βήμα βήμα.</i> <i>Z: Ωραία... στυλό κάτω...</i> <i>E: Κ διάβασε τις εντολές.</i> <i>K: Στυλό πάνω.</i> <i>E: Αρα πρώτα τι κάνει;</i> <i>Z: Δε γράφει!</i> <i>K: Οκ...</i> <i>E: Μετά τι κάνει;</i> <i>Z: Πηγαίνει κάποια βήματα ξέρω γω.</i> <i>E: μ :α και μετά...</i> <i>K: Και μετά στυλό κάτω, δηλαδή το ξανά... AAA!</i>
Ομάδα 2 Κ-Δ	
Απόσπασμα 11 Και η δεύτερη ομάδα εξηγεί τη λειτουργία της υποδιαδικασίας.	<i>E: Μπράβο, τώρα Δ θέλω να μου πεις πώς γίνεται και κινείται το σχήμα; (η Δ δεν απαντάει) προφανώς έχει να κάνει με τη διαδικασία σωστά;</i> <i>Δ: Επειδή έχουμε βάλει έναν άξονα κινείται σε σχέση με αυτόν;</i> <i>E: Τι είναι αυτό που κάνει το σχήμα να κινείται θέλω να μου πείτε τώρα... Θέλω να πάτε στις διαδικασίες για τα σχήματα να τις διαβάσουμε λίγο για να τις καταλάβουμε λίγο. (ο Κ πάει πάνω και αρχίζει την ανάγνωση)</i> <i>K: Κίνηση...</i> <i>Δ: Η κίνηση;</i> <i>E: Για διαβάστε της εντολές αυτής της διαδικασίας να δούμε.</i> <i>K: Στυλό πάνω, μ α, στυλό κάτω. (σιωπή για λίγο... ακούν τα παιδιά της άλλης ομάδας να εξηγούν το στυλό πάνω στυλό κάτω)</i> <i>E: Αν θα γράψει ή δε θα γράψει σωστά;</i> <i>Δ: Ναι... άρα το... (έχοντας το ποντίκι πάνω στο μ :α)... το μ :α</i> <i>E: Άρα τι κάνει ουσιαστικά το μ :α;</i> <i>Δ: Κινείται.</i> <i>E: Ναι τι φτιάχνει το μ :α;</i> <i>Δ: Έναν άξονα! (η Δ συνεχίζει να ακούει την άλλη ομάδα που μιλούν για μεταβλητή και ότι κινείται παντού)</i> <i>E: Πρώτα τι κάνει; πάμε με τη σειρά...</i> <i>N: Πρώτα στυλό πάνω δηλαδή δε γράφει (ακούγεται από την</i>

	άλλη ομάδα). Δ: Δηλαδή δε γράφει (λέει ταυτόχρονα) οπότε κάνει μια κίνηση που δε μας τη δείχνει, και μετά γράφει. Ε: Πάει μπροστά, δηλαδή είναι σαν να τραβάει μια γραμμή αλλά δε γράφει... Δ: Και εμείς μπορούμε να ρυθμίζουμε πόσο μεγάλη είναι! Ε: Και εμείς ρυθμίζουμε από τη μεταβλητή πόσο μεγάλη ή μικρή είναι και επειδή δε γράφει φαίνεται σαν να; Δ: Σαν να κινείται.
Ομάδα 3 Φ-N	
Απόσπασμα 12 Και εδώ οι μαθητές επικεντρώνονται σε αυτό για το οποίο δεν έχουν γνωστικό σχήμα. Έπειτα το εξηγούν. Ο Φ εκφράζει την κατανόηση του για τη μεταβλητή, πως δηλαδή πρέπει να έχει μια τιμή. Προφανώς και σε σχέση με το notional machine του για τον υπολογιστή.	Ε: Θέλω να πάτε στις διαδικασίες για τα σχήματα, να τις διαβάσετε λίγο και να μου πείτε τι είναι αυτό που κινεί το τετράγωνο ας πούμε που κάναμε πριν. N: Ναι (πηγαίνουν στη διαδικασία) η κίνηση; Ε: Αυτό κάνει το τετράγωνο να κινείται; Για ελέγξτε την υποδιαδικασία. Φ: Το στυλό πάνω και το στυλό κάτω είναι αν θα γράψει ή δε θα γράψει. Ε: Μπράβο άρα τι είναι αυτό που κάνει το σχήμα να κινείται; N: Η μεταβλητή; (και ύστερα ακούει τι λέει και η άλλη ομάδα για το μ :α) Ε: Εξήγησέ μου... (στο N) N: Ανάλογα με το ποια τιμή έχει η μεταβλητή σε αυτή τη θέση είναι, αφού η μεταβλητή είναι αόριστη κινείται παντού. Ε: Ωραία τι κάνει όμως; Πάμε με τη σειρά... N: Πρώτα είναι μακριά απ' τον άξονα. Ε: Άσε τον άξονα. N: Α στυλό πάνω. Ε: Δηλαδή τι κάνει; Φ: Δε γράφει. N: Δε γράφει. Ε: Και μετά όμως τι κάνει; Φ: Κάνει μια κίνηση. Ε: Πηγαίνει μπροστά! Κάνει μια κίνηση ε; N: Ναι αλλά ουσιαστικά δε γράφει. Ε: Δηλαδή είναι σαν να τραβάει γραμμή αλλά; N: Δεν υπάρχει (από την άλλη ομάδα εξηγούν σωστά και οι N Φ ακούνε). Ε: ...Και εμείς ρυθμίζουμε πόσο μεγάλη ή μικρή είναι η γραμμή και επειδή δεν υπάρχει φαίνεται σαν να; N: Πετάει!

Αρχικά, λοιπόν, οι μαθητές τοποθέτησαν τα σχήματα πάνω στον άξονα ώστε αυτός να γίνει άξονας συμμετρίας τους με τη χρήση του ολισθητή της μεταβλητής της κίνησης. Έπειτα ο Ε τους ζήτησε να εξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο τα σχήματα αυτά κινούνται στο χώρο της χελωνόσφαιρας. Από τα

λεγόμενα των μαθητών της πρώτης ομάδας (Απόσπασμα 10), φαίνεται πως όταν εξετάζουν τον κώδικα ενός από τα σχήματα, ο Κ επικεντρώνεται στο μέρος του κώδικα για το οποίο δεν έχει διαμορφωμένο σχήμα από πριν. Γνωρίζοντας την εντολή σχηματισμού του σχήματος, υποθέτει πως αυτό που δεν έχει ξαναδεί είναι και αυτό που προκαλεί την κίνηση. Βέβαια, προφανώς το όνομα της υποδιαδικασίας υποδηλώνει και τη λειτουργία της, οπότε είναι και αυτός ένας παράγοντας που τον προδιαθέτει. Στη συνέχεια, όταν εξετάζουν τον κώδικα της διαδικασίας «κίνηση», η Ζ φαίνεται να αντιλαμβάνεται μόνη της τον τρόπο με τον οποίο η διαδικασία λειτουργεί, παρ' όλο που αμφιβάλλει. Με την υποστήριξη του Ε και την παρότρυνση του να διαβάσουν τον κώδικα πάλι εξηγώντας γραμμή γραμμή φαίνεται να επιβεβαιώνει την αρχική της σκέψη.

Κατά παρόμοιο τρόπο, οι άλλες δύο ομάδες περιγράφουν το πώς κινούνται τα σχήματα στο χώρο της χελωνόσφαιρας. Από τους διαλόγους στα Αποσπάσματα 11 και 12, φαίνεται πως και οι δύο ομάδες ακολουθούσαν μια κοινή πορεία σκέψης. Λεγόμενα της μία ομάδας συμπλήρωναν και επέκτειναν τη σκέψη της άλλης οδηγώντας τις σε ένα κοινό συμπέρασμα. Έτσι, λοιπόν, αρχικά και οι δύο ομάδες επικεντρώθηκαν στη διαδικασία της κίνησης ως αυτού που προκαλεί την κίνηση των σχημάτων. Έπειτα, αφού ο Ν εξήγησε τη λειτουργία των εντολών «στυλοπανω» και «στυλοκατω», η Δ περιέγραψε το πώς αυτές οι εντολές επηρεάζουν τον «άξονα» (δική της λέξη) που σχεδιάζει το πουλί με την εντολή «μ :α», λέγοντας πως τραβάει μια αόρατη γραμμή που δε φαίνεται και το μέγεθος της οποίας ορίζουν οι ίδιοι μέσω του ολισθητή.

3.3 3^η Δραστηριότητα – Τάνγκραμ Puzzle

Αφού οι μαθητές φάνηκε να έχουν δημιουργήσει κάποια σχήματα χρήσης για το σχέδιο στη βασική του μορφή, στην επόμενη δραστηριότητα προχώρησαν στην επεξεργασία του κυρίως σχεδίου. Το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα δόθηκε στους μαθητές ημιτελές ως μια μισοψημένη διαδικασία του κώδικα ενός νέου μικρόκοσμου. Στο μικρόκοσμο αυτό ανατέθηκε στους μαθητές να φτιάξουν τη συμμετρική σιλουέτα ενός κύκνου χρησιμοποιώντας τα κομμάτια ενός puzzle τάνγκραμ. Το σχέδιο δόθηκε ημιτελές στους μαθητές προκειμένου οι ίδιοι να αισθανθούν την ανάγκη να το αλλάξουν. Στόχος του σχεδιαστή είναι μετά την πρώτη εργαλειοποίηση (instrumentation)

του τεχνουργήματος και την ανάπτυξη σχημάτων χρήσης για αυτό, οι μαθητές να προχωρήσουν σε εργαλειοποίηση του εργαλείου (instrumentalization) τελειοποιώντας το οι ίδιοι, και διαμορφώνοντας έτσι, ισχυρότερα σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης μέσα από την επίλυση του puzzle, για μια βαθύτερη εργαλειακή γένεση.

Οι μαθητές των ομάδων αρχικά σχημάτισαν τη συμμετρική σιλουέτα του κύκνου με τα κομμάτια του τάνγκραμ στο θρανίο και έπειτα άρχισαν να προσπαθούν να το φτιάξουν και στον υπολογιστή. Όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή της δραστηριότητας, ο κώδικας για το κάθε τάνγκραμ περιείχε μια διαδικασία με όνομα «κίνηση» η οποία επέτρεπε την κίνηση του τάνγκραμ σε ευθεία γραμμή και κυκλικά προκειμένου να μπορεί να αλλάξει κατεύθυνση. Ωστόσο, το τάνγκραμ δε μπορούσε να περιστραφεί γύρω από τον εαυτό του, κάτι που οι ίδιοι οι μαθητές έπρεπε να συμπληρώσουν έτσι ώστε να τελειοποιήσουν τον κώδικα της στρατηγικής. Προκειμένου να γίνει αυτό όμως, οι μαθητές έπρεπε πρώτα να συνειδητοποιήσουν τους περιορισμούς που τους επέβαλε ο ημιτελής κώδικας, και έπειτα αφού αναγνώριζαν την ανάγκη προσθήκης μιας νέας εντολής για στρίψιμο, να αποφασίσουν το πού θα έπρεπε να προστεθεί η εντολή αυτή έτσι ώστε να λειτουργεί με τον τρόπο που τους εξυπηρετούσε. Μέσα από αυτό τον τρόπο επεξεργασίας του σχεδίου ο ερευνητής ευελπιστούσε πως οι μαθητές θα ανέπτυσαν πιο ισχυρά σχήματα χρήσης αλλά και εργαλειοποιημένης δράσης, δηλαδή σχήματα που αφορούν το πώς λειτουργεί ο κώδικας, αλλά και το πώς αξιοποιούνται οι λειτουργικότητες του κώδικα της στρατηγικής ώστε να κινηθεί ένα σχήμα αποτελεσματικά (σε οποιαδήποτε θέση και με οποιονδήποτε προσανατολισμό) στο χώρο της χελωνόσφαιρας.

