

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ Α.Φ.Π. & Γ.Μ.**

**ΠΜΣ: Εφαρμογές της Γεωπληροφορικής  
στους Φυσικούς Πόρους**

**«ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΖΙΖΑΝΙΟΧΛΩΡΙΔΑΣ  
ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΟΣ ΣΤΟ  
ΝΟΜΟ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ  
ΤΟΥ ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕΣΟΥ  
(ΟWA)»**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Πούλου Μαρία Παναγιώτα**

**Επιβλέπων**

**Καλύβας Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.**

**Αθήνα, 2011**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ Α.Φ.Π. & Γ.Μ.

ΠΜΣ: Εφαρμογές της Γεωπληροφορικής στους Φυσικούς Πόρους

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

*«Χωρική κατανομή της ζιζανιοχλωρίδας της καλλιέργειας του βάμβακος στο Νομό Καρδίτσας με χρήση της μεθόδου του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου (OWA)»*

Πούλου Μαρία Παναγιώτα

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Καλύβας Διονύσιος, Επικ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κοσμάς Κων/νος, Καθηγητής Γ.Π.Α.

Οικονόμου Γαρυφαλλιά, Επικ. Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους, των οποίων η συμβολή, η βοήθεια και η καθοδήγηση ήταν πολύτιμη στη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης μεταπτυχιακής διατριβής.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Κύριο Καλύβα Διονύσιο, Επίκουρο Καθηγητή Γ.Π.Α. για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο άτομό μου με την ανάθεση της παρούσας διατριβής και την υπομονή και επιμονή του μέχρι την ολοκλήρωσή της. Ακόμα τον ευχαριστώ για την υποστήριξή του και τις συμβουλές του τόσο σε επίπεδο γνώσεων, όσο και σε προσωπικό επίπεδο.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής καθηγητή κ. Κων/νο Κοσμά και την Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Οικονόμου για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους επί του τελικού κειμένου.

Ευχαριστώ τον κ. Αγγελόπουλο Παναγιώτη, Δασολόγο, MSc, ο οποίος μου προσέφερε απλόχερα τη βοήθειά του σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης της συγκεκριμένης εργασίας, καθώς και τους ερευνητές της Ερευνητικής Μονάδας ΓΣΠ του ΓΠΑ για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Επίσης ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη στήριξη και την υποστήριξή της σε όλα τα επίπεδα της ζωής μου, καθώς και για τα εφόδια που μου παρείχαν καθόλη τη διάρκεια των μαθητικών μου χρόνων.

Το άμεσο φιλικό μου περιβάλλον για τη στήριξή του σε συναισθηματικό και ψυχολογικό επίπεδο, για το σεβασμό και την ειλικρινή παρουσία του.

Τέλος, όλους όσους και όλα όσα ακούσια λησμόνησα να αναφέρω και βοήθησαν στη δημιουργία της παρούσης μεταπτυχιακής μελέτης.

Πούλου Μαρία Παναγιώτα, 2011

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b> .....	<b>10</b>
<b>1. ΒΑΜΒΑΚΙ</b> .....	<b>11</b>
1.1. Βοτανική ταξινόμηση.....	11
1.2. Το βαμβάκι στην Ελλάδα.....	11
1.3. Καλλιεργητική τεχνική.....	13
1.4. Βαμβάκι και ζιζάνια .....	14
1.4.1. Ζιζανιοκτονία.....	15
<b>2. ΖΙΖΑΝΙΑ</b> .....	<b>21</b>
2.1. Γενικά χαρακτηριστικά.....	21
2.2. Επιδράσεις ζιζανίων .....	22
2.3. Πορφυρή κύπερη ( <i>Cyperus rotundus</i> ) .....	23
2.4. Περικοκλάδα ( <i>Convolvulus arvensis</i> ).....	24
<b>3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> .....	<b>25</b>
3.1. Ορισμός και Περιγραφή των ΓΠΣ .....	25
<b>4. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	<b>30</b>
4.1. Εισαγωγή.....	30
4.2. Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (A.H.P.) .....	32
4.3. Η Μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου(O.W.A.).....	39
4.4. Η Ασάφεια στα Πολυκριτηριακά Προβλήματα .....	46
4.5. A.H.P., O.W.A και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών .....	47
4.6. Η πρόβλεψη στην εμφάνιση ζιζανίων .....	50
<b>5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	<b>51</b>
5.1. Δειγματοληψία .....	51
5.2. Περιγραφή της Μεθόδου .....	54
5.3 Εφαρμογή Μεθοδολογίας .....	66
5.3.1. Έναρξη Διαδικασίας .....	66
5.3.2. Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (A.H.P.) .....	67
5.3.3. Χρησιμοποίηση Γλωσσικών Ποσοδεικτών .....	70
5.3.4. Αξιολόγηση Σεναρίων .....	85
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>93</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>94</b>

## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1.1.: Προσπαρτικά Ζιζανιοκτόνα .....	17
Πίνακας 1.2.: Προφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα .....	18
Πίνακας 1.3.: Εκλεκτικά Μεταφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα .....	19
Πίνακας 1.4.: Μη εκλεκτικά Μεταφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα .....	20
Πίνακας 4.1.: Η θεμελιώδης κλίμακα αξιολόγησης της A.H.P. (κατά Saaty, 1987) .....	33
Πίνακας 4.2.: Επιλεγμένες τιμές $\alpha$ και αντίστοιχοι RIM ποσοδείκτες (Bouroushaki – Malczewski 2007) .....	44
Πίνακας 5.1.: Κατάταξη των ζιζανίων με βάση το μέσο όρο τους για τις 101 θέσεις δειγματοληψίας που έγινε το 2007 .....	53
Πίνακας 5.2.: Συσχέτιση εδαφικών παραγόντων με τα ζιζάνια για τα τρία έτη .....	54
Πίνακας 5.3.: Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 9 κριτηρίων για το ζιζάνιο περικοκλάδα .....	67
Πίνακας 5.4.: Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 6 κριτηρίων για το ζιζάνιο κύπερη .....	68
Πίνακας 5.5.: Βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων (criterion weights) και ο λόγος συνέπειας (C.R.) για το ζιζάνιο περικοκλάδα .....	69
Πίνακας 5.6.: Βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων (criterion weights) και ο λόγος συνέπειας (C.R.) για το ζιζάνιο κύπερη .....	69

## Λίστα εικόνων

<b>Εικόνα 4.1.:</b> Ιεραρχική Ανάλυση Προβλήματος .....	37
<b>Εικόνα 4.2.:</b> RIM ποσοδείκτες (Boroushaki και Malczewski 2006 .....	44
<b>Εικόνα 4.3.:</b> Το διάστημα στρατηγικής απόφασης στην O.W.A. (Valente – Vettorazi 2008) .....	45
<b>Εικόνα 4.4.:</b> Η Δομή του module GIS-OWA (Malczewski, 2006) .....	49
<b>Εικόνα 5.1.:</b> Τα όρια του νομού Καρδίτσας και η χωρική κατανομή των θέσεων δειγματοληψίας στην περιοχή μας .....	52

***Σε έναν πολύ αγαπημένο μου φίλο  
που ήταν πάντα εκεί***

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας της εμφάνισης των ζιζανίων στα γεωργικά οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην προσπάθεια κατάρτισης μιας στρατηγικής αντιμετώπισης των ζιζανίων. Αρκετοί παράγοντες μεταξύ των οποίων οι καλλιεργητικοί όπως και οι εδαφικοί και γενικότερα και οι περιβαλλοντικοί παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ζιζανιοχλωρίδας μιας καλλιέργειας.

Η χρησιμοποίηση πολυκριτηριακών μεθόδων επιτυγχάνει τον συνδυασμό αρκετών (των βασικότερων) παραγόντων για την εκτίμηση της εμφάνισης ζιζανίων.

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται μια μεθοδολογία η οποία εξετάζει τους βασικότερους παράγοντες με απώτερο σκοπό τον προσδιορισμό των πλέον επικίνδυνων περιοχών για την εμφάνιση ζιζανίων στην καλλιέργεια του βάμβακος στο νομό Καρδίτσας. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν οι Πολυκριτηριακές Μέθοδοι της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας και του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Οι περιοχές με το μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης, για συγκεκριμένα είδη ζιζανίων, προσδιορίστηκαν με βάση εδαφολογικές ιδιότητες από υπάρχουσες εδαφολογικές μελέτες. Στις ιδιότητες εκχωρήθηκαν μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, κάποια σχετικά βάρη. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε ένα σύνολο διατεταγμένων βαρών με τη βοήθεια της μεθόδου του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου, μέσω μιας ομάδας ασαφών γλωσσικών ποσοδεικτών και των σχετικών βαρών. Τέλος παρήχθησαν χάρτες χωρικής κατανομής της επικινδυνότητας της εμφάνισης πολυετών ζιζανίων.



## **ABSTRACT**

Assessing the risk of occurrence of weeds in agricultural ecosystems is particularly useful in helping develop a strategy to deal with weeds. Several factors including the field as well as environmental and territorial factors play an important role in shaping a culture of weeds.

The use of multicriteria methods achieves the combination of several (most basic) factors in assessing the occurrence of weeds.

In this work we attempt to develop a methodology that examines the key factors with the aim of identifying the most hazardous areas for the occurrence of weeds in the cultivation of cotton in the area of Karditsa. For this reason, developing the methods of multi Analytical Hierarchical Process and Ordered Weighted Averaging combined with Geographic Information Systems. The areas with the greatest risk for specific types of weeds, will be determined based on soil properties of soil from existing studies. The properties will be sold through the Analytic Hierarchy Process, relative weights. Then, we define a set of ordered weights using the method of ordered weighted average, by a group of fuzzy linguistic quantifiers and related weights. Finally, we produced maps of spatial distribution of risk of occurrence of perennial weeds.

## ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας της εμφάνισης των δύο κυριότερων ζιζανίων, σε καλλιέργεια βάμβακος στο νομό Καρδίτσας. Για το σκοπό αυτό γίνεται μελέτη ενός ασαφούς πλαισίου πολλαπλών κριτηρίων με βάση τις εδαφολογικές ιδιότητες της συγκεκριμένης περιοχής. Η διαδικασία γίνεται με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.

Ακόμα, δημιουργούνται χάρτες χωρικής κατανομής της επικινδυνότητας εμφάνισης πολυετών ζιζανίων και αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος. Για το λόγο αυτό δημιουργούνται διαγράμματα με συσχετίσεις πραγματικών και υπολογιστικών τιμών.

## 1. ΒΑΜΒΑΚΙ

### 1.1. Βοτανική ταξινόμηση

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας *Malvaceae*. Περιλαμβάνει 36 διαφορετικά είδη, 32 αυτοφυή και 4 καλλιεργούμενα. Στην Ελλάδα το 100% των καλλιεργούμενων εκτάσεων καλύπτεται από το είδος *Gossypium hirsutum* ή βαμβάκι αμερικάνικου τύπου ή *Upland*. Είναι φυτό ετήσιο, χαμηλού ύψους με αρκετές διακλαδώσεις προς τη βάση και κατάγεται από την Κεντρική Αμερική. Πάνω από 80 ποικιλίες του είδους αυτού καλλιεργούνται σήμερα. Στη χώρα μας οι κυριότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι οι: 4Σ, Σίνδος 80, Ζέτα 2, Ζέτα 5, Άκαλα Σίνδου και Σάμος. Γενικά το βαμβάκι παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία και προσαρμοστικότητα, λόγω των πολλών ειδών που περιλαμβάνει και λόγω του ότι σπέρνεται σε πολλές χώρες με διαφορετικές κλιματικές, εδαφολογικές και άλλες συνθήκες.

### 1.2. Το βαμβάκι στην Ελλάδα

Στη χώρα μας, το βαμβάκι φαίνεται να καλλιεργείται για πρώτη φορά στην Ηλεία το 2<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα με το όνομα Βύσσος. Η καλλιέργεια του επεκτάθηκε σε μεγάλη κλίμακα γύρω στο 550 μ.Χ. Το όνομα βάμβαξ αναφέρεται για πρώτη φορά τον 6<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα και επί Τουρκοκρατίας φαίνεται να καλλιεργήθηκε σε Θεσσαλία, Σέρρες και στην κοιλάδα του Κηφισού.



Σήμερα, η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των 10 σημαντικότερων βαμβακοπαραγωγικών χωρών του κόσμου και μαζί με την Ισπανία είναι οι μόνες χώρες της Ε.Ε. που καλλιεργούν βαμβάκι. Το 2000 καλλιεργήθηκαν περίπου 4.300.000 στρέμματα ενώ το 2009 καλλιεργήθηκαν 2.350.000 στρέμματα. Επιπλέον, όσον αφορά τις στρεμματικές αποδόσεις, η χώρα μας

ανήκει στην 5<sup>η</sup> θέση παρά το ότι βρίσκεται στο βόρειο όριο της ζώνης καλλιέργειας του βαμβακιού.

Το 97% του συνόλου των καλλιεργούμενων με βαμβάκι εκτάσεων στη χώρα μας είναι αρδευόμενες εκτάσεις ενώ μόνο το 3% είναι ξηρικές. Παρά το υψηλό κόστος παραγωγής του, αποτελεί το δυναμικότερο γεωργικό προϊόν μεγάλης καλλιέργειας, στην Ελλάδα. Εξασφαλίζει μεγάλο κέρδος και γι' αυτό υπερτερεί του σκληρού σιταριού, του καλαμποκιού, των ελαιούχων φυτών και σε αρκετές περιοχές και των ζαχαρότευτλων. Συμμετέχει κατά 10% στο ακαθάριστο γεωργικό προϊόν και κατά 14% στο προϊόν φυτικής παραγωγής, ποσοστά μεγαλύτερα από κάθε άλλο γεωργικό προϊόν. Απασχολεί περίπου 90.000 αγροτικές οικογένειες καθώς και 150.000 περίπου αστικές οικογένειες που συμμετέχουν στα διάφορα στάδια μεταποίησής του.

Η βασικότερη χρήση του είναι η κατασκευή υφασμάτων και οι ίνες του αποτελούν την κυριότερη ύλη στα εργοστάσια υφαντουργίας. Ακόμα το λάδι που βγαίνει από το σπόρο του χρησιμοποιείται αλλά όχι ευρέως και τέλος από τα υπολείμματά του παρασκευάζονται διάφορες ζωτροφές.

Από άποψη ποιότητας, το ελληνικό βαμβάκι είναι αρκετά καλό. Έχει μήκος ίνας 27-29 χιλιοστά, ανήκει στα μέσο-μακρόινα και διακρίνεται για τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του. Τέλος, έχει εξαιρετική λεπτότητα και σε συνδυασμό με το μήκος του το καθιστούν διεθνώς περιζήτητο, όταν βέβαια η ωριμότητά του βρίσκεται στο επιθυμητό επίπεδο (Τόλης, 1986).

### 1.3. Καλλιεργητική τεχνική

#### Προετοιμασία του εδάφους

Με την κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους για τη σπορά του βαμβακιού επιδιώκουμε πρωίμηση της καλλιέργειας, ικανοποιητική ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Στόχος μας πρέπει πάντα να είναι η εκτέλεση μόνο των απολύτως απαραίτητων καλλιεργητικών εργασιών στον κατάλληλο χρόνο και με τα κατάλληλα εργαλεία. Έτσι μόνο μπορεί να αποφευχθεί η κακοποίηση του εδάφους και διαμορφώνονται οι καλύτερες και ευνοϊκότερες συνθήκες για το εδαφικό περιβάλλον.

Αμέσως μετά τη συγκομιδή, το φθινόπωρο, κάνουμε στελεχοκοπή και όργωμα. Η στελεχοκοπή έκτος από τη συμβολή της στην αντιμετώπιση του ρόδηνου σκουληκιού και τη διευκόλυνση του παραχώματος και της αποσύνθεσης των στελεχών, συμβάλει και στις επόμενες καλλιεργητικές εργασίες όπως το όργωμα και η σπορά.

Το όργωμα είναι ίσως η πιο σημαντική καλλιεργητική φροντίδα γιατί εξασφαλίζει την καλύτερη αποσύνθεση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, εκθέτει το έδαφος στις καιρικές μεταβολές, διευκολύνει την είσοδο του βρόχινου νερού σε μεγάλο βάθος με αποτέλεσμα την καλύτερη αποταμίευσή του και βέβαια καταστρέφει τα ζιζάνια και τα έντομα. Τέλος, δημιουργεί καλύτερες συνθήκες αερισμού και βοηθάει στη βελτίωση της σύστασης του εδάφους. Όταν κάνουμε ανοιξιάτικο όργωμα προσέχουμε πολύ ώστε το χωράφι να βρίσκεται στο ρώγο του, να έχει δηλαδή την κατάλληλη εδαφική υγρασία, κάτι που θα βοηθήσει πολύ την πορεία της καλλιέργειας.

Μια άλλη καλλιεργητική φροντίδα είναι η ισοπέδωση, η οποία βοηθάει στη γρήγορη και ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών καθώς και στην πλούσια καρποφορία. Σε μερικές περιπτώσεις την άνοιξη γίνονται μικρές ισοπεδώσεις με σκοπό τη διόρθωση των ανωμαλιών του χωραφιού.

Πολύ σημαντικό ρόλο στην προετοιμασία του χωραφιού παίζει η καλή αποστράγγισή του. Για το λόγο αυτό ανοίγουμε αυλάκια σε κατάλληλα από πλευράς κλίσης σημεία έτσι ώστε να απομακρύνεται το πλεονάζον νερό και να

μη δημιουργούνται προβλήματα νεροκρατήματος το χειμώνα. Γενικά θα πρέπει το έδαφος να μην είναι υγρό αλλά ούτε και πολύ στεγνό γιατί τότε δημιουργούνται προβλήματα τα οποία για να αντιμετωπιστούν ανεβαίνει πολύ το κόστος και καταπονείται πολύ το έδαφος λόγω χρήσης μηχανημάτων.

Η λίπανση του βαμβακιού γίνεται με αζωτούχα λιπάσματα. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν το άζωτο συνδυαστεί με το φώσφορο δίνει υψηλές αποδόσεις και καλύτερη ποιότητα βαμβακιού. Χρησιμοποιείται λιπασματοδιανομέας περιστρεφόμενου τύπου και έπειτα δισκοσβάρνα για την ενσωμάτωση του λιπάσματος.

#### 1.4. Βαμβάκι και ζιζάνια

Οι περισσότερες και οι μεγαλύτερες ζημιές που αντιμετωπίζει μια βαμβακοκαλλιέργεια, προκαλούνται από τα ζιζάνια και όχι από ζωικούς εχθρούς ή ασθένειες. Ο ανταγωνισμός των ζιζανίων είναι πιο επιζήμιος τους δύο πρώτους μήνες της ανάπτυξης των βαμβακόφυτων από ότι στους επόμενους. Τα ζιζάνια ως πολύ ανταγωνιστικά και ανθεκτικά συναγωνίζονται το βαμβάκι σε θρεπτικά στοιχεία, υγρασία και φως. Επιπλέον, διάφορα έντομα φιλοξενούνται από τα ζιζάνια και μεταδίδονται στα βαμβακόφυτα, προκαλώντας ζημιές, όπως ο τετράνυχος ένα από τα πιο επιβλαβή έντομα για το βαμβάκι.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι τα βαμβακόφυτα να εξασθενούν, τα καρύδια να μένουν μικρά και οι σπόροι ατροφικοί οπότε μειώνεται και η αντοχή τους. Η παραγωγή μειώνεται και η ποιότητα χαλάει. Ακόμα αυξάνονται τα έξοδα του εκάστοτε καλλιεργητή αφού είναι υποχρεωμένος να καταπολεμήσει τα ζιζάνια με διάφορους τρόπους.

#### 1.4.1. Ζιζανιοκτονία

Το βαμβάκι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του είναι βραδείας ανάπτυξης. Έτσι η ζιζανιοκτονία θα πρέπει να γίνεται κατά τη σπορά, λίγο πριν ή και μετά αλλά οπωσδήποτε πριν από το φύτευμα. Έτσι καθυστερεί η βλάστηση των ζιζανίων τα οποία γενικά αναπτύσσονται πολύ πιο γρήγορα από το βαμβάκι αποκτώντας προβάδισμα σε θρεπτικά στοιχεία, φως και υγρασία. Γενικά για σωστή και επιτυχημένη ζιζανιοκτονία πρέπει να γνωρίζουμε τα είδη των ζιζανίων που έχουμε να αντιμετωπίσουμε στην εκάστοτε περίπτωση έτσι ώστε να επιλέξουμε το κατάλληλο ζιζανιοκτόνο και βέβαια η σωστή εφαρμογή του (ποσότητες και τρόπος εφαρμογής).

Γενικά, για την επιτυχή καταπολέμηση των ζιζανίων είναι καλό να παρθούν προληπτικά, καλλιεργητικά και χημικά μέτρα. Καταρχήν πρέπει να επιλέγονται χωράφια καθαρά χωρίς δύσκολα στην καταπολέμηση ζιζάνια. Ακόμα, θα πρέπει να απομακρύνονται έγκαιρα τα ζιζάνια που βρίσκονται στις άκρες των χωραφιών. Επιπλέον, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να γίνεται καθαρισμός των γεωργικών μηχανημάτων έπειτα από κάθε χρήση στο χωράφι και να ελέγχεται οτιδήποτε εισχωρεί στο χωράφι, όπως η κοπριά ή τα λιπάσματα.

Επίσης χρειάζεται καλή προετοιμασία του χωραφιού πριν την σπορά, σωστή λίπανση και άρδευση στην εκάστοτε καλλιέργεια ώστε να γίνει ανταγωνιστική ως προς τα ζιζάνια, πρέπει να επιλέγεται καλή ποιότητα σπόρου καθώς και η σωστή ποικιλία για τις συγκεκριμένες κάθε φορά εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Στη συνέχεια με μηχανικό σκάλισμα μεταξύ των γραμμών επιτυγχάνεται καταπολέμηση μεγάλου αριθμού ειδών ζιζανίων, αερισμός του εδάφους και διήθηση του αρδευτικού νερού.

Τέλος, η αντιμετώπιση – καταπολέμηση των ζιζανίων μπορεί να είναι και χημική, με εφαρμογή δηλαδή κάποιων ζιζανιοκτόνων. Τα ζιζανιοκτόνα είναι

εύκολα στην εφαρμογή, έχουν μεγάλο φάσμα δράσης και μεγάλη αποτελεσματικότητα ενάντια στα δύσκολα ζιζάνια, έχουν γρήγορα αποτελέσματα και τέλος υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής σε επικλινή εδάφη.

Βέβαια θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί και φειδωλοί με τη χρήση τους διότι ρυπαίνουν το περιβάλλον, είναι ικανά να εξοντώσουν οργανισμούς που δεν θα έπρεπε και επιπλέον είναι υπεύθυνα για τη φυτοτοξικότητα στις καλλιέργειες λόγω κακής εφαρμογής τους ή υπολειμματικής δράσης.

Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα στο βαμβάκι και είναι εγκεκριμένα από τη χώρα μας χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

#### A) Προσπαρτικά

Χρησιμοποιούνται σε καλά προετοιμασμένο έδαφος λίγο πριν τη σπορά. Γίνεται ομοιόμορφος ψεκασμός όλης της επιφάνειας του εδάφους και έπειτα ενσωμάτωσή τους στα 5 – 8cm με σταυρωτό πέρασμα καλλιεργητή ή δισκοσβάρνας. Η ενσωμάτωσή τους δεν πρέπει να γίνεται βαθύτερα γιατί τότε έχουμε υπερβολική αραίωση του ζιζανιοκτόνου.

Στα ζιζανιοκτόνα με δραστικές ουσίες που ανήκουν στην ομάδα των δινιτροανιλινών (ethalfluralin, pendimethalin και trifluralin) πρέπει να γίνεται πάντα ενσωμάτωσή τους γιατί είναι πτητικά (εξατμίζονται) και αμετακίνητα στο έδαφος (δεν μετακινούνται εύκολα προς τα κάτω με το νερό). Η δράση τους δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους, μόνο κάποιες φορές σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας παρατηρείται κάποια ήπια φυτοτοξικότητα στο βαμβάκι και μειωμένη αποτελεσματικότητα.

Σε ξηρά εδάφη, όταν χρησιμοποιούνται ζιζανιοκτόνα όπως το fluometuron ή το prometryn, τα οποία μετακινούνται εύκολα στο έδαφος με το νερό και δεν είναι πτητικά, δηλαδή η δράση τους επηρεάζεται πολύ από την υγρασία του εδάφους, η αποτελεσματικότητά τους βελτιώνεται πολύ με την ενσωμάτωση.



Αντίθετα σε έντονες βροχοπτώσεις μετά την εφαρμογή τους, μετακινούνται σε βαθύτερα στρώματα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αποτελεσματικότητά τους και την αύξηση του κινδύνου ζημιάς στην καλλιέργεια.

**Πίνακας 1.1.: Προσπαρτικά Ζιζανιοκτόνα**

ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΔΟΣΗ (γρ. ή κ. εκ. σκευ./στρ.)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Sonalan 33.3 EC	Ethalfuralin	400	Ενσωμάτωση σε βάθος 5 εκ. Μέσα σε 4 ώρες από τον ψεκάσμο
Cottonex 90 WG	Fluometuron	140-270	Σε ξηρά εδάφη ή όταν αναμένεται να επικρατήσουν συνθήκες ξηρασίας μετά την εφαρμογή
Cottonex Combi 18/28 SE	Fluometuron/ trifluralin	400-600	Ενσωμάτωση σε βάθος 5-8 εκ. αμέσως μετά την εφαρμογή
Stomp 33 EC κ.α.	Pendimethalin	400-600	Μπορεί να συνδυαστεί με 160-240γρ. σκευ./στρ. prometryn
Προμετρίνη 50 EC ή CS (πολλά σκευ.)	Prometryn	160-240	Σε συνδυασμό με 120-180κ.εκ. σκευ./στρ. Trifluralin 48%
Τριφλουραλιν 48 EC (πολλά σκευ.)	Trifluralin	120-250	Μέσα σε μισή ώρα από τον ψεκάσμο, ενσωμάτωση σε βάθος 5εκ.

## B) Προφυτρωτικά

Τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται μετά τη σπορά και πριν το φύτευμα της καλλιέργειας. Η εφαρμογή τους γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς ενσωμάτωση. Έπειτα από ελαφριά βροχή ή πότισμα

μετακινούνται στο έδαφος και φτάνουν στο βάθος φυτρώματος των σπόρων των ζιζανίων. Καλό θα ήταν να αποφεύγεται το έντονο πότισμα για τους λόγους που αναφέρθηκαν στα προσπαρτικά ζιζανιοκτόνα.

**Πίνακας 1.2.: Προφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα**

ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΔΟΣΗ (γρ. ή κ. εκ. σκευ./στρ.)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Αλαχλόρ 48 EC ή CS (πολλά σκευ.)	Alachlor	350-500	Εφαρμογή 3-5 ημέρες μετά τη σπορά
Alanex Combi 24/20 CS	Alachlor/fluometuron	600-800	Εφαρμογή μέσα σε 5 ημέρες από τη σπορά
Cotralin 23/12 CS	Alachlor/prometryn	800-1000	Εφαρμογή μέσα σε 5 ημέρες από τη σπορά
Tomahawk 30/16.7 CS	Alachlor/prometryn	600-750	Εφαρμογή μέσα σε 5 ημέρες από τη σπορά
Tau 80 WP	Diuron	150-250	Να μην χρησιμοποιείται σε πολύ ελαφρά και αμμώδη εδάφη
Cottonex 50 WP ή SC κ.α.	Fluometuron	200-500	Εφαρμογή σύντομα μετά τη σπορά
Cotogard 25+25 SC	Fluometuron/prometryn	400-500	Εφαρμογή σύντομα μετά τη σπορά
Stomp 33 EC κ.α.	Pendimethalin	400-600	Εφαρμογή αμέσως μετά τη σπορά
Προμετρήνη 50 EC ή CS (πολλά σκευ.)	Prometryn	250-400	Εφαρμογή σύντομα μετά τη σπορά
Dual Gold 96 EC	s-metolachlor	100-130	Εφαρμογή σύντομα μετά τη σπορά

### Γ) Εκλεκτικά μεταφυτρωτικά

Τα εκλεκτικά μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται μετά το φύτευμα των ζιζανίων και της καλλιέργειας, με ψεκάσμο στο φύλλωμα. Η αποτελεσματικότητά τους δεν επηρεάζεται από τον τύπο εδάφους και τις συνθήκες υγρασίας. Για τα ετήσια αγρωστώδη ζιζάνια η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων πρέπει να γίνεται όταν αυτά βρίσκονται σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης (2 – 4 φύλλα), ενώ για τα πολυετή αγρωστώδη πρέπει να γίνεται σε μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης ζιζανίων (20 – 30 cm).

**Πίνακας 1.3.:** Εκλεκτικά Μεταφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα

ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΔΟΣΗ (γρ. ή κ. εκ. σκευ./στρ.)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Select 24 EC	Clethodium	75-100	Απόσταση από συγκομιδή τουλάχιστον 120 ημέρες
Fusilade 12,5 EC	Fluazifop-p-butyl	100-250	Απόσταση από συγκομιδή τουλάχιστον 30 ημέρες
Agil 10 EC	Propraquizafof	50-120	Απόσταση από συγκομιδή τουλάχιστον 80 ημέρες
Targa 5 EC κ.α.	Quizalofop-p-ethyl	100-150	Απόσταση από συγκομιδή τουλάχιστον 80 ημέρες

#### Δ) Μη εκλεκτικά μεταφυτρωτικά

Τα μη εκλεκτικά μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα εφαρμόζονται με ψεκασμό αποκλειστικά στο φύλλωμα των ζιζανίων. Όπως και τα εκλεκτικά μεταφυτρωτικά δεν επηρεάζονται από τον τύπο εδάφους και την εδαφική υγρασία. Είναι κατάλληλα για την αντιμετώπιση πολυετών δυσεξόντων ζιζανίων όπως η περικοκλάδα και η κύπερη (π.χ. με τα σκευάσματα glyphosate ή glyphosinate). Επιπλέον είναι χρήσιμα στην καταπολέμηση των ζιζανίων μεταξύ των γραμμών σποράς όταν αυτό δεν έχει επιτευχθεί με τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα. Γενικά χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να αποφευχθεί ο ψεκασμός στα φύλλα και τους βλαστούς του βαμβακιού και γι' αυτό τοποθετούνται ειδικά καλύμματα στα μπτεκ.

