



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

*μεταπτυχιακή εργασία
με τίτλο*

Τροχαία ατυχήματα στον Ελλαδικό χώρο και συνθήκες καιρού

Μία μελέτη περίπτωσης αξιοποιώντας στατιστικά εργαλεία

*ως μερική υποχρέωση περάτωσης του
Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών*

**«Διοίκηση, Αναλυτική και
Πληροφοριακά Συστήματα Επιχειρήσεων»**

από την
Ειρήνη Βάρσου

ΑΘΗΝΑ, 2019

Copyright

Πίνακας περιεχομένων

COPYRIGHT	0
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΈΡΕΥΝΑΣ.....	11
3.1 ΠΗΓΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΈΡΕΥΝΑΣ	11
3.2 ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΈΡΕΥΝΑΣ, ΧΩΡΙΚΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ & ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ..	11
3.2.1 Οδικά / Τροχαία Ατυχήματα	11
3.2.2 Καιρός & Καιρικές Παράμετροι.....	12
3.2.3 Πληθυσμιακά Δεδομένα.....	14
3.2.4 Περιφέρειες.....	14
3.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
3.3.1 Ανάλυση Χρονοσειρών.....	15
3.3.3 Παλινδρόμηση.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
4.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ & ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΓΕΘΩΝ	16
4.1.1 Στατιστικά Αριθμού Θυμάτων.....	16
4.1.2 Χρονική Εξέλιξη Αριθμών Θυμάτων	22
4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΘΥΜΑΤΩΝ & ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	48
4.2.1 Συνολική εικόνα	48
4.2.2 Εικόνα ανά νομό έρευνας.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	77

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Θηκόγραμμα μη-ανηγμένου πλήθους νεκρών ανά νομό.....	18
Εικόνα 2: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους νεκρών προς πληθυσμό ανά νομό.	19
Εικόνα 3: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους σοβαρά τραυματισμένων ως προς πληθυσμό ανά νομό.....	20
Εικόνα 4: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους ελαφρά τραυματιών ως προς πληθυσμό ανά νομό.....	21
Εικόνα 5: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Αττική.....	23
Εικόνα 6: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Κεντρική Μακεδονία.....	25
Εικόνα 7: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Στερεά Ελλάδα.....	27
Εικόνα 8: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Πελοπόννησος.....	29
Εικόνα 9: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Δυτική Ελλάδα.....	31
Εικόνα 10: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ήπειρος.....	33
Εικόνα 11: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Θεσσαλία.....	35
Εικόνα 12: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Δυτική Μακεδονία.....	37
Εικόνα 13: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ανατολική Μακεδονία & Θράκη.....	39
Εικόνα 14: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Βόρειο Αιγαίο.....	41
Εικόνα 15: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Νότιο Αιγαίο.....	43
Εικόνα 16: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Κρήτη.....	45
Εικόνα 17: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ιόνια Νησιά.....	47
Εικόνα 18: Γραμμική & τετραγωνική παλινδρόμηση μεταξύ ατυχημάτων και νεκρών.....	48
Εικόνα 19: Συγκριτικό γράφημα πυκνότητας πιθανότητας μεταξύ νεκρών, βαριά και ελαφρά τραυματιών.....	49
Εικόνα 20: Ανάλυση cluster των στατιστικών μεταβλητών (I).....	56
Εικόνα 21: Ανάλυση cluster των στατιστικών μεταβλητών (II).....	57

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Δρίβα Κυριάκο, για τη συνεχή υποστήριξη του και τις πολύτιμες συμβολές του για την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξή τους, τόσο ψυχολογική όσο και οικονομική, ώστε να φέρω εις πέρας τους στόχους μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, για την αμέριστη συμπαράστασή τους, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία είναι το αποτέλεσμα μελέτης, συλλογής και επεξεργασίας πρωτογενών δεδομένων και ερμηνείας της ανάλυσής τους με σκοπό την εύρεση συσχέτισης τροχαίων ατυχημάτων και συνθηκών καιρού, η οποία να είναι στατιστικά σημαντική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

Το παρόν κείμενο αποτελεί μία απόπειρα συμπλήρωσης της ελληνικής βιβλιογραφίας με θέμα τη **στατιστική συσχέτιση τροχαίων ατυχημάτων**, χρησιμοποιώντας ως απόλυτα μέτρα τις ανθρώπινες επιπτώσεις, **με τις καιρικές συνθήκες** που επικρατούσαν στην αντίστοιχη γεωγραφική περιοχή του ελλαδικού χώρου. Το *ρηζικέλευθο* της έρευνας, που δεν ταυτίζεται μόνο στην ονοματολογία της θεματικής, αποτυπώνεται στην **ποσοτική στατιστική μεθοδολογία έρευνας** ή ανάλυση δεδομένων και στην **ποιοτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, εντός ενός αυστηρά συγκεκριμένου πλαισίου δυνατοτήτων και αδυναμιών των ερευνητικών δεδομένων και παραδοχών μας¹.

Τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν μία σύγχρονη παγκόσμια μάστιγα, που – δυστυχώς – κινήθηκε χρονικά παράλληλα με τη χρήση μηχανοκίνητων μέσων, είτε ιδιωτικών, είτε ιδιωτικών παροχής υπηρεσιών προς τρίτους ή δημόσιων. Είναι μελετημένα και ως προς το σύνολο των παραγόντων που καλούνται *γενεσιουργός αιτία*, αλλά και ως προς τις *επιπτώσεις* τους στο κοινωνικό σύνολο². Θα φανεί στο επόμενο κεφάλαιο μία οπτική περί των τροχαίων ατυχημάτων που αφορά από τη μία τα μηχανοκίνητα οχήματα και από την άλλη την ανθρώπινη πλευρά.

Έχοντας εντοπίσει – ή καλύτερα **θέσει**³ – τις καιρικές συνθήκες ως γενεσιουργό αιτία τροχαίων ατυχημάτων, με αποτέλεσμα είτε *τραυματισμένους* ή *νεκρούς*

¹ Περισσότερες λεπτομέρειες θα εντοπίσει ο αναγνώστης στα αντίστοιχα κεφάλαια, **Ανάλυση Δεδομένων και Συμπεράσματα & Μελλοντικές Προσεγγίσεις**.

² Ανάλυση αυτών θα δοθεί το κεφάλαιο **Επισκόπηση Βιβλιογραφίας & Θεωρητικό Υπόβαθρο**.

³ Μιας και στην **Εισαγωγή**, εδώ, δεν έχει ακόμη εκτιμηθεί η Στατιστική Συμπερασματολογία.

ανθρώπους⁴, αναπτύσσουμε σε επόμενο κεφάλαιο τις καιρικές παραμέτρους, που ως **στατιστικές μεταβλητές** αναμένουμε να συσχετίζονται με τον αριθμό των θυμάτων. Οι καιρικές παράμετροι που προαναφέραμε οριοθετούν το καιρικό πλαίσιο συνθηκών, όπως τα κατακρημνίσματα εν παραδείγματι – πρωτογενώς – ή αύξηση πιθανότητας για βλάβες στα οχήματα ή επιπτώσεις την ανθρώπινη υγεία – δευτερογενώς⁵. Στα προηγούμενα, κατατάσσονται και οι αδυναμίες του τρόπου έρευνας του παρόντος πονήματος.

⁴ Τα απόλυτα μέτρα ανθρώπινων επιπτώσεων, που αναφέρονται παραπάνω.

⁵ Περισσότερα στα κεφάλαια **Μεθοδολογία Έρευνας και Συμπεράσματα & Μελλοντικές Προσεγγίσεις**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Η παγκόσμια ερευνητική βιβλιογραφία⁶ με τη μορφή **original research papers**, **review papers** και **book chapters**⁷ έχει ασχοληθεί με **το φαινόμενο των τροχαίων ατυχημάτων**, ως προς τη *γενετική*, την *πρόληψη* και την *αντιμετώπιση* εφόσον συμβούν (Brodsky H., 1988), (F. L. Mannering, 2014), (F. Malin, 2019), (H. Martensen, 2016), (Mannering, 2018), (Satterthwaite, 1976), . Στις επόμενες παραγράφους αναλύουμε συνοπτικά αυτές τις πτυχές.

Τα **τροχαία ατυχήματα** αποτελούν ένα **συχνότατο** φαινόμενο σε όλο τον πλανήτη. Καθημερινά γίνονται – σίγουρα – χιλιάδες, ορισμένα μικρότερης σοβαρότητας και άλλα πολύ μεγαλύτερης. Τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν έναν ιδιαίτερα σοβαρό παράγοντα από τον οποίο χάνονται πολλές ανθρώπινες ζωές και οι γενεσιουργές αιτίες αυτών δύναται να είναι πολλές. Ο κυριότερος, ίσως, παράγοντας είναι ο άνθρωπος και το λεγόμενο **ανθρώπινο λάθος** – που μελετάται παρακάτω, το οποίο ουκ ολίγες φορές έχει οδηγήσει σε πολύ σοβαρά περιστατικά ατυχημάτων. Ένας ακόμα εξίσου σημαντικός παράγοντας, είναι η κατάσταση του οχήματος και κατά πόσο μπορεί αυτό να «αντιδράσει» σωστά σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Για παράδειγμα, τα φθαρμένα ελαστικά αποτελούν κίνδυνο καθώς μειώνουν την πρόσφυση με το οδόστρωμα και πιθανόν σε έκτακτες συνθήκες να μην είναι σε θέση ο οδηγός να το ελέγξει, με σοβαρές συνέπειες στη συνέχεια. Τέλος, οι καιρικές συνθήκες που

⁶ Η επισκόπηση / αναζήτηση ηλεκτρονικά έλαβε χώρα μέσω των βάσεων δεδομένων ερευνητικών άρθρων των εκδοτικών οίκων **Elsevier**, **Springer** και **Wiley**.

⁷ Άρθρα αυθεντικής έρευνας, άρθρα επισκόπησης, βιβλία / κεφάλαια σε τόμους.

επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του ατυχήματος παίζουν συχνά σημαντικό ρόλο. Κατά καιρούς έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες οι οποίες εξετάζουν τη σχέση ατυχήματος και καιρικών συνθηκών. Θα συζητηθούν εκτενέστερα παρακάτω.

Η έρευνα συσχέτισης καιρού και οδικών ατυχημάτων δεν εξαντλείται, φυσικά, στην παρούσα εργασία. Η **προβληματική αντιμετώπισης στατιστικά του φαινομένου**, αλλά και των ενδεχόμενων συσχετίσεων, αφορά στην εύρεση κατάλληλου μοντέλου ανάλυσης χρονοσειρών, παλινδρόμησης, παρεμβολής, μηχανικής μάθησης – ή όποιας άλλης μεθόδου – και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων (H. Martensen, 2016). Η εργασία αυτή – επί της ουσίας – παρουσιάζει τα πλέον σύγχρονα εργαλεία στη στατιστική μελέτη γενικότερα και στη στατιστική συσχέτιση ατυχημάτων και καιρικών συνθηκών ειδικότερα.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους συγγραφείς του (Brodsky H., 1988), η βροχή δείχνει να επηρεάζει αυξητικά τον αριθμό των συμβάντων. Παρατηρήθηκε όμως κάτι, το οποίο αρχικά δείχνει οξύμωρο. Οι σποραδικές βροχές τείνουν να είναι πιο επικίνδυνες από αυτές που διαρκούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.. Και αυτό διότι συνεχόμενη βροχόπτωση δρα θετικά στον ουσιαστικό καθαρισμό του οδοστρώματος, ενώ σε αντίθετη περίπτωση οι περιστασιακές βροχοπτώσεις, μετατρέπουν τις ακαθαρσίες του δρόμου σε έναν εξαιρετικά ολισθηρό παράγοντα, καθιστώντας τον έτσι πολύ επικίνδυνο για τους οδηγούς. Συνεπώς, **μια ξαφνική βροχή για λίγη ώρα ακολουθούμενη από περίοδο ξηρασίας, ίσως να είναι περισσότερο επικίνδυνη από έντονη και συνεχόμενη βροχόπτωση**.

Στην έρευνα (National Transportation Safety Board) που διενεργήθηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Ασφαλείας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 1975 και το 1976, απεδείχθη πως τα θανατηφόρα ατυχήματα σε υγρό οδόστρωμα εμφανίζονται 3.9 έως 4.5 φορές συχνότερα από ότι σε στεγνό δρόμο.

Ετήσια μελέτη που διενεργήθηκε στην Καλιφόρνια το 1970 (Satterthwaite, 1976), έδειξε πως ο μέσος αριθμός των ατυχημάτων ήταν 353/ημέρα και η διακύμανση ήταν 11.158. Στη συνέχεια, αφού αποκλείστηκαν 23 βροχερές ημέρες, η παραμονή των Χριστουγέννων καθώς και η μέρα των Χριστουγέννων, η διακύμανση μειώθηκε 70%. Ο αριθμός των τροχαίων κατά τις μέρες που είχε βροχόπτωση ήταν διπλάσιος από τον αντίστοιχο κατά τις ξηρές μέρες.

Το φαινόμενο του οδικού ατυχήματος, σε μικρή κλίμακα ή μεγάλη, προβλεπτικά ή ιστορικά βασίζεται ιδιαίτερα στην έννοια του ανθρώπινου **λάθους**⁸, της ανθρώπινης **απροσεξίας** ή, καλύτερα, της **ανθρώπινης μεροληψίας**. Η *τυχαιότητα* ή η *στοχαστικότητα* του ανθρωποκεντρικού αυτού φαινομένου σε συνδυασμό με την παρατηρηθείσα υψηλή συχνότητα περιπτώσεων χαμηλού κινδύνου έως τις ενδεχομένως κατανομές σπανίων γεγονότων στις περιπτώσεις υψηλού κινδύνου, έχει οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα στην εύρεση ποσοτικών και ποιοτικών ερμηνευτικών και προβλεπτικών μοντέλων των παραμέτρων ατυχημάτων. Φυσικά, και των τροχαίων ατυχημάτων.

Από τη σκοπιά της πρόβλεψης ατυχημάτων και του σχεδιασμού στρατηγικής αντιμετώπισης είναι βέβαιο πως η αστάθεια τέτοιων στοχαστικών δυναμικών συστημάτων της μορφής

άνθρωποι + οχήματα

δεν ευνοεί την υλοποίησή τους, όπως και αναγνωρίζεται στο (Mannering, 2018). Κινητήριος δύναμη του συστήματος είναι η ανθρώπινη **συμπεριφορά**. Ειδικότερα, από τους συγγραφείς ρίπτεται το βάρος στη **γνωστική μεροληψία**, δηλαδή στη μερική πληροφόρηση κατά τη διάρκεια κίνησης πριν το ατύχημα, με πλειάδα διάφορων επιπέδων εμφάνισης στη συμπεριφορά και, κατ' επέκταση, σε ιδιαίτερα λεπτά ως προς την αύξηση θυμάτων στο δρόμο, ζητήματα, όπως *επιτευξιμότητα τρόπου οδήγησης, αντίληψη κινδύνου και αντιμετώπιση κινδύνου*.

Στην ίδια κατεύθυνση στο review (F. L. Mannering, 2014) έχουμε ορισμένα από προτεινόμενα στατιστικά μοντέλα⁹ μελέτης **συχνότητας τροχαίων ατυχημάτων**¹⁰ ακριβώς παρακάτω:

- Μοντέλο παλινδρόμησης Poisson.
- Μοντέλο αρνητικής διωνυμικής κατανομής.
- Μοντέλο κατανομών Poisson – Γ.
- Μοντέλα χρονικής διάρκειας.
- Μοντέλα Πολυμεταβλητής Ανάλυσης.
- Μοντέλο Poisson μηδενικού πληθωρισμού.

⁸ Επίτηδες ή μη.

⁹ Χρήση **μεθοδολογιών** που σε πλήθος έτερων δημοσιεύσεων είχαν επιτυχία.

¹⁰ Περισσότερα μπορούν να βρεθούν ως προς τα μοντέλα στα (Duchon C., 2012), (H. Kobayashi, 2012), (Thomopoulos, 2017), (Weiss, 2017).

- Μοντέλα νευρωνικών δικτύων.
- Μοντέλα διανυσματικής μηχανικής μάθησης.
- Μοντέλα Ιεραρχίας.
- Μοντέλα χωρικής ανάλυσης.
- Μοντέλα εκτίμησης σπάνιων γεγονότων.
- Μοντέλα λογαριθμοκανονικής κατανομής.
- Μοντέλα λογιστικών κατανομών.
- Λογαριθμογραμμικά μοντέλα.

Κάθε ένα από τα παραπάνω έχει χρησιμοποιηθεί με *κριτήρια* τη **μέγιστη πιθανοφάνεια των προβλέψεών του, μείωση ρίσκου ή μείωση ετερογένειας**.

Κατ' αντιστοιχία με τη μελέτη των ανθρωπίνων λαθών, των οδικών ατυχημάτων ως τυχαίων γεγονότων, έχει υπάρξει ερευνητική κατεύθυνση και – φυσικά – προς τη δυνητικότητα ανάπτυξης *μηχανολογικών, ηλεκτρολογικών, ηλεκτρονικών, προγραμματιστικών ή άλλων λαθών*, που δεν αφορούν όμως τα άμεσα εμπλεκόμενα θύματα (F. Malin, 2019). Προφανώς, λόγω της μη – δυνατότητας ελέγχου εκ των προτέρων κάθε όχημα προς ενός ατυχήματος, με ενδεδειγμένες τεχνικές δειγματοληψίας, προσομοιώσεις καιρού και πεπερασμένης συνδυαστικής πιθανών κινδύνων εκτός καιρού υπάρχουν πιθανοθεωρητικά, τουλάχιστον, αποτελέσματα (F. Malin, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία Έρευνας

3.1 Πηγές Πρωτογενών Δεδομένων Έρευνας

Η συλλογή των **πρωτογενών δεδομένων** έγινε από δύο πηγές. Όσον αφορά τα οδικά ατυχήματα μέσω του site της **Ελληνικής Στατιστικής Αρχής** (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) (Ελληνική Στατιστική Αρχή), ενώ για τα καιρικά δεδομένα πηγή ήταν το **meteo** (meteo).

3.2 Χρονικό Διάστημα Έρευνας, Χωρική Οριοθέτηση & Βασικοί Ορισμοί

3.2.1 Οδικά / Τροχαία Ατυχήματα

Η περίοδος που εξετάζεται ξεκινάει από τον *Ιανουάριο του 2011* έως και τον *Αύγουστο του 2017*, για κάθε νομό της Ελλάδος, ενώ έχουν συλλεχθεί *μηνιαία* δεδομένα.

Ακολουθούν οι κατηγορίες όσον αφορά το ανθρωποκεντρικό – ιατρικό σκέλος των οδικών ατυχημάτων, μαζί με τους ορισμούς όπως αυτοί δίδονται από την (Ελληνική Στατιστική Αρχή).