Ομάδα 1 K-Z	
Απόσπασμα 13	<i>K: Κάτσε... έτσι έπρεπε να...; Εεε (εξακολουθεί να στρίβει το τάνγκραμ) πως έπρεπε...; Εεε (προσπαθεί να φέρει το τάνγκραμ ώστε να φαίνεται όπως θα είναι τελικά τοποθετημένο στην περιοχή που θα σχηματίζεται το συμμετρικό) ααα! έτσι κάτσε περίμενε και σχεδόν το φέρνει να φαίνεται σωστά, όμως σε λάθος περιοχή του μικρόκοσμου).</i>
Μετά από πολλές δοκιμές με τους ολισθητές οι μαθητές οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι	<i>E: Πάμε να εξετάσουμε τον κώδικα; (ο K συνεχίζει) K: Α να! Έτσι έτσι! Το 'κανα. Να! έτσι; (και κουνά τον χ για να το μετακινήσει μπρος πίσω στο χώρο με σκοπό να το φέρει</i>

αυτοί οι δύο δε τους κάνουν αυτό που θέλουν και ότι χρειάζονται έναν τρίτο ολισθητή, μια τρίτη μεταβλητή. Η Z εντοπίζει το πρόβλημα και ο K δίνει τη λύση.	στη δεξιά πλευρά του άξονα.) όχι... (το σχήμα φτάνει μέχρι τον άξονα αλλά δεν τον ξεπερνά με τιμή $x=0$. Έπειτα κάνει κλικ στο κουτί για να αλλάξει πάλι την ανώτερη τιμή.) Z: Όχι! Από εδώ πρέπει να το αλλάξεις! (Δείχνοντας το κουτί της κατώτερης) K: Εδώ (κάνει κλικ στο κουτί) εδώ μηδέν κόμμα; Όχι... E: Ποιοι αριθμοί είναι πίσω από το μηδέν; Z K: Μείον... K: Μείον 100... (κυλά τον ολισθητή :x και το σχήμα έρχεται στη δεξιά πλευρά του άξονα) Z: Ναι ναι ναι ναι και τώρα πρέπει να το πάμε πάνω... E: Πώς θα το πας τώρα πάνω; K: Εεε (πάει να κουνήσει το :x αλλά σταματάει). Α! (πάει να κουνήσει το :ω σταματάει πάλι) όχι από αυτό; Χρειαζόμαστε και τρίτο; E: Α μπράβο!
Απόσπασμα 14 Εδώ η Z εξηγεί πού πρέπει να προστεθεί η νέα εντολή για το στρίψιμο που χρειάζονται.	(Αφού έχουν εξετάσει μια φορά τη διαδικασία οι μαθητές, ο E συνοψίζει με στόχο να αποφασιστεί πού πρέπει να μπει η νέα εντολή για στρίψιμο) E: Άρα έχουμε και λέμε... Πρώτα τι κάνει όταν είναι να φτιάξει το τάνγκραμ; K: Κάνει την κίνηση... E: Δηλαδή παίρνει τη θέση στο χώρο πριν το φτιάξει. Ωραία; Z: Ναι. E: Μετά τι κάνει; Αλλάζει χρώμα, φτιάχνει... Z: Ένα μικρό ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο. E: ... Το σχηματάκι που θέλουμε και τα υπόλοιπα εντάξει. Εμείς τι είπαμε ότι χρειαζόμαστε τώρα; Οκ μπορώ να το φέρω εγώ κάπου εδώ στη σωστή τη θέση, αλλά τι άλλο χρειάζεται το σχήμα; Z: Να γυρίζει. E: Αρά πώς θα το κάνω αυτό να γυρίζει; Z: 90 μοίρες; E: Εσύ μπορεί να χρειαστεί να το γυρίσεις σε οποιαδήποτε γωνία. Δε θες να μπορείς να το γυρίσεις σε οποιαδήποτε γωνία; K: Α χ! Z: χ! E: χ. Z: Ναι... E: Πού όμως θα πρέπει να το βάλω αυτό; Z: Στο τέλος (εννοεί των κινήσεων). E: Στο τέλος... (ο E επαναλαμβάνει). Z: Πριν φτιάξει το ορθογώνιο. E: Πριν φτιάξει το ορθογώνιο τρίγωνο τι πρέπει να του πω; Στρίψε και λίγο. E; K Z: Ναι. E: Άρα στην κίνηση πρώτα το πουλί τι κάνει; K: Στρίβει.

	<i>E: Μετά πάει μπροστά. Και μετά πριν φτιάξει το σχήμα τι πρέπει να κάνει πάλι;</i> <i>K: Να στρίψει.</i> <i>E: Να στρίβει. Πού θα το γράψουμε αυτό; Πού θα βάλουμε την εντολή για να στρίβει το πουλάκι;</i> <i>Z: ... Εδώ πέρα μετά το :ω;</i> <i>(Έπειτα εμφανίζουν το σχήμα και τους τρεις πλέον άξονες και το τοποθετούν με διαδοχικές δοκιμές στη σωστή θέση. Κάνουν το ίδιο και για το παραλληλόγραμμο τάνγκραμ με κίτρινο χρώμα χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία.)</i>
--	--

Οι μαθητές της πρώτης ομάδας, αφού εμφάνισαν το μωβ τάνγκραμ, που αντιστοιχούσε στη μύτη του κύκνου, προσπάθησαν για αρκετή ώρα με διαδοχικές αλλαγές στους ολισθητές να το φέρουν στη σωστή θέση στο χώρο. Ωστόσο όταν το έφερναν στο ύψος που το ήθελαν το τάνγκραμ δεν είχε σωστό προσανατολισμό, ενώ όταν είχε σωστό προσανατολισμό, δε μπορούσαν να το φέρουν στο σωστό ύψος στο χώρο, όπως φαίνεται στο Απόσπασμα 13. Αφού οι μαθητές δοκίμασαν ακόμα και τη χρήση αρνητικών αριθμών στον ολισθητή :χ χωρίς αποτέλεσμα, ο K φαντάζεται πως χρειάζεται και έναν τρίτο ολισθητή προκειμένου να καταφέρει αυτό που δεν του επιτρέπουν οι δύο. Όπως φαίνεται από το Απόσπασμα 14 οι μαθητές αναγνωρίζουν πως έχουν την ανάγκη να στρίβει το σχήμα επιτόπου, καθώς με τους άλλους δύο ολισθητές μπορούσαν να το φέρουν περίπου στη θέση που θέλουν αλλά όχι με σωστό προσανατολισμό. Έπειτα, η Z φαίνεται να κατανοεί με λογικό τρόπο που προκύπτει από την εμπειρία της με τους δύο ολισθητές πως η νέα εντολή πρέπει να τοποθετηθεί «στο τέλος» της διαδικασίας «κίνηση», μετά τις εντολές που φέρνουν το σχήμα στο επιθυμητό ύψος στο χώρο. Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του σχεδίου (σχήματα χρήσης) φαίνεται να οδήγησε στην ανάπτυξη σωστών σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης για το σχέδιο, καθώς οι μαθητές στη συνέχεια τοποθέτησαν τα σχήματα στη σωστή θέση με ευκολία, πρώτα φέρνοντάς τα στη σωστή θέση στο χώρο και ύστερα διορθώνοντας τον προσανατολισμό τους.

Ομάδα 2 Κ-Δ	
Απόσπασμα 15	<i>(Οι μαθητές περιστρέφουν το τάνγκραμ και το φέρνουν στον προσανατολισμό που πρέπει να έχει, όμως όχι στη σωστή θέση στο χώρο)</i>
Η Δ διαμορφώνει	

σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης του ημιτελούς τεχνουργήματος. Εξηγεί πώς συμπεριφέρονται οι άξονες.	Δ: Κύριε το κάναμε! (η Δ επανέφερε το τάνγκραμ όπως το θέλει και περιμένουν τον Ε να έρθει) Ε: Πώς το πήγατε από εκεί; Δ: Ήταν από εδώ (κοίταζε δεξιά) και μετά πήγαμε εδώ και κάναμε αυτό μεγαλύτερο (τον :ω) και τον μετακινήσαμε και ήρθε απ' την άλλη. Ε: Πρέπει όμως να το πας εκεί πάνω. Δ: Πριν όταν αυτό ήταν μηδέν και κινούσαμε αυτό (τον :χ) πήγαινε προς τα πάνω. Τώρα που αλλάξαμε αυτό (τον :ω) πηγαίνει προς τα εκεί... Ε: Γιατί πηγαίνει προς τα εκεί; Δ: Γιατί αλλάξαμε αυτό. Πήγαμε αυτό έτσι (τον :ω) για να αλλάξει κατεύθυνση και τώρα θα πάει πάνω (και το πηγαίνει πάνω). Κ: Α πήγε πάνω... Δ: Ναι επειδή αλλάξαμε την πλευρά. Επειδή το φέραμε ίσα πάει πάνω από εδώ...
Απόσπασμα 16 Η Δ και ο Κ βρίσκονται αντιμέτωποι με το αδιέξοδο που τους φέρνει ο μισοψημένος μικρόκοσμος και αναγνωρίζουν ότι υπάρχει πρόβλημα. Ο Κ προτείνει τη λύση.	Δ: Κάθε... Ααα Κύριε πρέπει να κάνουμε το ίδιο με τον κύκνο; Α τότε πρέπει να το κάνουμε να είναι και τα δύο στο 100 αλλά να μην αλλάζει η τοποθεσία του... κύριε δε μπορώ... (συνεχίζει να πειράζει τους ολισθητές χωρίς να γίνεται τίποτα καινούριο) Κύριε πρέπει να αλλάξουμε τις συντεταγμένες; (δεν παίρνει απάντηση γιατί ο Ε μιλάει με την άλλη ομάδα. Συνεχίζουν να προσπαθούν να το κάνουν να πάει πάνω από τους ολισθητές και το κουνούν μπρος πίσω και το κάνουν κύκλους χωρίς αποτέλεσμα.) Κ: Δεν πάει πάνω... Δ: Να κάνουμε αυτό που κάναμε και πριν; Άμα το κάνουμε 0... Κ: Ναι αλλά δε μπορεί να πάει δεξιά (η Δ κουνάει τον χ) βλέπεις μένει εκεί.... Δ: Άμα τα κάνουμε και τα δύο 100. Κ: Πήγαινε το πάνω και μετά στρίψε το! Ναι αλλά εκεί δεν κάνει όλο τον κύκλο. Δ: Δε πειράζει θα το κάνουμε μεγάλο για να μπορεί να τον κάνει όλο τον κύκλο. Ωραία να το πάμε πάνω... ναι τώρα έχουμε αυτό το πρόβλημα. Κ: Εγώ λέω να βάλουμε και τα άλλα τάνγκραμ και μετά να δούμε πώς θα τα γυρίσουμε. Δ: Όχι όχι μετά δε θα μπορούμε να το κάνουμε όλο... εγώ λέω να κάνουμε αυτό εδώ πρώτα. Να κάνουμε αυτό 500 ας πούμε και να στρίψει όλο (γυρνάει πάλι το τάνγκραμ έναν κύκλο αλλά τίποτα. Τελικά το σταματάει πάλι να κοιτάει αριστερά) Κοίτα αν το αφήσουμε εδώ θα είναι αντίθετα από τον κύκνο αλλά δε θα είναι συμμετρικά, δε θα τους χωρίζει ο άξονας συμμετρίας... Κ: Ναι...

	Δ: Κύριε πρέπει να είναι ανάμεσα από τον άξονα συμμετρίας έτσι; Ε: Ναι που πρέπει να είναι; Δε πρέπει να είναι κάπου εδώ; (ο Ε πάει το σχήμα στο σωστό ύψος) Δ: Ε ναι αλλά έτσι είναι ανάποδα (εκνευρισμένη). Ε: Πώς θα το κάνεις να γυρίζει; Ξέρεις να το κάνεις... Κ: Γυρίζει μόνο εδώ (στην αρχή των αξόνων). Εδώ μόνο μπορεί να κάνει το μικρό κύκλο και μετά δε μπορεί να ανεβεί πάνω Ε: Μπράβο. Πώς θα το κάνεις να μπορεί να γυρίζει το σχήμα; Κ: Πρέπει να βάλουμε κι άλλο τέτοιο;
Απόσπασμα 17 Εξηγώντας τον κώδικα σταδιακά καταλαβαίνουν που πρέπει να μπει η εντολή στριψίματος.	Ε: Πάμε να δούμε τι κάνει το τάνγκραμ μωβ. Για εξήγησέ μου Δ Δ: Λοιπόν κίνηση (πηγαίνει στη διαδικασία κίνηση) στυλό πάνω άρα δε γράφει... Ε: Μετά; Δ: Μετά κάνει κάποιες κινήσεις... Ε: Σωστά. Δ: Και μετά γράφει. Ε: Και μετά φτιάχνει το τρίγωνο. (Έπειτα ο Ε συνομιλεί με την άλλη ομάδα που λέει ότι χρειάζεται άλλη μία μεταβλητή) Ε: Ναι τώρα πρέπει να σκεφτείς που να τη βάλεις (λέει στο Ν). Δ: Α! Εδώ που δε γράφει! Ε: Εδώ που ΔΕ γράφει. Τι πρέπει να κάνει εκεί που δε γράφει για να στρίψει το σχήμα; Δ: Να στρίψει προς τα αριστερά (βάζουν α :ψ μετά το μ :χ και προσθέτουν το :ψ στο «κίνηση :χ :ω») (Αν και βρήκαν τη λύση οι μαθητές δυσκολεύονται στο να τοποθετήσουν το σχήμα σωστά γιατί μπερδεύονται λίγο με τις στροφές.)
Απόσπασμα 18 Οι μαθητές επαναχρησιμοποιούν τον κώδικα που είχαν χρησιμοποιήσει για το προηγούμενο σχήμα τους, ώστε να μπορεί και αυτό να κινείται όπως θέλουν.	Κ: Πρέπει να αλλάξουμε και το τάνγκραμ κίτρινο όπως κάναμε και στο προηγούμενο (βρίσκουν τη διαδικασία). Α βάλε πρώτα αυτό για να δούμε τι θα κάνουμε (εννοώντας να το εκτελέσουν. Η Δ εκτελεί και εμφανίζει τους ολισθητές). Δ: Για να δούμε. Άμα κουνάμε αυτό (:χ) πάει πάνω, άμα αυτό γυρνάει (:ω). Οπότε χρειαζόμαστε ένα που να γυρνάει. Κ: Κύριε έχετε το τάνγκραμ εδώ; Δ: Περίμενε περίμενε, να δούμε τι είχαμε κάνει στο τρίγωνο και το αλλάξαμε για πηγαινε. (ο Κ πάει στη διαδικασία για το μωβ) Δ: Είχαμε βάλει και ένα...