**Πίνακας 1.4.:** Μη εκλεκτικά Μεταφυτρωτικά Ζιζανιοκτόνα

ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	ΔΟΣΗ (γρ. ή κ. εκ. σκευ./στρ.)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Basta 20 SL	Glufosinate	400-750	Κατευθυνόμενος ψεκασμός μεταξύ των γραμμών
Roundup 36 SL κ.α.	Glyphosate	150-1000	Κατευθυνόμενος ψεκασμός μεταξύ των γραμμών
Gramoxone 20 SL κ.α.	Paraquat	200-300	Κατευθυνόμενος ψεκασμός μεταξύ των γραμμών
Regal 6.66/13,33 SL	Paraquat/diquat	300-500	Ψεκασμός φυτρωμένων ζιζανίων πριν τη σπορά

## 2. ZIZANIA

### 2.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Με τον όρο ζιζάνια εννοούμε όλα τα ανώτερα φυτά τα οποία φυτρώνουν εκεί που δεν επιθυμούμε. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των ζιζανίων είναι ότι δεν εξαλείφονται εύκολα. Ακόμα χαρακτηρίζονται από μεγάλη προσαρμοστική και ανταγωνιστική ικανότητα και επωφελούνται από τις περιποιήσεις των καλλιεργούμενων φυτών από τον άνθρωπο. Ακόμα, έχουν πολύ αποτελεσματικούς μηχανισμούς πολλαπλασιασμού και διασποράς.

Ανάλογα με τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, τα ζιζάνια χωρίζονται σε μονοετή, διετή και πολυετή. Τα μονοετή συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε ένα χρόνο και έπειτα πεθαίνουν. Τα διετή σε δύο χρόνια και τα πολυετή, τα οποία εξολοθρεύονται πολύ δύσκολα, σε περισσότερα από δύο χρόνια. Μερικά από τα πιο σπουδαία πολυετή ζιζάνια είναι η κύπερη και συγκεκριμένα η πορφυρή (*Cyperus rotundus*), η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*), η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), το πολυετές κίρσιο (*Cirsium arvense*) κ.ά.

Τα ζιζάνια αναπαράγονται εγγενώς και αγενώς. Τα όργανα αναπαραγωγής τους έχουν μεγάλη δυναμικότητα και όταν εισχωρήσουν στο έδαφος διατηρούν τη βιωσιμότητά τους για πολλά χρόνια. Αυτό έχει ως συνέπεια αφενός μεν την εύκολη και γρήγορη εισαγωγή και εξάπλωσή τους, αφετέρου δε, την εξαιρετικά δύσκολη εξόντωσή τους.

Ο σπουδαιότερος μηχανισμός επιβίωσής τους, πιστεύεται ότι είναι ο λήθαργος, μια κατάσταση η οποία δεν επιτρέπει σε όλους τους σπόρους ή τα όργανα αγενούς αναπαραγωγής να φυτρώσουν ή να βλαστήσουν ταυτόχρονα. Έτσι η εξόντωσή τους είναι πάρα πολύ δύσκολη.

Η θερμοκρασία, η υγρασία και το οξυγόνο φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στο φύτεμα ή βλάστημα των οργάνων αναπαραγωγής. Για παράδειγμα η κύπερη (*Cyperus rotundus*) βλαστάνει μόνο όταν η

θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή. Ακόμα, το φως ή το σκοτάδι ευνοούν το φύτευμα κάποιων ζιζανίων. Τέλος, τα ζιζάνια δεν φυτρώνουν όταν στο έδαφος υπάρχουν ουσίες οι οποίες αναστέλλουν τη διεργασία αυτή, όπως τα ζιζανιοκτόνα.

## 2.2. Επιδράσεις ζιζανίων

Η ύπαρξη των ζιζανίων προκαλεί ποικίλα προβλήματα τόσο στους ανθρώπους και στα ζώα (δηλητηριάσεις, αλλεργίες), όσο και στα καλλιεργούμενα φυτά και στα φυσικά λιβάδια. Το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στον ανταγωνισμό τους με τα καλλιεργούμενα φυτά, σε χώρο, φως, θρεπτικά συστατικά και νερό. Η έκταση του συγκεκριμένου προβλήματος επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η πυκνότητα και το είδος των ζιζανίων, το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, ο τύπος του εδάφους, η λίπανση, η άρδευση κ.ά. Ένα ακόμα σοβαρό πρόβλημα που προκαλούν τα ζιζάνια είναι η αλληλοπάθεια. Το φαινόμενο κατά το οποίο μερικά ζιζάνια εκκρίνουν ουσίες που αναστέλλουν το φύτευμα ή την αύξηση των καλλιεργούμενων φυτών. Τέτοια ζιζάνια είναι και η κύπερη (*Cyperus rotundus*), καθώς και η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*) με τα οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα μελέτη.

Μια άλλη σοβαρή ζημιά που προκαλούν τα ζιζάνια είναι ότι είναι ξενιστές εντόμων και παθογόνων μικροοργανισμών τα οποία προσβάλουν τα καλλιεργούμενα φυτά. Τέλος, τα ζιζάνια μπορεί να γίνουν ενοχλητικά και επικίνδυνα γιατί εμφανίζονται στις πλευρές των δρόμων και μειώνουν την ορατότητα, επίσης τα υδροχαρή ζιζάνια εμποδίζουν τη ναυσιπλοΐα σε λίμνες και ποτάμια και επιπλέον αν φαγωθούν από ζώα μεταδίδουν στο γάλα άσχημη οσμή και γεύση.

Παρόλα αυτά τα ζιζάνια φαίνεται να έχουν και κάποιες θετικές επιδράσεις στη φύση και σε εμάς όπως το ότι αυξάνουν την οργανική ουσία και το άζωτο των εδαφών, περιορίζουν τη διάβρωση, χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές και τις αρωματικές τους ιδιότητες και αποτελούν πηγή γενετικού υλικού.

### 2.3. Πορφυρή κύπερη (*Cyperus rotundus*)

Η πορφυρή κύπερη είναι πολυετές ζιζάνιο και ανήκει στην οικογένεια Cyperaceae. Φυτρώνει τον Απρίλιο και ανθίζει αρχές καλοκαιριού. Οι ταξιανθίες που σχηματίζονται είναι καφεκίτρινες και το φυτόματά του ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες (27-33°C) σε συνδυασμό με χαμηλά επίπεδα αζώτου. Ακόμα, το αρκετό φως (14-15,5 ώρες) συμβάλλει στην παραγωγή βλαστών.



Είναι εξαιρετικά επιβλαβές ζιζάνιο και λόγω της δυσκολίας εξόντωσής του, μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις των καλλιεργούμενων φυτών. Για την αντιμετώπισή του λαμβάνονται καλλιεργητικά μέτρα όπως η αμειψισπορά με κατάλληλες καλλιέργειες όπως η σόγια, ο αραβόσιτος, ο καπνός και το βαμβάκι ή η κάλυψη του εδάφους του αγρού μεταξύ των σειρών με φύλλο από μαύρο πλαστικό είναι επίσης αποτελεσματική. Η επιτυχία αυτού του τρόπου έγκειται στο ότι τα ζιζάνια φυτρώνουν κάτω από αυτό το φύλλο και είναι αδύνατο να φωτοσυνθέσουν, οπότε πεθαίνουν.

Επιπλέον, γίνεται μηχανική καταπολέμηση, με βαθύ και το συχνό όργωμα οπότε καταστρέφονται οι ρίζες που έρχονται στην επιφάνεια είτε από τις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είτε από τις χαμηλές κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Τέλος, γίνεται χημική καταπολέμηση με τα ζιζανιοκτόνα, τα οποία έχουν πολύ καλό αποτέλεσμα ενάντια στην πορφυρή κύπερη, ειδικά όταν συνδυάζονται με άλλες καλλιεργητικές πρακτικές.

#### 2.4. Περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*)

Η περικοκλάδα είναι πολυετές ζιζάνιο, ανήκει στην οικογένεια Convolvulaceae και ευνοείται από σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και αρκετές ώρες φωτός. Αναπτύσσεται καλύτερα σε θερμά, ξηρά, γόνιμα και πηλώδη εδάφη, αντέχει την ξηρασία αλλά όχι τη σκίαση. Φυτρώνει την άνοιξη και ανθίζει το καλοκαίρι έως αρχές φθινοπώρου. Τα άνθη του είναι μεγάλα και λευκά.



Είναι επιβλαβές και δυσεξόντωτο ζιζάνιο γιατί έχει εκτεταμένο ριζικό σύστημα και μεγάλη υπέργεια ανάπτυξη με αποτέλεσμα να γίνεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικό με τα καλλιεργούμενα φυτά. Ακόμα, λόγω της αλληλοπάθειας (φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένα ζιζάνια εκκρίνουν στο χώρο χημικές ουσίες, οι οποίες αναστέλλουν το φύτρωμα και την ανάπτυξη των φυτών) είναι αρκετά επιζήμιο ως προς αυτά.

Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισής του είναι ο συχνός έλεγχος των φυτών για να αποτραπεί η ωρίμανση και η εξάπλωση του σπόρου του. Ακόμα, το βαθύ και συχνό όργωμα είναι ένας πολύ καλός τρόπος για έλεγχό του στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Επιπλέον, καλό είναι να έχει επιτευχθεί πολύ μεγάλος ανταγωνισμός καλλιέργειας – ζιζανίων την προηγούμενη χρονιά. Όσον αφορά τη χημική καταπολέμησή του, τα ζιζανιοκτόνα πρέπει να επιλέγονται και να εφαρμόζονται ανά περίπτωση και βέβαια σε συνδυασμό με άλλες διεργασίες.



### 3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### 3.1. Ορισμός και Περιγραφή των ΓΠΣ

Πολλοί επιστήμονες ανά καιρούς προσπάθησαν να ορίσουν την έννοια των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Burrough (1983), Parker (1986), Carter(1989), Μανιάτης (1996), Κουτσόπουλος (2002) κ.ά.)

- Σύμφωνα με τον Burrough (1983), τα Γ.Σ.Π. αντιπροσωπεύουν *«ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου»*
- Κατά τον Parker (1986), τα Γ.Σ.Π. *«είναι ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση μετασχηματισμό και απεικόνιση των χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο»*
- Κατά τον Carter (1989) τα Γ.Σ.Π. *«είναι όλα εκείνα τα πληροφοριακά συστήματα τα οποία εστιάζουν σε χωρικά ενδιαφέροντα και φαινόμενα σε κλίμακες από όλη τη γη μέχρι τη μοναδιαία ιδιοκτησία (land parcel)»*
- Ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός σύμφωνα με την F.I.G. (Federation Internationale des Geometres) είναι *«Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μια Βάση Δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο, τα οποία σχετίζονται με τη γη και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η Βάση ενός Γ.Σ.Π. είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη»* (Μανιάτης, 1996).
- Τέλος, κατά τον Κουτσόπουλο (2002), τα Γ.Σ.Π. *«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»*

Οι Chan και Williamson (1997) συγκέντρωσαν τους ορισμούς που αφορούν στα στοιχεία που απαρτίζουν τα Γ.Π.Σ.:

- Κατά τον Dangermond, 1988 το ΓΠΣ αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία: «τα δεδομένα, το υλικό, το λογισμικό, τη διαδικασία και τους ανθρώπους»
- Κατά τους Dickinson and Calkins, 1988 το ΓΠΣ αποτελείται από τρία συστατικά: «την τεχνολογία ΓΠΣ, τη βάση δεδομένων ΓΠΣ, την υποδομή ΓΠΣ»
- Σύμφωνα με τον Carter, 1989 το ΓΠΣ είναι «μια θεσμική οντότητα, που απεικονίζει μια οργανωτική δομή που ενσωματώνει την τεχνολογία στη βάση δεδομένων, την πείρα και τη συνεχόμενη οικονομική ενίσχυση με την πάροδο του χρόνου»
- Κατά τον Burrough, 1990 το ΓΠΣ έχει τρία συστατικά μέρη: «το υλικό του υπολογιστή, τα σύνολα ενοτήτων εφαρμογών λογισμικού, και ένα κατάλληλο οργανωτικό πλαίσιο»
- Σύμφωνα με τον Maguire, 1991 το ΓΠΣ περιλαμβάνει «τέσσερα βασικά στοιχεία που λειτουργούν σε ένα θεσμικό πλαίσιο: το υλικό, το λογισμικό, τα δεδομένα και το έμβιο υλικό»

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο, 2005 τα βασικά συστατικά των Γ.Π.Σ.. είναι τρία, τα μηχανήματα (hardware), οι αλγόριθμοι (softwares – προγράμματα εφαρμογής) και τα διαθέσιμα (resoursware).

Κατά τον Καρτέρη, 1999 τα Γ.Π.Σ.. είναι συνολικά ένα νέο επιστημονικό πεδίο το οποίο χειρίζεται χωρικά και μη χωρικά δεδομένα και αποτελούνται από τρία βασικά μέρη: το ηλεκτρονικό σύστημα οργάνων, το λογισμικό και τα δεδομένα.

Σύμφωνα με τη Β. Κόλλια – Κουσούρη (Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα – Σημειώσεις διδασκαλίας) τα μέρη ενός Γ.Π.Σ. είναι: το Υλικό (hardware), το Λογισμικό (software), τα δεδομένα, η Οργανωτική Δομή \ Οι άνθρωποι και τέλος το Δίκτυο \ Διαδίκτυο.

Σύμφωνα με τον Καρτέρη (1999) τα χωρικά δεδομένα χαρακτηρίζονται αποκλειστικά απ' τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων ενώ τα μη χωρικά (περιγραφικά) δεδομένα σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες της υπόψη χωρικής θέσης. Επίσης, σύμφωνα πάντα με τον Καρτέρη (1999) τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε τέσσερις βασικές μορφές

- Τα σημειακά (Point Features)
- Τα γραμμικά (Line Features)
- Τα επιφανειακά ή πολυγωνικά (Polygon Features) και
- Τα τρισδιάστατα ή αναγλύφου (TINs)

Σύμφωνα με τον Καλύβα (2007), «ένα ΓΠΣ αποθηκεύει τις γεωγραφικές πληροφορίες μιας περιοχής σε διακριτά επίπεδα επί μέρους ομοιογενών πληροφοριών (layers), το καθένα από τα οποία αποτελεί και ξεχωριστό ηλεκτρονικό αρχείο, π.χ. επίπεδο εδαφολογικών πληροφοριών, επίπεδο ορίων αμπελώνων, επίπεδο υψομετρικών πληροφοριών (ισοϋψείς). Η μέθοδος της διαστρωμάτωσης της γεωγραφικής πληροφορίας δίνει πολύ σημαντικές δυνατότητες σε ένα ΓΠΣ για να πραγματοποιήσει πολύπλοκες επεξεργασίες και αναλύσεις πάνω στις γεωγραφικές πληροφορίες των διαφόρων επιπέδων πληροφοριών».

Οι αρχικές πληροφορίες ή δεδομένα συνήθως διακρίνονται σε γεωγραφικά – χωρικά δεδομένα και σε περιγραφικά (Καλύβας, 2007).

Επίσης, σύμφωνα με τον Καλύβα (2007), «όλα τα σύγχρονα ΓΠΣ χρησιμοποιούν δύο δομές δεδομένων για την αποθήκευση των γεωγραφικών πληροφοριών: διανυσματική και πλεγματική. Στο διανυσματικό μοντέλο όλα τα γεωγραφικά φαινόμενα (π.χ. υδρογραφικό δίκτυο, θέσεις οικισμών) καταχωρούνται με τη μορφή σημείων, γραμμών, πολυγώνων. Ένα ζεύγος

συντεταγμένων ( $x, y$ ) αρκεί για την αποθήκευση της θέσης ενός σημείου, ενώ οι γραμμές και τα πολύγωνα αναλύονται σε συντεταγμένες. Το διανυσματικό μοντέλο είναι πολύ κατάλληλο όταν πρόκειται να αποθηκευτούν πληροφορίες κατηγορικής υφής, όπως π.χ. κατηγορίες εδαφών, ενώ μειονεκτεί όταν πρόκειται να περιγράψει γεωγραφικά φαινόμενα που μεταβάλλονται συνεχώς στο χώρο, όπως π.χ. η κλίση του εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές καταλληλότερο είναι το πλεγματικό μοντέλο στο οποίο καταχωρούνται πληροφορίες σε επίπεδο κελιών-κυψελίδων κάποιων συγκεκριμένων διαστάσεων».

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες διανυσματικών επιπέδων πληροφορίας, σύμφωνα με τον Καλύβα (2007):

- «Σημειακά διανυσματικά επίπεδα πληροφοριών που δείχνουν που βρίσκονται τα πράγματα. Σε ένα τέτοιο θέμα για παράδειγμα κάθε σημείο παριστά μια πόλη. Μπορεί να γίνει τροποποίηση του χάρτη έτσι ώστε μια μεγαλύτερη πόλη να αναπαριστάται με μεγαλύτερο σημείο (τελεία).
- Διανυσματικά επίπεδα γραμμών, όπως για παράδειγμα το οδικό δίκτυο. Αυτά είναι για περιπτώσεις όπου υπάρχει μήκος στα προς ανάλυση αντικείμενα.
- Πολυγωνικά διανυσματικά επίπεδα πληροφοριών που είναι για περιπτώσεις όπου τα αντικείμενα έχουν έκταση, είναι οι χώρες, τα εθνικά πάρκα, οι πολιτείες κ.λπ.»

Τα ΓΠΣ έχουν γίνει απαραίτητα σε πολλούς τομείς, όπως η διερεύνηση των φυσικών πόρων, η παρατήρηση του περιβάλλοντος, η πρόληψη των καταστροφών, ο αστικός σχεδιασμός και η διαχείριση λήψης αποφάσεων (Lan, 2004). Με την αυξανόμενη χρήση των γεωγραφικών δεδομένων, τα ΓΠΣ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην ψηφιοποίηση της γης, των πόλεων, του οικοσυστήματος, κ.λπ. (Li και συν., 2010).

Εφαρμογές των Γ.Σ.Π. είναι δυνατό να βρεθούν σε διάφορα επιστημονικά πεδία όπως στην γεωπονία, στη δασοπονία, στη γεωλογία, στην εδαφολογία, στη γεωγραφία, στην τοπογραφία, στην χαρτογραφία κ.λ.π. Τα Γ.Σ.Π. μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού σε περιφερειακό προγραμματισμός – σχεδιασμό, σε αστικό

προγραμματισμό – σχεδιασμό, σε συγκοινωνίες – μεταφορές, σε τεχνική υποδομή, σε περιβαλλοντικά θέματα, στη φορολογία, στην εκπαίδευση, στην υγεία – πρόνοια, στη δασική υπηρεσία, στην πυροσβεστική, στην αστυνομία, στην ανάλυση αγοράς, στην αγορά εργασίας, στα δίκτυα διανομών, πωλήσεων και χωροθετήσεις κατανομών, όπως αναφέρει ο Κουτσόπουλος (2005).

Οι σημαντικότερες εφαρμογές των Γ.Π.Σ. κατά την Κόλλια – Κουσούρη με ιδιαίτερη έμφαση στο τομέα των Γεωεπιστημών είναι μελέτες εδαφολογικές, υδρολογικές, γεωλογικές, περιβαλλοντικές, αρχαιολογικές, συγκοινωνιακές, εμπορικές, αναπτυξιακού σχεδιασμού, έργων κοινής ωφέλειας καθώς και δημογραφικές και κοινωνικο – οικονομικές μελέτες.

## 4. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1. Εισαγωγή

Η πρώτη γνωστή αναφορά πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων εντοπίζεται στον Βενιαμίν Φραγκλίνο (1706 – 1790), ο οποίος λέγεται πως χρησιμοποιούσε ένα απλό χαρτί, όπου στη μία του πλευρά έγραφε τα «υπέρ» επιχειρήματα για μια απόφαση που έπρεπε να πάρει, και από την άλλη τα «κατά». Στη συνέχεια, διαγράφοντας από κάθε πλευρά τα επιχειρήματα ίσης σημαντικότητας, επέλεγε την πλευρά στην οποία είχαν παραμείνει επιχειρήματα και ήταν αυτή που θα έπρεπε να υποστηρίξει. ([www.mcdmsociety.org](http://www.mcdmsociety.org))

Η λήψη απόφασης πολλαπλών κριτηρίων είναι ένας κλάδος μιας γενικής κατηγορίας ερευνητικών επιχειρησιακών μοντέλων που εξετάζουν τα προβλήματα απόφασης κάτω από την παρουσία διάφορων κριτηρίων απόφασης. Εξαιτίας των πολλαπλών κριτηρίων και κατ' επέκταση της πολυπλοκότητας των προβλημάτων, οι αποφάσεις που πρέπει να παρθούν απαιτούν την ικανοποίηση λίγων, μερικών ή αρκετών επιμέρους μεταβλητών ή απαιτήσεων (εκπλήρωση συνθηκών).

Πολλές φορές οι λύσεις που προκύπτουν διαφέρουν μεταξύ τους ελάχιστα και αξιολογούνται χωριστά με βάση κάποια κριτήρια τα οποία μπορεί να είναι δυσανάλογα μεταξύ τους. Έτσι, χρειάζεται προσοχή στην επιλογή της καταλληλότερης λύσης. Σύμφωνα με τον Σπανό, (2004) τα επιμέρους εναλλακτικά σενάρια που μπορούν να προκύψουν μπορεί να ικανοποιούν τον ορίζοντα των ελάχιστων απαιτήσεων που έχουν τεθεί ή να είναι όλα αποδεκτά, αλλά το καθένα έχει μεγαλύτερες ή μικρότερες συνέπειες ή επιπτώσεις και συνεπώς πρέπει να εφαρμοστεί μια ορθολογική ανάλυση που θα μας δείξει, στο μεγαλύτερο δυνατό, την ορθή λύση.

Η πολυκριτηριακή ανάλυση (Multi – Criteria Analysis) είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που έχει αναπτυχθεί για σύνθετα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων. Σε μια κατάσταση όπου περιλαμβάνονται πολλαπλάσια κριτήρια επιλογής ή λήψης απόφασης, μπορεί να προκύψει σύγχυση εάν δεν ακολουθείται μια λογική και καλά δομημένη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Malczewski, 1999).

Ένας ορισμός που δίνεται από την International Society on Multiple Criteria Decision Making (MCDM) για την πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων, είναι ο εξής:

«Η Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων (MCDM) μπορεί να οριστεί ως η μελέτη των μεθόδων και των διαδικασιών από τις οποίες το ενδιαφέρον για τα πολλαπλάσια αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια μπορεί επισήμως να ενσωματωθεί στη διαδικασία διοικητικού προγραμματισμού»

Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται πολλές πολυκριτηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν από τους Bellman και Zadeh (1970), Yager (1988, 1991, 1992, 1996, 1998, 2004α, 2004β), Chen, (1988), Tacker και Silvia, (1991), Bordogna και Pasi, (1995), Chen και Chen, (2005), Kulak (2005) Kwon, Kim, και Lee, (2007), Fu, (2008), Chen και wang, (2009)) στον τομέα Λήψης Απόφασης. Μερικές από αυτές είναι:

- Μέθοδος M.A.U.T. (*Multi-Attribute Utility Theory*)
- Μέθοδος M.A.V.T. (*Multi-Attribute Value Theory*)
- Μέθοδος U.T.A. (*Utility Theory Additive*)
- Μέθοδος STEM
- Μέθοδος SMART (*Simple MultiAttribute Rating Technique*)
- Μέθοδος SAW (*Simple Additive Weighting*)
- Μέθοδος T.O.P.S.I.S. (*The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)
- Μέθοδος D.E.A. (*Data Envelopment Analysis*)

- Μέθοδος ELECTRE
- Μέθοδος PROMETHEE
- Μέθοδος A.H.P. (*Analytical Hierarchy Process*)
- Μέθοδος O.W.A. (*Ordered Weighted Averaging*)

#### 4.2. Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (A.H.P.)

Η AHP ή Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, αναπτύχθηκε από τον Thomas L. Saaty, στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ενώ ήταν στο Wharton School (Πανεπιστήμιο της Πενσιλβάνια, Φιλαδέλφεια, PA) (Saaty R.W., 1987). Λόγω της απλότητας, της σαφήνειας και της ευκολίας υλοποίησης της έχει καθιερωθεί ως μια από τις περισσότερο εφαρμοσμένες τεχνικές ανάλυσης αποφάσεων (Harker, 1987).

Η AHP παρέχει έναν αποτελεσματικό μηχανισμό για τον έλεγχο της συνέπειας, των μέτρων αξιολόγησης, καθώς και των εναλλακτικών λύσεων που προτείνονται κάθε φορά, με τη μείωση της πόλωσης και τη σύγχυσης κατά τη λήψη των αποφάσεων. Αυτά εξυπηρετούν στο να αφομοιώνονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, τα υποκειμενικά ή αντικειμενικά κριτήρια και τα μέτρα αξιολόγησης (Saaty, 1994).

Η A.H.P. μέσω μιας σειράς απλών συγκρίσεων (Διαδικές Συγκρίσεις) μεταξύ των στοιχείων της Ιεραρχίας απόφασης, μειώνει τις σύνθετες αποφάσεις. Σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο κ.α., 2009, η μέθοδος των δυαδικών συγκρίσεων σε ένα σύνολο δεικτών για κάθε κριτήριο, επιμερίζει ένα σύνθετο πρόβλημα κριτηρίων και δεικτών, σε μια σειρά από κρίσεις ένα προς ένα των κριτηρίων, σχετικού με κάποιο κριτήριο που περιγράφει.

Η σημαντική υπεροχή και δύναμη της AHP εστιάζεται ακριβώς στη δυνατότητα των δυαδικών λεκτικών συγκρίσεων μεταξύ οποιονδήποτε στοιχείων, ποσοτικών και μη ποσοτικών (E.Forman, 1993).



Ο Saaty κατά την παρουσίαση της μεθόδου A.H.P. εισήγαγε μια θεμελιώδη κλίμακα με λεκτικούς όρους που παίρνουν τιμές από το 1 έως το 9. Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η προτίμηση μεταξύ δύο στοιχείων. Η τιμή 1 δείχνει ίση σημασία(ισοτιμία) μεταξύ τους, η τιμή 3 δείχνει μέτρια σημαντικότητα του ενός έναντι του άλλου, η τιμή 5 δείχνει έντονη σημαντικότητα του ενός έναντι του άλλου, η τιμή 7 δείχνει πολύ έντονη σημαντικότητα και η τιμή 9 δείχνει εξαιρετικά μεγαλύτερη σημαντικότητα. Οι τιμές 2,4,6 και 8 αποτελούν ενδιάμεσες τιμές που δίνονται ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις. Αυτή η κλίμακα και η χρήση των λεκτικών συγκρίσεων χρησιμοποιούνται για τη στάθμιση των ποσοτικά και μη-ποσοτικά προσδιορίσιμων στοιχείων. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η κλίμακα του Saaty:

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Ίση σημαντικότητα
3	Μέτρια σημαντικότητα του ενός παράγοντα έναντι του άλλου
5	Ισχυρά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
7	Πολύ ισχυρά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
9	Εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις
Τα αντίστροφα	Τιμές για την αντίστροφη σύγκριση

**Πίνακας 4.1: Η θεμελιώδης κλίμακα αξιολόγησης της A.H.P.**

**(κατά Saaty, 1987)**

Σύμφωνα με τους L.Bodin και S.Gass (2003), ο Saaty ερεύνησε ένα ευρύ φάσμα πιθανών αριθμητικών κλιμάκων για την σύγκριση μεταξύ δύο στοιχείων, προτού τελικά αποφασίσει να προτείνει τη θεμελιώδη κλίμακα 1–9.

Η AHP σαν μέθοδος λήψης αποφάσεων διέπεται από τα παρακάτω αξιώματα, σύμφωνα με τον L.Vargas (1990):

➤ *ΑΞΙΩΜΑ 1 (Reciprocal comparison)*

Πρέπει να δημιουργούνται διμερείς συγκρίσεις κριτηρίων που να βασίζονται σε επαρκή και σαφή δεδομένα και έγκυρες πηγές. Επιπλέον, πρέπει να ικανοποιείται και η αντίστροφη συνθήκη. (Για παράδειγμα, αν το A προτιμάται  $x$  φορές έναντι του B τότε το B προτιμάται  $1/x$  φορές έναντι του A).

➤ *ΑΞΙΩΜΑ 2 (Homogeneity)*

Η τήρηση της ομοιογένειας είναι σημαντική κατά τη διαδικασία σύγκρισης παραγόντων ως προς ένα χαρακτηριστικό. Τα στοιχεία τα οποία συγκρίνονται δεν θα πρέπει να διαφέρουν κατά πολύ όσον αφορά στις ιδιότητες στις οποίες γίνεται η σύγκριση. Αν κάτι τέτοιο δεν εφαρμόζεται, τότε τα λάθη στις κρίσεις μπορεί να είναι πολύ μεγάλα. Για αυτό το λόγο, τοποθετούμε τα δυο στοιχεία σε διαφορετικές ομάδες (clusters) συγκρίσιμου μεγέθους.

➤ *ΑΞΙΩΜΑ 3 (Independence)*

Κατά την διατύπωση των προτιμήσεων, τα κριτήρια είναι ανεξάρτητα από τα υποκριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις. Η σύγκριση των στοιχείων γίνεται από τα χαμηλότερα επίπεδα προς τα ανώτερα (goal) και διαφαίνεται εξάρτηση των μεταβλητών των κατώτερων επιπέδων από τις μεταβλητές που τοποθετούνται υψηλότερα στην ιεραρχία και καλείται εξωτερική εξάρτηση (outer dependence).

➤ *ΑΞΙΩΜΑ 4 (Expectations)*

Αντικειμενική επιδίωξη του αναλυτή θεωρείται η ολοκλήρωση της ιεραρχικής δομής με την χρησιμοποίηση όλων των κριτηρίων, υποκριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων.

Η ιεραρχική ανάλυση ενός προβλήματος ολοκληρώνεται σε τέσσερα στάδια (Saaty, 1987) :

1. Ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος σε στοιχεία απόφασης
2. Συλλογή των προτιμήσεων από τον αναλυτή σχετικά με τα στοιχεία απόφασης.
3. Εκτίμηση των σχετικών προτεραιοτήτων (weights) των στοιχείων.
4. Σύνθεση των σχετικών βαρών για την εξαγωγή των γενικών προτεραιοτήτων των εναλλακτικών λύσεων.