- **Ατυχήματα:** θεωρούνται τα συμβάντα, τα οποία γίνονται στους δρόμους ή στις πλατείες, που είναι ελεύθερες στη δημόσια χρήση (όχι σε αυλές, βιομηχανικούς χώρους, αμαξοστάσια των επιχειρήσεων μεταφορών κλπ.), με συμμετοχή σε αυτά ενός ή περισσότερων οχημάτων, από τα οποία το ένα τουλάχιστον βρισκόταν σε κίνηση κατά τη στιγμή του ατυχήματος και – τα συμβάντα αυτά – είχαν ως αποτέλεσμα τον θάνατο ή τον τραυματισμό προσώπου ή προσώπων.

- **Νεκρός:** θεωρείται το πρόσωπο εκείνο, του οποίου ο θάνατος επέρχεται την ίδια στιγμή ή μέσα σε διάστημα 30 ημερών από το ατύχημα (τον ορισμό αυτό ακολουθεί η Ελλάδα από 01.01.1996).
- **Βαριά τραυματίας:** θεωρείται το πρόσωπο, το οποίο υπέστη σοβαρή βλάβη, όπως κρανιοεγκεφαλική κάκωση, ακρωτηριασμό, πολλαπλό τραυματισμό με αποτέλεσμα το άτομο είτε να χάσει τη διανοητική του επαφή με το περιβάλλον είτε να κινδυνεύει σοβαρά η ζωή του.
- **Ελαφρά τραυματίας:** θεωρείται το παθόν πρόσωπο, που υπέστη απλή σωματική κάκωση, μη ικανή να θέσει την ζωή του σε κίνδυνο.
- **Όχημα:** Περιλαμβάνονται τα αυτοκίνητα οχήματα, τα ηλεκτροκίνητα λεωφορεία (τρόλλεϋ), τα τραμ, οι μοτοσυκλέτες, τα ποδήλατα και μοτοποδήλατα, τα αγροτικά μηχανήματα, τα μηχανήματα οδοποιίας, τα ζωήλατα οχήματα και οι χειράμαξες. Στα οχήματα δεν περιλαμβάνονται οι σιδηρόδρομοι, ωστόσο αν στο ατύχημα συμμετέχει όχημα μιας τουλάχιστον από τις παραπάνω κατηγορίες, τότε το ατύχημα θεωρείται οδικό τροχαίο και περιλαμβάνεται στην έρευνα.

3.2.2 Καιρός & Καιρικές Παράμετροι

Για τα καιρικά δεδομένα, αυτά συλλέχθηκαν από την ηλεκτρονική σελίδα του meteo. Πρόκειται για μια διαδικτυακή εφαρμογή και επισκέψιμη βάση δεδομένων του **Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών**. Επιλέχθηκε έναντι της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) καθότι προσέφερε περισσότερο αριθμό πόλεων ανά νομό. Με αυτόν τον τρόπο ελήφθησαν πιο εστιασμένες – ποιοτικά και χωρικά – πληροφορίες για τους νομούς.

Για κάθε νομό επιλέχθηκε μια **αντιπροσωπευτική πόλη** (συνήθως επρόκειτο για την πρωτεύουσα) στην οποία υπάρχει εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός. Εάν, όμως, για κάποιον νομό δεν υπήρχε διαθέσιμος μετεωρολογικός σταθμός, επιλέγονταν σταθμός από όμορο νομό.

Για να γίνει πλήρως αντιληπτή η απόφαση αυτή, έχουμε για παράδειγμα πως στον νομό Καβάλας δεν υπήρχε διαθέσιμος σταθμός κατά την περίοδο που μελετάται. Συνεπώς επιλέχθηκε το Στρατώνι Χαλκιδικής, το οποίο έχει παρόμοιες καιρικές συνθήκες με την πόλη της Καβάλας.

Η υπόθεση του παραδείγματος ή άλλων είναι βάσιμη, μιας και ενδέχεται με κατάλληλη χωρική διακριτοποίηση των περιοχών των νομών, με γνωστές τις γεωγραφικές συντεταγμένες των μετεωρολογικών σταθμών να έχουμε μικρή διαφοροποίηση με τα – λεγόμενα – **πολύγωνα Thiessen**¹¹, εργαλεία επί των οποίων βασίζεται η Υδρομετεωρολογία.

Τα **καιρικά δεδομένα**¹² τα οποία συλλέχθηκαν από τους εγκατεστημένους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι τα ακόλουθα:

- **Μέση θερμοκρασία:** είναι η θερμοκρασία που επικρατούσε κατά μέσο όρο στην πόλη μέσα στον μήνα (μετριέται σε °C).
- **Μέγιστη θερμοκρασία:** είναι η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στην πόλη μέσα στον μήνα (μετριέται σε °C).
- **Ελάχιστη θερμοκρασία:** είναι η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε στην πόλη μέσα στον μήνα (μετριέται σε °C).
- **Μέση ταχύτητα ανέμου:** είναι η ταχύτητα του ανέμου που επικρατούσε κατά μέσο όρο στην πόλη μέσα στον μήνα (μετριέται σε km/h).
- **Ύψος υετού ή ύψος κατακρημνισμάτων, ή κατά παράφραση, ύψος βροχής:** είναι η συνολική ποσότητα προϊόντων του ύδατος που έπεσαν στο έδαφος της πόλης μέσα στον μήνα (μετριέται σε mm).

Παρακάτω δίνεται ένας τυπικός ορισμός του υετού:

Υετός ονομάζεται κάθε πτώση ή εναπόθεση στο έδαφος προϊόντων του ύδατος (σε υγρή ή στερεά μορφή, επιμερισμένη) τα οποία προέρχονται από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Κυριότερες μορφές του υετού είναι η *βροχή*, το *χιονόνερο*, οι *ψεκάδες* ή *ψιχάλες*, το *χαλάζι*, το *χιόνι*, οι *χιονόκοκκοι* (υετός από πολύ μικρούς, λευκούς και αδιαφανείς κόκκους πάγου διαμέτρου λιγότερο από 1mm), οι *παγοβελόνες*, οι *παγόκοκκοι* και ο *υαλοπάγος* που δημιουργείται όμως στο έδαφος.

Περισσότερα περί καιρικών ή κλιματικών μεγεθών και δεικτών, αλλά πιο ειδικά περί υετού και μελέτης τους μπορούν να βρεθούν στα (Ahrens C. D., 2016, p. 169), (Duchon C., 2012), (Holton J. R., 2013, p. 279), (Lutgens F. K., 2016, p. 122), (Mölders N., 2014, p. 107).

¹¹ Εναλλακτικό όνομα των μαθηματικών **διαγραμμάτων Voronoi**, εφαρμοσμένων στη Μετεωρολογία / Υδρομετεωρολογία, Επιφανειακή Υδρολογία και Υδρογεωλογία, μεταξύ άλλων.

¹² Λειτουργήσαν ως ανεξάρτητες (όχι απαραίτητα μεταξύ τους) **τυχαίες / στατιστικές μεταβλητές**.

Στη συλλογή των καιρικών δεδομένων υπήρξαν *προβλήματα*, καθώς σε μερικές περιπτώσεις οι μετεωρολογικοί σταθμοί, λόγω τεχνικών προβλημάτων, έδιναν ελλιπή δεδομένα και σε κάποιες περιπτώσεις δεν έδιναν καθόλου δεδομένα για ολόκληρο τον μήνα. Για να μη μείνει κενή η γραμμή και χαθεί όλη η παρατήρηση, τα κενά συμπληρώθηκαν με το μέσο όρο του προηγούμενου και του επόμενου μήνα. Εάν υπήρχαν ελλιπή δεδομένα και για τους μήνες αυτούς, τότε λαμβανόταν υπόψη ο μέσος όρος του ίδιου μήνα από το προηγούμενο και επόμενο έτος. Η κίνηση αυτή δε δημιουργεί ακραίες τιμές και για αυτόν το λόγο προτιμήθηκε.

3.2.3 Πληθυσμιακά Δεδομένα

Για τον **πληθυσμό** κάθε νομού τα στοιχεία συλλέχθηκαν και αυτά από τον ιστοσελίδα της (Ελληνική Στατιστική Αρχή). Πρόκειται για τα επίσημα στοιχεία από την απογραφή πληθυσμού που διενεργήθηκε τον *Μάιο του 2011*.

Μία χονδροειδής, αλλά ουσιαστική για την έρευνα, ταξινόμηση αφορά τις περιφέρειες των νομών της Ελλάδας. Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε και με γνώμονα αυτήν την ταξινόμηση.

3.2.4 Περιφέρειες

Ορίζουμε ως **Περιφέρειες** τις δεκατρείς (13) β΄-βάθμιες οντότητες ή οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης του ελληνικού κράτους.

3.3 Μεθοδολογία Επεξεργασίας

Η έρευνα βασίζεται σε δύο κύριους πυλώνες ποσοτικής στατιστικής επεξεργασίας και απεικόνισης: στην **Ανάλυση Χρονοσειρών** και στην **Παλινδρόμηση και Στατιστική Συμπερασματολογία**. Ο αναγνώστης δύναται να εντοπίσει το θεωρητικό υπόβαθρο Στατιστικής του παρόντος πονήματος στα εγχειρίδια (H. Kobayashi, 2012), (Thomopoulos, 2017), (Weiss, 2017).

Τα υπολογιστικά πακέτα που αξιοποιήθηκαν είναι τα

- **Microsoft Excel,**
- **IBM SPSS 21** και

- **MATLAB R2017a.**

3.3.1 Ανάλυση Χρονοσειρών

Η Ανάλυση Χρονοσειρών θα αξιοποιηθεί ώστε να μελετηθεί η χρονοεξαρτώμενη σχέση ανά νομό του **απόλυτου πλήθους ατυχημάτων**.

3.3.2 Γενικά Στατιστικά

Τα γενικά στατιστικά **ατυχημάτων**, οδικής **θνησιμότητας** και **τραυματισμών** θα μας δώσουν μία πιο σφαιρική εικόνα σε Πανελλαδικό επίπεδο.

3.3.3 Παλινδρόμηση

Η Ανάλυση (Γραμμικής) Παλινδρόμησης θα αποκαλύψει ενδεχόμενες γραμμικές **στατιστικές τάσεις** μεταξύ των στατιστικών μεταβλητών μας.

3.3.4 Ανάλυση Cluster

Με την **Ανάλυση Cluster** θα δούμε συνοπτικά ποιες θεωρούνται **στατιστικά κεντρικές μεταβλητές** και ποιες **παράγωγά** τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση Δεδομένων

4.1 Στατιστικά & Χρονική Εξέλιξη Μεγεθών

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε τη χρονική εξέλιξη ορισμένων εκ των μεγεθών μας.

4.1.1 Στατιστικά Αριθμού Θυμάτων

Στην παράγραφο αυτή έχουμε συγκεντρωτικά σε box-plots πληθικά δεδομένα νεκρών, βαριά τραυματιών και ελαφριά τραυματιών, που όμως εμφανίζουν κανονικοποίηση / αναγωγή ως προς τον πληθυσμό του εκάστοτε νομού¹³. Τα θηκογράμματα αυτά δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον MATLAB.

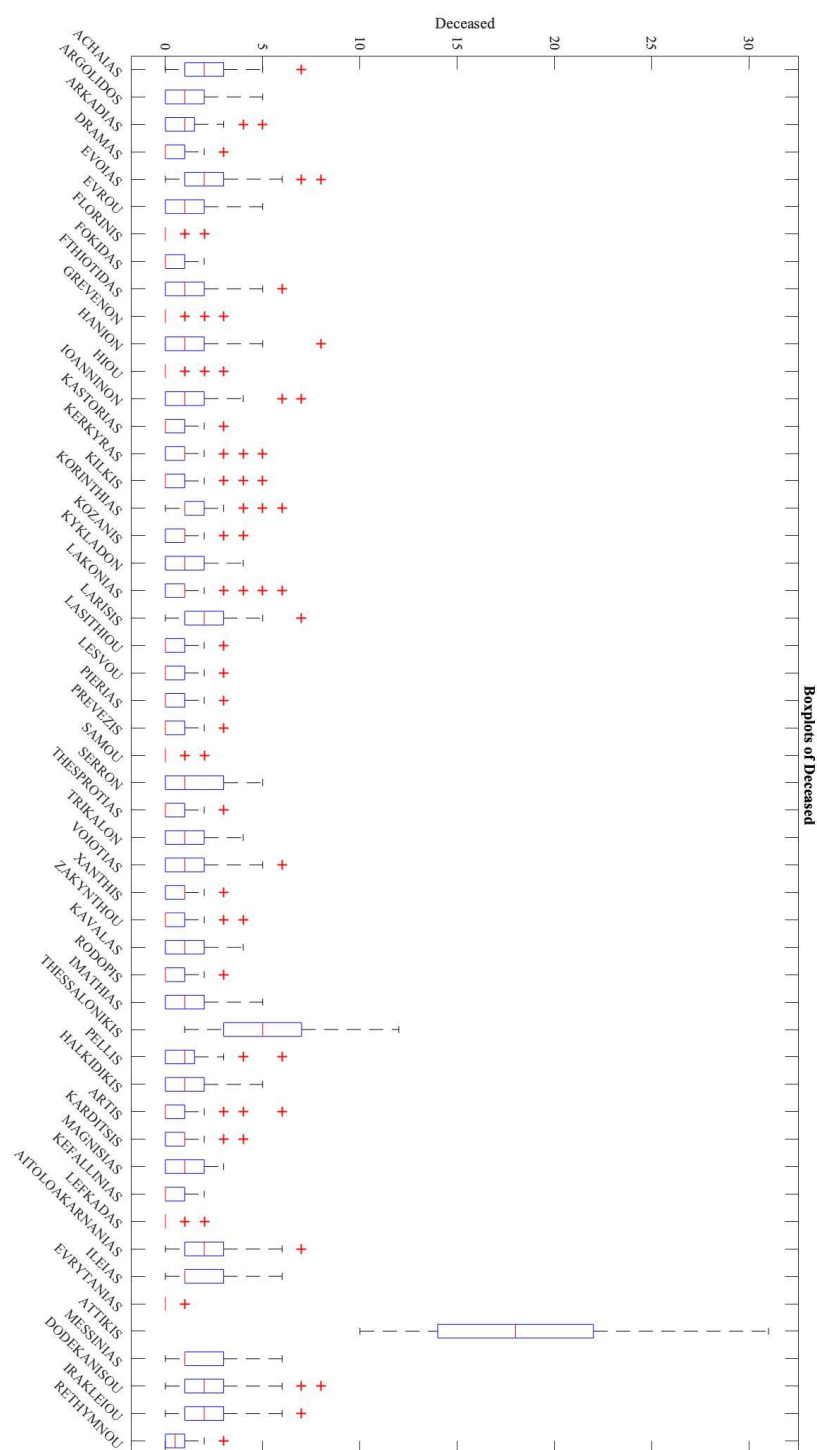
Στην 1^η εικόνα θηκογράμματος έχουμε μία παρουσίαση του μη-ανηγμένου πλήθους νεκρών ανά νομό. Διαφαίνεται ο κορεσμός που υπόκεινται οι χαμηλές τιμές εκτός των πληθυσμιακά ισχυρότερων νομών Αττικής και Θεσσαλονίκης, ωθώντας τα θηκογράμματα των υπόλοιπων νομών σε μικρά πλάτη μεταξύ 1^{ου} και 3^{ου} στατιστικού τεταρτημρίου.

Στη 2^η εικόνα θηκογράμματος έχουμε το ίδιο σύνολο νομών, όμως έχουμε αναγάγει το πλήθος των θυμάτων ως προς τον πληθυσμό του εκάστοτε νομού, ώστε να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα, το οποίο λειτουργούσε ως συστημικός θόρυβος στις χαμηλές τιμές πληθυσμών ανά νομό. Παρατηρούνται ακραίες τιμές (άνω) στους νομούς Γρεβενών, Ζακύνθου, Λευκάδας και Άρτας, ενώ σχετικά πιο χαμηλές άνω ακραίες τιμές στους νομούς Λακωνίας και Θεσπρωτίας. Οι νομοί Αχαΐας, Λάρισας,

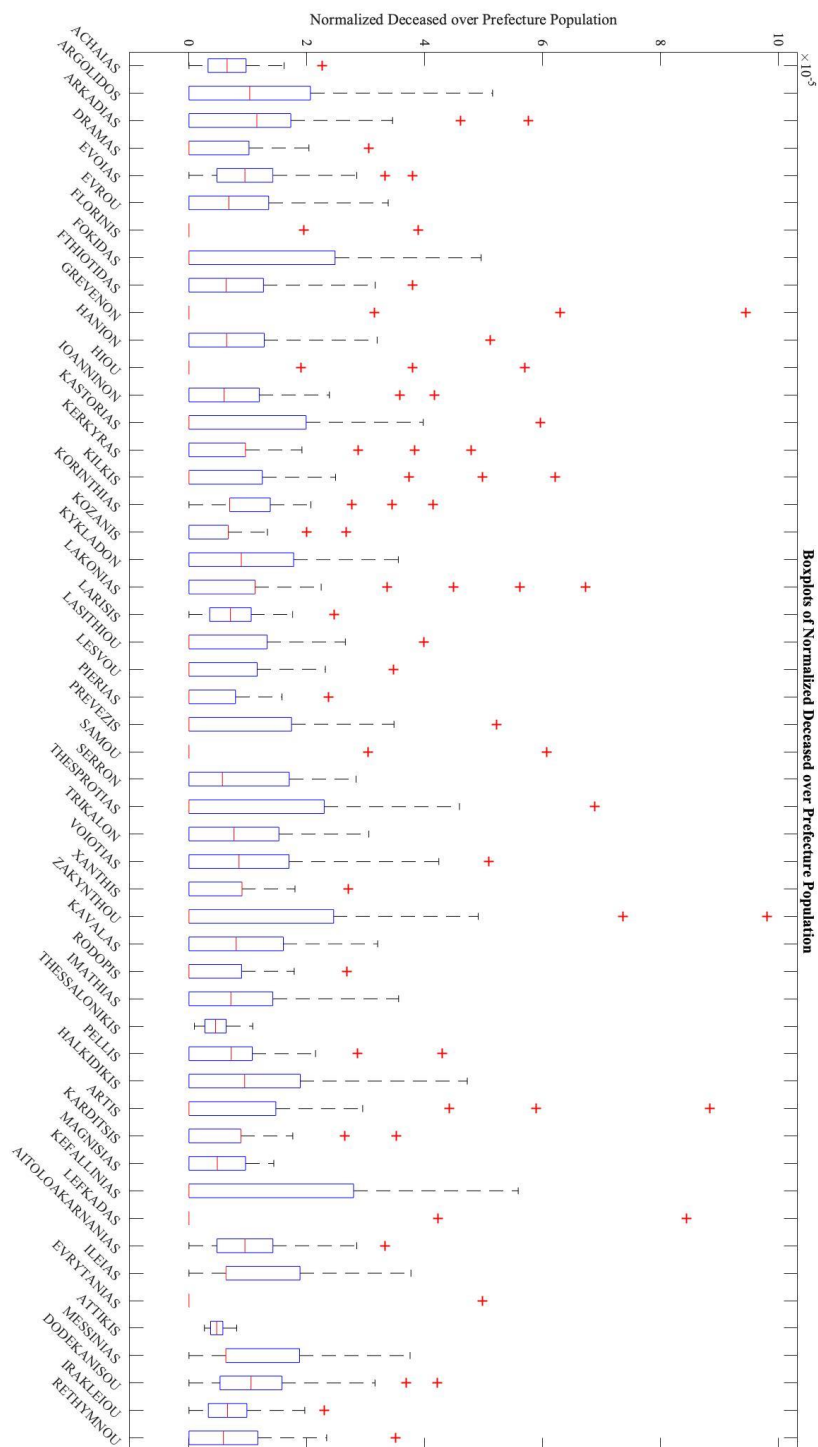
¹³ Φυσικά, σε ένα οδικό ατύχημα τα εμπλεκόμενα πρόσωπα δε διαμένουν υποχρεωτικά και στο νομό που αυτό πραγματοποιείται.