	K: Είχαμε βάλει και άλλη μια μεταβλητή στην κίνηση και τη γράψαμε και μέσα στο τάνγκραμ_μωβ. Δ: Το αριστερά το αριστερά! K: Αριστερά με μια μεταβλητή. Δ: Ωραία τάνγκραμ κίτρινο (γράφουν :ψ στο κίνηση).
Απόσπασμα 19 Οι μαθητές σχηματίζουν σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης και τοποθετούν αποτελεσματικά το τάνγκραμ. Έτσι πιο εύκολα τοποθετούν και τα επόμενα κομμάτια.	(Αφού δυσκολεύονται πάλι λίγο με τους ολισθητές ο Ε τους βοηθάει να το ξεκαθαρίσουν) Ε: Κοίτα πάλι πάνω πηγαίνει και ας το έστριψες. Πείραξε και τον άλλο ολισθητή (η Δ πειράζει τον :ω και πάλι τον :χ και το σχήμα πάει δεξιά) κοίτα τι άλλαξε τι ώρα; Δ: Ότι όταν γυρνάμε αυτό το μπροστά πάει ανάλογα με αυτό (τον :ω) όταν όμως γυρνάμε τον άλλο όχι. Ε: Το άλλο τι σου κάνει; Το τελευταίο (ο :ψ); Δ: Αυτό απλώς το στρίβει. Ε: Το στρίβει αυτό. Αλλά πού; στη θέση που είναι... K: Αααα... Δ: Άρα αυτό άμα το πάμε πάνω (και στη συνέχεια πειράζει με τη σωστή σειρά τους ολισθητές απομακρύνοντας το τάνγκραμ από τον άξονα και επαναφέροντας το στον προσανατολισμό που θέλει. Σταματάει για να δει πως πρέπει να τοποθετηθεί το τάνγκραμ από τα πραγματικά) πώς πρέπει έτσι; K: Ναι άρα πρέπει να πάει δεξιά και πάνω (η Δ φέρνει πάλι τον :ω στο 0 και τον :ψ στο 0 και πάει πάνω με το :χ. Έπειτα με τον :ω το απομακρύνει και με τον :ψ ισιώνει. Δεν βγαίνει σωστά αλλά είναι κοντά) Δ: Πιο πάνω... K: Πήγαινε το πιο πάνω (η Δ αυξάνει το :χ και το τάνγκραμ πηγαίνει προς τα πάνω και δεξιά και απομακρύνεται από το μωβ. Τα μηδενίζει όλα πάλι) όχι όχι καλά ήταν! Δ: Λοιπόν (αυξάνει το :χ και το ανεβάξει ακόμα πιο πάνω από πριν) K: ωραία το πας πάνω... (η Δ προσπαθεί να υπολογίσει το ύψος με το μάτι) εδώ. Δ: Εδώ... (η Δ το απομακρύνει αυξάνοντας το :ω) K: Και αυτό πρέπει να ακουμπάει εδώ (η Δ στρίβει με τον :ψ και τα καταφέρνει) ναι! Δ: Ωραία!
Απόσπασμα 20 Ολοκλήρωση του σχήματος εργαλειοποιημένης δράσης της στρατηγικής.	(Μετά την τοποθέτηση και του τελευταίου τάνγκραμ που τη δυσκόλεψε λίγο, η Δ αναφέρει το εξής) Δ: Κύριε ξέρετε τι κατάλαβα; Δεν είχα καταλάβει όταν γυρνούσα αυτά από ποια γωνία στρίβουν και πώς καθορίζεται από ποια γωνία θα στρίβει (ο Ε εξηγεί ότι το πουλάκι καταλήγει εκεί που αρχίζει όταν σχεδιάζει το σχήμα. Και επειδή πρώτα κινείται και μετά φτιάχνει το σχήμα, έτσι καθορίζεται η μία γωνία.)

Στους διαλόγους της δεύτερης ομάδας είναι πιο εμφανής ο εκνευρισμός των μαθητών για το αδιέξοδο στο οποίο τους οδηγεί ο ημιτελής κώδικας. Αρχικά, έχοντας πειραματιστεί με τους ολισθητές, η Δ φαίνεται να διαμορφώνει κάποια σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης για το ημιτελές τεχνούργημα. Όπως φαίνεται στο Απόσπασμα 15 η Δ περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο οι δύο ολισθητές επηρεάζουν την κίνηση του σχήματος στο χώρο, για να συνεχίσει στο Απόσπασμα 16 και να καταλήξει εκνευρισμένη πως υπάρχει πρόβλημα, καθώς οι λειτουργίες των ολισθητών δεν είναι επαρκείς. Έτσι, προτείνει την προσθήκη ενός τρίτου ολισθητή που θα της επιτρέψει να στρίβει το σχήμα. Στο Απόσπασμα 17 φαίνεται πώς οι μαθητές προχώρησαν στην εργαλειοποίηση του εργαλείου έτσι ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες τους. Διαβάζοντας σταδιακά τον κώδικα της διαδικασίας κίνηση, κατέληξαν στο ότι η εντολή στριψίματος πρέπει να μπει μετά την εντολή κίνησης σε ευθεία. Ωστόσο, αν και οι μαθητές συμπλήρωσαν με επιτυχία τον κώδικα της στρατηγικής, έχοντας διαμορφώσει κάποια σχήματα χρήσης της στρατηγικής με την περιγραφή της λειτουργίας της, αντίθετα με την πρώτη ομάδα, δυσκολεύτηκαν αρκετά να κινήσουν με επιτυχία το μωβ τάνγκραμ και να το τοποθετήσουν στη σωστή θέση.

Στη συνέχεια οι μαθητές διαμόρφωσαν κατά παρόμοιο τρόπο και τον κώδικα του επόμενου τάνγκραμ, χρησιμοποιώντας το σχέδιο αυτούσιο, όπως το χρησιμοποίησαν για το μωβ τάνγκραμ (Απόσπασμα 18). Στο σημείο αυτό φαίνεται οι μαθητές να έχουν διαμορφώσει ένα γνωστικό σχήμα για τη διαδικασία/σχέδιο της κίνησης, με την έννοια πως η δεδομένη σύνταξη εντολών τους επιτρέπει να κινήσουν τα σχήματα ελεύθερα. Στο Απόσπασμα 19, φαίνεται να δημιουργούν ισχυρότερα σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης, κατακτώντας πιο αποτελεσματικά το σχέδιο κίνησης των τάνγκραμ, καθώς ξεκαθαρίζουν τη λειτουργικότητα που τους προσέφερε η εντολή στριψίματος που οι ίδιοι πρόσθεσαν, μετά την επισήμανση του Ε πως ο νέος ολισθητής περιστρέφει το σχήμα στη θέση που βρίσκεται. Μετά τη διαμόρφωση αυτών των πιο καθαρών σχημάτων χρήσης, οι μαθητές φαίνεται να τοποθετούν τα σχήματα πιο εύκολα στις σωστές θέσεις απ' ότι στην αρχή. Τελικά, η Δ φαίνεται να ολοκληρώνει τη διαμόρφωση σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης στο Απόσπασμα 20, λέγοντας πως πλέον κατάλαβε πως έχει ιδιαίτερη σημασία η γωνία από την

οποία στρίβει το σχήμα προκειμένου να βρει τον προσανατολισμό του, χωρίς να τη μπερδεύει.

Ομάδα 3 Φ-N	
Απόσπασμα 21 Οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με το αδιέξοδο του μικρόκοσμου.	(Αφού οι μαθητές έχουν δει τις διαδικασίες του μωβ τάνγκραμ και της κίνησης επιχειρούν να τοποθετήσουν το τάνγκραμ σωστά.) N: Εεε... όχι έτσι... (αρχίζουν να πειράζουν μόνοι τους τούς άξονες) Φ: Μηδέν βάλτο. (τον :ω να τον πάνε στο 0. Πάει και τον :χ στο τέρμα το 100. Το τάνγκραμ έχει ανέβει πάνω) N: Τι λες ρε δεν είναι συμμετρικό αυτό... (συνεχίζει ο N να πειράζει τους ολισθητές) Φ: Βρες την κατάλληλη γωνία πρέπει να είναι παράλληλη με τον άξονα... N: (συνεχίζει να πειράζει) Κύριε δε μας βγαίνει ... (πάει πάλι τον :ω στο 100) Μπορούμε να το πάμε στα 1000; E: Ό,τι θες μπορείς να το κάνεις. N: (πάει να γράψει 1000 αλλά σταματάει) Όχι στα 200 να το κάνουμε. (πάνε στο 200) Θέλει κι' άλλο... Για να το κάνουμε 300... (πάνε στο 300 και το τάνγκραμ φαίνεται να είναι γυρισμένο σωστά) Φ: Χοχο μπράβο N! (ο N κουνάει τον :χ και το τάνγκραμ όμως κινείται προς λάθος κατεύθυνση) oh no... N: Κύριε δε μπορούμε... 500 μήπως; (το τάνγκραμ γυρίζει γύρω γύρω αλλά δεν κινείται στη σωστή κατεύθυνση) Φ: Πρέπει να το κάνουμε έτσι ώστε να μπορεί να πάρει ολόκληρη στροφή, να μπορούμε να το γυρνάμε. N: Δε μας βγαίνει.
Απόσπασμα 22 Οι μαθητές αναγνωρίζουν την ανάγκη που προκύπτει και ο Φ φαίνεται πολύ εύκολα να κατανοεί πως χρειάζεται άλλη μια εντολή κίνησης. Η ανάγκη ξεκαθαρίζεται μετά από μελέτη του κώδικα και για τον N.	E: Δοκίμασε λίγο άλλαξε το :ω μία (αλλάζει το :ω) πήγαινε το μπροστά (το επαναλαμβάνουν 3 φορές). Τι κάνει; Τι γίνεται όταν αλλάζεις; Φ: Κινείται... N: Α! ανάλογα με το που είναι η κάθετη γωνία εκεί πάει; E: Ναι! Εκεί που στρίβει το τρίγωνο εκεί πηγαίνει μπροστά! Εσύ όμως θες και κάτι άλλο να καταφέρεις. Σου αρκεί αυτό;... Φ: Όχι... να γυρνάει... (χαμηλόφωνα στο N) E: ...Πήγαινε το εκεί που θες να το βάλεις εδώ πάνω. Κούνησέ το στο χώρο. (ο N το πηγαίνει) Φ: Αλλά πρέπει με άλλη γωνία. N: Θέλει άλλη γωνία. Φ: Άρα τι πρέπει; Μεταβλητή; (αναρωτιέται δειλά) E: Πώς θα το κάνεις να γυρίσει τώρα; (ο N δοκιμάζει πάλι το :ω και το σχήμα κάνει κύκλους) (Οι μαθητές διαβάζουν πάλι τον κώδικα της κίνησης με

	τον E) N: Λοιπόν στυλό κάτω θέσε χρώμα στυλό (κάνει άλλη μια απόπειρα να διαβάσει τον κώδικα) εεε θέλουμε να το κάνουμε όσο θέλουμε... (παύση) Φ: Κύριε αν πάρουμε το πουλί και το μετακινήσουμε και φτιάξει ένα δεύτερο τρίγωνο δε θα μπορούσε να βγει; (εννοεί προφανώς να το σύρει με το ποντίκι) N: Εντάξει... αλλά δεν έχει νόημα. E: Ξέρεις να υπολογίσεις τι πρέπει να βάλεις για να το πας ακριβώς εκεί πέρα; Φ: Όχι... E: Άρα τι χρειάζεσαι; N: Μια μεταβλητή. E: Να μπορείς να το γυρνάς όσο θέλεις μέχρι να το φτάσεις εκεί πάνω. N: Δηλαδή να φτιάξουμε άλλη μία μεταβλητή; (ο E γνέφει καταφατικά) Οπότε αρ... α. (εννοεί την εντολή για αριστερά)
Απόσπασμα 23 Για να κατανοήσουν πού πρέπει να μπει η εντολή για το στρίψιμο οι μαθητές πρέπει να γίνουν οι ίδιοι χελώνα και εντολέας. Η Δ δεν το χρειάστηκε αυτό.	E: Το θέμα είναι τώρα πού θα τη βάλετε; (Η Δ ακούγεται δυνατά από την άλλη ομάδα να λέει «Εκεί που δε γράφει!») N: Οπότε αρ μεταβλητή. Φ: Α μεταβλητή. E: Η Δ είπε το εξής, ότι μέσα σε αυτές τις δύο εντολές κάνει τις κινήσεις. Φ: Για να μπορεί και να στρίβει και δεξιά και αριστερά. E: Μπράβο και μετά φτιάχνει το τρίγωνο. N: Ναι. E: Άρα σε αυτό το σημείο θέλουμε και εμείς να πάμε να πειράξουμε. Πρέπει να σκεφτείτε όμως που θα το βάλετε. N: Άρα α... (κάνει κλικ έτοιμος να γράψει, δεν ξέρει όμως που να το γράψει) E: Σκέψου πρώτα τι κινήσεις κάνει. Σήκω πάνω (ο E σηκώνει όρθιο τον N) ο N είναι το πουλί έλα εσύ εδώ πίσω (σηκώνει και τον Φ πίσω από τον N) Για να μπορέσει να κινηθεί στο χώρο... Φ: Εγώ; E: Όχι εσύ. Εσύ δίνεις εντολές. Για να κινηθεί στο χώρο εδώ πέρα τι πειράζατε πρώτα; Φ: Στρίβει... Να στρίψει προς τα δεξιά. E: Στρίψε κάμποσο στα δεξιά εδώ (ο N στρίβει και ο E τον σταματά) αν θες να τον στείλεις στην πρίζα πρέπει να του πεις στρίψε. Φ: Και πήγαινε μπροστά... (ταυτόχρονα) E: Και πήγαινε μπροστά. ωραία πήγαινε μπροστά (ο N πάει στην πρίζα) και αν θέλεις τώρα να γυρίσει και να σε κοιτάξει; N: Οπότε μετά από το μ; μετά από το μ;