Στο πρώτο στάδιο, ο αναλυτής δομεί το πρόβλημα σε ιεραρχικά επίπεδα. Για να εξαχθούν ποιοτικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου, θα πρέπει να γίνει σωστή ανάλυση του προβλήματος και ιεράρχηση των στοιχείων απόφασης. Στην κορυφή της ιεραρχίας τοποθετείται ο επιδιωκόμενος στόχος στο υπό μελέτη πρόβλημα απόφασης σύμφωνα με την ικανοποίηση του αποφασίζοντος τόσο σε ποιότητα όσο και σε κόστος. Στη συνέχεια, ο απώτερος στόχος αναλύεται σε επιμέρους στόχους – αντικείμενα οι οποίοι εξειδικεύονται σε ένα πλήθος συγκεκριμένων εναλλακτικών λύσεων. (Saaty, 1980)

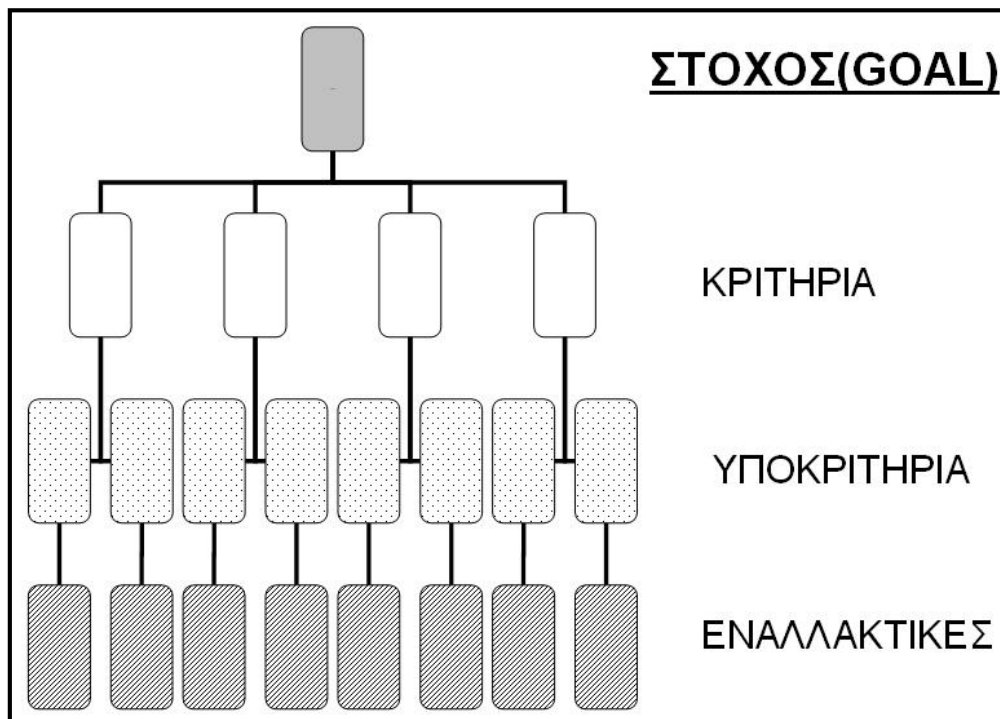
Στο δεύτερο στάδιο, εκφράζονται οι προτιμήσεις του αναλυτή μέσω διμερών συγκρίσεων όλων των στοιχείων – παραγόντων ενός ιεραρχικού επιπέδου. Οι μεταβλητές ενός επιπέδου συγκρίνονται κατά ζεύγη ως προς το βαθμό προτίμησης της μιας έναντι της άλλης σε σχέση με το κριτήριο του αμέσως ανωτέρου επιπέδου (γόνιμο στοιχείο απόφασης). Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να υπάρξουν ζεύγη σύγκρισης για όλα τα στοιχεία απόφασης κάθε επιπέδου. Για την αποτύπωση των συγκρίσεων δημιουργούνται πίνακες απόφασης των οποίων ο αριθμός είναι ίσος με το

πλήθος των κόμβων του δένδρου της ιεραρχίας, εξαιρουμένων των εναλλακτικών λύσεων (Saaty, 1980).

Στο τρίτο στάδιο υπολογίζονται τα σχετικά βάρη ή προτεραιότητες των στοιχείων απόφασης ως προς το γονικό στοιχείο για όλους τους συγκριτικούς πίνακες που δημιουργήθηκαν στο δεύτερο στάδιο. Ο υπολογισμός των σχετικών βαρών γίνεται με βάση τις προτιμήσεις του ερευνητή (πίνακες συγκρίσεων). Τα βάρη αυτά ουσιαστικά εκφράζουν το σχετικό βάρος με το οποίο συμμετέχουν τα στοιχεία απόφασης στην εκπλήρωση του γονικού στοιχείου (Saaty, 1980).

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο της μεθόδου γίνεται σύνθεση των σχετικών βαρών για την εξαγωγή των σχετικών προτεραιοτήτων των εναλλακτικών λύσεων, δηλαδή υπολογίζεται η τελική βαθμολογία των εναλλακτικών λύσεων ή σεναρίων. Έπειτα γίνεται πολλαπλασιασμός μεταξύ των πινάκων με τα βάρη ακολουθώντας την αντίστροφη ιεραρχική δομή, δηλαδή από το κατώτερο επίπεδο προς το ανώτερο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται να εκφραστούν οι προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων ως προς το γενικό στόχο - πρόβλημα (Saaty, 1980).

Στην παρακάτω Εικόνα περιγράφεται η δόμηση της Ιεραρχίας στην διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος με την χρησιμοποίηση της Α.Η.Ρ.:



**Εικόνα 4.1.:** Ιεραρχική Ανάλυση Προβλήματος

Όσον αναφορά τους πίνακες ή μήτρες συγκρίσεων (pairwise matrix) είναι διαστάσεων  $n \times n$  όπου  $n$  είναι το πλήθος των μεταβλητών ή παραγόντων που συγκρίνονται. Σε ένα τέτοιο πίνακα σύγκρισης τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου ισούται με 1, αφού κάθε μεταβλητή συγκρίνεται με τον εαυτό της. Επίσης το γινόμενο των συμμετρικών στοιχείων του πίνακα ισούται με ένα. Σε δεδομένο πίνακα  $A=(a_{ij})$  τότε σύμφωνα με τα παραπάνω ισχύει:

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

Η μορφή του παραπάνω πίνακα δίνεται παρακάτω ως εξής:

$$A = (a_{ij}) \left\{ \begin{array}{cccc} & b_1/b_2 & \dots & b_1/b_n \\ b_2/b_1 & 1 & \dots & b_2/b_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n/b_1 & b_n/b_2 & \dots & 1 \end{array} \right\} =$$

Από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της AHP είναι ο υπολογισμός του λόγου συνέπειας (CR):  $CR = CI/RI$

Όπου CI είναι ο δείκτης συνέπειας που ορίζεται:  $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$

Ο παράγοντας  $\lambda_{max}$  αντιπροσωπεύει την πρωτεύουσα ιδιοτιμή της μήτρας σύγκρισης και ο παράγοντας RI (Random index) είναι ο δείκτης συνέπειας μιας τυχαίας παραγόμενης αντίστροφης μήτρας, ίδιου μεγέθους (n) με την αρχική. Για να θεωρηθεί μια μήτρα σύγκρισης συνεπής πρέπει ο λόγος συνέπειας CR να έχει τιμή μικρότερη ή ίση με 0,10. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει ο αναλυτής ή ο απαφασίζων να αναθεωρήσει τις τιμές εισόδου της μήτρας (Saaty, 1980, Bouroushaki & Malczewski, 2007).

Η A.H.P. είναι πολύ δημοφιλής και εφαρμόζεται αρκετά συχνά στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Vargas, 1990, η μέθοδος εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς, όπως:

- Προβλήματα οικονομίας και διοίκησης (Σχεδιασμός, Marketing, Μακροοικονομικές προβλέψεις, Σχεδιασμός Παραγωγής, Κατανομή πόρων κ.α.)
- Προβλήματα Πολιτικής (Έλεγχος οπλικών συστημάτων, Αξιολόγηση ασφάλειας, Πολιτικές συγκρούσεις, Παγκόσμια επιρροή, κ.λ.π.)
- Κοινωνικά προβλήματα (Περιβαλλοντικά προβλήματα, Εκπαίδευση, Υγεία, Δυναμική Πληθυσμών, Διαχείριση Υδάτων, Υπηρεσίες Δημόσιου Τομέα κ.λ.π.)
- Τεχνολογικά προβλήματα (Μεταφορά Τεχνολογίας, Επιλογές αγορών, Θέματα Ενέργειας κ.α.)

### 4.3. Η Μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου(O.W.A.)

Η μέθοδος O.W.A. (Ordered Weighted Averaging) προτάθηκε από τον Yager (1988) ως ομάδα (οικογένεια) τελεστών συνάθροισης για να χρησιμοποιηθεί σε μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης (Malczewski, 2006).

Ένας τελεστής **O.W.A.** διάστασης  $n$  απεικονίζεται ως:  $f: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$

Και έχει σταθερό σταθμισμένο διάνυσμα  $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$  τέτοιων ώστε

$$w_i \in [0, 1] \text{ για } i = 1, 2, \dots, n \text{ και } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Έστω  $a_i$ , με  $i=1, \dots, n$  τότε η παραπάνω συνάρτηση  $f$  προσδιορίζεται ως εξής:

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i b_i = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n$$

με  $b_i$  το μεγαλύτερο στοιχείο του συνόλου των δεδομένων ( $a_i$ ),  $n$  το πλήθος των δεδομένων και  $w_i$  το διατεταγμένο βάρος. Συνεπώς το βάρος  $w_i$  δεν σχετίζεται με μια τιμή  $a_i$  αλλά με  $i$ -στο μεγαλύτερο στοιχείο. Η  $f$  είναι η συνδυασμένη άριστη εκτίμηση μιας εναλλακτικής απόφασης(εναλλακτικού σεναρίου) εφόσον τα δεδομένα έχουν αξιολογηθεί με σεβασμό στα κριτήρια  $n$ . Οποιαδήποτε εναλλακτική λύση με υψηλότερη τιμή από την  $f$  θα θεωρούνταν η πιο προτιμώμενη απόφαση. Σημειώνεται ότι τα επιμέρους συστατικά του διανύσματος εισαγωγής έχουν διαταχθεί πριν το πολλαπλασιασμό τους με τα διατεταγμένα βάρη (Zarghami-Szidarovszky, 2008).

Σε σύγκριση με την A.H.P. η O.W.A. υπολογίζει όχι μόνο τη σημασία κάθε μεταβλητής σε όλες τις θέσεις αλλά και σε κάθε θέση ξεχωριστά. Η O.W.A. περιλαμβάνει δύο σύνολα βαρών, τα σχετικά βάρη μεταβλητών (variable weights) και τα διατεταγμένα βάρη (order weights). Τα βάρη των μεταβλητών ( $U_i$ ) αναφέρονται στη σχετική σπουδαιότητα ανάμεσα στις μεταβλητές σε όλες τις θέσεις. Τα διατεταγμένα βάρη ( $w_i$ ) σχετίζονται με τις τιμές των μεταβλητών σε κάθε θέση (Malczewski, 2006).

Οι τελεστές O.W.A. αποτελούν μια ολόκληρη οικογένεια (set-operator) καθοριζόμενων από την επιλογή του σταθμισμένου διανύσματος  $W$ . Κατά συνέπεια με επιλογή διαφορετικών βαρών μπορούμε να εφαρμόσουμε διαφορετικούς κάθε φορά τελεστές συνάθροισης (aggregation). Τοποθετώντας τα περισσότερα από τα βάρη κοντά στην κορυφή του διανύσματος  $W$ , δίνουμε έμφαση στις υψηλές βαθμολογίες, ενώ τοποθετώντας τα βάρη κοντά στη βάση του  $W$ , δίνουμε έμφαση στις χαμηλές βαθμολογίες της συνάθροισης. Οι δύο αυτοί ακραίοι τελεστές (max) & (min) της συνάθροισης στην ουσία αποτελούν την έκφραση των γνωστών τελεστών OR και AND με τον πρώτο να αντιστοιχεί στη βαθμολογία (max) και τον δεύτερο στη (min) (Yager, 1999). Το παραπάνω εύρος περιγράφεται μαθηματικά ως εξής:

$$MIN_i [a_i] \leq F(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq MAX_i [a_i]$$

Όταν ανατίθενται ίσα βάρη διάταξης σε όλες τις μεταβλητές που εξετάζονται, δημιουργείται μια χαρακτηριστική κατάσταση, δηλαδή:

$$U_1=U_2=\dots=U_n, \text{ ισχύει δηλαδή για κάθε μεταβλητή } U=1/n$$

Σ' αυτή τη περίπτωση καταλήγουμε σε ένα συμβιβαστικό WLC (Weighted Linear Combination) το οποίο είναι τοποθετημένο στο μεσαίο σημείο της συνεχούς κλίμακας από το Min στο Max (Malczewski, 2006). Η περίπτωση αυτή ως ειδική περίπτωση των τελεστών O.W.A και αναφέρεται ως μέσος (Average) (Kuncheva κ.α., 2001).

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές που χρησιμοποιεί τους τελεστές O.W.A. είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην πολυκριτηριακή ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων. Κυρίαρχο ρόλο στη χρήση αυτή της O.W.A. παίζει η δυνατότητα της αντιστοίχισης των τελεστών με τους γλωσσικούς ποσοδείκτες ή ποσοτικοποιητές (Linguistic quantifiers), όπως "as most", "some", "many". Αυτή η δυνατότητα μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε τους τελεστές O.W.A. στη διαδικασία δόμησης των στοιχείων απόφασης αποκαλείται η με ποσοδείκτες – καθοδηγημένη συνάθροιση (quantifier guided aggregation). Χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία μπορούμε να διευκρινίσουμε τον κανόνα απόφασης με όρους της φυσικής γλώσσας η οποία απόφαση πρέπει



να είναι ορθή όπως και τα περισσότερα από τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια. Με αυτόν τον στοχευόμενο χειρισμό της O.W.A. είμαστε σε θέση να μετατρέψουμε τους γλωσσικούς προσδιορισμούς σε μαθηματικό τύπο με τον οποίο μπορούμε να συγκρίνουμε τις εναλλακτικές λύσεις (Yager, 1999).

Ένας γλωσσικός ποσοδείκτης (linguistic quantifier) Q, έχει τη μορφή ενός ασαφούς συνόλου Q(r) πάνω στο σύνολο I = [0,1], όπου I δηλώνει το μέρος (ποσοστό) των αντικειμένων και για κάθε r στο I, Q(r) είναι ο βαθμός κατά τον οποίο το μέρος r των αντικειμένων ικανοποιεί την έννοια που δηλώνει ο quantifier Q. Ο βαθμός ικανοποίησης δίδεται ως μια τιμή που κυμαίνεται στο διάστημα [0,1] όπου 0 σημαίνει ότι η έννοια του Q δεν ικανοποιείται καθόλου και 1 σημαίνει ότι ικανοποιείται πλήρως. Τιμές του Q(r) μεταξύ 0 και 1 δηλώνουν ότι η έννοια του Q ικανοποιείται μερικώς. (Βρεττός, 2007).

Ο Yager εισήγαγε επίσης το μέτρο ORness για τον χαρακτηρισμό των τελεστών OWA, που είναι στη μορφή:

$$ORness = \sum_{i=0}^n \frac{n-i}{n-1} w_i$$

Το ORness του τελεστή max (or) είναι 1, το ORness του τελεστή min (and) είναι 0, ενώ του αριθμητικού μέσου ισούται με 0.5. Αντίστοιχες τιμές ανάμεσα στο 0 και 1 λαμβάνουν οι διάφοροι τελεστές OWA αντίστοιχα εάν βρίσκονται εγγύτερα στο Or ή το And τελεστή. Μπορούμε επίσης να ορίσουμε το συμπληρωματικό μέτρο ANDness με βάση τον τύπο:

$$ANDness(w) = 1 - ORness(w).$$

Επιπλέον, για την διαφοροποίηση των βαρών με δεδομένο orness, ο Yager εισήγαγε την έννοια του dispersion που είναι παρόμοια με αυτή της εντροπίας Shannon και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Disp(w) = - \sum_{i=0}^n w_i \ln(w_i), \quad \text{όπου } 0 \leq Disp(w) \leq \ln(w)$$

Το μέτρο αυτό παρέχει ένα βαθμό χρησιμοποίησης της πληροφορίας των βαρών. Έτσι όταν  $OR_{ness} = 0$  ή  $1$  (για τελεστές μεγίστου και ελαχίστου αντίστοιχα) η dispersion είναι μηδέν, ενώ όταν έχουμε ομοιόμορφη κατανομή η dispersion είναι μέγιστη ( $Disp(w) = \ln(n)$ ) (Βρεττός, 2007).

Ειδικότερα για την εφαρμογή της μεθόδου σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. ο Malczewski(2006) αναφέρει ότι παρέχεται ένα ευρύ φάσμα στρατηγικών απόφασης με την θέση των τελεστών OWA να μεταβάλλεται από το γλωσσικό ποσοδείκτη “all” στο ποσοδείκτη “at least”. Κατά αυτόν υπάρχουν δύο συνήθως μετρικές για τη θέση του τελεστή O.W.A. που ακολουθείται κάθε φορά, το TRADEOFF και το  $OR_{ness}$ . Η παράμετρος TRADEOFF είναι μια εκτίμηση της αντιστάθμισης μεταξύ των μεταβλητών και υποδεικνύει το βαθμό διασποράς των βαρών τους. Κατά τον Valente (2008) η παράμετρος TRADEOFF έχει ταυτόσημη έννοια με αυτή της παραμέτρου Dispersion και δείχνει την «εντροπία» των διατεταγμένων βαρών. Όσο περισσότερο κατανεμημένα είναι τα διατεταγμένα βάρη τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος πληροφορίας που χρησιμοποιείται στη διαδικασία εξαγωγής των συνδυασμών των κριτηρίων.

Μια βασική συνιστώσα για οποιαδήποτε λήψη απόφασης είναι η διάθεση του αποφασίζοντος έναντι του κινδύνου. Όταν ο λήπτης της απόφασης διαθέτει χαμηλή προδιάθεση (risk-averse), τότε σταθμίζει αρνητικά αποτελέσματα υπερβολικά αρνητικά και αντιστρόφως, ένας λήπτης που διαθέτει υψηλή προδιάθεση (risk-taking) είναι πιθανόν να σταθμίσει θετικά αποτελέσματα, υπερβολικά θετικά. Η παράμετρος  $OR_{ness}$  αναγνωρίζεται ως μια εκτίμηση του βαθμού αισιοδοξίας του λήπτη απόφασης. Αν το  $OR_{ness}$  ισούται με 0,5 τότε ο αποφασίζων είναι αδιάφορος έναντι του ρίσκου απόφασης (Malczewski, 2006 από Μωράκο,2009).

Όσον αφορά τον υπολογισμό των βαρών των μεταβλητών, κατά τον Malczewski (2006) μπορούν να προκύψουν από το παρακάτω τύπο:

$$U_i = \frac{n - r_i + 1}{\sum_{i=1}^n n - r_i + 1}$$

Όπου  $r_i$  είναι η  $i$ -th μεταβλητή. Η κατάταξη του  $i$  από το 1 έως το  $n$  βασίζεται στη σχετική σπουδαιότητα των μεταβλητών. Για αυτό το λόγο το  $r_i$  είναι η πιο σημαντική παράμετρος ενώ το  $r_n$  είναι η ελάχιστα σημαντική.

Τα διατεταγμένα βάρη  $w_i$  προέρχονται από τα βάρη των μεταβλητών και ελέγχουν τη μέθοδο μέσα στην οποία οι σταθμισμένες μεταβλητές συναθροίζονται. Αυτά υπολογίζονται με τον ακόλουθο τύπο:

$$w_i = \left( \sum_{k=1}^n w_k \right)^\alpha - \left( \sum_{k=1}^{i-1} w_k \right)^\alpha$$

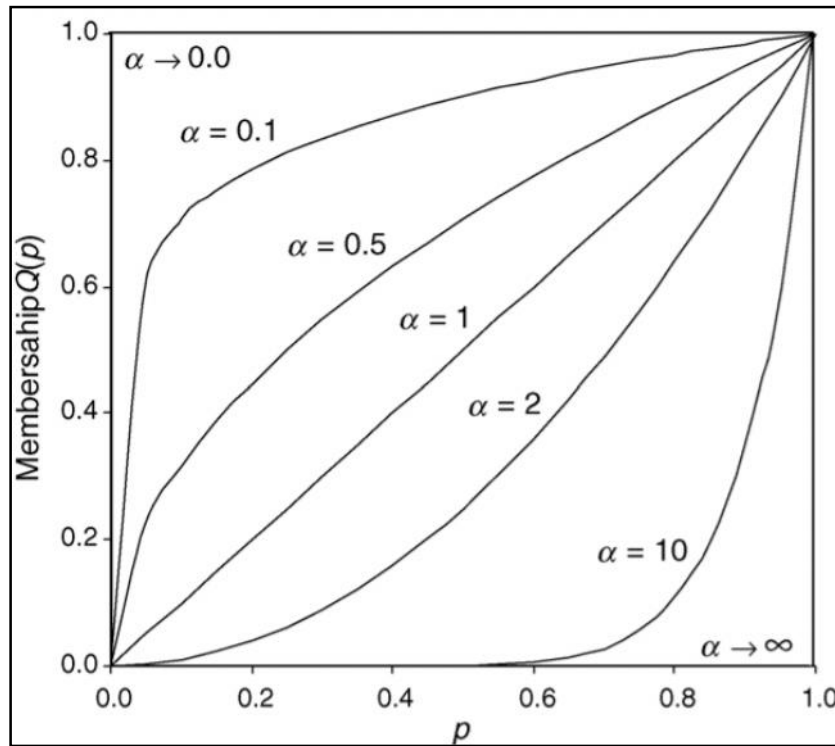
Οι γλωσσικοί ποσοδείκτες που χρησιμοποιούνται στην O.W.A. είναι της μορφής RIM (Regularly Increasing Monotonic) δηλαδή κανονικοί αύξοντες μονοτονικοί ποσοδείκτες. Συνήθως υποδεικνύουν ένα αναλογικό μέγεθος (σχετικοί) για παράδειγμα “AT LEAST ONE”, “FEW”, “MOST”, “HALF”, “ALL”, “ALMOST ALL”, “AT LEAST A FEW”, “AT LEAST X%”, “MORE THAN X” κ.α. (Bouroushaki - Malczewski, 2008).

Έτσι, εάν  $Q$  θεωρείται ένας γλωσσικός ποσοδείκτης, τότε αυτός απεικονίζει ένα ασαφές υποσύνολο που κυμαίνεται σε διάστημα  $[0,1]$ , όπου για κάθε  $p \in [0,1]$ , ( $p$  είναι ο αριθμός των αντικειμένων στην ιεραρχία) ο βαθμός συμμετοχής  $Q(p)$  υποδεικνύει το βαθμό συμβατότητας του  $p$ . υπάρχουν πολλές διαφορετικές δυνατότητες υπολογισμού της συνάρτησης  $Q$ . Μια από τις συνηθέστερες μεθόδους για τη διερεύνηση των ποσοδεικτών, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιας σειράς RIM ποσοδεικτών, είναι η εξής :

$$Q_{(p)} = p^\alpha, \text{ με } \alpha > 0$$

Η παράμετρος  $\alpha$  καθοδηγεί το λήπτη σε μια αλληλουχία αποφάσεων που κυμαίνονται από το πιο απαισιόδοξο (ALL) προς το πιο αισιόδοξο (AT LEAST ONE) σχέδιο δράσης. Η σχέση του παράγοντα  $\alpha$  με τους RIM

γλωσσικούς ποσοδείκτες φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 4.2. και στον Πίνακα 4.2.



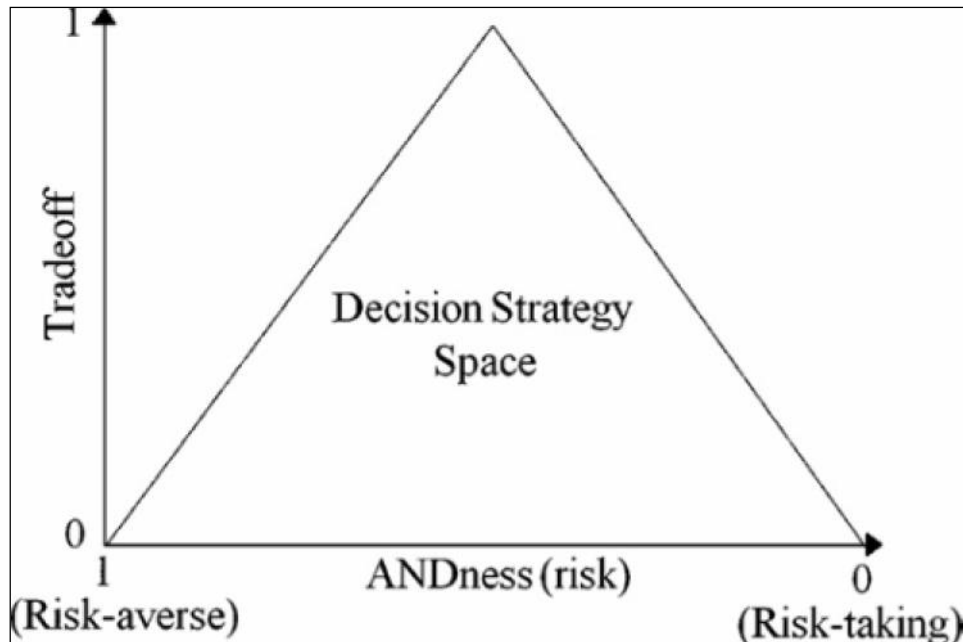
Εικόνα 4.2.: RIM ποσοδείκτες (Boroushaki και Malczewski 2006)

Linguistic quantifier (Γλωσσικοί ποσοδείκτες)	<i>At least one</i>	<i>Few</i>	<i>Some</i>	<i>Half</i>	<i>Many</i>	<i>Most</i>	<i>All</i>
$\alpha$	<b>0,0001</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>1000</b>

Πίνακας 4.2.: Επιλεγμένες τιμές  $\alpha$  και αντίστοιχοι RIM ποσοδείκτες (Bouroushaki – Malczewski 2007)

Τα διατεταγμένα βάρη ελέγχουν τον τρόπο με τον οποίο τα σταθμισμένα κριτήρια συναθροίζονται, ενώ συνδέονται με τις τιμές κριτηρίου, θέση προς θέση, και προσδιορίζονται για της τιμές της ιδιότητας μιας θέσης κατά φθίνουσα σειρά χωρίς να εξετάζουν από ποια ιδιότητα προέρχεται η τιμή. Ενώ τα βάρη σημασίας σχετίζονται με τη σχετική σημασία ενός ιδιαίτερου κριτηρίου για το σύνολο της απόφασης ελέγχοντας τη θέση του τελεστή

συνάθροισης σε μια συνέχεια μεταξύ των άκρων AND (risk-averse) και OR (risk-taking) καθώς επίσης και του βαθμού ανταλλαγής (tradeoff) (Valente – Vettorazi 2008).



**Εικόνα 4.3.:** Το διάστημα στρατηγικής απόφασης στην O.W.A. (Valente – Vettorazi 2008)

Ο τρόπος με τον οποίο τα βάρη διάταξης ορίζονται βάσει του παραπάνω τριγωνικού χώρου αποφάσεων θα καθορίσει και την διάσταση του κινδύνου. Επιλέγοντας θέσεις πλησίον ή ακριβώς της τιμής 0 του ANDness (μηδενίζοντας τον κίνδυνο) στην ουσία επιλέγουμε ελάχιστη ή μηδαμινή ανταλλαγή (tradeoff) μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης. Ο χάρτης που αντιπροσωπεύει αυτή τη λύση δείχνει ότι υπάρχει στην ανάλυση μας ένα τουλάχιστον κριτήριο με σταθμισμένη μηδενική τιμή σε κάθε θέση.

Η στρατηγική που αντιστοιχεί στην τιμή του ANDness = 0,5 αντιπροσωπεύει μια ουδέτερη τοποθέτηση αλλά ταυτόχρονα υπονοεί και την μέγιστη δυνατή ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων. Στις περιπτώσεις που επιλέγεται τιμές του ANDness πλησίον ή ακριβώς στο 1, τότε πάλι ελαχιστοποιείται ή μηδενίζεται

η ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων το οποίο υπονοεί την αυξημένη πιθανότητα να προσδιορίζονται με υψηλές τιμές τα ταξινομημένα κριτήρια. (Malczewski κ.λ., 2003)

#### 4.4. Η Ασάφεια στα Πολυκριτηριακά Προβλήματα

Στα πολυκριτηριακά προβλήματα ο αποφασίζον καλείται να κάνει ποιοτικές αξιολογήσεις σχετικά με την απόδοση των εναλλακτικών λύσεων απόφασης όσον αφορά κάθε ανεξάρτητο κριτήριο και την ανάλογη σημασία κάθε ανεξάρτητου κριτηρίου όσον αφορά το γενικό στόχο του προβλήματος. Έτσι, σύμφωνα με τους Deng & Yen, 1998 παρουσιάζονται αβέβαια και υποκειμενικά δεδομένα, τα οποία καθιστούν περίπλοκη τη διαδικασία λήψης απόφασης.

Η ασαφής πολυκριτηριακή λήψη απόφασης λύνει ένα πρόβλημα απόφασης αξιολογώντας και συγκρίνοντας μια σειρά εναλλακτικών λύσεων με πολλά πιθανώς αντικρουόμενα κριτήρια και επιλέγοντας τις καλύτερες εναλλακτικές υπό συνθήκες αβεβαιότητας και ανακρίβειας (B.Roy, 1990).

Η θεωρία ασαφών συνόλων εφαρμόζει κατηγοριοποιήσεις ή ομαδοποιήσεις των δεδομένων με ασαφή όρια, παρόμοια με τον ανθρώπινο συλλογισμό στην επεξεργασία των πληροφοριών για λήψη αποφάσεων. Πολλοί στόχοι λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων είναι πάρα πολύ σύνθετοι για να γίνουν κατανοητοί ποσοτικά, ωστόσο, οι άνθρωποι πετυχαίνουν με τη χρησιμοποίηση της γνώσης που είναι ανακριβής παρά ακριβής. (Pang Bohui, 2007)

Το 2006 οι Scharer και συν. σχεδίασαν ένα ασαφές δένδρο για το οποίο αναφέρουν ότι δίνει ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα από μια πολλαπλή παλινδρόμηση, αλλά χωρίς την ανάγκη να γίνουν συγκεκριμένες παραδοχές σχετικά με τη φύση των σφαλμάτων. Συνεπώς αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο που είναι κατάλληλο για περιορισμένες σε στοιχεία καταστάσεις που δίνουν

αβέβαιες προβλέψεις. Μια τέτοια απλή, αβέβαιη μοντελοποίηση στρατηγικής έχει μεγάλες δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο λήψης αποφάσεων από τους φορείς χάραξης πολιτικής, όπου η λήψη αποφάσεων συχνά στηρίζεται σε περιορισμένα δεδομένα.

