

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Σχολή Τροφίμων, Βιοτεχνολογίας & Ανάπτυξης

Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία»

Κλάδος Ι «Γεωπληροφορική»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «Ανάπτυξη Μοντέλου Γ.Τ.Σ. Αξιολόγησης Γαιών Για Την Καλλιέργεια Ενεργειακών Φυτών Και Την Χωροθέτηση Των Μονάδων Επεξεργασίας Τους»

της Σωτηρίας Αλεξανδρή

Επιβλέπων: κ. Καλύβας Διονύσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2014

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Σχολή Τροφίμων, Βιοτεχνολογίας & Ανάπτυξης

Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Θετικές Επιστήμες στη
Γεωπονία»**

Κλάδος Ι «Γεωπληροφορική»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΘΕΜΑ: «Ανάπτυξη Μοντέλου Γ.Τ.Σ. Αξιολόγησης Γαιών
Για Την Καλλιέργεια Ενεργειακών Φυτών Και Την
Χωροθέτηση Των Μονάδων Επεξεργασίας Τους»**

της Σωτηρίας Αλεξανδρή

Επιβλέπων: κ. Καλύβας Διονύσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2014

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Σχολή Τροφίμων, Βιοτεχνολογίας & Ανάπτυξης

Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Θετικές Επιστήμες στη
Γεωπονία»

Κλάδος Ι «Γεωπληροφορική»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «Ανάπτυξη Μοντέλου Γ.Τ.Σ. Αξιολόγησης Γαιών
Για Την Καλλιέργεια Ενεργειακών Φυτών Και Την
Χωροθέτηση Των Μονάδων Επεξεργασίας Τους»

της Σωτηρίας Αλεξανδρή

Επιβλέπων: κ. Καλύβας Διονύσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική και Συμβουλευτική Επιτροπή:

κ. Καλύβας Διονύσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

κ. Κοσμάς Κωνσταντίνος, Καθηγητής

κ. Τσιλιγκιρίδης Θεόδωρος, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2014

Σωτηρία Αλεξανδρή

Πτυχιούχος Γεωπόνος του Τμήματος Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης

sotalexandri@gmail.com

Copyright © Σωτηρία Αλεξανδρή, 2013-2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν την συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το Παρόν Πόνημα

Αφιερώνεται

σε όλα τα αγαπημένα μου πρόσωπα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής μελέτης, κ. Καλύβα Διονύσιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής (Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τη συνεχή συμπαράσταση και καθοδήγηση του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Επιπλέον, τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Κοσμά Κωνσταντίνο, Καθηγητή του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής (Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και τον κ. Τσιλιγκιρίδη Θεόδωρο, Καθηγητή του Γενικού Τμήματος (Εργαστήριο Πληροφορικής) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την συνεργασία και την αφιέρωση χρόνου για την αξιολόγηση της μελέτης.

Ακόμη την κα. Παπαθεοχάρη Γιολάντα, Επίκουρη Καθηγήτρια του τμήματος Φυτικής Παραγωγής (Εργαστήριο Γεωργίας) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την παροχή συμβουλών και βιβλιογραφίας σχετικά με το φυτό του ηλίανθου.

Παράλληλα τον κ.Ροζάκη Στυλιανό Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης (Εργαστήριο Διοίκησης Γεωργικών Επιχειρήσεων & Εκμεταλλεύσεων) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την παροχή συμβουλών και βιβλιογραφίας σχετικά με το θέμα της χωροθέτησης.

Επιπροσθέτως, την κα. Δήμου Παρασκευή, Υποψήφια Διδάκτωρ του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής (Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων) του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, η συμβολή της οποίας για την ολοκλήρωση της μελέτης ήταν καθοριστική και η συνεχής βοήθειά της απαραίτητη.

Επίσης, για τη φιλοξενία και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και λογισμικών την Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τέλος, όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν για την επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Σ. Αλεξανδρή

Πίνακας Περιεχομένων

Συνομογραφίες	12
Περίληψη.....	13
Abstract	14
Εισαγωγή	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Αξιολόγηση Γαιών	18
1.1. Η Έννοια του εδάφους	18
1.2. Εδαφολογικοί Χάρτες	19
1.2.1. Χρησιμότητα Εδαφολογικών Χαρτών	19
1.2.2. Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα (ΧΕΜ)	19
1.2.3. Μηχανική Σύσταση Εδαφών	20
1.2.4. Οξύτητα και Αλκαλικότητα του εδάφους	23
1.2.5. Ανθρακικά Ορυκτά του εδάφους	23
1.2.6. Οργανική Ουσία εδάφους	23
1.2.7. Κλάσεις Υδρομορφίας	24
1.2.8. Κλίση	24
1.2.9. Διάβρωση	25
1.2.10. Ανθρακικά Άλατα	25
1.2.11. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους	25
1.3. Αξιολόγηση Εδαφών	26
1.3.1. Ορισμός της αξιολόγησης εδαφών	26
1.3.2. Αρχές της αξιολόγησης εδαφών	26
1.3.3. Σκοποί της αξιολόγησης εδαφών	26
1.3.4. Είδη αξιολόγησης εδαφών	27
1.3.5. Ταξινόμηση καταλληλότητας γης	27
1.3.6. Εφαρμογή της αξιολόγησης εδαφών	28
1.3.6.1. Απλή μέθοδος περιορισμών	29
1.3.6.2. Μέθοδος πολλαπλών περιορισμών	29
1.3.6.3. Παραμετρική μέθοδος (Μέθοδος Storie)	30
1.3.6.4. Μέθοδος Τετραγωνικής Ρίζας (Square Root)	30
1.3.6.5. Δημιουργία Πίνακα Καλλιεργητικών Απαιτήσεων	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές Καλλιέργειες: Ηλίανθος	32
2.1. Ενεργειακές καλλιέργειες	32
2.2. Οι ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και στον ελληνικό χώρο	32
2.3. Πλεονεκτήματα Ενεργειακών Καλλιεργειών	33
2.4. Μειονεκτήματα Ενεργειακών Καλλιεργειών	34
2.5. Αξιοποίηση Ενεργειακών Καλλιεργειών	34
2.5.1. Biodiesel	36
2.5.2. Βιοαιθανόλη	36
2.6. Ανταγωνιστικότητα Ενεργειακών καλλιεργειών	37
2.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την επέκταση των Ενεργειακών Καλλιεργειών	37
2.8. Είδη Ενεργειακών Καλλιεργειών	39
2.8.1. Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες	39
2.8.1.1. Ετήσιες	39
2.8.1.1.1. Κενάφ (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)	39
2.8.1.1.2. Γλυκό σόργο	40
2.8.1.1.3. Ελαιοκράμβη	41
2.8.1.2. Πολυετείς	41
2.8.1.2.1. Καλάμι	41
2.8.1.2.2. Μίσχανθος	42
2.8.2. Δασικές Ενεργειακές Καλλιέργειες	43
2.8.3. Ευκάλυπτος	43
2.8.4. Ψευδακακία	44
2.9. Ηλίανθος	44
2.9.1. Γενικά	44
2.9.2. Βοτανικά Γνωρίσματα	45
2.9.3. Οικολογικές Απαιτήσεις	45
2.9.4. Καλλιεργητικές Φροντίδες	46
2.9.5. Εχθροί & Ασθένειες	46
2.9.6. Προϊόντα	47
2.9.7. Παραγωγή Ηλίανθου στην Ελλάδα	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το Πρόβλημα Χωροθέτησης	49
3.1. Η Έννοια του Χώρου	49
3.2. Ανάλυση Χωροθέτησης	49
3.2.1. Βασικά στοιχεία χωροθέτησης	50

3.2.2.	Χαρακτηριστικά του προβλήματος	50
3.2.3.	Σημαντικότητα της Ανάλυσης Χωροθέτησης	51
3.2.4.	Μεθοδολογική Προσέγγιση	51
3.2.5.	Εφαρμογές της Ανάλυσης Χωροθέτησης	52
3.3.	Προσδιορισμός και ταξινόμηση των Προβλημάτων Χωροθέτησης	53
3.3.1.	Βασικά Μοντέλα Χωροθέτησης	54
3.3.1.1.	Προβλήματα Μέγιστης Απόστασης (Maximum Distance Models).....	54
3.3.1.1.1.	Μοντέλο κάλυψης (Set Covering Location Model, SCLM)	54
3.3.1.1.2.	Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Location Problem, MCLP).....	55
3.3.1.1.3.	Πρόβλημα p -κέντρων (p -center problem)	56
3.3.1.2.	Το Πρόβλημα της p -διασποράς (The p -Dispersion Problem, PDP)	57
3.3.1.3.	Μοντέλα Συνολικής Ή Μέσης Απόστασης (Total or Average Distance Models).....	58
3.3.1.3.1.	Πρόβλημα p -μέσου (p -median problem).....	58
3.3.1.3.2.	Πρόβλημα πάγιας τοποθεσίας (Fixed Charge Location Problem, FCLP).....	59
3.3.1.3.3.	Προβλήματα θέσης κεντρικών σημείων (Hub location problems).....	60
3.3.1.3.4.	Πρόβλημα Θέσης Μέγιστου Αθροίσματος (The Maximum Location Problem).....	60
3.3.2.	Δυναμικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Dynamic Location Problems).....	61
3.3.3.	Στοχαστικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Stochastic Location Problems).....	62
3.3.4.	Ιεραρχικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Hierarchical Location Problems, HLP).....	62
3.3.5.	Το πρόβλημα χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation Problem, LAP)	63
3.3.5.1.	Το Γενικό Μοντέλο Χωροθέτησης – Κατανομής (General Location Allocation Problem, GLAP)	64
3.3.5.2.	LA Μοντέλο όπου ο κάθε πελάτης καλύπτεται από μία μόνο εγκατάσταση (LA Model Each Customer Covered by Only One Facility)	65
3.3.5.2.1.	Πρόβλημα Μεταφοράς (Transportation Problem) & Κόστος Μεταφοράς	65
3.3.5.3.	Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Ενός Επιπέδου (Simple-level Facility Location Problem)	66
3.3.5.4.	Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Πολλών Επιπέδων (Multi-level Facility Location Problem)	67
3.3.6.	Σχέδια Ταξινόμησης	68