	Φ: Μπορούμε όμως να το στρίψουμε πάλι δεξιά. N: Μπορούμε όμως να το στρίψουμε και αριστερά άρα θα γυρίσει... Οπότε μετά από το μ. Μετά από το μ! (πάει στην καρέκλα του) Λοιπόν α... Φ: Τι να βάλουμε σ; έστω γράμμα (ο N γράφει α :γ και ορίζει έπειτα κατεβαίνει κάτω για να εκτελέσει) όχι εδώ, ΕΔΩ (εννοώντας στο τέλος) α! μηδέν, μηδέν... ΜΗΔΕΝ! (παρατηρεί πως χρειάζεται άλλο ένα μηδενικό μιας και βάλανε νέα εντολή. Βάζουν άλλο ένα μηδενικό) και πατάς play. (Οι μαθητές όμως καταφέρνουν να τοποθετήσουν το τάνγκραμ πιο εύκολα απ' ότι η άλλη ομάδα, ίσως γιατί προηγήθηκε το συμβάν αυτό.)
Απόσπασμα 24 Επαναχρησιμοποίηση του κώδικα.	Φ: (τρέχουν το κίτρινο τάνγκραμ) αυτός όμως δεν έχει... (εννοεί τον τρίτο ολισθητή) δεν έχει το :γ... N: Ναι μα δεν υπήρχε και στο άλλο. Φ: Πρέπει να το γυρίσουμε και αυτό. N: Ωραία πάμε. Φ: Κύριε στο τάνγκραμ κίτρινο δε λείπει ένα κομμάτι; Πήγαινε... N: Ξέρω πώς το κάνουμε. (ο N προσθέτει τη μεταβλητή στην κίνηση)
Απόσπασμα 25 Διαμόρφωση σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης.	(Οι N και Φ ετοιμάζονται να τοποθετήσουν το κίτρινο τάνγκραμ.) N: Βάλε τα 100 όλα. Φ: 200 (ο Φ ύστερα πειράζει τον :ω) άρα γυρνάει... N: Εκεί εκεί! (το τάνγκραμ έχει πάρει το στρίψιμο που θέλουν. Ο Φ κουνάει τον :χ για να το πάει προς τα πάνω αλλά αυτό πηγαίνει προς τα κάτω) Φεύγει... να πάρει. Πρέπει να το γυρίσουμε με αυτό εκεί (δείχνει τον :γ και επαναφέρει τον :ω) Πρέπει να το γυρίσουμε έτσι (το στρίβει σωστά με το :γ και σίγουρα κουνάει τον :χ για να πάει πάνω) Να το. (Τώρα πρέπει να το απομακρύνει με τον :ω από τον άξονα αλλά κουνάει τον :ω πάρα πολύ και μπερδεύονται) Τώρα πώς θα το πάμε; N: Κύριε δε στρίβει! Φ: Στρίβει να το κοίτα... (κουνάει τον :ω και ανεβαίνει το σχήμα κυκλικά προς το χώρο που πρέπει) N: Να το να το κατέβασέ το (ο Φ δεν τον ακούει και κουνάει τους ολισθητές) όχι όχι πήγαινε το εκεί που ήταν και θα το φτιάξουμε μετά. (ο Φ μηδενίζει τον :ω) τον :ω τον :ω για να πάει έτσι. (ο Φ κουνάει τον :ω) Εντάξει δε χρειάζεται άλλο. Πήγαινε το πάνω τώρα (του δείχνει τον :χ. καταφέρνουν να φέρουν το σχήμα στο χώρο που θέλουν και με διαδοχικές προσαρμογές στους ολισθητές καταφέρνουν να το τοποθετήσουν)

Σχετικά με την εργασία των μαθητών της τρίτης ομάδας, όπως φαίνεται στο Απόσπασμα 21, και αυτοί έπειτα από αποτυχημένες διαδοχικές δοκιμές με τους ολισθητές κατέληξαν στο ότι έχουν πρόβλημα, και πως με τους δεδομένους ολισθητές το τάνγκραμ δε μπορεί να τοποθετηθεί σωστά. Στο Απόσπασμα 22, ο Φ επιμένει σε αυτό που αναφέρει ήδη από στο προηγούμενο απόσπασμα, πως πρέπει δηλαδή να μπορούν να στρίβουν το σχήμα αφού το φέρουν στη θέση που θέλουν, και έτσι οι μαθητές καταλήγουν στο ότι χρειάζονται άλλη μια εντολή στριψίματος με μεταβλητή στη θέση της τιμής της. Έπειτα, όμως, όπως φαίνεται στο Απόσπασμα 23, οι μαθητές αντιμετωπίζουν πρόβλημα ως προς το πού πρέπει να τοποθετηθεί η νέα εντολή. Τα σχήματα χρήσης του σχεδίου φαίνεται να είναι ελλιπή και προκειμένου ο Ε να τους βοηθήσει να τα διαμορφώσουν κάνει τους μαθητές να πάρουν τους ρόλους της χελώνας και του χειριστή της χελώνας. Ο Ν σηκώνεται και γίνεται η χελώνα, ενώ ο Φ από τη θέση του προσπαθεί να τον κατευθύνει με διαδοχικά βήματα προς μια πρίζα της αίθουσας. Αυτό το συμβάν φαίνεται να βοήθησε αρκετά τον Ν να καταλάβει πού πρέπει να τοποθετηθεί η νέα εντολή, αναφωνώντας στο τέλος με ενθουσιασμό «Οπότε μετά από το μ. Μετά από το μ!». Μάλιστα οι μαθητές καταφέρνουν να τοποθετήσουν πιο εύκολα από τη δεύτερη ομάδα το μωβ τάνγκραμ διαμορφώνοντας πιο καθαρά σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης, ίσως γιατί είχαν πιο καθαρά σχήματα χρήσης του σχεδίου μετά το συμβάν. Στη συνέχεια διαμορφώνουν τον κώδικα του επόμενου τάνγκραμ κατά τον ίδιο τρόπο με το μωβ τάνγκραμ (Απόσπασμα 24), ενώ το τοποθετούν και αυτό σχετικά εύκολα με τον Ν να φαίνεται να έχει διαμορφώσει πολύ ισχυρά σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης, τα οποία περιγράφει στο Απόσπασμα 25. Με την ίδια ευκολία οι μαθητές τοποθετούν και τα υπόλοιπα τάνγκραμ ολοκληρώνοντας τη σιλουέτα του κύκνου, και δείχνοντας πως μάλλον έχουν κατακτήσει επαρκώς το σχέδιο για την κίνηση των σχημάτων στο χώρο της χελωνόσφαιρας.

3.4 4^η Δραστηριότητα

Στην προηγούμενη δραστηριότητα οι μαθητές επεξεργάστηκαν το σχέδιο για τον προγραμματισμό κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα, το οποίο

τελειοποίησαν οι ίδιοι προσθέτοντας τη λειτουργικότητα που έλλειπε. Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε φάνηκε να δημιουργούν πρώτα σχήματα χρήσης του σχεδίου ως εργαλείο, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποίησαν ως βάση για την ανάπτυξη σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης για την επίλυση του πάζλ. Φάνηκε, λοιπόν, πως οι μαθητές εργαλειοποίησαν το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων σε ένα βαθμό, άλλοι περισσότερο και άλλοι λιγότερο. Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν ένα δικό τους δόμημα το οποίο θα αξιοποιούσε το σχέδιο αυτό. Στόχος ήταν οι μαθητές να αξιοποιήσουν τα σχήματα χρήσης και εργαλειοποιημένης δράσης που διαμόρφωσαν για το σχέδιο σε ένα νέο πλαίσιο, ενσωματώνοντάς τη σε νέο κώδικα. Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα είναι δυνατό να φανεί κατά πόσο οι μαθητές δημιούργησαν ένα γνωστικό σχήμα κώδικα για το σχέδιο ως υποδιαδικασία με τη συγκεκριμένη διάταξη εντολών, που τους επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση των σχημάτων στο χώρο.

Η ένταξη του σχεδίου σε ένα νέο προγραμματιστικό δόμημα απαιτούσε την αξιοποίηση τόσο των σχημάτων χρήσης όσο και των σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης. Οι μαθητές θα έπρεπε να προσαρμόσουν την ένταξη της υποδιαδικασίας με τρόπο ώστε αυτή να ενταχθεί σωστά από λειτουργικής άποψης στο νέο κώδικα (σχήματα χρήσης), και να χρησιμοποιήσουν τους ολισθητές των σχημάτων που θα έφτιαχναν ως κινούμενα αποτελεσματικά ώστε να καταφέρουν να κάνουν αυτό που θα είχαν στο μυαλό τους (σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης).

Ομάδα 1 K-Z	
Απόσπασμα 26	<i>K: Τι λες να φτιάξουμε;</i> <i>Z: Ξέρω γω; Ένα σπίτι;</i> <i>K: Ένα σπίτι και καθώς κινείται να μεγαλώνει!</i> <i>Z: Πώς θα το κάνουμε αυτό;</i> <i>K: Αν βάλουμε :χ στην πλευρά και στην κίνηση;</i> <i>Z: Ναι έτσι θα αλλάζει από έναν ολισθητή!</i> <i>K: Ναι! Πάμε για σπίτι... πόσες μεταβλητές θα βάλουμε;</i> <i>Z: Τις τρεις μεταβλητές που είχαμε και πριν στην κίνηση.</i> <i>K: Α να το κάνουμε όπως πριν;</i> <i>Z: Ναι!</i> <i>K: Άρα θα βάλουμε για σπίτι και μετά κίνηση. Πρέπει όμως να βάλουμε και την κίνηση.</i> <i>Z: Ναι πάμε να φτιάξουμε για κίνηση όπως πριν με στυλό πάνω και στυλό κάτω και μεταβλητές.</i>
Οι K και Z αποφασίζουν τι θέλουν να φτιάξουν μιλώντας λίγο πρώτα για το πώς θα το φτιάξουν. Αξιοποιούν τη στρατηγική όπως την εργαλειοποίησαν στην	

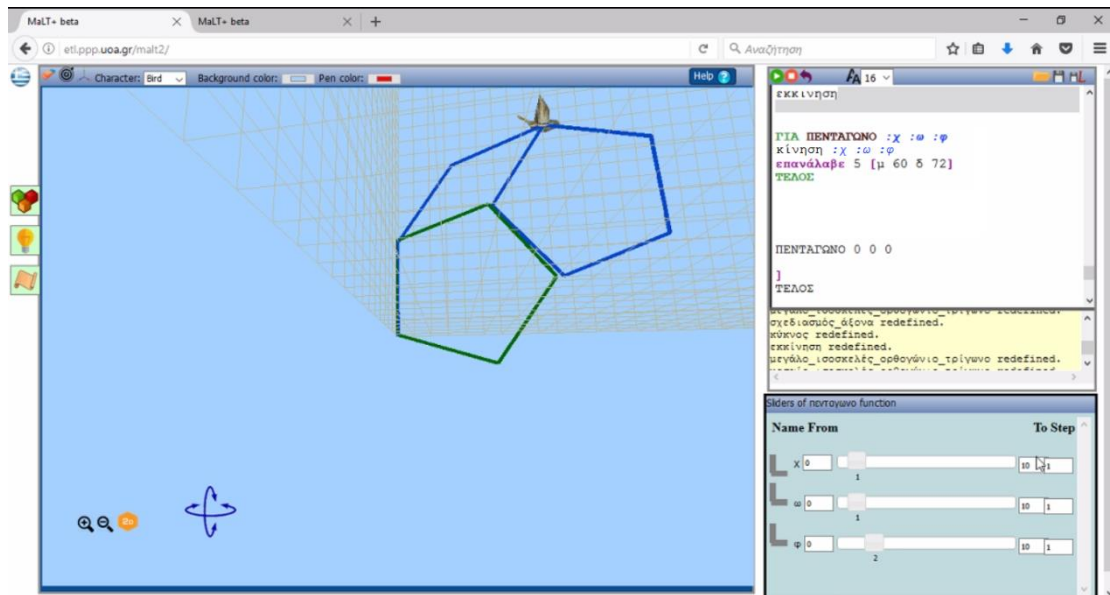
προηγούμενη δραστηριότητα. Λόγω της απλότητας του σχεδίου τους και της συζήτησης πάνω σε αυτό οι μαθητές δε δυσκολεύονται ιδιαίτερα στο να το φτιάξουν.	
---	--

Η πρώτη ομάδα αποφάσισε να δημιουργήσει ένα σπίτι το οποίο θα μπορούσε να κινηθεί και να αλλάζει μέγεθος ταυτόχρονα (Απόσπασμα 26). Πρόκειται για ένα σχετικά εύκολο εγχείρημα το οποίο οι μαθητές έφεραν σε πέρας, αφού πρώτα συζήτησαν για το πώς θα το κάνουν. Ο Κ πρότεινε να βάλουν τη μεταβλητή x της εντολής που κινεί το σχήμα ευθύγραμμο στην υποδιαδικασία της κίνησης και στις πλευρές του τετραγώνου έτσι ώστε τα δύο μεγέθη να μεταβάλλονται ταυτόχρονα από έναν ολισθητή. Έπειτα η Ζ τον παρότρυνε να χρησιμοποιήσουν τη διαδικασία της κίνησης αυτούσια όπως τη χρησιμοποίησαν για την κίνηση των τάνγκραμ. Από αυτό φαίνεται η Ζ να έχει δημιουργήσει ένα γνωστικό σχήμα για τη συγκεκριμένη διαδικασία, που της επέτρεπε να κινεί τα σχήματα στο χώρο, και στη συγκεκριμένη περίπτωση το σπίτι.