Το FLOWA ή AHP\_OWA, εκφράζει τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής αξιολόγησης με γλωσσικούς όρους, προσεγγίζοντας με αυτό τον τρόπο, το πρόβλημα μέσα σε ένα πλαίσιο ασάφειας. Μια τέτοια προσέγγιση του προβλήματος πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής.

#### 4.5. A.H.P., O.W.A και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η βασισμένη σε Γ.Π.Σ. πολυκριτηριακή ανάλυση απόφασης (GIS-MCDA) ορίζεται ως μια διαδικασία μετασχηματισμού και συνδυασμού των γεωγραφικών δεδομένων (κριτήρια χάρτη) και εκτίμησης κρίσεων (προτιμήσεις ιθυνόντων και αβεβαιότητες) με σκοπό να ληφθούν κατάλληλες και χρήσιμες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων. Η κύρια λογική πίσω από την ενσωμάτωση των Γ.Π.Σ. και της πολυκριτηριακής ανάλυσης απόφασης (MCDA) είναι ότι αυτοί οι δύο τομείς της έρευνας μπορούν να συμπληρώσουν ο ένας τον άλλον.

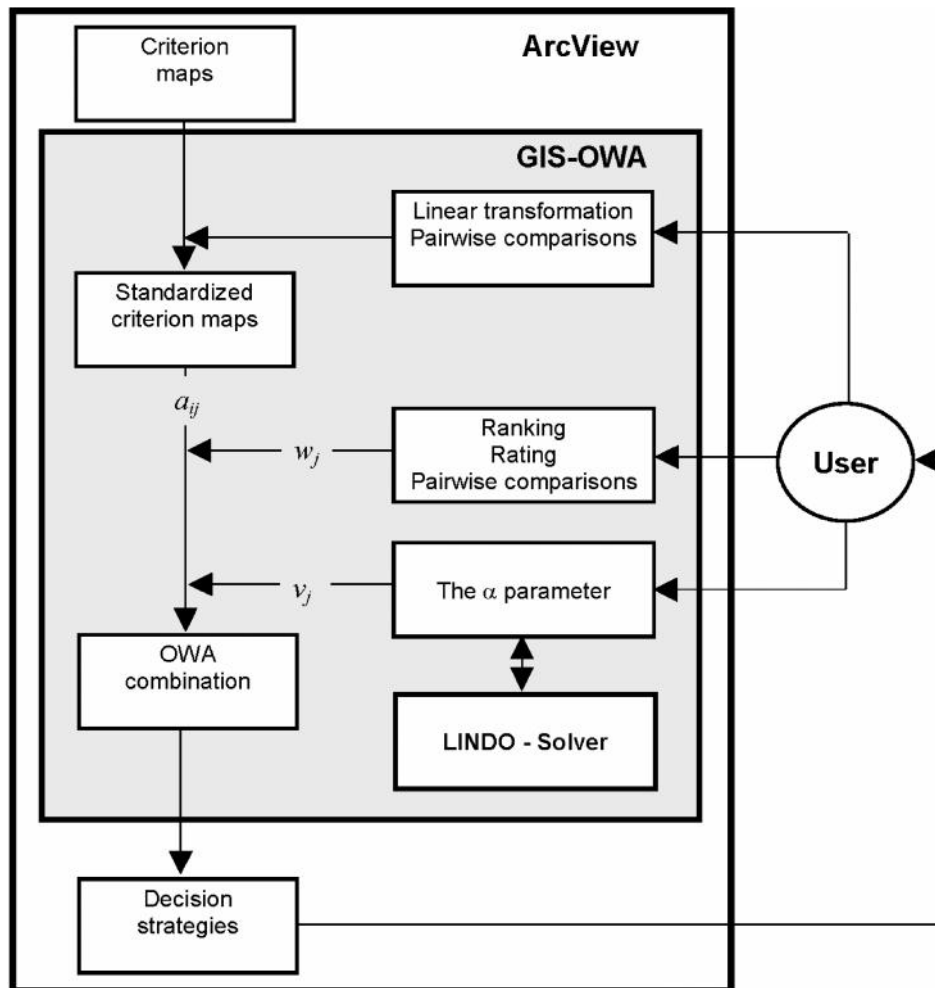
Από τη μία πλευρά, το Γ.Π.Σ. είναι κοινώς αναγνωρισμένο ως ένα ισχυρό και ολοκληρωμένο εργαλείο με τις μοναδικές ικανότητες αποθήκευσης, χειρισμού, ανάλυσης και απεικόνισης χωρικών δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων και από την άλλη πλευρά, η MCDA παρέχει μια πλούσια συλλογή διαδικασιών και αλγορίθμων για τα προβλήματα απόφασης, σχεδιάζοντας, αξιολογώντας και θέτοντας προτεραιότητες εναλλακτικών αποφάσεων. Στα πλαίσια των συνεργικών ικανοτήτων του Γ.Π.Σ. και της MCDA κάποιος μπορεί να παρατηρήσει τα οφέλη για τη θεωρητική και εφαρμοσμένη έρευνα του συνδυασμού των Γ.Π.Σ. και της MCDA (Borouhaki & Malczewski, 2010β).

Πρώτος ο Eastman J.R. (1997) ενσωμάτωσε την O.W.A στο λογισμικό GIS – IDRISI ως τμήμα του “decision support model”. Αργότερα, οι Jiang H. και Eastman J.R. (2000) χρησιμοποίησαν το GIS – OWA για την ταξινόμηση και κατάταξη των χρήσεων γης.

Οι Jankowski κ.α. το 2001 παρουσίασαν ένα πρωτότυπο λογισμικό, το λεγόμενο DECADE το οποίο υποστηρίζει την δόμηση και ανάλυση χωρικών προβλημάτων προσεγγίζοντας τα με πολυκριτηριακή ανάλυση. Μετεξέλιξη του λογισμικού DECADE είναι το CommonGIS σύστημα εντός του οποίου ενσωματώθηκαν τεχνικές οι οποίες προσεγγίζουν τις διαδικασίες O.W.A. Από τους Rinne και Malczewski το 2002 προτάθηκε ένα παρόμοιο σύστημα δημιουργώντας μία ιδιαίτερη διεπαφή (user interface) για την μέθοδο O.W.A. εντός του CommonGIS.

Τέλος, οι Malczewski και Makropoulos το 2003 παρουσίασαν μία εφαρμογή της OWA σε περιβάλλον Arc View, η οποία το 2006 βελτιώνεται από τον Malczewski και εντάσσεται στην έκδοση Arc – View 3.2. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται GIS-OWA module και η δομή της παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 4.4.





Εικόνα 4.4.: Η Δομή του module GIS-OWA (Malczewski, 2006)

Οι S.Boroushaki και J.Malczewski το 2007 δημιούργησαν και παρουσίασαν ένα συνδυαστικό μοντέλο της εφαρμογής AHP\_OWA (module FLOWA) το οποίο και ενέταξαν στο λογισμικό ArcGIS 9x. Το module δέχεται (input) και μας επιστρέφει (output) πλεγματικά αρχεία (raster layers). Υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί η Ιεραρχική δομή του προβλήματος από τη στιγμή που εισαχθούν τα αρχικά raster layers επιλέγοντας τους χάρτες κριτηρίου και τους ενδιαμέσους στόχους. Στη συνέχεια μπορούν να γίνουν οι δυαδικές συγκρίσεις κατά ζεύγη των στόχων (αντικειμένων) και των αντίστοιχων κριτηρίων. Καθώς και να βελτιωθούν τα υπολογιζόμενα βάρη για τους στόχους και τα αντίστοιχα κριτήρια από το χρήστη. Τέλος, δημιουργείται ένα ευρύ φάσμα σεναρίων απόφασης εφόσον υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής των γλωσσικών ποσοδεικτών που συνδέονται με τους στόχους (αντικείμενα) και τα χαρακτηριστικά.

#### 4.6. Η πρόβλεψη στην εμφάνιση ζιζανίων

Πολλοί είναι οι ερευνητές που με τη βοήθεια των πολυκριτηριακών μεθόδων έχουν φτιάξει διάφορα μοντέλα λήψης αποφάσεων με σκοπό την εκτίμηση εμφάνισης διαφόρων ζιζανίων σε περιοχές του ενδιαφέροντός τους. Έτσι, μελλοντικά θα μπορούσαν να αποφευχθούν τα ανεπιθύμητα και επιζήμια για τις καλλιέργειές τους, ζιζάνια.

Για παράδειγμα οι Gina M. Skurka Darin, Steve Schoenig, Jacob N. Barney, F. Dane Panetta, Joseph M. DiTomaso, 2010 οι οποίοι έφτιαξαν ένα μοντέλο που το ονόμασαν WHIPPET, χρησιμοποιώντας την A.H.P., το οποίο έκανε μια εκτίμηση των πληθυσμών των ζιζανίων που πιθανώς να εμφανίζονταν και έπειτα το δοκίμασαν σε πληθυσμούς ζιζανίων σε περιοχή της Καλιφόρνιας. Ακόμα, οι John Weiss και David McLaren, 1998 έφτιαξαν μοντέλο λήψης αποφάσεων για την πιθανότητα εμφάνισης ζιζανίων σε περιοχή της Αυστραλίας. Επιπλέον, ο Garry Werren, 2001 ο οποίος με τη βοήθεια πολυκριτηριακών μεθόδων έκανε εκτίμηση επικινδυνότητας ζιζανίων σε υγρά και τροπικά κλίματα. Ακόμα οι Todd P. Robinson, Rieks D. van Klinken, Graciela Metternicht, 2010 χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακές μεθόδους (M.C.E και O.W.A) έκαναν σύγκριση πέντε διαφορετικών στρατηγικών με σκοπό τη μοντελοποίηση των ειδών ζιζανίων που είναι περισσότερο επιθετικά σε μια καλλιέργεια. Οι αναλύσεις που έκαναν αφορούσαν το ζιζάνιο της οικογένειας Leguminosaeae, Prosopis.

Τέλος, εκτός από τις πολυκριτηριακές μεθόδους, σημαντικό ρόλο έχει παίξει και η στατιστική ανάλυση στην εκτίμηση εμφάνισης διαφόρων ζιζανίων. Αρκετοί ερευνητές όπως οι J. ANITA DILLE, DAVID A. MORTENSEN, LINDA J. YOUNG, 2002 ή οι L. A. Gaston, M. A. Locke, R. M. Zablotowicz, and K. N. Reddy, 2001 ή ακόμα οι C. ANDREASEN, J. C. STREIBIG AND H. HAAS, 1990 και πολλοί άλλοι χρησιμοποιώντας τη λογιστική παλινδρόμηση, τη χωρική συσχέτιση και διάφορες άλλες μεθόδους στατιστικής προσπάθησαν να φτιάξουν μοντέλα πρόβλεψης εμφάνισης ζιζανίων σε αρκετές περιοχές και χώρες του κόσμου.

## 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 5.1. Δειγματοληψία

Η περιοχή μελέτης μας ήταν ο νομός Καρδίτσας και συγκεκριμένα το πεδινό κομμάτι του νομού, όπου καλλιεργείται το βαμβάκι. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης, ελήφθησαν από δειγματοληψία που είχε γίνει στην περιοχή το 2007, για τη μεταπτυχιακή διατριβή του συναδέλφου Βλάχου Χρήστου, με θέμα 'Επισκόπηση ζιζανίων στην καλλιέργεια βάμβακος του Ν. Καρδίτσας με τη χρήση GIS και χωρικής στατιστικής'.

Η δειγματοληψία έγινε το πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου του 2007, ακριβώς πριν από την πρώτη μηχανική αντιμετώπιση των ζιζανίων (σκάλισμα) και αφορούσε ζιζάνια που βρίσκονταν ανάμεσα στις γραμμές καλλιέργειας. Για την κάθε θέση δειγματοληψίας καταμετρήθηκαν, τόσο το κάθε είδος ξεχωριστά, όσο και ο συνολικός αριθμός των ζιζανίων ανά  $m^2$ .

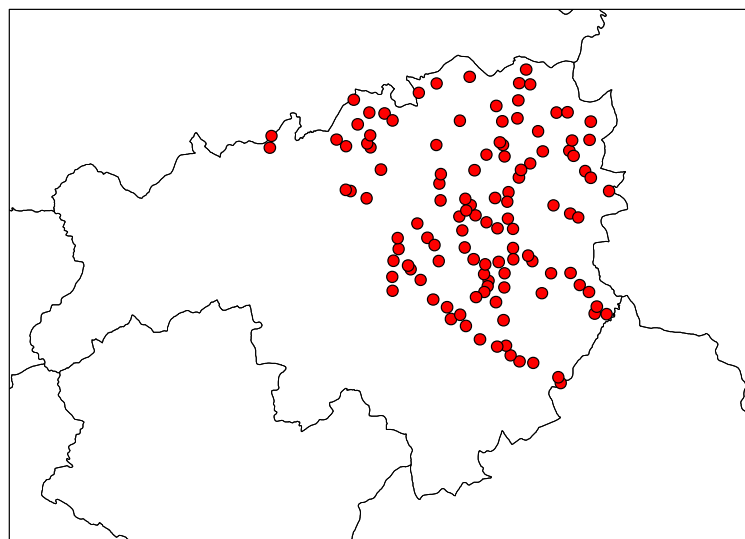
Στη συνέχεια τα σημεία δειγματοληψίας (101) εισήχθησαν στο λογισμικό GIS ArcMap 9.3. και για κάθε σημείο καταχωρήθηκαν οι εξής πληροφορίες στη βάση των περιγραφικών δεδομένων (Καλύβας και συν., 2010):

1. Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος
2. Η πυκνότητα των πληθυσμών των ζιζανίων ανά είδος
3. Ο μέσος όρος για κάθε είδος ζιζανίου
4. Το άθροισμα των ζιζανίων (ανεξαρτήτου είδους) ανά δειγματοληψία
5. Οι εδαφικές ιδιότητες του επιφανειακού εδάφους, μέχρι τα 25 cm
6. Το σύστημα άρδευσης του κάθε πειραματικού τεμαχίου

Στις ίδιες θέσεις ελήφθησαν επιφανειακά εδαφικά δείγματα και προσδιορίστηκαν εργαστηριακά οι εδαφικές ιδιότητες μηχανική σύσταση, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ), οργανική ουσία, pH, Κάλιο, Νάτριο, Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Τα δύο επόμενα έτη έγιναν δειγματοληψίες και κατεγράφησαν τα δεδομένα της ζιζανιοχλωρίδας σε 80 θέσεις από τις 101

(2008) και σε 85 το 2009. Τα δεδομένα των εδαφικών αναλύσεων και δειγματοληπιών των δύο επόμενων ετών εισήχθησαν στη γεωγραφική βάση δεδομένων (Καλύβας και συν., 2011).

Στην Εικόνα 5.1. φαίνονται τα όρια του νομού Καρδίτσας και η χωρική κατανομή των θέσεων δειγματοληψίας στην περιοχή μας.



**Υπόμνημα**

- Θέσεις Δειγματοληψίας
- Όρια Νομών

**Πίνακας 5.1.:** Κατάταξη των ζιζανίων με βάση το μέσο όρο τους για τις 101 θέσεις δειγματοληψίας που έγινε το 2007.

	Ζιζάνιο	Μ.Ο φυτών για τις 101 θέσεις δειγματοληψίας
1	<i>Cyperus rotundus</i> (Cypro)	3,036
2	<i>Convolvulus arvensis</i> (Conar)	0,349
3	<i>Portulaca oleracea</i> (Porol)	0,190
4	<i>Cynodon dactylon</i> (Cynda)	0,181
5	<i>Sorghum halepense</i> (Sorha)	0,103
6	<i>Xanthium strumarium</i> (Xanst)	<0,1
7	<i>Solanum nigrum</i> (Solni)	
8	<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amare)	
9	<i>Chrozophora tinctoria</i> (Chrtin)	
10	<i>Datura stramonium</i> (Datst)	
11	<i>Echinochloa crus-galli</i> (Echcg)	
12	<i>Hibiscus trionum</i> (Hibtr)	
13	<i>Amaranthus bletoides</i> (Amabl)	
14	<i>Abutilon theophrasti</i> (Abuth)	

Στην παρούσα μελέτη θα ασχοληθούμε με τα δύο πιο συχνά εμφανιζόμενα και δυσεξόντιστα πολυετή ζιζάνια της περιοχής που είναι η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*) και η κύπερη (*Cyperus rotundus*).

## 5.2. Περιγραφή της Μεθόδου

### Παράγοντες – κριτήρια του πολυκριτηριακού μοντέλου

Για την δόμηση του πολυκριτηριακού μοντέλου ελήφθησαν υπόψη εννιά εδαφολογικοί παράγοντες για το ζιζάνιο περικοκλάδα και έξι εδαφολογικοί παράγοντες για το ζιζάνιο κύπερη εφόσον οι παράγοντες κλίση, κλίμα και έκθεση δεν μεταβάλλονται στα σημεία δειγματοληψίας μας. Οι παράγοντες αυτοί προέκυψαν στηριζόμενοι στη σχετική βιβλιογραφία καθώς και στη συσχέτιση που φάνηκε να έχουν από το Συντελεστή Συσχέτισης Spearman μετά από έλεγχο που έγινε μέσω του Στατιστικού Πακέτου SPSS.:

Spearman Correlation							
	cypro_0 7	cypro_0 8	cypro_0 9		conar_0 7	conar_0 8	conar_0 9
sand	0,121	,270*	,276*		-,381**	-,270*	-0,197
	0,228	0,016	0,011		0	0,015	0,071
silt	0,159	0,127	0,082		-0,052	-0,127	-0,187
	0,113	0,26	0,458		0,607	0,262	0,086
clay	-0,188	-,309**	-0,204		,433**	,288**	,272*
	0,06	0,005	0,061		0	0,01	0,012
CaCO <sub>3</sub>	-,203*	-0,134	-0,079		,231*	0,128	,234*
	0,042	0,234	0,473		0,02	0,257	0,031
pH	-,197*	-0,105	-0,119		,257**	0,117	,239*
	0,049	0,356	0,277		0,009	0,3	0,027
OM	-0,123	-,321**	-,220*		,231*	0,19	,254*
	0,222	0,004	0,043		0,02	0,091	0,019
IAK	-0,039	-0,103	-0,201		,275**	0,134	,300**
	0,699	0,361	0,066		0,005	0,236	0,005
Na	0,098	-0,142	0,018		-0,037	0,06	0,007
	0,332	0,209	0,87		0,717	0,597	0,948
K	-,257**	-,330**	-0,189		,318**	,417**	,355**
	0,009	0,003	0,084		0,001	0	0,001
Ca	-0,033	-0,11	-0,211		0,095	,278*	,312**
	0,739	0,33	0,052		0,346	0,012	0,004
Mg	-0,181	-0,168	0,056		,200*	0,049	0,031
	0,07	0,137	0,611		0,045	0,669	0,779

**Πίνακας 5.2.:** Συσχέτιση εδαφικών παραγόντων με τα ζιζάνια για τα τρία έτη. Cypro: κύπερη (*Cyperus rotundus*), conar: Περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*)

Οι παράγοντες – κριτήρια για την περικοκλάδα είναι:

1. Άμμος (sand): η εμφάνιση του ζιζανίου περικοκλάδα φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά από το συγκεκριμένο παράγοντα. Συσχετίζονται αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή αναμένεται να παρατηρήσουμε χαμηλά ποσοστά του ζιζανίου εκεί που υπάρχει υψηλή συγκέντρωση άμμου.
2. Άργιλος (clay): παρατηρήθηκε ισχυρή θετική επίδραση του συγκεκριμένου παράγοντα, στην εμφάνιση του εν λόγω ζιζανίου.
3. pH: φαίνεται να επηρεάζει θετικά την εμφάνιση της περικοκλάδας.
4. Οργανική ουσία (OM): υπάρχει θετική επίδραση του συγκεκριμένου παράγοντα στην εμφάνιση του ζιζανίου.
5. Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ): φαίνεται να επηρεάζει αρκετά την εμφάνιση της περικοκλάδας.
6. Κάλιο (K): παρατηρήθηκε ισχυρή θετική επίδραση του συγκεκριμένου κριτηρίου στην εμφάνιση της περικοκλάδας.
7. Ασβέστιο (Ca): φαίνεται να επηρεάζει αρκετά την εμφάνιση του ζιζανίου.
8. Μαγνήσιο (Mg): φαίνεται να υπάρχει κάποια θετική συσχέτιση με την εμφάνιση της περικοκλάδας, αλλά ασθενής.
9. Ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ): εμφανίζεται να επηρεάζει θετικά το εν λόγω ζιζάνιο.

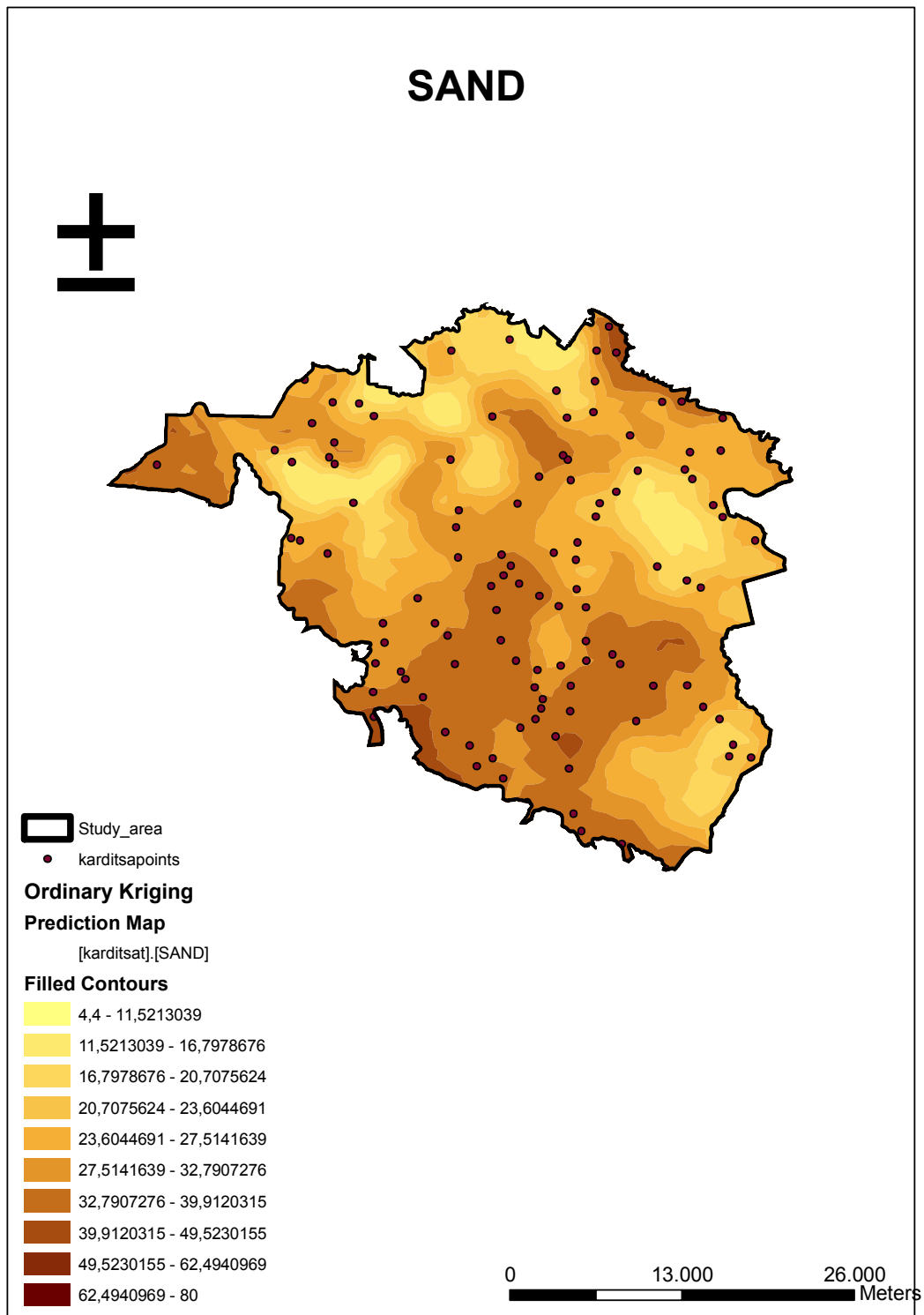
Οι παράγοντες – κριτήρια για την κύπερη είναι:

1. Άμμος (sand): ο μοναδικός από τους έξι παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζει θετικά την εμφάνιση του ζιζανίου κύπερη.
2. Άργιλος (clay): φαίνεται αρνητική συσχέτιση του συγκεκριμένου κριτηρίου, στην εμφάνιση της κύπερης.
3. pH: φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την εμφάνιση του εν λόγω ζιζανίου.
4. Οργανική ουσία (OM): παρατηρείται ισχυρή αρνητική επίδραση στην εμφάνιση της κύπερης.
5. Κάλιο (K): επίσης παρατηρείται ισχυρή αρνητική επίδραση.
6. Ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ): φαίνεται να επιδρά αρνητικά στην εμφάνιση του ζιζανίου κύπερη.

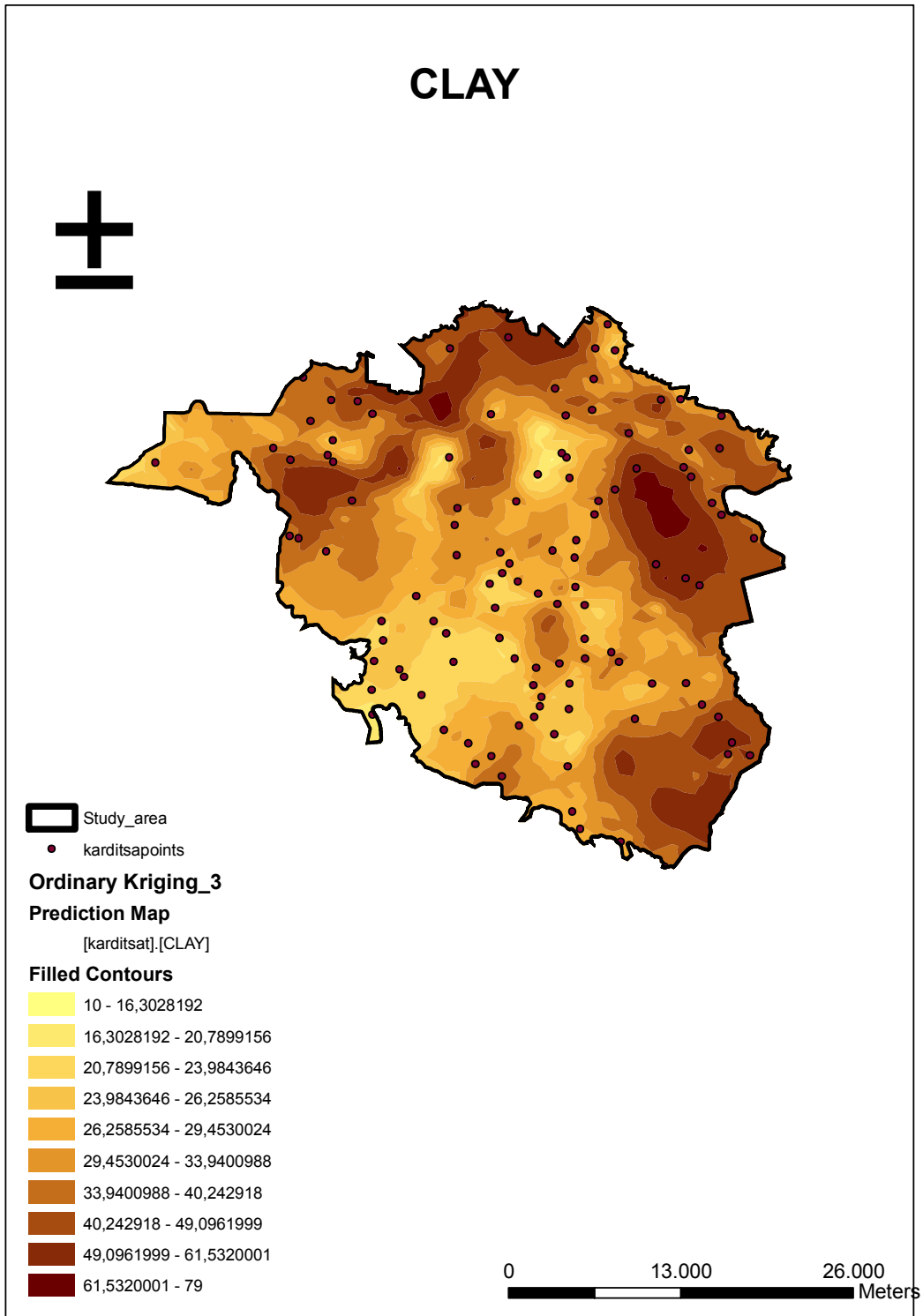
Παρακάτω ακολουθούν οι πλεγματικοί χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων που προέκυψαν με χωρική παρεμβολή, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Ordinary Kriging σε περιβάλλον ArcMap 9.3.1 και οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως παράγοντες – κριτήρια για την παρούσα εργασία.