Αττικής, Θεσσαλονίκης, Ροδόπης και Μαγνησίας έχουν τα πιο ομοιόμορφα θηκογράμματα, με το μικρότερο εύρος και με τις πλέον χαμηλότερες άνω ακραίες τιμές.

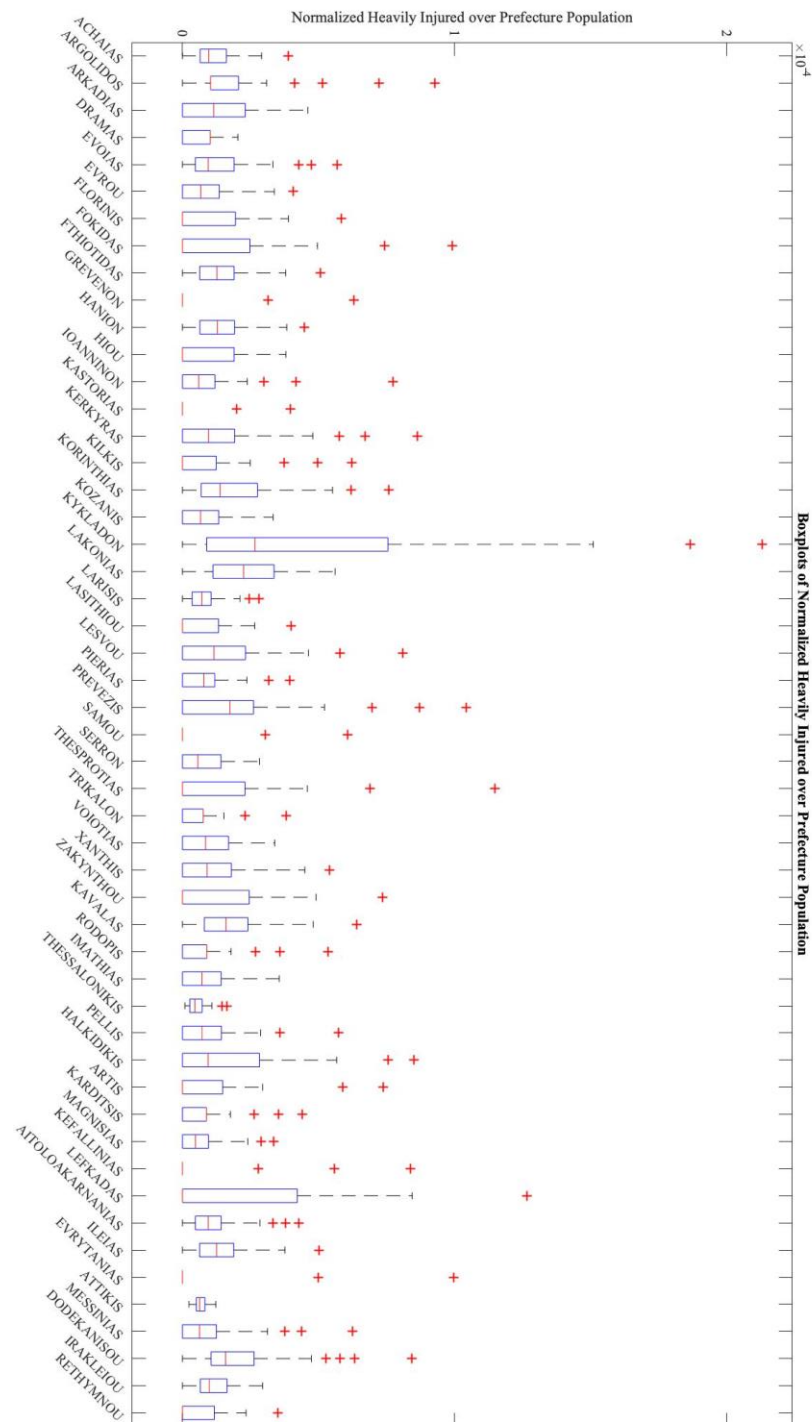
Στο 3^ο και 4^ο θηκόγραμμα έχουμε αντίστοιχη με ακριβώς παραπάνω παρουσίαση, όμως ο νομός με το μεγαλύτερο ανηγμένο πλήθος σοβαρά τραυματιών ήταν αυτός των Κυκλάδων, ενώ στους ελαφρά τραυματίες ήταν – όπως στους νεκρούς – οι νομοί Γρεβενών και Λευκάδας. Τα πιο ομοιόμορφα και με χαμηλότερες τιμές θηκογράμματα στις εικόνες αυτές ήταν στους νομούς Αττικής, Θεσσαλονίκης, Κοζάνης και Δράμας για την 3^η, ενώ αντίστοιχα για την 4^η ήταν οι νομοί Ευρυτανίας, Μαγνησίας και Πέλλας.



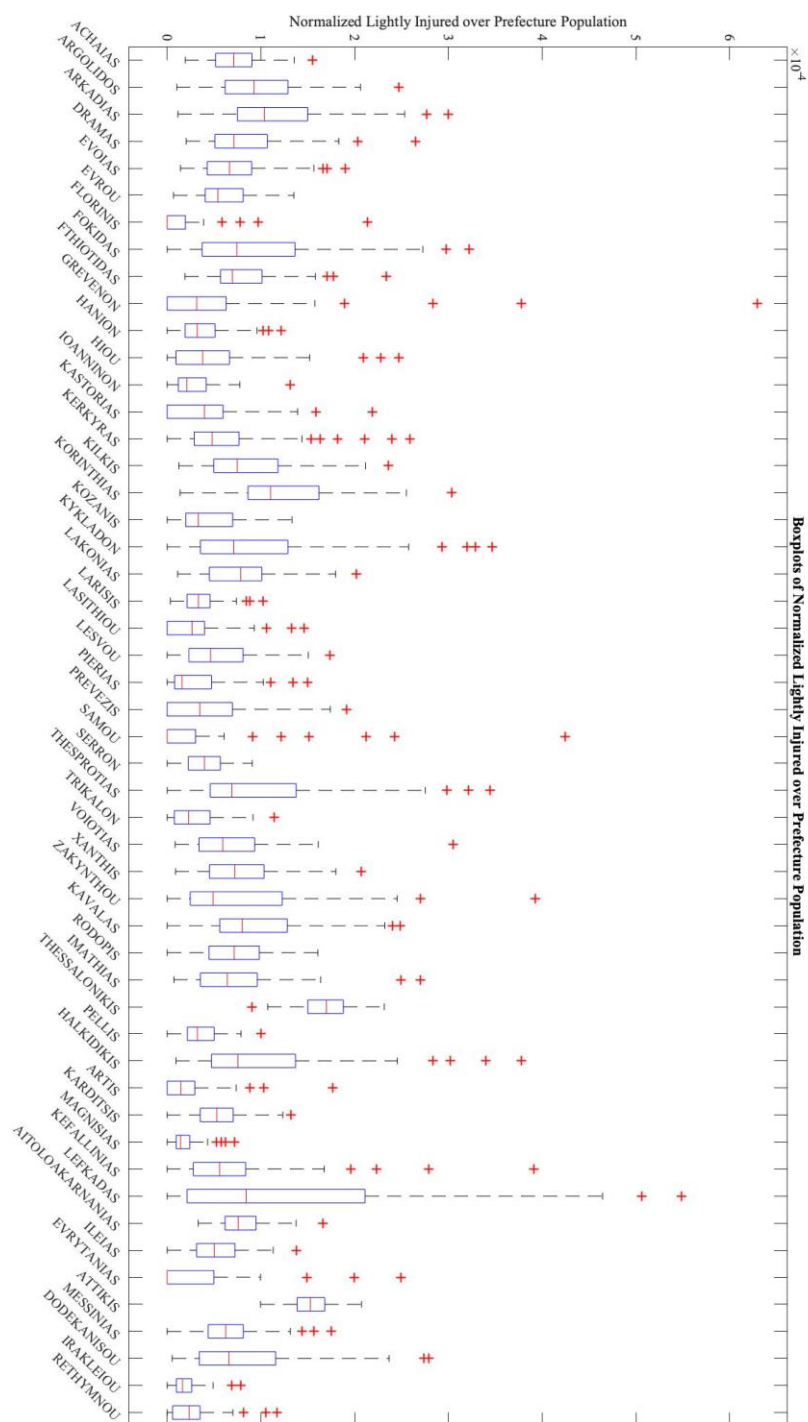
Εικόνα 1: Θηκόγραμμα μη-ανηγμένου πλήθους νεκρών ανά νομό.



Εικόνα 2: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους νεκρών προς πληθυσμό ανά νομό.



Εικόνα 3: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους σοβαρά τραυματισμένων ως προς πληθυσμό ανά νομό.

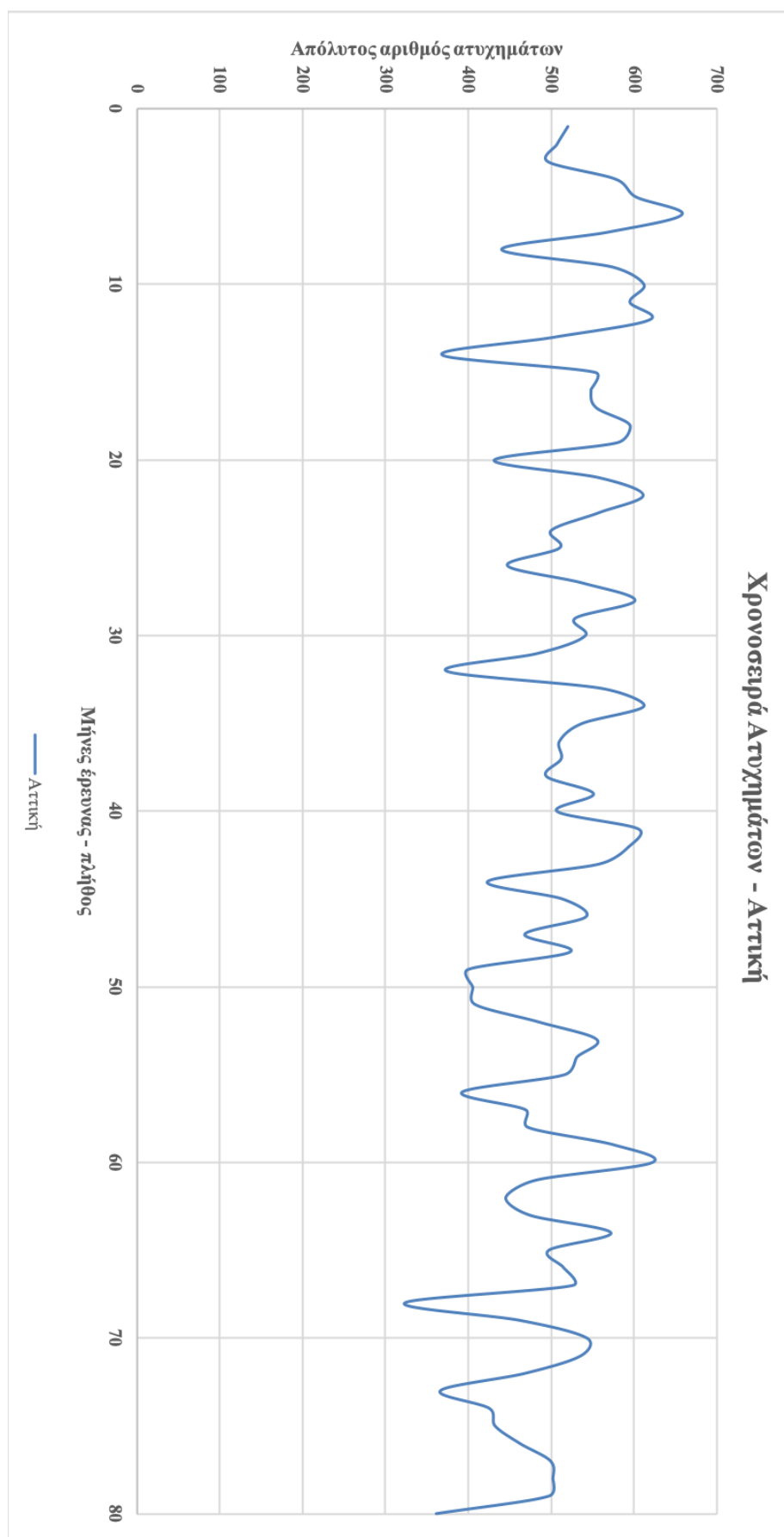


Εικόνα 4: Θηκόγραμμα ανηγμένου πλήθους ελαφρά τραυματιών ως προς πληθυσμό ανά νομό.

4.1.2 Χρονική Εξέλιξη Αριθμών Θυμάτων

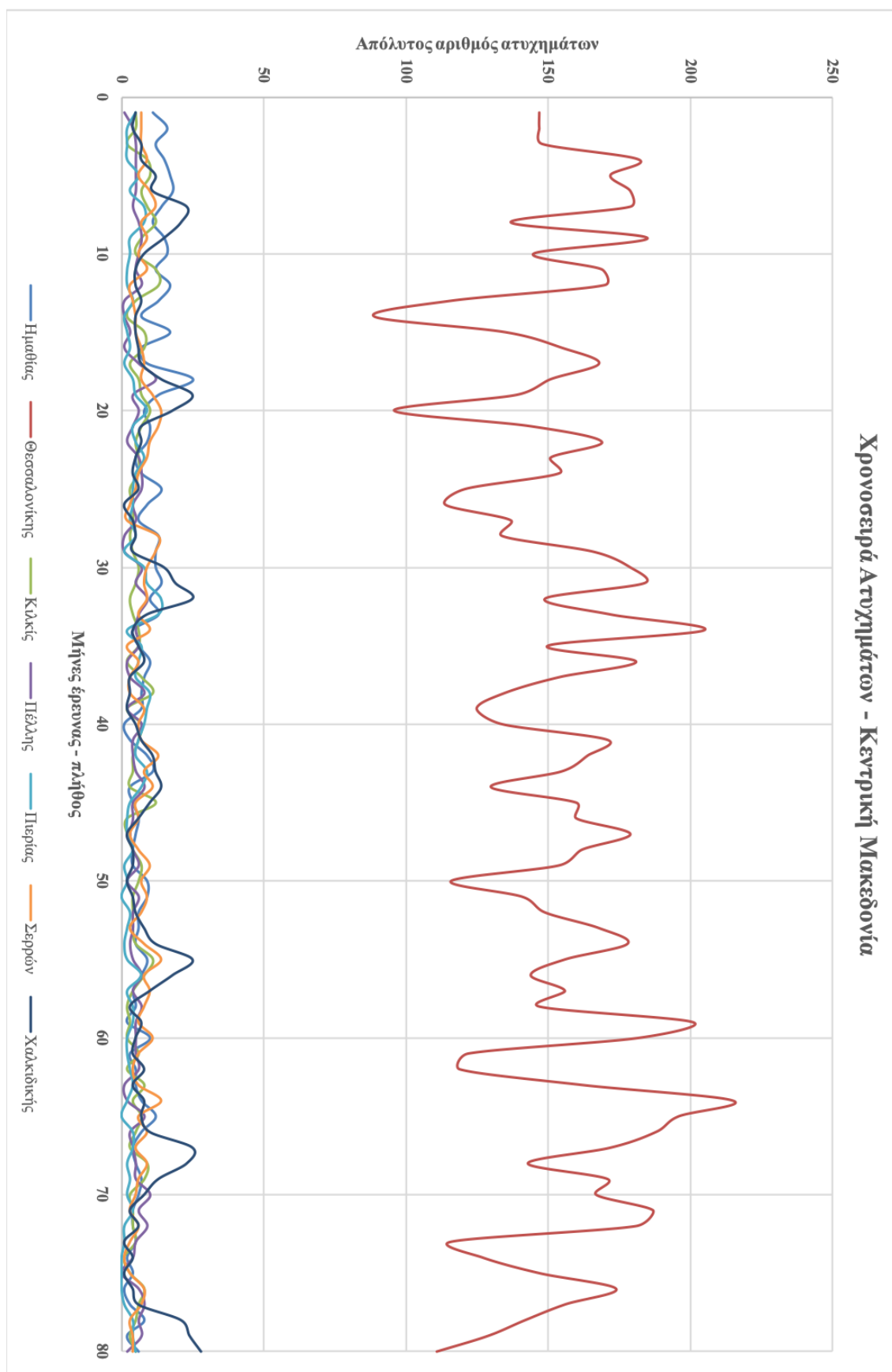
Ο απόλυτος αριθμός θυμάτων ανά νομό και ανά περιφέρεια είναι στα παρακάτω γραφήματα χρονοσειρών.

Με σειρά παρουσίασης είναι οι περιφέρειες Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας, Στερεάς Ελλάδας, Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Βορείου Αιγαίου, Νοτίου Αιγαίου, Κρήτης και Ιόνιων Νήσων.



Εικόνα 5: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Αττική.

