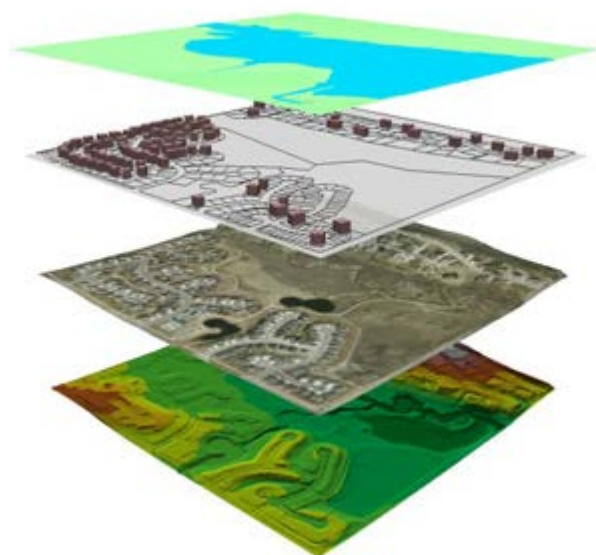


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



Το χωροχρονικό αποτύπωμα του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα την τριετία 2010 - 2012: Ανάλυση και μοντελοποίηση σε περιβάλλον GIS.



Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
(Δ.Π.Μ.Σ.) «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Επιβλέπων : Αν. Καθηγητής Γ. Φώτης
Σχολή Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ



Σκαρογιάννης Ευάγγελος
Ηλ/γος Μηχ/κός & Μηχ/κός
Η/Υ Ε.Μ.Π.

Φεβρουάριος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ" 1^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ

**Το χωροχρονικό αποτύπωμα του ιού του Δυτικού Νείλου
στην Ελλάδα την τριετία 2010 - 2012: Ανάλυση και
μοντελοποίηση σε περιβάλλον GIS.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του

ΣΚΑΡΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Επιβλέπων : Γεώργιος Ν. Φώτης
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20ή Φεβρουαρίου 2014.

.....
Γεώργιος Ν. Φώτης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Άγγελος Σιόλας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χρήστος Χατζηχριστοδούλου
Καθηγητής Π.Θ.

Copyright © Ευάγγελος Γ. Σκαρογιάννης, 2014

.....
ΣΚΑΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Γ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
& Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Οι φωτογραφίες του εξωφύλλου προέρχονται από τις ιστοσελίδες <http://geographyeducation.org/geospatial/intro-to-geospatial-education/> και <http://www.keywordpicture.com/keyword/west%20nile%20mosquito/>

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	13
Abstract	14
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Εισαγωγή.....	15
1.1 Ιστορική αναδρομή και κύριοι φορείς του ιού	15
1.2 Επιδημιολογικές μελέτες και χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ..17	
1.3 Το κλίμα και ο ιός.....	19
1.4 Αντικείμενο της εργασίας	21
1.5 Δομή της εργασίας	21
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ο ιός του Δυτικού Νείλου	23
2.1 Τι είναι ο ιός Δυτικού Νείλου, πώς μεταδίδεται.....	23
2.2 Συμπτώματα.....	26
2.3 Κύκλος μετάδοσης του ιού.....	27
2.4 Μέτρα προστασίας.....	29
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Χωρική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου - Μέθοδοι και τεχνικές.....	33
3.1 Χωρική ανάλυση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	33
3.2 Μέθοδοι ανάλυσης χωρικών φαινομένων	37
3.2.1 Στατιστική επεξεργασία	37
3.2.2 Γεωστατιστικοί Δείκτες.....	39
3.3 Πολύγωνα Thiessen.....	42
3.4 Συσχέτιση Pearson	44
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία	49
4.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο	49
4.2 Περιοχή μελέτης.....	50
4.3 Δεδομένα και μεταβλητές.....	55
4.4 Επεξεργασία	57
4.4.1 Στατιστική επεξεργασία και παρουσίαση Δεδομένων	57
4.4.1.1 Χρονική Ανάλυση Δεδομένων.....	57
4.4.1.2 Χωρική Ανάλυση Δεδομένων	64
4.4.2 Δημιουργία πολυγώνων Thiessen.....	72
4.4.3 Περιστατικά του ιού του Δυτικού Νείλου (2010-2012)	74
4.4.4 Πληθυσμός	75
4.4.5 Θερμοκρασία και ύψος βροχόπτωσης.....	75

4.4.6 Υψόμετρο	76
4.4.7 Corine 2000	77
4.4.8 Ανάλυση Δεδομένων	78
4.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα	95
5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επίλογος	107
5.1 Αξιολόγηση εφαρμογής	107
5.2 Προοπτικές για περαιτέρω έρευνα	108
Βιβλιογραφία	111
Διαδικτυακοί Τόποι	115
Παράρτημα	117

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: 147 από τις μεγαλύτερες πόλεις τις Ελλάδας.....	53
Πίνακας 2: Συνολικά περιστατικά ανά μήνα (2010-2012).....	57
Πίνακας 3: Περιστατικά ανά έτος.	57
Πίνακας 4: Φύλο κρουσμάτων (2010-2012).	58
Πίνακας 5: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια (2010-2012).....	58
Πίνακας 6: Κρούσματα του ιού ανά νομό (2010-2012).....	58
Πίνακας 7: Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2010.....	60
Πίνακας 8: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2010.....	60
Πίνακας 9: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2010.	61
Πίνακας 10: Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2011.....	61
Πίνακας 11: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2011.....	61
Πίνακας 12: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2011.	61
Πίνακας 13: Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2012.....	62
Πίνακας 14: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2012.....	62
Πίνακας 15: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2012	63
Πίνακας 16: Συγκριτική κατανομή των κρουσμάτων ανά μηνά και ανά έτος.....	63
Πίνακας 17: Τυπική απόσταση για κάθε έτος.....	67
Πίνακας 18: Δείκτης Average Nearest Neighbor για κάθε έτος.....	70
Πίνακας 19: Οι κατηγορίες του Corine Land Cover που χρησιμοποιήθηκαν.	78
Πίνακας 20: Μορφή τελικής βάσης δεδομένων.....	79
Πίνακας 21: Κατηγορίες πολυγώνων Thiessen με βάση το ποσοστό κρουσμάτων τους.	80
Πίνακας 22: Προφίλ περιοχών ανάλογα με τα κρούσματα που εκδηλώθηκαν	80
Πίνακας 23: Ερωτήματα SQL για την επιλογή των κατηγοριών.	81
Πίνακας 24: Τελικά Προφίλ περιοχών με τις μέσες τιμές τους.	82
Πίνακας 25*: Πολύγωνα Thiessen που δεν εμφάνισαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.	88
Πίνακας 26: Πολύγωνα Thiessen που εμφάνισαν λίγα (έως το 4% επί των συνολικών κρουσμάτων) κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.....	89
Πίνακας 27: Πολύγωνα Thiessen που εμφάνισαν πολλά (πάνω από το 4% επί των συνολικών) κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.....	89
Πίνακας 28: Παράδειγμα εφαρμογής της συνάρτησης Correl () για το πολύγωνο Thiessen με ID=74	92
Πίνακας 29: Συντελεστής συσχέτισης για τα πολύγωνα που δεν παρουσίασαν κρούσματα του ιού για το έτος 2012.	92
Πίνακας 30: Συντελεστής συσχέτισης των πολυγώνων που παρουσίασαν λίγα κρούσματα του ιού για το έτος 2012.	94
Πίνακας 31: Συντελεστής συσχέτισης των πολυγώνων που παρουσίασαν πολλά κρούσματα του ιού για το έτος 2012.	95
Πίνακας 32: Κατανομή των Πολυγώνων Thiessen ανάλογα με τα κρούσματα για το έτος 2012.....	96

Πίνακας 33: Πρόβλεψη της κατανομής των Πολυγώνων Thiessen ανάλογα με τα κρούσματα για το έτος 2013.	96
Πίνακας 34: Πολύγωνα Thiessen που δεν εμφάνισαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.	117

Ευρετήριο Χαρτών

Χάρτης 1: Απεικόνιση της διαχρονικής πορείας της εξέλιξης του χωρικού μέσου των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.	66
Χάρτης 2: Απεικόνιση της τυπικής απόστασης σε σχέση με το χωρικό μέσο των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.	68
Χάρτης 3: Απεικόνιση ελλείψεων της τυπικής απόστασης των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.	69
Χάρτης 4: Αποτύπωση κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου στο χάρτη της Ελλάδας...	74
Χάρτης 5: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Καθόλου.	83
Χάρτης 6: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Λίγα.	84
Χάρτης 7: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Πολλά.	84
Χάρτης 8: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Καθόλου.	85
Χάρτης 9: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Λίγα.	85
Χάρτης 10: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Πολλά.	86
Χάρτης 11: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Καθόλου.	86
Χάρτης 12: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Λίγα.	87
Χάρτης 13: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Πολλά.	87
Χάρτης 14: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με καθόλου κρούσματα το 2012.	90
Χάρτης 15: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με λίγα κρούσματα το 2012.	90
Χάρτης 16: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με πολλά κρούσματα το 2012.	91
Χάρτης 17: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που δεν είχαν κρούσματα το 2012.	97
Χάρτης 18: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που είχαν λίγα κρούσματα το 2012.	98
Χάρτης 19: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που είχαν πολλά κρούσματα το 2012.	99
Χάρτης 20: Τελικός χάρτης με την πρόβλεψη εκδήλωσης κρουσμάτων στα πολύγωνα Thiessen για το 2013.	100

Χάρτης 21: Τελικός χάρτης με την πρόβλεψη εκδήλωσης των κρουσμάτων στα πολυγώνια Thiessen για το 2013 σε συνδυασμό με το χάρτη των μεταναστευτικών διαδρόμων στην Ελλάδα της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας.....	102
Χάρτης 22: Χάρτης με αποτύπωση του εκτιμώμενου τύπου έκθεσης των δηλωθέντων κρουσμάτων λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου, Ελλάδα, 2013, έως 06.11.2013, ώρα 11.00πμ (n=85*).	104

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Τυπική πορεία ανάπτυξης της λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου στο αίμα και στον εγκέφαλο.....	27
Διάγραμμα 2: Μεθοδολογικό διάγραμμα	49
Διάγραμμα 3: Υψόμετρο των συνολικά 508 περιστατικών τις τριετίες 2010-2012.....	60
Διάγραμμα 4: Κρούσματα ανά μήνα για κάθε έτος.....	64

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Ο ιός του Δυτικού Νείλου στο μικροσκόπιο.	23
Εικόνα 2. Παγκόσμια εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 (περίοδος Ιαν-Ιούν).....	24
Εικόνα 3. Παγκόσμια εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 (περίοδος Ιούλ-Δεκ).	25
Εικόνα 4: Ο κύκλος του ιού του Δυτικού Νείλου.	28
Εικόνα 5. Τριγωνοποίηση Delaunay.....	43
Εικόνα 6. Δίκτυο Πολυγώνων Thiessen.....	44
Εικόνα 7. Δημιουργία πολυγώνων Thiessen στο ArcGis.....	44
Εικόνα 8. Μεταναστευτικοί Διάδρομοι στην Ελλάδα.	52
Εικόνα 9. Κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για τα έτη 2010, 2011, 2012.	52
Εικόνα 10: Χωροθετικό πρότυπο (ομαδοποιημένο) της χωρικής κατανομής των κρουσμάτων του ιού κατά τα έτη 2010 έως 2012.	71
Εικόνα 11: Αποτύπωση των 147 πόλεων στο αρχείο shapefile Νομοί.	72
Εικόνα 12: Αποτέλεσμα εφαρμογής της εντολής Create Thiessen Polygons.	73
Εικόνα 13: Αποτέλεσμα εφαρμογής της εντολής Clip μεταξύ επιπέδου (layer) Thiessen και Νομοί.....	73
Εικόνα 14: Συνδυασμός Χάρτη Πρόβλεψης του 2013 (Χάρτης 21) με το χάρτη κρουσμάτων του ΚΕΛΠΝΟ για το έτος 2013.....	105

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών μου σπουδών του Διεπιστημονικού – Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη" της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ.

Ο στόχος της εργασίας είναι η χωροχρονική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα την τελευταία τριετία (2010-2012) με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα του λογισμικού ArcGis v10.1 της εταιρείας ESRI.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας κ. Γεώργιο Ν. Φώτη, Αναπληρωτή Καθηγητή στη ΣΑΤΜ, για την πολύτιμη βοήθειά του στη συγκρότηση και ολοκλήρωσή της, τους συνεργάτες του Παναγιώτη Μανέτο, Στέλιο Τσομπάνογλου και Μιχάλη Τζιώτη, για τις πολύτιμες συμβουλές τους στην διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων στο πρόγραμμα ArcGis και τις συμφοιτήτριες μου Κωνσταντίνα Μπαστρογιάννη και Μαριάννα Ψυχογιού για την βοήθεια τους στη χρήση του.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους των υπηρεσιών με τις οποίες συνεργαστήκαμε για να επιτευχθεί το τελικό αποτέλεσμα όπως είναι το ΚΕΛΠΝΟ και η Ελληνική Στατιστική Αρχή.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα εργασία στους γονείς μου, Γεώργιο και Μαρία για την βοήθεια και την στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά χρόνια καθώς επίσης και στην αγαπημένη θεία Ελένη...

Περίληψη

Θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η χωροχρονική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα την τριετία 2010 - 2012 με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS v10.1 της εταιρείας ESRI.

Στο πλαίσιο αυτό γίνεται η περιγραφή της χωρικής διάστασης του προβλήματος με μεθόδους ποσοτικής γεωγραφικής ανάλυσης, ο χωρισμός της περιοχής μελέτης με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen, η κατηγοριοποίηση αυτών των περιοχών ανάλογα με τα κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου (WNV) που εκδηλώθηκαν σε αυτές και τέλος η διερεύνηση της ύπαρξης εκείνων των παραγόντων (μεταβλητών) που επηρεάζουν τον τρόπο εξάπλωσης του ιού στο χώρο και πώς συσχετίζονται με αυτόν.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε προς δύο κατευθύνσεις, χρονικά και χωρικά. Σε πρώτη φάση ορίστηκε η περιοχή μελέτης και η παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων για τον ιό για τα εξεταζόμενα έτη.

Στη συνέχεια, έγινε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την οπτικοποίηση του φαινομένου σε πίνακες και γραφήματα ώστε να σχηματίσουμε μία καλύτερη εικόνα για την διαχρονική εξέλιξη του ιού.

Επόμενο βήμα αποτέλεσε η κατανόηση της γεωγραφικής κατανομής των κρουσμάτων του ιού και η χωρική διαφοροποίησή τους στο χρόνο.

Τα βασικότερα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η χρήση των γεωστατικών δεικτών χωρικής ανάλυσης όπως ο χωρικός μέσος (mean center), η τυπική απόκλιση, οι ελλείψεις τυπικής απόκλισης, η μέθοδος της εγγύτερης γεινιάσης (average nearest neighbor) και η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen.

Τέλος, ακολούθησε η ερμηνεία των παραγόμενων αποτελεσμάτων, ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων καθώς και οι προτάσεις για την μελλοντική επέκταση της παρούσης εργασίας που απαιτεί επιπρόσθετα δεδομένα τα οποία δεν είχαμε στην διάθεσή μας κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της μελέτης με σκοπό την λεπτομερέστερη ανάλυση του φαινομένου.

Λέξεις κλειδιά: χωρική ανάλυση, χωρική επιδημιολογία, ιός Δυτικού Νείλου, γεωστατικοί δείκτες, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, πολύγωνα Thiessen.

Abstract

The subject of this thesis is the spatiotemporal analysis of West Nile Virus in Greece years 2010, 2011, 2012 with the use of GIS and specifically using the ArcGIS v10.1 software from the ESRI company.

We make a description of the spatial dimension of the problem with spatial analysis methods. Then we separate the study area with the use of Thiessen polygons method and categorize areas based on outbreaks that have occurred and finally we present the factors dependent factors (variables) of the influence.

The data analysis was done in two directions, spatially and temporally. In the first phase, we study the area and present all the available data of the virus for the examined years.

Then we made a statistical treatment of the data for the visualization of the phenomenon in tables and graphs to better visualize the evolution of the virus.

The next step was to understand the geographical distribution of virus outbreaks and spatial differentiation in time.

The main tools we used was the geostationary indicators of spatial analysis such as mean center, standard deviation, shortcoming of standard deviation, average nearest neighbor and Thiessen polygons.

Finally we interpret and comment the obtained results. We make some suggestions for the future expansion of this work with a more detailed analysis of the phenomenon which requires additional data that we didn't have during the preparation of this study.

Keywords: Spatial analysis, Spatial epidemiology, West Nile Virus , Geostationary indicators, Geographic Information Systems, Thiessen polygons.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή και κύριοι φορείς του ιού

Ο ιός του Δυτικού Νείλου (West Nile Virus - WNV) είναι ένα παρασιτικώς μεταδιδόμενο νόσημα (vector bone diseases) που ανήκει στους φλαβοϊούς (στο γένος *Flavivirus*, της οικογένειας *Flaviviridae*) και είναι μέλος της κατηγορίας του ιαπωνικού αντιγονικού εγκεφαλίτιδας (JE). Βρίσκεται σε εύκρατες και τροπικές περιοχές του κόσμου και εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1937 σε περιοχή του Δυτικού Νείλου, στην Ουγκάντα. Πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η νόσος του Δυτικού Νείλου εμφανιζόταν σποραδικά και θεωρήθηκε ότι αποτελούσε μικρό κίνδυνο για τον άνθρωπο. Αυτό βέβαια έπαψε να ισχύει μετά το ξέσπασμα του 1994 στην Αλγερία όπου και εμφανίστηκαν οι πρώτες περιπτώσεις εγκεφαλίτιδας και την πρώτη μεγάλη επιδημία στη Ρουμανία το 1996 η οποία συνοδεύτηκε από μεγάλο αριθμό νευροεπεκτατικών ασθενειών. (http://en.wikipedia.org/wiki/West_Nile_virus)

Ο ιός του Δυτικού Νείλου έχει πλέον εξαπλωθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1999 και στο δυτικό ημισφαίριο και συγκεκριμένα στη Νέα Υόρκη (Nash D, Mostashari F, Fine A, et al, "The outbreak of West Nile virus infection in the New York City area in 1999", 2001) . Τα επόμενα 5 χρόνια που ακολούθησαν, εξαπλώθηκε σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες, βόρεια προς τον Καναδά και νότια, στα νησιά της Καραϊβικής και τη Λατινική Αμερική . Ο ιός έχει πλέον εξαπλωθεί στην Ευρώπη , πέρα από τη λεκάνη της Μεσογείου, καθώς ένα νέο στέλεχος του ιού που εντοπίστηκε το 2012 στην Ιταλία. Θεωρείται ότι είναι ενδημικός σε πολλές χώρες της Αφρικής, της Δυτικής Ασίας, της Μέσης Ανατολής, της Ευρώπης και πιο πρόσφατα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής η οποία το 2012 γνώρισε μία από τις χειρότερες επιδημίες της σκοτώνοντας 286 ανθρώπους, με την πολιτεία του Τέξας να πλήττεται σκληρότερα από όλες, καθιστώντας το έτος αυτό το πιο

θανατηφόρο, σχετικά με τον ιό, που έχει καταγραφεί ποτέ. (Fox, M. "2012 was deadliest year for West Nile in US, CDC says". NBC News. Retrieved May 13, 2013)

Βασικός κύκλος μετάδοσης του ιού αποτελούν τα αγροτικά και αστικά οικοσυστήματα. Ωστόσο η μεγάλη ικανότητα εξάπλωσης του είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων, τόσο βιοτικών όπως η άφθονη ποικιλία ξενιστών και η μετανάστευση των αποδημητικών πουλιών σε μεγάλες αποστάσεις όσο και παραγόντων όπως τα φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και του κλίματος μιας περιοχής. Βέβαια δεν είναι σαφές αν η μετανάστευση των πουλιών μπορεί να εξηγήσει την παρατηρούμενη εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου τα τελευταία χρόνια. (Owen J, et al. "Migrating birds as dispersal vehicles for West Nile virus. *EcoHealth* 3", 2006). Παράγοντες όπως η θερμοκρασία επηρεάζουν θετικά τον κύκλο μετάδοσης του ιού λόγω της αύξησης των ποσοστών των τσιμπημάτων των κουνουπιών ανά ημέρα. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν και παρατείνουν την περίοδο της αναπαραγωγής τους καθώς επίσης αυξάνουν και το ποσοστό αναπαραγωγής τους. (Cornel AJ, et al. "Environmental temperature on the vector competence of *Culex univittatus* for West Nile virus", 1993 | Andrade CC et al, "North American West Nile virus genotype isolates demonstrate differential replicative capacities in response to temperature", 2011). Επιδημιολογικά, ο αριθμός των κρουσμάτων του ιού έχει συσχετιστεί με τις ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τον πολλαπλασιασμό των κουνουπιών. Ένα πολύ πρόσφατο παράδειγμα είναι το ξέσπασμα του ιού στο Τέξας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής το καλοκαίρι του 2012. Το ξέσπασμα αποδόθηκε εν μέρει στις συνθήκες ξηρασίας, που είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση των τρεχούμενων νερών, δημιουργώντας λιμνάζοντα ύδατα που είναι το ιδανικό περιβάλλον για την αναπαραγωγή των κουνουπιών. (Roehr B., "US hit by massive West Nile virus outbreak centred around Texas", 2012 | Shlomit Paz, Dan Malkinson et al, "Permissive Summer Temperatures of the 2010 European West Nile Fever Upsurge", 2013)

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, έχουν αναφερθεί και στην Ευρώπη σποραδικά κρούσματα του ιού σε ανθρώπους ή σε περιορισμένες εστίες εμφάνισής του (Platonov AE, et al. "Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito", 2008). Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2010, η Ευρώπη γνώρισε μια άνευ προηγουμένου έξαρση στον αριθμό περιστατικών του ιού ιδιαίτερα στα Νοτιοανατολικά (European Centre for Disease Prevention and Control. Annual epidemiological report, 2011). Επιπλέον, πολυάριθμες περιπτώσεις μόλυνσης αλόγων με τον ιό αναφέρθηκαν ταυτόχρονα σε διάφορες τοποθεσίες. Αυτά τα κρούσματα

της λοίμωξης του ιού του Δυτικού Νείλου σε ανθρώπους και άλογα συνέπεσαν με υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες έφθαναν και 5 °C πάνω από την κανονική για το καλοκαίρι θερμοκρασία δείχνοντας ίσως την έμμεση συσχέτισή τους (WMO Press release no. 904: “2010 in the top three warmest years, 2001–2010 warmest 10-year period”, 2010 | Shlomit Paz, Dan Malkinson et al, “Permissive Summer Temperatures of the 2010 European West Nile Fever Upsurge”, 2013)

Σε μελέτη που διεξήχθη από Romi et al. (“Potential vectors of West Nile Virus following an equine disease outbreak in Italy. *Medical and Veterinary Entomology*”, 2004) στην Ιταλία πρότεινε ότι οι κύριοι φορείς του ιού είναι τα κουνούπια στο είδος *Cx. impudicus* και *Cx. ripiens*. Παρόμοια έρευνα του Porphyre T. et al (“Horse baited trapped mosquitoes, potential vectors of West Nile virus, Southern France. *Epidemiology and Prevision Of Health in Population*”, 2002) διαπίστωσε ότι στη Γαλλία, οι φορείς από τους περισσότερους από οποίους απομονώθηκε ο ιός, ανήκαν στα είδη *Culex modestus* και *Ochlerotatus caspius*. Επίσης και εδώ στην Ελλάδα από τις παγίδες κουνουπιών που έχουν τοποθετηθεί για την μελέτη του ιού από το ΚΕΛΠΝΟ μέσω του προγράμματος malwest (<http://www.malwest.gr/>) που αποσκοπεί στον έλεγχο της εξάπλωσης του ιού του Δυτικού Νείλου, τα περισσότερα είδη που έχουν βρεθεί μολυσμένα με τον ιό του Δυτικού Νείλου ανήκουν στα είδη *Culex* και *Aedes*. Διαπιστώνεται ότι απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για τον προσδιορισμό των ειδών των κουνουπιών τα οποία είναι φορείς του ιού καθώς επίσης και ότι προγράμματα σαν του ΚΕΛΠΝΟ είναι πιο χρήσιμα από ποτέ.

1.2 Επιδημιολογικές μελέτες και χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Για την καλύτερη κατανόηση της επιδημιολογίας του ιού του Δυτικού Νείλου έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες με την χωρική ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνιση της νόσου. Το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Department of Agriculture. “West Nile Virus: In equids in the Northeastern United States in 2000”, 2001) χρησιμοποίησε σε μια έκθεση τον Αύγουστο του 2001, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems - GIS) για να βρεθεί η κεντρική τοποθεσία ή η αφετηρία της εστίας της νόσου και στην συνέχεια με τον Ward et al. (2004), να τοποθετήσουν εστιασμένα παγίδες κουνουπιών βασιζόμενοι σε αναφορές κρουσμάτων (ιπποειδών, κουνουπιών) και περιβαλλοντικών μεθόδων ομαδοποίησης. Τα

GIS έχουν αποδειχθεί ότι αποτελούν ένα πολύ καλό εργαλείο για την έρευνα πολλών ασθενειών που μεταδίδονται με παράσιτα και αυτό ισχύει και για τον ιό του Δυτικού Νείλου.

Επίσης σε μελέτη των Ramanathan Sugumaran et al. (“Spatio-temporal cluster analysis of county-based human West Nile virus incidence in the continental United States”, 2009) έγινε χρήση του δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran’s I για τον εντοπισμό των χωρικών προτύπων του ιού ενώ ο Marilyn O Ruiz et al (“Environmental and social determinants of human risk during a West Nile virus outbreak in the greater Chicago area, 2002”, 2004) με τη χρήση των μέσων τιμών διαφόρων μεταβλητών όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα, η ηλικία, το εισόδημα, το υψόμετρο, ο δείκτης πρασίνου κλπ. προσπάθησε να περιγράψει και να προβλέψει την κίνηση του ιού στην ευρύτερη περιοχή του Σικάγου.

Σε άλλη μελέτη των Mostashari et al. (“Dead bird clusters as an early warning system for West Nile Virus activity. Center for Disease Control MMWR”, 2003) χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία των GIS για τον εντοπισμό και την ομαδοποίηση νεκρών πτηνών, βοηθώντας στη δημιουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τη δραστηριότητα του ιού , διότι η εύρεση τέτοιων εστιών θα μπορούσε να οδηγήσει και στη δημιουργία εστιών επικίνδυνων για τον άνθρωπο.

Έρευνα που έγινε από Brownstein et al. (Brownstein JS., “Spatial analysis of West Nile Virus: rapid risk assessment of an introduced vector-borne zoonosis. Vector Borne and Zoonotic Diseases”, 2002) ανέδειξε την χρήση των GIS στην χωρική ανάλυση των ανθρώπινων κρουσμάτων. Αναφορές από μολυσμένα κουνούπια, ανθρώπινα κρούσματα και νεκρά από τον ιό πουλιά είναι δυνατόν με την κατάλληλη ανάλυση να βοηθήσουν στην εκτίμηση του κινδύνου από τον ιό του Δυτικού Νείλου σε έναν πληθυσμό. Οι χάρτες επικινδυνότητας που δημιουργήθηκαν επικυρώθηκαν με την τοποθέτηση σημείων δειγματοληψίας κουνουπιών στις ίδιες περιοχές που εκδηλώθηκαν κρούσματα στον άνθρωπο.

Ένα ενδιαφέρον σύστημα πρόβλεψης περιοχών υψηλού κινδύνου είναι το DYCAST (Dynamic Continuous – Area Space Time System) στην Καλιφόρνια (Theophilides CN et al. “Identifying West Nile virus risk areas: the Dynamic Continuous-Area Space-Time system”, 2002) (Ryan M. et al. “Early Warning System for West Nile Virus Risk Areas, California, USA”, 2011). Πρόκειται για ένα μοντελοποιημένο πρόγραμμα που βασίζεται σε στατιστικές και γεωγραφικές αναλύσεις για να αναγνωρίσει και να προβλέψει περιοχές υψηλού κινδύνου εκδήλωσης του ιού μέσω τεχνολογιών GIS. Για να το επιτύχει αυτό αναγνωρίζει σε

γεωγραφικό επίπεδο περιοχές (σε τέταρτα του τετραγωνικού μιλίου) που υπάρχουν θάνατοι πουλιών και με στατιστικά μοντέλα τις κατηγοριοποιεί σε περιοχές υψηλού και χαμηλού κινδύνου. Τέλος, παρουσιάζει τις περιοχές αυτές με τη βοήθεια του λογισμικού ARCGIS σε χάρτες για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. (<http://gateway.calsurv.org/>)

Ο James A. Thompson (“GIS Applications in Modeling for Populations Vulnerable to West Nile Virus: A Pilot Study for Hennepin County, Minnesota”, 2004) χώρισε την περιοχή μελέτης στην Μινεσότα σε τμήματα και επίπεδα (blocks - layers), χρησιμοποιώντας ως κύριους παράγοντες τον πληθυσμό των νεκρών πουλιών, των μολυσμένων με τον ιό αλόγων, τον πληθυσμό των κουνουπιών, την ηλικία των κατοίκων (άνω των 50 ετών), τις περιοχές οι οποίες είναι πλούσιες σε νερό (λίμνες, ρυάκια κλπ) και τις χρήσεις γης, και συνδυάζοντας όλα τα επίπεδα μαζί προέβλεψε τυχόν κρίσιμα σημεία (hot spots) εκδήλωσης του ιού.

1.3 Το κλίμα και ο ιός

Παρατηρούμε ότι πολλές από προαναφερθείσες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για την περαιτέρω κατανόηση της επιδημιολογίας του ιού του Δυτικού Νείλου, έτσι ώστε οι μελλοντικές εστίες να μπορούν να προβλεφθούν ή να προληφθούν. Αποτελούν λοιπόν ένα πολύ καλό εργαλείο για την έρευνα πολλών ασθενειών που μεταδίδονται με παράσιτα. Ένας άλλος τομέας στον οποίο τα GIS θα μπορούσαν ακόμα να βοηθήσουν είναι στην κατανόηση των ειδικών ίσως περιβαλλοντολογικών συνθηκών που βοηθούν τα κουνούπια να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν.

Το κλίμα και το περιβάλλον στο οποίο μεταδίδεται ο ιός του Δυτικού Νείλου είναι άλλο ένα θέμα που έχει ερευνηθεί. Φαίνεται ότι ο ιός του Δυτικού Νείλου έχει μεγαλύτερες πιθανότητες εμφάνισης σε περιοχές με άφθονο νερό (για παράδειγμα, λίμνες και ποτάμια) αλλά και κατά τη διάρκεια περιόδων με υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα ευρήματα διαφορετικά από τα παραπάνω. Σε ένα ξέσπασμα του ιού στην Ιταλία το 1998, σύμφωνα με τον Romi et al (“Potential vectors of West Nile Virus following anequine disease outbreak in Italy. Medical and Veterinary Entomology”, 2004) διαπιστώθηκε ότι η κορύφωση της επιδημίας συνέβη στα τέλη Σεπτεμβρίου και η πλειοψηφία των περιπτώσεων βρισκόνταν σε περιοχές με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως υγρότοποι

και λόφοι. Περαιτέρω μελέτη έδειξε ότι οι τόποι αναπαραγωγής των κουνουπιών (ακόμη και στους λόφους) περιελάμβαναν πλημμυρισμένα λιβάδια, κανάλια, λίμνες και έλη. Ενώ όλα τα κουνούπια αναπαράγονται στο νερό, το είδος του νερού είναι η αιτία που καθορίζει ποια είδη θα είναι παρόντα και συνεπώς παίζει ένα περίπλοκο ρόλο στον τρόπο επιτήρησης τους. Ενδελεχέστερη έρευνα η οποία έγινε από τον Apperson et al. (“Host feeding patterns of established and potential mosquito vectors of West Nile Virus in the Eastern United States. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*”, 2004) στο Τεννεσί, επίσης, έδειξε ότι τα κουνούπια αρέσκονται σε περιοχές με πυκνή βλάστηση πεύκων, με μόνιμα φρέσκο νερό ύδρευσης, αλυκές, βάλτους γλυκού νερού και στους υπονόμους και στις αποχετεύσεις αστικών περιοχών. (Courtney Anne Wittich. “Spatial analysis of West Nile virus and predictors of hyperendemicity in the Texas equine industry”, 2007.)

Το κλίμα αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για τη μετάδοση του ιού του Δυτικού Νείλου. Σε μελέτη που έγινε στην πολιτεία Coahuila του Μεξικού (Blitvich BJ. et al, “Serologic evidence of West Nile Virus infection in horses, Coahuila State, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*”, 2003) έδειξε ότι τα άλογα που μολύνθηκαν με τον ιό του Δυτικού Νείλου βρισκόταν σε περιβάλλον ζεστό, ξηρό, με θερμοκρασία που κυμαίνεται από 18 έως 22 βαθμούς Κελσίου και μια μέση ετήσια βροχόπτωση από 100 έως 300 χιλ. ετησίως. Ο Epstein (Epstein PR. “West Nile Virus and the Climate. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*”, 2001) κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι οι ήπιοι χειμώνες που ακολουθούνται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια ευνοούν την μετάδοση των λοιμώξεων όπως αυτή του ιού του Δυτικού Νείλου. Επίσης, φαίνεται ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν την περίοδο επώασης των ιών εντός των μολυσμένων κουνουπιών, αυξάνοντας την πιθανότητα μετάδοσης της στον άνθρωπο ή τα άλογα. Η σε βάθος εξέταση των παραπάνω παραγόντων ίσως βοηθήσει στην ανίχνευση και την πρόληψη μελλοντικών κρουσμάτων του ιού. (Courtney Anne Wittich. “Spatial analysis of West Nile virus and predictors of hyperendemicity in the Texas equine industry”, 2007.)

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει διαθέσιμο κάποιο εμβόλιο κατά της μόλυνσης του ιού. Η καλύτερη μέθοδος για τη μείωση των ποσοστών μόλυνσης είναι η καταπολέμηση των κουνουπιών από την πλευρά των δήμων και των πολιτών, μειώνοντας τους πληθυσμούς αναπαραγωγής των κουνουπιών σε δημόσιες και ιδιωτικές περιοχές με διάφορα μέσα, όπως είναι οι ψεκασμοί και η μείωση των στάσιμων νερών, όπου αναπαράγονται τα κουνούπια. Σε ατομική βάση επιβάλλεται η χρήση προσωπικών προστατευτικών μέτρων για την αποφυγή τσιμπημάτων από μολυσμένα κουνούπια, μέσω της χρήσης απωθητικών,

σίτων, την αποφυγή των περιοχών όπου υπάρχουν πολλά κουνούπια (όπως κοντά σε έλη , περιοχές με μεγάλη βλάστηση κλπ.), και τη μεγαλύτερη προσοχή κατά το χρονικό διάστημα από το σούρουπο ως την αυγή στο οποίο η δραστηριότητα των κουνουπιών αυξάνεται. (http://en.wikipedia.org/wiki/West_Nile_virus)

Επίσης η χρήση των GIS και της χωρικής ανάλυσης των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου έχει αποδειχθεί ότι είναι ικανή να βοηθήσει στην ταυτοποίηση του σημείου εισόδου του και στην πρόβλεψη του κινδύνου της μόλυνσης. Αν περιοχές υψηλού κινδύνου μπορούν να προβλεφθούν με τη βοήθειά τους τότε μπορεί να ληφθούν και τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα για τον έλεγχο των κουνουπιών και την εκπαίδευση των κατοίκων για τη μείωση των επιπτώσεων της νόσου.

1.4 Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η χρονική και χωρική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου στον Ελληνικό χώρο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του ΚΕΛΠΝΟ σχετικά με τα ανθρώπινα κρούσματα που εκδηλώθηκαν κατά την τριετία 2010-2012 η οποία θα οδηγήσει στην δημιουργία ενός χάρτη περιοχών επικινδυνότητας του ιού για το έτος 2013.

Με βάση την μέχρι σήμερα βιβλιογραφία επιλέγεται να γίνει χρήση των μεθόδων Χωρικής Ανάλυσης, όπως η εξαγωγή κατάλληλων γεωστατιστικών δεικτών χωρικής κατανομής (χωρικός μέσος, τυπική απόκλιση, ελλείψεις τυπικής απόστασης) και η ανάλυση των χωρικών προτύπων. Επιπλέον, καθοριστικής σημασίας στη διαδικασία της επίλυσης και της παρουσίασης των αποτελεσμάτων, είναι η χρήση των εργαλείων που προσφέρουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και συγκεκριμένα το περιβάλλον ArcGis 10.1.

1.5 Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια στα οποία παρουσιάζονται οι θεωρητικές έννοιες προσέγγισης του θέματος, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται γενικά για την γεωγραφική ανάλυση δεδομένων του ιού, η μεθοδολογία που ακολουθείται, η εφαρμογή της και τέλος τα συμπεράσματα.