- Χάρτης 5.1.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Άμμος
- Χάρτης 5.2.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Άργιλος
- Χάρτης 5.3.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο pH
- Χάρτης 5.4.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Οργανική ουσία
- Χάρτης 5.5.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο ΙΑΚ
- Χάρτης 5.6.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Κάλιο
- Χάρτης 5.7.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Ασβέστιο
- Χάρτης 5.8.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Μαγνήσιο
- Χάρτης 5.9.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Ανθρακικό ασβέστιο

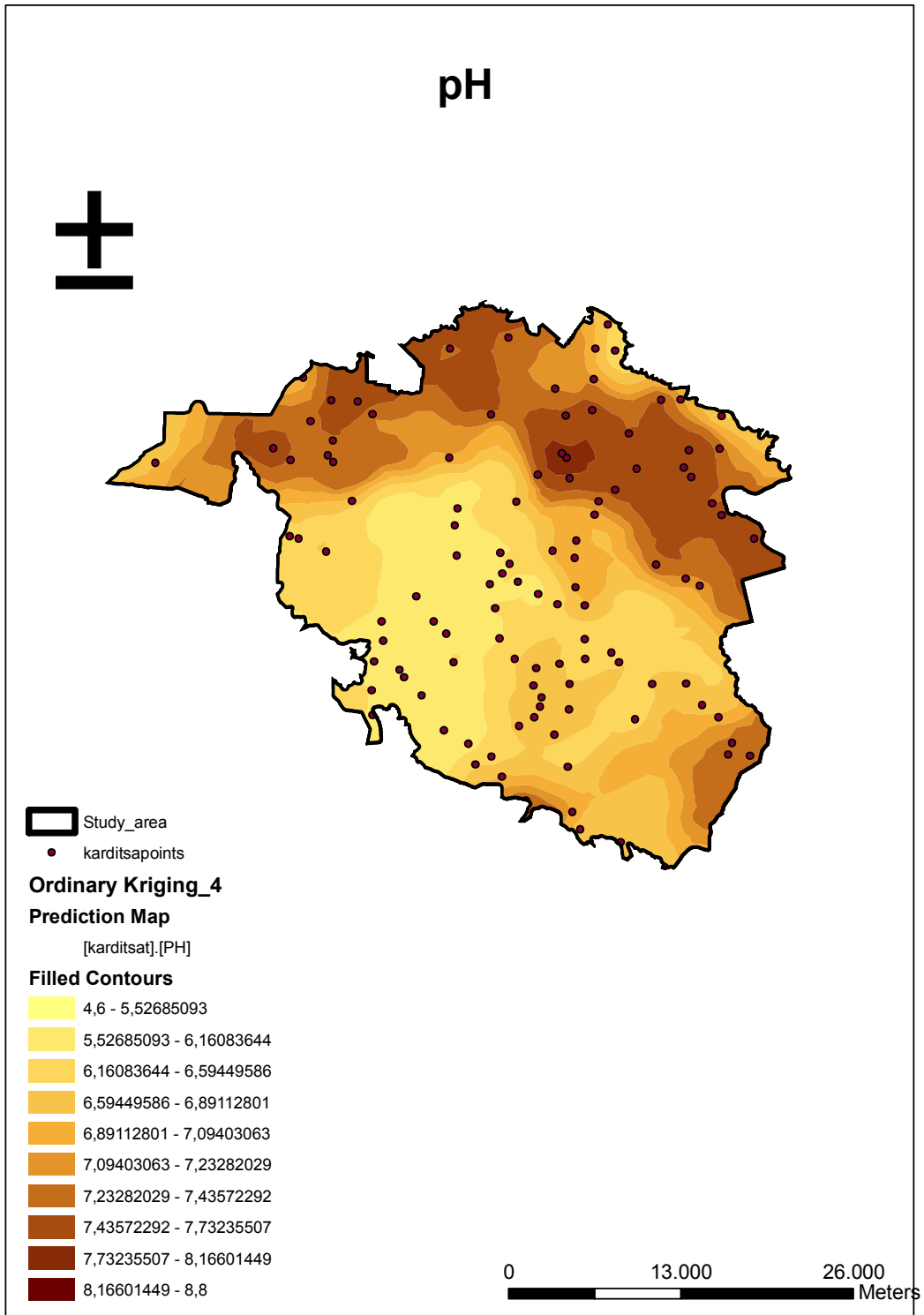




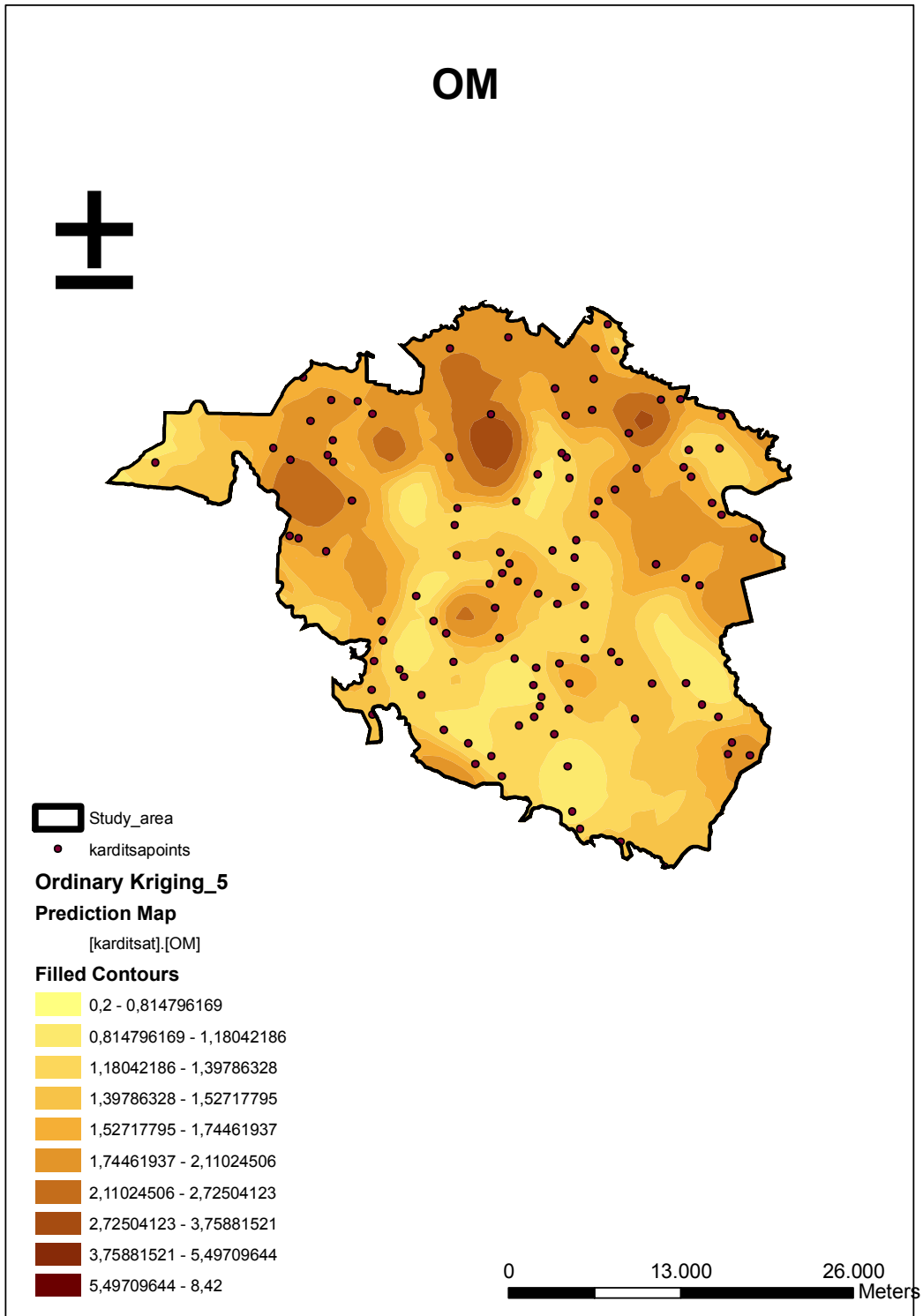
Χάρτης 5.1.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Άμμος



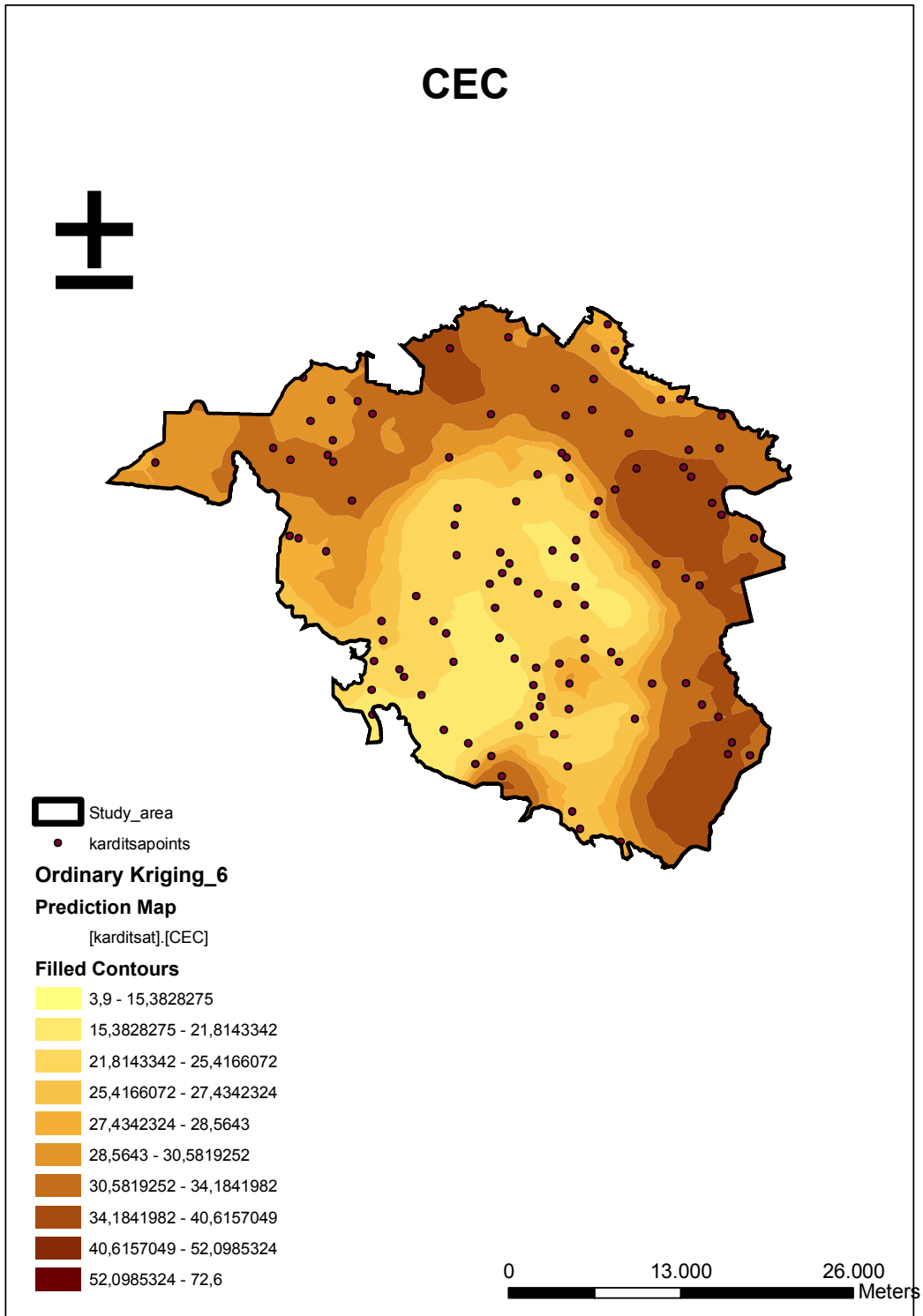
Χάρτης 5.2.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Άργιλος



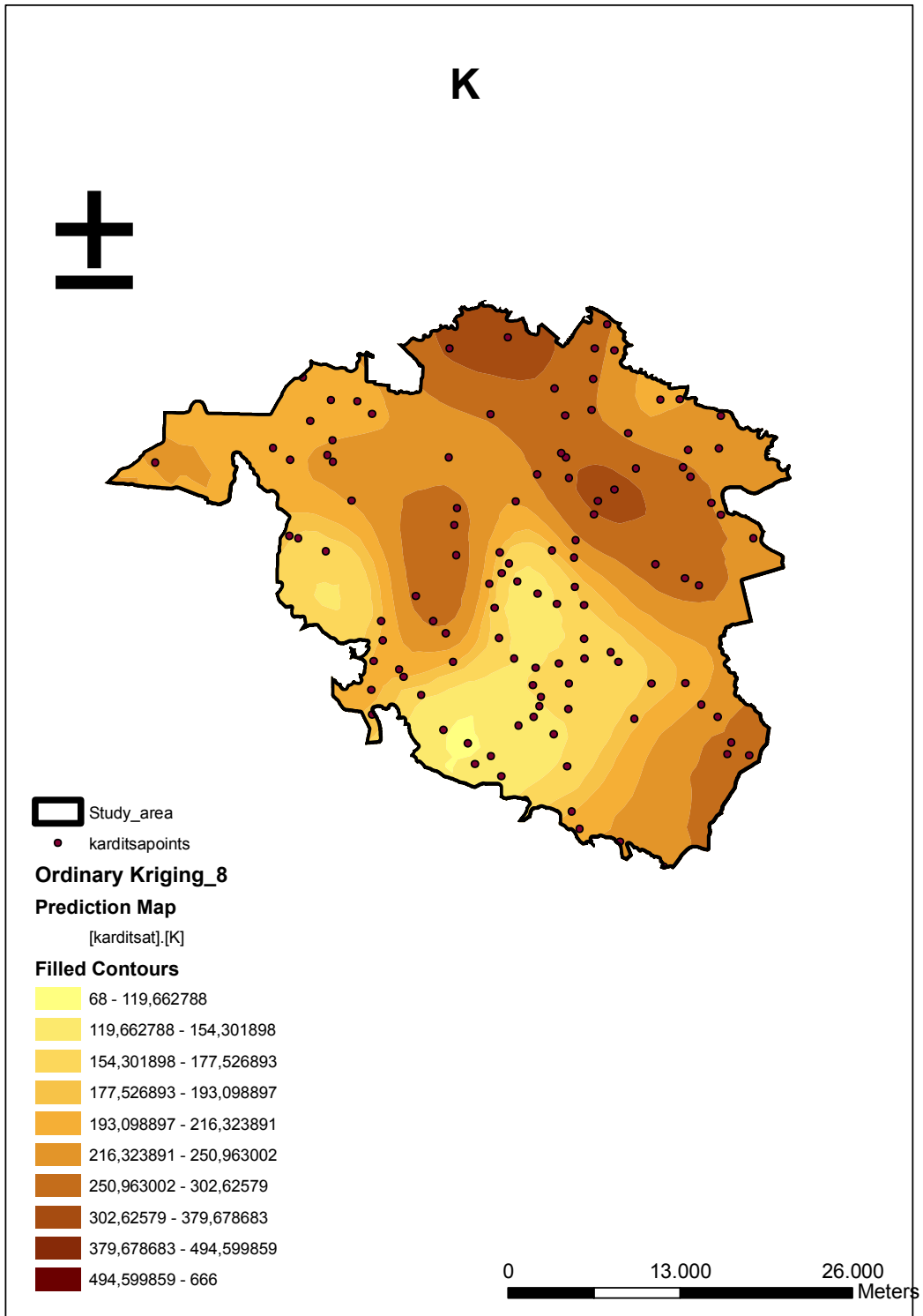
Χάρτης 5.3.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο pH



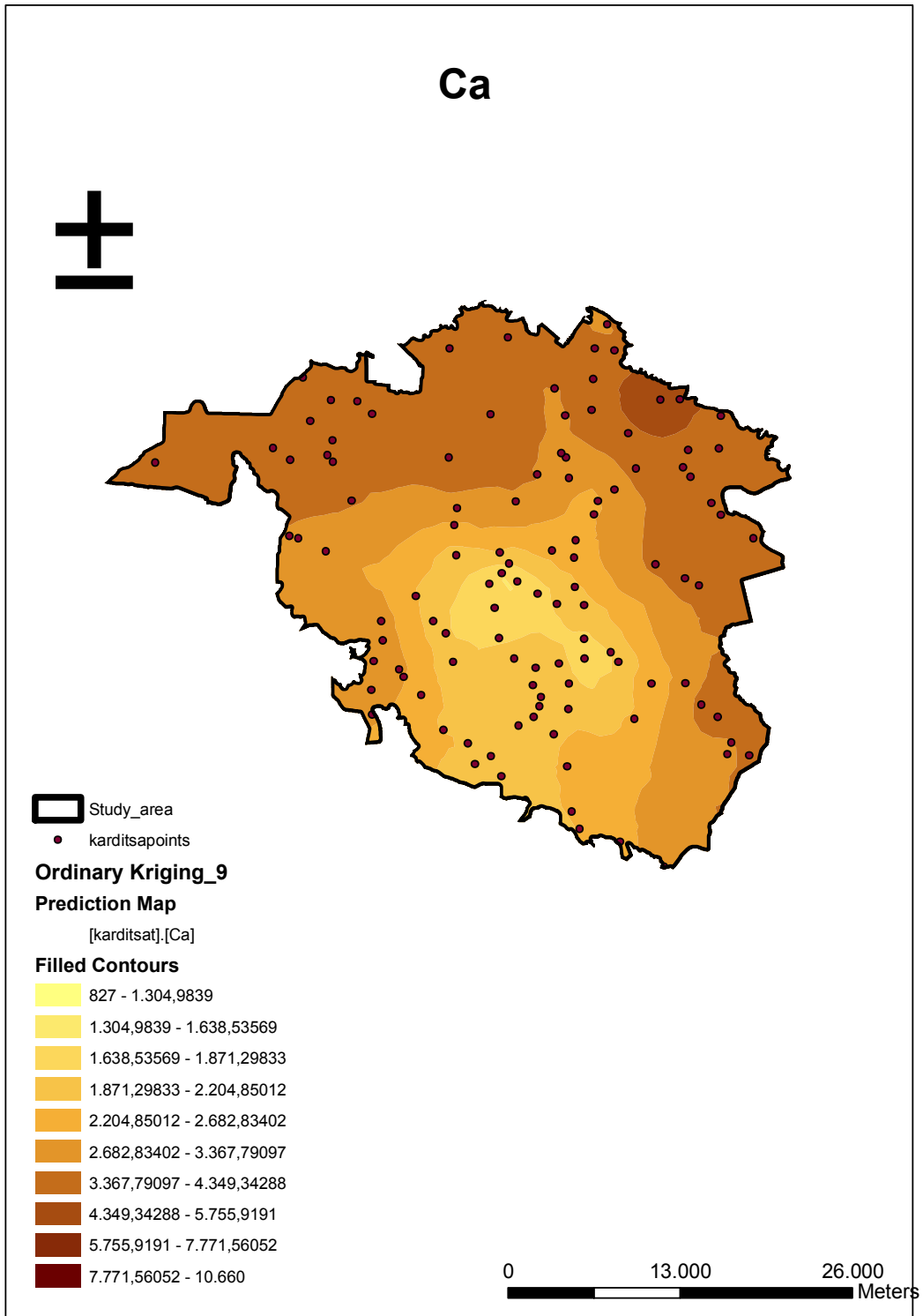
Χάρτης 5.4.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Οργανική ουσία



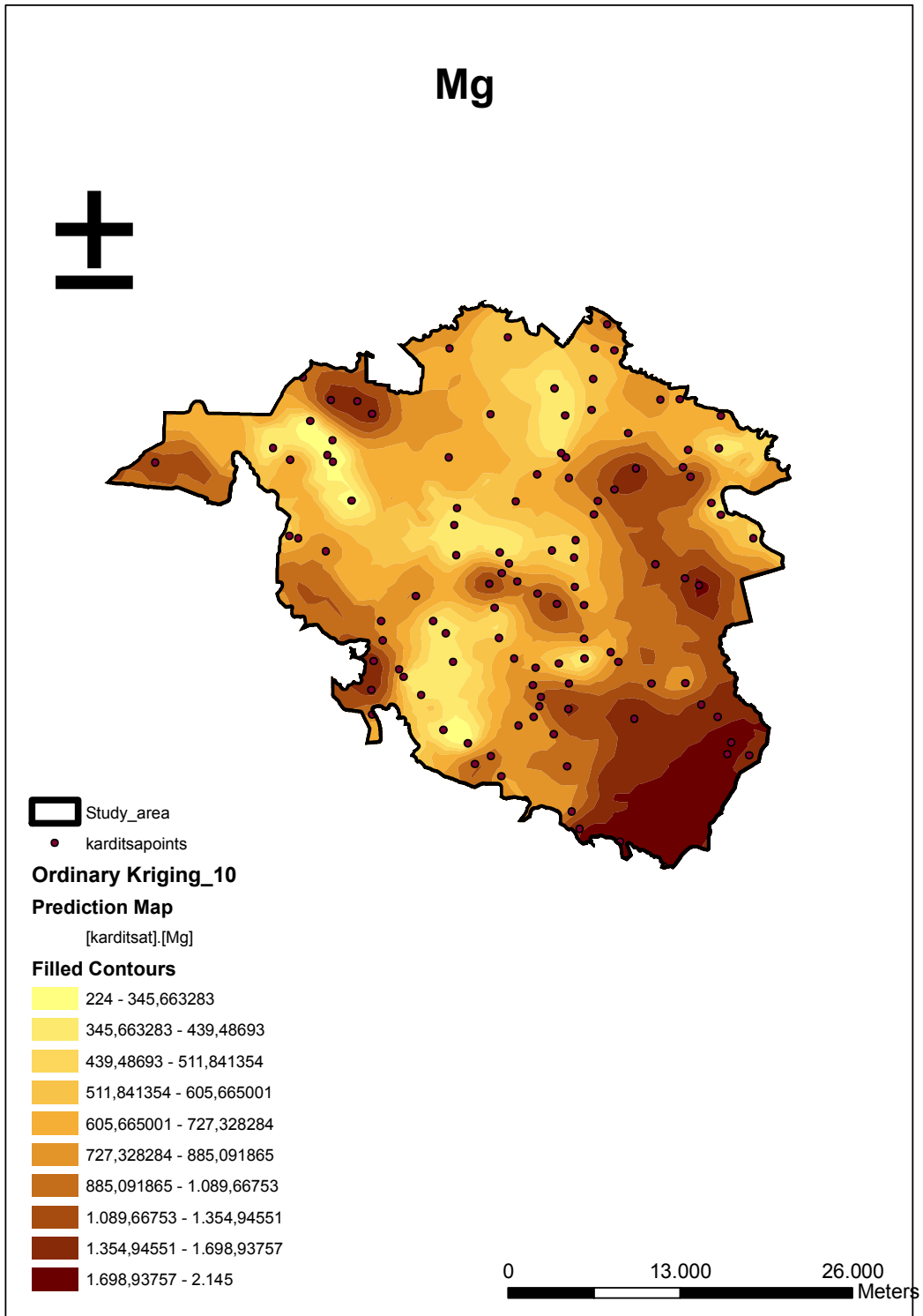
Χάρτης 5.5.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο IAK



Χάρτης 5.6.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Κάλιο

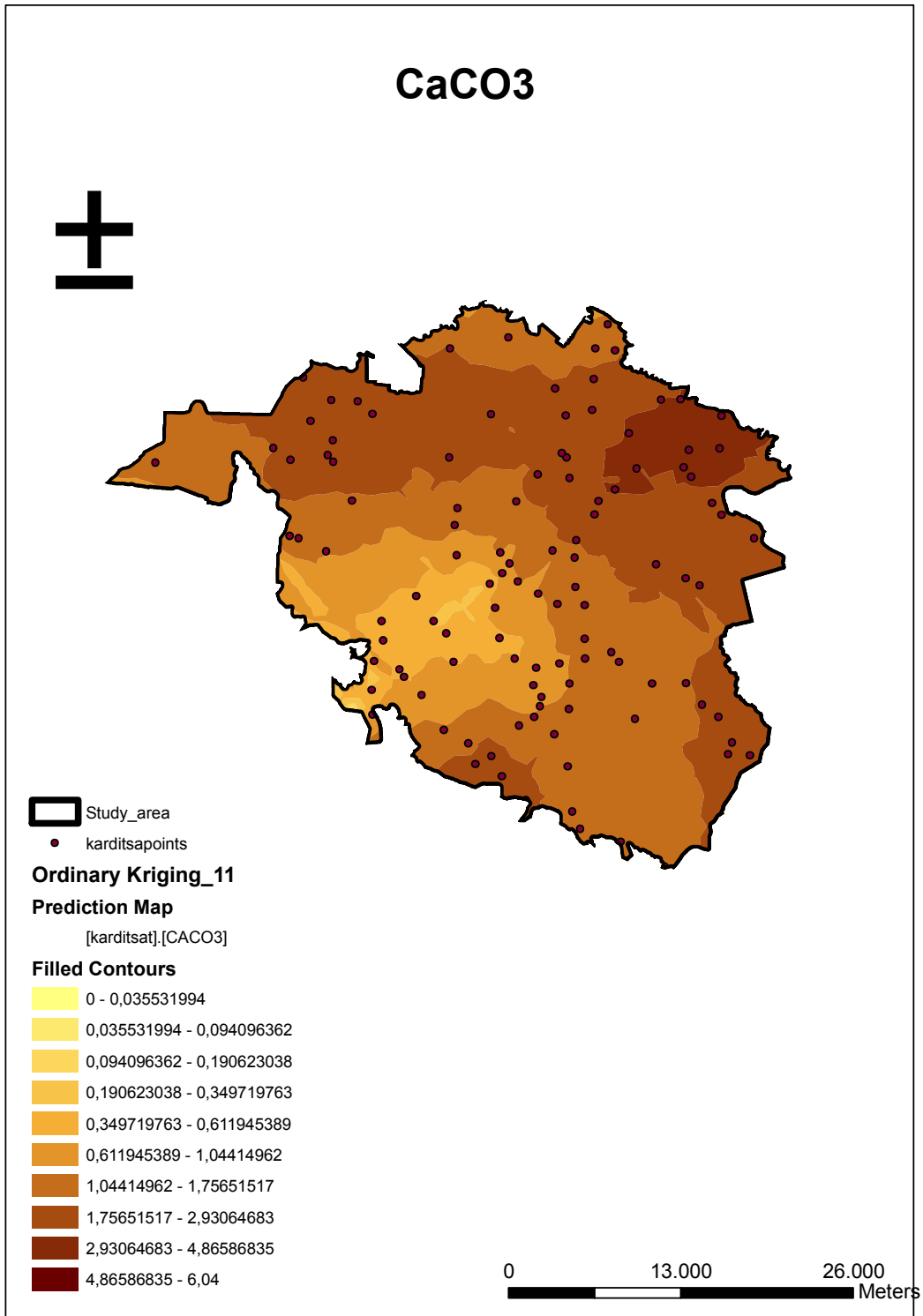


Χάρτης 5.7.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Ασβέστιο



Χάρτης 5.8.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Μαγνήσιο





Χάρτης 5.9.: Πλεγματικός χάρτης για το κριτήριο Ανθρακικό ασβέστιο

## 5.3 Εφαρμογή Μεθοδολογίας

### 5.3.1. Έναρξη Διαδικασίας

Για κάθε ένα από τα δύο ζιζάνια που μας ενδιαφέρουν στην παρούσα εργασία, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: μετά τη δημιουργία των πλεγματικών αρχείων που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε εισαγωγή των raster στο module A.H.P.\_O.W.A. (FLOWA) μέσα στο περιβάλλον του λογισμικού Arc – GIS 9.3.

Στη συνέχεια έγινε κανονικοποίηση (standardized map layer) όλων των raster από το ίδιο το πρόγραμμα μετασχηματίζοντάς τα στη κλίμακα του διαστήματος από 0 έως 1, έτσι ώστε να αντιμετωπίζονται και να είναι ισοδύναμα στις παραπέρα συγκρίσεις.

Έπειτα, εφαρμόστηκε η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (A.H.P.) όπου τα κριτήρια του κάθε ζιζανίου αξιολογήθηκαν με την εφαρμογή του πίνακα δυαδικών συγκρίσεων (pairwise comparison).

Τέλος, έγινε εφαρμογή των γλωσσικών ποσοδεικτών (linguistic quantifier) της O.W.A. μεθόδου και αποδόθηκαν επτά διαφορετικά σενάρια για κάθε ένα από τα ζιζάνια που μας ενδιέφεραν.

### 5.3.2. Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Α.Η.Ρ.)

Χρησιμοποιώντας την Α.Η.Ρ. καθορίστηκε η σημασία του κάθε κριτηρίου για το εκάστοτε ζιζάνιο. Στη συνέχεια, υπολογίσθηκαν από το πρόγραμμα τα αντίστοιχα βάρη σημαντικότητας (weights) του κάθε κριτηρίου για τη συμμετοχή του στο τελικό στάδιο όπου θα προκύψουν τα επτά σενάρια επίλυσης του προβλήματος. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν όλα τα κριτήρια μαζί σε ένα αντικείμενο (objective). Οι μήτρες των δυαδικών συγκρίσεων που δημιουργήθηκαν για τα κριτήρια του κάθε ζιζανίου φαίνονται στους παρακάτω Πίνακες.

➤ Για την περικοκλάδα:

	Sand	Clay	CaCO <sub>3</sub>	pH	OM	CEC	K	Ca	Mg
Sand	1	1/2	2	1	1	1/2	1/3	1	2
Clay	2	1	2	3	2	2	1	1	3
CaCO <sub>3</sub>	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/3	1/2	2
pH	1	1/3	1	1	1	1/2	1/3	1/2	2
OM	1	1/2	1	1	1	1/2	1/3	1/2	2
CEC	2	1/2	2	2	2	1	1/3	1	3
K	3	1	3	3	3	3	1	2	4
Ca	1	1	2	2	2	1	1/2	1	3
Mg	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1/4	1/3	1

**Πίνακας 5.3.:** Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 9 κριτηρίων για το ζιζάνιο περικοκλάδα.

➤ Για την κύπερη:

	Sand	Clay	CaCO <sub>3</sub>	pH	OM	K
Sand	1	2	2	2	1	1/2
Clay	1/2	1	2	2	1/2	1/2
CaCO <sub>3</sub>	1/2	1/2	1	1	1/3	1/2
pH	1/2	1/2	1	1	1/3	1/2
OM	1	2	3	3	1	1
K	2	2	2	2	1	1

**Πίνακας 5.4.:** Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 6 κριτηρίων για το ζιζάνιο κύπερη.

Έπειτα, υπολογίσθηκαν τα βάση σημαντικότητας (weights) για κάθε κριτήριο του κάθε ζιζανίου, τα οποία φαίνονται στους Πίνακες 5.5. και 5.6.

➤ Για την περικοκλάδα:

	Sand	Clay	pH	OM	CEC	K	Ca	Mg	CaCO <sub>3</sub>
Βάρη (weights)	0,087	0,18	0,069	0,074	0,113	0,229	0,13	0,046	0,071
<b>C.R. = 0,017</b>									

**Πίνακας 5.5.:** Βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων (criterion weights) και ο λόγος συνέπειας(C.R.) για το ζιζάνιο περικοκλάδα.

➤ Για την κύπερη:

	Sand	Clay	pH	OM	K	CaCO <sub>3</sub>
Βάρη (weights)	0,19	0,128	0,093	0,239	0,256	0,093
<b>C.R. = 0,023</b>						

**Πίνακας 5.6.:** Βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων (criterion weights) και ο λόγος συνέπειας(C.R.) για το ζιζάνιο κύπερη.