3.3.6.1.	To Σχέδιο Hamacker – Nickel.....	69
3.3.6.2.	To Σχέδιο S.C. Narula	69
3.3.6.3.	To Σχέδιο Juan A. Mesa, T. Brian Boffey.....	70
3.3.6.4.	To Σχέδιο Carrizosa et. al.....	70
3.3.6.5.	To Σχέδιο Handler and Mirchandani	71
3.3.6.6.	To Σχέδιο H.A. Eiselt, G. Laporte, G.F. Thisse	71
3.3.6.7.	To Σχέδιο M.L. Brandeau and Samuel S. Chiu	71
3.3.6.8.	To Σχέδιο Krarup, Pruzan and Daskin	72
3.3.6.9.	Κριτική των υπαρχόντων σχεδίων ταξινόμησης	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα.....		73
4.1.	Εισαγωγή.....	73
4.2.	Η Ανατομία ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος.....	73
4.2.1.	Ορισμός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος	73
4.2.1.1.	Γεωγραφική Πληροφορία και Χωρικές Δομές Δεδομένων	73
4.2.2.	Τα Συστατικά Μέρη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος.....	76
4.2.2.1.	Το δίκτυο	76
4.2.2.2.	Το υλικό	77
4.2.2.3.	Το λογισμικό	77
4.2.2.3.1.	Τα κλειστού κώδικα λογισμικά Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	77
4.2.2.3.2.	Τα ανοιχτού κώδικα λογισμικά Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	77
4.2.2.3.3.	Κριτήρια αξιολόγησης λογισμικού Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	78
4.2.2.4.	Η βάση δεδομένων.....	79
4.2.2.5.	Διαδικασίες.....	79
4.2.2.6.	Οι άνθρωποι.....	80
4.3.	Ιστορική Αναδρομή Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	80
4.4.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	81
4.5.	Οι Οπτικές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων	81
4.6.	Πεδία Εφαρμογών των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων	82
4.7.	Ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος.....	82
4.7.1.	Διαδικασία Ανάπτυξης ενός Βιώσιμου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών	83

4.7.2.	Ανάλυση Κόστους Οφέλους Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων....	84
4.8.	Διαχείριση ενός έργου Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων.....	86
4.9.	Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα ως συστήματα λήψης αποφάσεων ..	87
4.9.1.	Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Λήψης αποφάσεων.....	88
4.9.1.1.	Η Μέθοδος της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων (Analytic Hierarchy Process, AHP).....	89
4.9.1.1.1.	Η Μαθηματική Διαδικασία της AHP	90
4.9.1.1.2.	Η Κλίμακα του Saaty.....	91
4.9.1.1.3.	Προϋποθέσεις και βασικές αρχές της μεθόδου AHP.....	92
4.9.1.1.4.	Αξιώματα της μεθόδου AHP.....	92
4.9.1.1.5.	Πλεονεκτήματα της μεθόδου AHP.....	93
4.9.1.1.6.	Πεδία Εφαρμογής της μεθόδου AHP	93
4.9.1.1.7.	Μειονεκτήματα και Κριτική γύρω από την μέθοδο AHP	94
4.9.1.1.8.	Αναλυτική Μέθοδος Ιεράρχησης και Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα	94
4.10.	Εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στην Αξιολόγηση Γαιών.....	95
4.11.	Εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων σε Προβλήματα Χωροθέτησης	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Case Study		98
5.1.	Περιοχή Μελέτης.....	98
5.2.	Case Study	99
5.2.1.	Αξιολόγηση εδαφών για την εγκατάσταση καλλιέργειας Ηλίανθου	100
5.2.1.1.	Το Πρόβλημα	100
5.2.1.2.	Δεδομένα & Ανάλυση.....	100
5.2.1.3.	Μεθοδολογία	100
5.2.1.3.1.	Σχολιασμός Πίνακα Καλλιεργητικών Απαιτήσεων.....	101
5.2.1.4.	Συμπεράσματα	102
5.2.2.	Χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας καθώς και των μονάδων παραγωγής βιοενέργειας.....	107
5.2.2.1.	Το Πρόβλημα	107
5.2.2.1.1.	Λόγοι πρότασης καθετοποίησης του εργοστασίου παραγωγής βιοενέργειας.....	107
5.2.2.2.	Δεδομένα & Ανάλυση.....	108
5.2.2.3.	Μεθοδολογία	109

1.1.1.1. Συμπεράσματα	114
1.1.1.1.1. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων βιομάζας	122
Επίλογος	128
Βιβλιογραφία.....	130
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Αποτελέσματα υπολογισμού δεικτών Storie & Square	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Αποτελέσματα υπολογισμού ευκλείδειων αποστάσεων	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Χρήσεις γης της περιοχής μελέτης βάσει του Corine	153

Συντομογραφίες

AHP	Analytical Hierarchy Process
CGIS	Canadian Geographic Information System
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
DEA	Data Envelopment Analysis
DIME	Dual Independent Map Encoding
DPS	Data Processing System
DSS(s)	Decision Support System(s)
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ESs	Expert Systems
ESSs	Expert Support Systems
FAO	Food & Agriculture Organization of the United Nations
FCLP	Fixed Charge Location Problem
GIS	Geographical Information System
GLAP	General Location-Allocation Problem
GPL	General Public License
HLP	Hierarchical Location Problems
IS	Information System
LA	Location Analysis
LAP	Location-Allocation Problem
LGPL	Lesser General Public License
LOLA	Library Of Location Algorithms
MAUT	Multi Attribute Utility Theory
MAVT	Multi Attribute Value Theory
MCDM	Multicriteria Decision Making
MCLP	Maximal Covering Location Problem
MC-SDSS	Multicriteria – Spatial Decision Support System
OWA	Ordered Weighted Averaging
PDP	P-Dispersion Problem
RI	Random Consistency Index
SAW	Simple Additive Weighting
SCLM	Set Covering Location Model
SDSS	Spatial Decision Support Systems
SMART	Simple Multi Attribute Rating Technique
TOPSIS	The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UFCLP	Uncapacitated Fixed Charge Location Problem
USA-CERL	U.S. Army Corp of Engineering Research Laboratory
UTA	Utility Theory Additive
ΓΠΣ	Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΤΙΠ	Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
ΧΕΜ	Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων

Η παρούσα διπλωματική μελέτη χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο και θεωρητικό μέρος εισάγει τον αναγνώστη στις έννοιες της Αξιολόγησης Γαιών, Ενεργειακών Καλλιεργειών, Ανάλυσης Χωροθέτησης και Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων οι οποίες αξιοποιούνται στο δεύτερο και πρακτικό μέρος. Εκεί το παρόν πόνημα πραγματεύεται την επίλυση ενός προβλήματος με δύο σκέλη. Αρχικά, εκτιμάται η καταλληλότητα των εδαφών για την καλλιέργεια ενός ενεργειακού φυτού με πολλά πλεονεκτήματα, αυτή του ηλίανθου, με χρήση δύο μεθόδων, τις Storie και Square, η δεύτερη εκ των οποίων δίνει πιο αισιόδοξα αποτελέσματα. Ο ηλίανθος επιλέχθηκε μέσα από μία πληθώρα ενεργειακών φυτών διότι δίνει μεταξύ άλλων τη δυνατότητα της πλήρους χρησιμοποίησης όλων των μερών του, συνεπώς η ύπαρξη αποβλήτων είναι μηδενική. Προχωρώντας στο δεύτερο σκέλος σχετικά με τη χωροθέτηση, η σχετική νομοθεσία δηλώνει πως μία μονάδα χωρίς απόβλητα μπορεί να χωροθετηθεί οπουδήποτε. Το στοιχείο αυτό έδωσε το έναυσμα για την πρόταση του παρόντος πονήματος, την δημιουργία μιας καθετοποιημένης παραγωγικής μονάδας που αποτελεί μία πολύ γνωστή και επιτυχημένη στρατηγική των επιχειρήσεων ακολουθούμενη από μία σειρά από οφέλη. Συνδυάζοντας διάφορες πληροφορίες, όπως τα κριτήρια χωροθέτησης των μονάδων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα βάσει της κείμενης νομοθεσίας και την έκταση που απαιτεί μία τέτοια είδους καθετοποιημένη μονάδα επελέγησαν κάποιες κατάλληλες ως προς χωροθέτηση περιοχές. Τελικά η βέλτιστη επιλογή προοιωνίζει μία επιτυχημένη εταιρεία η οποία εκμεταλλεύεται τις οικονομίες κλίμακας, αυξάνει την αποτελεσματικότητα της παραγωγής καθώς μειώνει τα κόστη μεταφοράς (όπως δείχνει και ο υπολογισμός των ευκλείδειων αποστάσεων) καθώς και τα κόστη λειτουργίας. Κατά συνέπεια γίνεται πιο ανταγωνιστική στη νέα αυτή και υποσχόμενη, για τα ελληνικά δεδομένα αγορά, την αγορά της βιοενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: αξιολόγηση γαιών, ανάλυση χωροθέτησης, γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα, ευκλείδειες αποστάσεις.

Abstract

This thesis is divided into two parts. The first and theoretical part introduces the reader to the concepts of Land Evaluation, Energy Crops, location analysis and GIS, which are exploited to the second and practical part. In that part the essay deals with a problem with two stages. At first, assess the suitability of land for the cultivation of an energy plant with many advantages, the sunflower, using two methods, the Storie and the Square, the latter of which gives most promising results. The sunflower was selected from a plethora of energy crops because it gives the possibility of full utilization of all of its parts, so there is no waste produced. Moving into the second stage, the legislation states that a non waste producing unit can be located anywhere. This statement has stimulated the proposal of this essay to create a vertically integrated production unit which is a well known and successful business strategy followed by a series of benefits. Combining various information, such as location criteria, for energy producing unit using biomass, under the current legislation and the area needed for this vertically integrated units, have prevailed some suitable locations. Finally, the optimal choice presages a successful company which exploits economies of scale, increases production efficiency and reduces operating costs and transportation costs, as reflected in the calculation of Euclidean distances. Consequently, this company becomes more competitive in the new and promising, for Greece, market of bioenergy.