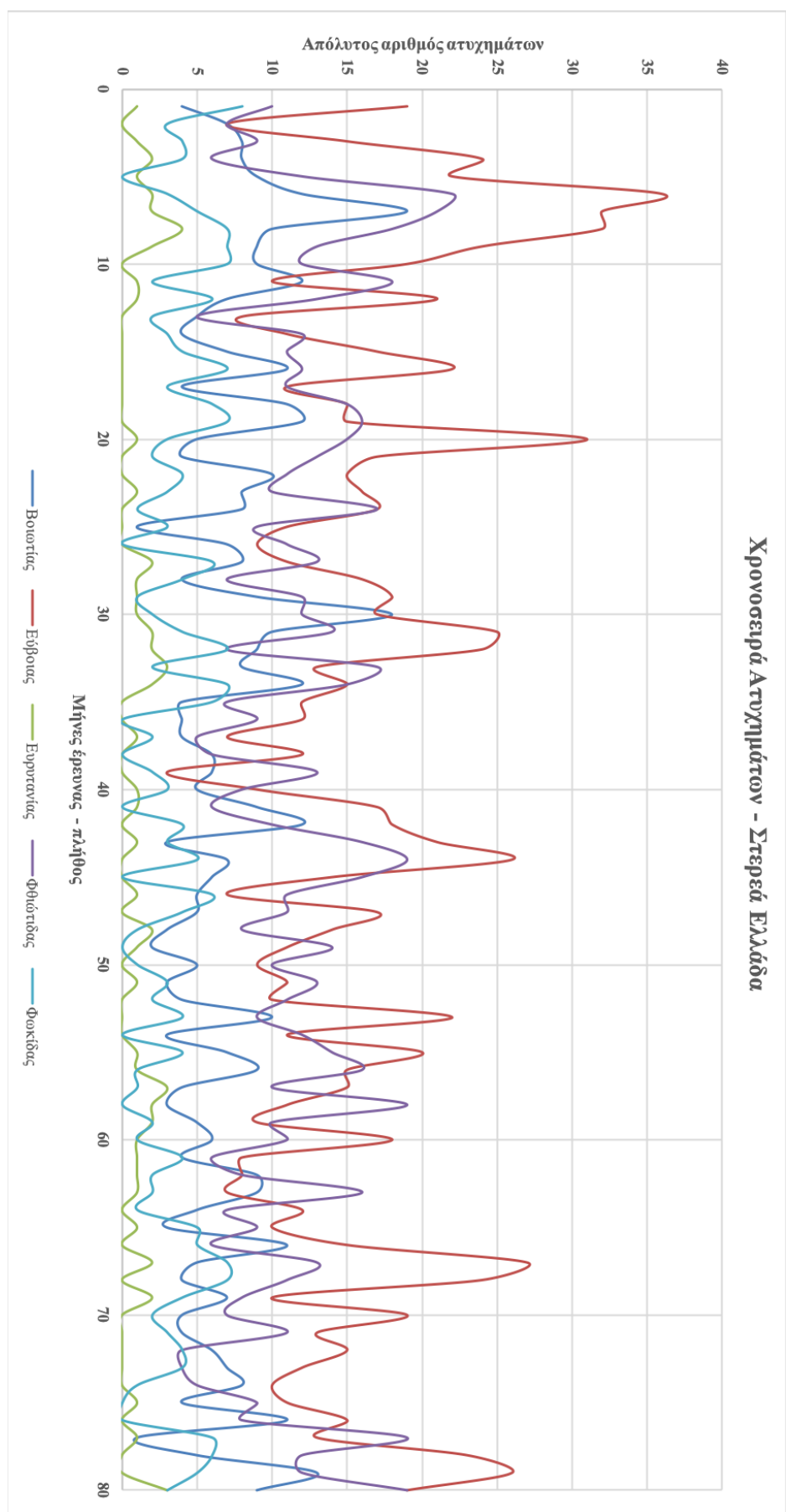
Η χρονοσειρά της Περιφέρειας Αττικής – αφού ταυτίζεται με τον αντίστοιχο νομό – είναι η απλούστερη, μιας και δεν έχει συγκριτικά στοιχεία άλλων νομών. Παρατηρούμε, μόνο, υψηλές τιμές αριθμού ατυχημάτων. Επίσης, παρατηρούμε μη – ύπαρξη καθαρής περιοδικότητας, παρά μόνο μία ήπια μορφή περιοδικότητας σε ετήσια βάση με σχετικά μέγιστα τις περιόδους Μάιο-Ιούνιο και Νοέμβριου-Δεκέμβριου.



Εικόνα 6: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Κεντρική Μακεδονία.

Στη 2^η χρονοσειρά της περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας παρατηρούμε το παραπάνω αριθμητικό φαινόμενο. Έχουμε κορεσμό των τιμών ατυχημάτων σε μικρούς νομούς έναντι της Θεσσαλονίκης. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως στις μετέπειτα αναλύσεις να αξιοποιήσουμε πλήθος ατυχημάτων, νεκρών ή τραυματισμένων ανηγμένων ως προς τον πληθυσμό του εκάστοτε νομού, όπως και πραγματοποιείται ήδη νωρίτερα στο παρόν κείμενο στα θηκογράμματα.

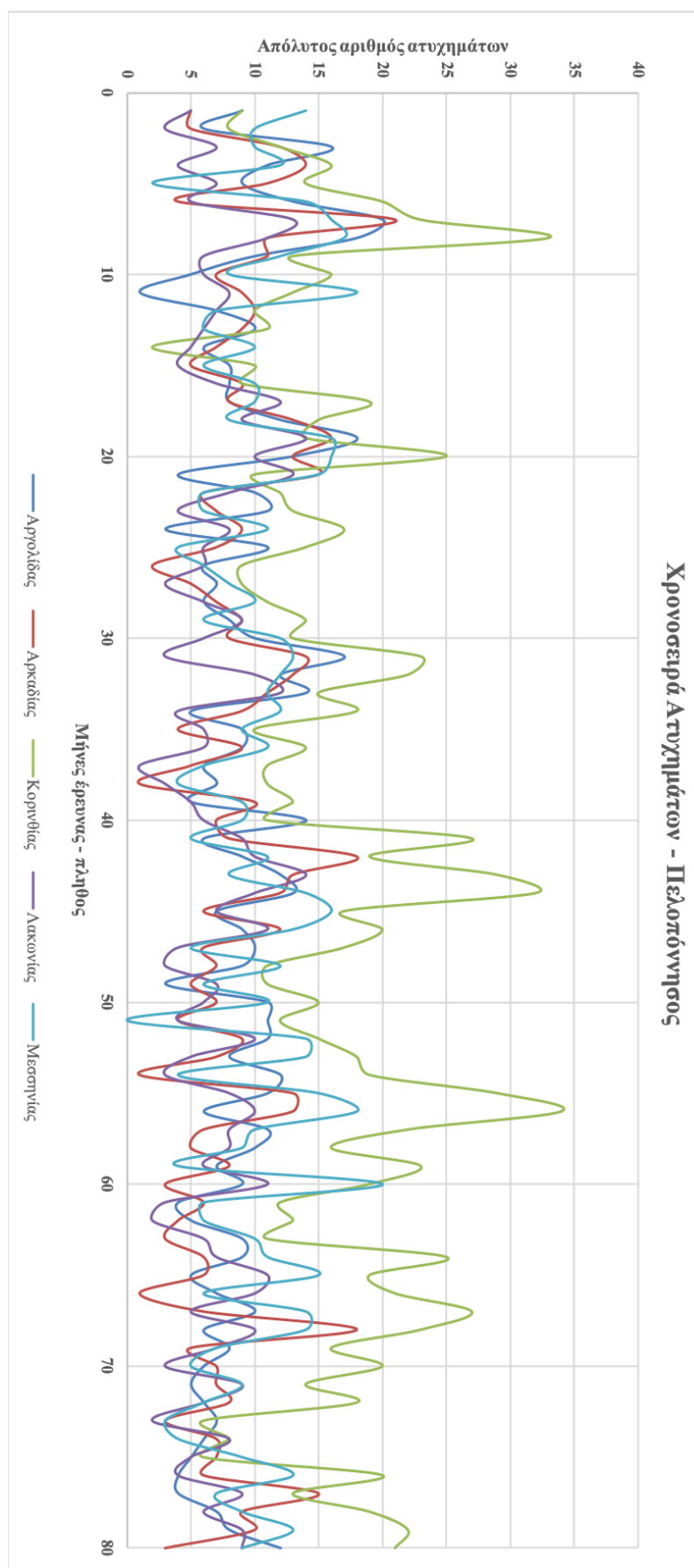
Οι μήνες Αύγουστος και Σεπτέμβριος είναι αυτοί που εμφανίζουν τα σχετικά μέγιστα με πιθανή ετήσια περιοδικότητα.



Εικόνα 7: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Στερεά Ελλάδα.

Όσον αφορά την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας παρατηρούμε ταύτιση στα μέγιστα των καμπύλων, αλλά στο νομό Εύβοιας έχουμε, λόγω του αστικού κέντρου της Χαλκίδας, μεγαλύτερες τιμές. Αυτές εντοπίζονται τους καλοκαιρινούς μήνες.

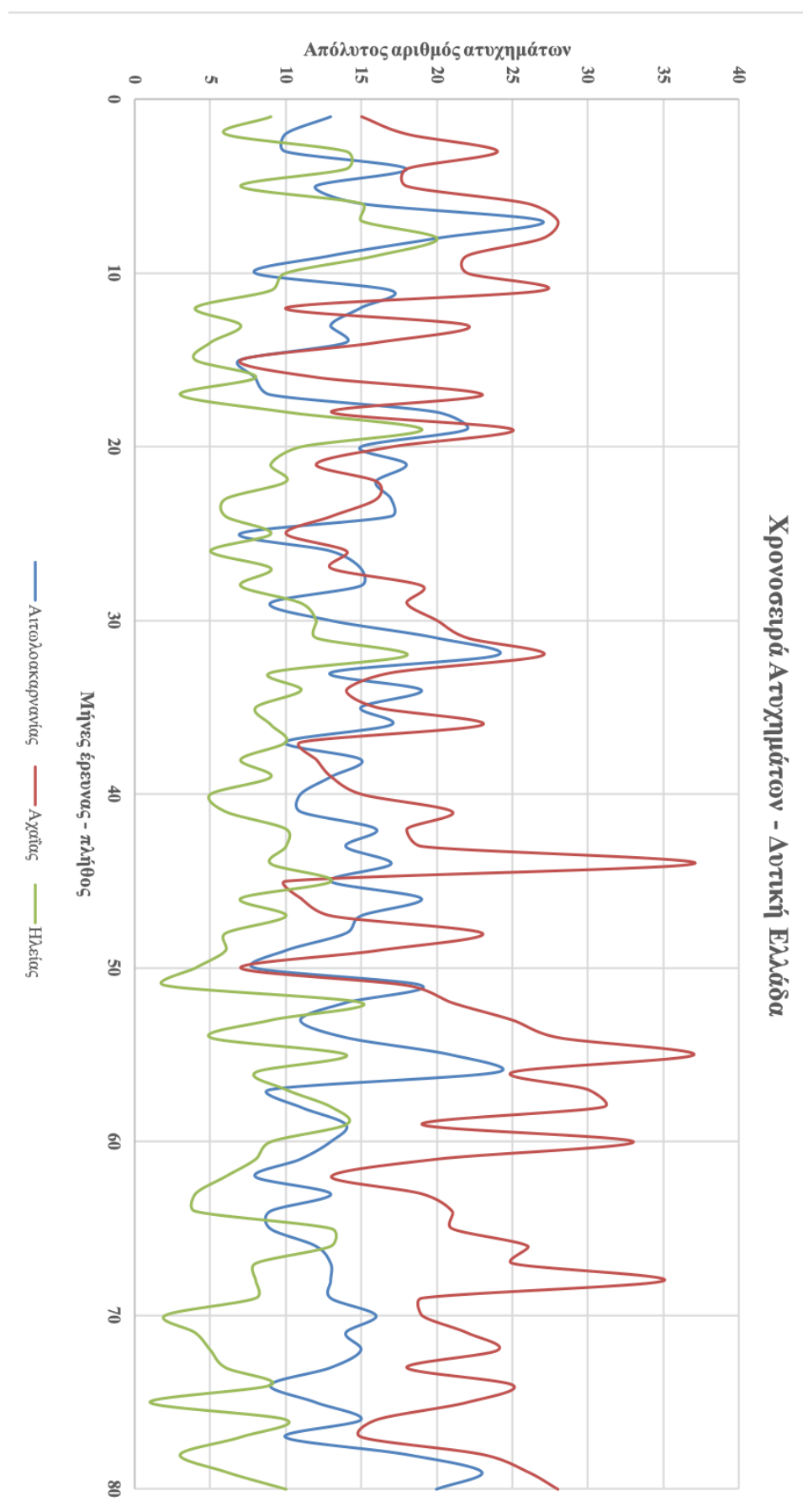
Επίσης, στο νομό Εύβοιας έχουμε και υστερήσεις στους μήνες εμφάνισης των μεγίστων, όπως για παράδειγμα στον 20^ο μήνα, που δεν έχουμε το μέγιστο μεταξύ 18^{ου}-19^{ου} μήνα, που αφορούν το 2^ο χρονικό περιοδικό κύκλο θερινών μηνών στην παραπάνω χρονοσειρά.



Εικόνα 8: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Πελοπόννησος.

Στη χρονοσειρά της Πελοποννήσου έχουμε την ίδια παρατήρηση με τη χρονοσειρά της Στερεάς Ελλάδας, μόνο που εδώ τις υψηλότερες τιμές κατέχει η Κορινθία. Η Κορινθία παραλιακά προς τον Κορινθιακό Κόλπο παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή κινητικότητα σε αυθημερόν, και όχι μόνο, μετακινήσεις τους καλοκαιρινούς μήνες.

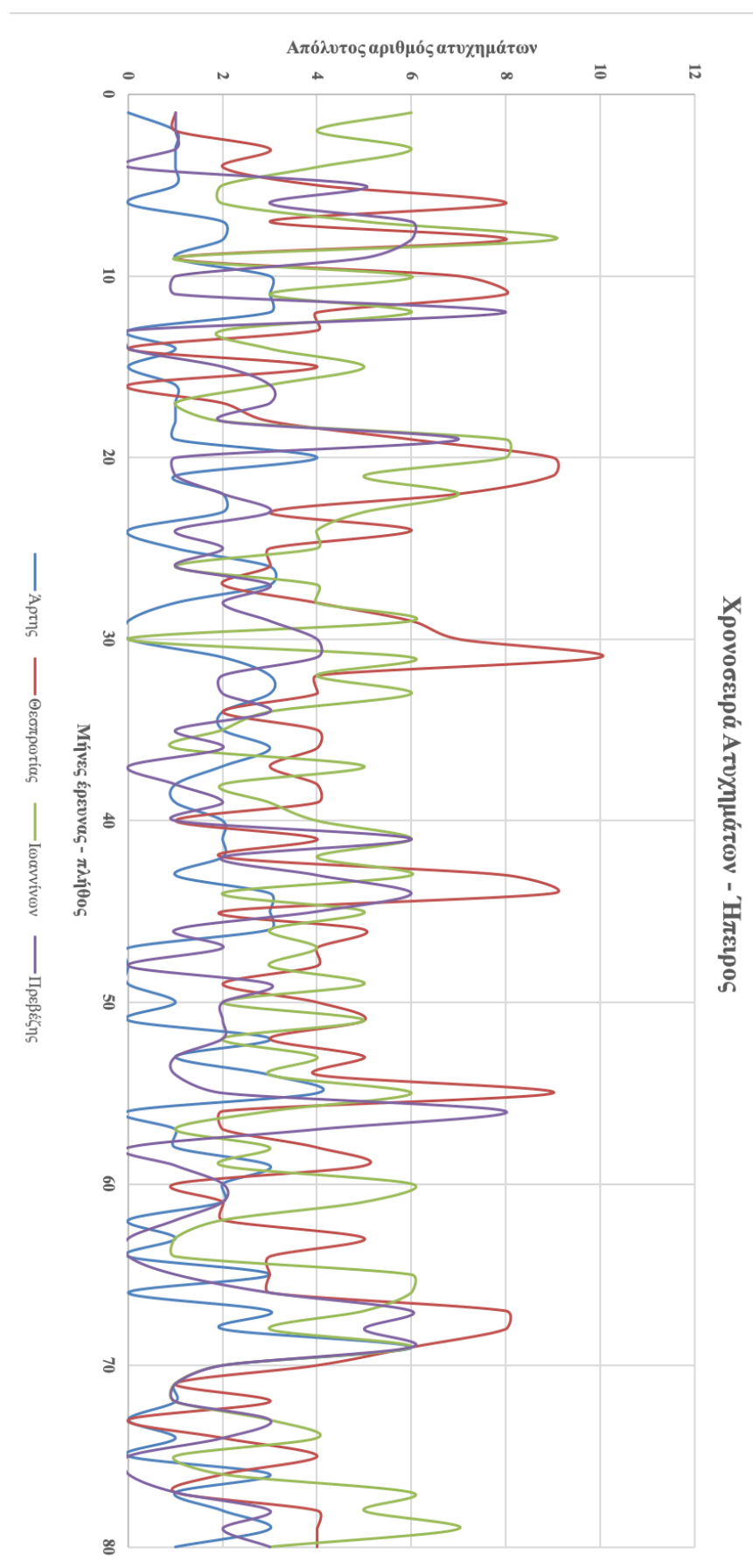
Υπάρχουν ενδείξεις αντιστροφής των κορυφών μεταξύ νομών Κορινθίας και Αρκαδίας, ενδεχομένως λόγω αμοιβαίας μετακίνησης του τουρισμού εντός των χειμερινών μηνών.



Εικόνα 9: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Δυτική Ελλάδα.

Στη Δυτική Ελλάδα έχουμε την ίδια παρατήρηση για το νομό Αχαΐας, μόνο που οι ακανόνιστες τιμές, ενδεχομένως, αφορούν το αστικό κέντρο της Πάτρας.