Ο δείκτης αξιοπιστίας (συνέπειας) των βαρών των κριτηρίων είναι ο λόγος συνέπειας C.R. ο οποίος πρέπει να έχει τιμή  $< 0.1$ . Για το ζιζάνιο περικοκλάδα ο λόγος συνέπειας C.R. ισούται με 0,017 και για το ζιζάνιο κύπερη ισούται με 0,023 (και οι δύο είναι μικρότεροι από το κρίσιμο όριο του 0,1). Οπότε δεν χρειάζεται να αναβαθμολογήσουμε ξανά τα κριτήρια αφού τα βάρη είναι συνεπή και έτσι συνεχίζουμε στο επόμενο στάδιο.

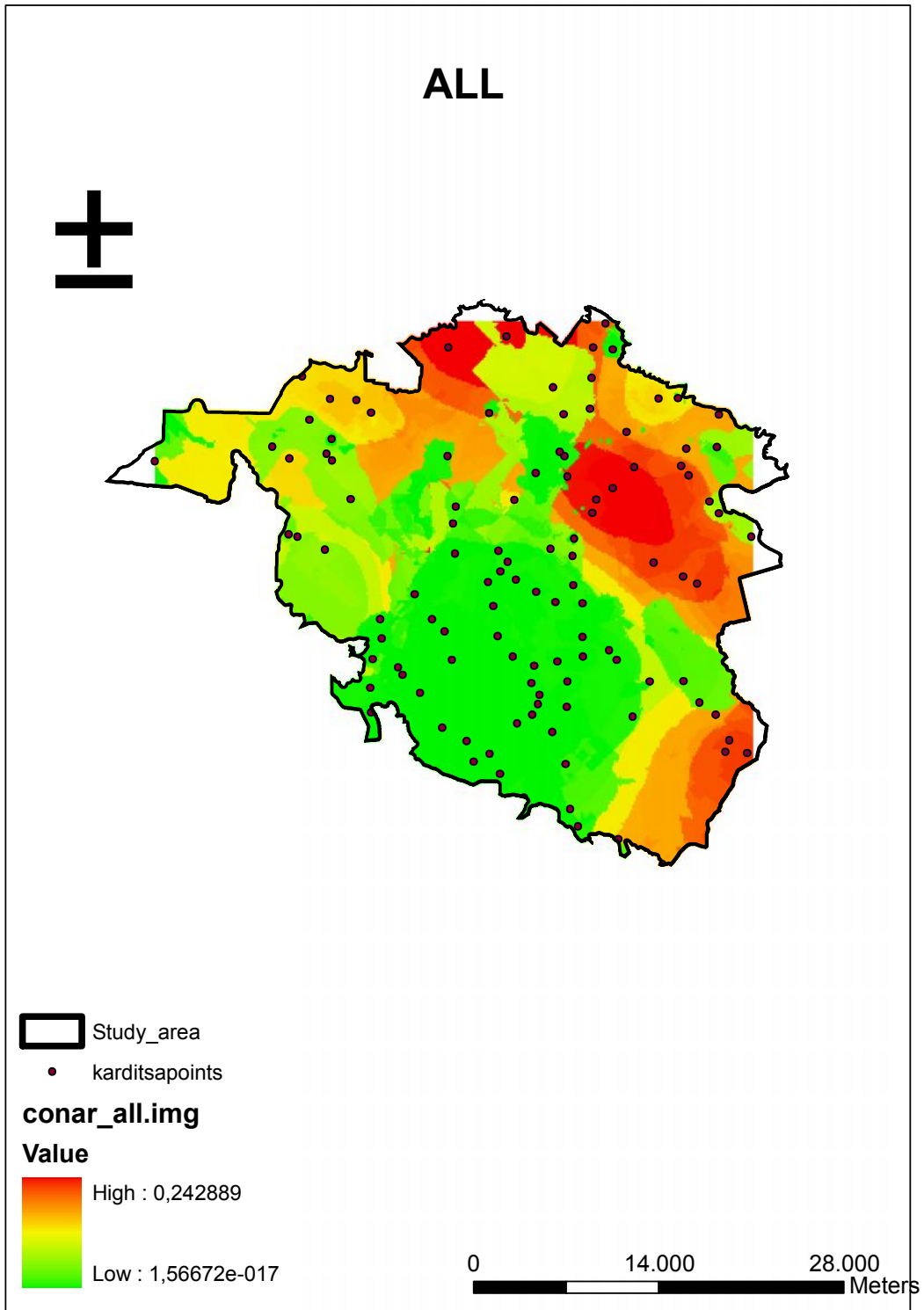
### 5.3.3. Χρησιμοποίηση Γλωσσικών Ποσοδεικτών

Εφαρμόστηκαν οι γλωσσικοί ποσοδείκτες (linguistic quantifier) της O.W.A. και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα σενάρια για καθένα από τα ζιζάνια. Οι γλωσσικοί ποσοδείκτες που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατά σειρά: At least One, Few, Some, Half, Many, Most & All. Στο τέλος έγινε παραγωγή πλεγματικών χαρτών με διάσταση κυψελίδας ίδιας με αυτής των πηγαίων χαρτών και με τιμές του pixel – value στο διάστημα από 0 έως το 1. Στις θέσεις με χαμηλές τιμές pixel – value υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες εμφάνισης του εκάστοτε ζιζανίου, ενώ στις θέσεις της περιοχής μελέτης με μεγάλες τιμές pixel – value (τιμές κοντά στο 1) υπάρχουν μεγάλες πιθανότητες εμφάνισης του ζιζανίου. Τέλος, στις θέσεις με μέσες τιμές pixel – value οι πιθανότητες εμφάνισης μετριάζονται.

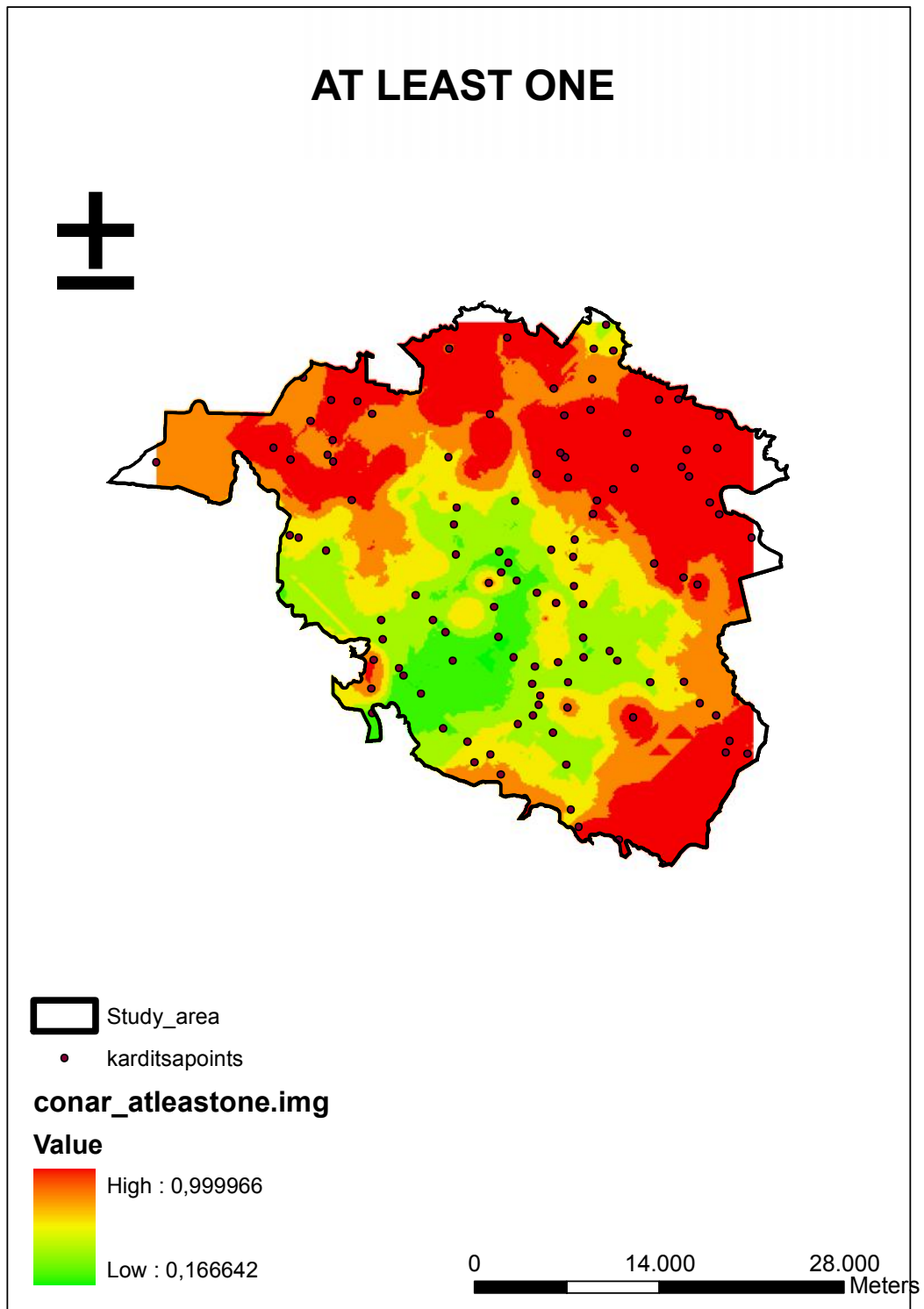
Παρακάτω φαίνονται οι χάρτες που δημιουργήθηκαν για κάθε γλωσσικό ποσοδείκτη για τα δύο ζιζάνια που μας ενδιαφέρουν στην παρούσα εργασία.

- Στο Χάρτη 5.10. για το σενάριο ALL για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.11. για το σενάριο AT LEAST ONE για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.12. για το σενάριο FEW για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.13. για το σενάριο HALF για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.14. για το σενάριο MANY για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.15. για το σενάριο MOST για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.16. για το σενάριο SOME για την περικοκλάδα
- Στο Χάρτη 5.17. για το σενάριο ALL για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.18. για το σενάριο AT LEAST ONE για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.19. για το σενάριο FEW για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.20. για το σενάριο HALF για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.21. για το σενάριο MANY για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.22. για το σενάριο MOST για την κύπερη
- Στο Χάρτη 5.23. για το σενάριο SOME για την κύπερη

## Χάρτες σεναρίων για το ζιζάνιο περικοκλάδα

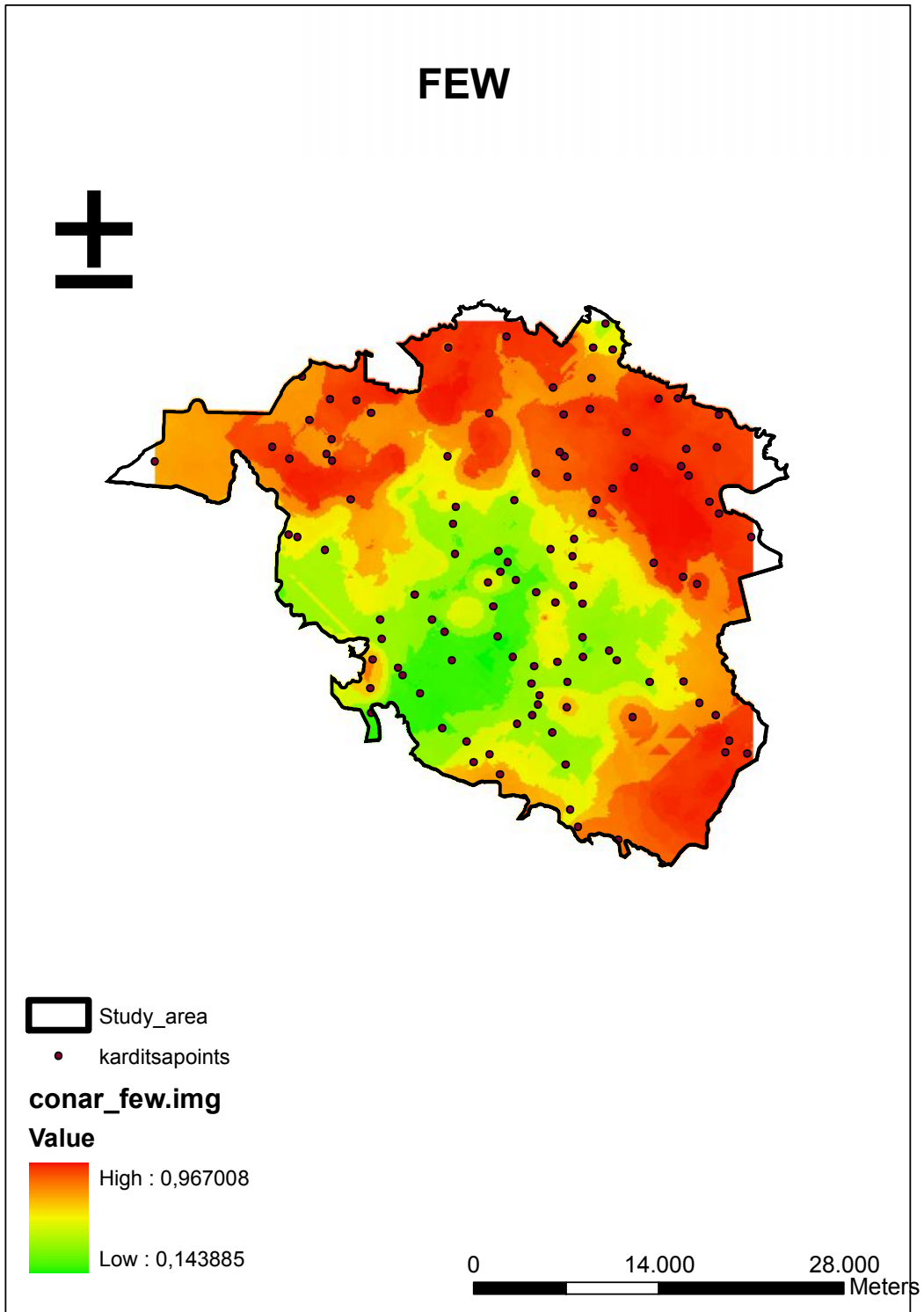


**Χάρτης 5.10.:** Χάρτης του σεναρίου ALL για την περικοκλάδα

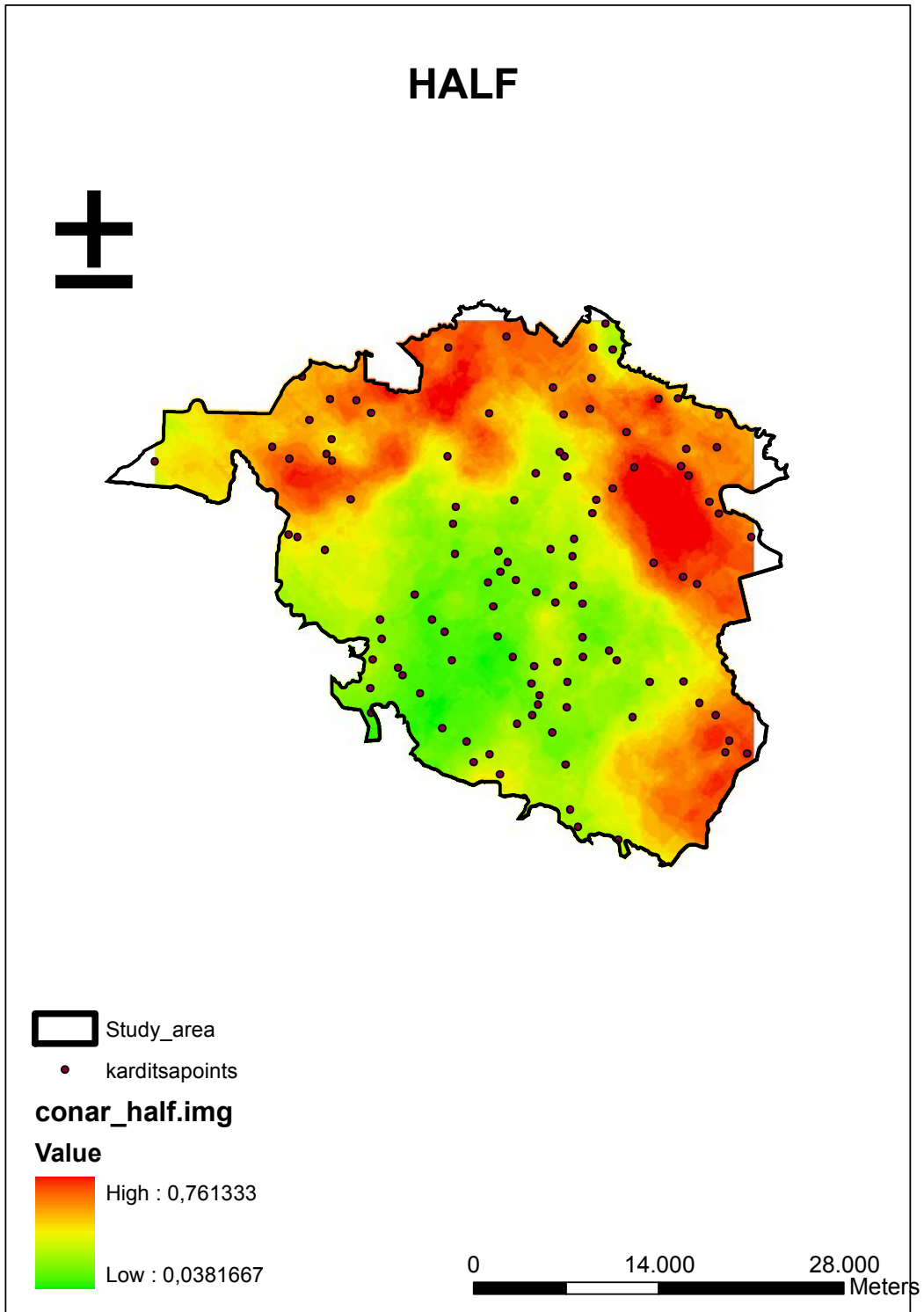


**Χάρτης 5.11.:** Χάρτης του σεναρίου AT LEAST ONE για την περικοκλάδα

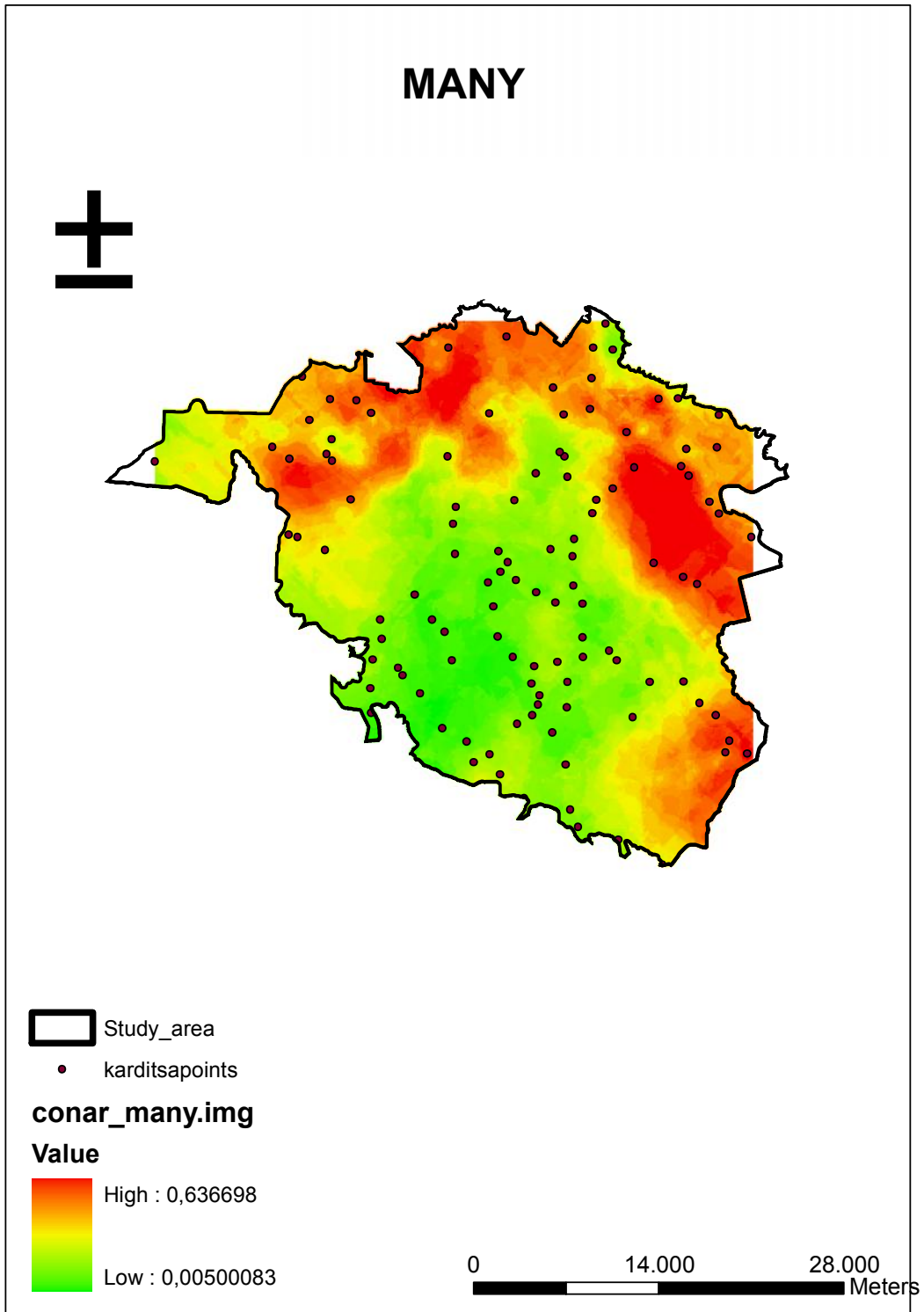




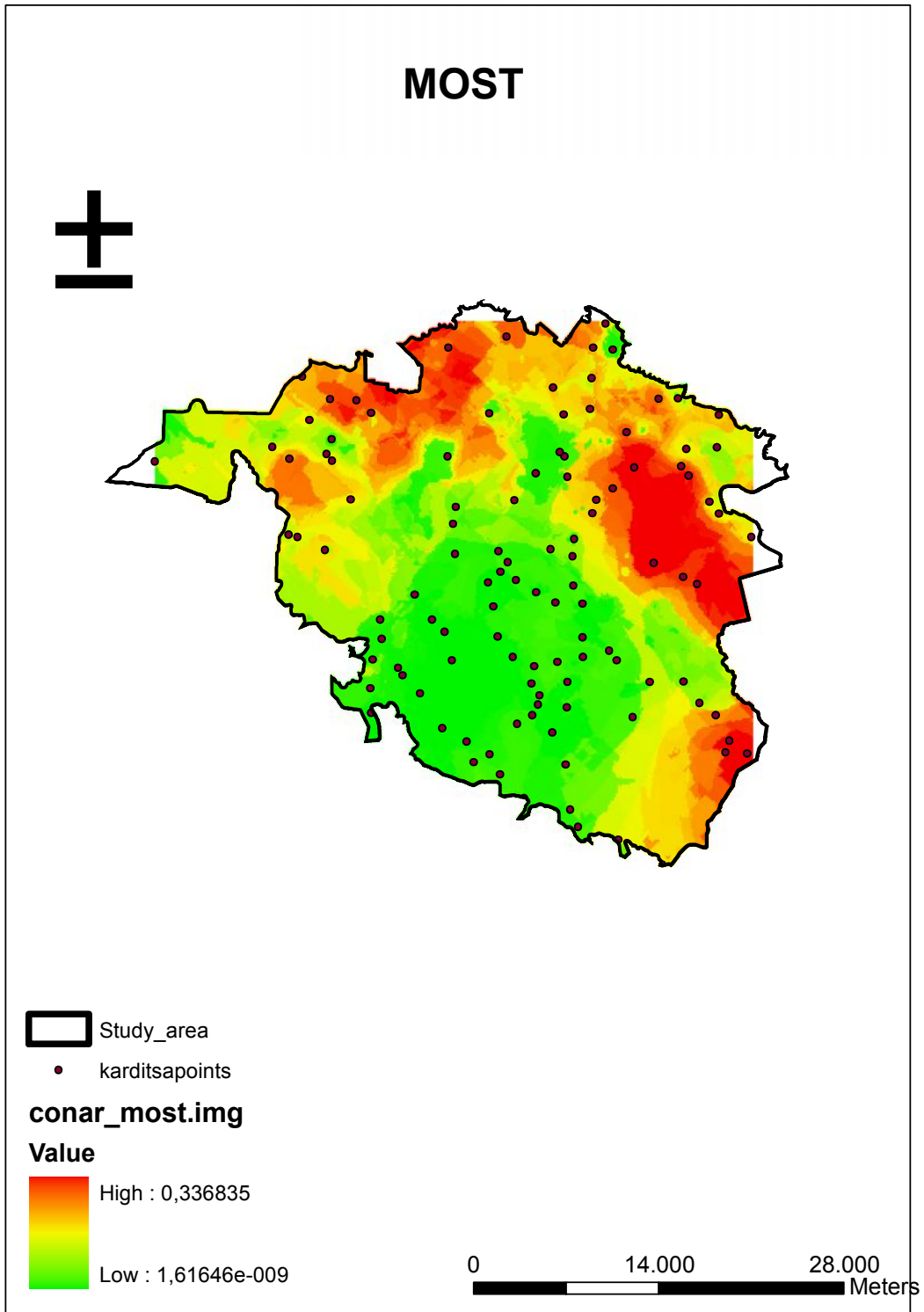
**Χάρτης 5.12.:** Χάρτης του σεναρίου FEW για την περικοκλάδα



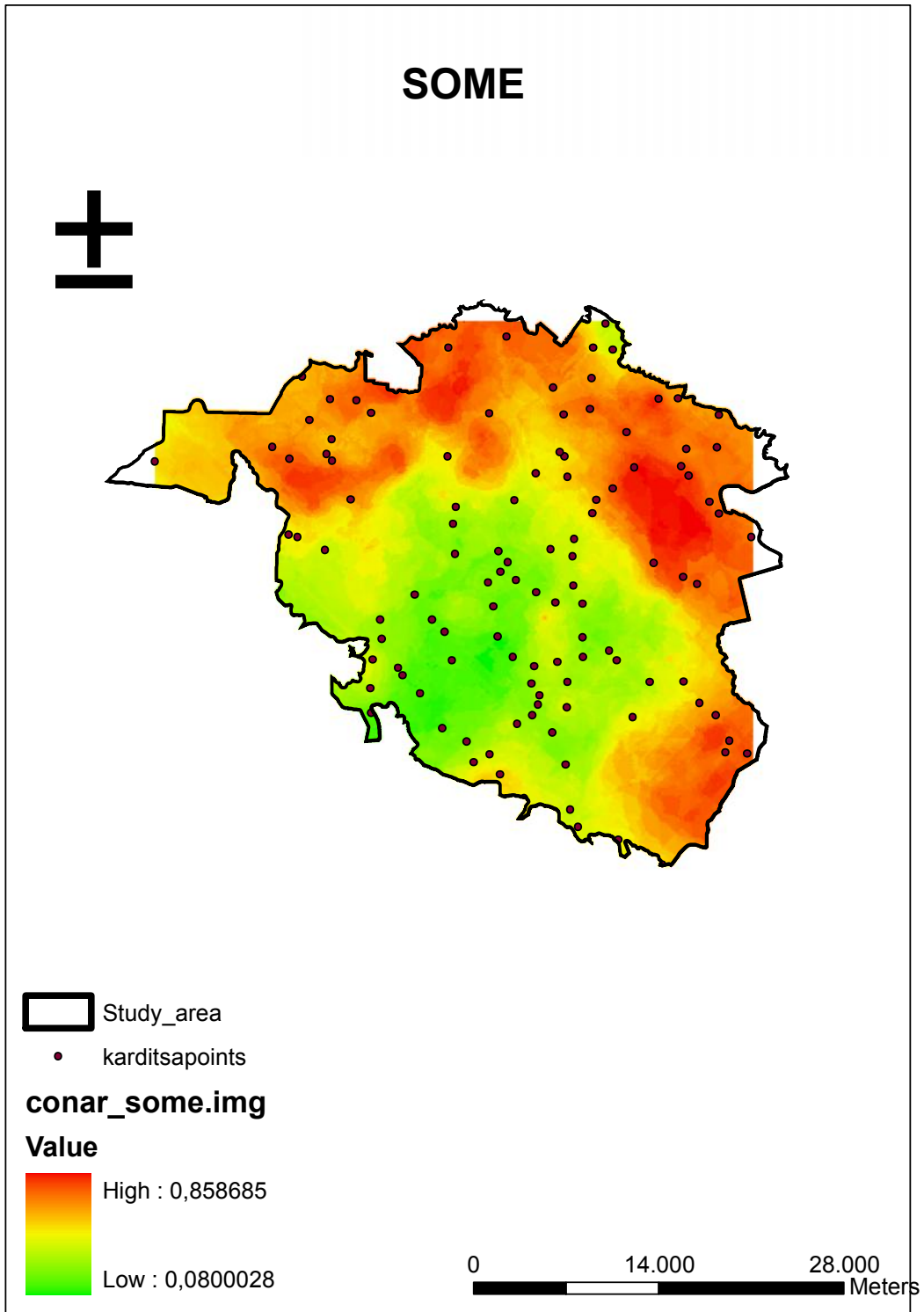
**Χάρτης 5.13.:** Χάρτης του σεναρίου HALF για την περικοκλάδα