Key words: land evaluation, location analysis, geographical information systems, euclidean distances

Στην Ελλάδα ο αγροτικός τομέας αποτελεί άνω του 5% του ΑΕΠ, σχεδόν το τριπλάσιο του μέσου όρου 1.8% της ΕΕ. Επομένως, οι εταιρείες που ασχολούνται με βιομάζα και βιοκαύσιμα θα βρουν άφθονες πηγές πρώτων υλών. Επιπλέον, η δέσμευση της Ελληνικής κυβέρνησης να αντικαταστήσει το 10% των σημερινών συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020 συνεπάγεται αξιόλογες ευκαιρίες για την επόμενη δεκαετία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω θεωρήθηκε ελκυστική ιδέα η ενασχόληση του παρόντος πονήματος με ένα σχετικό θέμα το οποίο κάνει μία απόπειρα προσέγγισης δύο διαστάσεων του προβλήματος, και του πρωτογενούς και του δευτερογενούς τομέα της βιομάζας και βιοενέργειας.

Ειδικότερα η εν λόγω διπλωματική μελέτη διαχωρίζεται σε δύο μέρη, στο πρώτο μέρος ο αναγνώστης παρακολουθεί μία λεπτομερή βιβλιογραφική ανασκόπηση των θεμάτων με τα οποία καταπιάνεται η εργασία αυτή και στο δεύτερο μέρος την εφαρμογή αυτών των θεωριών μέσω της περιγραφής μιας μελέτης περίπτωσης στην περιοχή της Καρδίτσας καθώς και τα παραγόμενα αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο της αξιολόγησης των εδαφών. Αναλυτικότερα, δίνεται ο ορισμός του εδάφους και σκιαγραφούνται τα συστατικά του χαρτογραφικού συμβόλου το οποίο παράγει τις χαρτογραφικές μονάδες. Συνεπώς, ο αναγνώστης μπορεί να διαπιστώσει τη μεγάλη σημασία των εδαφολογικών χαρτών. Εν συνεχεία αποτυπώνεται η συμβολή του FAO στον τομέα της αξιολόγησης των εδαφών και γίνεται μία καταγραφή των αρχών και των σκοπών που τη διέπουν. Επίσης, αναφέρονται τα είδη της αξιολόγησης των εδαφών και μεταξύ άλλων οι κύριες μέθοδοι εφαρμογής της. Τέλος, αναλύεται η σημαντικότητα της δημιουργίας πίνακα καλλιεργητικών απαιτήσεων για την εκάστοτε καλλιέργεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μία περιγραφή της εμφάνισης των ενεργειακών καλλιεργειών τόσο στον ελληνικό όσο και στον ευρωπαϊκό χώρο. Ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών και η λεπτομερής περιγραφή αυτών συνοδευόμενη από αντίστοιχο φωτογραφικό υλικό με έμφαση στην επιλεχθείσα ενεργειακή καλλιέργεια, αυτή του ηλίανθου, αφού προηγουμένως τονίζονται τα πλεονεκτήματά των καλλιεργειών αυτών και οι λόγοι που τις κάνουν να είναι ανταγωνιστικές.

Το επόμενο κεφάλαιο πραγματεύεται το θέμα της Ανάλυσης Χωροθέτησης. Ειδικότερα, δίνεται η έννοια του χώρου, τονίζεται για ποιους λόγους είναι σημαντική μία τέτοια είδους ανάλυση, περιγράφεται η μεθοδολογική της προσέγγιση και γίνεται μία νύξη σε γνωστές εφαρμογές της. Στη συνέχεια προσδιορίζονται και θα ταξινομούνται βασικά προβλήματα χωροθέτησης με έμφαση στο μαθηματικό τους υπόβαθρο. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία αναφορά στα σχέδια ταξινόμησης, μία προσπάθεια προσέγγισης του δύσκολου αυτού θέματος.

Το τέταρτο κεφάλαιο της εν λόγω μελέτης επικεντρώνεται στην επιστήμη των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. Αρχικά, γίνεται λεπτομερής αναφορά της ανατομίας ενός τέτοιου συστήματος, ακολουθεί μία σύντομη ιστορική αναδρομή, απαραίτητη για την ανάδειξη της βαρύτητας της αναφερθείσας επιστήμης και καταγράφεται η βέλτιστη στρατηγική που πρέπει να ακολουθεί ένας μελετητής που καταπιάνεται με αυτό τον επιστημονικό κλάδο προκειμένου να αυξήσει το ποσοστό επιτυχίας του. Τέλος, περιγράφονται τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα ως συστήματα λήψης αποφάσεων μέσω αναφοράς διάφορων πολυκριτηριακών μεθόδων και ειδικότερα της AHP η οποία εφαρμόζεται στην παρούσα έρευνα και το κεφάλαιο κλείνει με μία νύξη στην εφαρμογή των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στα προαναφερθέντα ζητήματα, δηλαδή στην αξιολόγηση γαιών και στη χωροθέτηση.

Το δεύτερο μέρος της διπλωματικής μελέτης ξεκινά με το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο του πονήματος αυτού το οποίο καταγράφει όλη την πρακτική εφαρμογή. Ειδικότερα, αναλύεται η περιοχή μελέτης καθώς και τα δύο σκέλη του προβλήματος που έχουν τεθεί. Εν συνεχεία, σημειώνονται τα

απαιτούμενα δεδομένα τόσο για την αξιολόγηση εδαφών όσο και για τη χωροθέτηση της μονάδας. Αναλυτικότερα, όσον αφορά την αξιολόγηση εδαφών για την εγκατάσταση της καλλιέργειας του ηλίανθου χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι οι οποίες δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα και συγκεκριμένα η μία εκ των δύο πιο αισιόδοξα. Φυσικά τα αποτελέσματα καταγράφονται τόσο σε στατιστικούς όρους όσο και οπτικά αφού παράγονται οι κατάλληλοι χάρτες για το σκοπό αυτό. Μετά το πέρας της επίλυσης του πρώτου σκέλους του προβλήματος, τονίζεται η ύπαρξη νομοθεσίας η οποία αποτέλεσε την κινητήρια δύναμη για την πρόταση της εν λόγω μελέτης. Συγκεκριμένα της ύπαρξης μιας καθιερωμένης μονάδας και για το λόγο αυτό περιγράφονται τα πλεονεκτήματα της γνωστής αυτής στρατηγικής των επιχειρήσεων. Η εύρεση των κατάλληλων θέσεων εγκατάστασης της υπό ενδιαφέροντος μονάδας πραγματοποιήθηκε βάσει των κριτηρίων της κείμενης νομοθεσίας. Στη συνέχεια μέσω συνδυασμού κατάλληλων πληροφοριών βρέθηκε η βέλτιστη τοποθεσία και αναλύονται τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Τέλος, στο αναφερθέν κεφάλαιο ο αναγνώστης μπορεί να παρακολουθήσει όλους τους σχετικούς με τα θέματα χάρτες.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Αξιολόγηση Γαιών

1.1. Η Έννοια του εδάφους

Η μορφολογία του εδάφους αποτελεί την κυριότερη πηγή άντλησης πληροφοριών για τις επιμέρους ιδιότητες του καθώς και τις παραγωγικές του δυνατότητες.

Το έδαφος είναι ένα σύνθετο φυσικό σώμα που διαμορφώνεται από την επίδραση κλιματολογικών και βιοτικών παραγόντων επάνω σε ένα αποσαθρωμένο πέτρωμα (μητρικό υλικό) για μία ορισμένη χρονική περίοδο σε ένα δεδομένο τοπογραφικό ανάγλυφο, κατά συνέπεια πρόκειται για ένα ανοικτό, φυσικό και δυναμικό σύστημα ο ορισμός του οποίου εξαρτάται από την προσωπική αντίληψη εκείνου που το διαχειρίζεται (Μουστάκας, 2008).

Σε μία προσπάθεια να καταστεί δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κρατών στα πλαίσια ανάπτυξης του κλάδου της Αξιολόγησης των Πόρων της Γης πραγματοποιήθηκε η διάκριση των όρων «έδαφος» και «πόρος γης» (Καλύβας, 2003). Σύμφωνα με τον (FAO, 1976)¹, ο «πόρος γης» συνίσταται από το φυσικό περιβάλλον που περικλείει το κλίμα, το τοπογραφικό ανάγλυφο, τα εδάφη, την υδρολογία και τη βλάστηση στον βαθμό που αυτά καθορίζουν τις δυνατότητες χρησιμοποίησης της γης, επιπλέον, περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της περασμένης και της σημερινής δραστηριότητας του ανθρώπου πάνω στη γη.