Συγκεκριμένα, το **πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο** περιέχει την περιγραφή του θέματος με το οποίο ασχολείται η εργασία και υπογραμμίζει την σημαντικότητά του, γίνεται μια σύντομη αναφορά στις προσεγγίσεις βάσει της βιβλιογραφίας και διατυπώνονται οι επιθυμητοί στόχοι της.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** καταγράφονται και αναλύονται οι θεωρητικές έννοιες για τον ιό του Δυτικού Νείλου βασισμένες στη σχετική βιβλιογραφία, αποτελώντας το υπόβαθρο της εργασίας.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** περιγράφονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές ανάλυσης χωρικών φαινομένων οι οποίες είναι χρήσιμες για την αντιμετώπιση του θέματος της παρούσας εργασία και την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** αρχικά αναφέρεται στο προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο, βάσει του οποίου επεξεργάστηκαν τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας και στα οποία εφαρμόστηκαν οι κατάλληλες μέθοδοι Χωρικής Ανάλυσης για την απόδοση του υπό μελέτη θέματος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε πίνακες και διαγράμματα, ενώ οπτικοποιούνται και σε χάρτες, για την καλύτερη κατανόησή και διατύπωση των τελικών συμπερασμάτων.

Το **πέμπτο** και τελευταίο κεφάλαιο αποτελεί τον επίλογο της εργασίας. Γίνεται ένας σύντομος σχολιασμός του τρόπου προσέγγισης του θέματος και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και προοπτικές διερεύνησης και βελτίωσής του.

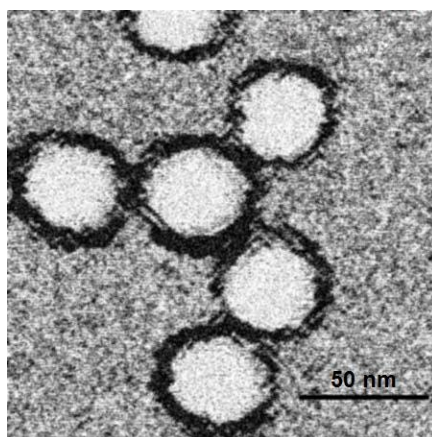
Αν και ο ιός του Δυτικού Νείλου εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1937, έκτοτε εμφανιζόταν σποραδικά και θεωρήθηκε ότι δεν αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τον άνθρωπο. Σήμερα ο ιός του Δυτικού Νείλου έχει πλέον εξαπλωθεί σε ολόκληρο τον κόσμο με συνέπεια η νόσος να έχει χαρακτηριστεί πλέον ως επιδημία. Και να συνοδεύεται από μεγάλο αριθμό νευροεπεκτατικών ασθενειών. Ποιά είναι όμως η φυσιολογία του ιού, τα συμπτώματα και ο κύκλος μετάδοσής του; Για τα ερωτήματα αυτά γίνεται μια προσπάθεια να απαντηθούν στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ο ιός του Δυτικού Νείλου

Νείλου

2.1 Τι είναι ο Ιός Δυτικού Νείλου, πώς μεταδίδεται.

Ο ιός του Δυτικού Νείλου είναι ένας RNA ιός της οικογενείας των Flaviviridae ών όπως και οι ιοί του Δάγκειου και του κίτρινου πυρετού.



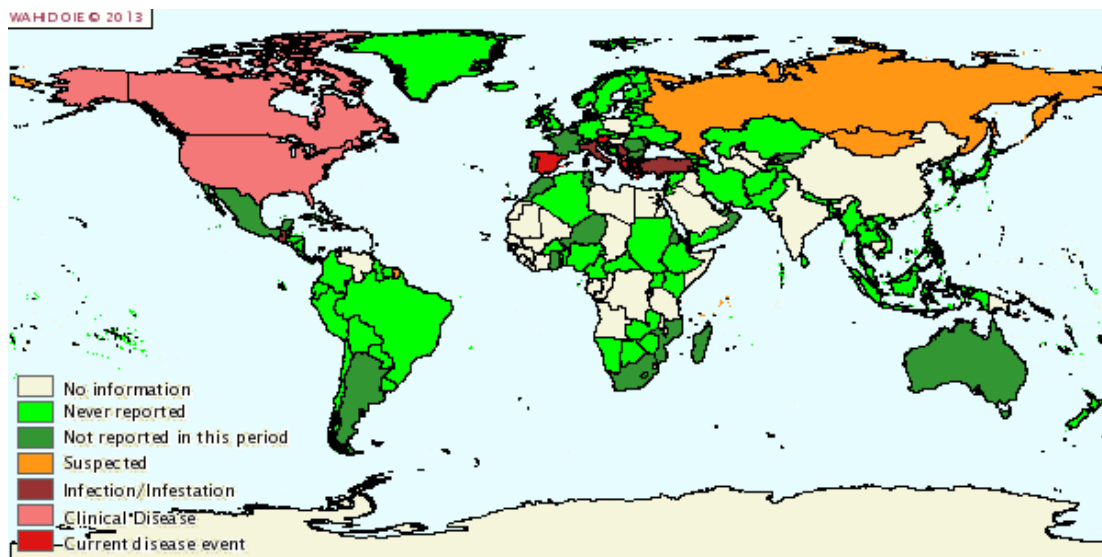
Εικόνα 1. Ο ιός του Δυτικού Νείλου στο μικροσκόπιο.
Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/West_Nile_virus

Ο ιός του Δυτικού Νείλου βρέθηκε για πρώτη φορά, το 1937, σε μια γυναίκα με εμπύρετο νόσημα στην Ουγκάντα, στην επαρχία του Δυτικού Νείλου απ' όπου και πήρε το όνομά του. Ο ιός του Δυτικού Νείλου έχει πλέον εξαπλωθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1999 και στο δυτικό ημισφαίριο και συγκεκριμένα στη Νέα Υόρκη (Nash D, Mostashari F, Fine A, et al, "The outbreak of West Nile virus infection in the New York City area in 1999", 2001) . Τα επόμενα 5 χρόνια που ακολούθησαν, εξαπλώθηκε σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες , βόρεια προς τον Καναδά και νότια στα νησιά της Καραϊβικής και τη Λατινική Αμερική . Στην Ευρώπη, η πρώτη μεγάλης κλίμακας επιδημία συνέβη το

1996 στο Βουκουρέστι και η δεύτερη στη Ρωσία, το 1999. Ο ιός έχει πλέον εξαπλωθεί στην Ευρώπη, πέρα από τη λεκάνη της Μεσογείου, καθώς ένα νέο στέλεχος του ιού εντοπίστηκε το 2012 στην Ιταλία.

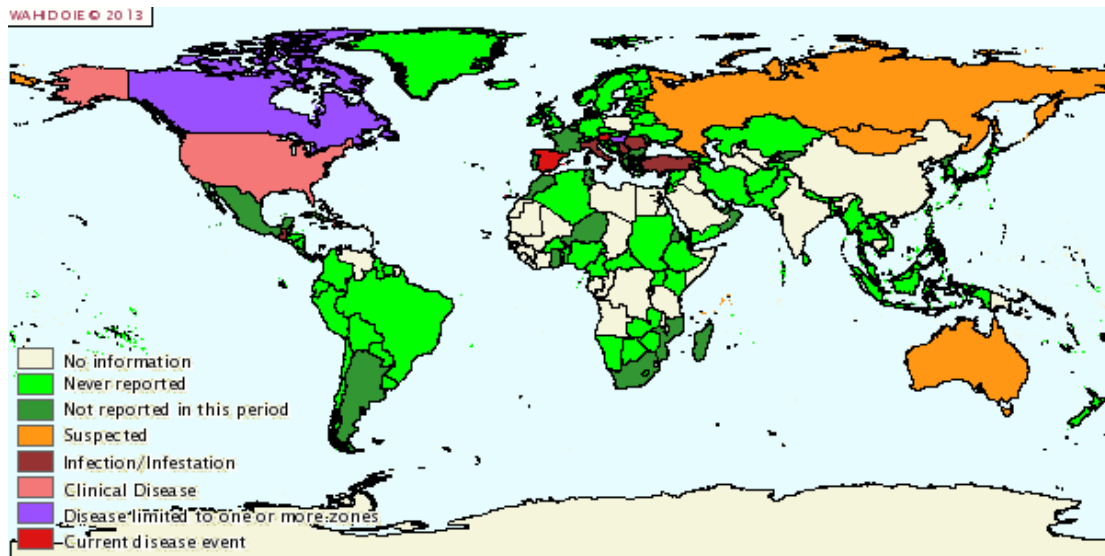
Θεωρείται ότι είναι ενδημικός σε πολλές χώρες της Αφρικής, της Δυτικής Ασίας, της Μέσης Ανατολής, της Ευρώπης και της Αμερικής. Συγκεκριμένα, το 2012 οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής γνώρισαν μία από τις χειρότερες επιδημίες κατά την διάρκεια της οποίας πέθαναν 286 άνθρωποι, με την πολιτεία του Τέξας να πλήττεται σκληρότερα από όλες, καθιστώντας το έτος αυτό το πιο θανατηφόρο που έχει καταγραφεί ποτέ σχετικά με τον ιό. (Fox, M. "2012 was deadliest year for West Nile in US, CDC says". NBC News. Retrieved May 13, 2013)

Στις παρακάτω εικόνες αποτυπώνεται η εξάπλωση του ιού παγκοσμίως για το έτος 2012 σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό για την Υγεία των Ζώων. Από την εισαγωγή του στο δυτικό ημισφαίριο, ο Ιός του Δυτικού Νείλου θεωρείται ότι είναι παρών σε όλο τον κόσμο. Δυστυχώς, δεν έχουν όλες οι χώρες τη δυνατότητα ή τους οικονομικούς πόρους να παρακολουθούν και να αναφέρουν τη νόσο σε δημόσιους οργανισμούς υγείας.



Εικόνα 2. Παγκόσμια εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 (περίοδος Ιαν-Ιούν).

Πηγή: OIE's World Animal Health Information Database – WAHID



Εικόνα 3. Παγκόσμια εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 (περίοδος Ιούλ-Δεκ).

Πηγή: OIE's World Animal Health Information Database – WAHID

Ο ιός του Δυτικού Νείλου προσβάλλει κυρίως τα πτηνά, τα άλογα και τον άνθρωπο και μεταδίδεται μέσω τσιμπήματος του κοινού κουνουπιού (*Culex spp*) το οποίο προηγουμένως είχε τσιμπήσει ένα άρρωστο από τον ιό πτηνό. Μπορεί να μεταδοθεί (σπανιότερα) και μέσω μετάγγισης μολυσμένου αίματος, ενώ έχουν παγκοσμίως αναφερθεί μεμονωμένα περιστατικά μετάδοσης μέσω μεταμόσχευσης, από τη μητέρα στο έμβρυο, με το θηλασμό, με το χειρισμό άρρωστων ζώων ή μολυσμένων δειγμάτων από άτομα που δουλεύουν σε εργαστηριακό περιβάλλον. Θεωρείται βέβαιο ότι δε μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο, όπως επίσης με την κοινωνική ή σεξουαλική επαφή.

Εμφανίστηκε για πρώτη φορά στη Ελλάδα το καλοκαίρι του 2010 και κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών έως το Νοέμβριο του 2010, εμφανίστηκαν 262 κρούσματα του ιού εκ των οποίων τα 197 παρουσίασαν εκδηλώσεις από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) όπως μηνιγγίτιδα και εγκεφαλίτιδα, ενώ τα 65 παρουσίασαν ήπιες κλινικές εκδηλώσεις. Σημειώθηκαν συνολικά 35 θάνατοι αποκλειστικά σε υπερήλικες με υποκείμενα νοσήματα. Το 2011, καταγράφηκαν 100 κρούσματα του ιού εκ των οποίων τα 75 παρουσίαζαν εκδηλώσεις από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα, τα 25 ήπιες κλινικές εκδηλώσεις και σημειώθηκαν συνολικά 9 θάνατοι σε άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών. Το 2012 κατεγράφησαν συνολικά 161 κρούσματα εκ των οποίων τα 109 με εκδηλώσεις από το ΚΝΣ, ενώ τα 52 με ήπιες κλινικές εκδηλώσεις. Επίσης, κατεγράφησαν 18 θάνατοι από τη νόσο σε ασθενείς άνω των 70 ετών και με υποκείμενα νοσήματα. (<http://www.malwest.gr>)

2.2 Συμπτώματα

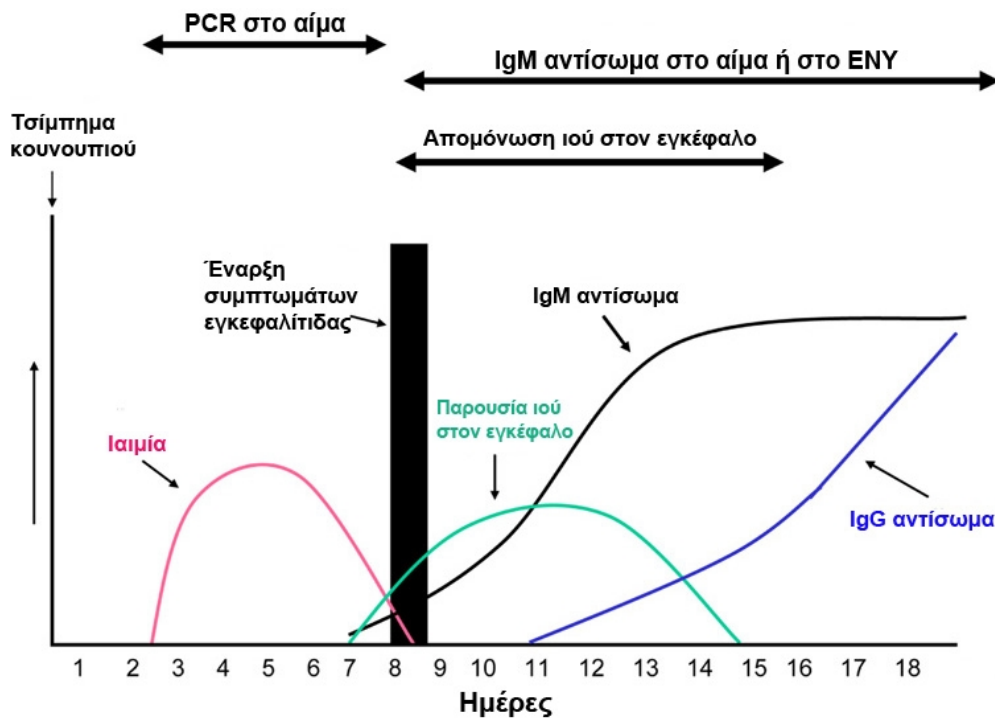
Τα συμπτώματα του ιού του Δυτικού Νείλου μπορεί να ποικίλουν από καθόλου έως πολύ σοβαρά. Οι περισσότεροι άνθρωποι οι οποίοι έχουν μολυνθεί με τον ιό δεν εκδηλώνουν συμπτώματα ή δεν γνωρίζουν ότι μπορεί να έχουν μολυνθεί κάποια στιγμή στη ζωή τους (ασυμπτωματικοί). Αυτοί αποτελούν το 80% των ατόμων που μολύνονται από τον ιό, δηλαδή οι 4 στους 5.

Υπολογίζεται ότι μόνο το 20 % όλων των ανθρώπων που μολύνονται με τον ιό του Δυτικού Νείλου, μπορεί να εμφανίσουν ήπια κλινικά συμπτώματα (ήπια νόσος) όπως πυρετό, πονοκεφάλους, κόπωση, πόνους στο σώμα και περιστασιακά δερματικά εξανθήματα (λιγότεροι από το ένα τρίτο των ασθενών θα αναπτύξουν κάποιο εξάνθημα) και διόγκωση των λεμφαδένων. Τα συμπτώματα εμφανίζονται από δύο έως δεκαπέντε ημέρες μετά από το τσίμπημα του μολυσμένου από τον ιό κουνουπιού και συνήθως διαρκούν για λίγες ημέρες (συνήθως 5 έως 7 ημέρες και υποχωρούν), αλλά μπορεί να διαρκέσουν έως και αρκετές εβδομάδες σε ασθενείς με διαταραχές του ανοσοποιητικού τους συστήματος. Η έρευνα εκτιμά ότι το 1 % όλων των περιπτώσεων του ιού καταλήγει στο τέλος σε σοβαρή νευρολογική ασθένεια (σοβαρή νόσος), όταν το κεντρικό νευρικό σύστημα επηρεάζεται από εγκεφαλίτιδα ή μηνιγγίτιδα με το ποσοστό θνησιμότητας για εκείνους που έχουν πληγεί να κυμαίνεται από 3 έως 15 %. Τα συμπτώματα της σοβαρής νόσου περιλαμβάνουν υψηλό πυρετό και έντονο πονοκέφαλο, αποπροσανατολισμό και διαταραχές συμπεριφοράς, σπασμούς, παράλυση, κώμα. (http://en.wikipedia.org/wiki/West_Nile_virus)

Ορισμένες κατηγορίες ανθρώπων είναι πιο ευαίσθητες στον ιό όπως τα παιδιά κάτω των 15 ετών, οι ενήλικες ηλικίας άνω των 65 ετών και άτομα με ανοσοκαταστολή, είτε αυτή προκαλείται ιατρικά, π.χ. άτομα που λαμβάνουν ανοσοκατασταλτικά φάρμακα, είτε αυτή οφείλεται σε μια προϋπάρχουσα κατάσταση της υγείας, όπως η λοίμωξη από HIV. Πρόκειται δηλαδή για άτομα τα οποία εξαιτίας και άλλων νοσημάτων, έχουν επιβαρυνόμενο ιστορικό. (Centers for Disease Control and Prevention, 2006).

Συνήθως η εργαστηριακή διάγνωση ύποπτων περιστατικών του ιού του Δυτικού Νείλου γίνεται από το Διαγνωστικό Τμήμα του Ελληνικού Ινστιτούτου Pasteur (<http://www.pasteur.gr/?p=3282>), το Εργαστήριο Αναφοράς αρμοϊών και αιμορραγικών πυρετών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και την Μονάδα Ανοσολογίας

Λοιμώξεων του εργαστηρίου μικροβιολογίας της Ιατρικής Σχολής Αθηνών με τις διαθέσιμες ορολογικές (ανίχνευση ειδικών IgM αντισωμάτων σε ορό αίματος ή εγκεφαλονωτιαίο υγρό) και μοριακές μεθόδους (αναζήτηση του RNA του ιού σε κλινικά δείγματα όπως αίμα, εγκεφαλονωτιαίο υγρό και ιστούς). Η διαγνωστική αξία των μοριακών μεθόδων για την ανίχνευση του ιού στο αίμα είναι περιορισμένη, γιατί το επίπεδο ιαμίας είναι χαμηλό και η διάρκειά της σύντομη, ενώ ο ιός δεν ανιχνεύεται στο αίμα όταν εμφανιστούν συμπτώματα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Η χρησιμότητα των μοριακών μεθόδων είναι μεγαλύτερη για την ανίχνευση του ιού στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό καθώς και την εξέταση αιμοδοτών.

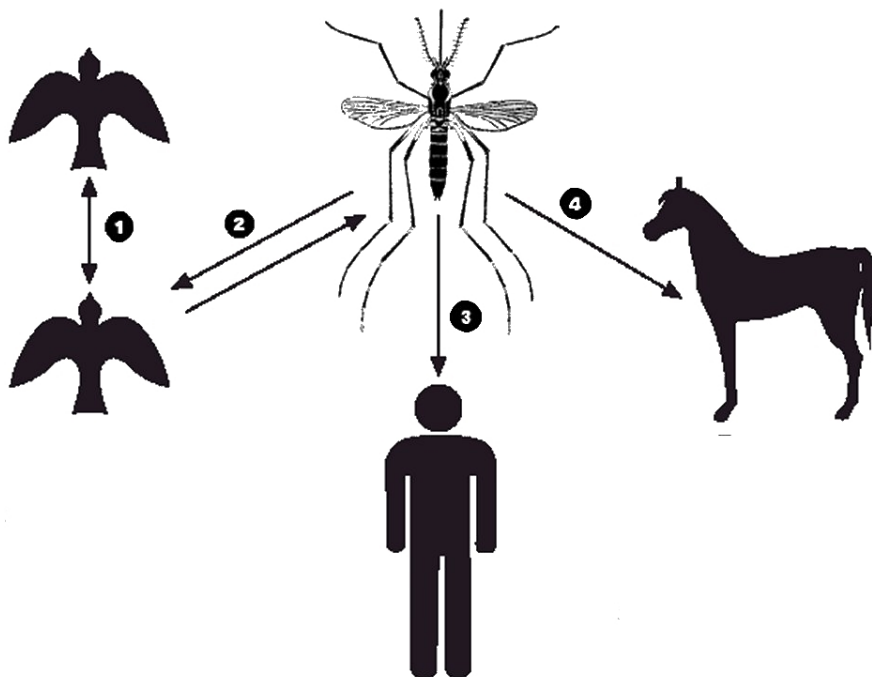


Διάγραμμα 1: Τυπική πορεία ανάπτυξης της λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου στο αίμα και στον εγκέφαλο. (τροποποίηση από Larry E. Davis, J. David Beckham, and Kenneth L. Tyler. North American encephalitic arboviruses. Neurol Clin. 2008. Πηγή: <http://www.pasteur.gr/?p=3282>)

2.3 Κύκλος μετάδοσης του ιού

Ο φορέας μετάδοσης του ιού είναι το κοινό κουνούπι (*Culex spp*). Το θηλυκό κουνούπι μολύνεται όταν τσιμπήσει ένα πτηνό (άγριο ή οικόσιτο) που νοσεί από τον ιό. Ορισμένα είδη κουνουπιών μπορούν να λειτουργήσουν σαν γέφυρα και να μεταδώσουν τον ιό, δαγκώνοντας άλλα πουλιά ή θηλαστικά (σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κατά βάση οι

άνθρωποι και τα άλογα). (Hamer GL et al. *Culex ripiens*: A bridge vector of West Nile virus to humans. *J Med Entomo*, 2008). Έτσι ο ιός διατηρείται στη φύση από τον κύκλο πουλιού-κουνουπιού (Εικόνα 1). (Ostlund EN, et al *West Nile Encephalitis*. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 2000). Μεταδίδεται σε ευπαθή είδη πτηνών μέσω των ενήλικων κουνουπιών το οποίο οδηγεί στον πολλαπλασιασμό του ιού αλλά και τη διασπορά του σε νέες απόμακρες περιοχές μέσω των μεταναστευτικών πουλιών που διανύουν τεράστιες αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων. (McLean RG et al. *West Nile virus transmission and ecology in birds*. *Ann NY Acad Sci*, 2001).



Εικόνα 4: Ο κύκλος του ιού του Δυτικού Νείλου.

(Πηγή: http://www.southern7.org/uploads/1/8/3/8/1838087/1390282_orig.gif)

1. Μεταφορά του ιού από μολυσμένα πουλιά σε άλλα.
2. Τυπικός κύκλος μετάδοσης του ιού. Τα κουνούπια μολύνονται όταν τσιμπούν πουλιά μολυσμένα με τον ιό και το αντίστροφο.
- 3-4. Τελικοί ξενιστές. Τα θηλαστικά συνήθως δεν μεταδίδουν τον ιό και τερματίζουν τον κύκλο ζωής του.
4. Τα θηλαστικά που έχουν τσιμπηθεί από μολυσμένα κουνούπια με τον ιό του Δυτικού Νείλου μπορεί να είναι θετικά μολονότι κάποια από αυτά δεν νοσούν.

Τα κουνούπια δε νοσούν από τον ιό και χρειάζονται συνήθως 10- 14 ημέρες από τη μόλυνσή τους για να πολλαπλασιαστεί ο ιός στον οργανισμό τους και να μπορέσουν να το

μεταδώσουν στο επόμενο θύμα. Παρά το γεγονός ότι ο ιός έχει απομονωθεί σε περισσότερα από 60 είδη κουνουπιών, εντούτοις μόνο είδη του γένους *Culex* θεωρούνται αποτελεσματικοί φορείς της ασθένειας.

Όταν ένα πτηνό νοσήσει από τον ιό, μπορεί να εμφανίσει κατάπτωση, διαταραχές βιάδισης, αδυναμία πτήσης, ανορεξία, μειωμένη αφόδευση, αιμορραγίες από το γαστρεντερικό σύστημα και τελικά να οδηγηθεί στον θάνατο. Για να μεταδοθεί ο ιός σε ένα κουνούπι πρέπει σε ένα γεύμα αίματος να υπάρχουν τουλάχιστον 105 PFU ιικών σωματίων/ml. Έτσι διάφορα είδη πτηνών των τάξεων των στρουθιόμορφων (κορακοειδή, σπουργίτια), των γλαυκόμορφων (κουκουβάγιες, μπούφοι), των χαραδριόμορφων (μπεκάτσες, γλάροι) και των ιερακόμορφων (διάφορα είδη γερακιών) αναπτύσσουν για ορισμένες μέρες (1- 4) τίτλους ιαμίας επαρκείς για τη μετάδοση του ιού στα κουνούπια ενώ είδη των τάξεων των δρυοκολαπτόμορφων (δρυοκολάπτες), των περιστερόμορφων (περιστέρια, δεκαοχτούρες) και των χηνόμορφων (αγριόπαπιες, χήνες) αναπτύσσουν χαμηλότερους τίτλους σε πολλές περιπτώσεις ανεπαρκείς για τη μετάδοση του ιού στα κουνούπια. (<http://www.malwest.gr>)

Τα άλογα συνήθως δεν εμφανίζουν συμπτώματα. Στα λίγα περιστατικά που θα εμφανιστούν κλινικές εκδηλώσεις, αυτές μπορεί να κυμαίνονται από ήπιες νευρολογικές εκδηλώσεις έως βαριά εγκεφαλίτιδα και θάνατο.

Τόσο στα άλογα όσο και στον άνθρωπο, ο ιός βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο αίμα και για μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι, δεν αποτελούν παράγοντα μόλυνσης υγιών κουνουπιών από τον ιό και επομένως δεν επιτελούν ουσιαστικό ρόλο στη διασπορά του ιού και στην πρόκληση εξάρσεων κρουσμάτων και επιδημιών. Είναι δηλαδή αδιέξοδοι ξενιστές του ιού (dead - end hosts), φέρουν τον ιό αλλά δεν τον μεταδίδουν παραπέρα, τερματίζοντας τον κύκλο ζωής του. (Tsai T et al. West Nile encephalitis epidemic in southeastern Romania. *Lancet*, 1998. CDC, Division of vector-born infectious diseases West Nile virus - vertebrate ecology: Transmission cycle, 2007).

2.4 Μέτρα προστασίας

Μέχρι στιγμής δεν είναι διαθέσιμο κανένα εμβόλιο κατά της μόλυνσης του ιού. Επομένως η καλύτερη μέθοδος προστασίας για τη μείωση των ποσοστών μόλυνσης από τον ιό είναι η καταπολέμηση των κουνουπιών τόσο από την πλευρά των δήμων όσο και των πολιτών. Σύμφωνα με το Κέντρο Ελέγχου & Πρόληψης Νοσημάτων (και ειδικότερα μέσω της σελίδας

www.malwest.gr) θα πρέπει να παίρνονται τόσο ατομικά μέτρα προστασίας όσο και μέτρα προστασίας στο σπίτι.

Τα κυριότερα ατομικά μέτρα προστασίας περιλαμβάνουν:

- Την αποφυγή παραμονής σε εξωτερικούς χώρους τις ώρες αυξημένης δραστηριότητας των κουνουπιών (από το σούρουπο ως την αυγή)
- Τη χρήση εντομοαπωθητικών στα ακάλυπτα μέρη του σώματος ή ακόμη και ψεκασμός των ρούχων
- Τη χρήση προστατευτικού ρουχισμού, δηλαδή μακριά και φαρδιά μανίκια και παντελόνια

Ενώ τα κυριότερα μέτρα προστασίας στο σπίτι περιλαμβάνουν:

- Τη χρήση προστατευτικών πλεγμάτων (σίτων) σε πόρτες και παράθυρα
- Τη χρήση κουνουπιέρων, ιδιαίτερα για την προστασία των μικρών παιδιών
- Τη χρήση εντομοκτόνων (αεροζόλ, ταμπλέτες, φιδάκια)
- Την αποφυγή δημιουργίας εστιών στάσιμων νερών
- Το άδειασμα νερού από πιάτα γλαστρών
- Την αποφυγή αλόγιστης χρήσης νερού
- Την απομάκρυνση παλαιών λάστιχων, δοχείων, καλαθιών
- Τον καθαρισμό και αποσυμφόρηση υδρορροών
- Την αποφυγή ποτίσματος τις βραδινές ώρες
- Το τακτικό κούρεμα του γρασιδιού

Τέλος η πολιτεία θα πρέπει να μεριμνήσει για την καταπολέμηση των κουνουπιών με τακτικούς προληπτικούς ψεκασμούς σε περιοχές που ευνοούν την αναπαραγωγή τους και κυρίως με την προνυμφοκτονία δηλαδή την καταπολέμηση των κουνουπιών στη φάση της προνύμφης με την χρήση κατάλληλα εγκεκριμένων προνυμφοκτόνων σκευασμάτων με ψεκασμούς είτε από το έδαφος είτε από τον αέρα.

Σε περιπτώσεις σοβαρής νόσησης/προσβολής του κεντρικού νευρικού συστήματος, απαιτείται άμεσα η εισαγωγή στο νοσοκομείο (ενίοτε σε Μονάδα Εντατικής Θεραπείας) για την ενδοφλέβια χορήγηση υγρών, υποστήριξη του αναπνευστικού και πρόληψη δευτερογενών λοιμώξεων. Μελέτες έχουν δείξει πως η χορήγηση ανοσοσφαιρίνης ειδικής έναντι του ιού του Δυτικού Νείλου είναι αποτελεσματική. (<http://www.malwest.gr>)

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάσαμε αρκετές πληροφορίες σχετικά με τον ιό όπως τα συμπτώματα, τους τρόπους μετάδοσης και τα μέτρα προφύλαξης. Ποιοι παράγοντες όμως βοηθούν στην εξάπλωσή του και ποιές περιοχές ευνοούν την ανάπτυξη του ιού;. Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες για να απαντήσουν σε αυτά τα ερωτήματα βασίζονται σε μεθόδους χωρικής ανάλυσης και στη χρήση των Γ.Σ.Π. για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων τους. Πολλές από αυτές έχουν ήδη αναφερθεί στο πρώτο κεφάλαιο αλλά κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν μερικές ακόμη στο κεφάλαιο που ακολουθεί στο οποίο γίνεται και η ανάλυση μερικών από τα εργαλεία και τις μεθόδους της χωρικής ανάλυσης σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.).

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Χωρική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου - Μέθοδοι και τεχνικές

3.1 Χωρική ανάλυση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Σύμφωνα με τον Bailey (1990) η ανάλυση χώρου ορίζεται ως «μια συνολική δυνατότητα διαχείρισης - μετασχηματισμού των χωρικών στοιχείων σε διαφορετικές μορφές, δίνοντάς τους, σαν αποτέλεσμα, διαφορετική έννοια» ενώ όπως γράφει ο Haining (1994) η ανάλυση χώρου στοχεύει:

- Στη σωστή περιγραφή γεγονότων στο χώρο, που περιλαμβάνει κυρίως την περιγραφή των χωρικών προτύπων.
- Στη συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων και χωρικών σχέσεων με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των χωρικών διαδικασιών που ευθύνονται για τα χωρικά πρότυπα και τις σχέσεις που παρατηρούνται.
- Στην αύξηση της ικανότητας πρόβλεψης και ελέγχου γεγονότων που συμβαίνουν στο γεωγραφικό χώρο.
- Στη χρήση αυτών των τεχνικών και μεθόδων ως εργαλεία λήψης αποφάσεων για το χώρο.

Η χωρική Ανάλυση είναι «μία διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία» (Κουτσόπουλος, 2005) που στοχεύει στην «εκ βάθους γνώση της δομής της φυσικής, κοινωνικής και οικονομικής διάστασης του χώρου, των σχέσεων αλληλεξάρτησής τους και των διαδικασιών αλλαγής τους» (Φώτης, 2009).

Στοχεύει:

- στον εντοπισμό των προβλημάτων της περιοχής μελέτης, την ανακάλυψη της ύπαρξής τους και τον προσδιορισμό των αιτιών που τα προκάλεσαν
- στην ταξινόμηση των προβλημάτων αυτών για την καλύτερη διερεύνησή τους σε κάθε διάσταση χωριστά, αλλά και στα επίπεδα αλληλεξαρτήσεων τους.
- στην αξιολόγηση της σημασίας των προβλημάτων, ανάλογα με τα αίτια και τις επιπτώσεις τους, λόγω της αναγκαιότητας της ιεράρχησής τους για την ορθολογικότερη επίλυση τους μέσα από ένα σύστημα επιλογών και προτεραιοτήτων.
- Στην εύρεση των διασυνδέσεων μεταξύ των προβλημάτων μέσα κι έξω από κάθε περιφέρεια.

«Η Χωρική Ανάλυση (Spatial Analysis) περιλαμβάνει ένα σύνολο από ποσοτικές μεθόδους και τεχνικές που μελετούν χωρικές οντότητες και φαινόμενα χρησιμοποιώντας τις τοπολογικές, γεωμετρικές, ή γεωγραφικές ιδιότητές τους και ο βασικός της ρόλος είναι η τροφοδότηση της διαδικασίας του χωρικού σχεδιασμού. Η ιστορία της Ποσοτικής Χωρικής Ανάλυσης (Quantitative Spatial Analysis) ταυτίζεται, ουσιαστικά, με αυτή της Γεωγραφίας και της Χαρτογραφίας, αν και οι βασικές μέθοδοι και τεχνικές της μορφοποιήθηκαν και τυποποιήθηκαν μόλις στο δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα. Είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους ώστε γενικευμένες και εξειδικευμένες ποσοτικές μέθοδοι χωρικής ανάλυσης έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται σε πληθώρα επιστημονικών πεδίων όπως η Γεωγραφία, η Γεωπληροφορική, η Τηλεπισκόπηση η Βιολογία, η Σεισμολογία, η Υδρολογία, η Γεωλογία και η Επιδημιολογία.

Σε αυτό το πλαίσιο, το ενδιαφέρον των επιστημόνων, που μελετούν το χώρο, εστιάζεται στην ανάλυση και στον προσδιορισμό της αντιστοιχίας και της συσχέτισης μεταξύ δύο ή περισσότερων χωρικών κατανομών. Παλαιότερα, κάτι τέτοιο ήταν εφικτό, με την σύγκριση ή με την εναπόθεση χαρτών που απεικόνιζαν τα αντίστοιχα χωρικά πρότυπα (spatial patterns). Σήμερα πλέον, η σύγχρονη χωρική ανάλυση, αξιοποιώντας την πρόοδο της Τεχνολογίας των Πληροφοριακών Συστημάτων (information Systems), εστιάζει στις βασισμένες σε υπολογιστή τεχνικές κυρίως λόγω του μεγάλου όγκου των στοιχείων, της πολυπλοκότητας της υπολογιστικής-αναλυτικής επεξεργασίας, αλλά και των αυξημένων δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographic Information Systems).» (Γ. Ν. Φώτης, “Ποσοτική χωρική ανάλυση”, 2009)

«Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών μηχανημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον» (Κουτσόπουλος, 2002). Αποτελεί δηλαδή ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων, ικανό να ενσωματώσει, να προσαρμόσει, να αναλύσει, να αποθηκεύσει, και να παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες πληροφορίες.

Την δυνατότητα αυτή των Γ.Σ.Π γνωστά ευρέως και ως G.I.S. (Geographic Information Systems), «εκμεταλλεύτηκε» η επιστήμη της επιδημιολογίας προς όφελός της. Η επιδημιολογία είναι η επιστημονική μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την συχνότητα εμφάνισης της υγείας και των ασθενειών σε έναν πληθυσμό, μέσω της εφαρμογής της στατιστικής με σκοπό τον προσδιορισμό αμερόληπτων σχέσεων μεταξύ εκθέσεων, (όπως η διατροφή, οι βιολογικοί και περιβαλλοντολογικοί παράγοντες, το άγχος) και του αποτελέσματος (<http://el.wikipedia.org/wiki/Επιδημιολογία>). Μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π) που αποτελούν μια δυναμική και συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία της σύγχρονης εποχής, νέα σημαντικά εργαλεία έχουν παρουσιαστεί για την μελέτη και αξιολόγηση επιδημιολογικών φαινομένων όπως είναι ο ιός του Δυτικού Νείλου έχοντας αντικαταστήσει και βελτιστοποιήσει την απόδοση των παραδοσιακών τροπών εργασίας.

Σε μελέτη των Esra Ozdenerol, et al (“Locating suitable habitats for West Nile Virus-infected mosquitoes through association of environmental characteristics with infected mosquito locations: a case study in Shelby County, Tennessee”, 2008) έγινε επεξεργασία των γεωγραφικών συντεταγμένων των θέσεων των μολυσμένων με τον ιό του Δυτικού Νείλου κουνουπιών (2004), για την εύρεση επικίνδυνων περιοχών στο Shelby του Τεννεσί. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με τα πακέτα λογισμικού Erdas Imagine, Arc View 3.3 και Arc GIS 9.1, για να εξακριβωθεί ο ιδανικός βιότοπος των μολυσμένων κουνουπιών, χρησιμοποιώντας την απόσταση Mahalanobis σε συνδυασμό με περιβαλλοντικούς παραμέτρους όπως το υψόμετρο, η κλίση, οι χρήσεις γης, η πυκνότητα της βλάστησης, η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις (6 layers) αλλά και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά του πληθυσμού και των συνθηκών στέγασης, όπως ένα υψηλό ποσοστό του μαύρου πληθυσμού, άνθρωποι

μεγάλης ηλικίας, το χαμηλό εισόδημα, παλιές δομές και κενές κατοικίες συνδέονται με τον WNV.