**Χάρτης 5.14.:** Χάρτης του σεναρίου MANY για την περικοκλάδα

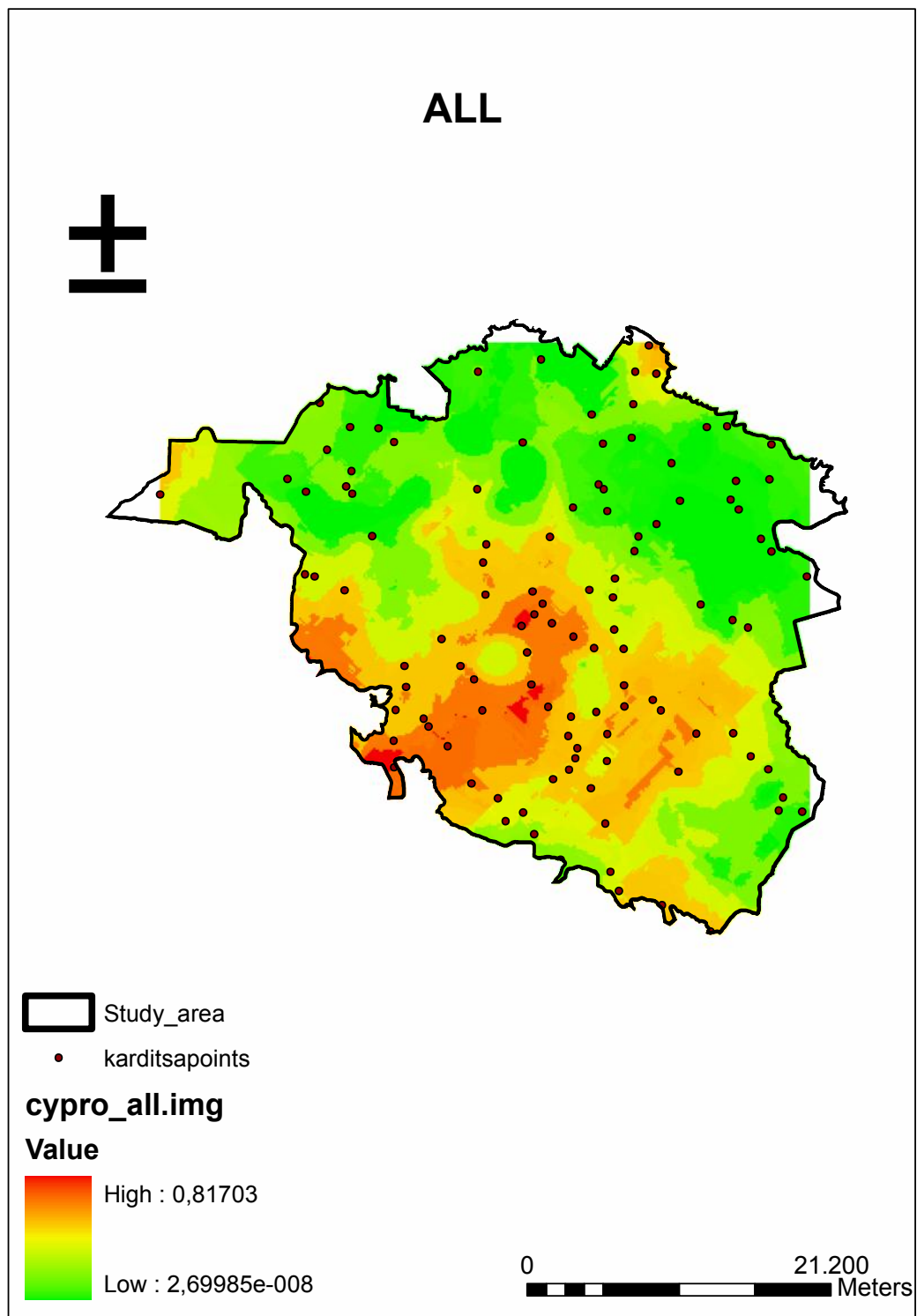


**Χάρτης 5.15.:** Χάρτης του σεναρίου MOST για την περικοκλάδα

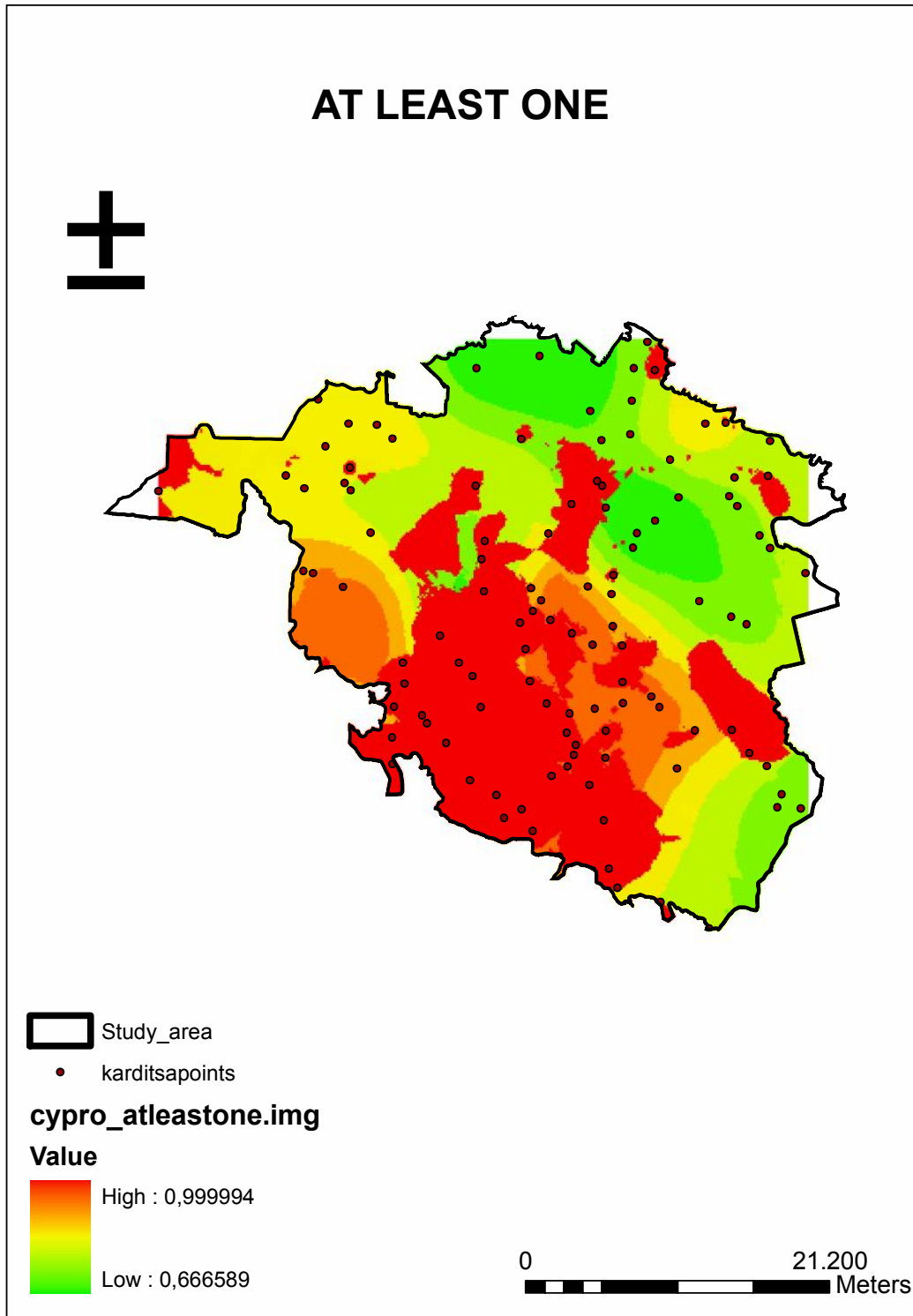


**Χάρτης 5.16.:** Χάρτης του σεναρίου SOME για την περικοκλάδα

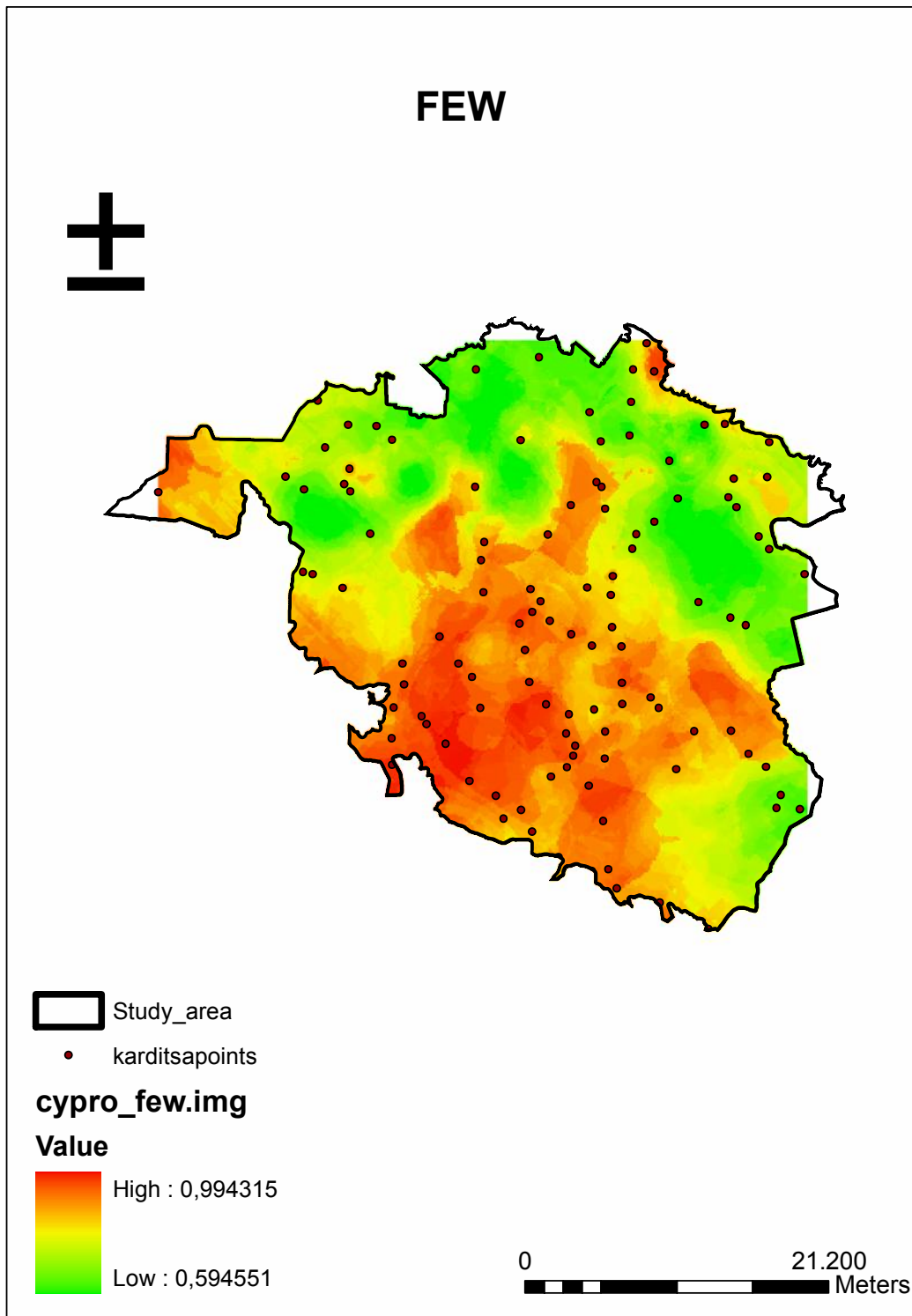
## Χάρτες σεναρίων για την κύπερη



Χάρτης 5.17.: Χάρτης του σεναρίου ALL για την κύπερη



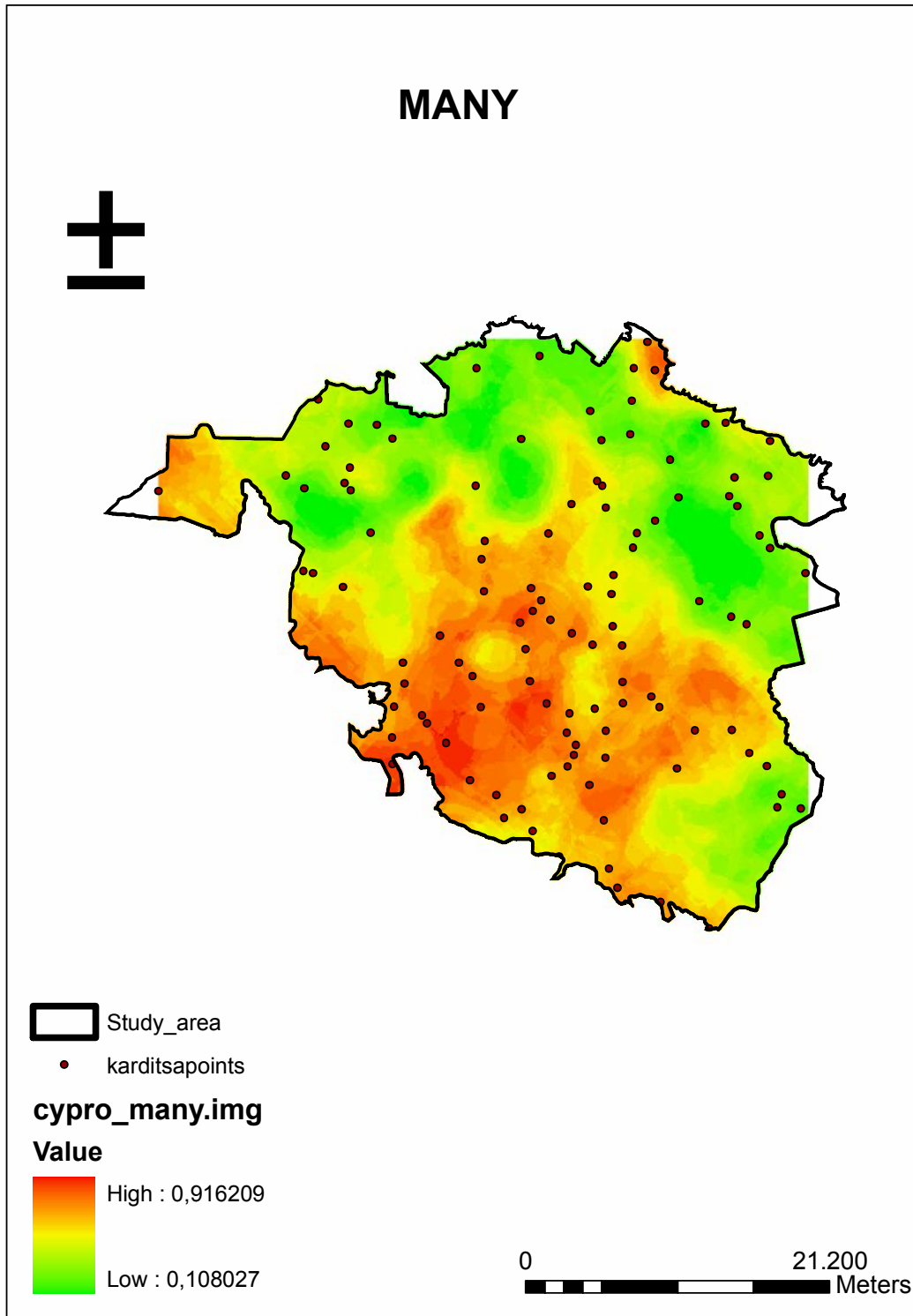
**Χάρτης 5.18.:** Χάρτης του σεναρίου AT LEAST ONE για την κύπερη



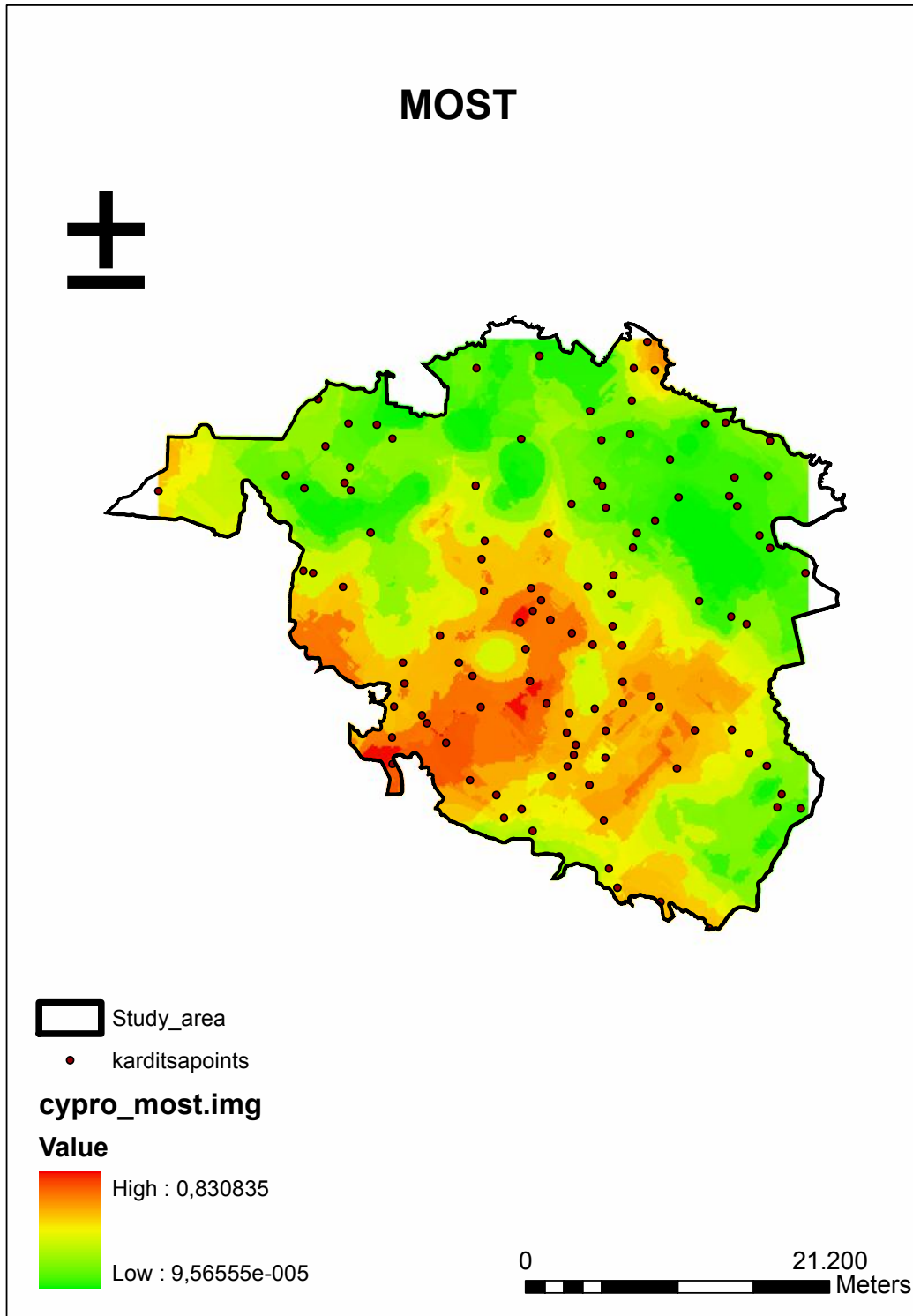
**Χάρτης 5.19.:** Χάρτης του σεναρίου FEW για την κύπερη



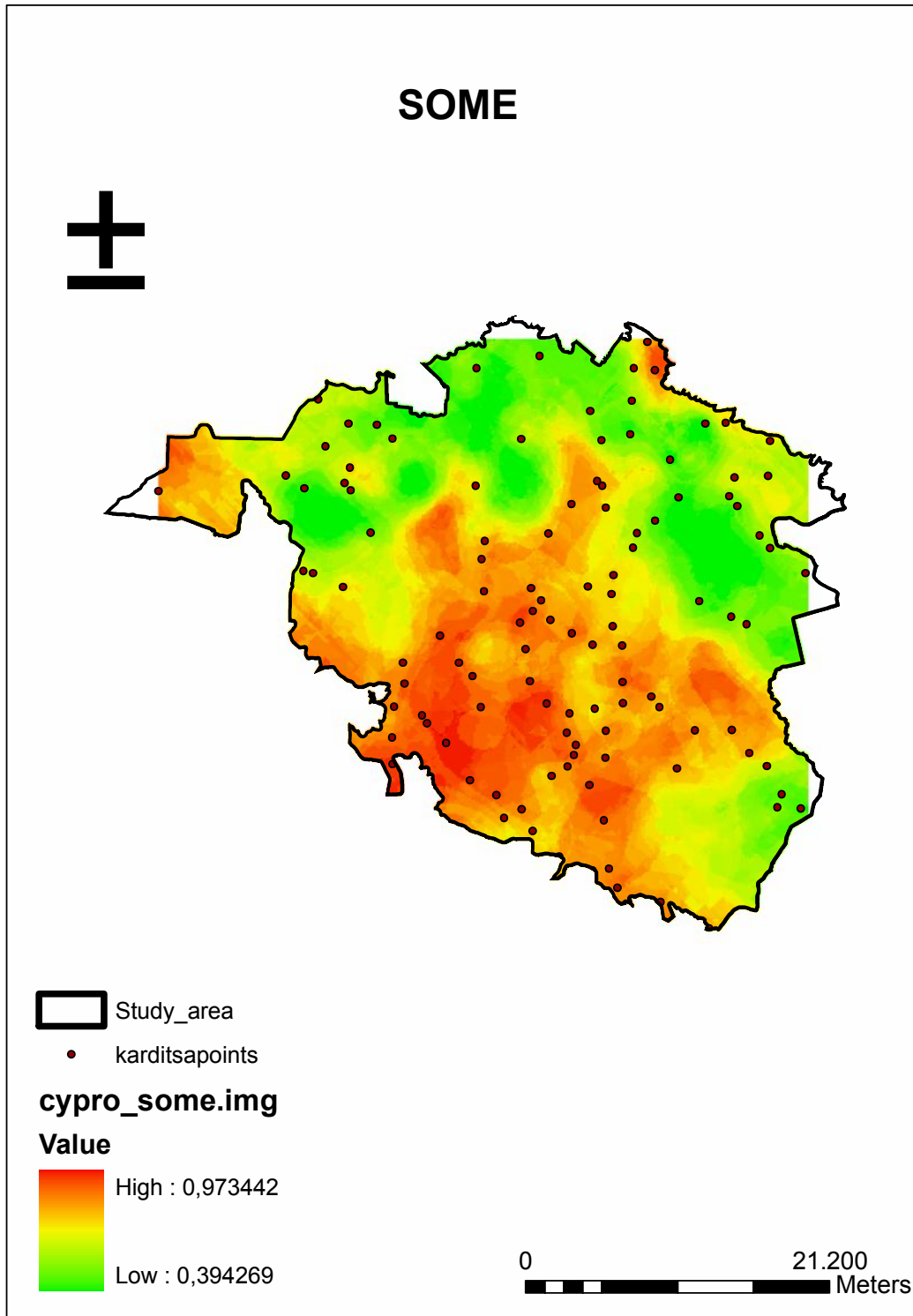




**Χάρτης 5.21.:** Χάρτης του σεναρίου MANY για την κύπερη



**Χάρτης 5.22.:** Χάρτης του σεναρίου MOST για την κύπερη



**Χάρτης 5.23.:** Χάρτης του σεναρίου SOME για την κύπερη

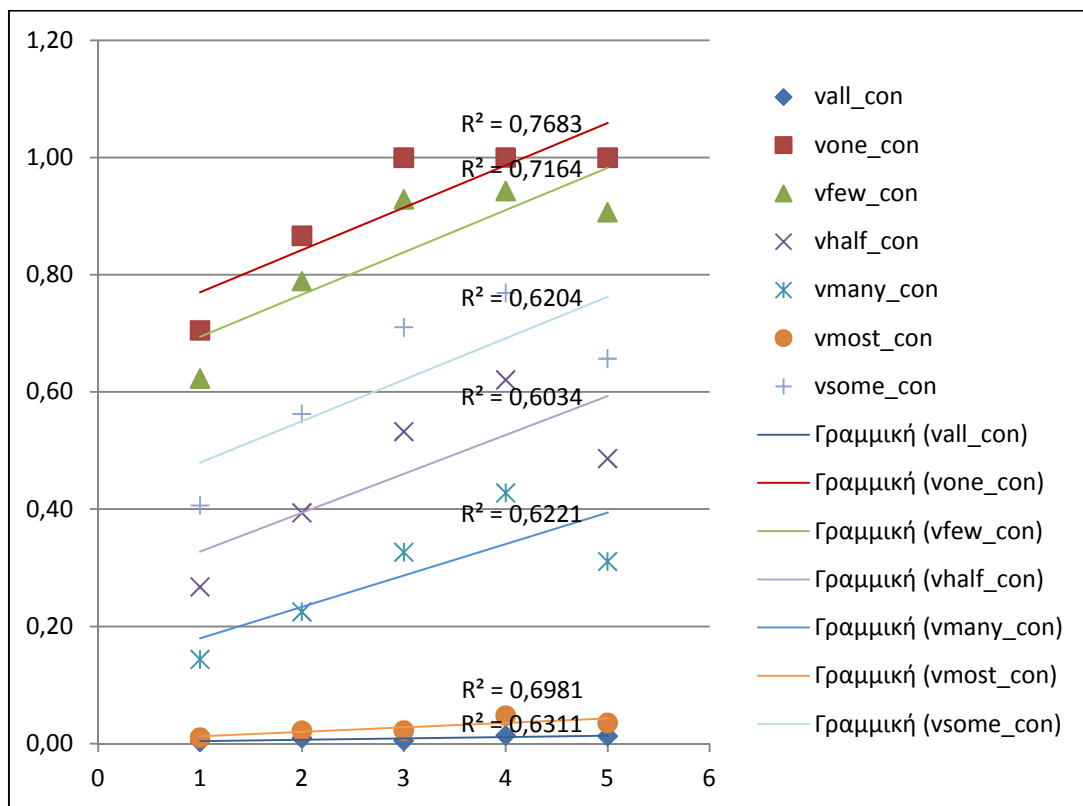
#### 5.3.4. Αξιολόγηση Σεναρίων

Παρατηρώντας τα σενάρια που δημιουργήθηκαν διαπιστώνονται επτά διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις. Κάποια σενάρια είναι φανερό ότι διακατέχονται από πολύ υψηλό “βαθμό αισιοδοξίας” (όπως το At least one και το Few), ενώ κάποια άλλα σενάρια χαρακτηρίζονται από μεγάλο “βαθμό απαισιοδοξίας” (όπως το All και το Most). Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε να κάνουμε με πολύ ακραίες τιμές, είτε υψηλές είτε χαμηλές, που φανερώνουν αντίστοιχα έντονη εμφάνιση του εκάστοτε ζιζανίου (πιθανόν ακόμα και σε περιοχές που δεν δικαιολογείται αυτή η εμφάνιση) ή μη εμφάνιση του ζιζανίου (ακόμη και εκεί που λόγω συνθηκών αναμενόταν).

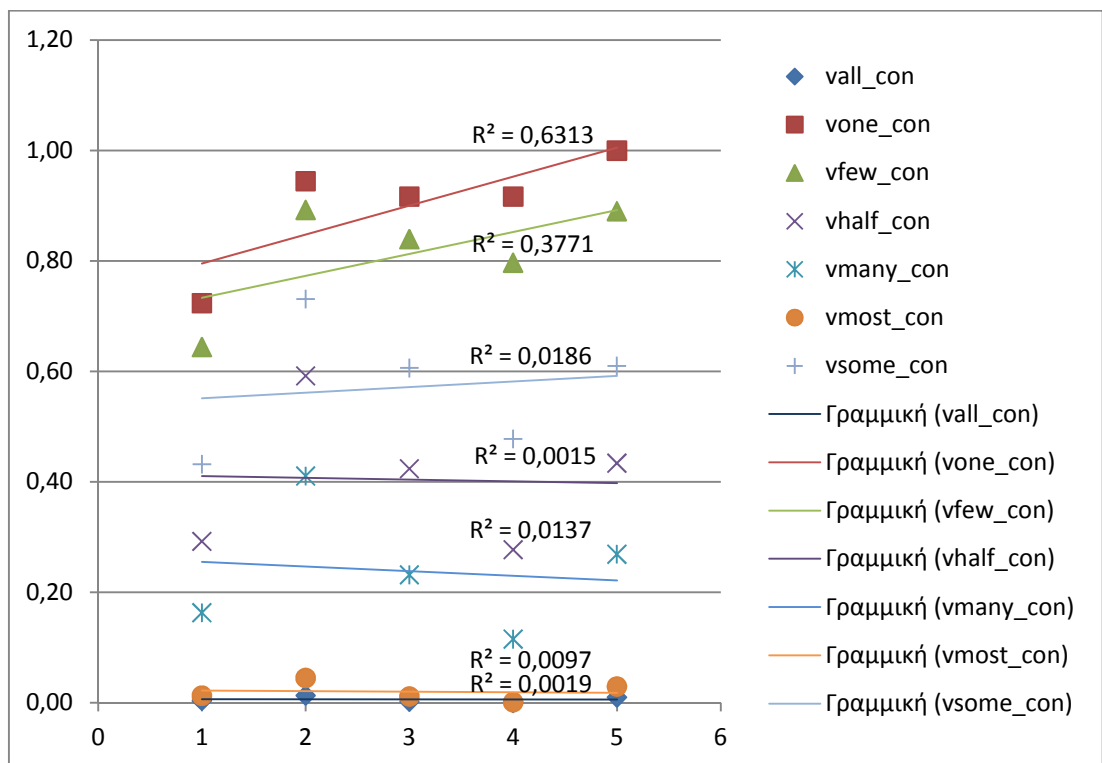
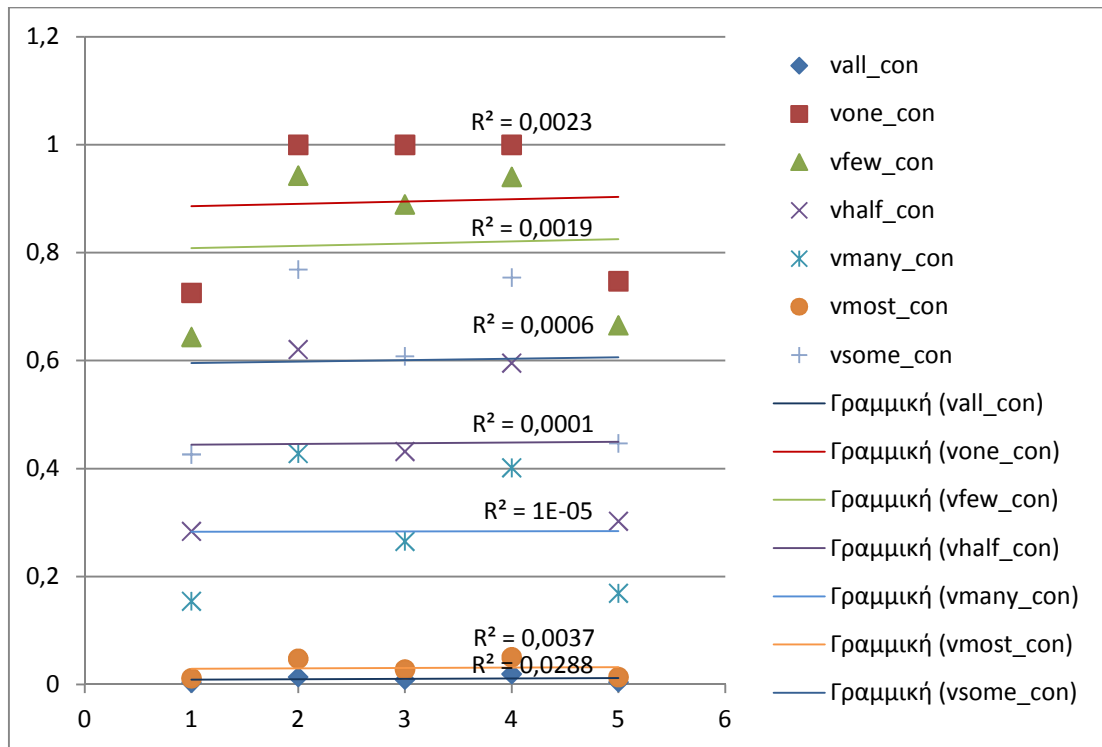
Τα υπόλοιπα σενάρια βρίσκονται ενδιάμεσα σε αυτές τις δύο ακραίες περιπτώσεις και ο εκάστοτε μελετητής πρέπει να αποφασίσει ποιο σενάριο είναι ικανότερο να προβλέψει την εμφάνιση του εξεταζόμενου κάθε φορά ζιζανίου, καθώς από τη μεθοδολογία των Boroushaki & Malczewski δεν αναφέρεται κάποιος τρόπος αξιολόγησης των αποτελεσμάτων – σεναρίων που προκύπτουν.