Ομάδα 2 Κ-Δ	
Απόσπασμα 27 Οι μαθητές αποφασίζουν τι είναι αυτό που θέλουν να φτιάξουν. Δεν αφιερώνουν χρόνο στο να αναπτύξουν μια στρατηγική για να αναλύσουν το πρόβλημά τους παρά μόνο ξεκινούν να γράφουν.	<i>Κ: Να φτιάξουμε ένα αυτοκίνητο; Αλλά θα είναι πολύ δύσκολο. Δ: Ναι θα είναι δύσκολο να φτιάξουμε τους κύκλους... Κ: Ωραία για... (η Δ γράφει για) Κύριε στο για μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε τετράγωνο; Ε: Ναι. Δ: Να φτιάξουμε έναν αστερία; Κ: Πολύ δύσκολο... Δ: Ενα αστέρι; Κ: Πώς το κάνουμε; Δ: Θα φτιάξουμε ένα τρίγωνο... θα φτιάξουμε ένα πεντάγωνο και πέντε τρίγωνα. Κ: Ναι... Άρα για πεντάγωνο. (η Δ γράφει) Δ: Να βάλουμε x; Κ: Ναι. Δ: Τρεις μεταβλητές;</i>

Ωστόσο, χρησιμοποιούν τη διαδικασία για την κίνηση αυτούσια αφού πλέον τη γνωρίζουν.	<i>K: Για βάλτε τρεις να είμαστε σίγουροι. (η Δ γράφει και τρεις μεταβλητές στο όνομα) Εντολές τώρα...</i> <i>Δ: Για να δω (ανεβαίνει στις διαδικασίες) κίνηση με τρεις μεταβλητές...</i> <i>K: Πρέπει να φτιάξουμε και τη διαδικασία για κίνηση.</i> <i>Δ: Ναι... (ξεκινά νέα διαδικασία) για κίνηση... τρεις μεταβλητές... στυλό πάνω (γράφει και βάζει από κάτω τις τρεις κινήσεις των τάνγκραμ με μεταβλητές και μετά στυλό κάτω.)</i> <i>(Σε αυτό που φτιάξανε φαίνεται ότι δεν έχουν στόχους για το πώς να ενώσουν τα σχέδια της κίνησης και των σχημάτων μεταξύ τους. Δεν αναλύουν το πρόβλημα ώστε να σκεφτούν ποια βήματα να ακολουθήσουν για να συνθέσουν τον κώδικά τους.)</i>
---	--

Η δεύτερη ομάδα αφού άργησε για λίγο να επιλέξει τι θα φτιάξει κατέληξε σε ένα πιο περίπλοκο δόμημα. Αποφάσισαν να φτιάξουν ένα πεντάγωνο μέσα στο οποίο θα πρόσθεταν τρίγωνα για να δημιουργηθεί ένα αστέρι (Απόσπασμα 27). Αν και δεν είναι ξεκάθαρο από τα λεγόμενά τους τι θα ήταν αυτό που θα κινούνταν και τι θα έμενε σταθερό, θα μπορούσε κανείς να πει πως η Δ είχε στο μυαλό της ένα σταθερό πεντάγωνο μέσα στο οποίο θα μετακινούσαν τρίγωνα, θα τα περιέστρεφαν και θα τα τοποθετούσαν με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματιστεί ένα αστέρι. Ωστόσο, σε αντίθεση με την προηγούμενη ομάδα, οι μαθητές δεν αφιέρωσαν χρόνο στο να καταστρώσουν μια στρατηγική επίλυσης του προβλήματος που έθεσαν στον εαυτό τους. Δεν ξεκαθάρισαν τι ήταν αυτό που θα θέλανε να κινείται προκειμένου να σχηματιστεί το αστέρι, αλλά άρχισαν κατευθείαν με το πεντάγωνο στο οποίο προσπάθησαν να εντάξουν το σχέδιο κίνησης των σχημάτων. Βέβαια, αν και οι μαθητές δεν κατάφεραν να υλοποιήσουν τη σκέψη τους, τόσο εξαιτίας της έλλειψης σχεδίου, όσο και άλλου είδους τεχνικών δυσκολιών που συνάντησαν στη συνέχεια, φαίνεται να έχουν διαμορφώσει και αυτοί ένα γνωστικό σχήμα για τη διαδικασία, την οποία χρησιμοποιούν αυτούσια για κάνουν το πεντάγωνο κινούμενο.



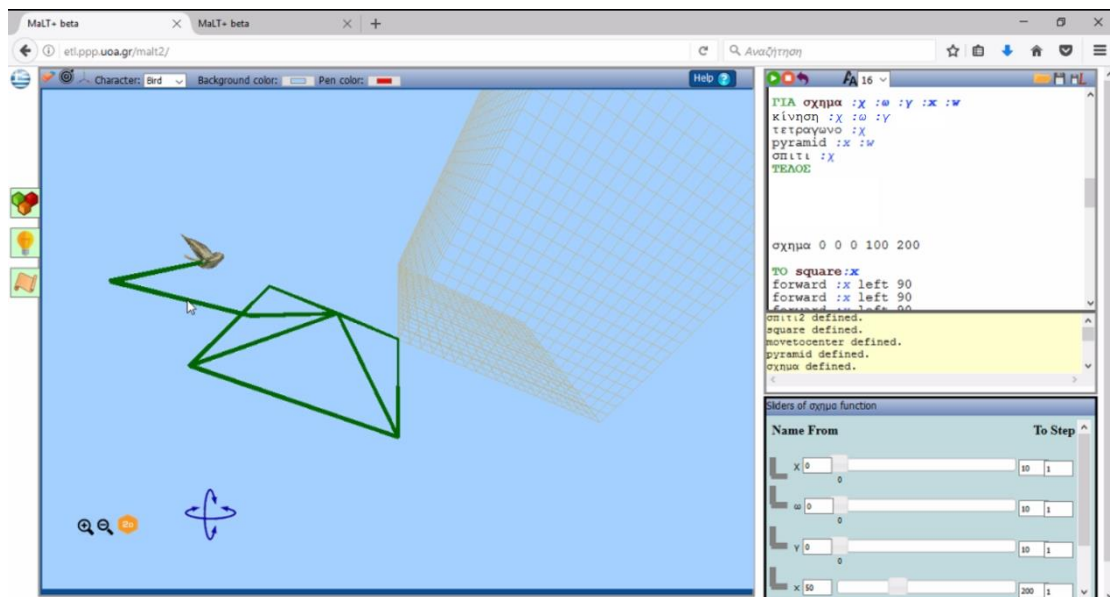
Εικόνα 5: Το δόμημα της Ομάδας 2

Ομάδα 3 Φ-N	
Απόσπασμα 28	
Οι μαθητές δεν έχουν ξεκάθαρη εικόνα για το τι θέλουν να φτιάξουν. Γνωρίζουν πως για να κινήσουν το σχήμα χρειάζονται τη διαδικασία της προηγούμενης δραστηριότητας αλλά και αυτοί αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να τη συνδέσουν για τους ίδιους λόγους που δυσκολεύτηκαν και οι προηγούμενοι.	N: Πρέπει να βάλεις τρεις μεταβλητές... πάτα για τετράγωνο :χ... Φ: Γιατί να βάλουμε πάλι τρεις μεταβλητές; N: Κύριε να βάλουμε τρεις μεταβλητές στο τετράγωνο; E: Εξαρτάται τι θέλετε να κάνετε με αυτές τις μεταβλητές. Φ: Όχι εγώ λέω να μη κάνουμε... N: Μα δε θα κινείται αν έχει μόνο μία... Φ: Οκ αλλά πρέπει να αποφασίσουμε τι θα κάνουμε. N: E θα κάνουμε κάτι αφηρημένο σιγά... Φ: Έλα, βάλε τις τρεις μεταβλητές εδώ. (ο N γράφει :ω :γ στο όνομα της διαδικασίας του τετραγώνου. Σβήνει το 90 από το δ και σταματάει λίγο. Σβήνει και το :γ) Κύριε να βάλουμε δύο ή τρεις μεταβλητές; E: Που θα βάλεις δύο μεταβλητές; N: Στο τετράγωνο... E: Γιατί χρειάζεσαι δύο μεταβλητές; N: Για να το αλλάξουμε, για να το κάνουμε να κουνιέται. (Ο E τους παρακινεί να δουν πώς κινούνταν τα σχήματα στην προηγούμενη δραστηριότητα προκειμένου να το συντάξουν σωστά.) Φ: Να αυτά θέλουμε... (δείχνει τους ολισθητές) E: Αυτά θέλουμε αλλά πήγαινε να δεις N που είναι αυτά μέσα στις διαδικασίες. (πηγαίνει και βλέπει) N: Στην κίνηση... μετά το στυλό πάνω... E: Α μπράβο. N: Πρώτα το δεξιά μετά το μπροστά και μετά το αριστερά. E: Και μετά τι κάνει; Φ: Στυλό κάτω.

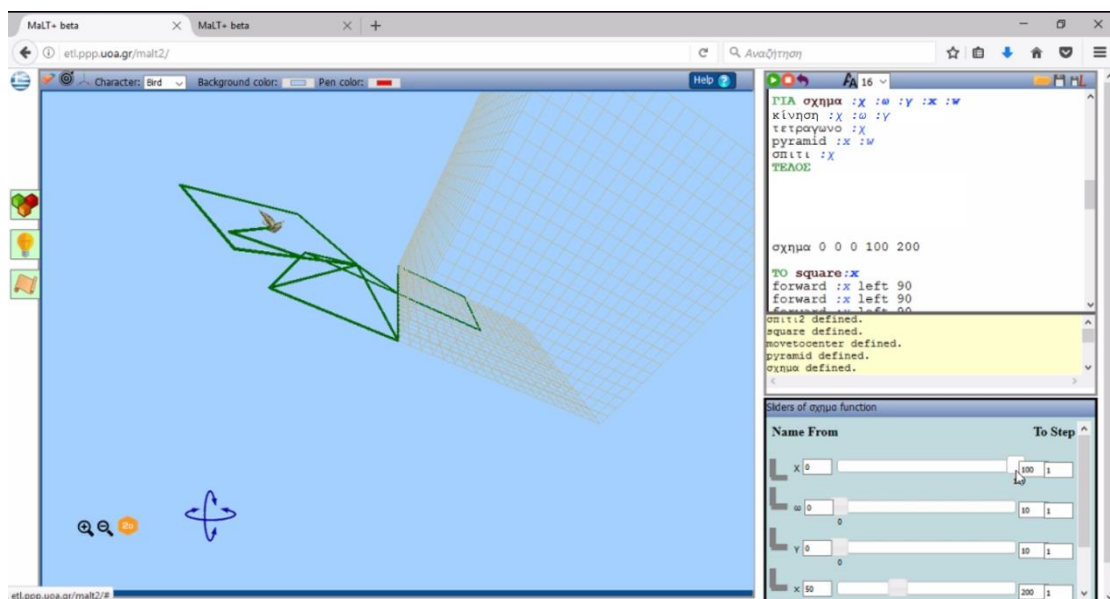
	<i>E: Ναι μετά αλλάζει χρώμα στυλό και META φτιάχνει το σχήμα. Οι μεταβλητές δεν είναι μέσα στο σχήμα είναι πριν!</i> <i>N: Οπότε βάζουμε μικρό ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο για να ξέρουμε τι σχήμα θα κάνει...</i> <i>E: Ναι για να ξέρει τι σχήμα θα κάνει του τα έχω φτιάξει ξεχωριστά τα σχήματα εδώ πάνω... Εδώ το τετράγωνο είναι αυτό έτσι; (πάει στον άλλο μικρόκοσμο και διορθώνει το σβησμένο 90) Πώς θα το κάνεις να κινείται;</i> <i>N: Θα φτιάξουμε μια διαδικασία για κίνηση και πρώτα θα βάλουμε στυλό πάνω μετά δ μεταβλητή μ μεταβλητή και μετά α μεταβλητή και μετά στυλό κάτω.</i> <i>E: Α μπράβο αυτές είναι οι εντολές που το κινούνε.</i> <i>N: Και μετά τετράγωνο...</i>
--	---

Η τρίτη ομάδα αντιμετώπισε, επίσης, δυσκολία ως προς το να αποφασίσει τι είναι αυτό που θέλει να φτιάξει. Τελικά κατέληξε στο να φτιάξει κάτι συγκεχυμένο, ένα αφηρημένο σχήμα μέσα στο οποίο θα τοποθετούσαν διαδικασίες άλλων σχημάτων ως υποδιαδικασίες, όπως του τετραγώνου που είχαν φτιάξει σε προηγούμενη δραστηριότητα και της πυραμίδας που ήταν διαθέσιμη εντός του εργαλείου της χελωνόσφαιρας. Από το διάλογο των μαθητών στο Απόσπασμα 28 φαίνεται πως ούτε αυτοί αφιέρωσαν χρόνο στο να μελετήσουν αυτό που ήθελαν να φτιάξουν από τη σκοπιά ενός προβλήματος που πρέπει να λυθεί με στρατηγικά βήματα. Μάλιστα, στην αρχή του αποσπάσματος φαίνεται ότι δεν έχουν αποφασίσει καν πόσες μεταβλητές χρειάζονται για την κίνηση του σχήματός του. Παρόλα αυτά, βέβαια, ο N φαίνεται να εκφράζει τα σχήματα χρήσης που έχει διαμορφώσει για το σχέδιο κίνησης των σχημάτων απαντώντας στον Φ πως με μία μόνο μεταβλητή το σχήμα δε θα κινείται. Ωστόσο, και ο Φ φαίνεται να είναι σκεπτικός απέναντι στη χρήση των τριών μεταβλητών χωρίς να έχει δικαιολογία να προστεθεί η τρίτη μεταβλητή. Φαίνεται να αντιλαμβάνεται ότι οι δύο μεταβλητές αρκούν για να το κινήσουν στο χώρο, ενώ η τρίτη, όπως την πρόσθεσαν για να ολοκληρώσουν την κίνηση των τάνγκραμ, ίσως δε χρειάζεται, αν δεν έχουν σκοπό να το περιστρέφουν γύρω από τον εαυτό του. Τα δύο αυτά σημεία του διαλόγου φαίνεται να δείχνουν πως οι μαθητές έχουν διαμορφώσει σωστά σχήματα χρήσης του σχεδίου όσον αφορά τη λειτουργία των μεταβλητών που περιλαμβάνονται σε αυτό. Στο τέλος οι μαθητές αξιοποίησαν τη διαδικασία της κίνησης που επεξεργάστηκαν στις προηγούμενες δραστηριότητες, και την

ενέταξαν στον κώδικά τους αυτούσια, προκειμένου να δώσουν στο σχήμα τους τη λειτουργία που τους ζητήθηκε. Φαίνεται οι μαθητές να αντιμετωπίζουν τη διαδικασία της κίνησης ως ένα γνωστικό σχήμα κώδικα που επιτελεί μια πολύ συγκεκριμένη λειτουργία, και κυρίως ο Ν, ο οποίος από την αρχή επιμένει να την εντάξουν στον κώδικά τους, χωρίς να τον έχει απασχολήσει πρώτα το πώς θα κάνουν το σχήμα να κινείται, αφού φαίνεται να έχει έτοιμη λύση για το πρόβλημα αυτό.