Εικόνα 1.1. Έδαφος
Πηγή: (www.igme.gr)

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως το έδαφος ταξινομείται με σκοπό την καλύτερη οργάνωση της γνώσης αυτού και των ιδιοτήτων του. Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης των Η.Π.Α. οι κατηγορίες είναι (Μουστάκας, 2008):

1. Τάξη (Order)
2. Υποτάξη (Suborder)
3. Μεγάλη ομάδα (Great Group)
4. Υποομάδα (SubGroup)
5. Οικογένεια (Family)
6. Εδαφική σειρά (Soil Series)

Ενδεικτικά αναφέρονται οι κυριότερες τάξεις εδαφών στην Ελλάδα:

1. Entisols
2. Inceptisols
3. Alfisols
4. Vertisols
5. Mollisols

¹ FAO: Food & Agriculture Organization of the United Nations

1.2. Εδαφολογικοί Χάρτες

1.2.1. Χρησιμότητα Εδαφολογικών Χαρτών

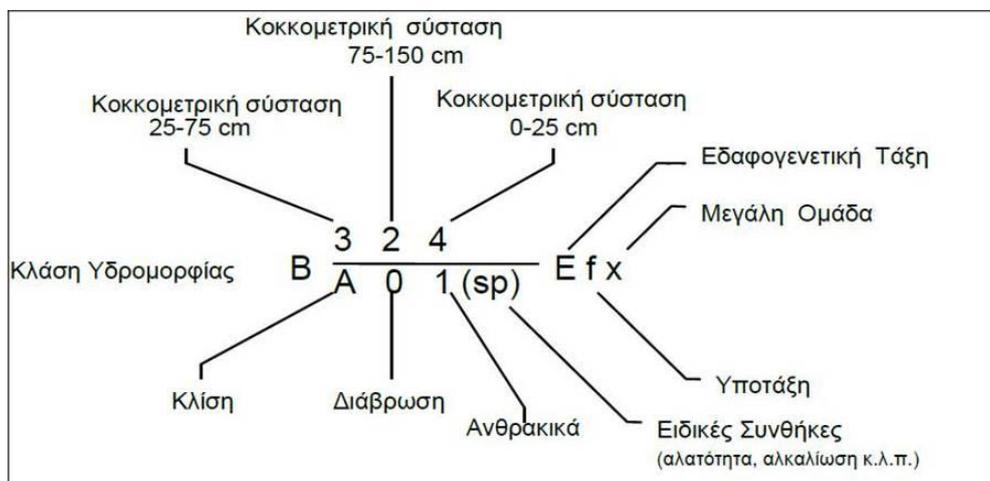
Γενικά, η χρησιμότητα των εδαφολογικών χαρτών μπορεί να σκιαγραφηθεί ως εξής (Δημογιάννης, Δ. & Τσαντήλας, Χ., 2011):

1. Ο εδαφολογικός χάρτης είναι αναπόσπαστο τμήμα οποιουδήποτε αρτίου προγράμματος γεωργικής έρευνας και γεωργικής ανάπτυξης μιας περιοχής και καθιστά δυνατή τη γενίκευση των συμπερασμάτων της έρευνας.
2. Αποτελεί τη βάση για όλες τις ταξινομήσεις γαιών και της παραγωγικότητας αυτών.
3. Λύνει πρακτικά προβλήματα της εκμετάλλευσης των εδαφικών πόρων, όπως η επιλογή καλλιεργειών, η εφαρμογή αποτελεσματικής λίπανσης, η εφαρμογή της κατάλληλης άρδευσης ή στράγγισης, η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων καλλιέργειας και γενικά των μεθόδων διαχείρισης των εδαφών για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού οικονομικού οφέλους.
4. Καθορίζει τα μέτρα για τη βελτίωση και την προστασία των εδαφών (ασβεστώσεις, γυψώσεις, αντιδιαβρωτική προστασία κ.ά).
5. Η άσκηση της ολοκληρωμένης διαχείρισης των καλλιεργειών, της βιολογικής και οικολογικής γεωργίας απαιτούν την ύπαρξη του εδαφολογικού χάρτη.
6. Έγχειρες βελτιώσεις, αναδιαρθρώσεις καλλιεργειών, αναδασώσεις, χωροταξικός σχεδιασμός (τοποθέτηση οικισμών, βιομηχανικών ζωνών, τουριστικών χώρων κ.λ.π.) απαιτούν, επίσης την ύπαρξη του εδαφολογικού χάρτη.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η ύπαρξη του εδαφολογικού χάρτη είναι απολύτως απαραίτητη υποδομή για τη γεωργική ανάπτυξη μιας χώρας. Καμία άλλη εναλλακτική προσέγγιση δεν μπορεί να υποκαταστήσει τη χρησιμότητα αυτού του έργου υποδομής.

1.2.2. Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα (ΧΕΜ)

Η χαρτογραφική εδαφική μονάδα είναι μια συγκεκριμένη εδαφική περιοχή, που απεικονίζεται στον εδαφολογικό χάρτη, περιγραμμένη από συγκεκριμένα όρια και χαρακτηρίζεται από ένα ειδικό χαρτογραφικό σύμβολο που αντιστοιχεί στο σύνολο των εδαφικών ιδιοτήτων που την ορίζουν. Τα εδάφη μιας χαρτογραφικής μονάδας έχουν χαρακτηριστικά που κυμαίνονται σε συγκεκριμένα όρια τα οποία την ορίζουν και την διαφοροποιούν από άλλες χαρτογραφικές μονάδες. Οι χαρτογραφικές μονάδες παρέχουν όλες τις πληροφορίες και αποτελούν τη βάση της αξιολόγησης των εδαφών.



Εικόνα 1.14. Συμβολισμός χαρτογραφικής μονάδας
Πηγή: (Δημογιάννης, Δ. & Τσαντήλας, Χ., 2011)

Στην Ελλάδα αναπτύχθηκε ο παρακάτω συμβολισμός (Γιάσογλου, 1995):

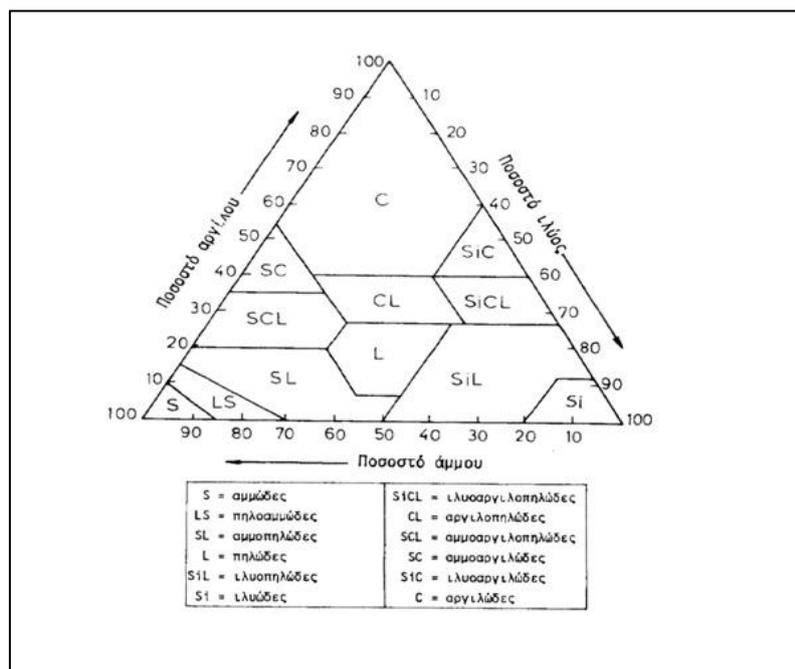
$$Y \frac{K\Sigma 1, K\Sigma 2, K\Sigma 3}{\Gamma M Y, K, \Delta, A\Sigma B, E I \Sigma Y N} T, Y, M O, Y \Pi O$$

Όπου:

- Y Υδρομορφία του εδάφους (στράγγιση)
- KΣ1 Κοκκομετρική σύσταση του τμήματος 25 – 75 εκ.
- KΣ2 Κοκκομετρική σύσταση του τμήματος 75 – 150 εκ.
- KΣ3 Κοκκομετρική σύσταση του τμήματος 0– 25 εκ.
- T Εδαφική Τάξη (Soil Taxonomy)
- Y Εδαφική Υποτάξη
- M O Εδαφική Μεγάλη Ομάδα
- Y Π O Εδαφική Υποομάδα
- Γ M Y Γεωμορφολογία ή εδαφικό τοπίο ή/και μητρικό υλικό
- K Κλίση
- Δ Βαθμός Διάβρωσης
- AΣB Ανθρακικό Ασβέστιο
- E I Σ Y N Ειδικές εδαφικές συνθήκες (αλατότητα, αλκαλίωση, τοξικότητα)

1.2.3. Μηχανική Σύσταση Εδαφών

Τα εδάφη αποτελούνται από δείγματα μηχανικών κλασμάτων τα οποία προσδίδουν τη μηχανική σύσταση των εδαφών, ειδικότερα ποσοστά άμμου, λύος και αργίλου συμμετέχουν στη σύνθεση του εδάφους και το κάνουν να εκδηλώνει διαφορετικές ιδιότητες (Μουστάκας, 2008). Οι κλάσεις μηχανικής ή κοκκομετρικής σύστασης (texture) είναι 12 και φαίνονται στο γνωστό Τρίγωνο Μηχανικής Σύστασης.



Εικόνα 1.2. Τρίγωνο Μηχανικής Σύστασης
 Πηγή: (<http://ebooks.edu.gr>)

Η Άμμος παρουσιάζει μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας διάχυσης του νερού μέσα στην άμμο δημιουργούνται καλές συνθήκες αερισμού και στράγγισης για την ανάπτυξη των φυτών.

Η Ιλύς έχει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού αλλά μειωμένη ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων. Προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για την ανάπτυξη των φυτών.

Η Άργιλος παρουσιάζει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Λόγω της μειωμένης ταχύτητας διάχυσης του νερού μέσα στην άργιλο προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για το φυτό.

Κλάσεις Μηχανικής Σύστασης		
Κλάση Μηχανικής Σύστασης	Χαρακτηρισμός	Ομάδα Μηχανικής Σύστασης
S (αμμώδης)	Χονδρόκοκκα	Αμμώδη
LS (πηλοαμμώδης)		
SL (αμμοπηλώδης)	Μετρίως χονδρόκοκκα	Πηλώδη
vfSL (πολύ λεπτή αμμοπηλώδης)	Μέσα ή Μέσης Σύστασης	
L (πηλώδης)		
SiL (ιλοσηπηλώδης)		
Si (ιλυώδης)		
SCL (αμμοαργιλοπηλώδης)	Μετρίως λεπτόκοκκα	
CL (αργιλοπηλώδης)		
SiCL (ιλοαργιλοπηλώδης)		
C (αργιλώδης)	Λεπτόκοκκα	Αργιλώδη
SC (αμμοαργιλώδης)		
SiC (ιλοαργιλώδης)		

Πίνακας 1.1. Κλάσεις Μηχανικής Σύστασης
Πηγή: (Καλύβας Δ. , 2003)

Τονίζεται πως τα Αμμώδη εδάφη χαρακτηρίζονται ως Ελαφρά, τα Πηλώδη ως Μέσης Σύστασης και τα Αργιλώδη ως Βαριά Εδάφη (Σακαλλής, 2011).