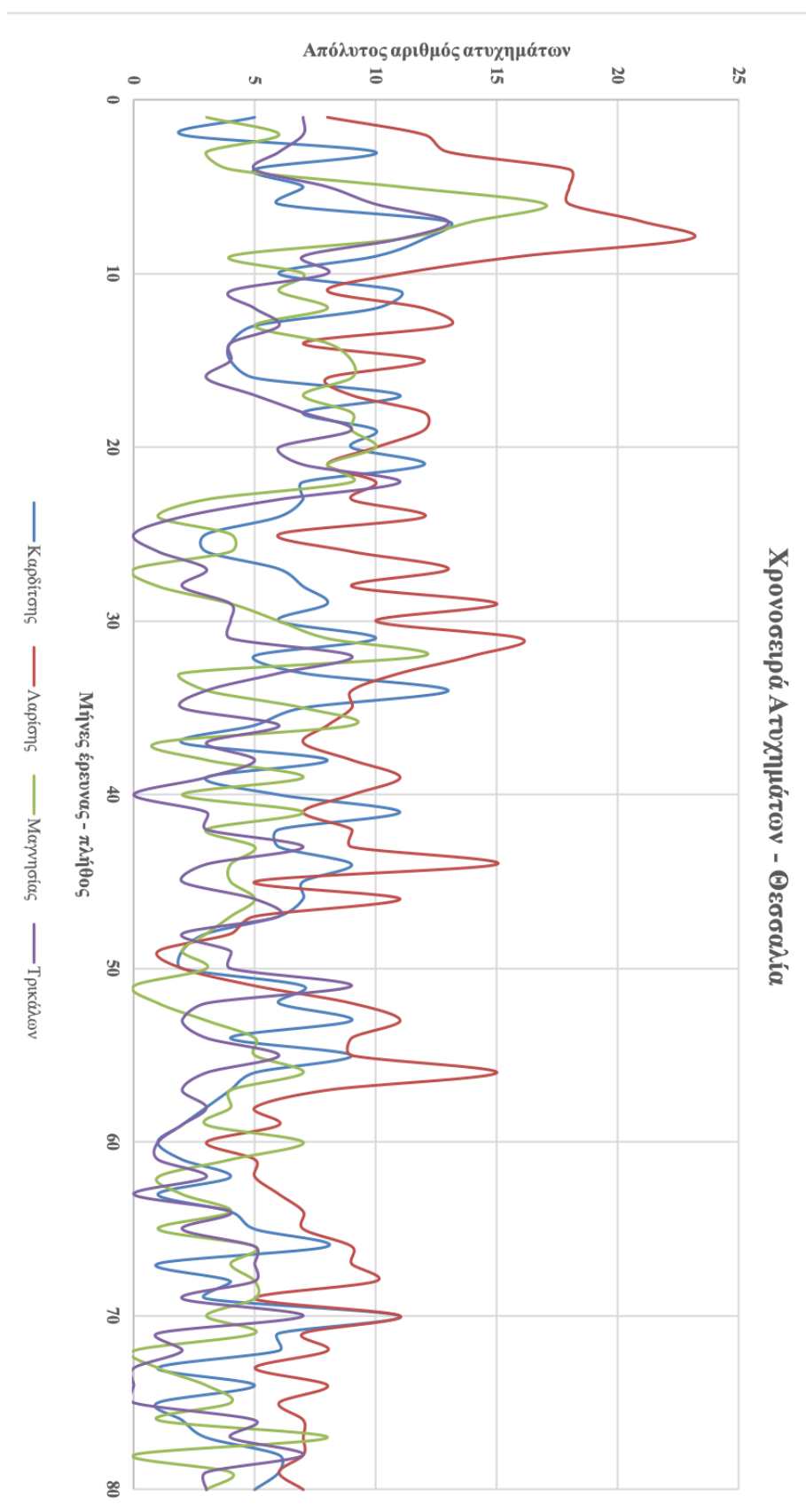
Ιδιαίτερος είναι ο νομός Αιτωλοακαρνανίας, που δε συμπεριφέρεται στατιστικά όμοια με τους άλλους δύο νομούς. Ενδεχομένως, η αρκετά μεγαλύτερη έκταση να προσφέρει περισσότερους αστάθμητους χωρικούς παράγοντες στο να πραγματοποιηθεί οδικό ατύχημα.



Εικόνα 10: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ήπειρος.

Η Ήπειρος, αντίστοιχα με προηγουμένως, έχει τα ανάλογα σχόλια, με το νομό υψηλών τιμών να είναι η Θεσπρωτία. Υποθέτουμε πως η εαρινή / καλοκαιρινή κινητικότητα από και προς το λιμάνι της Ηγουμενίτσας έχει καθοριστικό ρόλο.

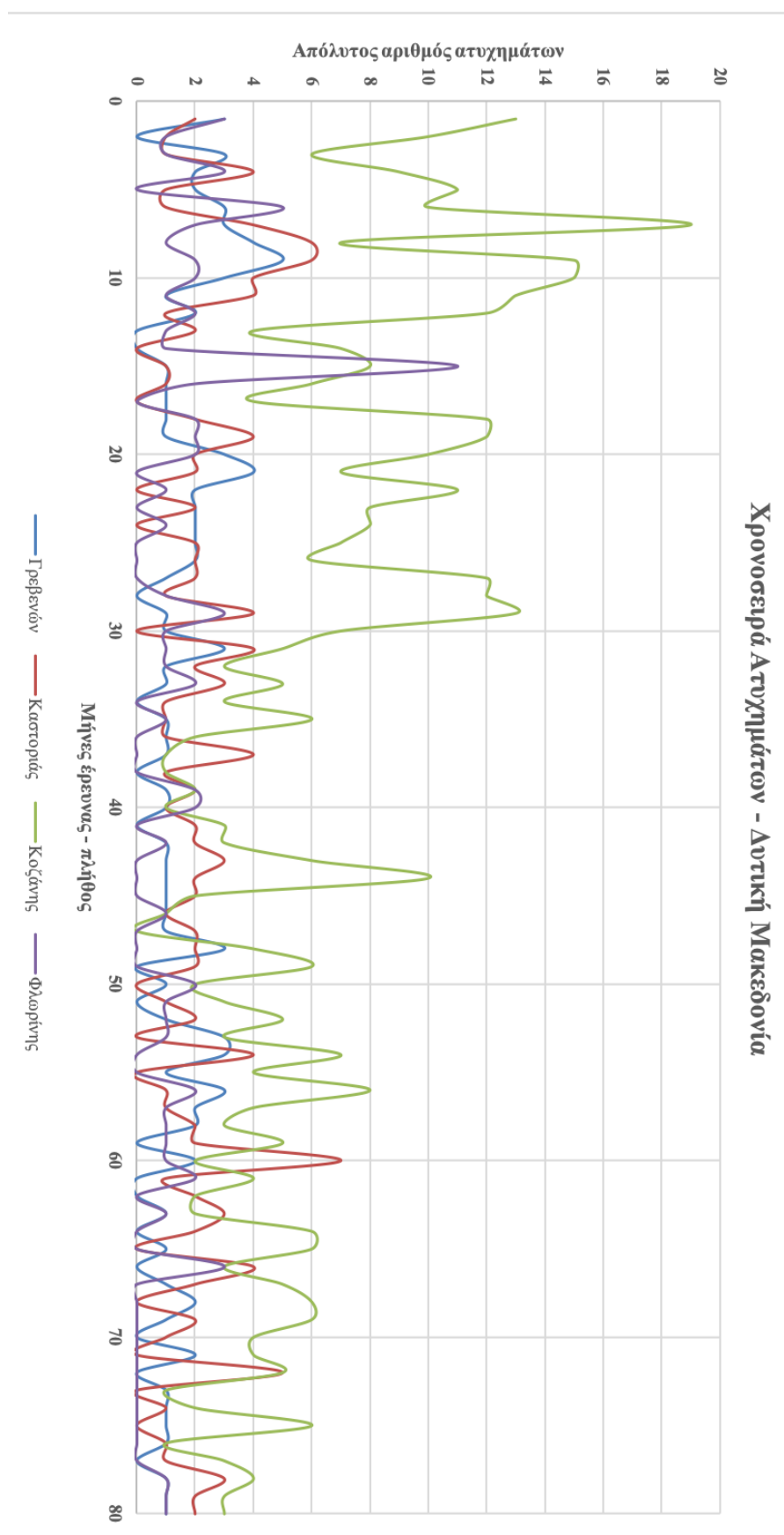
Παρατηρούμε ζεύγη νομών όμοιας στατιστικής χρονικής συμπεριφοράς μεταξύ νομών Θεσπρωτίας – Πρέβεζας και μεταξύ νομών Άρτας – Ιωαννίνων.



Εικόνα 11: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Θεσσαλία.

Η περιφέρεια Θεσσαλίας εμφανίζει ιδιόμορφες διακυμάνσεις, που αντανακλούν μη – περιοδικότητα και μέγιστα κυρίως στο νομό Λαρίσης. Η μη – περιοδικότητα αφορά την ανομοιομορφία αναγλύφου και την ύπαρξη του μεσαίου τμήματος της Ε. Ο. Αθηνών – Θεσσαλονίκης. Τα μέγιστα αφορούν το αστικό κέντρο της Λάρισας, πιθανώς.

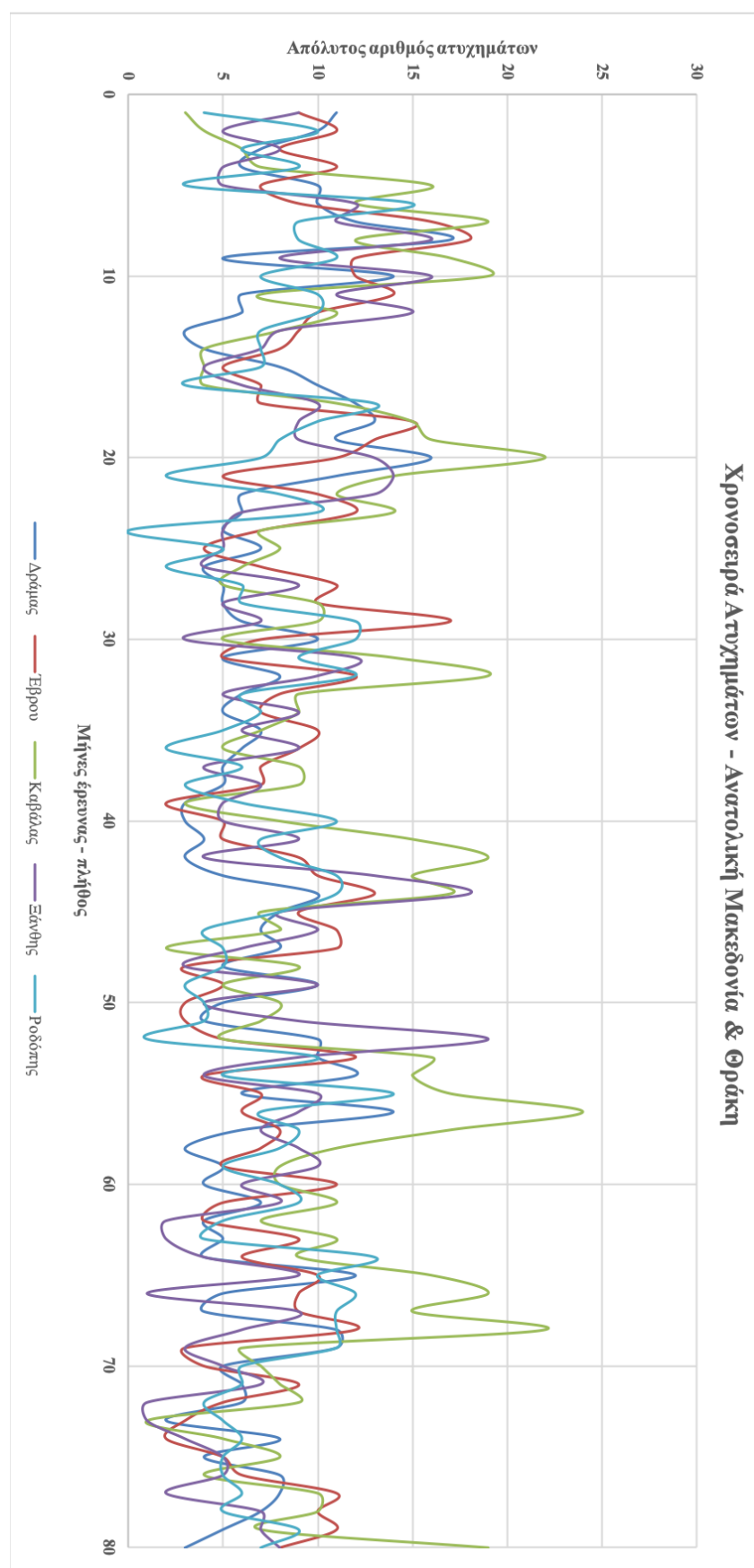
Στην περιφέρεια Θεσσαλίας ο νομός Μαγνησίας συμπεριφέρεται αρκετά διαφορετικά στατιστικά συγκριτικά με τους άλλους νομούς ενδεχομένως λόγω του τουρισμού στην πόλη του Βόλου και στο Πήλιο.



Εικόνα 12: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Δυτική Μακεδονία.

Αντίθετα, τώρα, στους νομούς του παραπάνω γραφήματος παρατηρούμε τιμές με πεδία διακυμάνσεων και σταθερών. Αναμένουμε η μορφή αυτή να αναπαριστά τα χειμερινά ατυχήματα λόγω καιρού και, ενδεχομένως, καλοκαιρινά λόγω πυκνότητας οχημάτων στο δίκτυο.

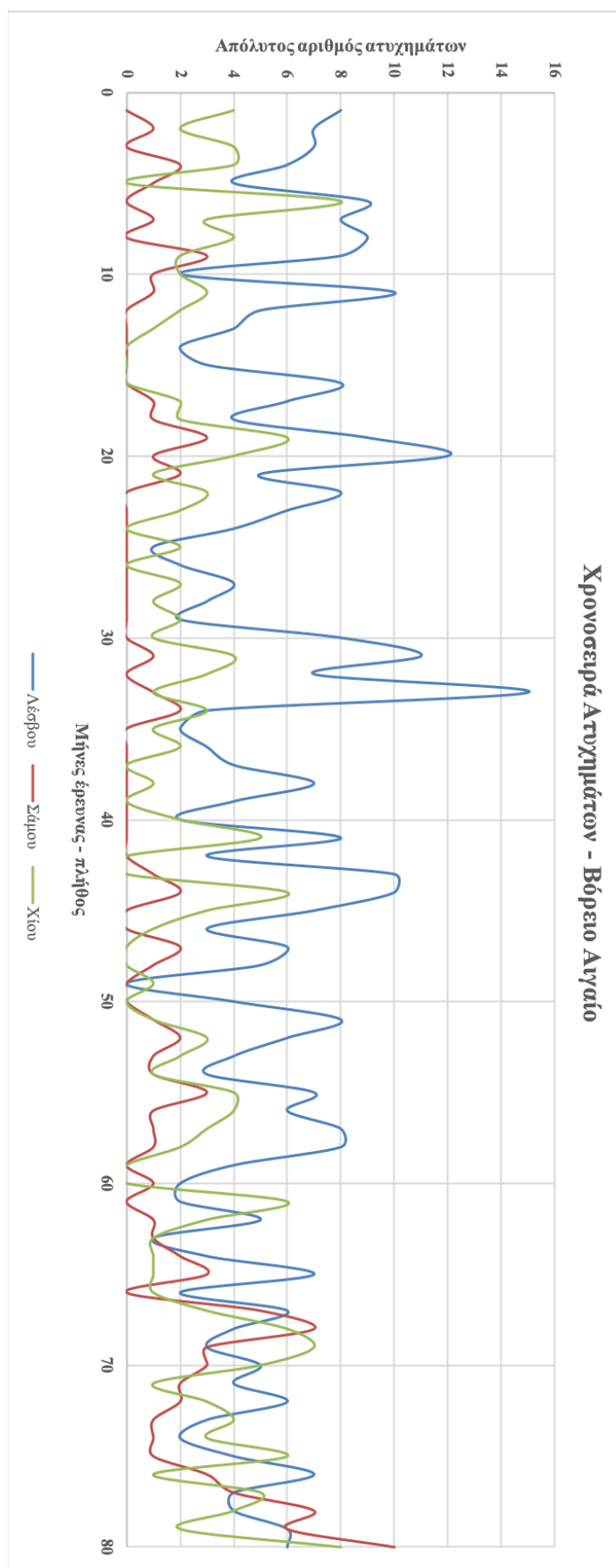
Εδώ υπάρχουν κύκλοι ετών με ζεύγη όμοιας στατιστικής χρονικής συμπεριφοράς (όμοιες κορυφές), που όμως σε επόμενο χρονικό κύκλο έχουν αντίθετη συμπεριφορά (αντιστροφή των κορυφών).



Εικόνα 13: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ανατολική Μακεδονία & Θράκη.

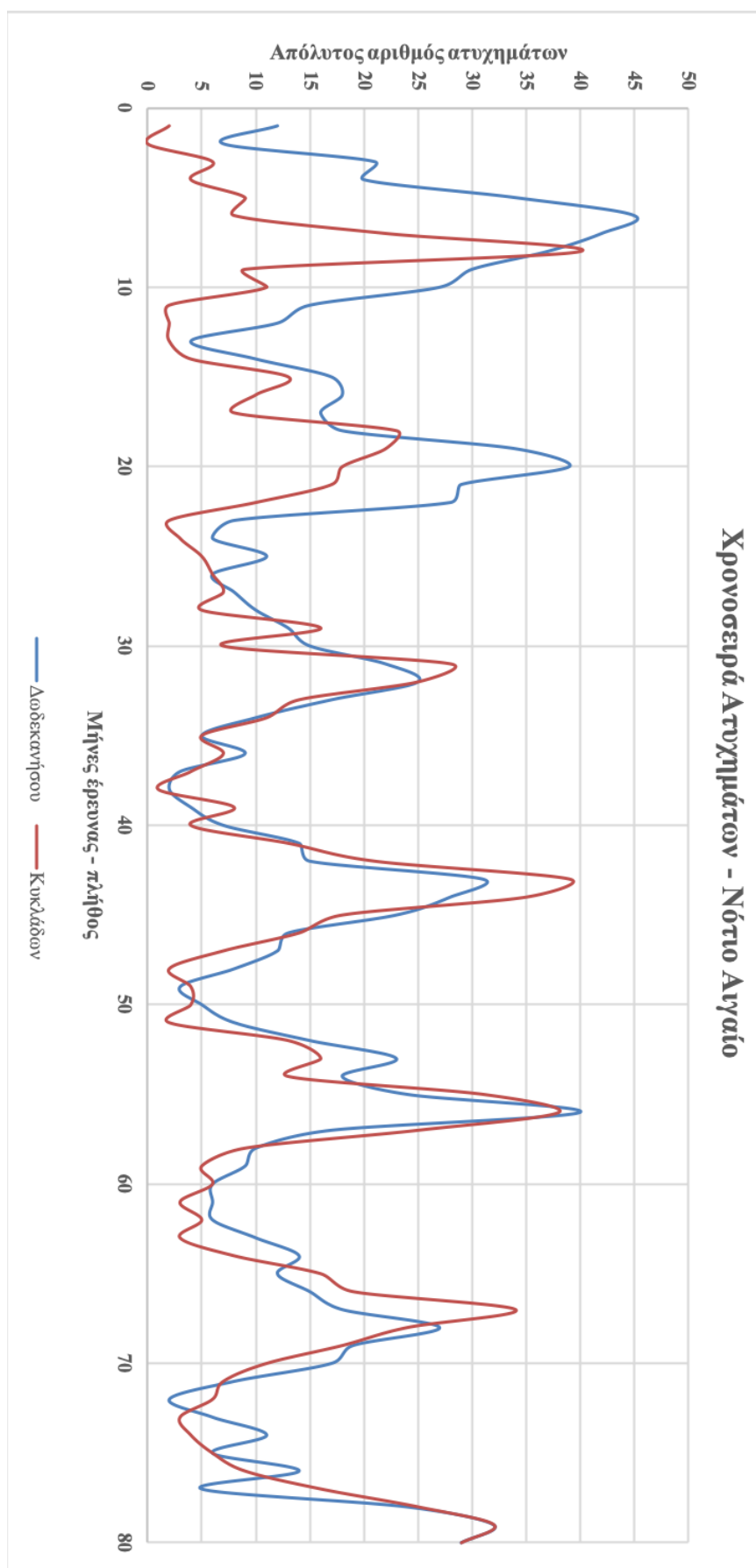
Η Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης έχει ικανοποιητική ομοιογένεια μεταξύ των νομών, αν εξαιρεθεί ίσως ο νομός Καβάλας ή ο Έβρου, που ενδεχομένως έχουμε υψηλότερη κινητικότητα.