Εικόνα 6: Άποψη του δομήματος της Ομάδας 3



Εικόνα 7: Άποψη του δομήματος της Ομάδας 3

4. Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας που διεξήγαγε ο ερευνητής για να μελετήσει τη διδακτική πρόταση που σχεδίασε στην εκπαιδευτική πράξη. Η διδακτική πρόταση αυτή αφορά τη διδασκαλία ενός προγραμματιστικού σχεδίου με λεπτομερή και αναλυτικό τρόπο, με στόχο την εργαλειοποίησή του από τους μαθητές και τη διαμόρφωση ενός γνωστικού σχήματος για το σχέδιο αυτό ως κώδικας που επιτελεί μια συγκεκριμένη διεργασία, ώστε να βρίσκεται στη διάθεση των μαθητών και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιος (ή ως βάση για επεξεργασία) ως έτοιμη λύση για αντίστοιχα προγραμματιστικά προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, το σχέδιο αυτό αφορά την κίνηση σχημάτων στο χώρο της χελωνόσφαιρας (στο επίπεδο) με τη χρήση των ολισθητών δυναμικής μεταβολής των μεταβλητών του κώδικα. Για τη διδασκαλία του συγκεκριμένου σχεδίου ο ερευνητής σχεδίασε ένα εκπαιδευτικό σενάριο, το οποίο περιλαμβάνει μια σειρά από δραστηριότητες και ειδικά διαμορφωμένους μικρόκοσμους. Το ψηφιακό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία του σχεδίου είναι ο Χελωνόκοσμος (MaLT), το οποίο αξιοποιεί την εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού Logo. Το σενάριο εφαρμόστηκε σε μαθητές της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού.

Σε αυτό το μέρος της εργασίας θα γίνει μια προσπάθεια σύνοψης των αποτελεσμάτων της έρευνας, όπως αυτά παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί για άλλη μία φορά πως η έρευνα που διεξήγαγε ο ερευνητής είναι μια μικρής κλίμακας έρευνα και αποτελεί το πρώτο μέρος μιας ευρύτερης έρευνας σχεδιασμού που ο ίδιος σκοπεύει να πραγματοποιήσει. Για το λόγο αυτό, ο ερευνητής δε μπορεί και ούτε επιθυμεί να ισχυριστεί πως τα συμπεράσματα που θα ακολουθήσουν έχουν μια καθολική ισχύ και αποτελούν μία απόλυτα ακριβή περιγραφή και ερμηνεία της πραγματικότητας για το πώς οι μαθητές του Δημοτικού βρίσκονται σε θέση να διδαχθούν προγραμματιστικές στρατηγικές με ρητό τρόπο ακολουθώντας τη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση. Αντί αυτού, επιθυμία του ερευνητή είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο λειτούργησε η διδακτική πρόταση που σχεδίασε στην πράξη, έτσι ώστε να αξιολογήσει τα δυνατά και τα τρωτά της σημεία, με στόχο να επανασχεδιάσει και να τη δοκιμάσει εκ νέου στην πράξη,

ώστε μέσα από τους διαδοχικούς κύκλους της έρευνας σχεδιασμού να τη βελτιώσει, καταλήγοντας σε κάτι που έχει μια ευρύτερη εκπαιδευτική αξία.

Αρχικά, θα αναφερθούν κάποια συμπεράσματα του ερευνητή σχετικά με τη χρήση της Χελωνόσφαιρας ως εκπαιδευτικό εργαλείο για τη διδασκαλία του σχεδίου, και την επιλογή της έννοιας της συμμετρίας από το πεδίο των μαθηματικών ως πλαίσιο ανάπτυξης των δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες οι μαθητές επεξεργάστηκαν το σχέδιο. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν τα συμπεράσματα του ερευνητή σχετικά με τα δύο ερευνητικά ερωτήματα που έθεσε.

4.1 Συμπεράσματα σχετικά με τη Χελωνόσφαιρα

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του σεναρίου της διδακτικής πρότασης χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον της Χελωνόσφαιρας (MaLT). Το διαδικτυακό ψηφιακό αυτό εργαλείο επιλέχθηκε από τον ερευνητή γιατί αξιοποιεί την εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού Logo η οποία με τις λειτουργικότητες της υποστηρίζει την ανάπτυξη νοημάτων από μαθητές νεαρής ηλικίας. Επιπροσθέτως, το εργαλείο αυτό παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στους μαθητές για τις ενέργειές τους, μέσω της Σκηνης, υποστηρίζοντας τη διαδικασία της μάθησης με το να τους δίνει τη δυνατότητα να αναστοχάζονται πάνω σε αυτές.

Σχετικά με τους σκοπούς της έρευνας, ο ερευνητής θεωρεί πως η επιλογή του εργαλείου αυτού ως βασικό εργαλείο εργασίας των μαθητών λειτούργησε ιδιαίτερα θετικά. Αρχικά, οι μαθητές δε φάνηκε να αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη σύνταξη της Logo. Βεβαίως, όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή του πλαισίου της έρευνας, οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τη συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, σε μια λίγο διαφορετική μορφή της. Ωστόσο, οι μικρές διαφορές στη σύνταξη δε φάνηκε να εμποδίσαν την εργασία των μαθητών, οι οποίοι τις ξεπέρασαν άμεσα και προσαρμόστηκαν εύκολα στα νέα δεδομένα. Ένα ακόμα στοιχείο που φαίνεται να βοήθησε ιδιαίτερα τους μαθητές και να υποστήριξε την εργασία τους, ήταν οι σημειολογικές λειτουργικότητες που ενσωματώνει η Χελωνόσφαιρα στην περιοχή σύνταξης του κώδικα. Οι μαθητές φάνηκε να προσέχουν ιδιαίτερα τις αλλαγές στα χρώματα των λέξεων του κώδικα, που υποδεικνύουν πως η σύνταξη είναι σωστή, όπως για

παράδειγμα όταν το «για» μετατρέπεται σε «ΓΙΑ» πράσινου χρώματος, ή όταν μια μεταβλητή αλλάζει σε μπλε χρώμα. Οι μαθητές βασίζονταν ιδιαίτερα σε αυτή τη σημειολογία τις στιγμές που συνέτασσαν κώδικα, διορθώνοντας τα συντακτικά τους λάθη όταν οι αλλαγές αυτές δε συνέβαιναν αυτόματα. Επιπλέον, η περιοχή όπου η γλώσσα προγραμματισμού έδινε ανατροφοδότηση στους μαθητές λειτούργησε επίσης υποστηρικτικά. Αφού ο ερευνητής τους εξήγησε τι είδους μηνύματα εμφανίζονται στην περιοχή αυτή, οι μαθητές όλων των ομάδων συνήθιζαν να ελέγχουν τα μηνύματα που εμφανίζονταν εκεί προκειμένου να σιγουρέψουν πως ο ορισμός μιας διαδικασίας έγινε σωστά, χωρίς συντακτικά λάθη, ή πως οι αλλαγές που έκαναν σε μια διαδικασία αποθηκεύθηκαν, χωρίς να έχει μείνει στην προηγούμενη μορφή της.

4.2 Συμπεράσματα σχετικά με την έννοια της Συμμετρίας

Η έννοια της Συμμετρίας επιλέχθηκε ως βάση για τη διαμόρφωση των δραστηριοτήτων του σεναρίου της διδακτικής πρότασης. Οι δύο βασικές δραστηριότητες επεξεργασίας του σχεδίου έχουν ως κεντρική έννοια τη Συμμετρία. Ο λόγος για τον οποίο έγινε η επιλογή αυτή, ήταν για να διαμορφωθεί ένα πλαίσιο οικείο στους μαθητές με στόχους που μπορούν να κατανοήσουν και που έχουν νόημα, έτσι ώστε στην προσπάθεια επίτευξής τους να εμπλακούν προγραμματιστικά. Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να κυλήσουν σχήματα στον άξονα συμμετρίας τους και έπειτα να περιγράψουν το πώς ο κώδικας των σχημάτων το καθιστούσε αυτό δυνατό. Στην τρίτη δραστηριότητα, οι μαθητές κλήθηκαν να φτιάξουν το συμμετρικό μιας σιλουέτας ενός κύκνου με κομμάτια πάζλ τύπου τάνγκραμ, ολισθαίνοντάς τα στο επίπεδο της χελωνόσφαιρας, όπως θα έκαναν προηγουμένως πάνω στο θρανίο τους με πραγματικά τάνγκραμ.

Η επιλογή της συγκεκριμένης έννοιας ως πλαίσιο επεξεργασίας του σχεδίου φαίνεται να λειτούργησε θετικά. Οι φαινομενικοί στόχοι των δραστηριοτήτων ήταν ξεκάθαροι στους μαθητές και φάνηκε να αντιλαμβάνονται εύκολα τι είναι αυτό που πρέπει να κάνουν. Έχοντας συγκεκριμένους στόχους να εκπληρώσουν, οι μαθητές έπρεπε να στρέψουν την προσοχή τους στον κώδικα των μικρόκοσμων, να τον εξηγήσουν και να τον αλλάξουν προκειμένου να καταφέρουν αυτό που ίδιου ήθελαν να κάνουν. Οι

μαθητές φάνηκε να είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι με τη συγκριμένη έννοια. Γνώριζαν τι σημαίνει άξονας συμμετρίας και δε δυσκολεύτηκαν να κυλήσουν τα σχήματα στον άξονα ώστε αυτός να γίνει άξονας συμμετρίας τους. Επίσης, δε δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο θα έπρεπε να τοποθετήσουν τα τάνγκραμ ώστε να δημιουργήσουν τη συμμετρική σιλουέτα του κύκνου που υπήρχε στη Σκηνή του μικρόκοσμου.

4.3 Συμπεράσματα σχετικά με την έννοια της Μεταβλητής

Η έννοια της μεταβλητής είναι βασική για τη σύνταξη του κώδικα του σχεδίου των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα, καθώς δίνει τη δυνατότητα στα σχήματα να κινούνται ελεύθερα στο χώρο μέσω του δυναμικού χειρισμού των ολισθητών που αντιστοιχούν σε αυτές. Οι μεταβλητές προσδίδουν ευελιξία στον κώδικα της στρατηγικής καθώς απαλλάσσουν το χρήστη από το να υπολογίσει συγκεκριμένες τιμές, που θα απαιτούσαν διαδοχικούς ορισμούς των διαδικασιών και θα παρεμπόδιζαν τη συγκέντρωση στον εκάστοτε στόχο του. Σημαντικό χαρακτηριστικό βέβαια της προγραμματιστικής μεταβλητής είναι πως ουσιαστικά αποτελεί ένα χώρο μνήμης, ένα κουτί μέσα στο οποίο κάθε φορά αποθηκεύεται μία συγκεκριμένη τιμή, η οποία παραμένει ίδια μέχρι να αλλαχθεί από το χρήστη.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται οι μαθητές να κατανοούν σε μεγάλο βαθμό αυτές τις ιδιότητες της μεταβλητής. Όντας εξοικειωμένοι με την έννοια της αλγεβρικής μεταβλητής, φαίνεται να δημιούργησαν σωστά νοήματα για την έννοια της προγραμματιστικής μεταβλητής. Γνωρίζοντας πως μια μεταβλητή συμβολίζεται με ένα γράμμα και μπορεί να πάρει διαφορετικές τιμές, φαίνεται να κατανόησαν πως σε αντίθεση με την αλγεβρική μεταβλητή που βρίσκεται μέσα σε μια εξίσωση και «κρύβει» μια συγκεκριμένη τιμή μέσα της, στον κώδικα η μεταβλητή έμοιαζε περισσότερο με ένα κουτί μέσα στο οποίο κάθε φορά μπορούσαν να βάλουν οι ίδιοι μία οποιαδήποτε τιμή. Όταν οι μαθητές έτρεχαν τις διαδικασίες φρόντιζαν πάντα να δίνουν μια τιμή στη μεταβλητή καθώς φαίνεται να κατανοούσαν πως ο υπολογιστής δεν μπορεί να αναλάβει πρωτοβουλία δίνοντας ο ίδιος μια τιμή αυθαίρετα σε αυτή, ή όταν έβλεπαν μια διαδικασία να συνοδεύεται από τιμές, μπορούσαν να μαντέψουν τον αριθμό των μεταβλητών που αυτή περιείχε από το πλήθος των τιμών. Η

ανάπτυξη του συγκεκριμένου νοήματος για τη μεταβλητή στον προγραμματισμό φαίνεται να υποστηρίζεται από τη νοητική εικόνα των μαθητών για το πώς λειτουργεί ο Η/Υ, τον οποίο προσωποποιούσαν χρησιμοποιώντας ρήματα όπως «ξέρει», θεωρώντας πως έχει μια υπόσταση ενός όντος, που εκτελεί όμως εντολές χωρίς να αναλαμβάνει πρωτοβουλίες.

Οι μαθητές φαίνεται πως κατανοούσαν ότι η μεταβλητή μπορεί να πάρει μία τιμή κάθε φορά, και πώς κάθε φορά που την άλλαζαν η προηγούμενη χανόταν, ακόμα και όταν αυτό γινόταν μέσω του ολισθητή. Επίσης, για τους μαθητές η μεταβλητή στον κώδικα ήταν εξυπηρετική καθώς μπορούσαν εύκολα να αλλάξουν την τιμή της ίδιας μεταβλητής σε όλες τις εντολές στις οποίες είχε προστεθεί χωρίς να χρειάζεται να διορθώνουν την τιμή της σε όλα τα διαφορετικά σημεία που επιθυμούσαν να οριστεί η συγκεκριμένη τιμή. Επιπλέον, όταν οι μαθητές στη δεύτερη δραστηριότητα κλήθηκαν να περιγράψουν το πώς καθίσταται δυνατή η ευθύγραμμη κίνηση των σχημάτων, απέδωσαν επιτυχώς τη λειτουργικότητα αυτή στη μεταβλητή της διαδικασίας, περιγράφοντας τον τρόπο που η μεταβλητή επηρεάζει το μήκος της αόρατης γραμμής που γράφει το πουλί, από το δυναμικό χειρισμό του ολισθητή. Ακόμα και όταν δημιούργησαν τα δικά τους δομήματα κάποιοι μαθητές χρησιμοποίησαν με αυτοπεποίθηση μεταβλητές και εκτός του σχεδίου. Πρόσθεσαν μεταβλητές σε σημεία, όπως οι πλευρές των σχημάτων, με πειραματική διάθεση, θέλοντας να δουν πώς αυτές θα επηρεάσουν το δόμημά τους.