Αξίζει να σημειωθεί πως για τον προσδιορισμό των κλάσεων μηχανικής σύστασης η εδαφοτομή² διαιρείται σε τρία τμήματα:

- Τμήμα Α: επιφανειακό στρώμα (0 - 25 cm βάθος)
- Τμήμα Β: υπέδαφος (25 -75 cm βάθος)
- Τμήμα Γ: υπόστρωμα (75 - 150 cm βάθος)

² Εδαφοτομή είναι μία κατακόρυφος τομή ενός ελάχιστου όγκου εδάφους στον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί περιγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών, όπως το χρώμα του εδάφους, η δομή κ.λ.π. και εκτείνεται από την επιφάνεια του εδάφους έως και τμήμα του μητρικού υλικού (Μουστάκας, 2008).

Χαρτογραφικό Σύμβολο	Τμήμα Α (0-25 cm)	Τμήμα Β (25-75 cm)	Τμήμα Γ (75-150 cm)
0	Χαλίκια > 60 %	Χαλίκια > 60 %	Χαλίκια > 60 %
1	S (αμμώδης) LS (πηλοαμμώδης)	S (αμμώδης) LS (πηλοαμμώδης) SL (αμμοπηλώδης) Στρώσεις με χονδρόκοκκα υλικά	S (αμμώδης) LS (πηλοαμμώδης) SL (αμμοπηλώδης)
2	SL (αμμοπηλώδης)	Si (ιλυώδης) SiL (ιλοσηλώδης) L (πηλώδης) Στρώσεις με επικρατέστερη πηλώδη L	Si (ιλυώδης) SiL (ιλοσηλώδης) Στρώσεις με επικρατέστερα υλικά μέσης σύστασης
3	Si (ιλυώδης) SiL (ιλοσηλώδης) FSL (λεπτή αμμοπηλώδης) L (πηλώδης)	CL (αργιλοπηλώδης) SiCL (ιλοαργιλοπηλώδης) SCL (αμμοαργιλοπηλώδης) Ή στρώσεις με επικρατέστερα λεπτόκοκκα υλικά	Λεπτότερη από L (πηλώδης) Στρώσεις με επικρατέστερα λεπτόκοκκα υλικά
4	CL (αργιλοπηλώδης) SCL (αμμοαργιλοπηλώδης) SiCL (ιλοαργιλοπηλώδης)	C (αργιλώδης) SiC (ιλοαργιλώδης) SC (αμμοαργιλώδης)	
5	SC (αμμοαργιλώδης) SiC (ιλοαργιλώδης) C (αργιλώδης)		
P	Peat	Peat ή στρωμάτωση Peat	Peat ή στρωμάτωση Peat
M	Muck	Muck ή στρωμάτωση Muck	Muck ή στρωμάτωση Muck
*	Χαλίκια 10- 60 %	Χαλίκια 10- 60 %	Χαλίκια 10- 60 %

Πίνακας 1.2. Συμβολισμοί κοκκομετρικής σύστασης για τα τρία βάθη εδαφοτομής και η αντιστοιχία συμβόλου και κλάσεων κοκκομετρικής σύστασης
Πηγή: (Κολοβός, 2012)

Κοκκομετρική σύσταση				
Πολύ χονδρόκοκο	Χονδρόκοκο	Μέσης κοκκομετρικής σύστασης	Μετρίως λεπτόκοκο	Λεπτόκοκο
1	2	3	4	5

Πίνακας 1.3. Συμβολισμός κοκκομετρικής σύστασης
Πηγή: (Κοσμάς et. al., 2010)

Βάθος εδάφους					
0-15	15-30	30-60	60-100	100-150	>150
1	2	3	4	5	6

Πίνακας 1.4. Συμβολισμός Βάθους εδαφών
Πηγή: (Κοσμάς et. al., 2010)

1.2.4. Οξύτητα και Αλκαλικότητα του εδάφους

Η οξύτητα των εδαφών είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητά τους, διότι επηρεάζει με ποικίλους τρόπους την ανάπτυξη των φυτών (π.χ. την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά) καθώς επίσης και τις φυσικοχημικές διεργασίες του εδάφους (π.χ. τις διεργασίες της εδαφογένεσης) (Καλύβας Δ. , 2003).

Κατηγορία	Εύρος Τιμών pH
Πολύ ισχυρά όξινα	< 5,0
Ισχυρά όξινα	5,0 – 5,5
Μέτρια όξινα	5,5 – 6,0
Ελαφρά όξινα	6,0 – 6,7
Ουδέτερα	6,7 – 7,0
Ελαφρά αλκαλικά	7,0 – 7,5
Αλκαλικά	7,5 – 8,0
Μέτρια Αλκαλικά	8,0 – 8,5
Ισχυρά αλκαλικά	>8,5

Πίνακας 1.5. Κατηγορίες εδαφών βάσει των τιμών οξύτητας (pH)
Πηγή: (Καλύβας Δ. , 2003)

1.2.5. Ανθρακικά Ορυκτά του εδάφους

Τα Ανθρακικά Ορυκτά του εδάφους αποτελούν πηγή τροφοδότησης των φυτών σε χρήσιμα για τη θρέψη τους στοιχεία όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο (Καλύβας Δ. , 2003).

Κατηγορία Εδάφους	Περιεκτικότητα σε CaCO ₃ – Εύρος Τιμών
Πτωχό	< 0,5
Μέτρια εφοδιασμένο	0,5 - 2
Εφοδιασμένο- Πλούσιο	2 - 20
Μαργώδες	20 -40
Ασβεστούχο	>40

Πίνακας 1.6. Κατηγορίες εδαφών βάσει της περιεκτικότητας σε CaCO₃ (% κ.β.)
Πηγή: (Καλύβας Δ. , 2003)

1.2.6. Οργανική Ουσία εδάφους

Η οργανική ουσία του εδάφους περιλαμβάνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς του εδάφους μαζί με τα υπολείμματα νεκρών οργανισμών στους διάφορους βαθμούς αποσύνθεσής τους και θεωρείται ζωτικό συστατικό ενός υγιούς εδάφους και η μείωσή της έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους (Καλύβας Δ. , 2003).

Σύμβολο	Κατηγορία Εδάφους	Περιεκτικότητα σε οργανική ουσία
1	Πολύ πτωχό	< 0,5
2	Πτωχό	0,5 - 2
3	Μέτρια εφοδιασμένο	2- 3
4	Καλώς εφοδιασμένο	3 - 5
5	Πλούσιο	>5

Πίνακας 1.7. Κατηγορίες εδαφών βάσει της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία (% κ.β.)
Πηγή: (Καλύβας Δ. , 2003)

1.2.7. Κλάσεις Υδρομορφίας

Ο χαρακτηρισμός των κλάσεων υδρομορφίας βασίζεται στο χρώμα του εδαφικού υλικού στα διάφορα βάθη, την παρουσία εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου και στην ύπαρξη οριζόντων gley στα διάφορα βάθη της εδαφοτομής (Κολοβός, 2012).

Κλάσεις	Περιγραφή
A	Εδάφη πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα. Ξηρή εδαφοτομή σε όλο το βάθος, απουσία εξανθήσεων Fe και Mn
B	Εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα Κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών η στάθμη του υπογείου ύδατος βρίσκεται σε βάθος 100-150 cm από την επιφάνεια του εδάφους σχηματίζοντας έτσι εξανθήσεις Fe και Mn σε όλο το βάθος σε περιορισμένη έκταση και αριθμό
C	Εδάφη μετρίως αποστραγγιζόμενα Κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών η στάθμη του υπογείου ύδατος βρίσκεται σε βάθος 50-100 cm από την επιφάνεια, συχνές εξανθήσεις Fe και Mn αρχίζουν να εμφανίζονται σε όλο το βάθος Δεν απαιτείται στράγγιση εκτός από πολύ ευαίσθητα φυτά
D	Εδάφη ατελώς αποστραγγιζόμενα Κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών η στάθμη του υπογείου ύδατος βρίσκεται 25-50 cm από την επιφάνεια, σχετικά πολλές και ευδιάκριτες εξανθήσεις Fe και Mn εμφανίζονται στο βάθος αυτό Δεν απαιτεί στράγγιση για εαρινά και θερινά φυτά Απαιτείται όμως για ευαίσθητα διετή φυτά
E	Εδάφη κακώς αποστραγγιζόμενα Κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών η στάθμη του υπογείου ύδατος ανέρχεται σε βάθος μικρότερο των 25 cm από την επιφάνεια Δημιουργούνται πολλές ευδιάκριτες εξανθήσεις Fe και Mn σε όλο το βάθος
F	Εδάφη με μόνιμη στάθμη υπόγειου νερού μεταξύ 50-150 cm από την επιφάνεια με συνέπεια τν ύπαρξη οριζόντων gley σε αυτό το βάθος Απαιτείται στράγγιση καθώς και για τα εδάφη με D και E κλάση υδρομορφίας στο ανώτερο τμήμα
G	Εδάφη με μόνιμη στάθμη υπογείου ύδατος σε βάθος μικρότερο των 50 cm από την επιφάνεια και ύπαρξη οριζόντων gley από αυτό το βάθος Απαιτείται οπωσδήποτε στράγγιση

Πίνακας 1.8. Κλάσεις υδρομορφίας του χαρτογραφικού συμβόλου

Πηγή: (Κολοβός, 2012)

Τέλος, σημειώνεται πως για τις κλάσεις F και G, εκτός από το βάθος του μόνιμου υδροφόρου οριζοντα ενδιαφέρει και η διακύμανση στη διάρκεια του χρόνου της στάθμης του. Έτσι προκύπτουν συμπληρωματικές κλάσεις στραγγίσεως, οι C/F, D/F, E/F, D/G, E/G όπου ο αριθμητής εκφράζει τη διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού και ο παρονομαστής την κατώτατη θέση της.