Το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Department of Agriculture) με την χωρική ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνιση του ιού του Δυτικού Νείλου ("West Nile Virus: In equids in the Northeastern United States in 2000", 2001) χρησιμοποίησε τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για να βρεθεί η κεντρική τοποθεσία ή η αφετηρία της εστίας της νόσου και στην συνέχεια με τον Ward et al. (2004), εστιασμένα να τοποθετήσουν παγίδες κουνουπιών, βασιζόμενοι σε αναφορές κρουσμάτων (ιπποειδών, κουνουπιών) και μεθόδων ομαδοποίησης. Τα GIS έχουν αποδειχθεί ότι αποτελούν ένα πολύ καλό εργαλείο για την έρευνα πολλών ασθενειών που μεταδίδονται με παράσιτα και αυτό ισχύει εξίσου καλά και για τον ιό του Δυτικού Νείλου.

Σε μελέτη των Lauren L. Pinault et al, ("Use of GIS to predict malaria vector distributions in the Ecuadorian highlands", 2011) έγινε χρήση των GIS για την πρόβλεψη της εξάπλωσης της ελονοσίας στα υψίπεδα Εκουαδόρ βασιζόμενοι στην θερμοκρασία του νερού, την κάλυψη των φυκιών, τις χρήσεις γης και την κλίση του εδάφους.

Αντίστοιχα ο Ilia Rochlin et al ("Predictive Mapping of Human Risk for West Nile Virus Based on Environmental and Socioeconomic Factors", 2011) προσπάθησε να συσχετίσει και να προβλέψει τις επικίνδυνες περιοχές του ιού του Δυτικού Νείλου στο Suffolk County της Νέας Υόρκης βασιζόμενος όχι μόνο σε περιβαλλοντικούς παράγοντες αλλά και σε κοινωνικοοικονομικούς, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης του ΓΣΠ ArcGis.

Στις Η.Π.Α, στην μελέτη των Sugumaran et al. ("Spatio-temporal cluster analysis of county-based human West Nile virus incidence in the continental United States", 2009) σε ανθρώπινα κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για τα έτη 2002-2008, έγινε χρήση των GIS και άλλων χωρικών στατιστικών μεθόδων, όπως η μέθοδος Kulldorff, σε συνδυασμό με το δείκτη χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I για την ανάλυση της διασποράς της νόσου και για τον εντοπισμό των χωρικών προτύπων των κρουσμάτων. Η χωροχρονική ανάλυση των περιστατικών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι βόρειες περιοχές των Η.Π.Α διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο, γι'αυτό και οι επόμενες έρευνες θα πρέπει να εστιαστούν και σε άλλους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες που ευνοούν την εξάπλωση του ιού.

Παρατηρούμε λοιπόν τη μεγάλη χρησιμότητα τις χωρικής ανάλυσης και των εργαλείων που προσφέρουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) στην ανάλυση των επιδημιολογικών φαινομένων, που χωρίς αυτά θα ήταν πολύ δύσκολη η μελέτη τους

κυρίως λόγω του μεγάλου όγκου και της πολυπλοκότητας των δεδομένων που πρέπει να επεξεργαστούν. Οι αυξημένες δυνατότητες των Γ.Σ.Π. σε συνδυασμό με τις αυξημένες υπολογιστικές δυνατότητες των σημερινών ηλεκτρονικών υπολογιστών, μειώνουν σημαντικά το χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων, βοηθώντας στην ταχύτερη και ασφαλέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων.

3.2 Μέθοδοι ανάλυσης χωρικών φαινομένων

Για την ανάλυση των χωρικών φαινομένων είναι απαραίτητη η Χωρική Ανάλυση (Spatial Analysis) η οποία περιλαμβάνει ένα σύνολο από ποσοτικές μεθόδους και τεχνικές, όπως η Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και οι Γεωστατιστικοί δείκτες. Οι Γεωστατιστικοί δείκτες που μελετούν χωρικές οντότητες και φαινόμενα χρησιμοποιούν τις τοπολογικές, γεωμετρικές, ή γεωγραφικές ιδιότητές τους με στόχο τον προσδιορισμό της αντιστοιχίας και συσχέτισης μεταξύ δύο ή περισσότερων χωρικών κατανομών. (Γ.Ν. Φώτης, “Ποσοτική χωρική ανάλυση”, 2009).

3.2.1 Στατιστική επεξεργασία

Πολλές φορές για την μελέτη γεωγραφικών φαινομένων και την εξαγωγή αποτελεσμάτων απαιτείται και η χρήση απλών στατιστικών μέτρων όπως είναι η μέση τιμή ή μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

Μέσος όρος (Average): Ο Μέσος όρος ή αλλιώς η Μέση τιμή ενός συνόλου n παρατηρήσεων αποτελεί το σπουδαιότερο και χρησιμότερο μέτρο της Στατιστικής. Είναι ένα μέτρο θέσης, δηλαδή δείχνει σχετικά τις θέσεις των αριθμών στους οποίους αναφέρεται. Η μέση τιμή συμμετέχει σε αρκετούς τύπους της στατιστικής και εξετάζεται σχεδόν σε όλες τις στατιστικές κατανομές. Γενικά, ορίζεται ως το άθροισμα των παρατηρήσεων δια του πλήθους αυτών. Είναι δηλαδή η μαθηματική πράξη ανεύρεσης της «μέσης απόστασης» ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους αριθμούς. Η μέση τιμή συμβολίζεται με \bar{x} . Ο γενικός τύπος της μέσης τιμής για ένα δείγμα $(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$ είναι:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{1}{n} (t_1 + \dots + t_n)$$

όπου t_i η i παρατήρηση και n το πλήθος των παρατηρήσεων

Για την παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων χρησιμοποιούνται και οι στατιστικοί πίνακες. Πρόκειται για συνοπτικούς πίνακες που διαμορφώνονται με κατάλληλο τρόπο ώστε τα δεδομένα που παρουσιάζουν να είναι κατανοητά από οποιονδήποτε αναγνώστη ακόμα και χωρίς γνώσεις στατιστικής, έτσι ώστε να μπορεί να εξαγει σωστά συμπεράσματα για το υπό μελέτη πρόβλημα. Συχνά συνοδεύονται από διαγράμματα ή γραφήματα, για την καλύτερη αντίληψη του φαινομένου.

Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation): Η έννοια της Τυπικής Απόκλισης χρησιμοποιείται ευρέως στις Πιθανότητες και στη Στατιστική και δείχνει την απόκλιση – ή αν θέλετε τη διασπορά - που έχει μια ομάδα τιμών από το μέσο όρο τους. Η τυπική απόκλιση συμβολίζεται με το γράμμα S . Γενικά, η τυπική απόκλιση για ένα δείγμα $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ υπολογίζεται από τον τύπο:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Όπου $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ είναι η διασπορά, x_i η i παρατήρηση και n το πλήθος των παρατηρήσεων.

Η τυπική απόκλιση είναι σημαντική γιατί δηλώνει πόσο συγκεντρωμένες γύρω από τη μέση τιμή είναι οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής. Αν έχουμε για παράδειγμα δυο ομάδες αριθμών με την πρώτη να είναι οι αριθμοί (9, 10, 11, 12, 13) και τη δεύτερη να είναι οι αριθμοί (2, 7, 12, 15, 19) τότε και οι δύο ομάδες έχουν τον ίδιο μέσο όρο ενώ οι τιμές της δεύτερης ομάδας έχουν μεγαλύτερη απόκλιση:

- Μέσος όρος 1ης ομάδας: $(9+10+11+12+13)/5 = 55/5 = 11$
- Μέσος όρος 2ης ομάδας: $(2+7+12+15+19)/5 = 55/5 = 11$
- Τυπική Απόκλιση 1ης Ομάδας = 1,58
- Τυπική Απόκλιση 2ης Ομάδας = 6,67

Παρατηρούμε δηλαδή ότι οι τιμές της 2ης ομάδας απέχουν περισσότερο από το μέσο όρο. Η Τυπική Απόκλιση είναι ένας τρόπος να εκφράσουμε αριθμητικά αυτή τη διασπορά.

3.2.2 Γεωστατιστικοί Δείκτες

Οι γεωστατιστικοί δείκτες αποτελούνται από έναν αριθμό μετρήσεων και δεικτών για την περιγραφή και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, που ορίζονται σαν σημεία, γραμμές και επιφάνειες σ' ένα χωρικό σύστημα. Οι δείκτες αυτοί είναι ισοδύναμοι ή παρόμοιοι με τους δείκτες σε άλλους τομείς της στατιστικής που αναφέρονται σε μη γεωγραφικά δεδομένα. Επομένως, οι γεωστατιστικοί δείκτες παρέχουν στον ερευνητή - μελετητή μερικά από τα πιο βασικά εργαλεία της μη χωρικής στατιστικής για την περιγραφή και ανάλυση των χωρικών δεδομένων (Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012 - Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος).

Τέτοιοι δείκτες είναι ο δείκτης χωρικής κεντρότητας όπως είναι ο Χωρικός Μέσος και οι δείκτες χωρικής διασποράς όπως είναι η Τυπική Απόκλιση και η μέθοδος Ανάλυσης Απόστασης από Γειτονικό Σημείο.

Χωρικός μέσος: Η έννοια του χωρικού μέσου είναι αντίστοιχη με την έννοια του αριθμητικού μέσου

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$$

Συγκεκριμένα, αν κάθε σημείο i στον χώρο περιγράφεται με τις δυο του συντεταγμένες (x_i , y_i), τότε οι συντεταγμένες του χωρικού μέσου δίνονται από τους τύπους:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i,$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i$$

όπου n είναι ο αριθμός των σημείων.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του χωρικού μέσου είναι ότι δίνει τη δυνατότητα της παρατήρησης της διαχρονικής μεταβολής μιας χωρικής κατανομής διότι αντιπροσωπεύει μια μέση θέση. Για παράδειγμα, μπορεί να παρατηρηθεί η διαχρονική εξέλιξη της κατανομής του πληθυσμού της Ελλάδας ανάλογα με την κατεύθυνση του «κέντρο βάρους» του πληθυσμού. Το σημαντικό είναι ότι αυτές οι μεταβολές του χωρικού μέσου μπορούν

να συνδυαστούν και να ερμηνευθούν με τις κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις στον χώρο. Επίσης οι διαφορετικές θέσεις των χωρικών μέσων για τις ίδιες κατανομές, είτε σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, είτε διαχρονικά, δίνουν ενδείξεις για τις διαδικασίες που διαδραματίζονται στον χώρο.

Επίσης, ο χωρικός μέσος με τις δυο συντεταγμένες είναι στην ουσία μια αριθμητική τιμή, η οποία έχει νόημα μόνο όταν παρουσιάζεται γραφικά στον χάρτη σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία της γεωγραφικής του κατανομής. (Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012 - Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος).

Τυπική Απόκλιση: Αποτελεί τη μέτρησή της χωρικής διασποράς σε σχέση με το χωρικό μέσο και δίνεται από τον τύπο

$$TA = \sqrt{\frac{\sum d_{im}^2}{n}}$$

TA = τυπική απόσταση

d_{im} = η απόσταση από το i σημείο στο χωρικό μέσο m

Ενώ ο χωρικός μέσος έχει νόημα μόνο όταν παρουσιάζεται γραφικά στον χάρτη, με την τυπική απόσταση συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο, γι' αυτό και οι έννοιες της χωρικής κεντρικότητας, ιδιαίτερα του χωρικού μέσου και της τυπικής απόστασης, είναι αλληλοσυμπληρούμενες. Η μελέτη της διαχρονικής μεταβολής της τυπικής απόστασης μπορεί να δώσει ενδείξεις για τις διαδικασίες που συνέβησαν στο χώρο (π.χ. μεγάλη χωρική διασπορά του πληθυσμού γύρω από τον μέσο υποδεικνύει πρώτα στάδια αστικοποίησης, ενώ η διαχρονική μείωσή της μπορεί να υποδηλώνει κάποιες τάσεις αστυφιλίας, μιλώντας πάντα για συγκεκριμένο τόπο). Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου η τυπική απόσταση είναι πολύ πιο χρήσιμη από το χωρικό μέσο, όπως είναι η ανάλυση εμπορικών λειτουργιών μέσα στις πόλεις. Συγκεκριμένα, ορισμένες λειτουργίες έχουν πολύ διαφορετική κατανομή, άλλες είναι διάσπαρτες (π.χ. καταστήματα τροφίμων), ενώ άλλες είναι συγκεντρωμένες (π.χ. ασφαλιστικές εταιρείες, εμπορικά κέντρα). Ο χωρικός μέσος μπορεί να είναι ο ίδιος και για τις δυο κατηγορίες λειτουργιών (κάτι, που εξαρτάται και από την επιφάνεια που καταλαμβάνει η πόλη), ενώ η τυπική απόσταση θα διαφέρει σημαντικά, θα είναι μεγαλύτερη για τις διασπαρμένες λειτουργίες από ότι για τις

συγκεντρωμένες. Επομένως, η τυπική απόσταση στην περίπτωση αυτή δίνει καλύτερη περιγραφή της χωρικής πραγματικότητας από τον χωρικό μέσο. (Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012 - Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος).

Ανάλυση Απόστασης από Γειτονικό Σημείο: Ο δείκτης Average Nearest Neighbor Distance (Nearest Neighbor Ratio) εστιάζει στις αποστάσεις μεταξύ των σημείων. Στην μέθοδο αυτή, αντί να ενδιαφερόμαστε για σημεία ανά επιφάνεια, ενδιαφερόμαστε για επιφάνεια ανά σημείο. Η τυχαία χωρική διαδικασία συνδέεται με την κατανομή Poisson. Μπορούμε, λοιπόν, να χρησιμοποιήσουμε την κατανομή αυτή, για να βρούμε τις αναμενόμενες πλησιέστερες γειτονικές αποστάσεις και πιο συγκεκριμένα το μέσο όρο των πλησιέστερων γειτονικών αποστάσεων, για ένα χωρικό πρότυπο, που έχει προκύψει από τυχαία χωρική διαδικασία. Αν συγκρίνουμε αυτήν την αναμενόμενη μέση απόσταση, με την αντίστοιχη πραγματική ή παρατηρούμενη μέση απόσταση, τότε μπορούμε να εντοπίσουμε αποκλίσεις από την τυχαία χωρική διαδικασία.

Έχει αποδειχθεί (Rogers 1969) ότι η πιθανότητα να υπάρχει ένα σημείο σε απόσταση d , ακολουθεί μια κανονική κατανομή με μέση τιμή, που δίνεται από τη σχέση:

$$d_a = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{N}{A}}$$

με N ο αριθμός των σημείων και A το εμβαδόν της συνολικής επιφάνειας.

Η μέση τιμή των αποστάσεων κάθε σημείου από τα πλησιέστερα του δίνεται από την σχέση

$$d_\pi = \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{N}$$

όπου d_i η απόσταση του σημείο i από το πλησιέστερο του.

Οι αποκλίσεις από την τυχαία χωρική διαδικασία μπορούν να μετρηθούν με τον απλό δείκτη Nearest Neighbor Ratio $D = d_\pi/d_a$ που προτάθηκε από τους Clark και Evans (1954). Με τον δείκτη αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε μια κλίμακα, που να αρχίζει από ομαδοποιημένο χωρικό πρότυπο και δια μέσου του τυχαίου, να καταλήγει σε ομοιόμορφο. Οι τιμές της κλίμακας αυτής κυμαίνονται από 0 ως 2,149 (King 1962). Όταν $D = 0$, τότε $d_a = 0$, οπότε όλα τα σημεία βρίσκονται στην ίδια θέση και έχουμε την ακραία περίπτωση του

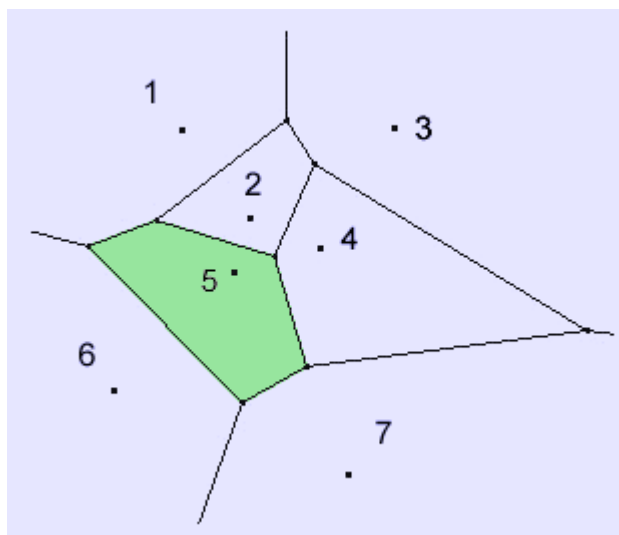
ομαδοποιημένου πρότυπου. Όταν $D = 1$, τότε $d_{\pi} = d_{\alpha}$, οπότε έχουμε τυχαίο πρότυπο. Οι υψηλές τιμές του D αντιπροσωπεύουν ποικίλους βαθμούς διασποράς όπως για παράδειγμα για $D = 2$ έχουμε τετραγωνικό ομοιόμορφο χωρικό πρότυπο, ενώ για $D = 2,149$ εξαγωνικό ομοιόμορφο χωρικό πρότυπο. Γενικά τιμές του D μικρότερες της μονάδας δείχνουν κατανομές που τείνουν προς ομαδοποιημένο πρότυπο, ενώ τιμές του D μεγαλύτερες της μονάδας δείχνουν κατανομές που τείνουν σε διεσπαρμένα χωρικά πρότυπα (Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012 - Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος).

3.3 Πολύγωνα Thiessen

Τα πολύγωνα Thiessen είναι επί της ουσίας τα διαγράμματα Voronoi που χρησιμοποιούνται στη γεωφυσική και μετεωρολογία για την ανάλυση διανεμημένων στοιχείων στο χώρο (όπως οι μετρήσεις βροχοπτώσεων) και καλούνται Πολύγωνα Thiessen από τον Αμερικάνο μετεωρολόγο Alfred H. Thiessen.

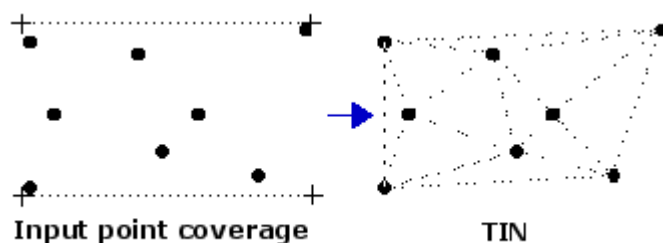
Το Διάγραμμα Voronoi είναι ένας τρόπος διαίρεσης του χώρου σε μικρότερες περιοχές - κυψέλες (Voronoi κυψέλη) βασιζόμενοι σε σημεία που ανήκουν στον αρχικό χώρο. Το Διάγραμμα Voronoi ενός πλέγματος σημείων είναι ένα σύνολο πολυγώνων σχεδιασμένων με τέτοιο τρόπο γύρω από το κάθε αρχικό σημείο, ώστε κάθε θέση μέσα στο πολύγωνο αυτό να βρίσκεται πλησιέστερα στο μητρικό σημείο από κάθε άλλη θέση. Το διάγραμμα Voronoi δημιουργεί μία εύγλωττη παράσταση χωρικών συσχετίσεων, η οποία μπορεί να ερμηνευτεί με πολλούς τρόπους, πάντα σε σχέση με τη σημασία και λειτουργία του πλέγματος των σημείων.

Αν για παράδειγμα τα παρακάτω 7 σημεία, είναι θέσεις σχολείων, το Διάγραμμα Voronoi περιγράφει τις περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά σε κάθε σχολείο. (σε ευκλείδεια απόσταση).



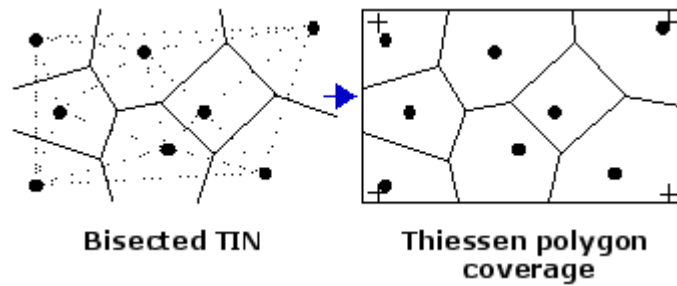
Δηλαδή όλα τα σημεία στην πράσινη περιοχή (Voronoi κυψέλη του σημείου 5) απέχουν λιγότερο από το σημείο 5 από κάθε άλλο από τα υπόλοιπα 6 σημεία.

Τα πολύγωνα Thiessen κατασκευάζονται με την παρακάτω διαδικασία. Όλα τα σημεία τριγωνοποιούνται σε ένα τριγωνομετρικό δίκτυο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, με τέτοιο τρόπο ώστε να πληροί το κριτήριο Delaunay (http://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation).



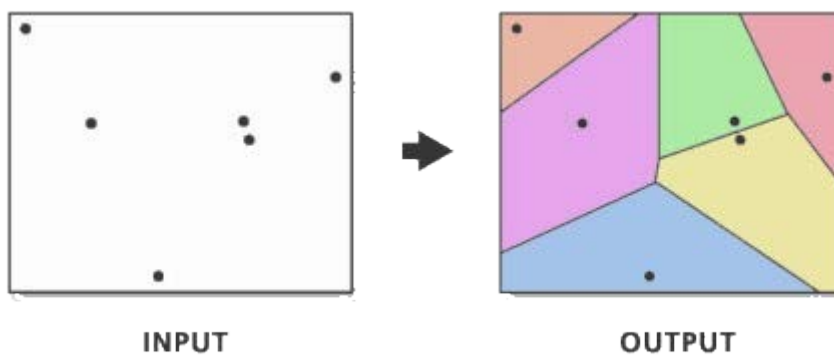
Εικόνα 5. Τριγωνοποίηση Delaunay
Πηγή: resources.esri.com

Οι κάθετες διχοτόμοι κάθε γωνίας του τριγώνου δημιουργούνται και σχηματίζουν τις άκρες των πολυγώνων Thiessen. Τα σημεία τομής των διχοτόμων αποτελούν τις θέσεις των κορυφών των πολυγώνων Thiessen και όλα μαζί δημιουργούν μια τοπολογία-δίκτυο πολυγώνων.



Εικόνα 6. Δίκτυο Πολυγώνων Thiessen
 Πηγή: resources.esri.com

Στο ArcGis τα πολύγωνα Thiessen δημιουργούνται μέσω της εντολής `CREATE THIESSEN POLYGONS`. Με την εντολή αυτή ένα σημειακό αρχείο μετατρέπεται σε αρχείο πολυγώνων THIESSEN. Τα πολύγωνα αυτά περιέχουν ένα μόνο σημείο, του οποίου οι αποστάσεις προς κάθε άλλο σημείο του πολυγώνου στο οποίο ανήκει, είναι μικρότερες σε σχέση με τις αποστάσεις του ίδιου σημείου προς κάθε άλλο σημείο διαφορετικού πολυγώνου.



Εικόνα 7. Δημιουργία πολυγώνων Thiessen στο ArcGis
 Πηγή: resources.esri.com

3.4 Συσχέτιση Pearson

Ο συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient) είναι ένας αριθμητικός δείκτης που **δείχνει την ισχύ και την κατεύθυνση της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών**. Ο πιο συνηθισμένος και πιο χρήσιμος από αυτούς είναι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (r) που δίνει ένα μέτρο του μεγέθους της γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. (Σημειώσεις «Στατιστική Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας - 2006» των Εμβαλωτη Α., Κατση Α., και Σιδερίδη Γ.)

Είναι ο κατάλληλος (παραμετρικός) στατιστικός δείκτης προκειμένου να αξιολογηθεί αν υπάρχει συνάφεια μεταξύ δύο μεταβλητών (π.χ., ωρών διαβάσματος και επίδοσης). Με τον όρο παραμετρικός αναφερόμαστε σε μια σειρά στατιστικών δεικτών που ικανοποιούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Αν αυτές οι προϋποθέσεις «απουσιάζουν», τότε γίνεται χρήση μη-παραμετρικών στατιστικών δεικτών, οι οποίοι δεν επηρεάζονται από την τήρηση ή «καταπάτηση» των προϋποθέσεων. Για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson r οι προϋποθέσεις αυτές είναι:

- οι μεταβλητές πρέπει να είναι συνεχείς σε κλίμακα ίσων διαστημάτων και να κατανέμονται κανονικά και
- να υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Για την ανίχνευση των σχέσεων απαιτείται η ύπαρξη αναλογικής σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών για όλα τα επίπεδά τους. Δηλαδή, όσο μεγαλώνει η μία να μεγαλώνει και η άλλη και αντίστροφο.

Ο δείκτης r παίρνει τιμές από -1 έως και $+1$. Το πρώτο μέγεθος μας δείχνει μια τέλεια αρνητική σχέση (αντιστρόφως ανάλογη σχέση), ενώ το δεύτερο μια τέλεια θετική (ευθέως ανάλογη) σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Το μηδέν αντιπροσωπεύει μηδενική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Το πρόσημο « $+$ » υποδηλώνει θετική συσχέτιση, δηλ. ότι οι τιμές μιας μεταβλητής αυξάνονται όταν αυξάνονται και οι τιμές της άλλης. Το πρόσημο « $-$ » σημαίνει αρνητική συσχέτιση, δηλ. ότι οι τιμές μιας μεταβλητής αυξάνονται καθώς μειώνονται οι τιμές της άλλης μεταβλητής. Είναι φυσικό ότι μια σχέση του τύπου 0.6 είναι ταυτόσημη σε μέγεθος με μια σχέση -0.6 , με τη διαφορά ότι η μία είναι θετική ενώ η άλλη αρνητική. Επίσης, η παρουσία σχέσεων μεγαλύτερων του 1.0 είναι κάτι αδύνατο (άτοπο). Μία κατηγοριοποίηση μεταξύ των ορίων -1 έως $+1$ που αφορά την αξιολόγηση του μεγέθους του δείκτη (από τις διάφορες που έχουν προταθεί), είναι οι παρακάτω:

- $0.00 - 0.20$ Μηδενική σχέση
- $0.21 - 0.40$ Μικρή σχέση
- $0.41 - 0.60$ Μέτρια σχέση
- $0.61 - 0.80$ Δυνατή σχέση
- 0.81 Εξαιρετικά δυνατή σχέση

Σχέσεις της τάξης του 0.80 είναι δύσκολο να παρατηρηθούν στην πραγματικότητα. Όταν συμβαίνει αυτό δημιουργείται ο προβληματισμός μήπως αυτές οι δύο μεταβλητές που

συσχετίζονται κατά 0.80 μετρούν το ίδιο θεωρητικά φαινόμενο. Επομένως, οι πολύ δυνατές σχέσεις θέλουν προσοχή στην αξιολόγηση και στην ερμηνεία τους.

Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται με τη χρήση διάφορων στατιστικών πακέτων αντικαθιστώντας την ανάγκη να γίνονταν οι πράξεις με το χέρι.

Ο συντελεστή συσχέτισης Pearson r υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

όπου

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^v (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{v-1}, \quad \sigma_X = \sqrt{\frac{1}{v-1} \sum_{i=1}^v (X_i - \mu_X)^2} \quad \text{και}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{1}{v-1} \sum_{i=1}^v (Y_i - \mu_Y)^2}$$

Επομένως

$$r = \frac{\sum_{i=1}^v (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^v (X_i - \mu_X)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^v (Y_i - \mu_Y)^2}}$$

Όπου X και Y αναφέρονται στις τιμές κάθε συμμετέχοντα, ενώ οι τιμές μ_X και μ_Y με τους μέσους όρους στις μεταβλητές X και Y . Σύμφωνα με τον τύπο η τιμή κάθε συμμετέχοντα στην μεταβλητή X αφαιρείται από το μέσο όρο της μεταβλητής και όλες οι τιμές προστίθενται. Ομοίως και για τη μεταβλητή Y . Ο πολλαπλασιασμός των ζευγαριών που δημιουργούνται εκφράζει τη «συνδιακύμανση» των δύο μεταβλητών. Αν υποθέσουμε για παράδειγμα ότι μεταξύ ύψους και βάρους υπάρχει θετική σχέση, τότε ο μαθητής μιας τάξης που έχουν ύψος μεγαλύτερο από το μέσο όρο αναμένεται να έχουν και βάρος, στις περισσότερες των περιπτώσεων, πάνω από το μέσο και το αντίστροφο. Ο παρανομαστής του κλάσματος εκφράζει το γινόμενο των δύο σφαλμάτων, το οποίο διορθώνεται για το

μέγεθος του δείγματος. (Σημειώσεις «Στατιστική Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας - 2006», Εμβαλωτη Α., Κατση Α., Σιδερίδη Γ.)

Για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson r θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι:

- Οι ακραίες παρατηρήσεις τον επηρεάζουν. Πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές τιμές είναι πολύ πιθανό να αλλοιώσουν σημαντικά το μέγεθος του συντελεστή συσχέτισης.
- Το μέγεθος του δείγματος τον επηρεάζει. Πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα δείγματα δημιουργούν προβλήματα στην ερμηνεία της πιθανότητας και της στατιστικής σημαντικότητας.
- Η αξιοπιστία του δείκτη «πλήττεται» από τη μη τήρηση της προϋπόθεσης αναφορικά με τη γραμμικότητα της σχέσης.
- Οι τιμές των μεταβλητών X και Y πρέπει να προέρχονται από τυχαία δειγματοληψία. Επομένως δεν έχει μεγάλη χρησιμότητα σε πειραματικές έρευνες στις οποίες οι τιμές των μεταβλητών ελέγχονται ή καθορίζονται από τον ερευνητή.
- Επηρεάζεται από την αξιοπιστία των μετρήσεων. Αν οι μετρήσεις έχουν μεγάλες τιμές σε στατιστικό σφάλμα, το πιθανότερο είναι ότι το σφάλμα θα επηρεάσει και τον συντελεστή συσχέτισης (συνήθως συμπιέζοντάς τον προς τα κάτω).
- Δεν είναι κατάλληλος για διακριτές μεταβλητές.
- Επηρεάζεται από την ύπαρξη στρεβλών κατανομών, ειδικά όταν αυτές αποκλίνουν κατά πολύ από την κανονικότητα.
- Συσχέτιση δε σημαίνει αιτιότητα. Το ότι δύο μεταβλητές X και Y βρίσκονται συσχετισμένες αυτό σημαίνει μόνο ότι οι μεταβλητές αυτές συνδέονται με κάποια σχέση. Δε συνεπάγεται κατ' ανάγκη αιτιότητα.

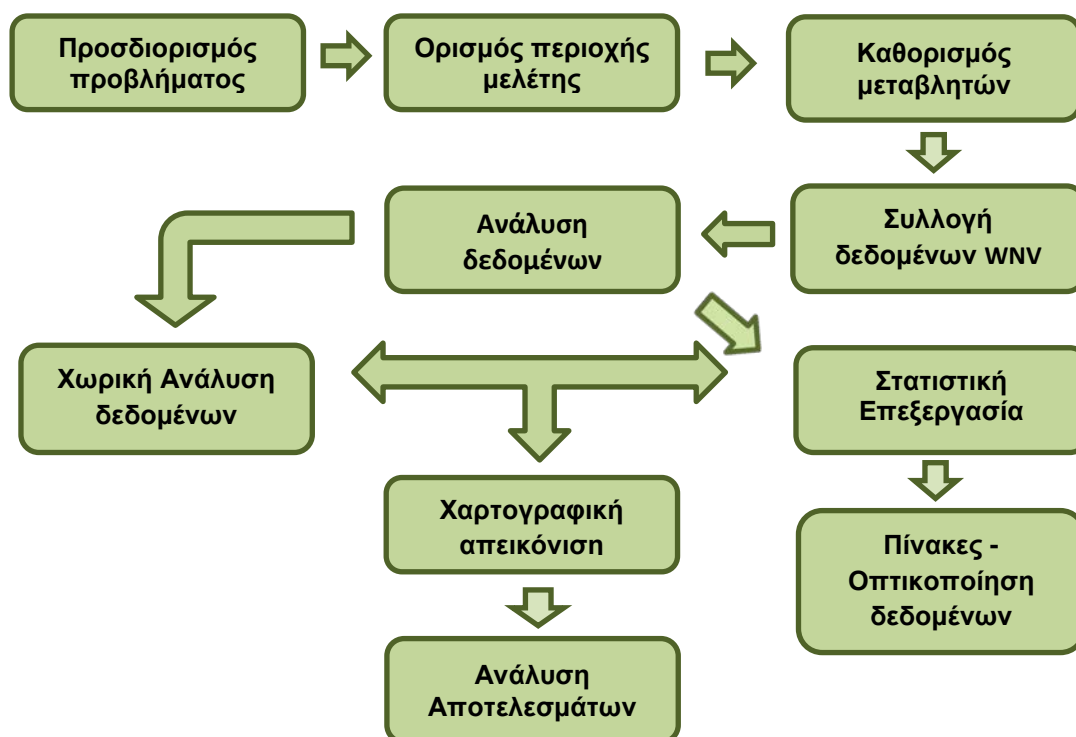
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι υψηλές τιμές του δείκτη τόσο στα πολύ μικρά δείγματα (μικρότερα του 10) όσο και στα πολύ μεγάλα (μεγαλύτερα του 500) δημιουργούν προβλήματα στην αξιοπιστία της στατιστικής σημαντικότητας του συντελεστή συσχέτισης. Γι' αυτό κυρίως σε πολύ μεγάλα δείγματα καλό είναι να περιοριζόμαστε σε μια ποιοτική ερμηνεία της τιμής του συντελεστή συσχέτισης και να αγνοείται η πιθανότητα.

Γνωρίζοντας λοιπόν μερικά από τα εργαλεία και τις τεχνικές της Χωρικής Ανάλυσης, το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται στο προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο, βάσει του οποίου επεξεργάστηκαν τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας και στα οποία εφαρμόστηκαν οι κατάλληλες μέθοδοι Χωρικής Ανάλυσης για την απόδοση του υπό μελέτη θέματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες και διαγράμματα, ενώ οπτικοποιούνται και σε χάρτες, για τη καλύτερη κατανόησή του και τη διατύπωση των τελικών συμπερασμάτων.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία

4.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η χωροχρονική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010, 2011, 2012. Στο πλαίσιο αυτό γίνεται η περιγραφή της χωρικής διάστασης του προβλήματος με μεθόδους ποσοτικής γεωγραφικής ανάλυσης και ο εντοπισμός των περιοχών που εμφανίζουν κάθε χρονιά πολλά κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου (WNV) ή λίγα ή καθόλου περιστατικά και τέλος η διερεύνηση της ύπαρξης εκείνων των παραγόντων (μεταβλητών) που επηρεάζουν τον τρόπο εξάπλωσης του ιού στο χώρο και πώς συσχετίζονται με αυτόν. Η μεθοδολογία που ακολουθείται παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2: Μεθοδολογικό διάγραμμα

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε προς δύο κατευθύνσεις, χρονικά και χωρικά. Σε πρώτη φάση ορίστηκε η περιοχή μελέτης και η παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων για τον ιό για τα εξεταζόμενα έτη.

Ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την οπτικοποίηση του φαινομένου σε πίνακες και γραφήματα ώστε να σχηματίσουμε μία καλύτερη εικόνα για την διαχρονική εξέλιξη του ιού.

Επόμενο βήμα αποτελεί η κατανόηση της γεωγραφικής κατανομής των κρουσμάτων του ιού και η χωρική διαφοροποίησή τους στο χρόνο.

Στο επόμενο στάδιο διερευνήθηκε η ύπαρξη των πιθανών χωρικών προτύπων που μπορεί να ακολουθούν τα περιστατικά μέσω του υπολογισμού γεωστατικών δεικτών χωρικής ανάλυσης όπως ο χωρικός μέσος, η τυπική απόκλιση και οι ελλείψεις τυπικής απόκλισης.

Έχοντας υπόψη την παραπάνω επεξεργασία, χωρίστηκε η περιοχή μελέτης σε υποπεριοχές χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πολυγώνων Thiessen. Κάθε πολύγωνο μελετήθηκε ως προς συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για κάθε έτος, ώστε να προκύψουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κάθε χρονιά και οι οποίες θα μας βοηθήσουν στη συνέχεια στην εύρεση των περιοχών που θα παρουσιάσουν αυξημένη επικινδυνότητα για το έτος 2013 δημιουργώντας και τους αντίστοιχους χάρτες επικινδυνότητας.

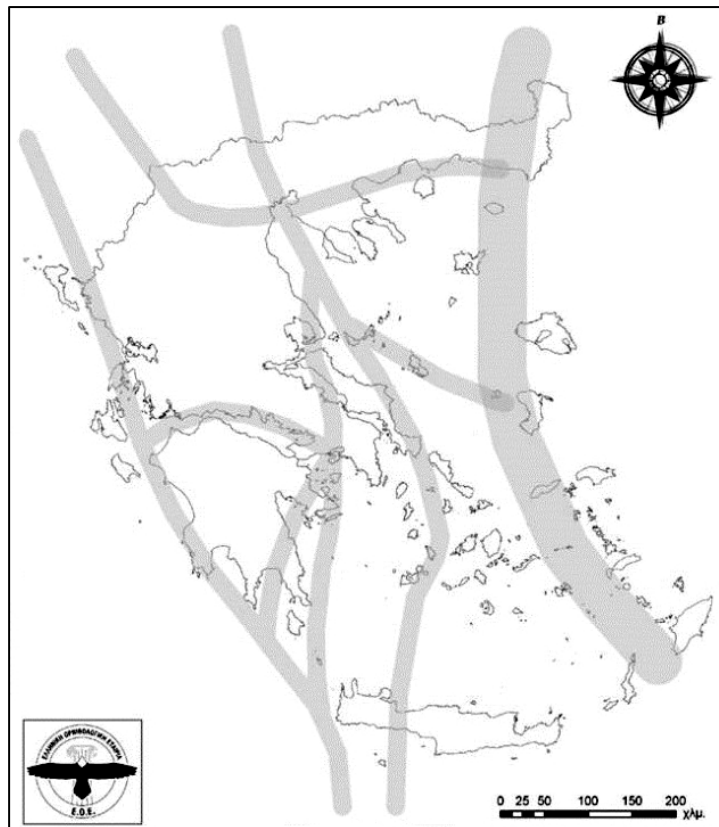
Η χαρτογραφική απεικόνιση και η χωρική στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ArcGis v10.1 SP1 της εταιρείας ESRI.