Η χρονοσειρά της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης παρουσιάζει πέραν από την υψηλότερη ομοιογένεια μεταξύ των περιφερειών και τις υψηλότερες τιμές ανηγμένων τιμών μαζί με την περιφέρεια Πελοποννήσου.



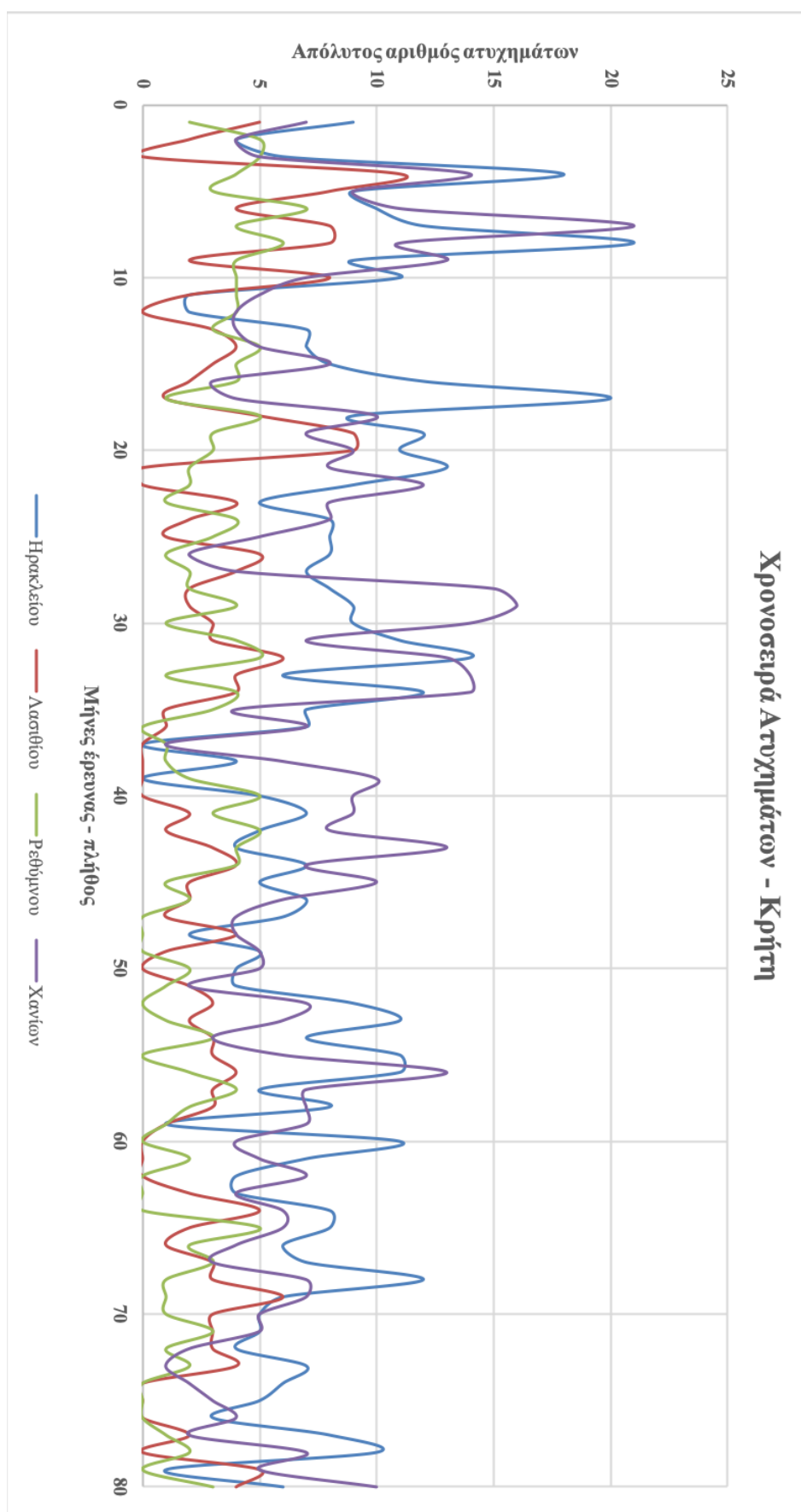
Εικόνα 14: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Βόρειο Αιγαίο.

Εδώ, παρατηρούμε μία γενικά σαφή τάση διάταξης με το νομό Λέσβου να κυριαρχεί αριθμητικά, έναντι της Σάμου και της Χίου αντίστοιχα. Οι λόγοι ενδεχομένως να μην αφορούν μόνο καλοκαιρινή κινητικότητα, αλλά επίσης κατά το Πάσχα, όπως ακόμη και αναξιοπιστία στο οδικό δίκτυο. Οι πεπλεγμένες καμπύλες στους τελευταίους μήνες ίσως αντικατοπτρίζουν τη γενικότερη κατάσταση με τις προσφυγικές ροές, σε επίπεδο φυσικά που δύναται να μελετηθεί στατιστικά μελλοντικά ως προς τη συσχέτιση.



Εικόνα 15: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Νότιο Αιγαίο.

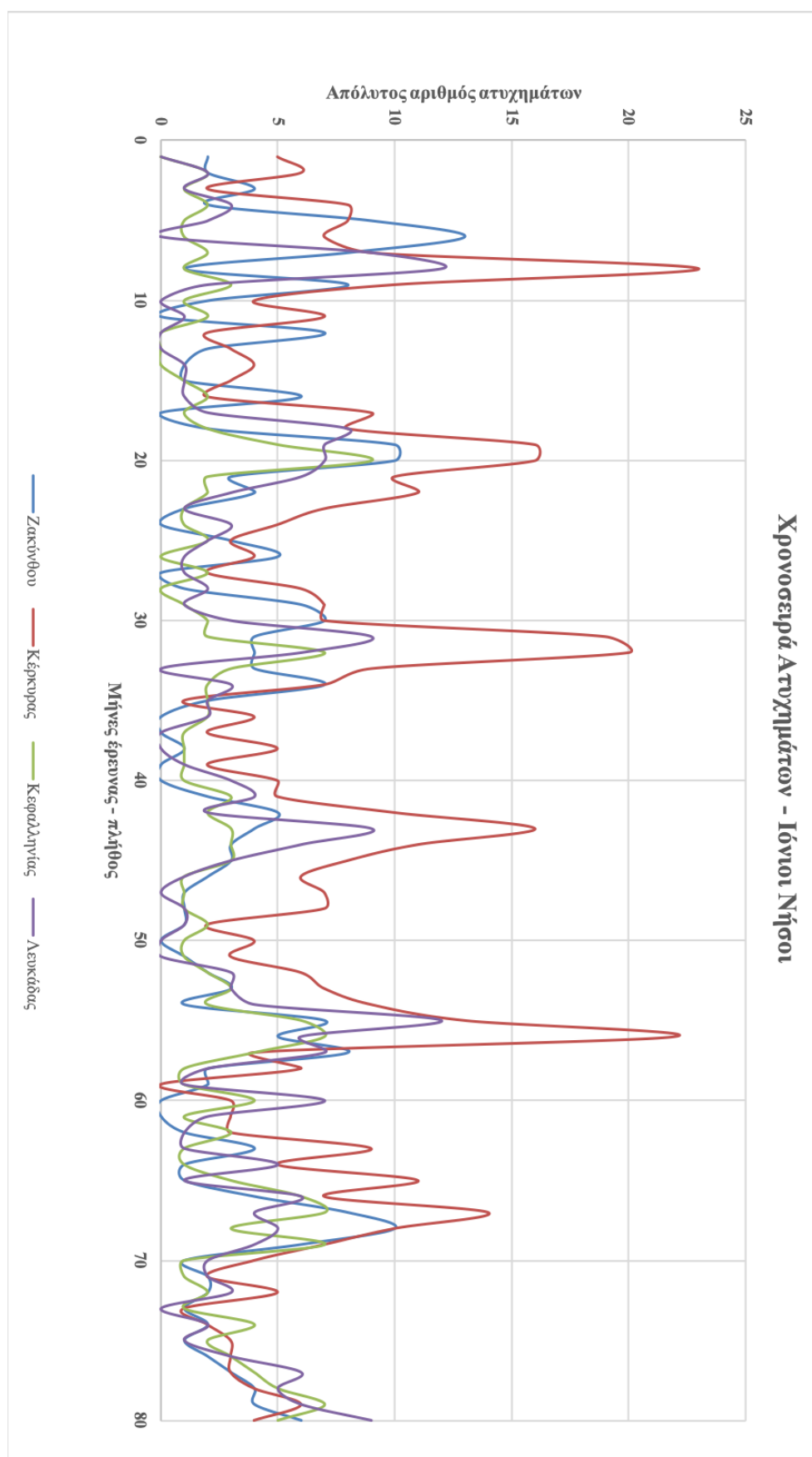
Στο Νότιο Αιγαίο έχουμε απλά και περιοδικά δεδομένα, που αντικατοπτρίζουν την αύξηση πυκνότητας ανθρώπων και οχημάτων κατά τους θερινούς μήνες.



Εικόνα 16: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Κρήτη.

Η Κρήτη εμφανίζει έντονη ανομοιογένεια, που πιθανώς αντικατοπτρίζει κακό οδικό δίκτυο και πυκνότητα πληθυσμού καθ' όλο το έτος.

Ενδεχομένως, παρατηρούνται τα ζεύγη νομών Λασιθίου – Ηρακλείου και Χανίων – Ρεθύμνου, με ορισμένες εποχές εντός του χρόνου μελέτης υψηλής ανομοιογένειας, όπως ειπώθηκε παραπάνω.



Εικόνα 17: Χρονοσειρά ατυχημάτων - Ιόνια Νησιά.

Στην περιφέρεια Ιονίων Νήσων έχουμε έναν σχετικό υψηλό βαθμό ομοιογένειας, αλλά εντοπίζονται μήνες όπου ο νομός Λευκάδας εμφανίζει αποκλίσεις. Ενδεχομένως, υπάρχει σχέση με την κινητικότητα των αυτοκινήτων και την παροχή τους στο νησί, αφού είναι το μόνο εκ των παραπάνω που ανήκουν στην περιφέρεια που συνδέεται με την ηπειρωτική Ελλάδα, άμεσα χωρίς χρήση πλοίου.

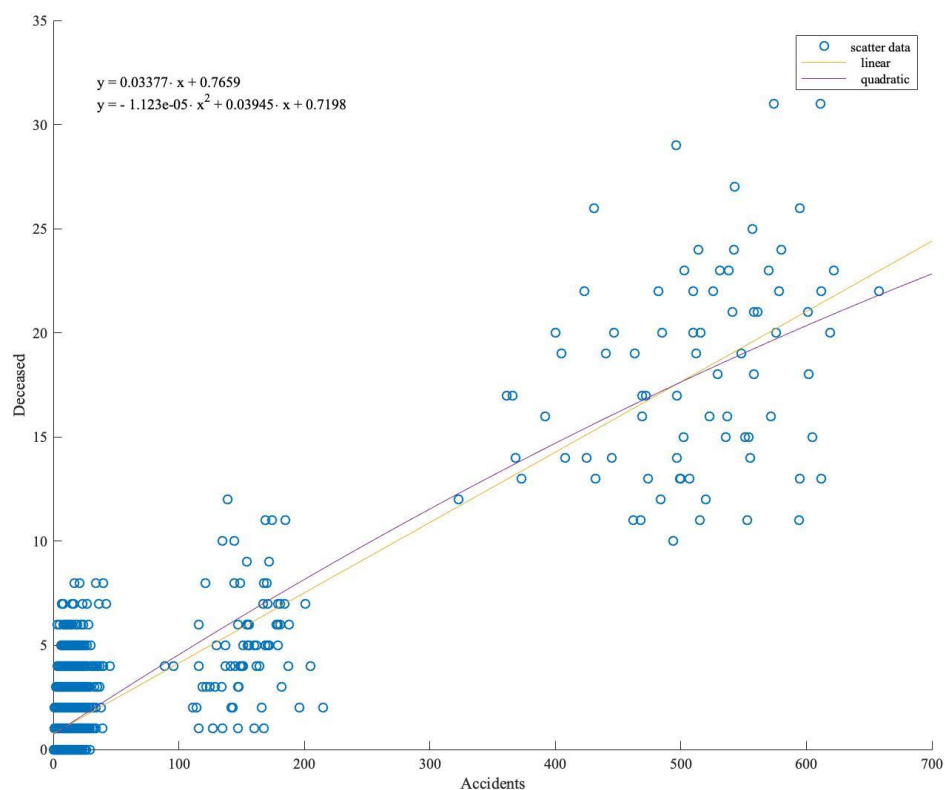
Οι χρονοσειρές ατυχημάτων δημιουργήθηκαν στο Microsoft Office Excel.

4.2 Συσχέτιση θυμάτων & Καιρικές μεταβλητές

4.2.1 Συνολική εικόνα

Εδώ θα παρουσιάσουμε την προσπάθεια συσχέτισης ατυχημάτων, νεκρών, τραυματιών και καιρικών μεταβλητών.

Έχουμε, αρχικά



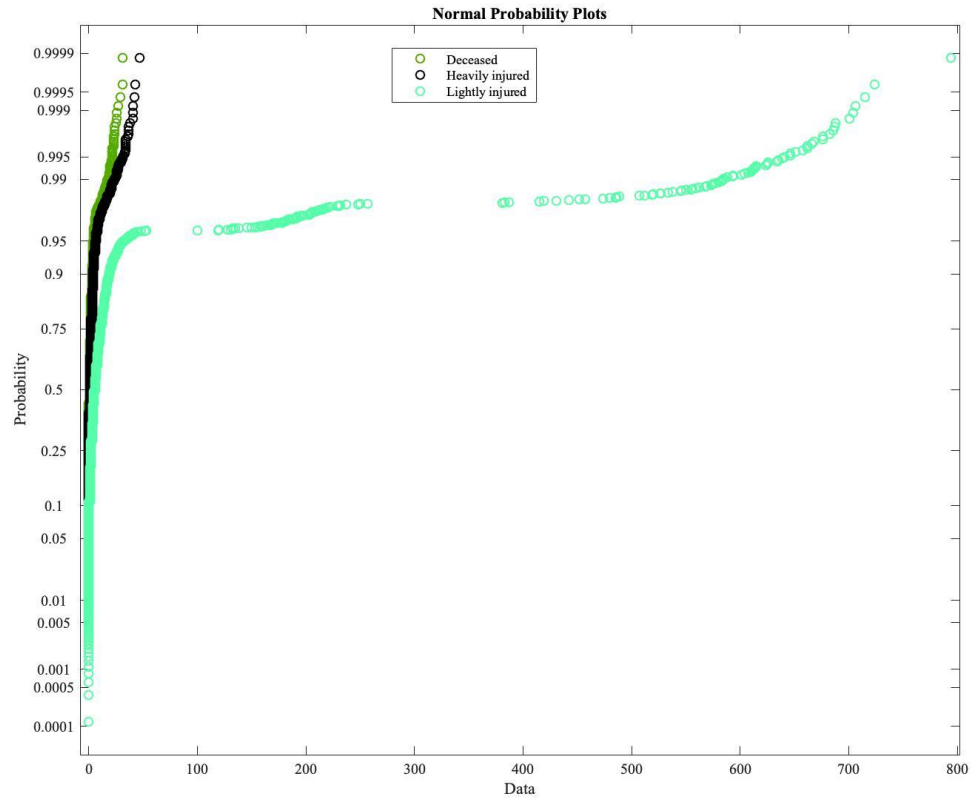
Εικόνα 18: Γραμμική & τετραγωνική παλινδρόμηση μεταξύ ατυχημάτων και νεκρών.

Η γραμμική σχέση, που μας αφορά περισσότερο, είναι η πρώτη στα αριστερά του γραφήματος, δηλαδή:

$$\text{Νεκροί} = 0.03377 \text{ Ατυχήματα} + 0.7659$$

Περισσότερα, στο επόμενο Κεφάλαιο.

Το επόμενο γράφημα δείχνει την εγγύτητα στις κατανομές πιθανότητας νεκρών και βαριά τραυματιών, παρά των δύο ειδών τραυματικών, όπως είναι αναμενόμενο.



Εικόνα 19: Συγκριτικό γράφημα πυκνότητας πιθανότητας μεταξύ νεκρών, βαριά και ελαφρά τραυματιών.

Τα δύο προηγούμενα γραφήματα δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον MATLAB.