1.2.8. Κλίση

Οι κλάσεις κλίσεως με τα αντίστοιχα χαρτογραφικά σύμβολα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σύμβολο	Κλίση %	Χαρακτηρισμός
A	0 - 2	Επίπεδη
B	2 - 6	Ελαφρά κεκλιμένη
C	6 - 12	Μέτρια κεκλιμένη
D	12 - 18	Ισχυρά κεκλιμένη
E	18 - 25	Πολύ ισχυρά κεκλιμένη
F	25 - 35	Ελαφρά απότομη
G	35 - 50	Μέτρια απότομη
H	>50	Ισχυρά απότομη

Πίνακας 1.9. Κατηγορίες κλίσεων που χρησιμοποιούνται στο χαρτογραφικό σύμβολο

Πηγή: (Κολοβός, 2012)

1.2.9. Διάβρωση

Οι κατηγορίες διάβρωσης καθορίζονται με βάση την έκταση της διάβρωσης όπως αυτή φαίνεται στην επιφάνεια του εδάφους. Οι αντίστοιχοι συμβολισμοί φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Σύμβολο	Περιγραφή	Χαρακτηρισμός
0	Καμία διάβρωση δεν παρουσιάζεται στην επιφάνεια	Μη διαβρωμένη
1	Κατώτεροι ορίζοντες ή στρώσεις παρουσιάζονται στην επιφάνεια σε έκταση έως 30% της συνολικής	Ελαφρά διαβρωμένη
2	Κατώτεροι ορίζοντες ή στρώσεις παρουσιάζονται στην επιφάνεια σε έκταση μεγαλύτερη του 30% της συνολικής	Μέτρια διαβρωμένη
3	Κατώτεροι ορίζοντες ή στρώσεις παρουσιάζονται στην επιφάνεια καθώς και έντονες αυλακώσεις	Ισχυρά διαβρωμένη
4	Σημαντικό τμήμα της εδαφικής κατατομής έχει απομακρυνθεί και εμφανίζονται έντονες χαραδρώσεις	Πολύ ισχυρά διαβρωμένη

Πίνακας 1.10. Κατηγορίες διάβρωσης που χρησιμοποιούνται στο χαρτογραφικό σύμβολο
Πηγή: (Κολοβός, 2012)

1.2.10. Ανθρακικά Άλατα

Ο καθορισμός των κατηγοριών για τα ανθρακικά άλατα γίνεται βάσει της αντίδρασης της εδαφικής μάζας στο HCL (υδροχλώριο). Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε σχέση με το βάθος εμφάνισης των ανθρακικών αλάτων υπάρχουν οι κατηγορίες που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σύμβολο	Περιγραφή
0	Καμία αντίδραση στο HCL σε όλο το βάθος της κατατομής
1	Αντίδραση στο HCL εμφανίζεται στο τμήμα Β ή και Γ
2	Ασθενής αντίδραση στο τμήμα Α ενώ η αντίδραση στα κατώτερα τμήματα δεν λαμβάνεται υπόψη
3	Ισχυρή αντίδραση στο τμήμα Α ενώ η αντίδραση στα κατώτερα τμήματα δεν λαμβάνεται υπόψη

Πίνακας 1.11. Συμβολισμός της ύπαρξης ανθρακικών αλάτων στο χαρτογραφικό σύμβολο
Πηγή: (Κολοβός, 2012)

Τα ανθρακικά ορυκτά του εδάφους αποτελούν πηγή τροφοδότησης των φυτών σε χρήσιμα για τη θρέψη τους στοιχεία, όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο.

1.2.11. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους

Η αλάτωση των εδαφών είναι μία από τις βασικές διεργασίες που μπορούν να οδηγήσουν στην ερημοποίηση, ένα φαινόμενο που εμφανίζεται όλο και συχνότερα παγκοσμίως και πλήττει εκατομμύρια εκτάρια σε ολόκληρη την Ευρώπη. Ο όρος αλάτωση χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διεργασίας συσσώρευσης των αλάτων στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές όπου τα διαλυτά άλατα κατακρημνίζονται μέσα στο έδαφος ή στην επιφάνειά του. Κατά γενικό κανόνα όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση αλάτων σε ένα διάλυμα τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα, κατά συνέπεια να έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Τελικά, η ηλεκτρική αγωγιμότητα καθορίζει τον κίνδυνο αλατότητας (Κοσμάς et. al., 2010) και καθορίζει τα όρια της φυτικής και μικροβιακής δραστηριότητας (Sikora, L. J & Stott, D. E., 1996).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε $dS m^{-1}$ ($1 dS m^{-1} = 1 mS cm^{-1} = 1 mmho cm^{-1}$) (Σάββας, 2007).

Συμβολισμός	Κατηγορία εδάφους:	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mmhos/cm)	% Άλατα
1	Μη αλατούχο	<4	<0,15
2	Ελαφρά αλατούχο	4-8	0,15-0,35
3	Μέτρια αλατούχο	8-15	0,35-0,65
4	Ισχυρά αλατούχο	>15	>0,65

Πίνακας 1.13. Κατηγορίες εδαφών βάσει της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους
Πηγή: (Brady, 2002)

1.3. Αξιολόγηση Εδαφών

1.3.1. Ορισμός της αξιολόγησης εδαφών

Σύμφωνα με τον (FAO, 1976) η αξιολόγηση εδαφών είναι η διαδικασία εκτίμησης της καταλληλότητας ή της συμπεριφοράς της γης όταν αυτή χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους σκοπούς. Περιλαμβάνει την εκτέλεση και την ερμηνεία απογραφής και μελέτης των μορφών γης, των εδαφών, της βλάστησης, του κλίματος και άλλων χαρακτηριστικών της γης, με σκοπό τον προσδιορισμό και τη σύγκριση επωφελών τρόπων χρήσεων αυτής που να ανταποκρίνονται στις επιδιώξεις της αξιολογήσεως.

1.3.2. Αρχές της αξιολόγησης εδαφών

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση των εδαφών βασίζεται στις παρακάτω αρχές (FAO, 1976):

1. Η καταλληλότητα των εδαφών εκτιμάται και ταξινομείται σε συνάρτηση με καθορισμένα είδη χρήσης.
2. Η αξιολόγηση απαιτεί σύγκριση των ωφελειών και των απαιτούμενων εξόδων για διαφορετικούς τύπους γης.
3. Απαιτείται η συνεισφορά διαφορετικών επιστημών.
4. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται σε σχέση με τις σχετικές φυσικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες της περιοχής.
5. Η καταλληλότητα αναφέρεται σε συνεχή χρήση με την έννοια του ότι το περιβάλλον δεν υποβαθμίζεται ώστε να αλλάζει η καταλληλότητα.
6. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει σύγκριση των πόρων της γης με περισσότερα από ένα μόνο είδος χρήσης.

1.3.3. Σκοποί της αξιολόγησης εδαφών

Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 τέθηκαν οι σκοποί της αξιολόγησης των εδαφών, οι οποίοι ποικίλουν ανάλογα με τα φυσικά, τα οικονομικά και τα κοινωνικά δεδομένα, με το επίπεδο και την ένταση της εργασίας και τους σκοπούς της εφαρμογής των αποτελεσμάτων, ο σημαντικότερος σκοπός όμως είναι η πρόβλεψη των συνεπειών από την αλλαγή χρήσεων γης (Καλύβας, 2003).

Η αξιολόγηση των εδαφών για να εξυπηρετεί τους στόχους της πρέπει (FAO, 1976):

1. Να καταγράφει τη σημερινή χρήση γης και να εκτιμά τι θα συμβεί, αν η χρήση αυτή παραμείνει αναλλοίωτη.
2. Να συστήνει τις δυνατές βελτιώσεις στις τεχνικές εκμεταλλεύσεις για την παρούσα χρήση.
3. Να εκτιμά τις όποιες άλλες χρήσεις είναι φυσικά δυνατές και οικονομικά και κοινωνικά σχετικές.

4. Να αναφέρει ποιες από τις προηγούμενες χρήσεις προσφέρουν δυνατότητες συνεχούς παραγωγής και άλλα οφέλη.
5. Να επισημαίνει τις δυσμενείς φυσικές, οικονομικές ή κοινωνικές επιδράσεις που συνοδεύουν κάθε χρήση γης.
6. Να υπολογίζει τις απαιτούμενες δαπάνες για να επιτυγχάνεται ένα επιθυμητό επίπεδο παραγωγής και να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις.
7. Να παραθέτει τα κέρδη από κάθε μορφή χρήσης εδάφους.
Τονίζεται πως εάν η εισαγωγή νέας χρήσης επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην ίδια τη γη (παραδειγμα κατά την εφαρμογή άρδευσης), τότε πρέπει επιπλέον (FAO, 1976):
 1. Να προβλέπει ποιες αλλαγές σε σχέση με τη γη είναι δυνατές και απαραίτητες και πως μπορούν να επιτευχθούν.
 2. Να υπολογίζει τις απαραίτητες επενδύσεις για την εφαρμογή των αλλαγών αυτών.