4.2 Περιοχή μελέτης

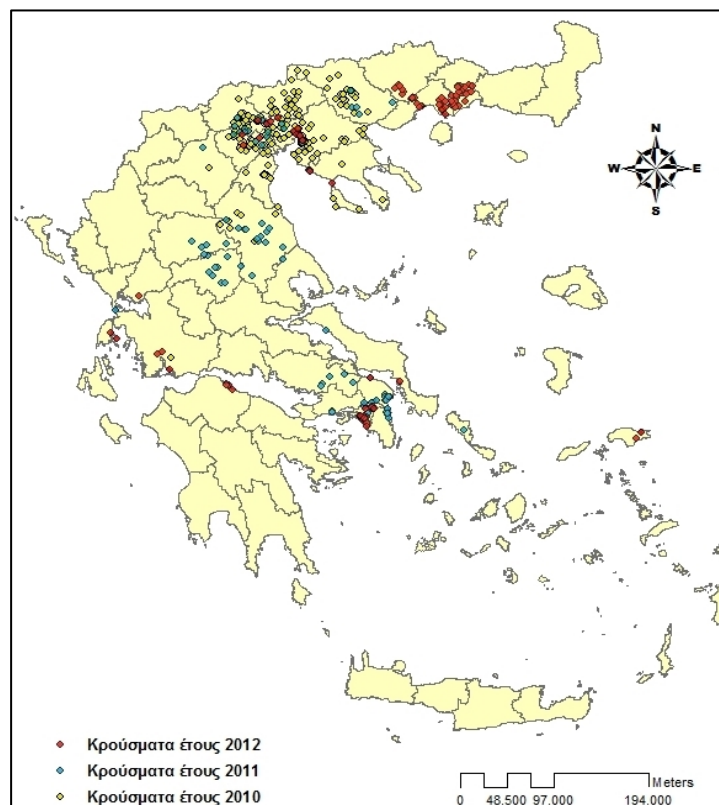
Η Ελλάδα λόγω του κλίματος της, της γεωγραφικής της θέσης αλλά και της μεγάλης ποικιλίας βιοτόπων που διαθέτει, αποτελεί σταθμό για τα μεταναστευτικά πουλιά. Κάθε χρόνο εκατομμύρια πουλιά, ξεπερνώντας τα διασυνοριακά φράγματα, ταξιδεύουν για απομακρυσμένους προορισμούς οι οποίοι θα τους εξασφαλίσουν τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης. Κάθε μακρινό ταξίδι συνδυάζεται και με ενδιάμεσες στάσεις ξεκούρασης και ανεύρεσης τροφής. Τα διάσπαρτα νησιά και νησίδες του Αιγαίου Πελάγους λειτουργούν ως εξαιρετικής σημασίας ενδιάμεσους σταθμούς για τα μεταναστευτικά πουλιά. Ιδιαίτερα τα

Δωδεκάνησα, τα οποία βρίσκονται πάνω σε κύρια μεταναστευτική διαδρομή των πουλιών από και προς την Αφρική, αποτελούν την πρώτη στάση των μεταναστευτικών πουλιών μετά τη διάσχιση της Μεσογείου. (Πηγή: Φορέας Διαχείρισης Καρπάθου - Σαρίας)

Πολλές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ολόκληρο τον κόσμο συνδέουν την εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου με τα μεταναστευτικά πουλιά. Αν και η Ελλάδα ανέκαθεν ήταν μια χώρα όπου εμφανίζονταν κρούσματα ελονοσίας, ο ιός του Δυτικού Νείλου εμφανίστηκε για πρώτη φορά το καλοκαίρι του 2010. Σύμφωνα με τον καθηγητή στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης Γιάννης Βόντας ο συγκεκριμένος ιός έχει το εξής χαρακτηριστικό: «Έρχεται από μεταναστευτικά πουλιά, που μπορεί να το μεταδώσουν σε ενδημικά πουλιά, και από εκεί κάποια κουνούπια που θα τσιμπήσουν αυτά τα πουλιά να το μεταδώσουν στους ανθρώπους. Δεν ξέρουμε κατά πόσον είναι ενδημικό το φαινόμενο ή είναι εισαγόμενο κάθε φορά μέσω πουλιών, αλλά υπάρχουν εξάρσεις και ξέρουμε ότι κάθε χρόνο θα έχουμε εξάρσεις». (www.enet.gr/?i=news.el.article&id=375727). Οι ερευνητές εκτιμούν ότι τα άγρια πουλιά πιθανότατα επέτρεψαν τη διατήρηση και τη μετάδοση του ιού πριν και κατά τη διάρκεια της εμφάνισης της νόσου. Όπως είπε ο Χαράλαμπος Μπιλίνης, τα μεταναστευτικά πουλιά, που είχαν προηγουμένως εκτεθεί στον ιό του Δυτικού Νείλου μάλλον στην Κ. Ευρώπη, είναι πολύ πιθανό ότι τον εισήγαγαν μετά στην Ελλάδα. Δεν αποκλείεται πάντως και η πιθανότητα να ήταν η ενδημική κυκλοφορία του ιού που προκάλεσε το ξέσπασμα στην Ελλάδα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη των κατάλληλων συνθηκών εξάπλωσης (<http://www.real.gr/DefaultArthro.aspx?page=arthro&id=186699&catID=5>). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση της Εικόνας 9 στην οποία παρουσιάζονται οι μεταναστευτικοί διάδρομοι της Ελλάδας με την Εικόνα 10 η οποία παρουσιάζει τα κρούσματα του ιού για τα έτη 2010, 2011, 2012



Εικόνα 8. Μεταναστευτικοί Διάδρομοι στην Ελλάδα.
Πηγή: Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία



Εικόνα 9. Κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για τα έτη 2010, 2011, 2012.

Παρατηρούμε ότι αρκετά μεγάλος αριθμός κρουσμάτων εκδηλώθηκε σε περιοχές που βρίσκονται πάνω στις μεταναστευτικές γραμμές ενισχύοντας έτσι την άποψη των επιστημόνων για τη συσχέτιση του ιού με τα μεταναστευτικά πουλιά.

Για τους παραπάνω λόγους επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης το σύνολο των νομών της χώρας μιας και τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας αφορούσαν το σύνολό της αλλά και γιατί ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση και μελέτη του ιού σε εθνικό επίπεδο. Οι πλειοψηφία των κουνουπιών που συλλέχθηκαν με παγίδες CO₂ που έχει τοποθετήσει το ΚΕΛΠΝΟ από τις προσβεβλημένες περιοχές ήταν του είδους *Culex spp.* με κυρίαρχο το *Culex ripiens* (κοινό κουνούπι). Τα κουνούπια αυτά βρίσκονται συχνά σε **κατοικημένες** περιοχές, γιατί χρειάζονται νερό με οργανικά λύματα για την αναπαραγωγή τους. Για το λόγο αυτό από τους 51 νομούς της χώρας επιλέχθηκαν από κάθε νομό οι 2 έως 6 μεγαλύτερες πόλεις με βάση τον πληθυσμό της απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2001 διότι όσο μεγαλύτερος είναι ο πληθυσμός που κατοικεί σε αυτές τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα εκδήλωσης κρουσμάτων του ιού. Δηλαδή, επιλέχθηκαν συνολικά 147 πόλεις (Πίνακας 1) οι οποίες αποτέλεσαν και τη βάση για να χωριστεί η Ελλάδα σε 147 υποπεριοχές με τη μέθοδο πολυγώνων Thiessen.

Πίνακας 1: 147 από τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας.

ID	ΝΟΜΟΣ	ΠΟΛΗ	ID	ΝΟΜΟΣ	ΠΟΛΗ
1	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	ΑΓΡΙΝΙΟΝ	75	ΚΙΛΚΙΣ	ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ
2	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΝ	76	ΚΟΖΑΝΗΣ	ΚΟΖΑΝΗ
3	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ	77	ΚΟΖΑΝΗΣ	ΠΤΟΛΕΜΑΙΣ
4	ΑΘΗΝΩΝ	ΑΘΗΝΑΙ	78	ΚΟΖΑΝΗΣ	ΣΙΑΤΙΣΤΑ
5	ΑΘΗΝΩΝ	ΖΩΓΡΑΦΟΣ	79	ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ
6	ΑΘΗΝΩΝ	ΗΛΙΟΥΠΟΛΙΣ	80	ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΝ-ΠΕΡΑΧΩΡΑ
7	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΝ	81	ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	ΣΙΚΥΩΝ
8	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΝ	82	ΚΥΚΛΑΔΩΝ	ΕΡΜΟΥΠΟΛΙΣ
9	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΑΧΑΡΝΑΙ	83	ΚΥΚΛΑΔΩΝ	ΝΑΞΟΣ
10	ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	ΑΡΓΟΣ	84	ΚΥΚΛΑΔΩΝ	ΜΥΚΟΝΟΣ
11	ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	ΝΑΥΠΛΙΟΝ	85	ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΣΠΑΡΤΗ
12	ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	ΚΡΑΝΙΔΙΟΝ	86	ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΓΥΘΕΙΟΝ
13	ΑΡΚΑΔΙΑΣ	ΤΡΙΠΟΛΙΣ	87	ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΣΚΑΛΑ
14	ΑΡΚΑΔΙΑΣ	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΙΣ	88	ΛΑΡΙΣΗΣ	ΛΑΡΙΣΑ
15	ΑΡΚΑΔΙΑΣ	ΛΕΩΝΙΔΙΟΝ	89	ΛΑΡΙΣΗΣ	ΤΥΡΝΑΒΟΣ
16	ΑΡΤΗΣ	ΑΡΤΑ	90	ΛΑΡΙΣΗΣ	ΦΑΡΣΑΛΑ

17	ΑΡΤΗΣ	ΝΕΟΧΩΡΙΟΝ	91	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ
18	ΑΧΑΙΑΣ	ΠΑΤΡΑΙ	92	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
19	ΑΧΑΙΑΣ	ΑΙΓΙΟΝ	93	ΛΑΣΙΘΙΟΥ	ΣΗΤΕΙΑ
20	ΑΧΑΙΑΣ	ΚΑΤΩ ΑΧΑΙΑ	94	ΛΕΣΒΟΥ	ΜΥΤΙΛΗΝΗ
21	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΘΗΒΑΙ	95	ΛΕΣΒΟΥ	ΜΥΡΙΝΑ
22	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΛΕΒΑΔΕΙΑ	96	ΛΕΣΒΟΥ	ΠΛΩΜΑΡΙΟΝ
23	ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΟΡΧΟΜΕΝΟΣ	97	ΛΕΥΚΑΔΟΣ	ΛΕΥΚΑΣ
24	ΓΡΕΒΕΝΩΝ	ΓΡΕΒΕΝΑ	98	ΛΕΥΚΑΔΟΣ	ΚΑΡΥΑ
25	ΓΡΕΒΕΝΩΝ	ΔΕΣΚΑΤΗ	99	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΒΟΛΟΣ
26	ΔΡΑΜΑΣ	ΔΡΑΜΑ	100	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ
27	ΔΡΑΜΑΣ	ΠΡΟΣΟΤΣΑΝΗ	101	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΑΛΜΥΡΟΣ
28	ΔΡΑΜΑΣ	ΔΟΞΑΤΟΝ	102	ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	ΚΑΛΑΜΑΤΑ
29	ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΝ	103	ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	ΜΕΣΣΗΝΗ
30	ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΑΙΓΑΛΕΩ	104	ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	ΦΙΛΙΑΤΡΑ
31	ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	ΝΕΑ ΛΙΟΣΙΑ	105	ΞΑΝΘΗΣ	ΞΑΝΘΗ
32	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	ΡΟΔΟΣ	106	ΞΑΝΘΗΣ	ΚΙΜΜΕΡΙΑ
33	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	ΚΩΣ	107	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	ΠΕΙΡΑΙΕΥΣ
34	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	ΚΑΛΥΜΝΟΣ	108	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	ΚΑΛΛΙΘΕΑ
35	ΕΒΡΟΥ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΙΣ	109	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	ΝΙΚΑΙΑ
36	ΕΒΡΟΥ	ΟΡΕΣΤΙΑΣ	110	ΠΕΛΛΗΣ	ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ
37	ΕΒΡΟΥ	ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟΝ	111	ΠΕΛΛΗΣ	ΕΔΕΣΣΑ
38	ΕΥΒΟΙΑΣ	ΧΑΛΚΙΣ	112	ΠΕΛΛΗΣ	ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ
39	ΕΥΒΟΙΑΣ	ΝΕΑ ΑΡΤΑΚΗ	113	ΠΙΕΡΙΑΣ	ΚΑΤΕΡΙΝΗ
40	ΕΥΒΟΙΑΣ	ΨΑΧΝΑ	114	ΠΙΕΡΙΑΣ	ΛΙΤΟΧΩΡΟΝ
41	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙΟΝ	115	ΠΙΕΡΙΑΣ	ΑΙΓΙΝΙΟΝ
42	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	ΦΟΥΡΝΑ	116	ΠΡΕΒΕΖΗΣ	ΠΡΕΒΕΖΑ
43	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	117	ΠΡΕΒΕΖΗΣ	ΦΙΛΙΠΠΙΑΣ
44	ΖΑΚΥΝΘΟΥ	ΚΑΤΑΣΤΑΡΙΟΝ	118	ΡΕΘΥΜΝΗΣ	ΡΕΘΥΜΝΟΝ
45	ΗΛΕΙΑΣ	ΠΥΡΓΟΣ	119	ΡΕΘΥΜΝΗΣ	ΑΝΩΓΕΙΑ
46	ΗΛΕΙΑΣ	ΑΜΑΛΙΑΣ	120	ΡΕΘΥΜΝΗΣ	ΛΙΒΑΔΙΑ
47	ΗΛΕΙΑΣ	ΓΑΣΤΟΥΝΗ	121	ΡΟΔΟΠΗΣ	ΚΟΜΟΤΗΝΗ
48	ΗΜΑΘΙΑΣ	ΒΕΡΟΙΑ	122	ΡΟΔΟΠΗΣ	ΙΑΣΜΟΣ
49	ΗΜΑΘΙΑΣ	ΝΑΟΥΣΑ	123	ΣΑΜΟΥ	ΣΑΜΟΣ
50	ΗΜΑΘΙΑΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ	124	ΣΑΜΟΥ	ΚΑΡΛΟΒΑΣΙΟΝ
51	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ	125	ΣΕΡΡΩΝ	ΣΕΡΡΑΙ
52	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΝΕΑ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΟΣ	126	ΣΕΡΡΩΝ	ΝΙΓΡΙΤΑ
53	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΤΥΜΠΑΚΙΟΝ	127	ΣΕΡΡΩΝ	ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΝ
54	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	128	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ
55	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	ΦΙΛΙΑΤΑΙ	129	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ
56	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	130	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΝΕΟΧΩΡΙΟΝ
57	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	131	ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	ΛΑΜΙΑ
58	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ	132	ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	ΑΤΑΛΑΝΤΗ

59	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	133	ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	ΣΤΥΛΙΣ
60	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΑΝΑΤΟΛΗ	134	ΦΛΩΡΙΝΗΣ	ΦΛΩΡΙΝΑ
61	ΚΑΒΑΛΑΣ	ΚΑΒΑΛΑ	135	ΦΛΩΡΙΝΗΣ	ΑΜΥΝΤΑΙΟΝ
62	ΚΑΒΑΛΑΣ	ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΙΣ	136	ΦΛΩΡΙΝΗΣ	ΦΙΛΩΤΑΣ
63	ΚΑΒΑΛΑΣ	ΕΛΕΥΘΕΡΟΥΠΟΛΙΣ	137	ΦΩΚΙΔΟΣ	ΑΜΦΙΣΣΑ
64	ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	138	ΦΩΚΙΔΟΣ	ΙΤΕΑ
65	ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	ΠΑΛΑΜΑΣ	139	ΦΩΚΙΔΟΣ	ΔΕΣΦΙΝΑ
66	ΚΑΡΔΙΤΣΗΣ	ΣΟΦΑΔΕΣ	140	ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ
67	ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	141	ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	ΝΕΑ ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΕΙΑ
68	ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	ΑΡΓΟΣ ΟΡΕΣΤΙΚΟΝ	142	ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	ΝΕΑ ΜΟΥΔΑΝΙΑ
69	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	ΚΕΡΚΥΡΑ	143	ΧΑΝΙΩΝ	ΧΑΝΙΑ
70	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	ΛΕΥΚΙΜΜΗ	144	ΧΑΝΙΩΝ	ΣΟΥΔΑ
71	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙΟΝ	145	ΧΑΝΙΩΝ	ΜΟΥΡΝΙΑΙ
72	ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	ΛΗΞΟΥΡΙΟΝ	146	ΧΙΟΥ	ΧΙΟΣ
73	ΚΙΛΚΙΣ	ΚΙΛΚΙΣ	147	ΧΙΟΥ	ΟΜΗΡΟΥΠΟΛΗ
74	ΚΙΛΚΙΣ	ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΝ	-	-	-

Τα 147 πολύγωνα που σχηματίστηκαν με βάση τις παραπάνω πόλεις αποτελούν και τις χωρικές μονάδες της εργασίας γι' αυτό και στη συνέχεια για την διευκόλυνση μας όταν αναφερόμαστε σε πολύγωνα Thiessen θα εννοούμε τα συγκεκριμένα 147 πολύγωνα-περιοχές.

4.3 Δεδομένα και μεταβλητές

Ως δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν 508 ανθρώπινα κρούσματα του ιού που καταγράφηκαν κατά την τριετία 2010, 2011, 2012 από το Κέντρο Ελέγχου Πρόληψης Νοσημάτων (ΚΕΕΛΠΝΟ) στα πλαίσια του «Ειδικού προγράμματος ελέγχου για τον ιό του Δυτικού Νείλου και την ελονοσία, ενίσχυση της επιτήρησης στην ελληνική επικράτεια» μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού" του ΕΣΠΑ 2007 - 2013, προκειμένου να ευαισθητοποιήσει και να αποτελέσει πηγή πληροφοριών, τόσο για το κοινό όσο και για τους επαγγελματίες υγείας, γύρω από τα νοσήματα της ελονοσίας και του ιού του Δυτικού Νείλου (ΔΝ).

Για κάθε περιστατικό είναι διαθέσιμες οι πληροφορίες όπως, το φύλο, η ηλικία, οι γεωγραφικές συντεταγμένες και η ημερομηνία εκδήλωσης του ιού. Τα δεδομένα προέρχονται από τις δηλώσεις που αποστέλλουν οι θεράποντες ιατροί στο ΚΕΕΛΠΝΟ, για τα περιστατικά με εργαστηριακή διάγνωση λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου και

εμπλουτίζονται με τα δεδομένα των Εργαστηρίων που συμμετέχουν στη διάγνωση του ιού (Εργ. Αναφοράς Αρμποιών-ΑΠΘ, Εργ. Μικροβιολογίας Ιατρικής Σχολής Αθηνών, Εργ. Μικροβιολογίας Νοσοκομείου Ειδικών Παθήσεων Θεσσαλονίκης και Διαγνωστικό Τμήμα Ελληνικού Ινστιτούτου Pasteur). (Πηγή: Έκθεση επιδημιολογικής επιτήρησης λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα 2010,2011,2012)

Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και βάσει των διαθέσιμων στοιχείων συλλέχθηκαν δεδομένα για τους παράγοντες (μεταβλητές) που θεωρείται ότι επηρεάζουν τον τρόπο εξάπλωσης του ιού. Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν δεδομένα για τον πληθυσμό, την θερμοκρασία, το ύψος βροχόπτωσης, το υψόμετρο καθώς επίσης υπολογίστηκε το ποσοστό που κατέχουν οι υγρότοποι και οι υδάτινες επιφάνειες σε κάθε χωρική μονάδα. Δημιουργήθηκαν έτσι 6 μεταβλητές που συσχετίζονται με το τρόπο εξάπλωσης του ιού, 2 εξαρτημένες (θερμοκρασία, ύψος βροχόπτωσης) και 4 ανεξάρτητες (πληθυσμός, υψόμετρο, ποσοστό υγροτόπων και ποσοστό υδάτινων επιφανειών)

Τα δεδομένα θερμοκρασίας και ύψους βροχόπτωσης αφορούν την τριετία 2010, 2011, 2012 και συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (www.meteo.gr/Monthly_Bulletins.asp), την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και την ιστοσελίδα www.metar.gr.

Για τον πληθυσμό χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. (πρώην Ε.Σ.Υ.Ε) της απογραφής του 2001.

Το ποσοστό των υγροτόπων και υδάτινων επιφανειών προέκυψε από επεξεργασία της βάση δεδομένων Κάλυψης Γης CORINE LAND COVER για το έτος 2000 που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα. (http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?Option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=54&Itemid=). Από την ιστοσελίδα αυτή προέρχονται και το αρχείο shapefile με όλους του νομούς της χώρας.

Τέλος το υψόμετρο προέκυψε από την επεξεργασία του Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (DTM) της Ελλάδας.

4.4 Επεξεργασία

4.4.1 Στατιστική επεξεργασία και παρουσίαση Δεδομένων

4.4.1.1 Χρονική Ανάλυση Δεδομένων

Προκειμένου να αποκτήσουμε μία καλύτερη εικόνα για τον ιό του Δυτικού Νείλου καθώς και την πορεία εξέλιξής του την τελευταία τριετία στην Ελλάδα γίνεται στη συνέχεια η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3, το 2010 είχαμε μια έξαρση του ιού με πάνω από τα μισά περιστατικά (51,77%) να εκδηλώνονται τη συγκεκριμένη χρονιά. Επίσης ο Αύγουστος είναι ο μήνας με τα περισσότερα περιστατικά τόσο συνολικά στην τριετία (Πίνακας 2) άλλα και ετήσια (Πίνακας 16) καθιστώντας τον, τον επικινδυνότερο μήνα του έτους με το Σεπτέμβρη να ακολουθεί.

Πίνακας 2: Συνολικά περιστατικά ανά μήνα (2010-2012).

Μήνας	Περιστατικά	Ποσοστό
7	36	7,09%
8	282	55,51%
9	170	33,46%
10	19	3,74%
11	1	0,20%
Σύνολο	508	100%

Πίνακας 3: Περιστατικά ανά έτος.

Έτος	Συχνότητα	Ποσοστό
2010	263	51,77%
2011	101	19,88%
2012	144	28,35%
Σύνολο	508	100 %

Από τα συνολικά 508 κρούσματα του ιού γνωρίζαμε το φύλο των ασθενών σε 364 από αυτά. Παρατηρούμε ότι στον Πίνακα 4 το ποσοστό των ανδρών που προσβάλλονται είναι αυξημένο κατά 10% περίπου σε σχέση με αυτό των γυναικών. Αυτό δεν αποτελεί ένδειξη «προτίμησης» του ανδρικού φύλου μιας και δεν υπάρχουν καταχωρημένες στην βιβλιογραφία πληροφορίες ότι ο ιός ευνοεί ιού κάποιο από τα δυο φύλα.

Πίνακας 4: Φύλο κρουσμάτων (2010-2012).

Φύλο	Συχνότητα	Ποσοστό
Άνδρες	201	55,22%
Γυναίκες	163	44,78%
Σύνολο	364	100%

Από τις 13 περιφέρειες τους Ελληνικού κράτους μόνο στην περιφέρεια της Κρήτης και της Πελοποννήσου δεν έχουν εκδηλωθεί κρούσματα του ιού.

Πίνακας 5: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια (2010-2012).

Περιφέρεια	Συχνότητα	Ποσοστό
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	298	58,66%
ΑΤΤΙΚΗΣ	74	14,57%
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ	72	14,17%
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	39	7,68%
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	10	1,97%
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	7	1,38%
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	2	0,39%
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	2	0,39%
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	2	0,39%
ΗΠΕΙΡΟΥ	1	0,20%
ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	1	0,20%
Σύνολο	508	100%

Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνολικά κρούσματα του ιού ανά νομό για την τριετία 2010-2012.

Πίνακας 6: Κρούσματα του ιού ανά νομό (2010-2012).

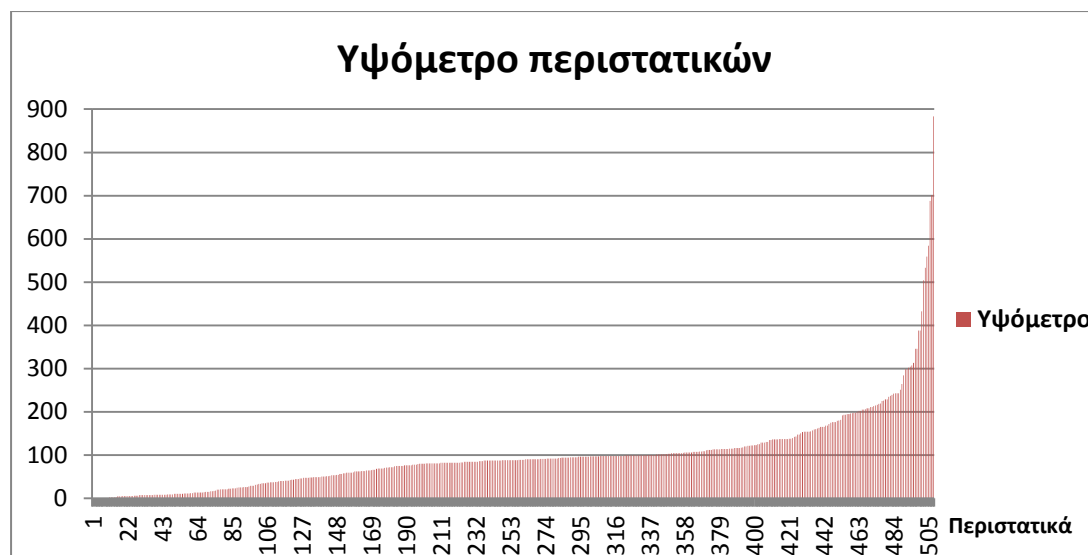
Νομός	Συχνότητα	Ποσοστό
Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	100	19,69%
Ν. ΠΕΛΛΑΣ	67	13,19%
Ν. ΗΜΑΘΙΑΣ	58	11,42%
Ν. ΑΘΗΝΩΝ	49	9,65%
Ν. ΞΑΝΘΗΣ	44	8,66%
Ν. ΣΕΡΡΩΝ	26	5,12%
Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ	24	4,72%
Ν. ΚΙΛΚΙΣ	23	4,53%
Ν. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	22	4,33%
Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ	21	4,13%
Ν. ΠΙΕΡΙΑΣ	13	2,56%
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	11	2,17%
Ν. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	9	1,77%
Ν. ΔΡΑΜΑΣ	7	1,38%

N. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	5	0,98%
N. ΑΧΑΪΑΣ	5	0,98%
N. ΒΟΙΩΤΙΑΣ	5	0,98%
N. ΤΡΙΚΑΛΩΝ	5	0,98%
N. ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	2	0,39%
N. ΕΥΒΟΙΑΣ	2	0,39%
N. ΚΟΖΑΝΗΣ	2	0,39%
N. ΛΕΥΚΑΔΑΣ	2	0,39%
N. ΣΑΜΟΥ	2	0,39%
N. ΑΡΤΑΣ	1	0,20%
N. ΚΥΚΛΑΔΩΝ	1	0,20%
N. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	1	0,20%
N. ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΝΗΣΩΝ	1	0,20%
Σύνολο	508	100%

Ο νομός της Θεσσαλονίκης αποτελεί το νομό με τα περισσότερα κρούσματα κατά την τριετία 2010-2012 με το ένα πέμπτο περίπου των κρουσμάτων να έχει εκδηλωθεί στο νομό αυτό. Παρατηρούμε ότι τις 3 πρώτες θέσεις κατέχουν οι περιοχές της Μακεδονίας καταλαμβάνοντας το 44,3% των συνολικών κρουσμάτων του ιού.

Η μέση ηλικία των περιστατικών είναι τα 65,83 έτη με τυπική απόκλιση τα 17,65 έτη επιβεβαιώνοντας την βιβλιογραφία ότι οι άνθρωποι άνω των 50 ετών διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να εμφανίσουν τα σοβαρά συμπτώματα της ασθένειας. (Nicole P. Lindsey et al, "Surveillance for Human West Nile Virus Disease - U.S, 1999-2008", 2010)

Το υψόμετρο εκδήλωσης των κρουσμάτων κυμαίνεται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι και πάνω από τα 800 μέτρα. Το διάγραμμα που ακολουθεί δείχνει το υψόμετρο στο οποίο εκδηλώθηκε το καθένα από τα 508 κρούσματα του ιού Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.



Διάγραμμα 3: Υψόμετρο των συνολικά 508 περιστατικών τις τριετίας 2010-2012.

Το μέσο (AVERAGE) υψόμετρο των κρουσμάτων είναι 99,27 μέτρα με τυπική απόκλιση (STDEV) 93,87 μέτρα. Παρατηρούμε ότι τα κρούσματα του ιού που εκδηλώνονται πάνω από τα 300 μέτρα υψόμετρο είναι πολύ λίγα (16) και αφορούν περίπου το 3% των συνολικών κρουσμάτων της τριετίας 2010-2012.

Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των δεδομένων ανά έτος για να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα για το πώς κινήθηκε ο ιός την τριετία που μελετάμε.

Για το έτος 2010

Πίνακας 7: Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2010.

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
8	157	59,70%
9	98	37,26%
10	7	2,66%
11	1	0,38%
ΣΥΝΟΛΟ	263	100%

Πίνακας 8: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2010.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	251	95,44%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	9	3,42%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	1	0,38%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	1	0,38%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1	0,38%
ΣΥΝΟΛΟ	263	100%

Πίνακας 9: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2010.

ΝΟΜΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	82	31,18%
Ν. ΠΕΛΛΑΣ	57	21,67%
Ν. ΗΜΑΘΙΑΣ	49	18,63%
Ν. ΚΙΛΚΙΣ	23	8,75%
Ν. ΣΕΡΡΩΝ	21	7,98%
Ν. ΠΙΕΡΙΑΣ	13	4,94%
Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ	9	3,42%
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	6	2,28%
Ν. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	1	0,38%
Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ	1	0,38%
Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ	1	0,38%
ΣΥΝΟΛΟ	263	100%

Για το έτος 2011**Πίνακας 10:** Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2011.

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
10	12	11,88%
9	35	34,65%
8	51	50,50%
7	3	2,97%
ΣΥΝΟΛΟ	101	100%

Πίνακας 11: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2011.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	32	31,68%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	30	29,70%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	30	29,70%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	6	5,94%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	1	0,99%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1	0,99%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	1	0,99%
ΣΥΝΟΛΟ	101	100%

Πίνακας 12: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2011.

ΝΟΜΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ν. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	20	19,80%
Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ	15	14,85%

Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	11	10,89%
Ν. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	9	8,91%
Ν. ΠΕΛΛΑΣ	8	7,92%
Ν. ΑΘΗΝΩΝ	7	6,93%
Ν. ΗΜΑΘΙΑΣ	6	5,94%
Ν. ΒΟΙΩΤΙΑΣ	5	4,95%
Ν. ΣΕΡΡΩΝ	5	4,95%
Ν. ΤΡΙΚΑΛΩΝ	5	4,95%
Ν. ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	2	1,98%
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	2	1,98%
Ν. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	1	0,99%
Ν. ΕΥΒΟΙΑΣ	1	0,99%
Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ	1	0,99%
Ν. ΚΥΚΛΑΔΩΝ	1	0,99%
Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	1	0,99%
Ν. ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΝΗΣΩΝ	1	0,99%
ΣΥΝΟΛΟ	101	100%

Για το έτος 2012**Πίνακας 13:** Περιστατικά ανά μήνα για το έτος 2012

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
9	37	25,69%
8	74	51,39%
7	33	22,92%
ΣΥΝΟΛΟ	144	100%

Πίνακας 14: Κρούσματα του ιού ανά περιφέρεια για το έτος 2012

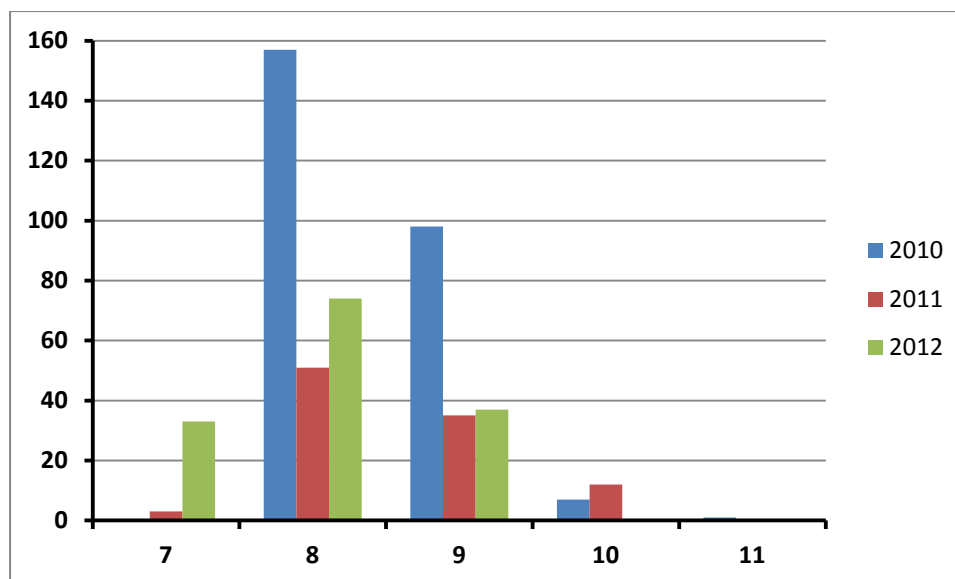
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ	71	49,31%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	44	30,56%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	15	10,42%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	8	5,56%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	2	1,39%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	2	1,39%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ	1	0,69%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	1	0,69%
ΣΥΝΟΛΟ	144	100%

Πίνακας 15: Κρούσματα του ιού ανά νομό για το έτος 2012

ΝΟΜΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Ν. ΞΑΝΘΗΣ	44	30,56%
Ν. ΑΘΗΝΩΝ	42	29,17%
Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ	20	13,89%
Ν. ΔΡΑΜΑΣ	7	4,86%
Ν. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	7	4,86%
Ν. ΑΧΑΪΑΣ	5	3,47%
Ν. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	3	2,08%
Ν. ΗΜΑΘΙΑΣ	3	2,08%
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	3	2,08%
Ν. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	2	1,39%
Ν. ΛΕΥΚΑΔΑΣ	2	1,39%
Ν. ΠΕΛΛΑΣ	2	1,39%
Ν. ΣΑΜΟΥ	2	1,39%
Ν. ΑΡΤΑΣ	1	0,69%
Ν. ΕΥΒΟΙΑΣ	1	0,69%
ΣΥΝΟΛΟ	144	100%

Πίνακας 16: Συγκριτική κατανομή των κρουσμάτων ανά μηνά και ανά έτος.

Μήνας	Περιστατικά 2010		Περιστατικά 2011		Περιστατικά 2012		Συνολικά	
	Πλήθος	Ποσοστό	Πλήθος	Ποσοστό	Πλήθος	Ποσοστό	Πλήθος	Ποσοστό
7	0	0%	3	3%	33	23%	36	7%
8	157	60%	51	50%	74	51%	282	56%
9	98	37%	35	35%	37	26%	170	33%
10	7	3%	12	12%	0	0%	19	4%
11	1	0%	0	0%	0	0%	1	0%
Σύνολο	263	100%	101	100%	144	100%	508	100%



Διάγραμμα 4: Κρούσματα ανά μήνα για κάθε έτος.

Παρατηρούμε ότι η περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας είναι πρώτη σε κρούσματα για τις χρονιές 2010, 2011 και τρίτη το 2012. Η περιφέρεια Θεσσαλίας αν και εμφάνισε σημαντικό αριθμό περιστατικών το 2010 και 2011, δεν παρουσίασε περιστατικά το 2012. Η περιφέρεια Αττικής αν και το 2010 δεν παρουσίασε κρούσματα του ιού, τα επόμενα έτη εμφάνισε αυξητικές τάσεις, με τον αριθμό των κρουσμάτων να ανεβαίνει στα 30 για το 2011 και στα 44 το 2012 ανεβάζοντάς την στη 2η θέση για το συγκεκριμένο έτος.