Τώρα παρουσιάζουμε από πακέτο IBM SPSS 21 τα αποτελέσματα συσχέτισης κατά Pearson:

		Correlations			
		Accidents	Deceased	Heavily injured	Lightly injured
Accidents	Pearson Correlation	1	.873**	.853**	.998**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080	4080
Deceased	Pearson Correlation	.873**	1	.811**	.866**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000
	N	4080	4080	4080	4080
Heavily injured	Pearson Correlation	.853**	.811**	1	.843**
	Sig. (2-tailed)				
	N				

	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000
	N	4080	4080	4080	4080
Lightly injured	Pearson Correlation	.998**	.866**	.843**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	N	4080	4080	4080	4080
Mean Temperature	Pearson Correlation	.052**	.104**	.143**	.051**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.001
	N	4080	4080	4080	4080
Max Temperature	Pearson Correlation	.053**	.097**	.112**	.054**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.001
	N	4080	4080	4080	4080
Min Temperature	Pearson Correlation	.060**	.114**	.170**	.057**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080	4080
Wind speed	Pearson Correlation	-.110**	-.078**	.002	-.115**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.907	.000
	N	4080	4080	4080	4080
Precipitation	Pearson Correlation	-.067**	-.089**	-.117**	-.067**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080	4080

Correlations

		Mean Temperature	Max Temperature	Min Temperature
Accidents	Pearson Correlation	.052**	.053**	.060**
	Sig. (2-tailed)	.001	.001	.000
	N	4080	4080	4080
Deceased	Pearson Correlation	.104**	.097**	.114**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080
Heavily injured	Pearson Correlation	.143**	.112**	.170**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080
Lightly injured	Pearson Correlation	.051**	.054**	.057**
	Sig. (2-tailed)	.001	.001	.000
	N	4080	4080	4080
Mean Temperature	Pearson Correlation	1	.936**	.955**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	4080	4080	4080
Max Temperature	Pearson Correlation	.936**	1	.838**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	4080	4080	4080

Min Temperature	Pearson Correlation	.955**	.838**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	4080	4080	4080
Wind speed	Pearson Correlation	.097**	-.066**	.224**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080
Precipitation	Pearson Correlation	-.386**	-.397**	-.363**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	4080	4080	4080

Correlations

		Wind speed	Precipitation
Accidents	Pearson Correlation	-.110**	-.067**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Deceased	Pearson Correlation	-.078**	-.089**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Heavily injured	Pearson Correlation	.002	-.117**
	Sig. (2-tailed)	.907	.000
	N	4080	4080
Lightly injured	Pearson Correlation	-.115**	-.067**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Mean Temperature	Pearson Correlation	.097**	-.386**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Max Temperature	Pearson Correlation	-.066**	-.397**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Min Temperature	Pearson Correlation	.224**	-.363**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000
	N	4080	4080
Wind speed	Pearson Correlation	1	-.075**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	4080	4080
Precipitation	Pearson Correlation	-.075**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	4080	4080

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Τα παραπάνω αφορούσαν τις μη – ανηγμένες τιμές ως προς τον πληθυσμό. Ακολουθούν οι ανάλογες:

Correlation Matrix

		Mean Temperature	Max Temperature	Min Temperature
Correlation	Mean Temperature	1.000	.936	.955
	Max Temperature	.936	1.000	.838
	Min Temperature	.955	.838	1.000
	Wind speed	.097	-.066	.224
	Precipitation	-.386	-.397	-.363
	Accident quotient	.338	.303	.326
	Deceased quotient	.164	.151	.150
	Heavily injured quotient	.239	.177	.260
	Lightly injured quotient	.291	.277	.267

Correlation Matrix

		Wind speed	Precipitation	Accident quotient	Deceased quotient
Correlation	Mean Temperature	.097	-.386	.338	.164
	Max Temperature	-.066	-.397	.303	.151
	Min Temperature	.224	-.363	.326	.150
	Wind speed	1.000	-.075	.101	.023
	Precipitation	-.075	1.000	-.232	-.077
	Accident quotient	.101	-.232	1.000	.319
	Deceased quotient	.023	-.077	.319	1.000
	Heavily injured quotient	.176	-.138	.499	.214
	Lightly injured quotient	.053	-.209	.889	.168

Correlation Matrix

		Heavily injured quotient	Lightly injured quotient
Correlation	Mean Temperature	.239	.291
	Max Temperature	.177	.277
	Min Temperature	.260	.267
	Wind speed	.176	.053
	Precipitation	-.138	-.209
	Accident quotient	.499	.889
	Deceased quotient	.214	.168
	Heavily injured quotient	1.000	.312
	Lightly injured quotient	.312	1.000

Ακολουθούν, εδώ, οι περατωθείσες απόπειρες γραμμικής παλινδρόμησης, πρώτα του αριθμού ατυχημάτων ως προς τις μεταβλητές καιρού

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	639156.677	5	127831.335	24.368	.000 ^b
	Residual	21371689.117	4074	5245.874		
	Total	22010845.794	4079			

a. Dependent Variable: Accidents

b. Predictors: (Constant), Precipitation, Wind speed, Mean Temperature, Max Temperature, Min Temperature

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	73.342	8.609		8.519	.000
	Mean Temperature	-2.419	.965	-.237	-2.506	.012
	Max Temperature	-.500	.531	-.051	-.943	.346
	Min Temperature	3.185	.591	.342	5.388	.000
	Wind speed	-3.049	.320	-.173	-9.541	.000
	Precipitation	-.084	.021	-.068	-3.998	.000

Coefficients^a

Model		95.0% Confidence Interval for B		Zero-order	Correlations	
		Lower Bound	Upper Bound		Partial	Part
1	(Constant)	56.463	90.221			
	Mean Temperature	-4.311	-.527	.052	-.039	-.039
	Max Temperature	-1.541	.540	.053	-.015	-.015
	Min Temperature	2.026	4.344	.060	.084	.083
	Wind speed	-3.675	-2.422	-.110	-.148	-.147
	Precipitation	-.125	-.043	-.067	-.063	-.062

Coefficients^a

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	(Constant)		
	Mean Temperature	.027	37.391
	Max Temperature	.082	12.239
	Min Temperature	.059	16.934
	Wind speed	.728	1.374
	Precipitation	.832	1.202

a. Dependent Variable: Accidents

με μοντέλο

$$A = 73.342 - 2.419\bar{T} - 0.5T_{max} + 3.185T_{min} - 3.049w - 0.084P$$

με A ατυχήματα, $\bar{T}$ μέση θερμοκρασία, T_{max} μέγιστη θερμοκρασία, T_{min} ελάχιστη θερμοκρασία, w και P η μέση ταχύτητα ανέμου και ο υετός, αντίστοιχα, και όμοια για το ανηγμένο πλήθος νεκρών

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.000	5	.000	23.603	.000 ^b
	Residual	.000	4074	.000		
	Total	.000	4079			

a. Dependent Variable: Deceased quotient

b. Predictors: (Constant), Precipitation, Wind speed, Mean Temperature, Max Temperature, Min Temperature

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.493E-6	.000		2.635	.008
	Mean Temperature	5.449E-7	.000	.346	3.666	.000
	Max Temperature	-1.028E-7	.000	-.068	-1.257	.209
	Min Temperature	-1.905E-7	.000	-.133	-2.093	.036
	Wind speed	3.682E-8	.000	.014	.748	.454
	Precipitation	-3.291E-9	.000	-.017	-1.019	.308

Coefficients^a

Model		95.0% Confidence Interval for B		Correlations		
		Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	.000	.000			
	Mean Temperature	.000	.000	.164	.057	.057
	Max Temperature	.000	.000	.151	-.020	-.019
	Min Temperature	.000	.000	.150	-.033	-.032
	Wind speed	.000	.000	.023	.012	.012
	Precipitation	.000	.000	-.077	-.016	-.016

Coefficients^a

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	VIF
1	(Constant)		
	Mean Temperature	.027	37.391
	Max Temperature	.082	12.239
	Min Temperature	.059	16.934
	Wind speed	.728	1.374
	Precipitation	.832	1.202

a. Dependent Variable: Deceased quotient

Επιπλέον, πραγματοποιήσαμε ανάλυση σε παράγοντες και ο πρώτος παράγοντας σε **bold** παρακάτω κρατά ως σημαντικές¹⁴ τις σχέσεις μεταξύ στατιστικές μεταβλητών.

Component Matrix^a

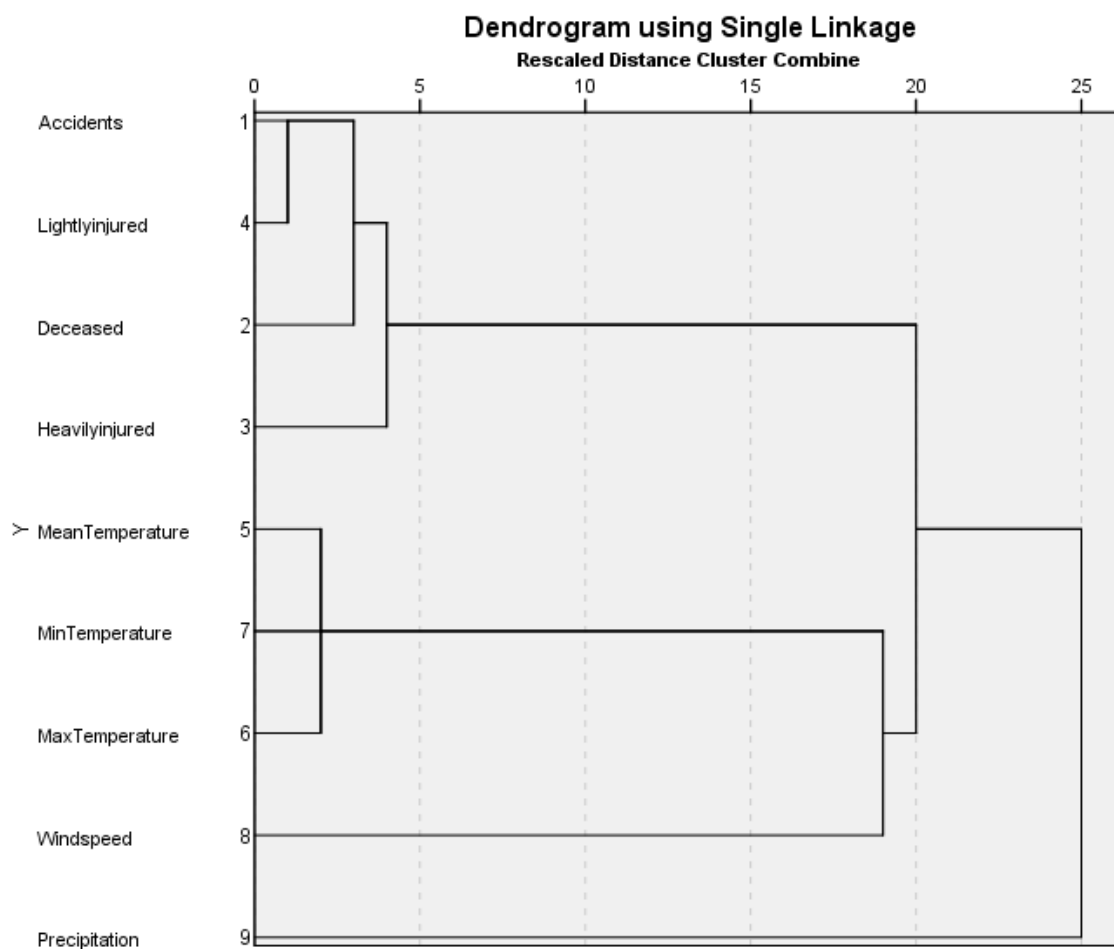
	Component		
	1	2	3
Mean Temperature	.888	-.418	-.006
Max Temperature	.836	-.442	-.181
Min Temperature	.863	-.391	.141
Wind speed	.169	.112	.936
Precipitation	-.511	.157	-.012
Accident quotient	.687	.658	-.128
Deceased quotient	.322	.310	-.103
Heavily injured quotient	.477	.454	.254
Lightly injured quotient	.611	.607	-.213

Extraction Method: Principal Component Analysis.^a

a. 3 components extracted.

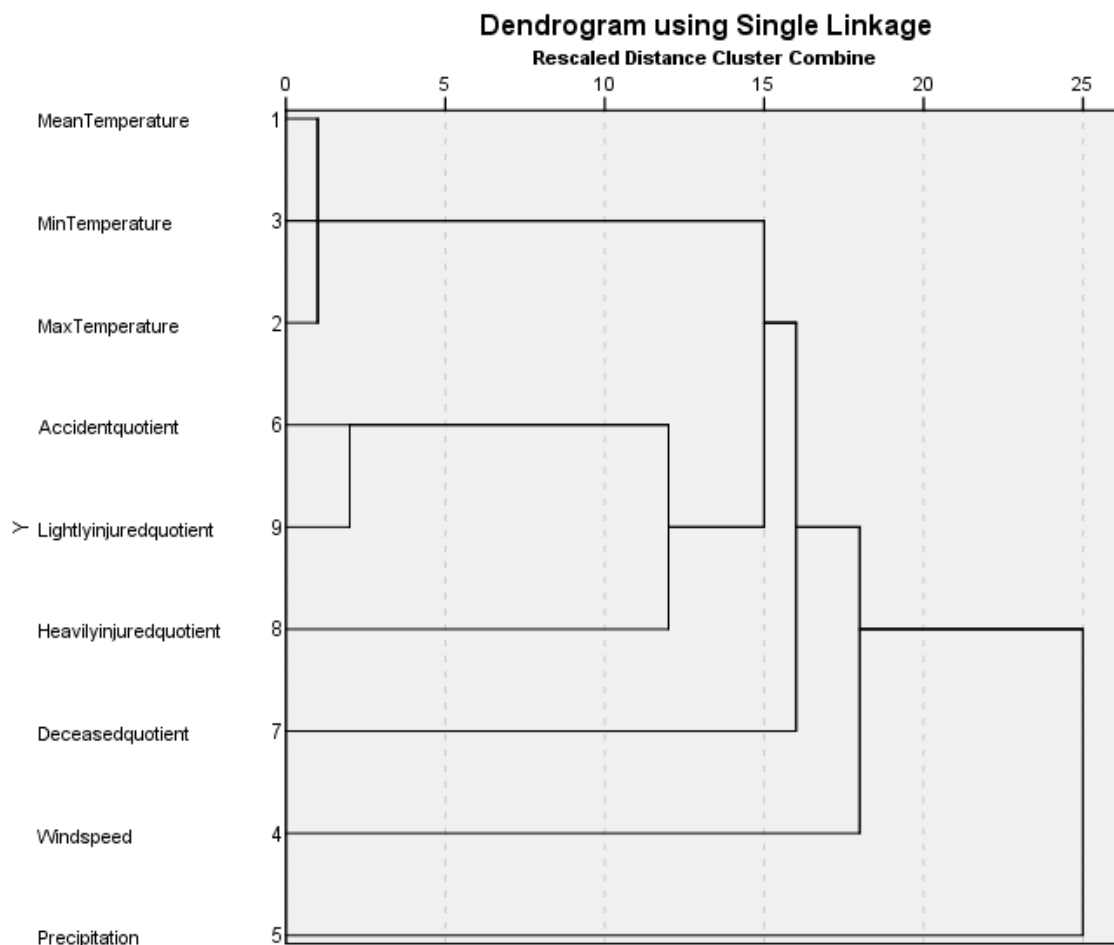
Τέλος, για το Κεφάλαιο 4, έχουμε την ανάλυση σε clusters για τη στατιστική γενετική μελέτη εξάρτησης μεταξύ των στατιστικών μεταβλητών. Πρώτα έχουμε την ανάλυση χωρίς την κανονικοποίηση των μεταβλητών ατυχημάτων, νεκρών, σοβαρά και ελαφρά τραυματιών ως προς πληθυσμό νομού και ύστερα με την κανονικοποίηση. Οπότε, ισχύει:

¹⁴ Απόλυτη τιμή αριθμού άνω του 0.5.



Εικόνα 20: Ανάλυση cluster των στατιστικών μεταβλητών (I).

ΚΩ1



Εικόνα 21: Ανάλυση cluster των στατιστικών μεταβλητών (II).

4.2.2 Εικόνα ανά νομό έρευνας

Η στατιστική εικόνα ανά νομό έρευνας θα αποτυπωθεί μεταξύ του **ανηγμένου πλήθους ατυχημάτων** (ατύχημα/κάτοικο νομού) – που η αύξησή του οδηγεί σε στατιστική αύξηση του πλήθους των νεκρών, του πλήθους των βαριά και ελαφριά τραυματιών – και το **ύψος βροχής** (mm βροχής). Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί μέσω της διερεύνησης ύπαρξης γραμμικής συσχέτισης μεταξύ αυτών των μεταβλητών ανά νομό (Microsoft Excel). Στο τέλος της υποενότητας θα ακολουθήσει ποιοτικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα θα αποδοθούν στους παρακάτω πίνακες:

Νομός Δράμας

R Square 0,05900591

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,4624E-05	6,4529E-06	13,1142234	2,0252E-21
X Variable 1	-2,134E-07	9,6475E-08	-2,2115746	0,02992354

Παρατηρείται μία αρνητική συσχέτιση μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών

$$A = -2.13 \cdot 10^{-7} P + 8.46 \cdot 10^{-5}$$

με A , P το ανηγμένο πλήθος ατυχημάτων και ο υετός, αντίστοιχα. Η γραμμική σχέση που προκύπτει δεν είναι στατιστικά αποδεκτή, όπως προκύπτει και από το συντελεστή συσχέτισης R^2 .

Νομός Έβρου

R Square 0,10501662

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,382E-05	3,6286E-06	17,5878785	7,2168E-29
X Variable 1	-1,729E-07	5,7164E-08	-3,0253027	0,00336287

Έχουμε μία παρόμοια αρνητική συσχέτιση, όπως παραπάνω. Η ακριβής σχέση είναι

$$A = -1.73 \cdot 10^{-7} P + 6.38 \cdot 10^{-5}$$

με επίσης χαμηλή τιμή συντελεστή γραμμικής συσχέτισης.

Νομός Καβάλας

R Square 0,0978655

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,7687E-05	6,6249E-06	14,7454806	2,905E-24
X Variable 1	-2,769E-07	9,5177E-08	-2,9088844	0,00472327

Έχουμε

$$A = -2.77 \cdot 10^{-7} P + 9.77 \cdot 10^{-5}$$

με όμοια σχόλια.

Νομός Ξάνθης

R Square 0,03825329

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,4869E-05	5,6136E-06	13,3369735	8,1231E-22
X Variable 1	-1,409E-07	7,9992E-08	-1,7613731	0,08209408

Αντίστοιχα με παραπάνω

$$A = -1.41 \cdot 10^{-7} P + 7.49 \cdot 10^{-5}$$

και με εξίσου χαμηλό συντελεστή γραμμικής συσχέτισης.

Νομός Ροδόπης

R Square 0,13188077

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,4556E-05	4,1114E-06	18,134161	1,0551E-29
X Variable 1	-2,653E-07	7,7075E-08	-3,4422971	0,0009302

Εδώ, με σχετικά υψηλότερη συσχέτιση που εξακολουθεί να μην έχει ιδιαίτερη στατιστική σημαντικότητα με προηγούμενως, έχουμε αντίστοιχα αρνητική συσχέτιση.

Νομός Ημαθίας

R Square 0,05056268

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,8776E-05	5,7844E-06	11,8898844	3,4103E-19
X Variable 1	-1,574E-07	7,721E-08	-2,0381174	0,04492793

Ίδια αποτελέσματα με παραπάνω όσον αφορά και την αρνητική συσχέτιση και την έλλειψη σαφούς γραμμικής σχέσης μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.

Νομός Θεσσαλονίκης

R Square 0,02271047

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00014368	4,1335E-06	34,7604696	3,1276E-49
X Variable 1	-1,088E-07	8,084E-08	-1,3463213	0,18209848

Ομοίως με παραπάνω.

Νομός Κιλκίς

R Square 0,01341825

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,3666E-05	6,2228E-06	10,2310543	4,5469E-16
X Variable 1	9,7418E-08	9,4582E-08	1,02997961	0,30620287

Επίσης, όμοια με παραπάνω.

Νομός Πέλλης

R Square 0,00208797

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,5435E-05	2,8775E-06	12,3143504	5,6554E-20
X Variable 1	-1,546E-08	3,8271E-08	-0,4039835	0,68733038

Εδώ η συσχέτιση είναι ακόμη λιγότερο εκπεφρασμένη γραμμικά.