1.3.4. Είδη αξιολόγησης εδαφών

Οι παρακάτω διακρίσεις φανερώνουν τον πολυδιάστατο χαρακτήρα της αξιολόγησης των εδαφών και είναι οι εξής (Καλύβας, 2003):

1. Άμεση και Έμμεση Αξιολόγηση Εδαφών
Στην άμεση αξιολόγηση εδαφών κεντρικό σημείο είναι η απευθείας παρατήρηση της παραγωγικότητας και της γενικότερης συμπεριφοράς του εδάφους. Η έμμεση αξιολόγηση ξεκινά με τη συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά του εδάφους και των άλλων φυσικών πόρων, καθώς και σε σχέση με την οικονομική και κοινωνική κατάσταση.
2. Ποιοτική και Ποσοτική Αξιολόγηση Εδαφών
Η ποιοτική αξιολόγηση στην οποία τα αποτελέσματα εκφράζονται μόνο σε ποιοτική μορφή, ενώ στην ποσοτική τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό μορφή αριθμητικών δεδομένων
3. Παράλληλη και Δύο Σταδίων Αξιολόγηση Εδαφών
Στην αξιολόγηση δύο σταδίων πραγματοποιείται αρχικά μία πρώτη προσέγγιση βάσει φυσικών κριτηρίων και στη συνέχεια συνυπολογίζονται οικονομικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά δίνοντας τις τελικές λύσεις. Στην παράλληλη αξιολόγηση εδαφών η οικονομική ανάλυση λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της πορείας αξιολόγησης
4. Γενική και Ειδική Αξιολόγηση Εδαφών
Η διάκριση αυτή πραγματοποιείται σχετικά με τον τρόπο χρησιμοποίησης της γης.
5. Αξιολόγηση Θέσης και Τοποθεσίας

1.3.5. Ταξινόμηση καταλληλότητας γης

Η ταξινόμηση καταλληλότητας του FAO (land suitability classification) περιλαμβάνει τα εξής ταξινομητικά επίπεδα (Καλύβας Δ. , 1991):

1. Τάξεις καταλληλότητας που χαρακτηρίζουν το είδος της καταλληλότητας.
Πρόκειται για δύο κατηγορίες Κατάλληλη (Suitable, S) και Ακατάλληλη (Not Suitable, N). Η πρώτη περιλαμβάνει πόρους γης που η συνεχής χρησιμοποίησή τους, για το υπό εξέταση είδος, παρέχει ωφέληματα που να δικαιολογούν τις επενδύσεις χωρίς κινδύνους υποβάθμισής τους. Ακατάλληλη καθορίζεται η γη που οι ποιότητές της δεν επιτρέπουν τη συνεχή και επωφέλη χρήση.
Κλάσεις καταλληλότητας που καθορίζουν το βαθμό καταλληλότητας μιας τάξεως και αριθμούνται κατά φθίνοντα βαθμό καταλληλότητας. Ο FAO προβλέπει τις παρακάτω κλάσεις για την κατάλληλη τάξη και είναι οι εξής:
 - i. Κλάση πολύ κατάλληλη (High Suitable, S1)

- Περιλαμβάνει πόρους γης χωρίς σημαντικούς περιορισμούς που να εμποδίζουν μία επωφελή και συνεχή χρήση τους ή έχουν επουσιώδεις περιοριστικούς παράγοντες που δεν μειώνουν σημαντικά την παραγωγικότητά τους ή τα έσοδα από αυτούς και δεν απαιτούν επενδύσεις σε ασύμφορο επίπεδο.
- ii. Κλάση μετρίως κατάλληλη (Moderately Suitable, S2)
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πόροι γης που έχουν περιορισμούς οι οποίοι ως σύνολο εμποδίζουν μέτρια μια δεδομένη συνεχή χρήση τους. Οι περιοριστικοί παράγοντες μειώνουν την παραγωγικότητα των πόρων και τα έσοδα από αυτούς ενώ αυξάνονται οι απαιτήσεις σε επενδύσεις. Τα συνολικά πλεονεκτήματα από τη συγκεκριμένη χρήση αν και είναι ικανοποιητικά εκτιμούνται ως κατώτερα από όσα στην κλάση S1.
 - iii. Κλάση οριακά κατάλληλη (Marginally Suitable, S3)
Περιλαμβάνει πόρους γης με περιοριστικούς παράγοντες που επιδρώντες σαν σύνολο εμποδίζουν έντονα μία δεδομένη συνεχή χρήση και μειώνουν σημαντικά την παραγωγικότητά τους και τα έσοδα από αυτούς. Οι επενδύσεις σε αυτή την κλάση έχουν μόνο οριακή αποδοτικότητα.
 - iv. Κλάση προσωρινά ακατάλληλη (Currently Not Suitable, N1)
Περιλαμβάνει πόρους γης με περιορισμούς που μπορεί κάποτε να ξεπεραστούν, αλλά δεν είναι εφικτό να βελτιωθούν με τις υπάρχουσες γνώσεις και τεχνολογία με μία αποδεκτή δαπάνη. Οι περιορισμοί είναι τόσο σοβαροί ώστε να αποκλείουν συνεχή και επιτυχή χρησιμοποίηση των πόρων κατά ένα δεδομένο τρόπο.
 - v. Κλάση μόνιμα ακατάλληλη (Permanently Not Suitable, N2)
Πόροι γης με περιοριστικούς παράγοντες τόσο σοβαρούς ώστε να αποκλείεται κάθε πιθανότητα επιτυχούς και συνεχούς χρησιμοποίησής τους κατά ένα συγκεκριμένο τρόπο.
Τα όρια μεταξύ της κλάσης N1 και της τάξης S3 είναι δυνατό να μεταβάλλονται με τις οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες, αλλά μεταξύ προσωρινής και μόνιμα ακατάλληλης είναι σταθερά καθορισμένα.
2. Υποκλάσεις καταλληλότητας (Land Suitability Subclasses) οι οποίες διακρίνονται με βάση την φύση, το είδος των περιοριστικών παραγόντων, όπως για παράδειγμα η ξηρασία, η αλατότητα, η διάβρωση. Οι υποκλάσεις συμβολίζονται με μικρά γράμματα του λατινικού αλφαβήτου όπως: S2e υποκλάση με περιορισμό τη διάβρωση. Στον χαρακτηρισμό των υποκλάσεων χρησιμοποιούνται ένας ή σπάνια δύο περιοριστικοί παράγοντες. Επίσης και ο αριθμός των υποκλάσεων πρέπει να είναι αρκετά μικρός. Τέλος, επειδή στην ακατάλληλη τάξη υπάγονται πόροι γης που δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά η διάκριση υποκλάσεων δεν έχει νόημα.
3. Μονάδες καταλληλότητας (Land Suitability Units).
Είναι υποδιαιρέσεις της υποκλάσεως καταλληλότητας. Οι μονάδες μιας υποκλάσεως έχουν τους περιορισμούς που την χαρακτηρίζουν διαφέρουν όμως μεταξύ τους στην παραγωγικότητα ή στους λεπτομερείς τρόπους διαχείρισής τους. Οι μονάδες καταλληλότητας χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό διαχείρισής τους. Οι μονάδες καταλληλότητας χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό διαχείρισης σε επίπεδο αγροκτήματος και συμβολίζονται με αραβικούς αριθμούς, π.χ. S2_{e-1}, S2_{e-2}. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως πάντα υπάρχει κάποιος περιορισμός ως προς τον αριθμό των μονάδων για μία υποκλάση.

1.3.6. Εφαρμογή της αξιολόγησης εδαφών

Για την εφαρμογή της αξιολόγησης πραγματοποιείται απογραφή των εδαφικών πόρων της εκάστοτε περιοχής μελέτης και προσδιορισμός των εδαφικών απαιτήσεων των καλλιεργειών για τις οποίες είναι επιθυμητή η αξιολόγηση. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται συγκρίνοντας τα εδαφικά δεδομένα με τις εδαφικές απαιτήσεις των καλλιεργειών (Καλύβας Δ., 2003). Απαραίτητη είναι η δημιουργία ενός πίνακα εδαφικών απαιτήσεων, με τη βοήθεια αυτού θα πραγματοποιηθεί η συνολική

εκτίμηση της καταλληλότητας λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα όλες τις ιδιότητες ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε χάρτες αξιολόγησης εδαφών.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί πως για τον συνδυασμό των μεμονωμένων παραγόντων έχουν προταθεί τρεις μέθοδοι που αποτελούν εξειδίκευση – εφαρμογή των σχετικών περιεχομένων περί συνδυασμού περιοριστικών συνθηκών και αριθμητικών μεθόδων (Sys, 1985):

1.3.6.1. Απλή μέθοδος περιορισμών

Η συνολική αξιολόγηση γίνεται βάσει της λιγότερο κατάλληλης ιδιότητας, ως τελική δηλαδή αξιολόγηση λαμβάνεται η αξιολόγηση της ιδιότητας με το μεγαλύτερο περιορισμό. Στο σύμβολο της τελικής κλάσης καταλληλότητας αναγράφεται ακόμη ένα γράμμα που φανερώνει την ιδιότητα με το μεγαλύτερο περιορισμό.

Σύμβολο	Ιδιότητα
s	Κλίση
e	Διάβρωση
d	Στράγγιση
c	Ανθρακικά άλατα
t1	Μηχανική σύσταση 0-25 εκ.
t2	Μηχανική σύσταση 25-75 εκ.
t3	Μηχανική σύσταση 75-105 εκ.
de	Βάθος εδάφους
C	Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ)
B	Βαθμός κορεσμού με βάσεις
o	Οργανική ύλη
Sa	Αλατότητα

Πίνακας 1.15. Συμβολισμοί ιδιότητας με τον μεγαλύτερο περιορισμό
Πηγή: (Κολοβός, 2012)

Το έδαφος μιας περιοχής που για παράδειγμα βαθμολογήθηκε ως S1 για τις συνθήκες στράγγισης (εξέταση των συνθηκών ιδιομορφίας), S1 για τα ανθρακικά άλατα και S3 λόγω της εμφανιζόμενης διάβρωσης έχει συνολική τελική αξιολόγηση S3e.

Η απλή μέθοδος είναι πολύ εύκολη στην εφαρμογή της γιατί δεν λαμβάνονται υπόψη αλληλεπιδράσεις. Μειονεκτεί όμως, διότι δεν είναι πολύ ακριβής επειδή με έναν ή περισσότερους περιορισμούς μπορεί να καταλήξουμε στην ίδια ταξινόμηση.

1.3.6.2. Μέθοδος πολλαπλών περιορισμών

Στην μέθοδο αυτή οι ιδιότητες διαχωρίζονται στις φυσικές και στις χημικές. Οι κλάσεις καταλληλότητας της συνολικής αξιολόγησης υπολογίζονται από τις επιμέρους ιδιότητες βάσει του αριθμού και την ένταση των περιορισμών. Η εν λόγω μέθοδος είναι πιο αξιόπιστη από την απλή μέθοδο γιατί στην τελευταία μόνο ένα χαρακτηριστικό, το χειρότερο, αποφασίζει την συνολική κλάση καταλληλότητας ενώ στην πρώτη συνυπολογίζονται όλες οι ιδιότητες.