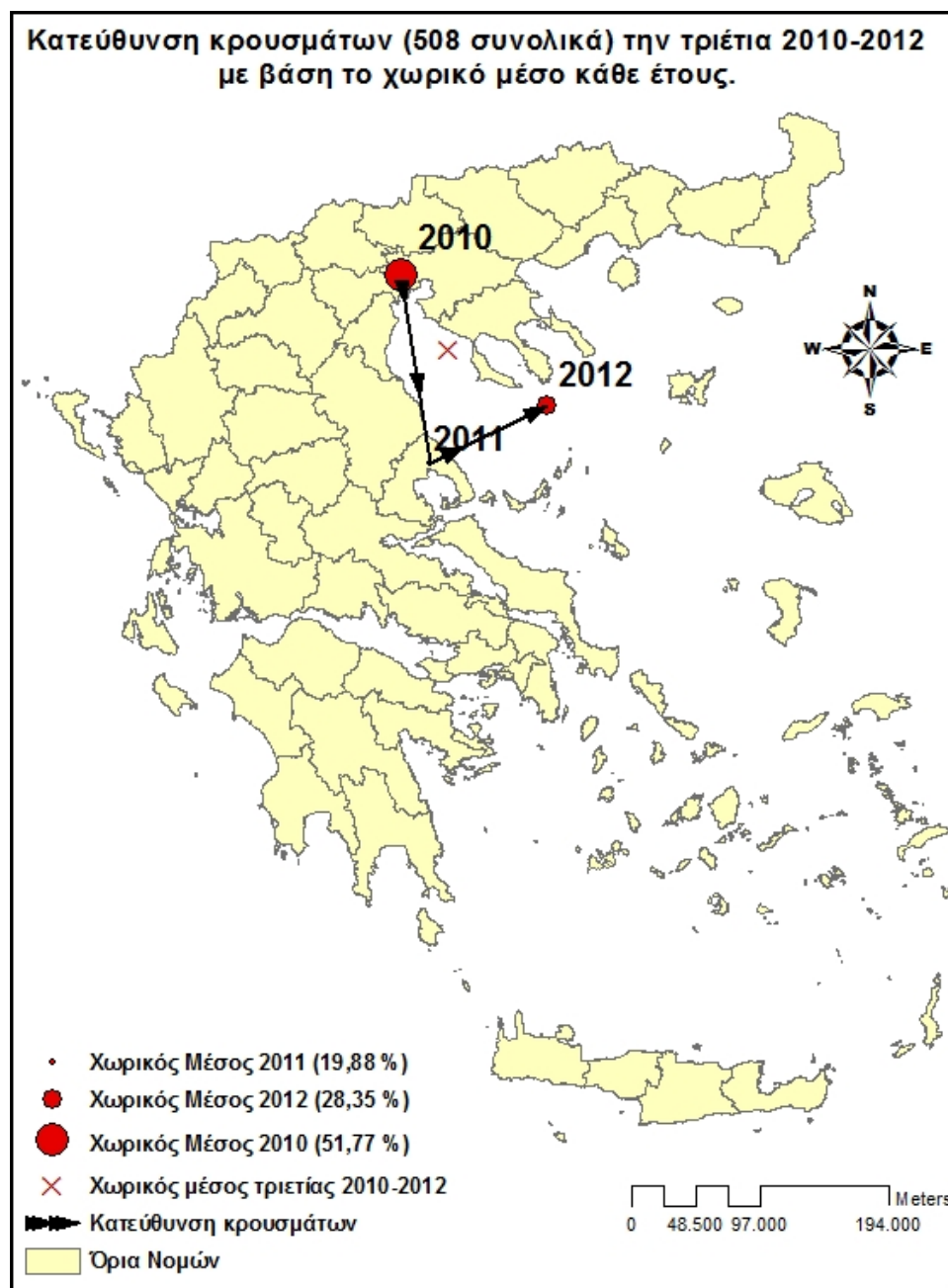
Ο νομός της Θεσσαλονίκης αν και την πρώτη χρόνια υπήρξε ο 1ος νομός της χώρας όσον αφορά τα κρούσματα, στις επόμενες χρονιές αυτά μειώθηκαν σημαντικά. Αντίθετα, στην Αθήνα το 2010 δεν είχαμε κρούσματα του ιού ενώ το 2011 παρουσιάστηκαν 30 και το 2012 εκτινάχθηκαν στα 44. Επίσης, το 2012 ο νομός της Ξάνθης υπήρξε ο νομός με τα περισσότερα κρούσματα καθώς επίσης αρκετά κρούσματα παρουσίασε και ο νομός της Καβάλας. Συμπεραίνουμε λοιπόν μια τάση μεταφοράς του ιού του Δυτικού Νείλου προς τα ανατολικά και προς τα νότια της χώρας.

4.4.1.2 Χωρική Ανάλυση Δεδομένων

Έπειτα από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, ακολουθεί ο υπολογισμός του δείκτη χωρικής κεντρότητας Χωρικού Μέσου, του δείκτη χωρικής διασποράς Τυπική Απόκλιση και η μέθοδος Ανάλυσης Απόστασης από Γειτονικό Σημείο έτσι ώστε να σχηματίσουμε μια καλύτερη εικόνα για το πώς κινήθηκε ο ιός κατά την τελευταία τριετία. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε χάρτες οι οποίοι δημιουργήθηκαν με το λογισμικό

ArcGis 10.1 SP1 και συμβάλλουν στην κατανόηση της συνολική πορείας της εξέλιξης του ιού.

Από το ArcToolbox του ArcGis 10.1 υπολογίστηκε ο Χωρικός Μέσος (ArcToolbox → Spatial Statistics Tools → Measuring Geographic Distributions → Mean Center) των κρουσμάτων κάθε έτους αλλά και της τριετίας συνολικά ώστε να αποκτήσουμε μια εικόνα της διαχρονικής πορείας εξέλιξης της κατανομής των κρουσμάτων ανάλογα με την κατεύθυνση που τείνει κάθε φορά το κέντρο βάρους του συνόλου τους (Χάρτης 1). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του χωρικού μέσου είναι ότι δίνει την δυνατότητα να παρατηρηθεί μια χωρική κατανομή που μεταβάλλεται διαχρονικά. Ο χωρικός μέσος δεν έχει καμία χρησιμότητα όταν παρουσιάζεται σαν αριθμητική τιμή με τις δύο συντεταγμένες. Αντίθετα, αποκτά νόημα όταν παρουσιάζεται γραφικά στον χάρτη σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία της γεωγραφικής του κατανομής. (Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος, «Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012»)



Χάρτης 1: Απεικόνιση της διαχρονικής πορείας της εξέλιξης του χωρικού μέσου των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.

Παρατηρώντας τον Χάρτη 1 διαπιστώνουμε ότι ο χωρικός μέσος των κρουσμάτων της τριετίας βρίσκεται ανάμεσα στο νομό της Κατερίνης και την χερσόνησο της Κασσάνδρας, στο Θερμαϊκό κόλπο. Επίσης στο χάρτη αποτυπώνεται και η διαχρονική πορεία που χωρικού μέσου την τριετία 2010-2012. Διαπιστώνεται μια τάση μετακίνησης των κρουσμάτων του ιού νοτιότερα της χώρας για το έτος 2011 και ανατολικότερα αυτής, κατά το έτος 2012.

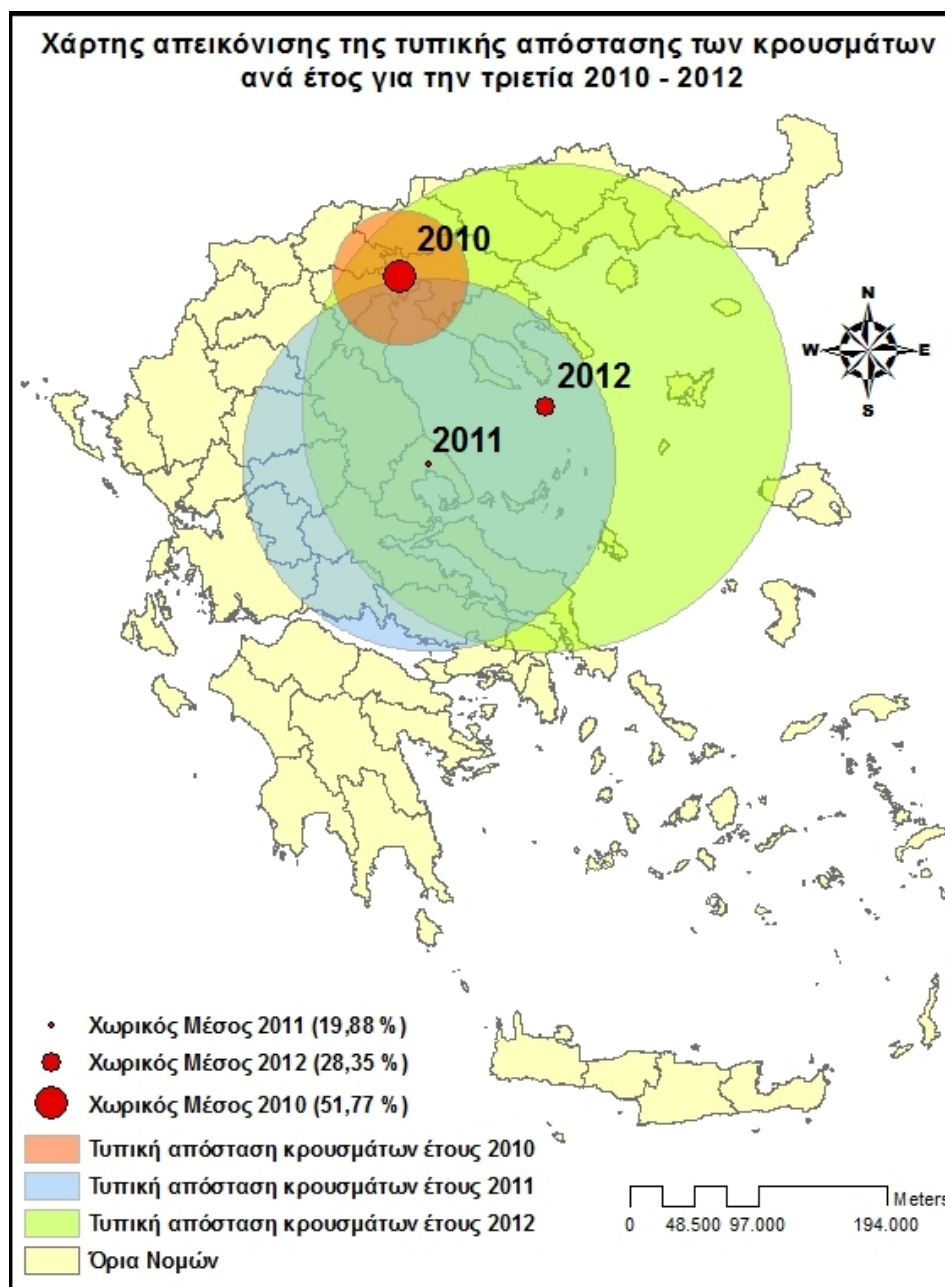
Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο δείκτης χωρικής διασποράς Τυπική Απόκλιση. Η Τυπική Απόσταση (Standard Distance) αποτελεί τη μέτρηση της χωρικής διασποράς σε σχέση με το χωρικό μέσο. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ ο χωρικός μέσος έχει περισσότερο νόημα σαν παράσταση σ' ένα χάρτη παρά σαν απλή αριθμητική τιμή, με την τυπική απόσταση συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Γι' αυτό και οι έννοιες της χωρικής κεντρικότητας, ιδιαίτερα του χωρικού μέσου και της τυπικής απόστασης, είναι αλληλοσυμπληρούμενες. (Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος, «Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012»)

Από το ArcToolbox του ArcGis 10.1 υπολογίστηκε η Standard Distance (Spatial Statistics Tools → Measuring Geographic Distributions → Standard Distance) των κρουσμάτων κάθε έτους και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Χάρτη 2. Όσο μεγαλύτερη είναι η τυπική απόσταση, τόσο πιο μεγάλη είναι και η διασπορά των κρουσμάτων. Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται οι τιμές της τυπικής απόστασης σε σχέση με το χωρικό μέσο για κάθε έτος.

Πίνακας 17: Τυπική απόσταση για κάθε έτος

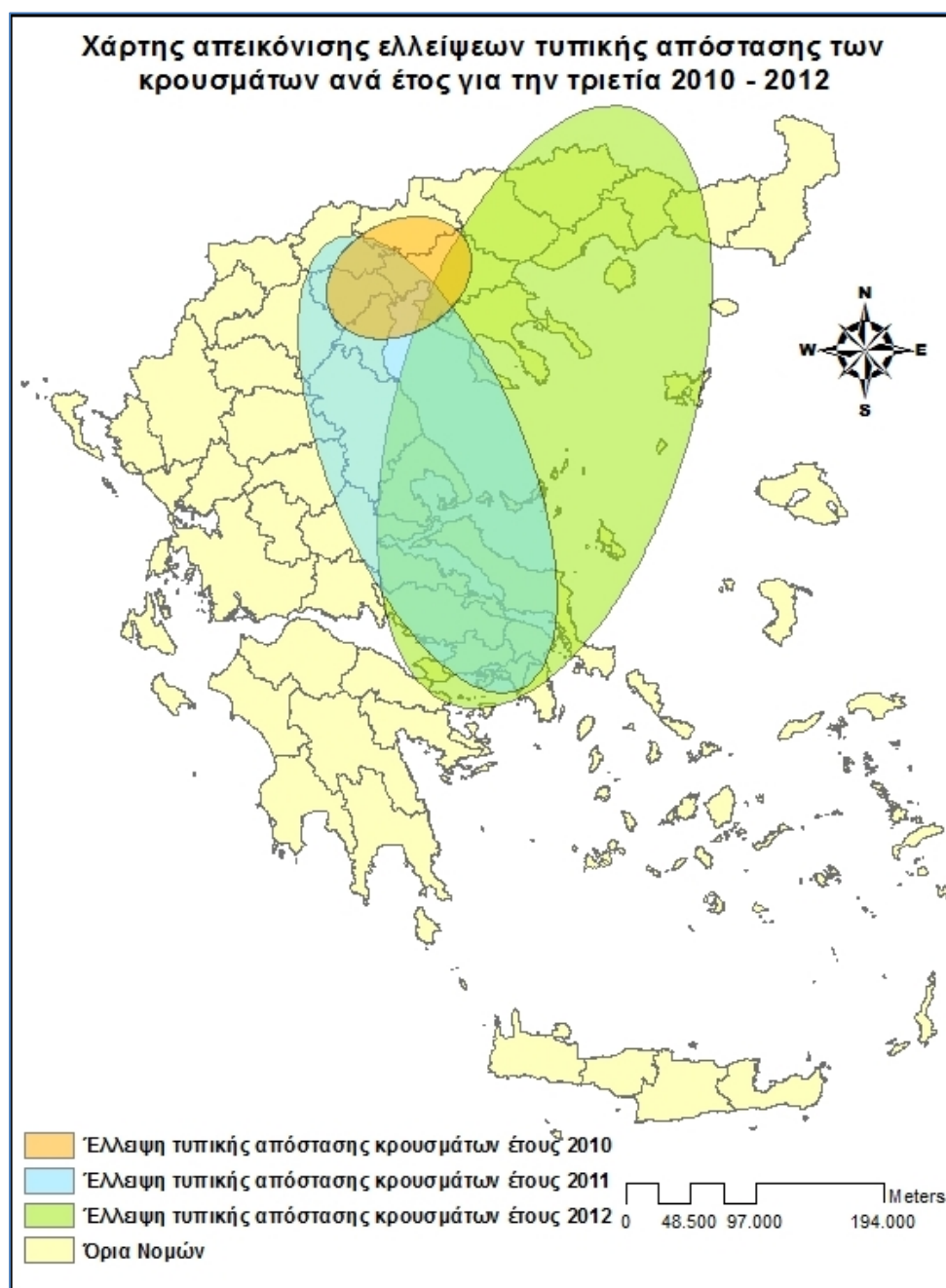
Έτος	Τυπική απόσταση
2010	50618,37
2011	140041,96
2012	183707,18

Παρατηρούμε ότι κάθε χρόνο η τιμή της αυξάνεται σημαντικά οδηγώντας μας στο συμπέρασμα ότι τα κρούσματα του ιού «απλώνονται» χρόνο με το χρόνο σε ολοένα και μεγαλύτερη έκταση της χώρας και δεν παραμένουν συγκεντρωμένα γύρω από το χωρικό μέσο όπως συνέβη το έτος 2010. Τα κρούσματα του 2012 έχουν τη μεγαλύτερη τυπική απόσταση οπότε η κατανομή τους είναι πιο διάσπαρτη σε σχέση με τις προηγούμενες δύο χρονιές. Στο Χάρτη 2 φαίνεται ανά έτος, η τυπική απόσταση με το χωρικό μέσο των κρουσμάτων.



Χάρτης 2: Απεικόνιση της τυπικής απόστασης σε σχέση με το χωρικό μέσο των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.

Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι ελλείψεις τυπικής απόστασης (Standard Deviatonal Ellipse) για κάθε έτος μέσω του ArcMap και της εντολής Directional Distribution (ArcToolbox → Spatial Statistics Tools → Measuring Geographic Distributions → Directional Distribution (Standard Deviatonal Ellipse)). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Χάρτη 3 στον οποίο απεικονίζεται προς ποια διεύθυνση της κατανομής των κρουσμάτων υπάρχει μεγαλύτερη διασπορά.



Χάρτης 3: Απεικόνιση ελλείψεων της τυπικής απόστασης των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου την τριετία 2010-2012.

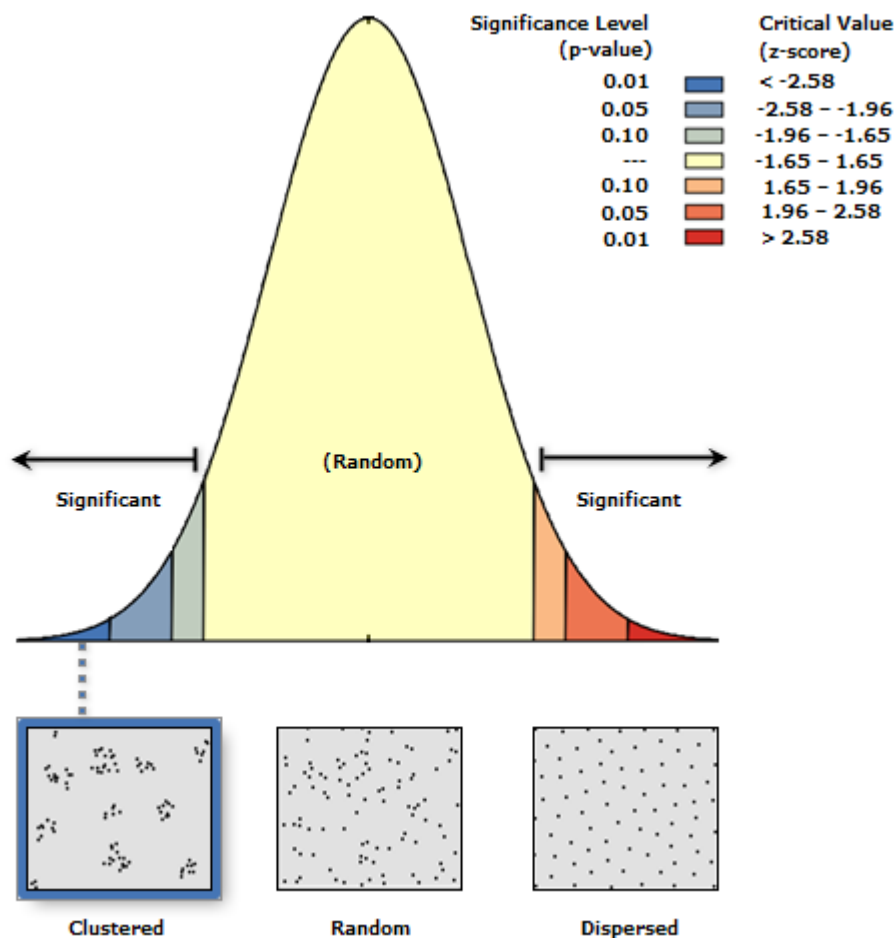
Από τη σύγκριση των ελλείψεων τυπικών αποστάσεων συμπεραίνουμε ότι τα κρούσματα του έτους 2012 καλύπτουν ένα μεγαλύτερο εύρος της εξεταζόμενης περιοχής περισσότερο από κάθε άλλη χρονιά και έχουν την τάση να καλύψουν την επιφάνεια της περιοχής που ορίζεται από το βορειοανατολικό προς το νοτιοδυτικό τμήμα της χώρας.

Στο συνέχεια έγινε η ανάλυση του χωρικού προτύπου ανά έτος και συνολικά με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα δηλαδή με τη χρήση του δείκτη Average Nearest Neighbor Distance (Nearest Neighbor Ratio) που εστιάζεται στις αποστάσεις μεταξύ των σημείων. Στην μέθοδο αυτή, αντί να ενδιαφερόμαστε για σημεία ανά επιφάνεια, ενδιαφερόμαστε για επιφάνεια ανά σημείο. Οι αποκλίσεις από την τυχαία χωρική διαδικασία μπορούν να μετρηθούν με τον απλό δείκτη Nearest Neighbor Ratio $D = d_{\pi}/d_{\alpha}$ που προτάθηκε από τους Clark και Evans το 1954 (d_{π} = μέση τιμή των αποστάσεων κάθε σημείου από τα πλησιέστερα του). Με τον δείκτη αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε μια κλίμακα, που να αρχίζει από ομαδοποιημένο και δια μέσου του τυχαίου, να καταλήγει σε ομοιόμορφο χωρικό πρότυπο. Οι τιμές της κλίμακας αυτής κυμαίνονται από 0 ως 2,149 (King 1962). Όταν $D = 0$, τότε $d_{\alpha} = 0$, οπότε όλα τα σημεία βρίσκονται στην ίδια θέση και έχουμε την ακραία περίπτωση του ομαδοποιημένου πρότυπου. Όταν $D = 1$, τότε $d_{\alpha} = d_{\pi}$, οπότε έχουμε τυχαίο πρότυπο. Οι ψηλές τιμές του D αντιπροσωπεύουν ποικίλους βαθμούς διασποράς. Για παράδειγμα, με $D = 2$ έχουμε τετραγωνικό ομοιόμορφο χωρικό πρότυπο, ενώ για $D = 2,149$ το χωρικό πρότυπο είναι εξαγωνικό ομοιόμορφο. Γενικά, τιμές του D μικρότερες της μονάδας δείχνουν κατανομές που τείνουν προς ομαδοποιημένο πρότυπο, ενώ τιμές του D μεγαλύτερες της μονάδας δείχνουν κατανομές που τείνουν σε διεσπαρμένα χωρικά πρότυπα. (Γ.Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος, «Διδακτικές Σημειώσεις Μαθήματος 2012»)

Από το ArcToolbox του ArcGis 10.1 υπολογίστηκε ο δείκτης Average Nearest Neighbor (ArcToolbox window → Spatial Statistics Tools → Analyzing Patterns → Average Nearest Neighbor) ανά έτος αλλά και συνολικά κατά την τριετία όπως φαίνεται και στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Δείκτης Average Nearest Neighbor για κάθε έτος.

Έτος	Nearest Neighbor Ratio
2010	0,328283
2011	0,421865
2012	0,194756
2010 έως 2012	0,350169

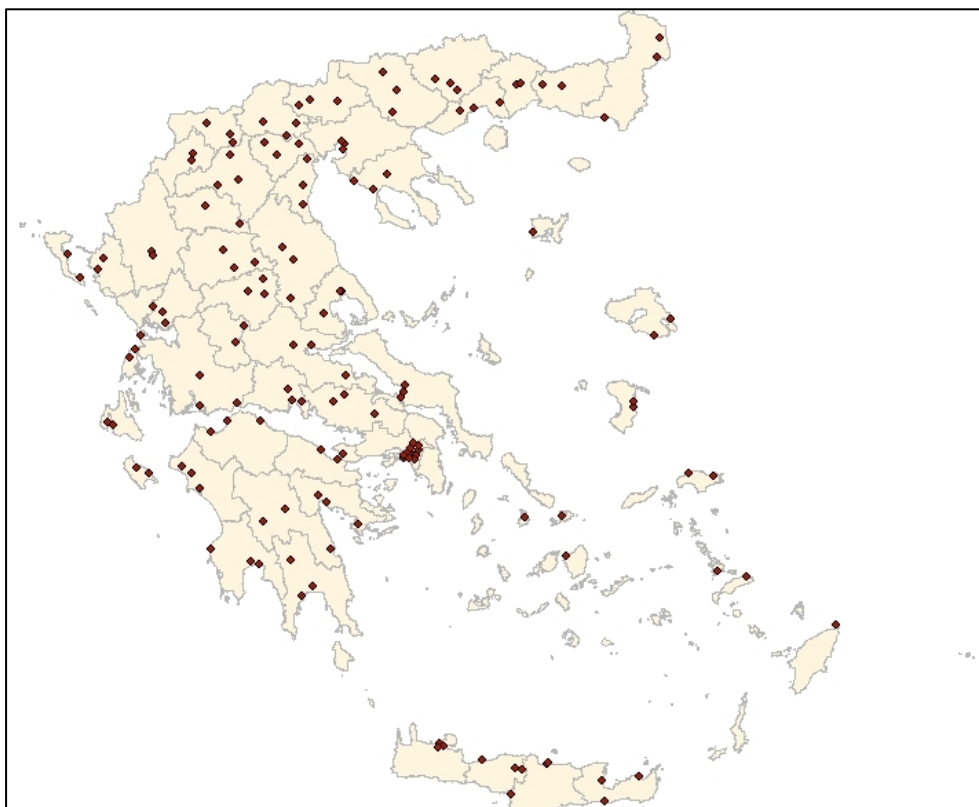


Εικόνα 10: Χωροθετικό πρότυπο (ομαδοποιημένο) της χωρικής κατανομής των κρουσμάτων του ιού κατά τα έτη 2010 έως 2012.

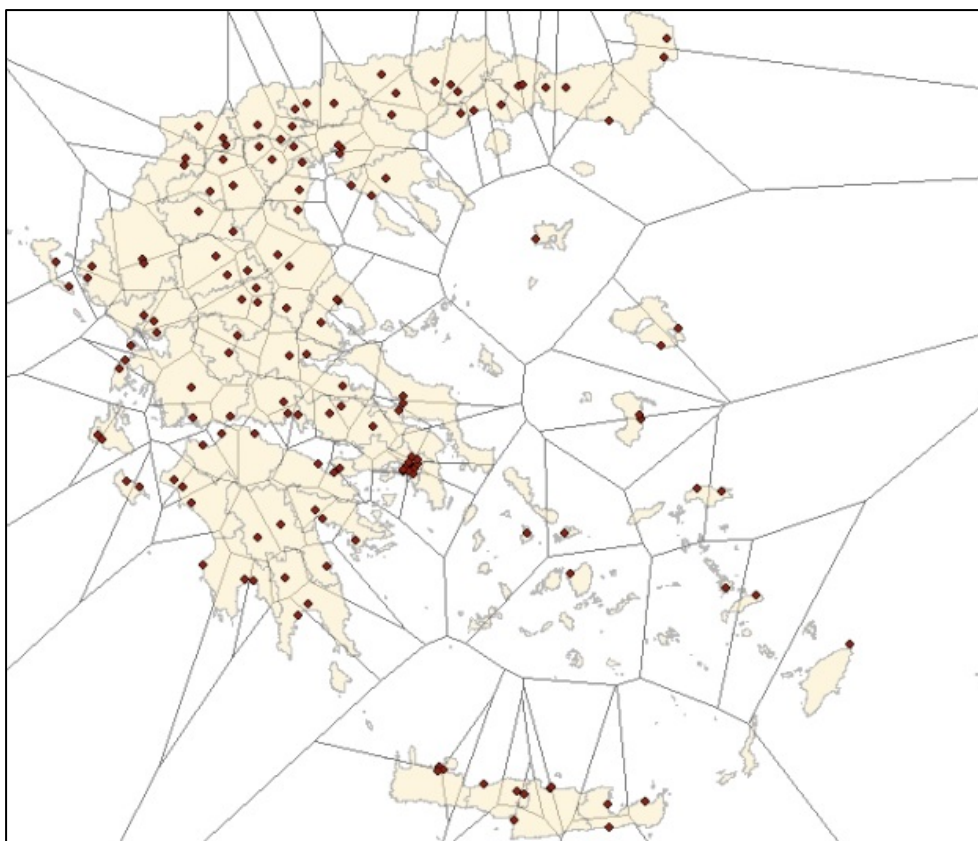
Σύμφωνα με τον Πίνακα 18 ο δείκτης D παίρνει σε όλες τις περιπτώσεις τιμές μικρότερες της μονάδας. Οι τιμές αυτές δείχνουν κατανομές που τείνουν προς ομαδοποιημένο πρότυπο (Εικόνα 3). Τη μεγαλύτερη ομαδοποίηση ανά έτος αλλά και στην συνολική αποτίμηση των τριών ετών, παρουσιάζουν τα κρούσματα του έτους 2012 με $D=0,195$ ενώ την μικρότερη τα κρούσματα του έτους 2011 με $D=0,422$.

4.4.2 Δημιουργία πολυγώνων Thiessen

Οι 147 πόλεις της χώρας που επιλέχθηκαν (Πίνακας 2) αποτέλεσαν την βάση για να χωριστεί η Ελλάδα σε 147 πολύγωνα Thiessen μέσω την εντολής Create Thiessen Polygons (Analysis Tools → Proximity→Create Thiessen Polygons). Στη συνέχεια με την εντολή Clip (Analysis Tools→Extract→Clip) επιλέχθηκαν οι κοινές περιοχές των πολυγώνων και των νομών από τα αντίστοιχα αρχεία τους. Δημιουργήθηκε ένα αρχείο με την ονομασία Thiessen_Polygon στη βάση δεδομένων του ArcMap που συμπεριελάμβανε τα πολύγωνα με το ID τους και το εμβαδόν τους. Τα βήματα των εντολών με τα αντίστοιχα αποτελέσματα φαίνονται στις παρακάτω εικόνες 11, 12 και 13 με τη σειρά που εκτελέστηκαν στο ArcMap.



Εικόνα 11: Αποτύπωση των 147 πόλεων στο αρχείο shapefile Νομοί.



Εικόνα 12: Αποτέλεσμα εφαρμογής της εντολής Create Thiessen Polygons.

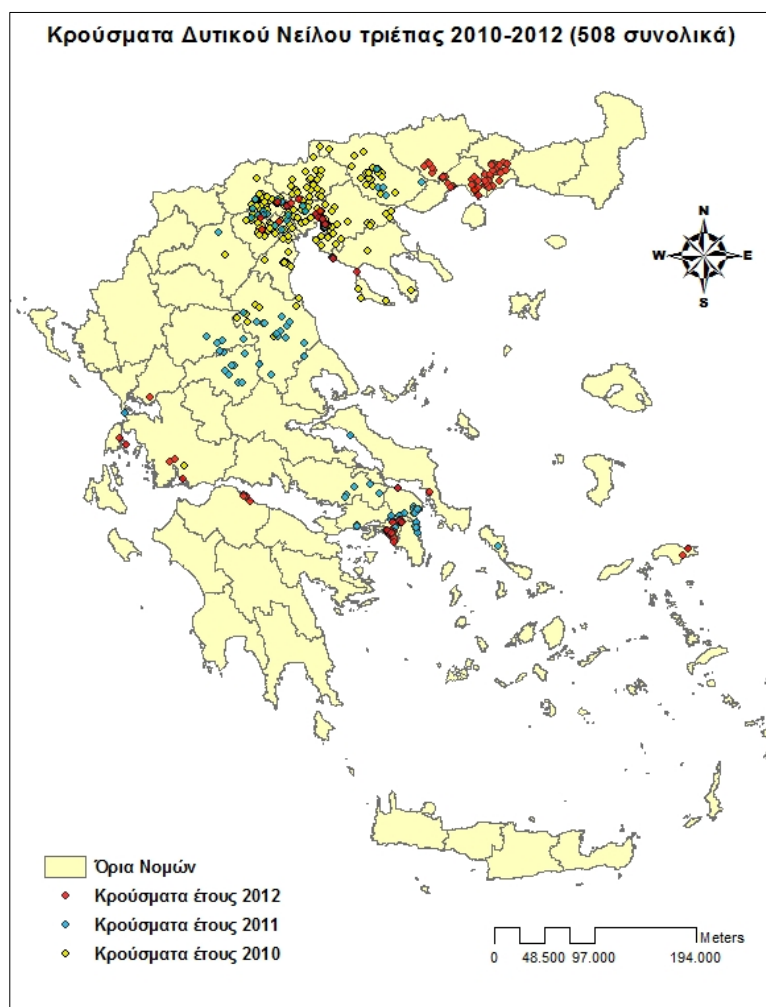


Εικόνα 13: Αποτέλεσμα εφαρμογής της εντολής Clip μεταξύ επιπέδου (layer) Thiessen και Νομοί.

Κατά την δημιουργία των πολυγώνων υπολογίζεται και το εμβαδόν τους. Τα 147 πολύγωνα που σχηματίστηκαν με βάση τις παραπάνω πόλεις αποτελούν και τις χωρικές μονάδες της εργασίας και στη συνέχεια όταν αναφέρουμε τον όρο «πολύγωνα Thiessen» θα εννοούμε τις 147 αυτές περιοχές.

4.4.3 Περιστατικά του ιού του Δυτικού Νείλου (2010-2012)

Η βάση δεδομένων από το ΚΕΛΠΝΟ περιλάμβανε 508 περιστατικά του ιού του Δυτικού Νείλου για τα έτη 2010, 2011 και 2012 με τις γεωγραφικές συντεταγμένες που εκδηλώθηκε το κάθε περιστατικό. Έγινε η εισαγωγή του αρχείου στο ArcMap 10.1 με προβολικό σύστημα Greekgrid - Greek Geodetic Reference System of 1987 (GGRS87) όπως φαίνεται και στον Χάρτη 4 που αποτυπώνονται όλα τα συνολικά κρούσματα του ιού στο χάρτη της Ελλάδας.



Χάρτης 4: Αποτύπωση κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου στο χάρτη της Ελλάδας

Με τη βοήθεια της εντολής Intersect (ArcToolbox → Analysis Tools → Overlay → Intersect) έγινε αντιστοίχιση κάθε περιστατικού του ιού στο πολύγωνο της Thiessen που ανήκει. Δημιουργήθηκε έτσι ένα αρχείο που περιείχε τα 508 περιστατικά και επιπλέον το ID του πολυγώνου Thiessen στο οποίο ανήκει. Μέσω της εντολής Summary Statistics (ArcToolbox → Analysis Tools → Statistics → Summary Statistics) υπολογίστηκαν πόσα περιστατικά εκδηλώθηκαν ανά έτος σε κάθε πολύγωνο και με την εντολή Join Field (ArcToolBox → Data Management Tools → Joins → Join Field) έγινε μόνιμη ένωση του αρχείου αυτού με το αρχείο Thiessen_Polygon ώστε να έχουμε ως επιπλέον πληροφορία σε αυτό, τον αριθμό των περιστατικών που εκδηλώθηκαν ανά έτος σε κάθε ένα από τα 147 πολύγωνα.

4.4.4 Πληθυσμός

Ως πληθυσμός χρησιμοποιήθηκε ο μόνιμος πληθυσμός της χώρας σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ του 2001. Για κάθε πολύγωνο Thiessen υπολογίστε ο αριθμός των ανθρώπων που κατοικούν σε αυτό ανά τετραγωνικό μέτρο. Για να γίνει αυτό εισήχθη στο ArcGis αρχείο (shapfile) με τις συνολικά 5888 πόλεις-οικισμούς της Ελλάδας με καταγεγραμμένο τον πληθυσμό και τις συντεταγμένες της κάθε πόλης-οικισμού. Μέσω της εντολής Intersect (ArcToolbox → Analysis Tools → Overlay → Intersect) έγινε αντιστοίχιση της κάθε πόλης στο πολύγωνο Thiessen που ανήκει και στην συνέχεια υπολογίστηκε ο πληθυσμός του κάθε πολυγώνου μέσω την εντολής Summary Statistics (ArcToolbox → Analysis Tools → Statistics → Summary Statistics). Το εμβαδόν του κάθε πολυγώνου είχε υπολογιστεί κατά την δημιουργία του. Διαιρώντας τον πληθυσμό του κάθε Thiessen με το εμβαδόν του υπολογίστηκε πόσοι άνθρωποι κατοικούν ανά τετραγωνικό μέτρο σε κάθε πολύγωνο Thiessen. Με την εντολή Join Field (ArcToolBox → Data Management Tools → Joins → Join Field) έγινε μόνιμη ένωση του αρχείου αυτού με το αρχείο Thiessen_Polygon ώστε να έχουμε ως επιπλέον πληροφορία σε αυτό, τον αριθμό των ανθρώπων που κατοικούν ανά τετραγωνικό μέτρο σε κάθε ένα πολύγωνο.

4.4.5 Θερμοκρασία και ύψος βροχόπτωσης.

Συγκεντρώθηκαν μηνιαία δεδομένα (μέσες τιμές) θερμοκρασίας και ύψους βροχόπτωσης από 71 περιοχές τις Ελλάδας που ανήκουν στο σύνολο των νομών της χώρας για τα έτη

2010, 2011 και 2012. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν η μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχόπτωσης για κάθε πολύγωνο Thiessen. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής της αντίστροφης απόστασης στάθμισης (Inverse Distance Weight - IDW), δόθηκαν τιμές σε όλα τα σημεία των πολυγώνων και με τη βοήθεια της εντολή Zonal Statistics (ArcToolbox → Analysis Tools → Zonal → Zonal Statistics) υπολογίστηκε η μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχής για κάθε πολύγωνο. Η παραπάνω διαδικασία υπήρξε αρκετά χρονοβόρα όχι μόνο διότι η συγκέντρωση των δεδομένων ήταν αρκετά δύσκολη αλλά και γιατί επαναλήφθηκε για κάθε μήνα και για τα τρία έτη. Με την εντολή Join Field (ArcToolBox→Data Management Tools→Joins→Join Field) έγινε μόνιμη ένωση του αρχείου αυτού με το αρχείο Thiessen_Polygon ώστε να έχουμε σαν επιπλέον πληροφορία σε αυτό, τη μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχόπτωσης ανά μηνά για κάθε έτος για κάθε πολύγωνο.