Στην παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα πρόβλεψης της εμφάνισης των ζιζανίων αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της καταγραφής της ζιζανιοχλωρίδας των τριών ετών (2007-2009). Συγκεκριμένα συνδυάστηκαν τα αποτελέσματα των σεναρίων του πολυκριτηριακού μοντέλου στις θέσεις δειγματοληψίας, με τα δεδομένα της δειγματοληψίας των τριών ετών για το κάθε ζιζάνιο ξεχωριστά. Στη συνέχεια, έγινε μια συσχέτιση για να ελεγχθεί το κατά πόσο οι θεωρητικές τιμές προσαρμόστηκαν με τις πραγματικές. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε το αν οι καταγραφείσες (πραγματικές) τιμές εμφάνισης του εκάστοτε ζιζανίου για κάθε χρονιά, ομαδοποιημένες σε κλάσεις, αντιστοιχούν σε παρόμοιες τιμές των pixel – value των σεναρίων. Ακόμη, εξετάστηκε αν υπάρχει γραμμική συσχέτιση ανάμεσα σε αυτά τα δύο είδη τιμών.

Έτσι προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα όπου στον 'x' άξονα τοποθετήθηκαν οι κλάσεις εμφάνισης ζιζανίου στις ανάλογες θέσεις δειγματοληψίας για την κάθε χρονιά και στον 'y' άξονα τοποθετήθηκαν οι μέσες τιμές των pixel – value στις αντίστοιχες θέσεις για το κάθε σενάριο.



**1. Συσχέτιση μέσω των τιμών pixel-value στις θέσεις δειγματοληψίας και των 7 σεναρίων με τις κλάσεις των παρατηρούμενων τιμών εμφάνισης του ζιζανίου περικοκλάδας το 2007 (Conar 07)**



Στα παραπάνω διαγράμματα διακρίνονται οι γραμμές συσχέτισης και οι τετραγωνικές τιμές  $R^2$  των συντελεστών συσχέτισης για κάθε ένα από τα σενάρια, για τις τρεις διαφορετικές χρονιές δειγματοληψίας, για το ζιζάνιο περικοκλάδα. Αυτό που φαίνεται ξεκάθαρα και στα τρία διαγράμματα είναι η υπεραισιοδοξία του σεναρίου At least one αλλά και η απαισιοδοξία του σεναρίου ALL. Οι γραμμές συσχέτισης των υπόλοιπων σεναρίων βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές των 2 αυτών σεναρίων.

Στα διαγράμματα για τις χρονιές 2007 και 2009 παρατηρούμε σε όλα τα σενάρια ότι οι γραμμές συσχέτισης έχουν θετική συσχέτιση με τις ομαδοποιημένες τιμές των δεδομένων δειγματοληψίας μας. Αυτό σημαίνει ότι οι αυξημένες τιμές των pixel – value των σεναρίων αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές εμφάνισης ζιζανίων με βάση τη δειγματοληψία αυτής της χρονιάς. Οπότε σε αυτήν την περίπτωση το πολυκριτηριακό μοντέλο που δομήθηκε προσαρμόστηκε αρκετά καλά στις συνθήκες του προβλήματος της παρούσας εργασίας.

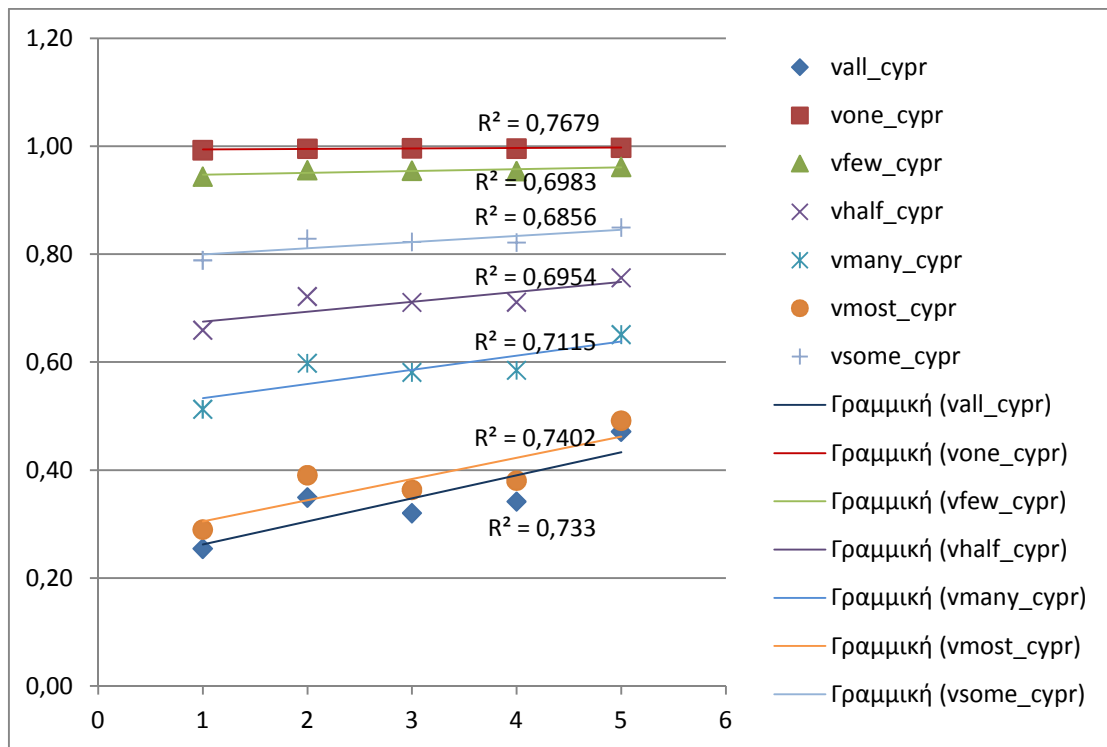
Στο διάγραμμα για τη χρονιά 2008 παρατηρείται μεν θετική συσχέτιση αλλά οι συντελεστές συσχέτισης γενικά είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι τη συγκεκριμένη χρονιά τα σημεία δειγματοληψίας μας ήταν πολύ λιγότερα σε σχέση με τις άλλες δύο χρονιές.

Το At least one όπως και το Few χαρακτηρίζονται από μεγάλη αισιοδοξία και αυτό φαίνεται και από τους συντελεστές συσχέτισης που έχουν πολύ μεγάλες τιμές, έτσι δεν μπορεί να είναι στα προτιμητέα σενάρια καθώς όπως βλέπουμε και στους αντίστοιχους χάρτες δίνουν ανεξήγητα υψηλή εμφάνιση ζιζανίων στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής δειγματοληψίας μας (κόκκινο χρώμα).

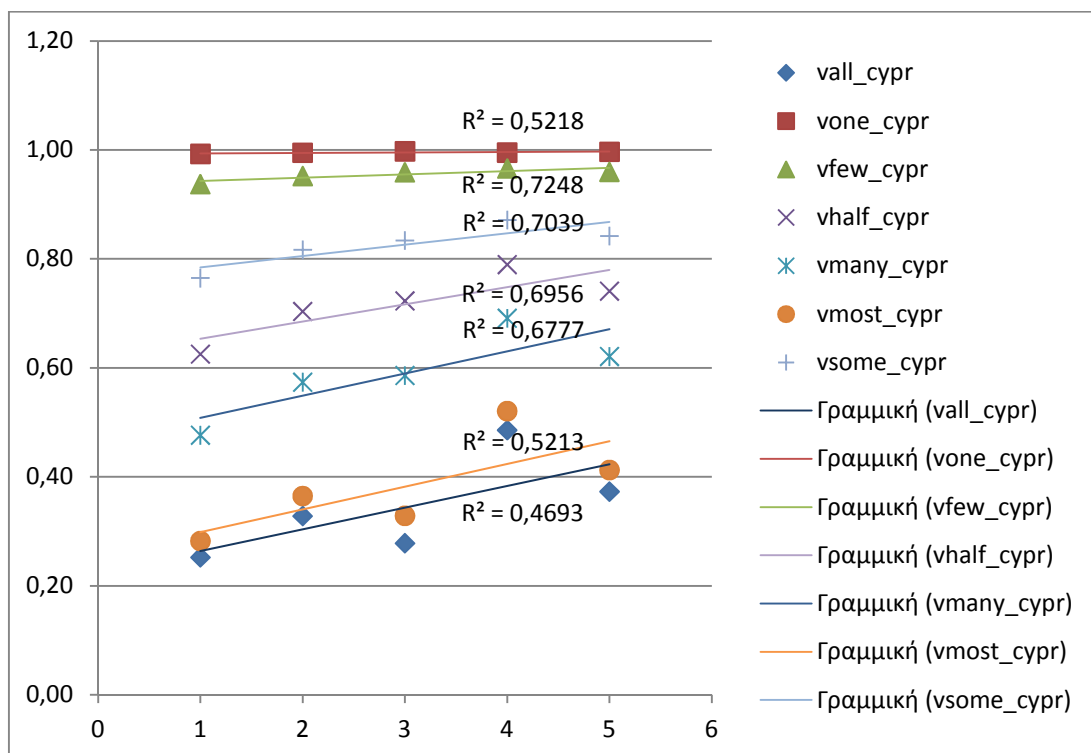
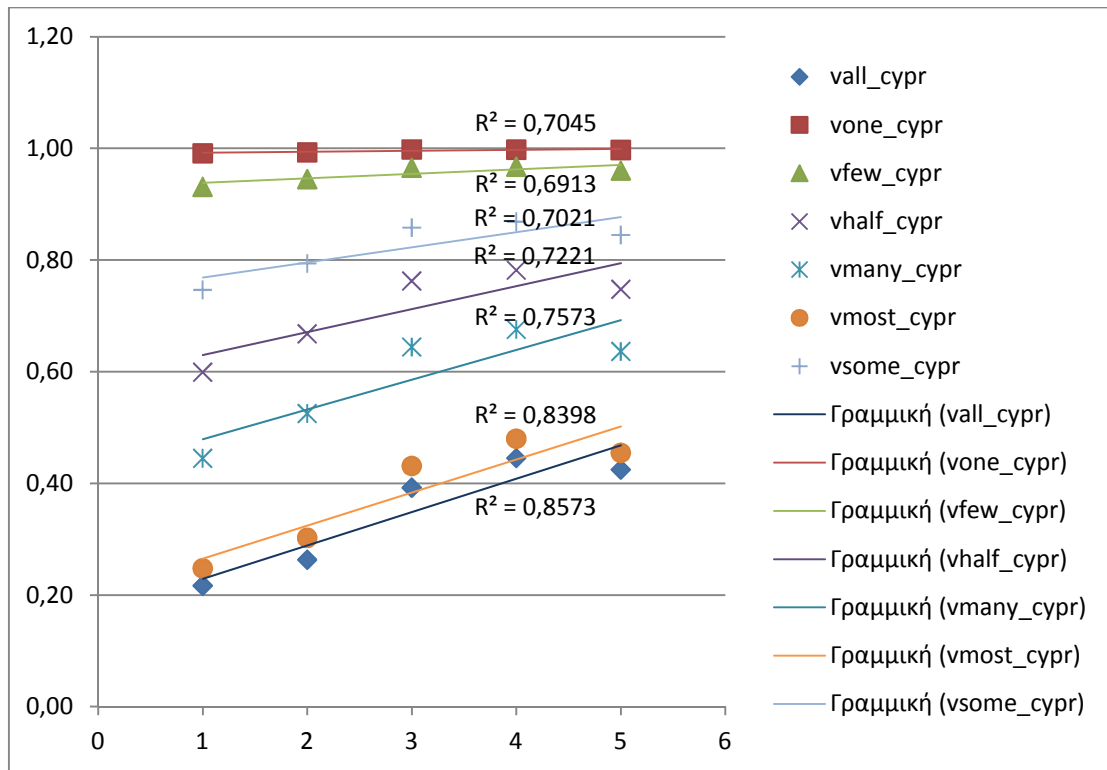


Τα επόμενα τρία σενάρια, Some, Half και Many, αν τα εξετάσουμε συνολικά και για τις τρεις χρονιές, διαπιστώνουμε ότι έχουν μια μέση συσχέτιση με τα σημεία δειγματοληψίας μας. Παρατηρώντας τους χάρτες σεναρίων διαπιστώνεται ότι τα τρία αυτά σενάρια είναι ικανά να προβλέψουν επιτυχώς τόσο τις χαμηλές τιμές εμφάνισης ζιζανίων περικοκλάδας όσο και τις αντίστοιχες υψηλές.

Τα δύο τελευταία σενάρια, Most και All, είναι πολύ απαισιόδοξα, καθώς δίνουν χαμηλή εμφάνιση του ζιζανίου, ακόμα και σε περιοχές που στην πραγματικότητα υπάρχουν υψηλότερες τιμές. Στα διαγράμματα αποτελούν τις δύο κατώτερες γραμμές συσχέτισης και οι συντελεστές συσχέτισης στις δύο τελευταίες χρονιές είναι πάρα πολύ χαμηλοί, μικρότεροι από 0,3 οπότε απορρίπτονται ούτως ή άλλως. Στους χάρτες σεναρίων παρατηρείται έντονη παρουσία των χαμηλών τιμών (πράσινο χρώμα).



**1. Συσχέτιση μέσω τιμών pixel-value στις θέσεις δειγματοληψίας και των 7 σεναρίων με τις κλάσεις των παρατηρούμενων τιμών εμφάνισης του ζιζανίου κύπερης το 2007 (Cypro 07)**



Στα παραπάνω διαγράμματα διακρίνονται οι γραμμές συσχέτισης και οι τετραγωνικές τιμές  $R^2$  των συντελεστών συσχέτισης για κάθε ένα από τα σενάρια, για τις τρεις διαφορετικές χρονιές δειγματοληψίας, για το ζιζάνιο κύπερη. Αυτό που παρατηρούμε και στα τρία διαγράμματα, είναι ότι οι γραμμές συσχέτισης έχουν θετική συσχέτιση με τις ομαδοποιημένες τιμές των δεδομένων δειγματοληψίας. Οι αυξημένες δηλαδή τιμές των *rixel – value* των σεναρίων αντιστοιχούν σε μεγάλες κλάσεις τιμών, όπως και για το ζιζάνιο περικοκλάδα. Αυτό σημαίνει ότι το πολυκριτηριακό μοντέλο που δομήθηκε προσαρμόστηκε αρκετά καλά στις συνθήκες του προβλήματός μας. Επίσης παρατηρείται η υπεραισιοδοξία του σεναρίου *At least one* αλλά και η απαισιοδοξία του σεναρίου *ALL*. Οι γραμμές συσχέτισης των υπόλοιπων σεναρίων βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές των 2 αυτών σεναρίων.

Παρατηρούμε ακόμα σε όλα τα σενάρια ότι οι γραμμές συσχέτισης έχουν θετική συσχέτιση με τις ομαδοποιημένες τιμές των δεδομένων δειγματοληψίας μας. Έτσι συμπεραίνουμε ότι οι αυξημένες τιμές των *rixel-value* των σεναρίων αντιστοιχούν σε υψηλές τιμές εμφάνισης ζιζανίων και στις τρεις χρονιές δειγματοληψίας.

Το *At least one* όπως και το *Few* χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό αισιοδοξίας δίνοντας σχεδόν ίδιο ύψος τιμών σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης, λειτουργώντας ανεξάρτητα από τις πραγματικές τιμές. Οι συντελεστές συσχέτισης έχουν πολύ υψηλές τιμές, έτσι δεν μπορεί να είναι στα προτιμητέα σενάρια καθώς όπως παρατηρούμε και στους αντίστοιχους χάρτες σεναρίων δίνουν ανεξήγητα υψηλή εμφάνιση ζιζανίων στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής δειγματοληψίας μας (κόκκινο χρώμα).

Τα σενάρια, *Some*, *Half* και *Many*, έχουν από μέση ως ισχυρή συσχέτιση με τα σημεία δειγματοληψίας μας και συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο τρόπο και στις τρεις χρονιές. Επιπλέον, παρατηρώντας τους χάρτες σεναρίων διαπιστώνεται ότι τα τρία αυτά σενάρια είναι ικανά να προβλέψουν επιτυχώς τόσο τις χαμηλές τιμές εμφάνισης ζιζανίων κύπερης όσο και τις αντίστοιχες υψηλές.

Τέλος, τα δύο τελευταία σενάρια, Most και All, παρά το γεγονός ότι δίνουν πολύ καλούς συντελεστές συσχέτισης, με εξαίρεση ίσως την τελευταία χρονιά, θα τα χαρακτηρίζαμε ως αρκετά απαισιόδοξα, καθώς δίνουν χαμηλή εμφάνιση του ζιζανίου, ακόμα και σε περιοχές που στην πραγματικότητα υπάρχουν υψηλότερες τιμές. Στους χάρτες σεναρίων παρατηρείται έντονη παρουσία των χαμηλών τιμών με πράσινο χρώμα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή τη μελέτη συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Στη μελέτη αυτή έγινε προσπάθεια ανάπτυξης μιας μεθοδολογίας με σκοπό τον προσδιορισμό – εντοπισμό των πλέον επικίνδυνων περιοχών για την εμφάνιση πολυετών ζιζανίων στην καλλιέργεια βάμβακος στο νομό Καρδίτσας.
- Η εργασία πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και έγινε χρήση Πολυκριτηριακών Μεθόδων Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (A.H.P.) και του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου (O.W.A.).
- Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα καταγραφής της ζιζανιοχλωρίδας για τα έτη 2007, 2008, 2009.
- Ορίστηκαν εδαφολογικά κριτήρια εμφάνισης για το κάθε ζιζάνιο καθώς και βάρη σημαντικότητας για κάθε ένα από αυτά, με βάση τη σχετική βιβλιογραφία και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Η πολυκριτηριακή μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε έχει το πλεονέκτημα του συνδυασμού και αλληλεπίδρασης των παραγόντων με σκοπό τη λήψη σωστών αποφάσεων. Κλιματικοί και τοπογραφικοί παράγοντες θεωρήθηκαν σταθεροί για την περιοχή μελέτης λόγω της περιορισμένης χωρικά έκτασής της, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια.
- Από την εφαρμογή της μεθόδου προέκυψαν επτά διαφορετικά σενάρια για το κάθε ένα ζιζάνιο τα οποία αντιστοιχούν στους 7 διαφορετικούς γλωσσικούς ποσοδείκτες και τέλος συγκρίθηκαν με τις πραγματικές τιμές εμφάνισης των ζιζανίων στην περιοχή, στηριζόμενοι στα δειγματοληπτικά δεδομένα. Έτσι, υπάρχει αρκετά μεγάλη αξιοπιστία στα αποτελέσματα αφού η μελέτη στηρίχθηκε σε πραγματικές τιμές.
- Βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία είναι αποτελεσματική στη χωρική καταγραφή της εμφάνισης της ζιζανιοχλωρίδας ιδιαίτερα των πολυετών ζιζανίων τα οποία φαίνεται να ξεφεύγουν της προφυτρωτικής ζιζανιοκτονίας.
- Τέλος, οι χάρτες πρόβλεψης που εξάγονται στο τέλος της μεθόδου αποδεικνύονται ιδιαίτερα βοηθητικοί στην αντιμετώπιση των πολυετών ζιζανίων και κατ' επέκταση στην αξιολόγηση εκτάσεων για καλλιέργεια του βάμβακος.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. B. Roy, 1990, The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, in: C.A. Bana e Costa (Ed.), Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Springer – Verlag Berlin, pp. 155-183.
2. Bellman, R.E., & Zadeh, L.A., 1970, Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), 141-164.
3. Bodin L.-Saul I. Gass, 2003, On teaching the analytic hierarchy process. *Computers & Operations Research*, Vol. 30, p. 1487–1497
4. Bordogna, G., & Pasi, G. 1995, Linguistic aggregation operators of selection criteria in fuzzy information retrieval. *International Journal of Intelligent Systems*, 10(2), 233-248.
5. Boroushaki S.- Malczewski J., 2008, Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS, *Computers & Geosciences*, Vol. 34, p. 399–410
6. Boroushaki S.- Malczewski J., 2010, Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach. *Computers. Environment and Urban Systems*, Vol.34, p.322-332
7. Boroushaki S.- Malczewski J., 2010, Using the fuzzy majority for GIS-Based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, Vol.36, p.302-312
8. Burrough P.A., 1990, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York, USA: Oxford University Press.
9. C. ANDREASEN, J. C. STREIBIG AND H. HAAS, 1990, Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields.
10. Carter J., 1989, On Defining the Geographic Information System. Ripple W. (ed.) *Fundamentals of Geographic Information Systems: A Compendium*. pp 3-7

11. Chan Tai On & Williamson Ian P., 1997 DEFINITION OF GIS: THE MANAGER'S PERSPECTIVE, International Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS held at Hong Kong, 25-26th August 1997
12. Chen S-M και Wang C-H, 2009, A generalized model for prioritized multicriteria decision making systems. *Expert Systems with Applications* 36 (2009) 4773-4783
13. Chen, S. J., & Chen, S. M., 2005, A prioritized information fusion method for handling fuzzy decision-making problems. *Applied Intelligence*, 22(3), 219-232.
14. Chen, S. M., 1988, A new approach to handling fuzzy decision making problems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 18(6), 1012-1016.
15. Dangermond, J., 1988, Introduction and overview of GIS. In *Geographic Information Systems Seminar, Data Sharing - Myth or Reality*, (Ontario, Canada, 3rd-5th October: Ministry of Natural Resources)
16. Deng H. and C.H. Yeh, 1998, Fuzzy ranking of discrete multicriteria alternatives. *Proceedings of the IEEE Second International Conference on Intelligent Processing Systems. Gold Coast*, pp. 347-348
17. Dickinson, H. J., και Calkins, H. W., 1988, The economic evaluation of implementing a GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* 2(4), 307-327.
18. Dionissios P. Kalivas, Christos E. Vlachos, Garyfallia Economou, and Paraskevi Dimou 2011, Regional Mapping of Perennial Weeds in Cotton Using Geostatistics. *Weed Science In-Press*.
19. Dionissios P. Kalivas, Garyfallia Economou, Christos E. Vlachos, 2010, Using geographic information systems to map the prevalent weeds at an early stage of the cotton crop in relation to abiotic factors, *Phytoparasitica*
20. Eastman J.R., 1997, *IDRISI for Windows, Version 2.0: Tutorial exercises*. Graduate School of Geography, Clark University, Worcester, MA

21. Forman H. E., 1993, Facts and Fictions about the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 17, p. 19-26
22. Fu G., 2008, A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: An application to reservoir flood control operation. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 145-149.
23. Garry Werren, 2001, ENVIRONMENTAL WEEDS OF THE WET TROPICS BIOREGION: RISK ASSESSMENT & PRIORITY RANKING
24. Gina M. Skurka Darin, Steve Schoenig, Jacob N. Barney, F. Dane Panetta, Joseph M. DiTomaso, 2010, WHIPPET: A novel tool for prioritizing invasive plant populations for regional eradication
25. Harker P. T., 1987, Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy process, *Mathematical Modelling*, Vol. 9, p. 837-848
26. J. ANITA DILLE, DAVID A. MORTENSEN, LINDA J. YOUNG, 2002, Predicting Weed Species Occurrence Based on Site Properties and Previous Year's Weed Presence
27. Jiang, H., Eastman, J.R., 2000, Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *Int. J. Geogr. Inform. Syst.* 14, 173-184.
28. John Weiss and David McLaren, 1998, Victoria's Pest Plant Prioritisation Process
29. Kulak, O., 2005, A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments. *Expert Systems with Applications*, 29(2), 310-319.
30. Kwon, O., Kim, K. Y., & Lee, K. C., 2007, MM – DSS: Integrating multimedia and decisionmaking knowledge in decision support systems. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 441-457.
31. L. A. Gaston, M. A. Locke, R. M. Zablutowicz, and K. N. Reddy, 2001, Spatial Variability of Soil Properties and Weed Populations in the Mississippi Delta



32. Lan R.X., 2004, The Developing Status and Trends of GIS, *Geospatial Information Journal*, 2(1), pp. 9-12.
33. Li Wan, Ziqiang Tiar Youqi Chen, 2010, GIS based Dynamic Analysis of Land-use Change and Its Ecological Effects, *International Conference on E-Health Networking7Digital Ecosystems and Technologies*, IEEE
34. Maguire D. J., 1991, An overview and definition of GIS. In *Geographical Information Systems Principles and Applications*, edited by D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind. (New York: Longman Scientific and Technical; John Wiley and Sons, Inc.) pp. 9-20.
35. Makropoulos C. K.-Butler D., 2006, Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making. *Environmental Modelling and Software*, Vol. 21, p. 69-84
36. Malczewski J., 1999, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Wiley, New York, pp. 392.
37. Malczewski Jacek, 2006, Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach, *Environmental Technology and Management*, Vol. 6, Nos. 1/2, p. 7-19
38. Malczewski Jacek, 2006, Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GISbased multicriteria evaluation for land-use suitability analysis, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 8, p. 270-277
39. Malczewski, J., Chapman, T., Flegel, C, Walters, D., Shrubsole, D., Healy, M.A., 2003, GIS-multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): case study of developing watershed management strategies. *Environ. Plann. A* 35 (10), 1769-1784.
40. Pang Bohui, 2007, Multi-criteria Supplier Evaluation Using Fuzzy AHP, *Proceedings of the 2007 IEEE, International Conference on Mechatronics and Automation*, August 5 - 8, 2007, Harbin, China

41. Parker H.D., 1988, The unique qualities of a geographic information system: a commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1547-49
42. Saaty, 1980, T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York
43. Saaty L. Thomas, 1994, Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Vol. 74, p. 426-447
44. Scharer M, Page T, Beven K., 2006, A fuzzy decision tree to predict phosphorus export at the catchment scale. *Journal of Hydrology* (2006) 331, 484- 494
45. Tacker, E. C, & Silvia, M. T., 1991, Decision making in complex environments under conditions of high cognitive loading: A personal expert systems approach. *Expert Systems with Applications*, 2(2), 121-127.
46. Todd P. Robinson, Rieks D. van Klinken, Graciela Metternicht, 2010, Comparison of alternative strategies for invasive species distribution modeling
47. Vargas G. L., 1990, An overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications. *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, p. 2-8
48. Yager, R. R., 1988, On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 18(1), 183-190.
49. Yager, R. R., 1991, Non-monotonic set theoretic operations. *Fuzzy Sets and Systems*, 42(2), 173-190.
50. Yager R. R, 1999, Nonmonotonic OWA operators. *Soft computing*, Vol. 3, p. 187-196, Springerlink
51. Yager, R. R., 2004 $\beta$ , Generalized OWA aggregation operators. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 3(1), 93-107.

52. Zarghami M.- Szidarovszky F., 2008, Fuzzy quantifiers in sensitivity analysis of OWA operator. Computers & Industrial Engineering, Vol. 54, p. 1006 – 1018
53. Βλάχος Χ., 2008, Επισκόπηση ζιζανίων στην καλλιέργεια βάμβακος του Ν. Καρδίτσας με τη χρήση GIS και χωρικής στατιστικής. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
54. Βρεττός Σ., 2007, Ανάπτυξη Ευφυών Τεχνικών Αναζήτησης και Ανάλυσης Πληροφορίας σε Διαδραστικά Περιβάλλοντα, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
55. Ελευθεροχωρινός Η.Γ., 1996, Ζιζανιολογία, Εκδόσεις 'ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ', Αθήνα.
56. Καρτέρης Μ., 1999, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Περιβάλλοντος. Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
57. Καλύβας Δ., 2007, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: Σημειώσεις εργαστηρίου, Γ.Π.Α.
58. Κόλλια – Κουσουρή Β., 2006, Σύγχρονες τεχνικές στην απογραφή των εδαφικών πόρων με χρήση Η/Υ. Εκτύπωση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
59. Κόλλια – Κουσουρή Β., Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα. Εκτύπωση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
60. Κουτσόπουλος Κ., 2002, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου. Αθήνα, Εκδόσεις 'Παπασωτηρίου'.
61. Μανιάτης Γ., 1993, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Εκδόσεις 'ΖΗΤΗ', Θεσσαλονίκη
62. Μωράκος Ι., 2009, Χωροθέτηση ζωνών προτεραιότητας για την προστασία του εθνικού δρυμού Σουνίου με τη χρήση G.I.S. και των πολυκριτηριακών μεθόδων O.W.A. και A.H.P. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
63. Οργανισμός Βάμβακος, 1984, Οδηγός Βαμβακοκαλλιεργητή.

64. Σπανός Σ., 2004, Αναλυτική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Απόφασης, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
65. Τόλη Ι.Δ., 1986 Βαμβάκι, εχθροί, ασθένειες, ζιζάνια.
66. Τόλη Ι.Δ., 1995, Καλλιέργεια και Φυτοπροστασία του βαμβακιού στην Ελλάδα
67. Τσαπικούνης Α. Φάνης, 1994, Ζιζάνια, εκδόσεις 'ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ', Αθήνα – Πειραιάς.
68. Τσερκεζοπούλου Α., 2010, Ασαφές πλαίσιο για τη χωρική πολυκριτηριακή αξιολόγηση γεωργικών εδαφών για αμπελοκαλλιέργεια σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. για αμπελουργικές περιοχές της Πελοποννήσου. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

#### **Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις**

<http://www.mcdmsociety.org/>

<http://www.esri.com>

<http://www.gis.com>

<http://www.sciencedirect.com>

<http://el.wikipedia.org>

<http://www.plantprotection.hu>

<http://www.cotton-net.gr>

<http://www.wssa.net/>

<http://www.springerlink.com>

<http://library.wur.nl>

<http://onlinelibrary.wiley.com>

<http://www.aua.gr>

<http://plants.usda.gov>