4.4 Συμπεράσματα σχετικά με το Διαδικαστικό Προγραμματισμό

Ο διαδικαστικός προγραμματισμός αποτελεί επίσης μια άλλη βασική προγραμματιστική έννοια για τη δόμηση του σχεδίου των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα. Το σχέδιο αποτελείται ουσιαστικά από μια διαδικασία «για κίνηση» και τον τρόπο που αυτή η διαδικασία ενσωματώνεται στον κώδικα του εκάστοτε δομήματος, ώστε αυτό να αποκτήσει τη δυνατότητα να κινείται. Αξιοποιεί, επομένως, δύο βασικά χαρακτηριστικά του διαδικαστικού προγραμματισμού. Τις διαδικασίες, που αποτελούν κώδικα που επιτελεί μια συγκεκριμένη διεργασία στο πρόγραμμα, κάτι που συνήθως στη Logo υποδηλώνεται από το όνομα της διαδικασίας, και από το λογικό τρόπο που οι

διαδικασίες αυτές συντάσσονται μέσα σε άλλες διαδικασίες ως υποδιαδικασίες ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι του χρήστη.

Οι μαθητές μέσα από τις δραστηριότητες του σεναρίου ήρθαν σε επαφή με τη συγκεκριμένη έννοια. Τους ζητήθηκε να δημιουργήσουν διαδικασίες, να συμπεριλάβουν διαδικασίες μέσα σε άλλες, αλλά και να αλλάξουν διαδικασίες. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται πως οι μαθητές δεν κατανόησαν πλήρως την ουσία του διαδικαστικού προγραμματισμού. Αν και φάνηκε να κατανοούν τη χρησιμότητα των διαδικασιών ως κομμάτια κώδικα που επιτελούν συγκεκριμένες διεργασίες, όπως στην περίπτωση του τριγώνου που χρησίμευε ως σκεπή, ή στην περίπτωση της διαδικασίας της κίνησης, ως αυτής που κάνει τα σχήματα να κινούνται, οι μαθητές όλων των ομάδων φάνηκε να αντιμετωπίζουν πρόβλημα στον τρόπο σύνδεσης των εκάστοτε διαδικασιών. Το πρόβλημα αυτό φαίνεται να οφείλεται στην έλλειψη μιας στρατηγικής για τη λογική σύνδεση των διαδικασιών. Οι μαθητές των ομάδων σχεδόν στο σύνολο των περιπτώσεων που χρειάστηκε να συνδέσουν υποδιαδικασίες μέσα σε μια διαδικασία, δεν αφιέρωσαν χρόνο στο να συζητήσουν και να καταστρώσουν ένα σχέδιο για το πώς οι στρατηγικές αυτές μπορούν να συνδεθούν σωστά. Έτσι, δυσκολεύτηκαν αρκετά στο να δομήσουν τη διαδικασία για το σπίτι, παρόλο που είχαν αποφασίσει πως για αυτό χρειάζονται ένα τετράγωνο και ένα τρίγωνο για σκεπή, με τους μαθητές της μίας ομάδας να καταφεύγει στη σύνταξη κώδικα γραμμή προς γραμμή. Επίσης, όταν κλήθηκαν να δημιουργήσουν τα δικά τους δομήματα, αν και γνώριζαν πως έπρεπε να αξιοποιήσουν το σχέδιο που είχαν επεξεργαστεί στις προηγούμενες δραστηριότητες και κατανοούσαν τους λόγους για τους οποίους έπρεπε να γίνει αυτό, δυσκολεύτηκαν αρκετά στο να το ενσωματώσουν στον κώδικα του δομήματός τους, έτσι ώστε να υλοποιήσουν την ιδέα τους.

Αυτή η αδυναμία σύνδεσης των διαδικασιών με λογικό τρόπο φαίνεται να αποτελεί μια παράλειψη του ερευνητή στο σχεδιασμό της διδακτικής πρότασης. Φαίνεται πως η εισαγωγική πρώτη δραστηριότητα δεν ήταν αρκετή (ή κατάλληλα σχεδιασμένη) να εμφυσήσει στους μαθητές τη σημασία της δημιουργίας ενός πλάνου για την ανάπτυξη του κώδικα. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αν είχε γίνει από πριν ξεκάθαρη στους μαθητές η

ανάγκη για συζήτηση ή αν τους είχε ζητηθεί να φτιάξουν ένα προσχέδιο στο χαρτί ή σε κάποιο άλλο ψηφιακό εργαλείο που θα υποστήριζε κάτι τέτοιο.

4.5 Συμπεράσματα σχετικά με το Προγραμματιστικό σχέδιο

Όπως αναφέρθηκε στο θεωρητικό πλαίσιο, για τον Soloway ένα πρόγραμμα αποτελείται από ένα μηχανισμό και μια εξήγηση. Ο μηχανισμός αφορά τον τρόπο με τον οποίο είναι δομημένο προκειμένου να επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, ενώ η εξήγηση την κατανόηση της λογικής που καθιστά το πρόγραμμα λειτουργικό, την οποία ένας χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να περιγράφει έτσι ώστε να διευκολύνει την πρόσβαση και άλλων χρηστών σε αυτό. Παράλληλα, η βιβλιογραφία στο πεδίο του προγραμματισμού αναδεικνύει την ανάγκη για μια πιο σαφή και ρητή διδασκαλία του προγραμματισμού, με στόχο την αποφυγή δημιουργίας λανθασμένων νοημάτων από τους αρχάριους χρήστες, και τον εξοπλισμό τους με προγραμματιστικές στρατηγικές και γνωστικά σχήματα κώδικα (σχέδια απλά ή πιο σύνθετα), που θα τους βοηθήσουν να αντιμετωπίζουν άγνωστα σε αυτούς προγράμματα, αλλά και να συνθέτουν δικά τους.

Ο ερευνητής προσπάθησε να συνδυάσει τα παραπάνω σημεία σχεδιάζοντας μια διδακτική πρόταση, που βασίζεται στην κατασκευαστική προσέγγιση της μάθησης, για τη αναλυτική διδασκαλία ενός προγραμματιστικού σχεδίου σε μαθητές δημοτικού, έτσι ώστε οι μαθητές να κατακτήσουν, πέρα από το μηχανισμό, και την εξήγηση. Έτσι, σχεδίασε ένα σενάριο δραστηριοτήτων που θα υλοποιούνταν μέσα σε ένα κονστραξιονιστικό πλαίσιο, όπου οι μαθητές θα είχαν ενεργό συμμετοχή, και θα δοκίμαζαν τις ιδέες τους θέτοντάς τις υπό αμφισβήτηση στα πλαίσια της ομάδας εργασίας τους. Σημαντική θέση στη διαμόρφωση της διδακτικής πρότασης κατείχε το θεωρητικό πλαίσιο της εργαλειακής γένεσης, καθώς ο ερευνητής θεώρησε πως οι έννοιες των σχημάτων χρήσης και των σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης, μπορούν να αντιστοιχηθούν με αυτές της εξήγησης και του μηχανισμού. Για το λόγο αυτό, βασικός στόχος του ερευνητή ήταν η εργαλειοποίηση του σχεδίου, το οποίο δόθηκε ρητά στους μαθητές ως τεχνούργημα με ημιτελή μορφή. Σκοπός του ερευνητή ήταν το μισοψημένο αυτό δόμημα, να παρακινήσει τους μαθητές να το επεξεργαστούν και να το τελειοποιήσουν προκειμένου να ολοκληρώσουν τη

δραστηριότητα, και, επομένως, να διαμορφώσουν ισχυρότερα σχήματα χρήσης και εργαλειοποιημένης δράσης, εργαλειοποιώντας το σχέδιο.

Στην τρίτη δραστηριότητα του σεναρίου οι μαθητές επεξεργάστηκαν το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στη Χελωνόσφαιρα, σύμφωνα με τον παραπάνω θεωρητικό σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάστηκαν υπό το πρίσμα των εννοιών της εργαλειακής γένεσης, καθώς αποτελεί ένα θεωρητικό πλαίσιο με λεπτομερώς ορισμένες διαδικασίες, και, έτσι, θεωρήθηκε κατάλληλο για την περιγραφή και την αξιολόγησή τους. Ήδη από τη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με μια πιο απλή μορφή του σχεδίου, το οποίο χρησιμοποίησαν ως εργαλείο για να κυλήσουν σχήματα στον άξονα συμμετρίας τους. Από τις περιγραφές των μαθητών για το πώς ο κώδικας καθιστούσε αυτή την κύλιση δυνατή, φαίνεται οι μαθητές να δημιουργήσαν κάποια πρώτα σχέδια χρήσης για το σχέδιο. Στην επόμενη δραστηριότητα, οι μαθητές φάνηκε να διαμόρφωσαν ακόμα πιο βαθιά σχήματα χρήσης του σχεδίου, αφού πλέον δε κινούσαν το σχήμα μόνο ευθύγραμμο προς μία κατεύθυνση αλλά προς όλες τις κατευθύνσεις. Παράλληλα με τα σχήματα χρήσης φαίνεται να ανέπτυξαν και κάποια σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης για το ημιτελές δόμημα που τους δόθηκε, καθώς ήταν σε θέση να κινήσουν το τάνγκραμ στο χώρο με ακρίβεια. Σε αυτό το σημείο φαίνεται να επιτεύχθηκε μια πρώτη εργαλειοποίηση του σχεδίου (instrumentation), καθώς οι περιορισμοί του τεχνουργήματος, οδήγησαν στην ανάπτυξη αντίστοιχων σχημάτων.

Βέβαια, οι μαθητές δε μπορούσαν να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα καθώς το δόμημα δεν τους επέτρεπε την περιστροφή του σχήματος γύρω από τον εαυτό του. Έπειτα από τη δυσφορία που τους δημιούργησε η συνειδητοποίηση αυτής της ανεπάρκειας του κώδικα, οι μαθητές με την απαραίτητη καθοδήγηση από τον ερευνητή, κατόρθωσαν να διορθώσουν τον κώδικα του σχεδίου, προσθέτοντας στη σωστή θέση τη λειτουργικότητα που τους έλλειπε. Η διαδικασία της προσθήκης του κώδικα φαίνεται να οδήγησε στην ανάπτυξη ορθών σχημάτων χρήσης (usage schemes), καθώς οι μαθητές ήταν σε θέση να περιγράψουν τους λόγους για τους οποίους η διόρθωση του κώδικα έγινε κατά αυτό τον τρόπο. Στο σημείο αυτό θα μπορούσε να υποστηριχθεί πως οι μαθητές εργαλειοποίησαν το εργαλείο

(instrumentalization), αφού το άλλαξαν και το προσάρμοσαν στις ανάγκες τους. Το νέο ολοκληρωμένο σχέδιο οδήγησε στην εξέλιξη των προηγούμενων σχημάτων εργαλειοποιημένης δράσης (instrumented action schemes), τα οποία εμπλουτίστηκαν και εξελίχθηκαν σε σχήματα εργαλειοποιημένης δράσης του ολοκληρωμένου σχεδίου, τα οποία χρησιμοποίησαν ώστε με μεθοδικό τρόπο να τοποθετήσουν τα κομμάτια του πάζλ στη σωστή θέση. Η θέση αυτή υποστηρίζεται ιδιαίτερα από την ευκολία και την ακρίβεια με την οποία οι μαθητές τοποθέτησαν τα τάνγκραμ στη θέση τους, χρησιμοποιώντας τους ολισθητές με αρκετή σιγουριά.

Στην επόμενη και τελευταία δραστηριότητα του σεναρίου, οι μαθητές κλήθηκαν να αξιοποιήσουν το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στη δημιουργία ενός δικού τους δομήματος. Φυσικά, δεν τους ζητήθηκε ρητά να το αξιοποιήσουν αλλά τους δόθηκε ένα πιο ανοικτής φύσης ερώτημα, το οποίο θα επιλύονταν αποτελεσματικότερα αν όντως το αξιοποιούσαν. Σημαντικό εύρημα αποτελεί το γεγονός πως και οι τρεις ομάδες επέλεξαν να αξιοποιήσουν το σχέδιο. Άσχετα από τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν κατά τη εφαρμογή του κώδικα του σχεδίου και της σύνδεσής του με τον κώδικα του δομήματός τους, οι οποίες όπως φαίνεται οφείλονταν κυρίως στην έλλειψη οργανωμένου πλάνου επίλυσης του προβλήματος που έθεσαν οι μαθητές στον εαυτό τους, το γεγονός πως οι μαθητές και των τριών ομάδων επιχείρησαν να το συμπεριλάβουν αυτούσιο στον κώδικά τους, μπορεί να θεωρηθεί ισχυρό στοιχείο υπέρ της εργαλειοποίησης του σχεδίου. Οι μαθητές προκειμένου να δημιουργήσουν κινούμενα δομήματα στη χελωνόσφαιρα αναφέρθηκαν απευθείας στη χρήση του σχεδίου με τις τρεις μεταβλητές για ελεύθερη κίνηση. Μάλιστα, ένας μαθητής προέβαλε μια αντίρρηση ως προς τον αριθμό των μεταβλητών, αφού η ομάδα του δεν είχε αποφασίσει ακόμα για τον τρόπο με τον οποίο θα ήθελαν να κινείται το σχήμα τους, δείχνοντας πως η χρήση του σχεδίου δεν έγινε άκριτα, αλλά συνειδητά. Φαίνεται, λοιπόν, οι μαθητές να διαμόρφωσαν ένα γνωστικό σχήμα για τη διαδικασία της κίνησης (και κατ' επέκταση του σχεδίου) ως κώδικας που τους δίνει τη δυνατότητα να κινούν σχήματα και δομήματα στο χώρο της χελωνόσφαιρας.