4.4.6 Υψόμετρο

Για κάθε πολύγωνο Thiessen υπολογίστηκε το ποσοστό των περιοχών που έχουν υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 μέτρα. Για να επιτευχθεί αυτό μηδενίσαμε αρχικά μέσω της εντολής Reclassify (3D Analyst Tools→Raster Reclass→Reclassify) τις αρνητικές τιμές των υψομέτρων που υπήρχαν στο Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (Digital Terrain Model - DTM) της Ελλάδας. Μέσω της εντολής Raster to Polygon (Conversion toolbox→From Raster→Raster to Polygon) μετατρέψαμε το DTM σε μικρά πολύγωνα. Από το αρχείο που δημιουργήθηκε μέσω της εντολής Extract by Attributes (ArcToolbox →Spatial Analysis Tools→ Extract by Attributes) επιλέχθηκαν οι περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 μέτρα. Στη συνέχεια με την εντολή Intersect (ArcToolbox →Analysis Tools → Overlay → Intersect) έγινε αντιστοίχιση των περιοχών αυτών στα 147 αρχικά πολύγωνα Thiessen και στην συνέχεια υπολογίστηκε το εμβαδόν της περιοχής που είναι μεγαλύτερη από 200 μέτρα για κάθε πολύγωνο Thiessen μέσω την εντολής Summary Statistics (ArcToolbox → Analysis Tools → Statistics → Summary Statistics). Διαιρώντας το εμβαδόν αυτό με το εμβαδόν του κάθε πολυγώνου Thiessen υπολογίσαμε το ποσοστό της περιοχής που έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 μέτρα για κάθε χωρική μονάδα. Με την εντολή Join Field (ArcToolBox→Data Management Tools→Joins→Join Field) έγινε μόνιμη ένωση του αρχείου αυτού με το αρχείο Thiessen_Polygon ώστε να έχουμε σαν επιπλέον πληροφορία σε αυτό, το ποσοστό της περιοχής που έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 μέτρα για κάθε πολύγωνο.

4.4.7 Corine 2000

Το CORINE είναι μια βάση καλύψεων γης ενιαία για τα κράτη της ευρωπαϊκής ένωσης. Βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων του δορυφόρου LANDSAT 7 ETM+ και οι εκδόσεις του διατίθενται δωρεάν για μη εμπορικούς σκοπούς. Για την Ελλάδα στην έκδοση 2000 περίπου τα δυο τρίτα των δορυφορικών εικόνων ελήφθησαν το καλοκαίρι του 2000 ενώ το υπόλοιπο εν τρίτο κατά τον επόμενο χρόνο. Η αποτίμηση ακρίβειας έδωσε λίγο περισσότερο από 14 μέτρα κατά μέσο όρο, κατά Χ και κατά Υ. Το εν τρίτο περίπου των εικόνων έχουν πάνω από 22,5 μέτρα μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS), σαφώς εστιασμένο στα ανατολικά και βόρεια της χώρας. Τα επιμέρους δεδομένα κατασκευάστηκαν στο εθνικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς ΕΓΣΑ87. (Σταθάκης Δ. κ.ά., 2008)

Το σύστημα κωδικοποίησης είναι ιεραρχικό, αποτελείται από τρία επίπεδα και είναι κοινό μεταξύ των δύο χρονολογιών. Το πρώτο επίπεδο έχει πέντε κατηγορίες, τεχνητές επιφάνειες, γεωργικές περιοχές, δάσος και σχεδόν φυσικές περιοχές, υδροβιότοποι και υδάτινοι όγκοι. Το δεύτερο επίπεδο έχει 15 κλάσεις και το τρίτο 44. Η θεματική ακρίβεια του CORINE είναι καλύτερη ή ίση με 85% παρόλο που για ορισμένα κράτη στην έκδοση του 1990 υπάρχουν επιφυλάξεις ως προς την τήρηση της προδιαγραφής αυτής. Περιοχές που έχουν εμβαδόν λιγότερο από 0,250 τετραγωνικά χιλιόμετρα γενικεύονται με προσάρτηση σε όμορα πολύγωνα βάσει προαποφασισμένης σειράς προτεραιότητας που καθορίζει σε ποια κάλυψη θα ενταχθεί το πολύγωνο. Σε περίπτωση μη ομογενούς επιφάνειας η ταξινόμηση δε βασίζεται πάντα στο ποια κάλυψη λαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπερισχύει η κύρια κάλυψη, από πλευράς επίπτωσης στο χώρο. Κάθε κατηγορία προσδιορίζεται με ένα σχετικά σαφή κανόνα ταξινόμησης. Ο κανόνας του συνεχόμενου αστικού ιστού είναι για παράδειγμα «το μεγαλύτερο ποσοστό της γης που καλύπτεται από κατασκευές και από το μεταφορικό δίκτυο. Κτίρια, δρόμοι και τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν πάνω από 80% του συνόλου. Μη γραμμικές περιοχές με βλάστηση ή γυμνό έδαφος υπάρχουν μόνο κατ' εξαίρεση». (Σταθάκης Δ. κ.ά., 2008)

Από τις 5 κατηγορίες του Corine 2000 χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία οι κωδικοί του περιλαμβάνονται στον Πίνακα 19 (εκτός του κωδικού 5.2.3).

Πίνακας 19: Οι κατηγορίες του Corine Land Cover που χρησιμοποιήθηκαν.

1 ^ο επίπεδο	2 ^ο επίπεδο	3 ^ο επίπεδο
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1.ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1.Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2.Τυρφώνες
	4.2.ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1.Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2.Αλυκές 4.2.3.Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	5.1.ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1.Υδατορρεύματα 5.1.2.Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2.ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1.Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2.Εκβολές ποταμών 5.2.3.Θάλασσες και ωκεανοί

Η επιλογή αυτή έγινε γιατί σύμφωνα με την βιβλιογραφία, οι περιοχές που βρίσκονται σε υγροτόπους και γενικότερα κοντά σε υδάτινους πόρους παρουσιάζουν μια αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου μιας και οι περιοχές αυτές είναι καταλληλότερες για την αναπαραγωγή των κουνουπιών .

Για να βρεθεί το ποσοστό που κατέχουν οι υγρότοποι και οι υδάτινες επιφάνειες σε κάθε πολύγωνο Thiessen αρχικά μέσω της εντολής Intersect (ArcToolbox → Analysis Tools → Overlay → Intersect) έγινε αντιστοίχιση κάθε πολυγώνου του Corine στο πολύγωνο Thiessen που ανήκει. Στη συνέχεια, επιλέχτηκαν μέσα από τον Attribute Table της βάσης του Corine οι κωδικοί 411, 412, 421, 422, 423 για τους υγροτόπους και οι κωδικοί 511, 512, 521, 522 για τις υδάτινες επιφάνειες. Με την εντολή Extract by Attributes (Spatial Analyst Tool → Extraction → Extract by Attributes) δημιουργήθηκαν δύο νέα αρχεία, ένα για τους υγροτόπους και ένα για τις υδάτινες επιφάνειες, από τα οποία υπολογίστηκε το εμβαδόν κάθε κατηγορίας για κάθε Thiessen μέσω την εντολής Summary Statistics (ArcToolbox → Analysis Tools → Statistics → Summary Statistics). Διαιρώντας το εμβαδόν κάθε κατηγορίας με το εμβαδόν του κάθε πολυγώνου Thiessen υπολογίστηκε το ποσοστό των υγροτόπων και των υδάτινων επιφανειών για κάθε πολύγωνο Thiessen. Με την εντολή Join Field (ArcToolBox → Data Management Tools → Joins → Join Field) έγινε μόνιμη ένωση του αρχείου αυτού με το αρχείο Thiessen_Polygon ώστε να έχουμε σαν επιπλέον πληροφορία σε αυτό, το ποσοστό των υγροτόπων και των υδάτινων επιφανειών σε κάθε πολύγωνο.

4.4.8 Ανάλυση Δεδομένων

Δημιουργήθηκε με αυτό τον τρόπο μια βάση όπως φαίνεται και στον Πίνακα 20 που περιείχε τα πολύγωνα Thiessen για τα οποία γνωρίζουμε για κάθε ένα, τα συνολικά

κρούσματα που έχουν εκδηλωθεί σε αυτό και ανά έτος (αριθμός και ποσοστό), το ποσοστό των γεωργικών περιοχών, υγροτόπων και των υδάτινων επιφανειών που διαθέτει, το ποσοστό της περιοχής του που έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 μέτρα, τη μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχόπτωσης ανά μηνά και ανά έτος και τέλος τον αριθμό των ανθρώπων που κατοικούν σε αυτό ανά τετραγωνικό μέτρο.

Πίνακας 20: Μορφή τελικής βάση δεδομένων.

Thiessen ID	1	2	...	146	147
Αριθμός κρουσμάτων 2010			...		
Ποσοστό κρουσμάτων 2010			...		
Αριθμός κρουσμάτων 2011			...		
Ποσοστό κρουσμάτων 2011			...		
Αριθμός κρουσμάτων 2012			...		
Ποσοστό κρουσμάτων 2012			...		
Ποσοστό γεωργικών περιοχών					
Ποσοστό υγροτόπων			...		
Ποσοστό υδάτινων επιφανειών			...		
Ποσοστό περιοχής με εμβαδόν μεγαλύτερο από 200 m					
Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²			...		
Μέση θερμοκρασία			...		
Μέσο ύψος βροχόπτωσης			...		

Ο αριθμός και το ποσοστό των κρουσμάτων για τα έτη 2010, 2011, 2012, το ποσοστό των γεωργικών περιοχών, των υγροτόπων, των υδάτινων επιφανειών, των περιοχών με εμβαδόν μεγαλύτερο από 200 m και η πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m² αποτελούν τα σταθερά χαρακτηριστικά των μεταβλητών του προβλήματος ενώ η μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχόπτωσης τα μεταβλητά χαρακτηριστικά τους.

Διακρίναμε τα πολύγωνα Thiessen σε τρεις κατηγορίες με βάση το ποσοστό κρουσμάτων που εκδηλώθηκαν σε αυτά ανά έτος, σε σχέση με το συνολικό ετήσιο ποσοστό κρουσμάτων της χώρας όπως φαίνεται και στον Πίνακα 21. Δηλαδή αν σε ένα πολύγωνο το έτος 2010 δεν έχει εκδηλωθεί κανένα κρούσμα του ιού, ανήκει στην κατηγορία Κανένα, ενώ αν έχουν εκδηλωθεί πάνω από το 4 % των κρουσμάτων του έτους τότε ανήκει στην κατηγορία Πολλά.

Πίνακας 21: Κατηγορίες πολυγώνων Thiessen με βάση το ποσοστό κρουσμάτων τους.

Κατηγορίες	Ποσοστό κρουσμάτων επί του συνόλου του έτους
Κανένα	0%
Λίγα	< 0% έως 4%
Πολλά	> 4%

Με βάση τις παραπάνω κατηγορίες και με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων που σχηματίσαμε δημιουργήσαμε τα προφίλ των περιοχών ανάλογα με το ποσοστό των κρουσμάτων που εκδηλώθηκαν σε κάθε πολύγωνο Thiessen. Δημιουργήθηκαν 9 διαφορετικά προφίλ περιοχών όπως φαίνονται στο Πίνακα 22. Η δημιουργία των προφίλ σκοπό έχει να βρεθούν οι μέσες τιμές των πεδίων του Πίνακα 20. Για παράδειγμα βρέθηκαν ο μέσος όρος των μεταβλητών των πολυγώνων Thiessen που δεν εμφάνισαν καθόλου κρούσματα το 2010 και λίγα το 2011 και καθόλου κρούσματα το 2011 και λίγα το 2012. Οι τιμές αυτές θα αποτελούν και τις τιμές του προφίλ **Καθόλου – Λίγα**.

Πίνακας 22: Προφίλ περιοχών ανάλογα με τα κρούσματα που εκδηλώθηκαν

A/A	Προφίλ	Μέσος όρος των τιμών των μεταβλητών των περιοχών που είχαν:
1	Καθόλου - Καθόλου	Καθόλου κρούσματα το 2010 και 2011. Καθόλου κρούσματα το 2011 και 2012.
2	Καθόλου - Λίγα	Καθόλου κρούσματα το 2010 και λίγα το 2011. Καθόλου κρούσματα το 2011 και λίγα το 2012.
3	Καθόλου - Πολλά	Καθόλου κρούσματα το 2010 και πολλά το 2011. Καθόλου κρούσματα το 2011 και πολλά το 2012.
4	Λίγα - Καθόλου	Λίγα κρούσματα το 2010 και καθόλου το 2011. Λίγα κρούσματα το 2011 και καθόλου το 2012
5	Λίγα - Λίγα	Λίγα κρούσματα το 2010 και λίγα το 2011. Λίγα κρούσματα το 2011 και λίγα το 2012
6	Λίγα - Πολλά	Λίγα κρούσματα το 2010 και πολλά το 2011. Λίγα κρούσματα το 2011 και πολλά το 2012
7	Πολλά - Καθόλου	Πολλά κρούσματα το 2010 και καθόλου το 2011. Πολλά κρούσματα το 2011 και καθόλου το 2012.
8	Πολλά - Λίγα	Πολλά κρούσματα το 2010 και λίγα το 2011. Πολλά κρούσματα το 2011 και λίγα το 2012.
9	Πολλά - Πολλά	Πολλά κρούσματα το 2010 και πολλά το 2011. Πολλά κρούσματα το 2011 και πολλά το 2012.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν από τη βάση δεδομένων (Attribute table → Select by Attributes) και με ερωτήματα που φαίνονται στον Πίνακα 23, εκείνα τα πολύγωνα Thiessen που ανήκουν σε κάθε προφίλ με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν 9 διαφορετικά αρχεία από τα οποία προέρχονται και οι παρακάτω χάρτες.

Πίνακας 23: Ερωτήματα SQL για την επιλογή των κατηγοριών.

Προφίλ	SQL ερώτημα
Καθόλου - Καθόλου	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"=0)
Καθόλου - Λίγα	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012" <= 0.04)
Καθόλου - Πολλά	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"> 0.04)
Λίγα - Καθόλου	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2010" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"= 0)
Λίγα - Λίγα	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2010" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"> 0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012" <= 0.04)
Λίγα - Πολλά	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2010" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"> 0.04)
Πολλά - Καθόλου	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011"=0) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012"=0)

Πολλά - Λίγα	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011" <= 0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012">0 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012" <= 0.04)
Πολλά - Πολλά	("Pososto_Perist_AnaThiessen_2010">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04) OR ("Pososto_Perist_AnaThiessen_2011">0.04 AND "Pososto_Perist_AnaThiessen_2012">0.04)

Μετέπειτα, έγινε εξαγωγή των δεδομένων στο Microsoft Excel 2010 για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Για κάθε μία από τις 9 κατηγορίες βρέθηκε ο μέσος όρος των τιμών των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν σε αυτές και καταλήξαμε στη δημιουργία των τελικών προφίλ των 9 περιοχών όπως φαίνεται και στο Πίνακα 24.

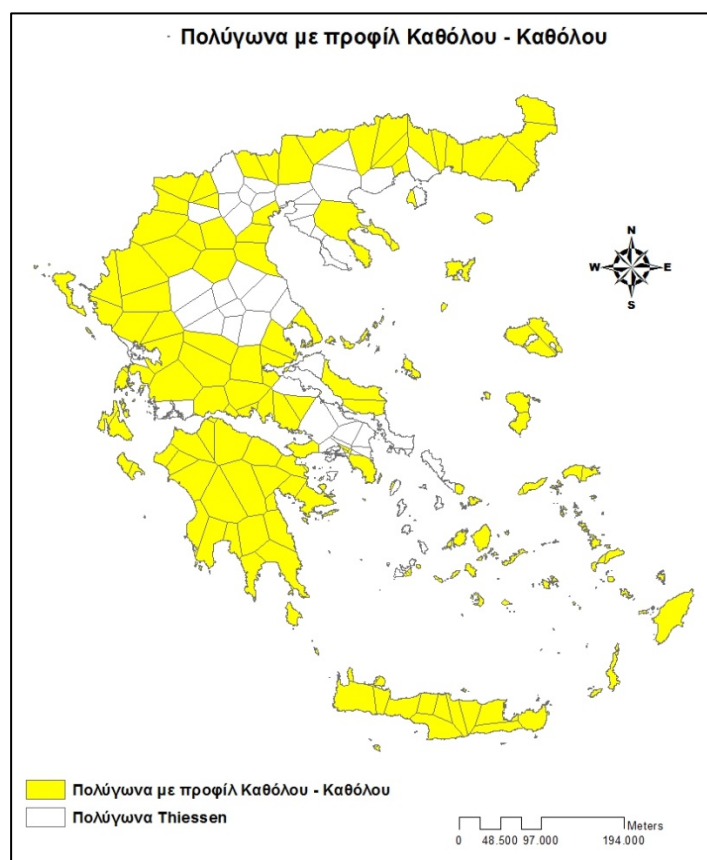
Πίνακας 24: Τελικά Προφίλ περιοχών με τις μέσες τιμές τους.

Προφίλ	Ποσοστό γεωργικών περιοχών	Ποσοστό υγροτόπων	Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	Ποσοστό περιοχής με υψόμετρο > 200 m
Καθόλου - Καθόλου	0,392555	0,004352	0,007653	0,000572	0,613556
Καθόλου - Λίγα	0,421251	0,004284	0,008055	0,000761	0,489283
Καθόλου - Πολλά	0,338681	0,006690	0,004282	0,000235	0,518458
Λίγα - Καθόλου	0,466550	0,008711	0,009584	0,000250	0,523873
Λίγα - Λίγα	0,551423	0,007030	0,013950	0,000439	0,372644
Λίγα - Πολλά	0,358452	0,000849	0,002814	0,003977	0,298705
Πολλά - Καθόλου	0,503477	0,002834	0,007359	0,000059	0,580636
Πολλά - Λίγα	0,622284	0,007972	0,010486	0,000323	0,315542
Πολλά - Πολλά	0,830763	0,005258	0,005535	0,000223	0,125119

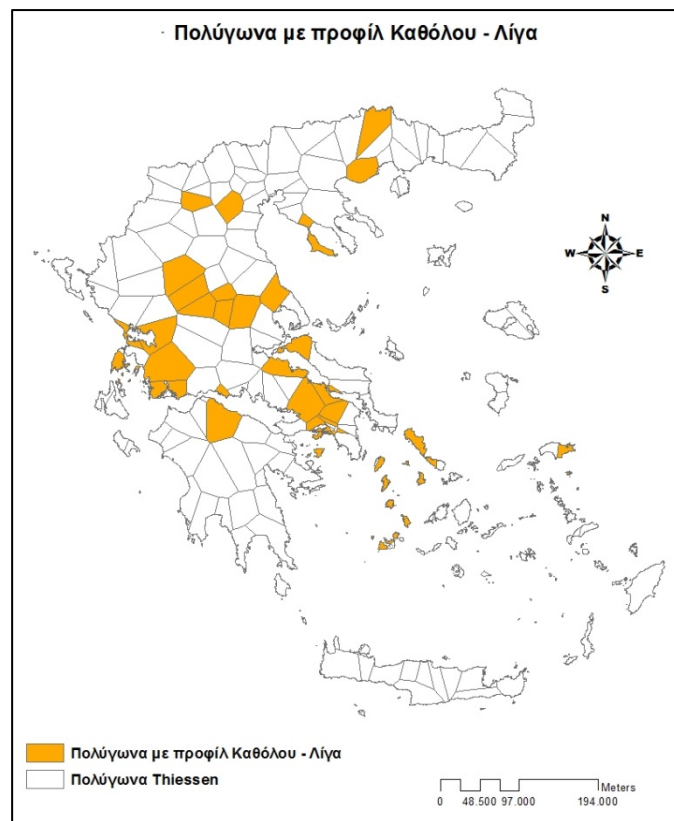
Παρατηρούμε ότι οι περιοχές που έχουν την τάση να μην εκδηλώνουν περιστατικά είναι αυτές στις οποίες το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς τους βρίσκεται πάνω από τα 200 μέτρα υψόμετρο σε ποσοστό άνω του 50%. Αυτό είναι αρκετά λογικό καθώς η ανάπτυξη των κουνουπιών ευνοείται σε περιοχές πλούσιες σε νερά και σε γεωργικές εκτάσεις. Από την άλλη μεριά όταν το ποσοστό των επιφανειών με υψόμετρο άνω των 200 μέτρων μειώνεται, τα κρούσματα του ιού αυξάνονται. Αυτό επιβεβαιώνεται στα προφίλ **Λίγα - Πολλά** και **Πολλά - Πολλά** στα οποία το ποσοστό των επιφανειών παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές και φθάνει το 29,87% και το 12,51% αντίστοιχα. Γενικά οι περιοχές στις οποίες πάντα εμφανίζονται πολλά κρούσματα (προφίλ **Πολλά - Πολλά**) έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό γεωργικών περιοχών σε σχέση με τις υπόλοιπες (83%). Επίσης οι

περιοχές που οδηγήθηκαν από τα λίγα σε πολλά κρούσματα (προφίλ **Λίγα - Πολλά**) έχουν τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα από όλες τις υπόλοιπες σε αντίθεση με το προφίλ των περιοχών **Πολλά - Καθόλου** που παρουσιάζουν την μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα. Επιπλέον οι περιοχές που ανήκουν στο προφίλ **Λίγα - Λίγα** έχουν το υψηλότερο συνολικά ποσοστό υδάτων (Υγροτόπων + Υδάτινων επιφανειών) με περίπου 2,1% και ακολουθούν τα προφίλ **Πολλά - Λίγα** με 1,85% και **Καθόλου - Λίγα** με 1,23%. Συμπεραίνουμε ότι οι περιοχές που καταλήγουν να εμφανίζουν λίγα κρούσματα έχουν και τα υψηλότερα συνολικά ποσοστά υδάτων.

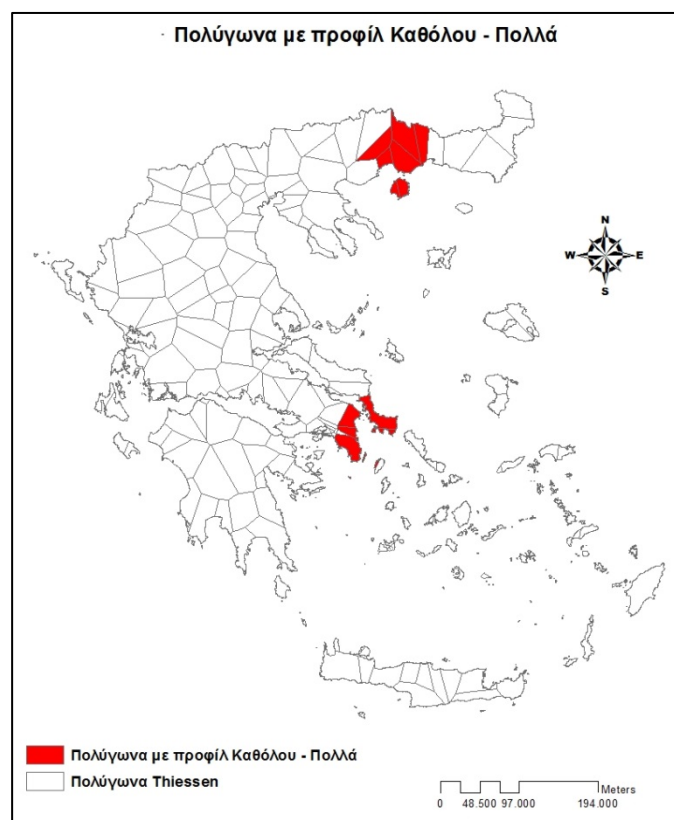
Από τον παραπάνω πίνακα λείπουν οι μέσες τιμές για την θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης. Αυτό συνέβη διότι οι δοκιμές που έγιναν για αυτά τα μεταβλητά χαρακτηριστικά δεν μπόρεσαν να οδηγήσουν σε συγκεκριμένα προφίλ με αποτέλεσμα τη μη συμπερίληψή τους στον τελικό πίνακα. Στη συνέχεια, ακολουθούν οι χάρτες των προφίλ των πολυγώνων Thiessen. Οι χάρτες παρουσιάζονται ξεχωριστά για κάθε προφίλ διότι κάποιο πολύγωνο μπορεί την διετία 2010-2011 να ανήκει στο Προφίλ Λίγα - Πολλά και την διετία 2011-2012 να ανήκει στο Προφίλ Πολλά - Πολλά.



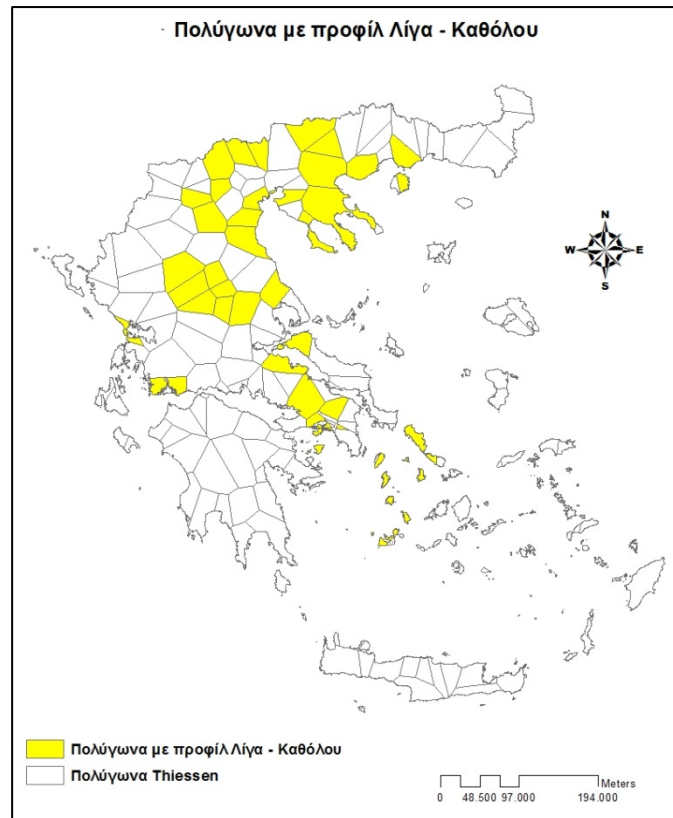
Χάρτης 5: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Καθόλου.



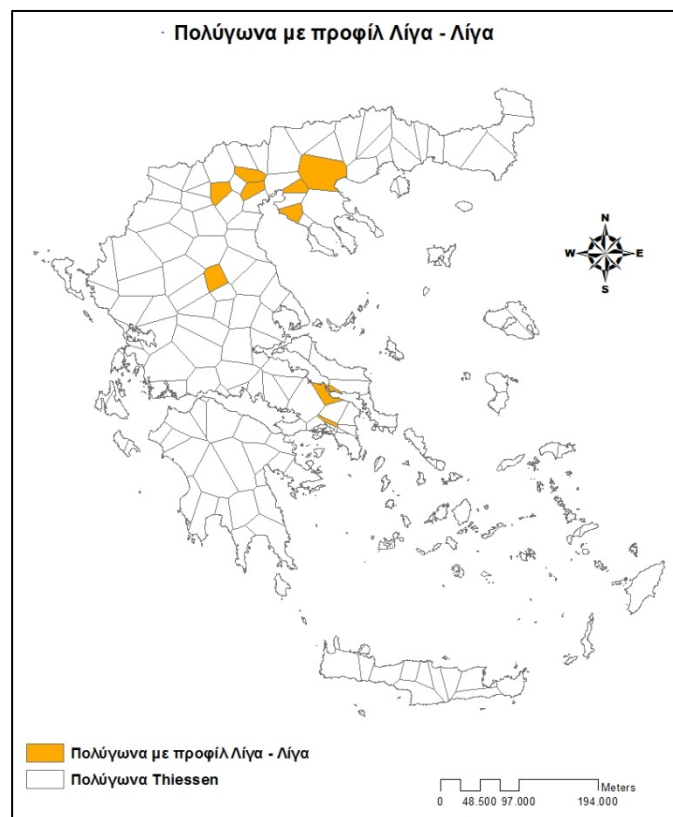
Χάρτης 6: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Λίγα.



Χάρτης 7: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Καθόλου – Πολλά.



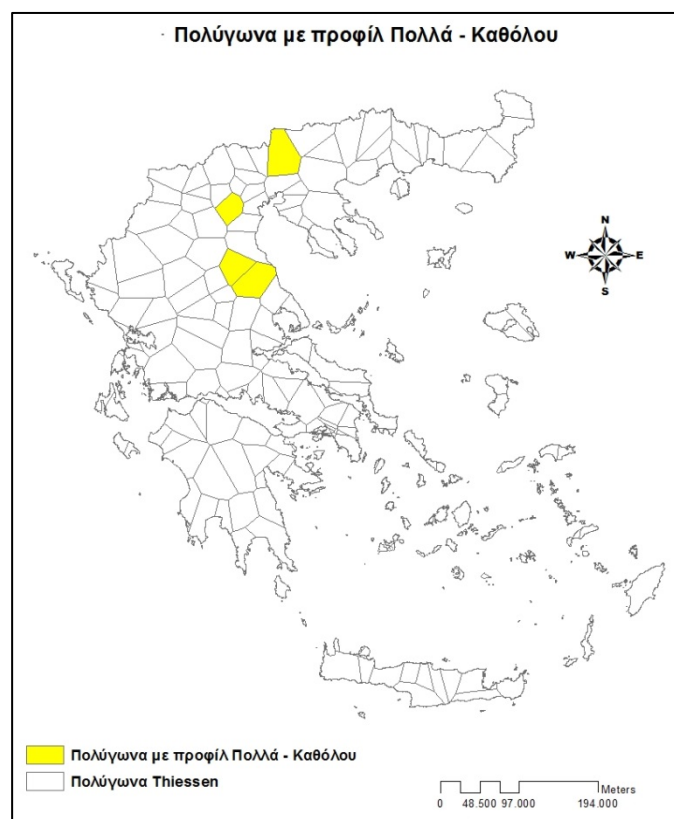
Χάρτης 8: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Καθόλου.



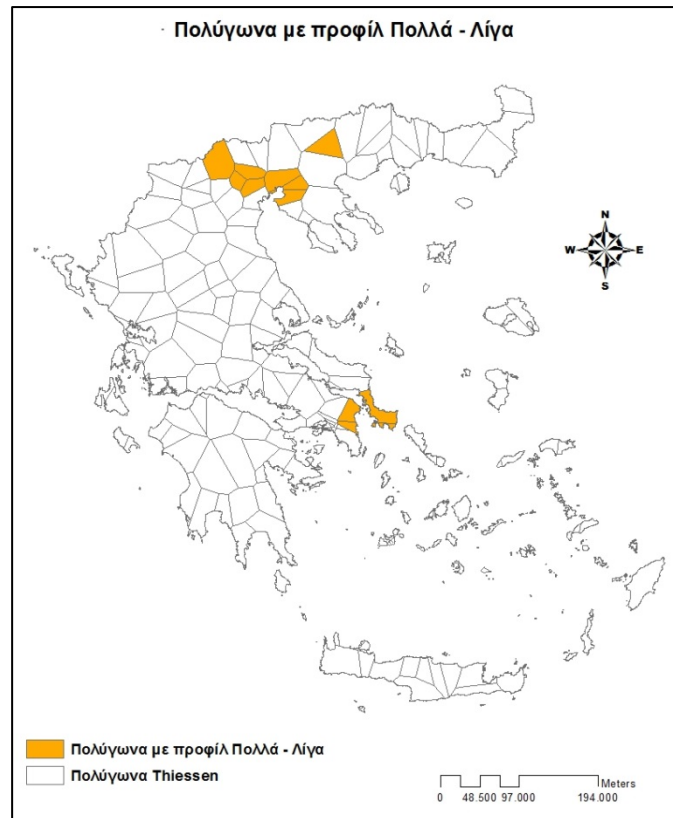
Χάρτης 9: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Λίγα.



Χάρτης 10: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Λίγα – Πολλά.



Χάρτης 11: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Καθόλου.



Χάρτης 12: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Λίγα.



Χάρτης 13: Αποτύπωση των πολυγώνων Thiessen που ανήκουν στο προφίλ Πολλά – Πολλά.

Έπειτα, από το σύνολο των 147 πολυγώνων Thiessen επιλέχθηκαν εκείνα τα πολύγωνα στα οποία δεν εκδηλώθηκαν καθόλου κρούσματα το 2012, εκείνα στα οποία εκδηλώθηκαν λίγα κρούσματα το 2012 (> 0% και < 4% επί των συνολικών κρουσμάτων της χώρας) και εκείνα στα οποία εκδηλώθηκαν πολλά κρούσματα το 2012 (> 4% επί των συνολικών κρουσμάτων της χώρας). Αυτό έγινε με σκοπό να συγκριθούν με τα προφίλ του Πίνακα 24 και να βρεθεί σε ποιο από εννέα προφίλ ταιριάζει περισσότερο κάθε πολύγωνο Thiessen. Η σύγκριση έγινε με τη βοήθεια της συνάρτησης του excel CORREL(). Η συνάρτηση CORREL επιστρέφει το συντελεστή συσχέτισης των περιοχών κελιών μεταξύ δύο πινάκων. (Πηγή: <http://office.microsoft.com/el-gr/excel-help/HP005209023.aspx>). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τη Microsoft, η συνάρτηση CORREL() και η συνάρτηση Pearson () δεν διαφέρουν ως προς το αποτέλεσμα για τις εκδόσεις του Excel μετά το 2003. Σε εκδόσεις πριν το 2003 η συνάρτηση CORREL() προσφέρει ακριβέστερα αποτελέσματα. (<http://support.microsoft.com/kb/828129>)

Από τα συνολικά 147 πολύγωνα Thiessen, το 2012 τα 121 δεν εμφάνισαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου, τα 19 εμφάνισαν έως το 4% επί των συνολικών κρουσμάτων του ιού της χώρας και τα υπόλοιπα 7 πολύγωνα εμφάνισαν πάνω από το 4% επί των συνολικών κρουσμάτων όπως φαίνεται και στους πίνακες 25, 26, 27 και στους χάρτες 14, 15, 16 αντίστοιχα.

Πίνακας 25*: Πολύγωνα Thiessen που δεν εμφάνισαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.

Thiessen ID	Ποσοστό γεωργικών περιοχών	Ποσοστό υδροτόπων	Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	Ποσοστό περιοχής με υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 m
3	0,228131	0,001294	0,005570	0,000028	0,856389
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,042688	0,000000
5	0,176417	0,000000	0,000000	0,004228	0,553552
10	0,440011	0,000000	0,000000	0,000050	0,769403
11	0,409624	0,003907	0,000000	0,000044	0,650654
...
...
144	0,318641	0,000000	0,000000	0,000036	0,621869
145	0,341651	0,000000	0,000000	0,000026	0,742808
146	0,516271	0,000000	0,000000	0,000089	0,262192
147	0,179341	0,000000	0,000000	0,000021	0,621774

*Ο ολοκληρωμένος πίνακας με τις τιμές όλων των πολυγώνων που ανήκουν σε αυτόν βρίσκεται στο Παράρτημα

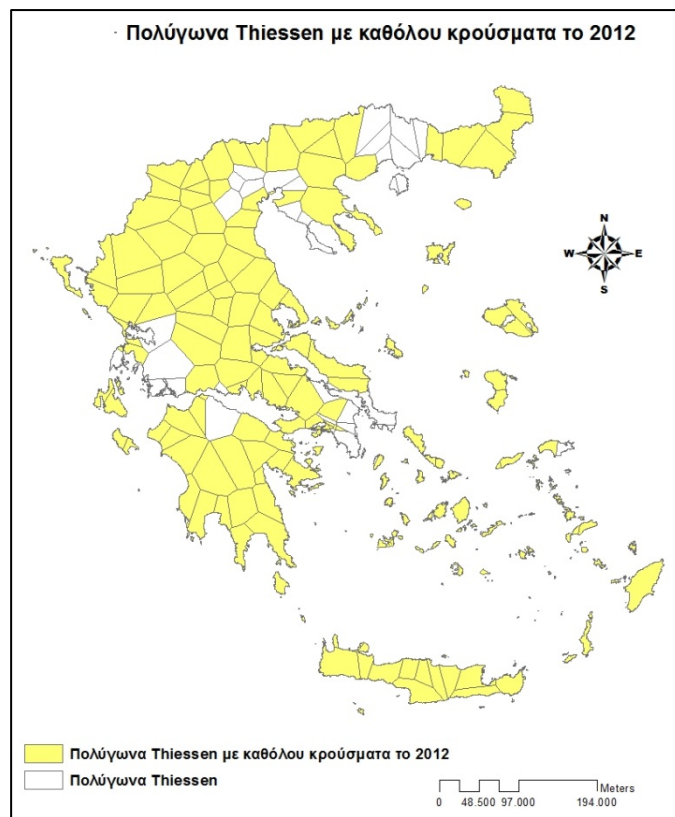
Πίνακας 26: Πολύγωνα Thiessen που εμφάνισαν λίγα (έως το 4% επί των συνολικών κρουσμάτων) κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.