Νομός Πιερίας

R Square 0,0112264

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,4151E-05	3,8452E-06	8,88161222	1,8315E-13
X Variable 1	-5,285E-08	5,616E-08	-0,9410641	0,34957745

Ομοίως με τα προηγούμενα.

Νομός Σερρών

R Square 0,02771673

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,4603E-05	3,5156E-06	12,6868998	1,1882E-20
X Variable 1	-9,211E-08	6,177E-08	-1,4911519	0,1399549

Ομοίως με τα προηγούμενα.

Νομός Χαλκιδικής

R Square 0,07270361

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00010658	1,0903E-05	9,77531982	3,4137E-15
X Variable 1	-3,881E-07	1,5693E-07	-2,4729538	0,01557513

Ομοίως με τα στατιστικά αποτελέσματα παραπάνω.

Νομός Γρεβενών

R Square 0,00579664

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,5793E-05	6,2614E-06	7,31345852	1,9839E-10
X Variable 1	-6,169E-08	9,1484E-08	-0,6743694	0,50207036

Ομοίως με παραπάνω.

Νομός Καστοριάς

R Square 0,10199759

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,0821E-05	5,4475E-06	9,32915991	2,4838E-14
X Variable 1	-2,396E-07	8,0485E-08	-2,9764836	0,00388179

Αντίστοιχα με παραπάνω.

Νομός Κοζάνης

R Square 0,03039214

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,7107E-05	5,4435E-06	8,65388288	5,0691E-13
X Variable 1	-1,622E-07	1,0373E-07	-1,5636151	0,12195634

Αντίστοιχα με προηγούμενος.

Νομός Φλώρινας

R Square 0,03612635

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,7718E-05	5,5883E-06	4,95998458	4,0318E-06
X Variable 1	-1,627E-07	9,5128E-08	-1,7098156	0,0912755

Όμοια με παραπάνω.

Νομός Άρτας

R Square 0,01514414

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,584E-05	3,1558E-06	8,18808819	4,0651E-12
X Variable 1	-3,478E-08	3,1758E-08	-1,0951743	0,27681048

Ομοίως με τα παραπάνω.

Νομός Θεσπρωτίας

R Square 0,05502892

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00010695	9,2257E-06	11,5929061	1,2129E-18
X Variable 1	-1,416E-07	6,6426E-08	-2,1312458	0,03621826

Αντίστοιχα με τις τιμές των υπόλοιπων νομών παραπάνω.

Νομός Ιωαννίνων

R Square 0,0109715

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,4635E-05	2,3302E-06	10,5719427	1,0161E-16
X Variable 1	-1,607E-08	1,7276E-08	-0,9301991	0,35513804

Αντίστοιχα με τα υπόλοιπα παραπάνω.

Νομός Πρεβέζης

R Square 0,08649826

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,2134E-05	5,3443E-06	9,75505682	3,7349E-15
X Variable 1	-1,073E-07	3,9497E-08	-2,7176674	0,00809692

Όπως και στα υπόλοιπα αποτελέσματα.

Νομός Καρδίτσας

R Square 0,119453

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,5293E-05	4,8854E-06	13,3649164	7,2466E-22
X Variable 1	-2,458E-07	7,5569E-08	-3,2528913	0,00168929

Όμοια με προηγουμένως, με ελαφρώς υψηλότερη τιμή συντελεστή γραμμικής συσχέτισης.

Νομός Λάρισας

R Square 0,05130361

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,7137E-05	2,4856E-06	14,9410861	1,3552E-24
X Variable 1	-1,171E-07	5,6997E-08	-2,0537976	0,04334615

Αντίστοιχα με τα αποτελέσματα των άλλων, ως εδώ, νομών.

Νομός Μαγνησίας

R Square 0,02253115

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,6645E-05	2,8E-06	9,51623997	1,0795E-14
X Variable 1	-5,869E-08	4,3771E-08	-1,3408726	0,18385372

Όμοια με παραπάνω.

Νομός Τρικάλων

R Square 0,08635558

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,1814E-05	3,9181E-06	10,6720208	6,5555E-17
X Variable 1	-1,646E-07	6,0606E-08	-2,7152131	0,00815185

Όμοια με παραπάνω.

Νομός Ζακύνθου

R Square 0,10891106

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00010034	1,0295E-05	9,74628235	3,8832E-15
X Variable 1	-2,532E-07	8,201E-08	-3,0876124	0,00279398

Παρατηρείται, όπως και σε δύο νομούς παραπάνω, σχετικά υψηλότερη τιμή γραμμικής συσχέτισης, όμως στατιστικά ασήμαντη.

Νομός Κέρκυρας

R Square 0,17536155

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,6842E-05	7,1476E-06	12,1497585	1,1324E-19
X Variable 1	-2,628E-07	6,4525E-08	-4,0727026	0,00011071

Εδώ, με τις έως τώρα τιμές των νομών, έχουμε την υψηλότερη τιμή συντελεστή γραμμικής συσχέτισης, όμως εξακολουθεί η αρνητική συσχέτιση των μεταβλητών.

Νομός Κεφαλληνίας

R Square 0,19326605

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,0143E-05	7,844E-06	11,4918818	1,8714E-18
X Variable 1	-3,151E-07	7,2883E-08	-4,3227481	4,5039E-05

Όπως ακριβώς παραπάνω, έχουμε σχετικά υψηλότερο συντελεστή R^2 .

Νομός Λευκάδας

R Square 0,26231444

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00019103	1,6466E-05	11,6014943	1,169E-18
X Variable 1	-5,979E-07	1,1352E-07	-5,2665081	1,1965E-06

Εδώ, έχουμε το πρώτο παράδειγμα με σχετική στατιστική σημαντικότητα στην γραμμική εξάρτηση των στατιστικών μεταβλητών.

Νομός Αιτωλοακαρνανίας

R Square 0,04120449

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,2022E-05	3,3834E-06	21,2871001	3,1375E-34
X Variable 1	-5,733E-08	3,1313E-08	-1,8308662	0,07093957

Επίσης, όμοια με τα αποτελέσματα των πρώτων νομών.

Νομός Αχαΐας

R Square 0,22126172

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,4711E-05	3,0797E-06	24,2590323	4,4084E-38
X Variable 1	-1,71E-07	3,6329E-08	-4,7076556	1,0689E-05

Έχουμε συσχέτιση της τάξης των Νομών Κεφαλληνίας και Λευκάδας.

Νομός Ηλείας

R Square 0,10563494

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,2226E-05	3,5201E-06	17,6770145	5,2604E-29
X Variable 1	-8,959E-08	2,9516E-08	-3,0352446	0,00326542

Αντίστοιχες τιμές με τους πρώτους νομούς.

Νομός Βοιωτίας

R Square 0,0933908

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,098E-05	5,225E-06	13,5846274	2,9629E-22
X Variable 1	-2,212E-07	7,8041E-08	-2,8345837	0,00584022

Όπως ακριβώς παραπάνω.

Νομός Εύβοιας

R Square 0,0709131

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,3699E-05	4,9696E-06	16,842158	1,0564E-27
X Variable 1	-2,945E-07	1,2068E-07	-2,439958	0,01695813

Όμοια με παραπάνω.

Νομός Ευρυτανίας

R Square 0,03045566

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,1812E-05	8,8802E-06	5,83453398	1,1678E-07
X Variable 1	-1,42E-07	9,0732E-08	-1,5652997	0,12156096

Όμοια με τα προηγούμενα χαμηλών τιμών συσχέτισης.

Νομός Φθιώτιδας

R Square 0,04537932

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,0232E-05	5,0753E-06	15,8081419	4,8946E-26
X Variable 1	-1,357E-07	7,0473E-08	-1,9255768	0,05780188

Ομοίως με τα παραπάνω.

Νομός Φωκίδας

R Square 0,03044905

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,2147E-05	9,2287E-06	9,98481277	1,3492E-15
X Variable 1	-2,55E-07	1,6294E-07	-1,5651244	0,12160205

Αντίστοιχα με παραπάνω.

Νομός Αττικής

R Square 0,00329061

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,0001345	2,8675E-06	46,9056214	6,4261E-59
X Variable 1	-2,445E-08	4,8181E-08	-0,5074596	0,61326423

Αντίστοιχα με την πλειοψηφία των προηγούμενων.

Νομός Αργολίδας

R Square 0,02551628

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,5907E-05	5,8056E-06	16,5198103	3,4426E-27
X Variable 1	-1,646E-07	1,1519E-07	-1,4291199	0,15696254

Όμοια με παραπάνω.

Νομός Αρκαδίας

R Square 0,09688575

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00011301	8,0815E-06	13,9844283	5,9105E-23
X Variable 1	-2,902E-07	1,0032E-07	-2,8927167	0,00494805

Όμοια με τα παραπάνω.

Νομός Κορινθίας

R Square 0,24165787

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00013156	5,8622E-06	22,4417996	9,0213E-36
X Variable 1	-7,508E-07	1,506E-07	-4,9855742	3,6475E-06

Τάξη μεγέθους συσχέτισης ανάλογου με της Αχαΐας, Κεφαλληνίας και Λευκάδας.

Νομός Λακωνίας

R Square 0,23806293

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,7343E-05	5,0663E-06	19,2140323	2,6176E-31
X Variable 1	-3,218E-07	6,5196E-08	-4,9366647	4,4163E-06

Περίπτωση ανάλογη με το ακριβώς προηγούμενο.

Νομός Μεσσηνίας

R Square 0,14412966

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,2964E-05	4,1731E-06	17,48419	1,0438E-28
X Variable 1	-1,946E-07	5,3702E-08	-3,6242655	0,0005143

Η περίπτωση εδώ είναι υβριδική της ακριβώς προηγούμενης και των ανάλογών της με όλες τις υπόλοιπες παραπάνω.

Νομός Λέσβου

R Square 0,13120211

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	7,2662E-05	4,6501E-06	15,6261297	9,7507E-26
X Variable 1	-2,4E-07	6,9918E-08	-3,4320874	0,00096111

Όπως η πλειοψηφία των περιπτώσεων των νομών.

Νομός Σάμου

R Square 0,09947111

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,2032E-05	7,5035E-06	6,93437015	1,0499E-09
X Variable 1	-1,998E-07	6,8058E-08	-2,9352625	0,00437666

Όπως στις πρώτες περιπτώσεις μελέτης.

Νομός Χίου

R Square 0,08776796

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,3931E-05	5,1749E-06	10,4216472	1,9651E-16
X Variable 1	-1,286E-07	4,6937E-08	-2,7394453	0,00762407

Όπως παραπάνω.

Νομός Δωδεκανήσου

R Square 0,32826444

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,0001097	6,4225E-06	17,0812414	4,4352E-28
X Variable 1	-4,601E-07	7,4521E-08	-6,1739066	2,7966E-08

Σε αυτό το νομό έχουμε τον υψηλότερο, ως εδώ, συντελεστή γραμμικής συσχέτισης, πέραν της κλάσης μεγέθους των νομών Αχαΐας, Κεφαλληνίας, Λευκάδας, Κορινθίας και Λακωνίας.

Νομός Κυκλάδων

R Square 0,31330186

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,00014994	1,0748E-05	13,9507803	6,7641E-23
X Variable 1	-1,599E-06	2,6798E-07	-5,9654863	6,7483E-08

Παρόμοια με ακριβώς παραπάνω τα σχόλια.

Νομός Ηρακλείου

R Square 0,04054962

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,6781E-05	1,8621E-06	14,3824317	1,2116E-23
X Variable 1	-8,524E-08	4,695E-08	-1,8156388	0,07326888

Κατάσταση συγκρίσιμη με τις αντίστοιχες των μελετημένων στην αρχή νομών.

Νομός Λασιθίου

R Square 0,02592856

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	4,1349E-05	4,5102E-06	9,16787185	5,0997E-14
X Variable 1	-1,063E-07	7,3782E-08	-1,4409241	0,15360857

Όπως ακριβώς παραπάνω.

Νομός Ρεθύμνου

R Square 0,03723815

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,1429E-05	3,1074E-06	10,1139387	7,6234E-16
X Variable 1	-8,733E-08	5,0277E-08	-1,7369284	0,08634742

Όπως ισχύει στα ακριβώς προηγούμενα.

Νομός Χανίων

R Square 0,1999655

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	5,5234E-05	3,3921E-06	16,2831806	8,2628E-27
X Variable 1	-2,074E-07	4,6971E-08	-4,4154044	3,2041E-05

Αντίστοιχα με τις παρόμοιες τιμές γραμμικής συσχέτισης.

Η μορφή σχέσης στα παραπάνω θα είναι $A = -a \cdot 10^{-7} + b \cdot 10^{-5}$, με $a, b \in (0,10)$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα & Μελλοντικές Προσεγγίσεις

Τα κύρια στατιστικά συμπεράσματα από την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή – και ειδικότερα από το προηγούμενο κεφάλαιο – είναι τα ακόλουθα.

Η σημαντική στατιστική σχέση μεταξύ ανηγμένου πλήθους ατυχημάτων, με ανηγμένου πλήθους ελαφρά τραυματιών, ελάχιστης, μέσης και μέγιστης θερμοκρασίας (θετικά) και υετού (αρνητικά), από την ανάλυση παραγόντων.

Το γραμμικό μοντέλο ατυχημάτων σε σχέση με τις καιρικές μεταβλητές, όπου έχουμε εξαρτημένη μεταβλητή τα ατυχήματα και ανεξάρτητες τη μέση θερμοκρασία, τη μέγιστη θερμοκρασία, την ελάχιστη θερμοκρασία, την ταχύτητα ανέμου και τον υετό, με μη στατιστικές σημαντικά τις σχέσεις των επιμέρους ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη, αλλά και χωρίς ανάλυση συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταξύ τους.

Το γραμμικό μοντέλο ανηγμένου πλήθους νεκρών ως προς τις παραπάνω καιρικές μεταβλητές, με στατιστικά σημαντική σχέση.

Η γενετική σχέση μεταξύ των μεταβλητών από τη σκοπιά της Στατιστικής στην ανάλυση cluster. Πιο αναλυτικά, φανερώθηκε πως εξωτερικότερες μεταβλητές είναι η μέση θερμοκρασία και ο υετός, από τον οποίο δεν πηγάζει στατιστικά καμία άλλη μεταβλητή. Παρόλα αυτά, οι αριθμοί ατυχημάτων, νεκρών και τραυματιών οφείλονται 1^{ον} στη βροχή, 2^{ον} στη μέση ταχύτητα ανέμου και 3^{ον} αδιαιρέτως στις τρεις θερμοκρασιακές μεταβλητές.

Τα γραμμικά μοντέλα ανηγμένου πλήθους ατυχημάτων ως προς τον υετό, ειδικότερα, για κάθε νομό και ιδιαίτερα τα παρακάτω:

Σε κάθε νομό η συσχέτιση μεταξύ ανηγμένου πλήθους ατυχημάτων και ύψους βροχής είναι αρνητική και η γραμμικότητα εκλείπει. Η αρνητικότητα ενδεχομένως να συνδέεται με αύξηση της προσοχής οδηγών μηχανοκίνητων οχημάτων και πεζών κατά τις χρονικές στιγμές και περιόδους με βροχή, ή άλλου είδους κατακρήμνισμα, ή

στο γεγονός μειωμένης κινητικότητας των οχημάτων, λόγω ορατότητας και/ή γνώσης αυξημένης πιθανότητας ολισθηρού οδοστρώματος.

Σχετικά **υψηλές συγκριτικά** με το μέσο όρο και τη διάμεσο τιμές συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (~20-30%) παρατηρήθηκαν στους νομούς **Χανίων, Κυκλάδων, Αχαΐας, Δωδεκανήσου, Κορινθίας, Λακωνίας, Κεφαλληνίας και Λευκάδας**.

Όσον αφορά πιθανές μελλοντικές προσεγγίσεις αυτές θα ήταν, **πρώτον**, διανυσματική στατιστική ανάλυση έτσι ώστε να έχουμε καλύτερο έλεγχο των αυτοσυσχετίσεων και ταυτόχρονο μοντέλο για ατυχήματα, πλήθος νεκρών, βαριά και ελαφρά τραυματιών. **Δεύτερον**, σύνδεση με γεωγραφικό πλάτος και ποσοτικοποίηση αναγλύφου, με ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου (DEM), για επιφανειακή υδάτινη απορροή για βελτιστοποίηση του μοντέλου, κυρίως όταν η επικινδυνότητα οφείλεται σε πλημμυρικά γεγονότα και υφίστανται η οδηγική ικανότητα και απόκριση ακραίες διαφοροποιήσεις – ακόμη και από καταστάσεις άλλων τροχαίων ατυχημάτων.

Βιβλιογραφία

- Ελληνική Στατιστική Αρχή*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <http://www.statistics.gr>
- Ahrens C. D., H. R. (2016). *Meteorology today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment* (11 εκδ.). Cengage Learning.
- Brodsky H., H. A. (1988). Risk of a road accident in rainy weather. *Accident Analysis & Prevention*, 20(3), 161-176.
- Duchon C., H. R. (2012). *Time Series Analysis in Meteorology and Climatology: An Introduction* (Τόμ. Advances in weather and climate). Wiley-Blackwell.
- F. L. Mannering, C. R. (2014). Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*, 1, 1-22.
- F. Malin, I. N. (2019). Accident risk of road and weather conditions on different road types. *Accident Analysis and Prevention*, 122, 181-188.
- H. Kobayashi, B. L. (2012). *Probability, Random Processes, and Statistical Analysis*. Cambridge University Press.
- H. Martensen, N. F. (2016). Let's talk about the weather – interpretation of short term changes in road accident outcomes. *Transportation Research Procedia*, 14, 96-104.
- Holton J. R., H. G. (2013). *An Introduction to Dynamic Meteorology* (5 εκδ.). Elsevier.
- Lutgens F. K., T. E. (2016). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology* (13 εκδ.). Pearson.
- Mölders N., K. G. (2014). *Lectures in Meteorology* (Τόμ. Springer Atmospheric Sciences). Springer.
- Mannering, F. (2018). Temporal instability and the analysis of highway accident data. *Analytic Methods in Accident Research*, 17, 1-13.
- meteo*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <http://www.meteo.gr>.
- National Transportation Safety Board. (χ.χ.). *Fatal Highway Accidents on Wet Pavement - The Magnitude, Location and Characteristic*. United States Government.
- Satterthwaite, P. S. (1976). An assessment of seasonal and weather effects on the frequency of road accidents in California. *Accident Analysis & Prevention*, 8(2), 87-96.

Thomopoulos, N. T. (2017). *Statistical Distributions: Applications and Parameter Estimates*. Springer.

Weiss, A. N. (2017). *Introductory Statistics* (10 εκδ.). Pearson.