5. Μελλοντική εργασία

Καταληκτικά, με βάση τα παραπάνω φαίνεται πως ο ερευνητής θα μπορούσε να υποστηρίξει πως οι μαθητές εργαλειοποίησαν το σχέδιο των κινούμενων σχημάτων στη χελωνόσφαιρα σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, οι επιφυλάξεις πρέπει να είναι αρκετές, τόσο εξαιτίας του βαθμού εμπλοκής του ερευνητή στην εκπαιδευτική διαδικασία, αλλά και της μικρής κλίμακας της έρευνας. Η εμπλοκή του ερευνητή κρίθηκε απαραίτητη στο σημείο που οι μαθητές βρέθηκαν στο αδιέξοδο που τους οδήγησε το ημιτελές δόμημα, καθώς οι μαθητές φάνηκε να μην είχαν σκοπό να επεξεργαστούν και να αλλάξουν τον κώδικα. Ο ερευνητής έπρεπε να τους ωθήσει σε αυτό κάνοντας πιο φανερή την ανάγκη τους για μια πρόσθετη λειτουργικότητα, αλλά κυρίως διευκρινίζοντας πως μπορούν ελεύθερα να επέμβουν στον κώδικα. Ο λόγος αυτής της έλλειψης πρωτοβουλίας από τη μεριά των μαθητών οφείλεται κατά τον ερευνητή σε μεγαλύτερο βαθμό στην άποψη των μαθητών για την αυθεντία του ως σχεδιαστή, ο οποίος δε θα τους έδινε κάτι το οποίο θα ήταν λάθος, και λιγότερο σε γνωστικού τύπου αδυναμία. Αυτό είναι και ένα βασικό στοιχείο που θα λάβει υπόψη του ο ερευνητής στο σχεδιασμό των επόμενων κύκλων της έρευνας, ξεκαθαρίζοντας στους μαθητές πως είναι ελεύθεροι στο να επέμβουν στον κώδικα που τους δίνεται, απαλλάσσοντάς τους εξαρχής από τέτοιου είδους ενδοιασμούς.

Ένα ακόμα στοιχείο που θα ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό επόμενων κύκλων της έρευνας είναι ο χρόνος διεξαγωγής του σεναρίου. Ο ερευνητής κρίνει σκόπιμη τη χρονική επιμήκυνση της διεξαγωγής του σεναρίου για την επεξεργασία του σχεδίου. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα έχουν περισσότερο χρόνο στη διάθεση τους να σκεφτούν και να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες, να συζητήσουν πιο πολύ και να δοκιμάσουν ελεύθερα περισσότερες υποθέσεις, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο το βαθμό επεμβατικότητας του ερευνητή.

Για να υποστηριχθεί με μεγαλύτερη σιγουριά η αποτελεσματικότητα της διδακτικής πρότασης του ερευνητή, η οποία σύμφωνα με τα συμπεράσματα φαίνεται να ήταν επιτυχής στο δεδομένο πλαίσιο, χρειάζεται να σχεδιαστούν νέοι κύκλοι έρευνας. Οι κύκλοι αυτοί θα πρέπει να αποσκοπούν στην ενίσχυση

της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων όλης της έρευνας και για το λόγο αυτό θα πρέπει να εστιάζουν τόσο στην υλοποίηση του σεναρίου και τη συλλογή δεδομένων σε διευρυμένο πλαίσιο, αλλά και το σχεδιασμό νέων σεναρίων που να έχουν ως αντικείμενό τους τη διδασκαλία άλλων σχεδίων και στρατηγικών σύνδεσής τους με βάση το συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε σε αυτή την εργασία. Έτσι, λοιπόν, ο ερευνητής σκοπεύει οι επόμενοι κύκλοι της έρευνας να αφορούν την υλοποίηση του σεναρίου με μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, οι οποίοι να προέρχονται και από διαφορετικά υπόβαθρα, όπως για παράδειγμα να μη έχουν τόσο μεγάλο βαθμό εξοικείωσης με τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, όπως οι μαθητές της έρευνας αυτής. Επίσης, στους νέους αυτούς κύκλους, ο ερευνητής επιθυμεί να διορθώσει τα σημεία που φάνηκε να δημιουργούν προβλήματα κατά τη διεξαγωγή αυτής της μικρής έρευνας, αφιερώνοντας περισσότερο χρόνο για συζήτηση με τους μαθητές πριν τις δραστηριότητες, αλλά και δίνοντάς τους περισσότερο χρόνο να προβληματιστούν και να δοκιμάσουν υποθέσεις. Έπειτα, ο ερευνητής σκοπεύει να επεκτείνει το διδακτικό σχεδιασμό του σεναρίου στη διδασκαλία και άλλων σχεδίων, που θα μπορούσαν οι μαθητές να χρησιμοποιούν για την επίλυση προβλημάτων. Ένα τέτοιο σχέδιο θα μπορούσε σχετίζεται με τις δομές επανάληψης, κάτι που αποτελεί άλλη μία βασική προγραμματιστική έννοια.

6. Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. *Future of Learning Group Publication*, 5(3), 438.
- Ackermann, E. (2004). Constructing knowledge and transforming the world. *A Learning Zone of One's Own: Sharing Representations and Flow in Collaborative Learning Environments*, 1, 15–37.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14.
- Bonar, J., & Soloway, E. (1985). Preprogramming Knowledge: A Major Source of Misconceptions in Novice Programmers. *Human-Computer Interaction*, 1(2), 133–161. https://doi.org/10.1207/s15327051hci0102_3
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Cobb, P., Confrey, J., Lehrer, R., Schauble, L., & others. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Cohen, L., Manion, L., & Morisson, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας* (Σ. Κυρακάνης, Μ. Μαυρακάκη, Χ. Μητσοπούλου, Π. Μπιθαρά, Μ. Φιλοπούλου, μετάφ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Collective, T. D.-B. R. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 5–8.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.

- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon, & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). New York: Springer-Verlag. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Γκίκια, Ε. (2002). Σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (σεναρίων) για το μάθημα της Ιστορίας με τη χρήση εργαλείων των νέων τεχνολογιών: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Στο Χ. Κυνηγός & Ε. Δημαράκη (Επιμ.), *Νοητικά εργαλεία και πληροφοριακά μέσα: Παιδαγωγική αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας για τη μελέτη της εκπαιδευτικής πρακτικής* (σσ. 350-368). Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning. *Collaborative-Learning: Cognitive and Computational Approaches*, 1, 1-15.
- Dillenbourg, P., Baker, M. J., Blaye, A., & O'Malley, C. (1995). *The evolution of research on collaborative learning*. Elsevier, Oxford. Retrieved from <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190626/>
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., & van Gisbergen, S. (2009). Instrumental orchestration: theory and practice. In *Proceedings of the sixth congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1349-1358). Retrieved from <http://lokar.fmf.uni-lj.si/www/EMV2/mod4/media/reading/DrijversEtAl2010ProceedingsCerme6.pdf>
- Du Boulay, B. (1986). Some Difficulties of Learning to Program. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 57-73. <https://doi.org/10.2190/3LFX-9RRF-67T8-UVK9>

- Edwards, L. D. (1998). Embodying mathematics and science: Microworlds as representations. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 53–78.
- Falbel, A. (1993). *Constructionism: Tools to build (and think) with*. Toronto: LEGO DACTA.
- Guzdial, M. (2004). Programming environments for novices. *Computer Science Education Research*, 2004, 127–154.
- Healy, L., & Kynigos, C. (2010). Charting the microworld territory over time: design and construction in mathematics education. *ZDM*, 42(1), 63–76.
<https://doi.org/10.1007/s11858-009-0193-5>
- Hoyles, C., & Noss, R. (2015). A computational lens on design research. *ZDM*, 47(6), 1039–1045. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0731-2>
- Jeannette, M. W. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Jobrack, B. (2013). The 5E Instructional Model: Engage Explore Explain Evaluate Extend. From *Science, Technology, Engineering and Mathematics*.
- Kynigos, C. (2003). Teacher Education and the Teaching Profession. In *Learning and Teaching in the Communication Society*, Theme 1 – Teacher Training and the Role of Teaching in the Communication Society, CD-ESR-GT2 (2003) 1, Council of Europe, 35-59.
- Kynigos, C. (2004). A “black-and-white box” approach to user empowerment with component computing. *Interactive Learning Environments*, 12(1–2), 27–71.
- Kynigos, C. (2007). Half-baked logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education-International Journal*, 6, 335–358.

- Kynigos, C. (2012). *Niches for Constructionism: forging connections for practice and theory* (Υλικό μαθήματος). ΕΚΠΑ, Τμήμα Φιλοσοφίας-Παιδαγωγικής-Ψυχολογίας, ΠΜΣ: ΘΕΠΑΕΕ, Αθήνα.
- 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. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17187-6_24
- Kynigos, C., & Moustaki, F. (2014). Designing digital media for creative mathematical learning (pp. 309–312). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2593968.2610479>
- Κυνηγός Χ., Γιαννούτσου Ν., Φράγκου Σ. (2006). Μετατρέποντας «Μισοψημένους Μικροκόσμους» σε ηλεκτρονικά παιχνίδια: μια πρόταση για τη διδασκαλία του προγραμματισμού. Στο Δαγδιλέλης Β., Ψύλλος ., (επιμ), *Πρακτικά του 5ου Πανελλήνιο Συνέδριο Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη 5-8 Οκτωβρίου 2006, τόμος β* σελ. 440-448.
- Κυνηγός, Χ. (2011). *Το μάθημα της διερεύνησης: Παιδαγωγική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών για τη διδακτική των μαθηματικών: από την έρευνα στη σχολική τάξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.
- Linn, M. C. (1985). The Cognitive Consequences of Programming Instruction in Classrooms. *Educational Researcher*, 14(5), 14–29. <https://doi.org/10.3102/0013189X014005014>
- Merriam, S. B., Caffarella, R. S., and Baumgartner, L. (2007). *Learning in adulthood: A comprehensive guide, 3rd ed.* San Francisco: Jossey-BassWiley.

- Μαστροκώστας, Π. (2015). Διαδικαστικός προγραμματισμός: Η γλώσσα C. *Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών*. Ανακτήθηκε 01 Σεπτεμβρίου, 2017 από https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1346/1/00_master%20document_KOY.pdf
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1–11.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2003). From computer to instrument system: a developmental perspective. *Interacting with Computers*, 15(5), 665–691. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00058-4](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00058-4)
- Resnick, M., Silverman, B., Kafai, Y., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., ... Silver, J. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Rist, R. S. (1989). Schema creation in programming. *Cognitive Science*, 13(3), 389–414.
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming: A review and discussion. *Computer Science Education*, 13(2), 137–172.
- Robson, C. (2007). *Η Έρευνα του Πραγματικού Κόσμου* (Β. Νταλάκου, Κ Βασιλικού, μετάφ.). Αθήνα: Gutenberg.
- Rogalski, J., & Samurçay, R. (1990). Acquisition of programming knowledge and skills. In J.M. Hoc, T.R.G. Green, R. Samurçay, & D.J. Gillmore (Eds.), *Psychology of programming* (pp. 157–174). London: Academic Press.
- Roschelle, J., & Teasley, S. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C. E. O'Malley (Ed.), *Computer supported*

- collaborative learning*. (pp. 69-97). Heidelberg: Springer-Verlag.
doi:10.1007/978-3-642-85098-1_5
- Selby, C. (2011). Four approaches to teaching programming. Retrieved from
<http://eprints.soton.ac.uk/346935/>
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L., & Feuer, M. J. (2003). On the science of
education design studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25–28.
- Soloway, E. & Ehrlich, K. (1984). Empirical studies of programming knowledge. IEEE
Transactions on Software Engineering, 10, 5, pp 595-609.
- Soloway, E. (1986). Learning to program= learning to construct mechanisms and
explanations. *Communications of the ACM*, 29(9), 850–858.
- Stager, G. (2005). Papertian constructionism and the design of productive contexts for
learning. *Proceedings of EuroLogo 2005*. Retrieved from
<http://www.stager.org/articles/eurologo2005.pdf>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). *Why some material is difficult to learn*.
Cognition & Instruction, 12, 185-233.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in
computerized learning environments: Guiding students' command process
through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for
Mathematical Learning*, 9(3), 281.
- Trouche, L. (2005). An instrumental approach to mathematics learning in
symbolic calculator environments. In D. Guin, K. Ruthven, & L. Trouche
(Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a
computational device into a mathematical instrument* (pp. 137-162). New
York: Springer.

- Τζιμογιάννης Α. & Κόμης Β. (2000). Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. Στο *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*, 103-114, Πάτρα.
- Verillion, P. & Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10 (1), 77-101.
- Vérillon, P., & Andreucci, C. (2006). Artefacts and cognitive development: how do psychogenetic theories of intelligence help in understanding the influence of technical environments on the development of thought? In M. De Vries & E. Mottier (Eds.), *International Handbook of Technology Education: The State of the Art* (pp. 399-416). Rotterdam: Sense Publishers
- Wegerif, R., & Mercer, N. (Eds.). (1997). *Computers and talk in the primary classroom*. Clevedon [England] ; Philadelphia: Multilingual Matters, Ltd.
- Weinberger, A., & Fischer, F. (2006). A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education*, 46(1), 71-95. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.04.003>
- Winslow, L. E. (1996). Programming pedagogy—a psychological overview. *ACM Sigcse Bulletin*, 28(3), 17-22.