Thiessen ID	Ποσοστό γεωργικών περιοχών	Ποσοστό υγροτόπων	Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	Ποσοστό περιοχής με υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 m
19	0,290982	0,000000	0,000328	0,000037	0,906399
48	0,321390	0,005069	0,013025	0,000070	0,761056
7	0,394310	0,000705	0,000000	0,000774	0,215921
2	0,504317	0,033262	0,026071	0,000043	0,285667
38	0,615955	0,000944	0,000000	0,000190	0,209476
31	0,306562	0,000000	0,000000	0,002244	0,249913
8	0,298806	0,004276	0,001478	0,000221	0,610468
123	0,450000	0,001055	0,000000	0,000052	0,288509
98	0,486288	0,000000	0,000000	0,000033	0,526456
17	0,334605	0,022636	0,013710	0,000022	0,701521
1	0,360997	0,002985	0,074809	0,000051	0,570874
112	0,959305	0,000226	0,007805	0,000068	0,000000
110	0,882465	0,008139	0,006310	0,000100	0,089715
58	0,702222	0,010289	0,003264	0,000377	0,250238
56	0,460169	0,033328	0,061378	0,001165	0,417927
50	0,931666	0,003486	0,013215	0,000081	0,000000
142	0,737065	0,007136	0,000000	0,000046	0,033428
141	0,720658	0,010021	0,000000	0,000049	0,340901
26	0,137540	0,000000	0,012907	0,000036	0,877389

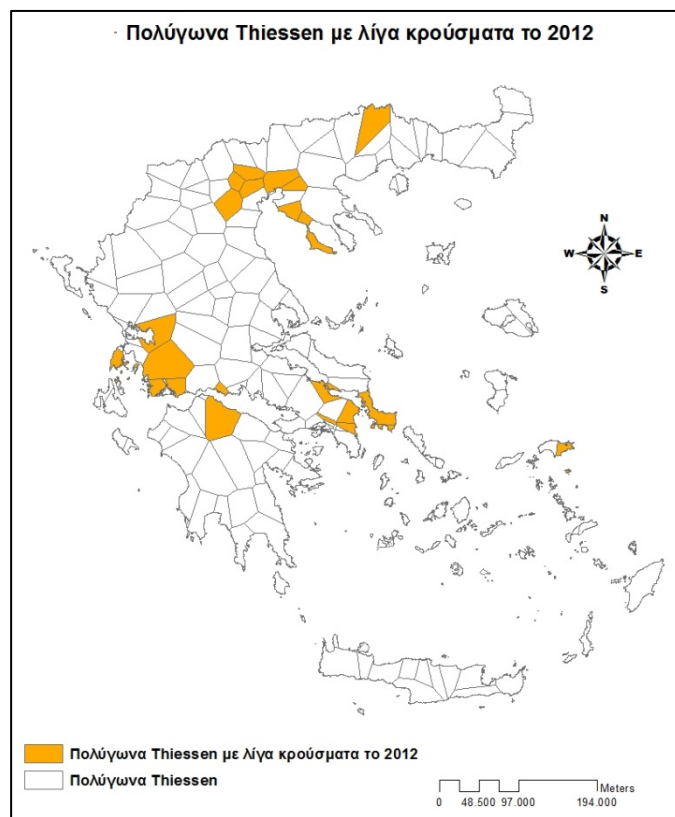
Πίνακας 27: Πολύγωνα Thiessen που εμφάνισαν πολλά (πάνω από το 4% επί των συνολικών) κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.

Thiessen ID	Ποσοστό γεωργικών περιοχών	Ποσοστό υγροτόπων	Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	Ποσοστό περιοχής με υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 m
108	0,000000	0,000000	0,000000	0,011785	0,000000
6	0,400185	0,000000	0,000000	0,000603	0,186918
61	0,235681	0,003768	0,000439	0,000147	0,602109
62	0,438604	0,034052	0,013343	0,000029	0,430391
106	0,362216	0,008224	0,002146	0,000024	0,665341
105	0,197189	0,002493	0,004916	0,000041	0,788998
28	0,382456	0,000000	0,011932	0,000038	0,647521

Ακολουθούν οι χάρτες 14,15 και 16 με τα πολύγωνα Thiessen που δεν είχαν καθόλου κρούσματα το 2012, είχαν λίγα και πολλά αντίστοιχα.



Χάρτης 14: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με καθόλου κρούσματα το 2012.



Χάρτης 15: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με λίγα κρούσματα το 2012.



Χάρτης 16: Αποτύπωση πολυγώνων Thiessen με πολλά κρούσματα το 2012.

Κάθε πολύγωνο Thiessen στο οποίο δεν εκδηλώθηκαν περιστατικά το 2012, συγκρίθηκε με τη βοήθεια της συνάρτησης CORREL() με τα προφίλ **Καθόλου - Καθόλου**, **Καθόλου - Λίγα** και **Καθόλου - Πολλά**, ώστε να βρεθεί με ποιο από τα τρία συσχετίζεται περισσότερο. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στον Πίνακα 28 στο οποίο προκύπτει ότι το πολύγωνο Thiessen με ID = 74 συσχετίζεται περισσότερο με το προφίλ **Καθόλου - Λίγα** με αποτέλεσμα αυτό να παρουσιάσει μεγαλύτερη πιθανότητα να εκδηλώσει λίγα (έως 4 % επί των συνολικών) κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2013. Με τον τρόπο αυτό προβλέπουμε τη συμπεριφορά του κάθε πολυγώνου για το έτος 2013. Η πρόβλεψη αυτή δεν είναι ακριβής αλλά μας δίνει μία εικόνα για το αν θα εκδηλωθούν περιστατικά σε ένα πολύγωνο Thiessen (Προφίλ **Λίγα** ή **Πολλά**) ή δεν θα εκδηλωθεί κανένα (Προφίλ **Καθόλου**).

Πίνακας 28: Παράδειγμα εφαρμογής της συνάρτησης Correl () για το πολύγωνο Thiessen με ID=74 .

Σταθερές μεταβλητές	Καθόλου - Καθόλου	Καθόλου - Λίγα	Καθόλου - Πολλά	74 (Thiessen ID)
Ποσοστό γεωργικών περιοχών	0,392555	0,421251	0,338681	0,757699
Ποσοστό υγροτόπων	0,004352	0,004284	0,006690	0,016796
Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	0,007653	0,008055	0,004282	0,011565
Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	0,000572	0,000761	0,000235	0,000035
Ποσοστό περιοχής με εμβαδόν μεγαλύτερο από 200 m	0,613556	0,489283	0,518458	0,127719
Συντελεστής συσχέτισης	0,5129	0,6593	0,5231	-

Με τον ίδιο τρόπο έγιναν οι συγκρίσεις στα πολύγωνα του Πίνακα 25 (ο οποίος περιλαμβάνει τα πολύγωνα που δεν παρουσίασαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Πίνακα συσχέτισεων 29. Σε πολλές περιπτώσεις συναντούμε αρκετά μεγάλες τιμές του συντελεστή συσχέτισης οι οποίες δε μας προβληματίζουν αρκετά καθώς εδώ πρόκειται για μια ποιοτική ερμηνεία της τιμής του ώστε να επιλέξουμε το προφίλ στο οποίο ταιριάζει περισσότερο το κάθε πολύγωνο Thiessen. Με κίτρινο χρωματίζεται ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης και δείχνει (στην κάθετη στήλη του πίνακα) το προφίλ στο οποίο ανήκει το κάθε πολύγωνο.

Πίνακας 29: Συντελεστής συσχέτισης για τα πολύγωνα που δεν παρουσίασαν κρούσματα του ιού για το έτος 2012.

Thiessen ID	Προφίλ			Thiessen ID	Προφίλ		
	Καθόλου - Καθόλου	Καθόλου - Λίγα	Καθόλου - Πολλά		Καθόλου - Καθόλου	Καθόλου - Λίγα	Καθόλου - Πολλά
143	0,968182	0,907151	0,965136	39	0,916849	0,973806	0,921528
93	0,989312	0,946795	0,987507	30	0,763659	0,652086	0,756743
84	0,894846	0,960682	0,900065	29	0,926167	0,978803	0,930542
68	0,940791	0,864186	0,936694	21	0,999337	0,977475	0,998735
140	0,991970	0,952892	0,990389	9	0,925454	0,841906	0,920885
36	0,429553	0,585446	0,440248	5	0,951762	0,880818	0,948041
121	0,941743	0,986884	0,945761	4	-0,399621	-0,414427	-0,401915
27	0,985812	0,939351	0,983704	82	0,984331	0,999936	0,986348
74	0,512875	0,659334	0,523091	147	0,942429	0,866624	0,938386
95	0,643747	0,771179	0,652916	146	0,779211	0,879492	0,786593
94	0,816198	0,907027	0,823023	96	0,983044	0,999883	0,985216
90	0,914460	0,972439	0,919194	133	0,999915	0,982647	0,999847
117	0,996479	0,965751	0,995639	132	0,993098	0,997885	0,994410
44	0,991290	0,998713	0,992774	131	0,995750	0,962833	0,994578

124	0,977645	0,923675	0,975074	130	0,982617	0,932996	0,980301
32	0,978621	0,999625	0,980981	129	0,917082	0,830088	0,912278
34	0,844471	0,927228	0,850765	128	0,993876	0,997453	0,995113
83	0,937463	0,984847	0,941544	101	0,992435	0,998219	0,993832
12	0,999467	0,988826	0,999760	100	0,988170	0,999561	0,989912
86	0,999237	0,975952	0,998714	99	0,998429	0,992003	0,999008
52	0,981532	0,999887	0,983725	89	0,999989	0,983780	0,999881
145	0,986047	0,939851	0,983997	88	0,702859	0,819665	0,711251
144	0,993252	0,956067	0,991802	66	0,550401	0,692002	0,560273
118	0,998491	0,972285	0,997763	65	0,528236	0,672779	0,538227
120	0,980525	0,929013	0,978119	64	0,989757	0,998842	0,991136
119	0,952117	0,881328	0,948413	42	0,879672	0,779418	0,873957
92	0,966460	0,904267	0,963337	41	0,866722	0,762656	0,860548
91	0,996167	0,995530	0,997114	116	0,519542	0,664859	0,529900
53	0,988146	0,999566	0,989890	97	0,993040	0,955753	0,991573
51	0,946211	0,989024	0,949979	70	0,357732	0,520338	0,368660
33	0,869468	0,944294	0,875315	69	0,633939	0,763068	0,643083
104	0,957807	0,993903	0,961171	60	0,911048	0,821701	0,906045
103	0,823471	0,912311	0,830135	59	0,900199	0,806847	0,894920
102	0,944801	0,870179	0,940838	55	0,924432	0,840447	0,919838
87	0,988598	0,999488	0,990324	54	0,996842	0,966185	0,995847
85	0,954915	0,885680	0,951317	16	0,952134	0,881440	0,948303
15	0,873052	0,770732	0,867194	134	0,966776	0,905794	0,963408
72	0,976282	0,999275	0,978776	67	0,928079	0,845975	0,923392
71	0,989728	0,947720	0,987957	24	0,935763	0,856775	0,931487
47	0,363025	0,525199	0,374036	136	0,991996	0,953016	0,990326
46	0,649590	0,776068	0,658390	135	0,961046	0,896987	0,957355
45	0,905895	0,967437	0,910827	115	0,550924	0,691287	0,561392
43	0,615836	0,747874	0,625159	114	0,972827	0,915101	0,970050
139	0,919237	0,833110	0,914491	113	0,880085	0,951139	0,885838
138	0,937311	0,859048	0,933101	111	0,989490	0,947188	0,987739
137	0,887441	0,789725	0,881825	78	0,978896	0,925961	0,976373
81	0,998405	0,971927	0,997678	77	0,978599	0,925414	0,976036
80	0,994713	0,959907	0,993420	76	0,984985	0,938662	0,982625
79	0,997668	0,993487	0,998394	75	0,968522	0,907718	0,965490
23	0,789663	0,887405	0,796836	57	0,843311	0,926369	0,849738
22	0,967294	0,905656	0,964205	49	0,952667	0,882180	0,948984
20	0,950891	0,991042	0,954586	25	0,962044	0,897015	0,958738
18	0,971981	0,913628	0,969116	126	0,981307	0,998989	0,983167
14	0,965706	0,903010	0,962533	63	0,986898	0,999780	0,988716
13	0,943583	0,868348	0,939576	35	0,997355	0,974076	0,997240
11	0,999920	0,982115	0,999790	37	0,785027	0,883919	0,792257
10	0,998186	0,971040	0,997401	122	0,974171	0,989691	0,975961

3	0,933889	0,854040	0,929543	127	0,995040	0,964985	0,993735
109	0,965615	0,996614	0,968622	125	0,851500	0,932135	0,857599
107	0,634794	0,763769	0,643916	73	0,973727	0,998831	0,976330
40	0,984097	0,935915	0,981918	-	-	-	-

Με αντίστοιχο τρόπο έγιναν οι συγκρίσεις για τα πολύγωνα του Πίνακα 26 που περιλαμβάνει αυτά τα οποία παρουσίασαν λίγα κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012, με τα προφίλ **Λίγα - Καθόλου**, **Λίγα - Λίγα** και **Λίγα - Πολλά**. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων παρουσιάζονται στο Πίνακα συσχετίσεων 30. Με κίτρινο χρώμα σημειώνεται ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης που δείχνει το προφίλ στο οποίο ανήκει το κάθε πολύγωνο.

Πίνακας 30: Συντελεστής συσχέτισης των πολυγώνων που παρουσίασαν λίγα κρούσματα του ιού για το έτος 2012.

Thiessen ID	Προφίλ		
	Λίγα - Καθόλου	Λίγα - Λίγα	Λίγα - Πολλά
19	0,872470	0,671535	0,762462
48	0,916276	0,741187	0,822192
7	0,905958	0,993425	0,970440
2	0,905952	0,992833	0,968983
38	0,800697	0,949613	0,900874
31	0,978557	0,992829	0,999904
8	0,941798	0,785765	0,859711
123	0,938978	0,999460	0,987565
98	0,999611	0,955287	0,985751
17	0,934989	0,773502	0,849134
1	0,969268	0,849861	0,908222
112	0,548692	0,786248	0,699025
110	0,628190	0,843108	0,765829
58	0,808267	0,953499	0,906171
56	0,986506	0,980715	0,993941
50	0,546130	0,784381	0,696757
142	0,584951	0,812551	0,729763
141	0,872377	0,982381	0,949902
26	0,775138	0,533830	0,639350

Ομοίως έγιναν οι συγκρίσεις για όλα τα πολύγωνα του Πίνακα 27 που περιλαμβάνει αυτά τα οποία παρουσίασαν πολλά κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου για το έτος 2012, με

τα προφίλ **Πολλά - Καθόλου**, **Πολλά - Λίγα** και **Πολλά – Πολλά**. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων παρουσιάζονται στο Πίνακα συσχετίσεων 31. Με κίτρινο χρώμα σημειώνεται ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης που δείχνει το προφίλ στο οποίο ανήκει το κάθε πολύγωνο.

Πίνακας 31: Συντελεστής συσχέτισης των πολυγώνων που παρουσίασαν πολλά κρούσματα του ιού για το έτος 2012.

Thiessen ID	Προφίλ		
	Πολλά - Καθόλου	Πολλά - Λίγα	Πολλά - Πολλά
6	0,862270	0,999297	0,947166
61	0,911685	0,605868	0,286041
62	0,993202	0,923331	0,729161
106	0,962639	0,717517	0,425458
108	-0,412835	-0,387327	-0,299793
105	0,842237	0,483674	0,143534
28	0,973426	0,746834	0,463969

4.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Στους χάρτες 17, 18 και 19 που ακολουθούν, αποτυπώνεται η πρόβλεψη για το έτος 2013 των πολυγώνων Thiessen τα οποία δεν εμφάνισαν κρούσματα ή εμφάνισαν λίγα ή πολλά το 2012. Προβλέπεται ότι το ποσοστό των πολυγώνων που δεν εκδήλωσαν κρούσματα το 2012 θα ελαττωθεί από το 82% στο 52 % (μια μείωση της τάξεως του 30%). Τα πολύγωνα με λίγα κρούσματα προβλέπεται να αυξηθούν από 13% που ήταν το 2012, στο 43% το έτος 2013 (μια αύξηση περίπου 30%). Αντίθετα, τα πολύγωνα που εκδήλωσαν πολλά περιστατικά προβλέπεται να διατηρήσουν το ίδιο ποσοστό για το έτος 2013 δηλαδή περίπου το 7%. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικότερα στους Πίνακες 32 και 33 και οπτικοποιούνται στους χάρτες 17, 18 και 19 ώστε να είναι καταστεί δυνατή η εύρεση των περιοχών που παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης κρουσμάτων του ιού για το έτος 2013.

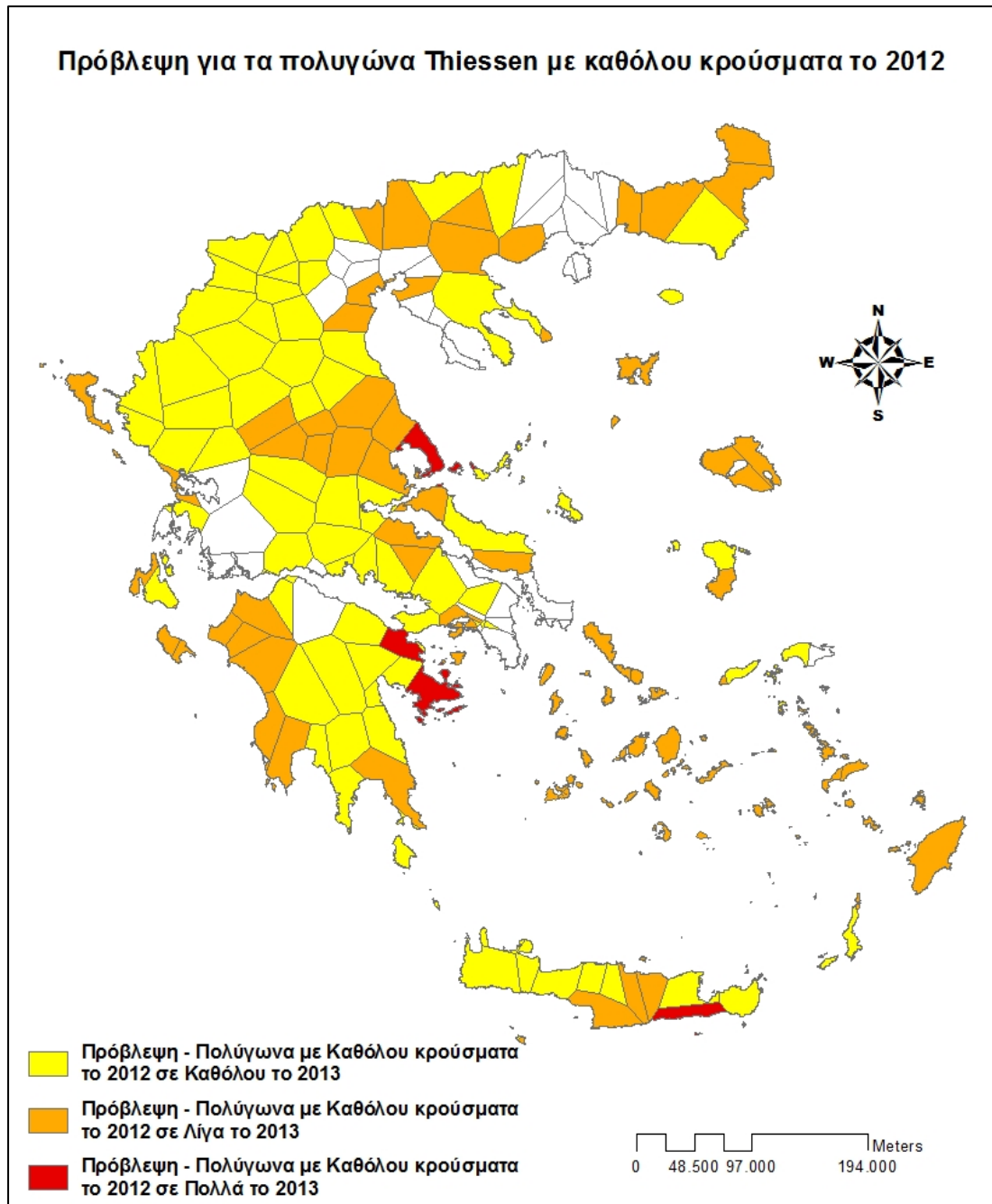
Πίνακας 32: Κατανομή των Πολυγώνων Thiessen ανάλογα με τα κρούσματα για το έτος 2012.

Έτος 2012		
Κατηγορία	Πλήθος	Ποσοστό
Καθόλου	121	82,31%
Λίγα	19	12,93%
Πολλά	7	4,76%
Σύνολο	147	100%

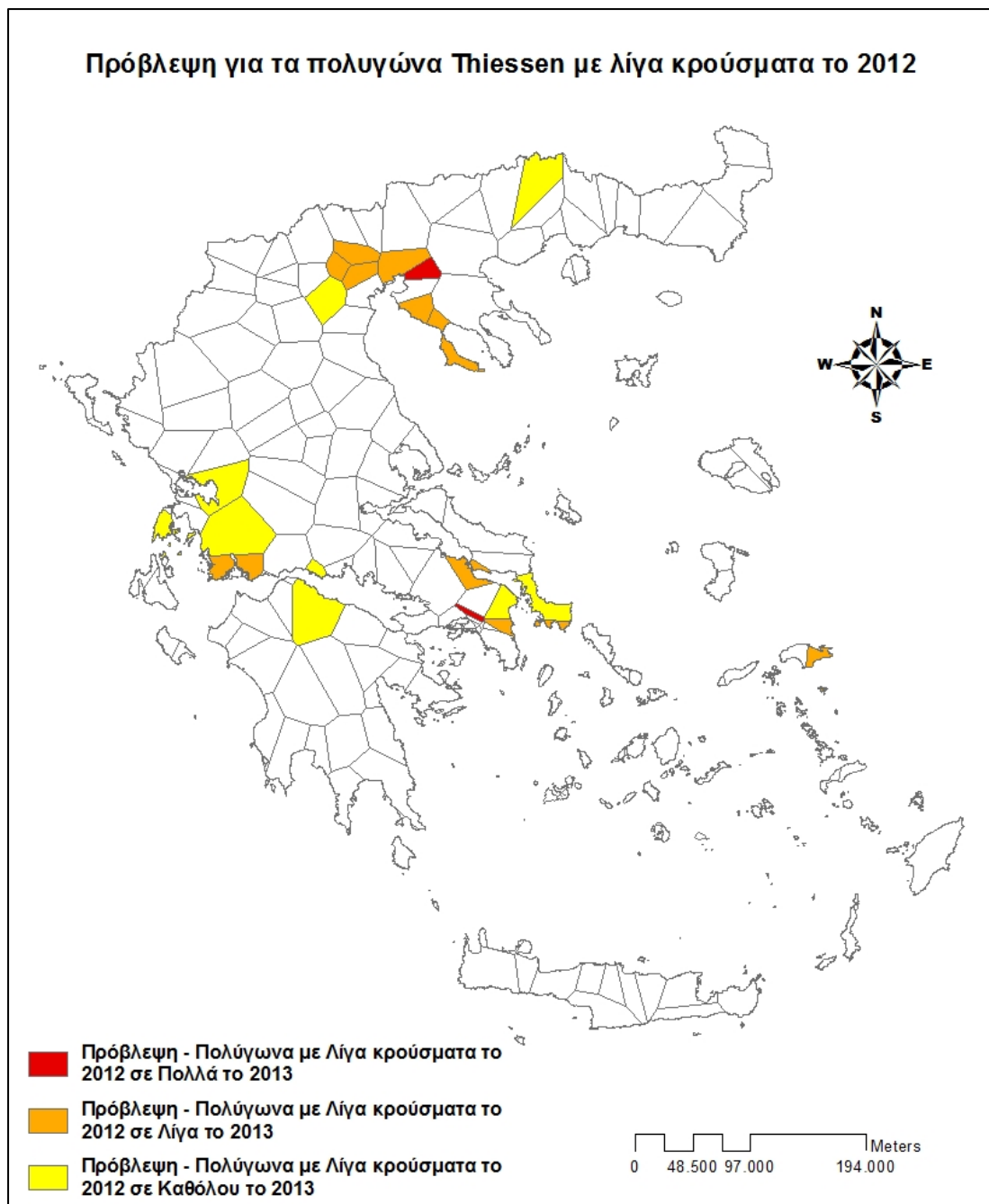
Πίνακας 33: Πρόβλεψη της κατανομής των Πολυγώνων Thiessen ανάλογα με τα κρούσματα για το έτος 2013.

Έτος 2013 - ΠΡΟΒΛΕΨΗ		
Κατηγορία	Πλήθος	Ποσοστό
Καθόλου	77	52,38%
Λίγα	63	42,86%
Πολλά	7	4,76%
Σύνολο	147	100%

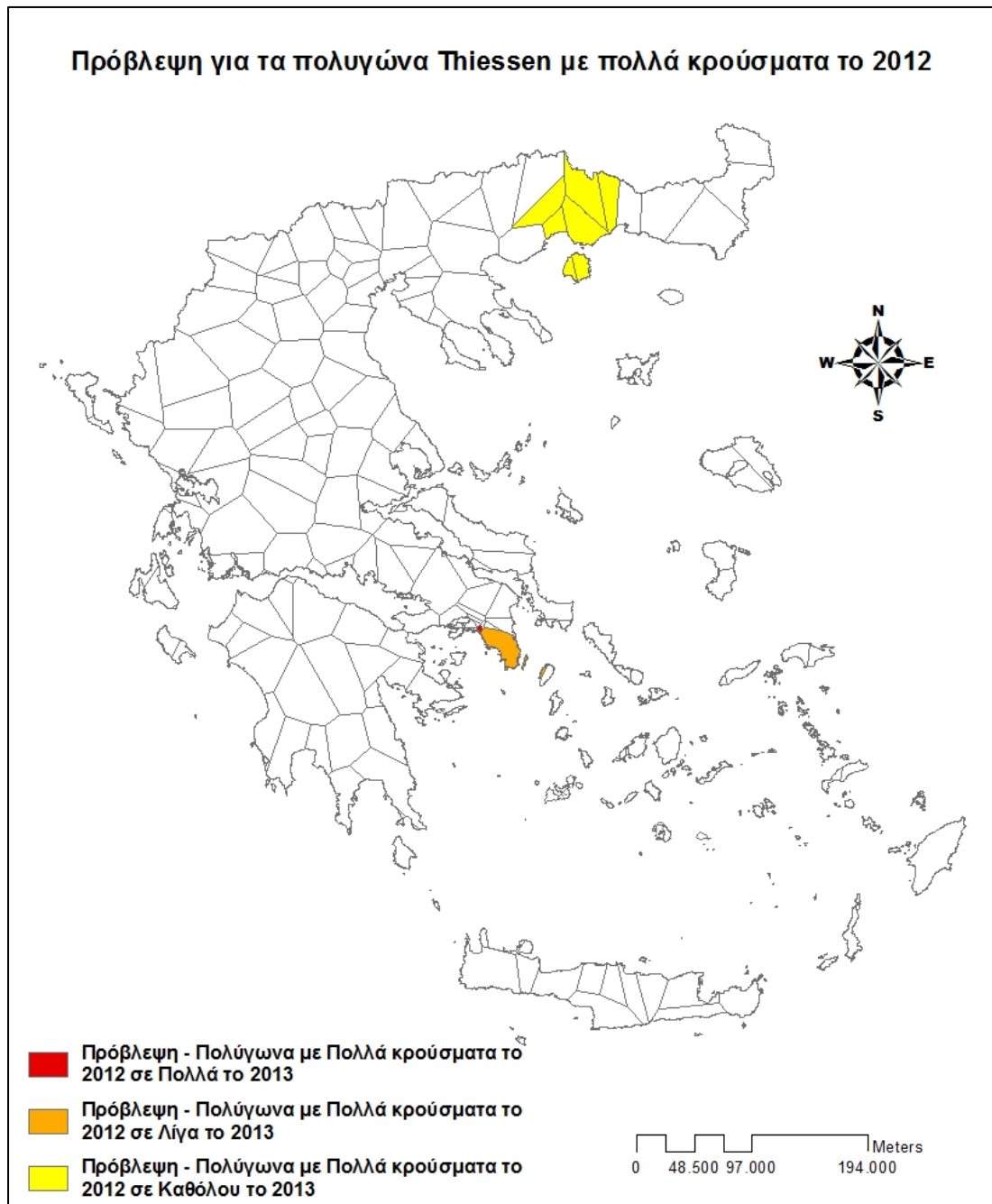
Ακολουθούν οι χάρτες 17, 18 και 19 στους οποίους αποτυπώνεται η πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πολυγώνων Thiessen για το έτος 2013 με βάση τα κρούσματα που είχαν εκδηλωθεί σε αυτά κατά το έτος 2012.



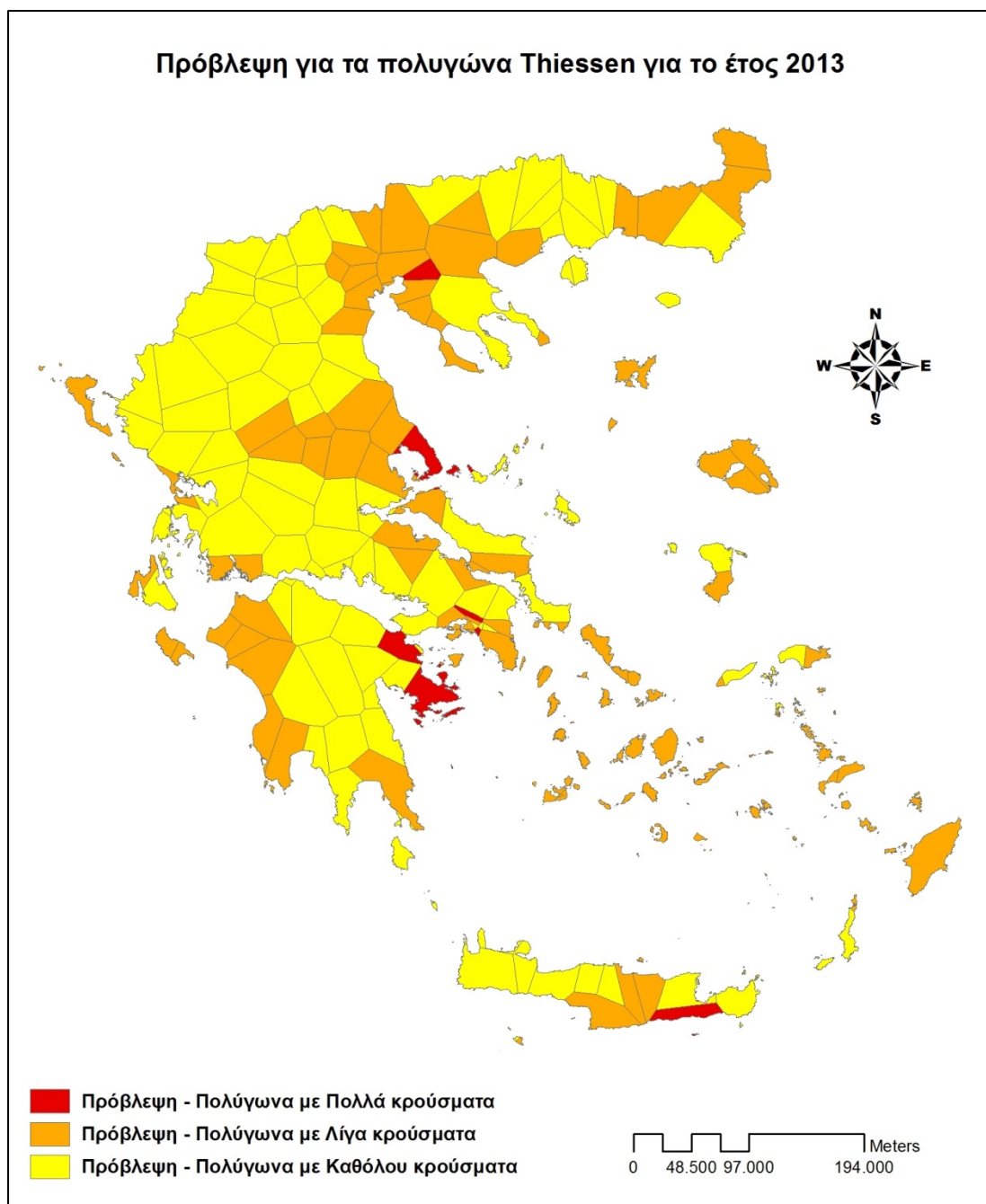
Χάρτης 17: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που δεν είχαν κρούσματα το 2012.



Χάρτης 18: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που είχαν λίγα κρούσματα το 2012.



Χάρτης 19: Αποτύπωση της πρόβλεψης για το 2013 των πολυγώνων Thiessen που είχαν πολλά κρούσματα το 2012.



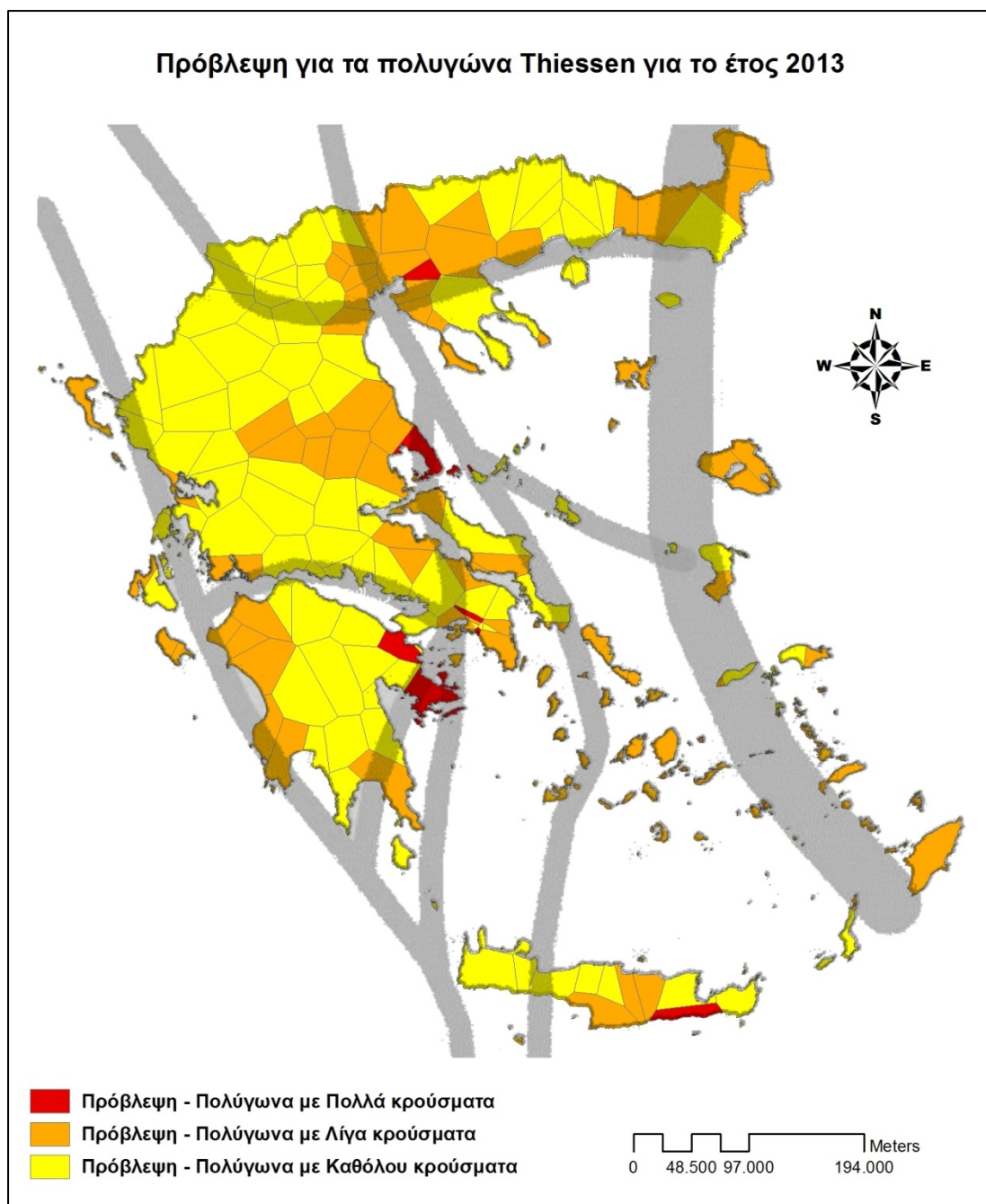
Χάρτης 20: Τελικός χάρτης με την πρόβλεψη εκδήλωσης κρουσμάτων στα πολύγωνα Thiessen για το 2013.

Προβλέπεται γενικότερα μία αύξηση της διασποράς των κρουσμάτων σε περισσότερες περιοχές της χώρας μιας και ο αριθμός των πολυγώνων που θα εκδηλώσουν κρούσματα αναμένεται να αυξηθεί κατά 30 %.

Παράκτιες περιοχές όπως η Δυτική Πελοπόννησος και η νότια Κρήτη, περιοχές με έντονη αγροτική και κτηνοτροφική ζωή όπως ο Θεσσαλικός κάμπος ή άλλες περιοχές με υδροβιότοπους όπως ο Αμβρακικός κόλπος, ο Παγασητικός κόλπος και η περιοχή του

Έβρου αν και δεν είχαν κρούσματα κατά το έτος 2012, προβλέπεται ότι το έτος 2013 θα εκδηλώσουν λίγα. Γνωρίζοντας ότι το υγρό έδαφος αποτελεί πόλο ανάπτυξης των κουνουπιών, με την καλλιεργούμενη έκταση με ρύζι στην Ελλάδα να εκτιμάται γύρω στα 250.000 στρέμματα και το 80% αυτών να βρίσκεται στο νομό της Μακεδονία, είναι αναμενόμενο όπως φαίνεται και στο χάρτη, οι περιοχές αυτές να παρουσιάζουν αυξημένες πιθανότητες εκδήλωσης κρουσμάτων του ιού. Επίσης οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης αναμένεται να εμφανίσουν και τα περισσότερα κρούσματα.

Εάν συνδυάσουμε τον τελικό χάρτη της πρόβλεψης (Χάρτης 20) με τον χάρτη των μεταναστευτικών διαδρόμων στην Ελλάδα της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας προκύπτει ο Χάρτης 21 που παρουσιάζει αρκετά μεγάλο ενδιαφέρον. Σύμφωνα λοιπόν με το Χάρτη 21, παρατηρούμε ότι οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα για την εμφάνιση κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου βρίσκονται πάνω ή αρκετά κοντά στους μεταναστευτικούς διαδρόμους.



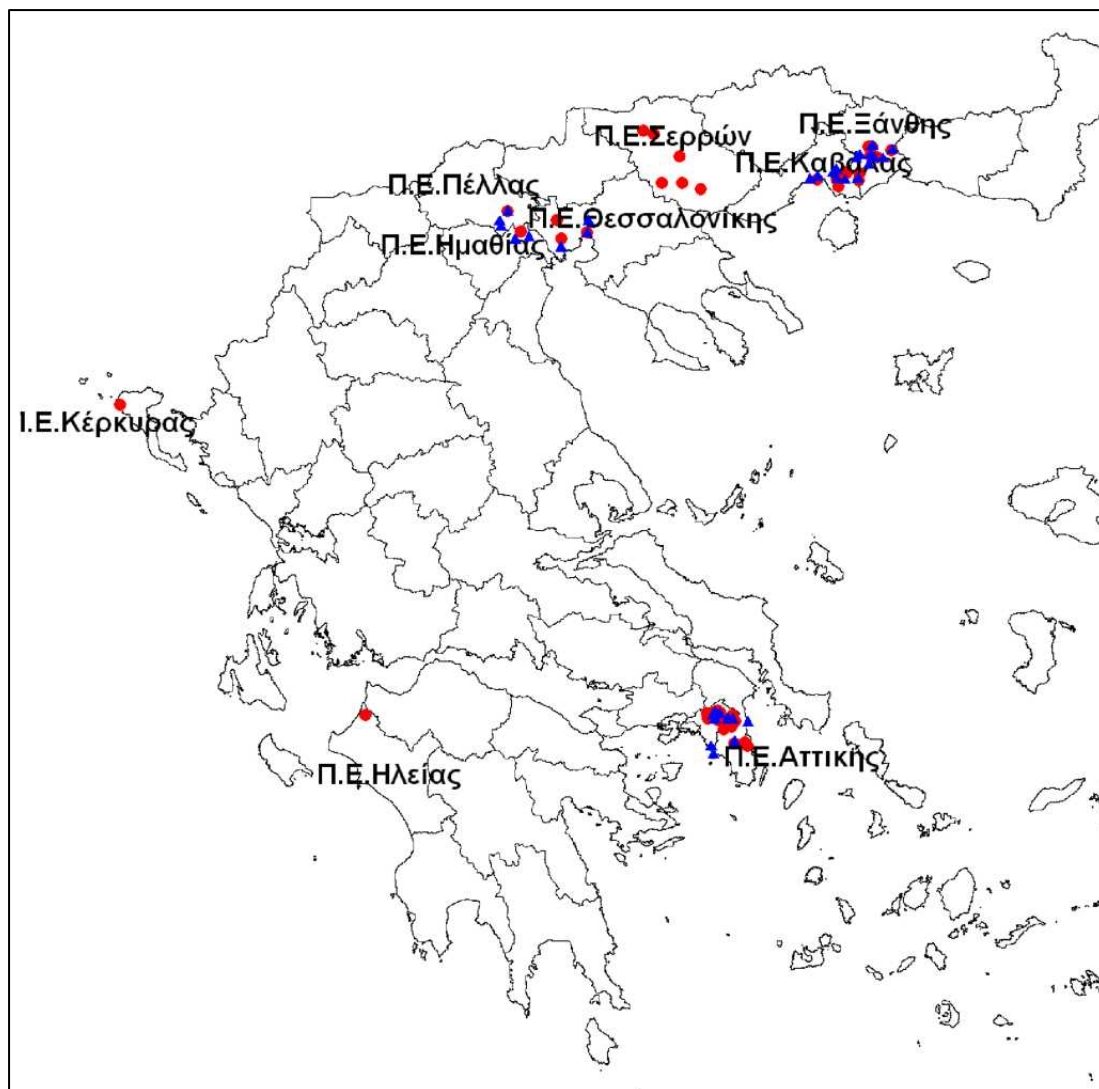
Χάρτης 21: Τελικός χάρτης με την πρόβλεψη εκδήλωσης των κρουσμάτων στα πολύγωνα Thiessen για το 2013 σε συνδυασμό με το χάρτη των μεταναστευτικών διαδρόμων στην Ελλάδα της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας.

Η εξήγηση σε αυτό είναι ήδη γνωστή και έχει απαντηθεί από τους επιστήμονες σε πολλές μελέτες ανά τον κόσμο και αρκετές από αυτές έχουν αναφερθεί στο εισαγωγικό κεφάλαιο. Ένα κουνούπι για να είναι ικανό να μεταδώσει τον ιό θα πρέπει το αίμα που θα ρουφήξει να περιέχει τουλάχιστον 105 PFU (Plaque-Forming Unit) ιϊκών σωματίων ανά ml αίματος. Δεν είναι όλα τα είδη πτηνών ικανά να μεταδώσουν τον ιό στο κουνούπι. Κάποια είδη

(στρουθιόμορφα, γλαυκόμορφα, χαραδριόμορφα, ιερακόμορφα) αναπτύσσουν για ορισμένες μέρες (1 έως 4) τίτλους αιμίας επαρκείς για τη μετάδοση του ιού στο κουνούπι που τα τσίμπησε, ενώ άλλα είδη (δρυοκολαπτόμορφα, περιστερόμορφα, χηνόμορφα) αναπτύσσουν χαμηλότερους τίτλους που σε πολλές περιπτώσεις είναι ανεπαρκείς για τη μετάδοση του ιού στα κουνούπια.

Τίθεται λοιπόν το ερώτημα πώς με μια τόσο περιορισμένη διάρκεια των τίτλων αιμίας τα πτηνά μπορούν να μεταφέρουν τον ιό σε νέες απόμακρες περιοχές. Η απάντηση στο ερώτημα εξηγείται με την δυνατότητα των μεταναστευτικών πτηνών να διανύουν τεράστιες αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων για αρκετές ώρες και μαζί τους να μεταφέρουν και τον ιό. Στη συνέχεια, μέσω των ενδημικών ειδών ο ιός διασπείρεται στις γύρω περιοχές. (www.malwest.gr)

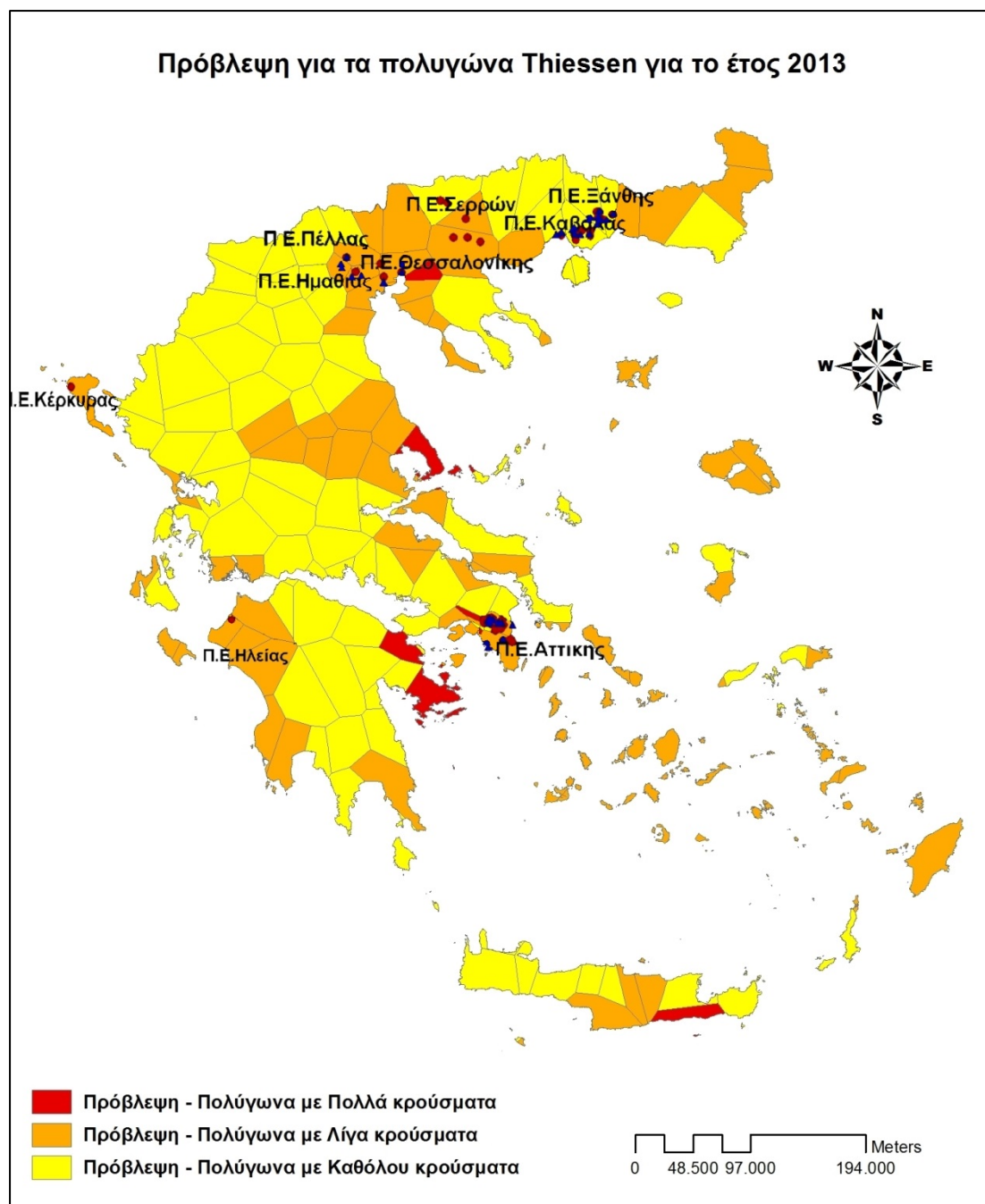
Σύμφωνα με το ΚΕΛΠΝΟ μέχρι και τις 06/11/2013, έχουν καταγραφεί 86 κρούσματα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου (51 ασθενείς με προσβολή του ΚΝΣ) και οκτώ θάνατοι (σε υπερήλικες). Τα κρούσματα αυτά εκδηλώθηκαν κυρίως στην ανατολική και βόρεια Αττική, καθώς και σε δήμους των νομών Θεσσαλονίκης, Ημαθίας, Ξάνθης, Καβάλας, Σερρών, Πέλλας, Κέρκυρας και Ηλείας και παρουσιάζονται στο Χάρτη 22 που εξέδωσε το ΚΕΛΠΝΟ. Συγκρίνοντας τον Χάρτη επικινδυνότητας 20, με τον Χάρτη 22 στον οποίο παρουσιάζονται οι περιοχές που έχουν εκδηλώσει κρούσματα για το 2013, προκύπτει ο χάρτης της Εικόνας 14. Σε αυτόν γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι περισσότερες από αυτές τις περιοχές συμπεριλαμβάνονται και στον τελικό Χάρτη 20 με την πρόβλεψη εκδήλωσης κρουσμάτων για το 2013, επαληθεύοντας εν μέρει τα αποτελέσματα του τελικού Χάρτη 20.



Χάρτης 22: Χάρτης με αποτύπωση του εκτιμώμενου τύπου έκθεσης των δηλωθέντων κρουσμάτων λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου, Ελλάδα, 2013, έως 06.11.2013, ώρα 11.00πμ (n=85*).

Πηγή: ΙΔΝ_εβδομαδιαία έκθεση_6-11-2013,ΚΕΛΠΝΟ.

*Κάθε κόκκινη κουκίδα αναπαριστά ένα εργαστηριακά διαγνωσμένο κρούσμα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου με εκδηλώσεις από το ΚΝΣ, ενώ κάθε μπλε τρίγωνο αναπαριστά ένα εργαστηριακά διαγνωσμένο κρούσμα λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου χωρίς εκδηλώσεις από το ΚΝΣ.



Εικόνα 14: Συνδυασμός Χάρτη Πρόβλεψης του 2013 (Χάρτης 21) με το χάρτη κρουσμάτων του ΚΕΛΠΝΟ για το έτος 2013.

Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εμφάνιση ή μη των κρουσμάτων του ιού σε μια περιοχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα, σκοτώνοντας τα κουνούπια αποφεύγεται ο πολλαπλασιασμός τους. Επομένως τυχόν ψεκασμοί κατά των κουνουπιών οι οποίοι έχουν πραγματοποιηθεί το προηγούμενο διάστημα μπορεί να έχουν μειώσει σημαντικά τους πληθυσμούς τους και τον αναμενόμενο αριθμό των κρουσμάτων μιας

περιοχής. Τέτοιοι καθώς και άλλοι παράγοντες όπως η ηλικία των κατοίκων των περιοχών, η θερμοκρασία και η υγρασία σε συνδυασμό με κρούσματα του ιού σε μεταναστευτικά πουλιά και θηλαστικά (π.χ άλογα) δεν κατέστη δυνατό να διερευνηθούν στα στενά πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι είναι πολύ σημαντική η κατανόηση του τρόπου αλληλεπίδρασης των προαναφερθέντων παραγόντων στην εξέλιξη και την εξάπλωση του ιού.

Στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόστηκε η κατάλληλη μεθοδολογία για την εύρεση των μεταβλητών που επηρεάζουν ή ευνοούν την εξάπλωση του ιού του Δυτικού Νείλου με κύριο σκοπό την δημιουργία ενός χάρτη επικινδυνότητας των περιοχών που εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εκδηλώσουν κρούσματα του ιού. Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας «επαληθεύτηκαν» με το Χάρτη 22 που εξέδωσε το ΚΕΛΠΝΟ που περιλαμβάνει την αποτύπωση του εκτιμώμενου τόπου έκθεσης των δηλωθέντων κρουσμάτων λοίμωξης από τον ιό του Δυτικού Νείλου στην Ελλάδα για το 2013. Στη συνέχεια, ακολουθεί το 5^ο κεφάλαιο που αποτελεί τον επίλογο της εργασίας. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ένας σύντομος σχολιασμός του τρόπου προσέγγισης του θέματος και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και προοπτικές διερεύνησης και βελτίωσής του.

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επίλογος

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η χρονική και χωρική ανάλυση του ιού του Δυτικού Νείλου στον Ελληνικό χώρο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του ΚΕΛΠΝΟ σχετικά με τα ανθρώπινα κρούσματα που εκδηλώθηκαν κατά την τριετία 2010-2012. Αυτή οδήγησε στην δημιουργία ενός χάρτη περιοχών επικινδυνότητας του ιού για το έτος 2013.

Το πρόβλημα προσεγγίστηκε με την μέθοδο της χωρικής ανάλυσης και τη χρήση των πολυγώνων Thiessen για την εύρεση των προφίλ των περιοχών ανάλογα με τα κρούσματα που εκδηλώθηκαν σε αυτά την τελευταία τριετία. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGis v10.1 της εταιρίας ESRI.

Αρχικά έγινε στατιστική επεξεργασία των δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας, στα οποία εφαρμόστηκαν οι κατάλληλες μέθοδοι χωρικής ανάλυσης για την απόδοση του υπό μελέτη θέματος. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα σε πίνακες και διαγράμματα, ενώ οπτικοποιήθηκαν και σε χάρτες, για τη καλύτερη κατανόησή του και τη διατύπωση των τελικών συμπερασμάτων.

5.1 Αξιολόγηση εφαρμογής

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης προσέγγισης ήταν το γεγονός ότι η ανάλυση των δεδομένων δεν περιορίστηκε μόνο σε μία συγκεκριμένη περιοχή αλλά εφαρμόστηκε σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο, δίνοντάς μας μια σφαιρική εικόνα για την κατάσταση της χώρας σε σχέση με τον ιό του Δυτικού Νείλου. Επίσης οι χάρτες επικινδυνότητας που δημιουργήθηκαν μπόρεσαν να συγκριθούν ως προς την αξιοπιστία τους με τα δεδομένα του ΚΕΛΠΝΟ για το 2013 μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την τυχαιότητα του σφάλματος που μπορεί να υπεισέρχονταν αν η εργασία εστιαζόταν σε μια μεμονωμένη περιοχή. Γνωρίζοντας ότι η καταπολέμηση των κουνουπιών αρχίζει από τα

τέλη Μαρτίου ή αρχές Απριλίου τότε που τα έντομα βγαίνουν από την χειμερία αδράνεια και αρχίζουν να γεννούν, σκοτώνοντας τα αποφεύγεται ο πολλαπλασιασμός τους με συνέπεια την μείωση των πιθανών κρουσμάτων. [Λιγότερα κουνούπια → Λιγότερα τσιμπήματα → Λιγότερα κρούσματα]. Είναι φυσιολογικό λοιπόν να μην γνωρίζουμε σε ποιες περιοχές έχουν πραγματοποιηθεί ψεκασμοί άρα και ποιές από αυτές θα εμφανίσουν λιγότερα κρούσματα λόγω της πρόληψης. Αυτό βέβαια αποτελεί και ένα μειονέκτημα γιατί είναι βέβαιο ότι κατά την επεξεργασία των δεδομένων θα έχουν συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς και τέτοιες περιοχές.

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας θα ήταν πληρέστερα αν υπήρχε η δυνατότητα να συμπεριληφθούν κατά την δημιουργία των προφίλ των περιοχών παράμετροι όπως η θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης. Επίσης θα ήταν πολύ χρήσιμο εάν στη διάθεσή μας εκτός από δεδομένα των ανθρώπινων κρουσμάτων υπήρχαν και οι συντεταγμένες των κρουσμάτων του ιού του Δυτικού Νείλου σε πτηνά και άλλα θηλαστικά όπως π.χ. άλογα. Με τον εντοπισμό και την ομαδοποίηση τέτοιων περιστατικών ίσως είναι δυνατή η εύρεση επιπρόσθετων κρίσιμων περιοχών ή ακόμα και η δημιουργία ενός εργαλείου έγκυρης προειδοποίησης για τη δραστηριότητα του ιού. Η εύρεση τέτοιων εστιών θα μπορούσε να οδηγήσει και στη δημιουργία εστιών επικίνδυνων για τον άνθρωπο.

5.2 Προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.

Το θέμα της εξάπλωσης του ιού του Δυτικού Νείλου αποτελεί πλέον ένα αρκετά σοβαρό πρόβλημα καθώς κάθε χρόνο στη χώρα μας αλλά και γενικότερα στην Ευρώπη παρουσιάζονται νέα κρούσματα. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την εξάπλωση του ιού. Ένα από τα πεδία στα οποία θα μπορούσε να εστιάσει η έρευνα είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζει την εξέλιξη του ιού.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και την αξιολόγηση των κρουσμάτων, οι άνθρωποι ηλικίας άνω των 50 ετών παρουσιάζουν μεγαλύτερες πιθανότητες προσβολής από τον ιό του Δυτικού Νείλου. Θα μπορούσε λοιπόν η έρευνα να συμπεριλάβει και την ηλικία των κατοίκων που ζουν στην Ελλάδα και πώς αυτές κατανέμονται στο χώρο. Δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο περιοχές υψηλού κινδύνου οι οποίες σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες (που θα καθοριστούν από την έρευνα) όπως τα παλαιά κτίσματα, η θερμοκρασία, η

υγρασία, τα κρούσματα σε μεταναστευτικά πουλιά και θηλαστικά (π.χ άλογα) θα οδηγήσουν στην δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας του ιού για τη χώρα μας.

Η δημιουργία τέτοιων χαρτών είναι πολύ σημαντική διότι δίνει την δυνατότητα στην πολιτεία να ενημερώνει έγκαιρα τους πολίτες για τους κινδύνους που διατρέχουν, βοηθώντας έτσι και στην καταπολέμηση του ιού σε περιβαλλοντολογικό επίπεδο με ψεκασμούς κατά των κουνουπιών σε εστιασμένες περιοχές που εμφανίζουν μεγάλη επικινδυνότητα εκδήλωσης του ιού του Δυτικού Νείλου. Δε πρέπει να ξεχνάμε ότι η εξαφάνιση των κουνουπιών και άλλων εντομών μπορεί να οδηγήσει στην διαταραχή της φυσικής δομής του πλανήτη και της ισορροπίας του οικοσυστήματος, καθώς αποτελούν τροφή για άλλα έντομα, ερπετά, αμφίβια, ψάρια, πουλιά, αλλά και για μερικά μικρά θηλαστικά. Γι'αυτό το λόγο οι ψεκασμοί θα πρέπει να γίνεται με σύνεση και σύμφωνα πάντα με τις υποδείξεις των ειδικών.

Ο συνδυασμός όσο το δυνατόν περισσότερων παραγόντων που επηρεάζουν τον ιό και την εξάπλωσή του θα μπορούσε να οδηγήσει και σε ένα μοντελοποιημένο πρόγραμμα τεχνολογίας GIS που μέσω στατιστικών και γεωγραφικών αναλύσεων θα ήταν ικανό να αναγνωρίσει και να προβλέψει τέτοιες περιοχές υψηλού κινδύνου εκδήλωσης του ιού. Επιπλέον θα υπήρχε η δυνατότητα της παρουσίασης των περιοχών αυτών αυτές σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια λογισμικού σε χάρτες για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.

Βιβλιογραφία

Andrade CC, Maharaj PD, Reisen WK, Brault AC, (2011), "North American West Nile virus genotype isolates demonstrate differential replicative capacities in response to temperature.", *J Gen Virol* 92: 2523–2533.

Apperson CS., Hassan HK., Harrison BA., Savage HM., Aspen SE., Farajollahi A, Crans W, Daniels TJ., Falco RC., Benedict M, Anderson M, McMillen L, and Unnasch TR. ,(2004), Host feeding patterns of established and potential mosquito vectors of West Nile Virus in the Eastern United States. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*. 4(1): 230-243.

Blitvich BJ., Fernandez-Salas I, Contreras-Cordero JF., Merlenee NL., Gonzalez- Rojas JI., Komar N, Gubler DJ., Calisher CH., and Beaty BJ., (2003), "Serologic evidence of West Nile Virus infection in horses, Coahuila State, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*." 9(7): 123 - 140.

Brownstein JS., Rosen H, Prudy D, Miller JR., Merlino M, Mostashari F, and Fish D., (2002), "Spatial analysis of West Nile Virus: rapid risk assessment of an introduced vector-borne zoonosis. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*." 2(3): 101 –112.

CDC, Division of vector-born infectious diseases (2007) West Nile virus - vertebrate ecology: Transmission cycle.

Cornel AJ, Jupp PG, Blackburn NK, (1993), "Environmental temperature on the vector competence of *Culex univittatus* (diptera: Culicidae) for West Nile virus.", *J Med Entomol* 30: 449–456.

Courtney Anne Wittich. (2007), "Spatial analysis of West Nile virus and predictors of hyperendemicity in the Texas equine industry."

Epstein PR. , (2001), "West Nile Virus and the Climate. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*." 78 (2): 56.

Esra Ozdenerol, Elzbieta Bialkowska-Jelinska, Gregory N Taff,, (2008), "Locating suitable habitats for West Nile Virus-infected mosquitoes through association of environmental characteristics with infected mosquito locations: a case study in Shelby County, Tennessee."

European Centre for Disease Prevention and Control. Annual epidemiological report 2011 WMO (2010) Press release no. 904: "2010 in the top three warmest years, 2001–2010 warmest 10-year period"

Fox, M. (2013). "2012 was deadliest year for West Nile in US, CDC says". NBC News. Retrieved May 13, 2013.

Hamer GL, Kitron UD, Brawn JD, Loss SR, Ruiz MO, et al., (2008), "*Culex pipiens* (diptera: Culicidae): A bridge vector of West Nile virus to humans. ", *J Med Entomol* 45: 125–128

Iliia Rochlin et al, (2011), "Predictive Mapping of Human Risk for West Nile Virus Based on Environmental and Socioeconomic Factors."

Lauren L. Pinault et al, (2011), "Use of GIS to predict malaria vector distributions in the Ecuadorian highlands."

McLean RG, Ubico SR, Docherty DE, Hansen WR, Sileo L, et al., (2001), "West Nile virus transmission and ecology in birds." *Ann NY Acad Sci* 951: 54–57

Mostashari F, Kulldorff M, Hartman JJ., Miller JR., and Kulasekera V. Dead bird clusters as an early warning system for West Nile Virus activity. *Center for Disease Control MMWR*. 2003: 9(6).

Nash D, Mostashari F, Fine A, et al.,(2001), "The outbreak of West Nile virus infection in the New York City area in 1999". *N. Engl. J. Med.* 344 (24): 1807–14.

Nicole P. Lindsey, MS, J. Erin Staples, Jennifer A. Lehman, Marc Fischer, (2010), "Surveillance for Human West Nile Virus Disease - United States, 1999-2008."

Ostlund EN, Andresen JE, Andresen M., (2006), West Nile Encephalitis. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2000", 16: 427-441 Centers for Disease Control and Prevention,

Owen J, Moore F, Panella N, Edwards E, Bru R, et al., (2006), "Migrating birds as dispersal vehicles for West Nile virus.", *EcoHealth* 3: 79–85

Platonov AE, Fedorova MV, Karan LS, Shopenskaya TA, Platonova OV, et al., (2008), "Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (diptera: Culicidae) bionomics.", *Parasitol Res* 103: 45–53

Porphyre T., Naas S., Leblond A., and Sabatier P., (2002) , "Horse baited trapped mosquitoes, potential vectors of West Nile virus, Southern France. *Epidemiology and Prevision Of Health in Population*", 38(1): 169 – 171.

Ramanathan Sugumaran, Scott R Larson and John P DeGroot, (2009), "Spatio-temporal cluster analysis of county-based human West Nile virus incidence in the continental United States."

Roehr B, (2012), "US hit by massive West Nile virus outbreak centred around Texas.", *Brit Med J* 345.

Romi R., Pontuale G., Clufolini M. G., Fiorentinin G., Marchi A., Nicoletti L., Cocchi M., and Tamburro A., (2004), "Potential vectors of West Nile Virus following an equine disease outbreak in Italy. *Medical and Veterinary Entomology.*" 18(1): 457 – 470.

Ruiz MO., Tedesco C, McTighe TJ., Austin C, Kitron U., (2004), "Environmental and social determinants of human risk during a West Nile virus outbreak in the greater Chicago area, 2002. *International Journal of Health Geographics.*" 3(8): 109 – 120.

Ryan M. Carney, Sean C. Ahearn, Alan McConchie, Carol Glaser, Cynthia Jean, Chris Barker, Bborie Park, Kerry Padgett, Erin Parker, Ervic Aquino, and Vicki Kramer. (2011) "Early Warning System for West Nile Virus Risk Areas, California, USA."

Shlomit Paz, Dan Malkinson et al, (2013), "Permissive Summer Temperatures of the 2010 European West Nile Fever Upsurge"

Sugumaran et al.(2009), "Spatio-temporal cluster analysis of county-based human West Nile virus incidence in the continental United States"

Theophilides CN, Ahearn SC, Grady S, Merlino M., (2002), "Identifying West Nile virus risk areas: the Dynamic Continuous-Area Space-Time system."

Tsai T, Popovici F, Cernescu C, Campbell G, Nedelcu N, (1998), "West Nile encephalitis epidemic in southeastern Romania.", *Lancet* 352: 767–771

United States Department of Agriculture, (2001), "West Nile Virus: In equids in the Northeastern United States in 2000". New York: USDA; 1 – 42.

Ward MP., Levy M, Thacker HL, Ash M, Norman SL, Moore GE., and Webb PW., (2004), "Investigation of an outbreak of Encephalomyelitis caused by West Nile virus in 136 horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association.*", 225(1): 75 – 84.

Γεώργιος Ν. Φώτης, (2009), «Ποσοτική χωρική ανάλυση», Εκδόσεις Γκοβόστης.

Γεώργιος Ν. Φώτης, Κ. Κουτσόπουλος , (2012), *Διδακτικές Σημειώσεις μαθήματος Μεθοδολογίες Αναπτυξιακών Σχεδιασμών και Περιβάλλον.*

Εμβάλωτη Α., Κατση Α., Σιδέρη Γ., (2006), «Στατιστική Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας».

Κουτσόπουλος Κ., (2005), «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου», Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν., (2005), «Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9X Με Απλά Λόγια», Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Κουτσόπουλος Κ., (2006), «Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές», Τόμος 2, Εκδόσεις Διηλεκές.

Πεκλαρης Δ., (2012), *Διπλωματική εργασία «Ανάλυση χωροθέτησης μονάδων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο δήμο Χαλκηδόνας».*

Διαδικτυακοί Τόποι

<http://www.fda.gov>

<http://www.cdc.gov>

http://en.wikipedia.org/wiki/West_Nile_virus

http://el.wikipedia.org/wiki/Συστήματα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών

http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram

http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Diseasedistributionmap

<http://www.esri.com>

<http://edn.esri.com>

<http://resources.arcgis.com>

<http://www.statistics.gr>

http://www.southern7.org/uploads/1/8/3/8/1838087/1390282_orig.gif

<http://www.toponavigator.com/el/component/content/article/230.html>

<http://www.pasteur.gr/?p=3282>

<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=375727>

<http://www.malwest.gr>

<http://www.metar.gr>

<http://www.meteo.gr>

<http://geodata.gov.gr/geodata/index.php>

Παράρτημα

Πίνακας 34: Πολύγωνα Thiessen που δεν εμφάνισαν κρούσματα του ιού του Δυτικού Νείλου το έτος 2012 με τις αντίστοιχες μέσες τιμές τους.

Thiessen ID	Ποσοστό γεωργικών περιοχών	Ποσοστό υγροτόπων	Ποσοστό Υδάτινων επιφανειών	Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά m ²	Ποσοστό περιοχής με υψόμετρο μεγαλύτερο από 200 m
143	0,130381	0,000000	0,000000	0,000370	0,348035
93	0,294032	0,000000	0,000000	0,000020	0,610944
84	0,442522	0,000000	0,001104	0,000026	0,331034
68	0,283597	0,000000	0,000000	0,000014	0,999599
140	0,307804	0,000449	0,001060	0,000021	0,613510
36	0,865908	0,007281	0,007987	0,000035	0,060655
121	0,507351	0,010636	0,001758	0,000031	0,459658
27	0,361699	0,000000	0,005522	0,000021	0,786965
74	0,757699	0,016796	0,011565	0,000035	0,127719
95	0,429364	0,014657	0,007155	0,000027	0,139966
94	0,556466	0,002439	0,000000	0,000076	0,319016
90	0,717925	0,000000	0,000000	0,000025	0,578454
117	0,373879	0,020156	0,001689	0,000030	0,673225
44	0,494733	0,000000	0,000000	0,000033	0,622660
124	0,255926	0,000000	0,000000	0,000028	0,616560
32	0,317413	0,000000	0,000356	0,000063	0,354708
34	0,186579	0,000000	0,000000	0,000043	0,117225
83	0,357016	0,001288	0,000000	0,000025	0,316856
12	0,326670	0,000588	0,001620	0,000028	0,484481
86	0,338914	0,000631	0,000000	0,000011	0,569274
52	0,648863	0,000000	0,000000	0,000063	0,742007
145	0,341651	0,000000	0,000000	0,000026	0,742808
144	0,318641	0,000000	0,000000	0,000036	0,621869
118	0,416747	0,000000	0,000753	0,000047	0,721418
120	0,346266	0,000000	0,000000	0,000028	0,806678
119	0,297154	0,000000	0,000000	0,000035	0,934917
92	0,296495	0,000000	0,000000	0,000034	0,806367
91	0,489743	0,000000	0,001375	0,000034	0,662400
53	0,554276	0,000000	0,000000	0,000038	0,673434
51	0,781282	0,000000	0,000000	0,000256	0,722046
33	0,341744	0,002736	0,000000	0,000022	0,233899
104	0,618841	0,003286	0,000221	0,000044	0,606662
103	0,727291	0,000000	0,001299	0,000047	0,426625
102	0,251404	0,000000	0,000000	0,000093	0,851038
87	0,451805	0,002330	0,000939	0,000024	0,551258
85	0,306050	0,000000	0,000000	0,000024	0,936262

15	0,113937	0,000000	0,000000	0,000012	0,914211
72	0,404853	0,000000	0,000000	0,000030	0,444697
71	0,314666	0,000000	0,000000	0,000034	0,649820
47	0,887935	0,009561	0,015215	0,000075	0,000000
46	0,805158	0,005232	0,030042	0,000056	0,267055
45	0,674926	0,002216	0,006237	0,000062	0,526594
43	0,701141	0,001577	0,000000	0,000140	0,196253
139	0,202635	0,000000	0,000000	0,000024	0,893734
138	0,176792	0,000000	0,000000	0,000040	0,645440
137	0,157044	0,000000	0,012995	0,000018	0,993768
81	0,490517	0,002354	0,000759	0,000053	0,850980
80	0,305670	0,000000	0,000093	0,000029	0,580692
79	0,462390	0,000000	0,000001	0,000084	0,646110
23	0,654400	0,000000	0,006107	0,000030	0,344743
22	0,298006	0,000000	0,000364	0,000043	0,803270
20	0,586254	0,011151	0,000967	0,000031	0,554831
18	0,317059	0,000000	0,000000	0,000296	0,813171
14	0,342777	0,000000	0,002602	0,000019	0,938229
13	0,291888	0,000000	0,000422	0,000027	1,000000
11	0,409624	0,003907	0,000000	0,000044	0,650654
10	0,440011	0,000000	0,000000	0,000050	0,769403
3	0,228131	0,001294	0,005570	0,000028	0,856389
109	0,311909	0,000000	0,000000	0,001124	0,319614
107	0,293311	0,000000	0,000000	0,001251	0,089143
40	0,238402	0,000339	0,000000	0,000025	0,531452
39	0,534340	0,000867	0,000000	0,000043	0,434694
30	0,002982	0,000000	0,000000	0,008075	0,023307
29	0,206763	0,000000	0,000000	0,004867	0,175191
21	0,445194	0,000000	0,022026	0,000037	0,732819
9	0,205115	0,000000	0,000000	0,000246	0,846208
5	0,176417	0,000000	0,000000	0,004228	0,553552
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,042688	0,000000
82	0,306988	0,000101	0,000000	0,000026	0,359561
147	0,179341	0,000000	0,000000	0,000021	0,621774
146	0,516271	0,000000	0,000000	0,000089	0,262192
96	0,420486	0,006508	0,000000	0,000032	0,486858
133	0,421705	0,007173	0,000422	0,000030	0,665630
132	0,478690	0,000040	0,000000	0,000033	0,616750
131	0,403074	0,000326	0,001047	0,000056	0,749500
130	0,310820	0,000387	0,005007	0,000034	0,703975
129	0,214305	0,000735	0,000763	0,000017	0,966012
128	0,476847	0,002185	0,002034	0,000084	0,620644
101	0,449196	0,001882	0,000000	0,000024	0,573455
100	0,429302	0,000000	0,000000	0,000050	0,521722

99	0,394488	0,000000	0,000000	0,000159	0,562769
89	0,403985	0,000244	0,005585	0,000047	0,631488
88	0,671370	0,002302	0,002858	0,000097	0,264628
66	0,838835	0,000000	0,000000	0,000039	0,168798
65	0,757803	0,001172	0,008159	0,000031	0,135615
64	0,493495	0,000000	0,025234	0,000073	0,610287
42	0,135955	0,000000	0,000000	0,000011	0,984184
41	0,122278	0,000000	0,033547	0,000012	0,999891
116	0,661980	0,046900	0,024477	0,000088	0,130009
97	0,300854	0,014247	0,017609	0,000035	0,578012
70	0,868792	0,008857	0,030411	0,000074	0,000000
69	0,733979	0,001856	0,000952	0,000143	0,222201
60	0,209123	0,000837	0,007380	0,000022	1,000000
59	0,184066	0,001108	0,007818	0,000041	0,997504
55	0,199445	0,001834	0,001423	0,000014	0,828669
54	0,347798	0,005254	0,003611	0,000036	0,628936
16	0,272514	0,000000	0,019247	0,000035	0,842963
134	0,388285	0,008626	0,064791	0,000029	0,998513
67	0,263385	0,007726	0,045347	0,000033	0,999665
24	0,270262	0,000000	0,002837	0,000013	1,000000
136	0,504638	0,000000	0,017744	0,000021	1,000000
135	0,372815	0,004196	0,078801	0,000021	0,999422
115	0,715875	0,082347	0,015872	0,000057	0,172843
114	0,322555	0,007265	0,001937	0,000023	0,815094
113	0,621018	0,020686	0,001537	0,000105	0,443109
111	0,390202	0,007670	0,003339	0,000044	0,804749
78	0,421720	0,000000	0,003679	0,000026	1,000000
77	0,421056	0,000000	0,007867	0,000069	1,000000
76	0,468005	0,000604	0,052467	0,000058	1,000000
75	0,332611	0,000000	0,000402	0,000017	0,885090
57	0,594514	0,011600	0,001038	0,000296	0,373805
49	0,252226	0,000000	0,000000	0,000061	0,789171
25	0,351459	0,002795	0,001940	0,000016	0,997581
126	0,482283	0,006964	0,039640	0,000025	0,552722
63	0,441400	0,000019	0,002188	0,000038	0,529332
35	0,308132	0,038003	0,006831	0,000024	0,507652
37	0,499594	0,002860	0,009236	0,000026	0,260472
122	0,376557	0,058207	0,084237	0,000015	0,433328
127	0,347353	0,015799	0,052797	0,000031	0,609302
125	0,609184	0,000000	0,007032	0,000105	0,392595
73	0,617162	0,003720	0,007970	0,000023	0,665371