Φυσικές Ιδιότητες		Χημικές Ιδιότητες	
Τελική κλάση S1	Έδαφος πολύ κατάλληλο Αποδίδεται όταν υπάρχουν με καθόλου ή με 3 ή 4 ιδιότητες με μικρούς περιορισμούς	Τελική κλάση S1	Έδαφος πολύ κατάλληλο Αποδίδεται όταν υπάρχουν με καθόλου ή με 7 ή 8 ιδιότητες με μικρούς περιορισμούς

Κλάση S2	Όταν υπάρχουν περισσότεροι από 3 ή 4 μικροί περιορισμοί και/ή όχι περισσότεροι από 2-3 μέτριοι	Κλάση S2	Όταν υπάρχουν περισσότεροι από 7 ή 8 μικροί περιορισμοί και/ή όχι περισσότεροι από 6-7 μέτριοι
Κλάση S3	Όταν υπάρχουν περισσότεροι από 2 ή 3 μέτριοι περιορισμοί και/ή ένας ή περισσότεροι μεγάλοι περιορισμοί	Κλάση S3	Όταν υπάρχουν περισσότεροι από 6-7 μέτριοι περιορισμοί και/ή ένας ή περισσότεροι περιορισμοί
Κλάση N1	Εδάφη με πολύ μεγάλους περιορισμούς χαρακτηρίζονται ως προσωρινά ακατάλληλα	Κλάση N1	Εδάφη με πολύ μεγάλους περιορισμούς χαρακτηρίζονται ως προσωρινά ακατάλληλα
Κλάση N2	Εδάφη με πολύ μεγάλους περιορισμούς τα οποία δεν μπορεί να βελτιωθούν, επομένως είναι μόνιμα ακατάλληλα για την χρήση που αξιολογούνται	Κλάση N2	Εδάφη με πολύ μεγάλους περιορισμούς τα οποία δεν μπορεί να βελτιωθούν, επομένως είναι μόνιμα ακατάλληλα για την χρήση που αξιολογούνται

Πίνακας 1.16. Μέθοδος πολλαπλών περιορισμών

Πηγή: (Κολοβός, 2012)

1.3.6.3. Παραμετρική μέθοδος (Μέθοδος Storie)

Στη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται χρήση των αριθμητικών χαρακτηρισμών που αποδίδονται κατά την αξιολόγηση κάθε ιδιότητας και υπολογίζεται ένας δείκτης (I) σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση (Καλύβας Δ., 2003):

$$I = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \frac{E}{100} \dots$$

Όπου A, B, C, D,... η βαθμολογία σε κλίμακα 0-100 κάθε μιας εδαφικής ιδιότητας, αριθμητικός χαρακτηρισμός του πίνακα εδαφικών απαιτήσεων.

Εν συνεχεία, για να ενταχθεί μία τιμή του δείκτη I σε μία κλάση καταλληλότητας του FAO χρησιμοποιείται η εξής αντιστοιχία μεταξύ κλάσεων καταλληλότητας και τιμών:

S1: I = 100-75 S2: I = 75-50 S3: I = 50-25 N1: I = 25-15 N2: I = 15-0

Η μέθοδος αυτή θεωρείται ίσως η πιο αξιόπιστη από τις τρεις που έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής, γιατί λαμβάνει υπόψη όλες τις ιδιότητες και τις αλληλεπιδράσεις αυτών.

1.3.6.4. Μέθοδος Τετραγωνικής Ρίζας (Square Root)

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εξίσωση Samir (Samir, 1986) όπου οι υπολογισμένοι εδαφικοί δείκτες μετρούν μέχρι σε ένα βαθμό τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εδαφικών ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών τους το οποίο είναι πιο λογικό σε σχέση με τη μέθοδο Storie (Bagherzadeh, A. & Daneshvar, M., 2011):

$$I = R_{\min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots}$$

Όπου:

I = ο εδαφικός δείκτης

R_{\min} = η μικρότερη βαθμολογία σε κλίμακα 0-100 ανάμεσα στις εδαφικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά A, B, C,... η βαθμολογία σε κλίμακα 0-100 κάθε μιας εδαφικής ιδιότητας, αριθμητικός χαρακτηρισμός του πίνακα εδαφικών απαιτήσεων, εκτός της μικρότερης προαναφερθείσας τιμής.

Ο δείκτης I εντάσσεται σε μία κλάση καταλληλότητας του FAO μέσω της αντιστοιχία μεταξύ κλάσεων καταλληλότητας και τιμών:

S1: I = 100-75 S2: I = 75-50 S3: I = 50-25 N1: I = 25-15 N2: I = 15-0

1.3.6.5. Δημιουργία Πίνακα Καλλιεργητικών Απαιτήσεων

Ένας τέτοιος πίνακας ο οποίος βοηθά στην αξιολόγηση εδαφών για την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας έχει την παρακάτω μορφή:

Εδαφικές ιδιότητες	Τάξεις καταλληλότητας κατά FAO & Επίπεδα περιορισμών-κλίμακα βαθμολόγησης περιορισμών					
	S1		S2	S3	N1	N2
	0	1	2	3	4	4
	100	95	85	60	40	20
Κλίση						
Υδρομορφία						
Κοκοκομετρική σύσταση 0-25 cm						
Κοκοκομετρική σύσταση 25-75 cm						
Κοκοκομετρική σύσταση 75-15 0cm						
CaCO ₃						
Διάβρωση						
Βάθος εδάφους						
ΙΑΚ (Meq/100g)						
Βαθμός κορεσμού με βάσεις						
Οργανική Ύλη						
Ηλεκτρ. αγωγιμότητα εδάφους (Αλατότητα) mmhos/cm						

Πίνακας 1.17. Γενικός Πίνακας Καλλιεργητικών Απαιτήσεων
Πηγή: (Καλύβας, et. al., 1996)

Ο συμβολισμός που εκφράζει τα επίπεδα περιορισμών για την εξεταζόμενη καλλιέργεια για κάθε εύρος τιμών:

- 0: κανένας περιορισμός
- 1: μικρός περιορισμός
- 2: μέτριος
- 3: μεγάλος
- 4: πολύ μεγάλος περιορισμός

Οι αντίστοιχοι αριθμητικοί περιορισμοί:

- 100 – 95
- 94 – 85
- 84 – 60
- 59 – 40
- 39 – 25

Σημειώνεται πως ο πίνακας καλλιεργητικών απαιτήσεων συμπληρώνεται βάσει της βιβλιογραφίας για την εκάστοτε καλλιέργεια η οποία μεταφράζεται βάσει των συμβόλων των μεταβλητών που έχουν αναλυθεί παραπάνω. Για παράδειγμα, εάν ένα φυτό αναπτύσσεται καλύτερα σε βαριά εδάφη, τότε ο ερευνητής πρέπει να ανατρέξει στον Πίνακα 1.1 όπου διαπιστώνεται πως τα βαριά εδάφη ή αλλιώς αργιλώδη εδάφη περιλαμβάνουν συγκεκριμένες κλάσεις μηχανικής σύστασης. Κατά συνέπεια τα κελιά της γραμμής κοκοκομετρική σύσταση 0-25 cm συμπληρώνονται βάσει του πίνακα 1.2. Δηλαδή τα κλάσματα C, SC, SiC θα τοποθετηθούν κάτω από τη στήλη του 100 με το σύμβολο 5. Η διαδικασία γίνεται περισσότερο κατανοητή στο δεύτερο μέρος της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ενεργειακές Καλλιέργειες: Ηλίανθος

2.1. Ενεργειακές καλλιέργειες

Τα τελευταία χρόνια, η ελληνική αγροτική οικονομία έχει υποστεί σημαντικά πλήγματα. Οι παραδοσιακές καλλιέργειες συντέλεσαν στη μερική εξάντληση των υδάτινων πόρων και στην αύξηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων διότι είχαν υψηλές απαιτήσεις σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν με αλόγιστο τρόπο. Παράλληλα οι τιμές των αγροτικών προϊόντων κατέρρευσαν και οι αγροτικές επιδοτήσεις μειώθηκαν με αποτέλεσμα οι εκτάσεις των παραδοσιακών καλλιεργειών να μειωθούν και η ανάγκη για νέες καλλιέργειες να γίνει πιο έντονη. Η αλματώδης ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας και η εισαγωγή νέων καλλιεργειών απευθυνόμενων στην ενεργειακή αγορά ανοίγει νέους ορίζοντες στην αναδιάρθρωση και ανάπτυξη της ελληνικής γεωργίας.

Οι νέες «ενεργειακές» καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη τα οποία παράγουν βιομάζα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς, όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή στερεών, υγρών ή αέριων βιοκαυσίμων κ.α. Ενεργειακές καλλιέργειες θεωρούνται και οι ήδη υπάρχουσες παραδοσιακές καλλιέργειες, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας ή βιοκαυσίμων (π.χ. ηλίανθος, σιτάρι, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα κ.α.) (Μανέλης, 2012).

Μια καλλιέργεια για να καλλιεργηθεί ως ενεργειακή πρέπει να έχει μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως (El-Bassam, 1998):

1. Να έχει υψηλές αποδόσεις
2. Να μπορεί να παράγει με μικρές κατά το δυνατόν εισροές
3. Να εξοικονομεί ενέργεια και άλλες πρώτες ύλες
4. Να έχει θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, θετικό ισοζύγιο CO₂ και θετική ανάλυση κύκλου ζωής
5. Να μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις της γεωργίας στο περιβάλλον, όπως τη διάβρωση του εδάφους, να βελτιώνει το γονιμότητά του, να κάνει αποδοτική τη χρήση του νερού, να περιορίζει τις απαιτήσεις σε λίπανση και άλλα.

2.2. Οι ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και στον ελληνικό χώρο

Η εισαγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργική πρακτική, τόσο σε ευρωπαϊκό αλλά και ελληνικό επίπεδο είναι περιορισμένη, όσον αφορά τα νέα είδη, λόγω τεχνικών αλλά και μη-τεχνικών παραγόντων. Παρά το μεγάλο αριθμό των νέων ειδών που έχουν κατά καιρούς μελετηθεί στα πλαίσια ερευνητικών κυρίως ευρωπαϊκών έργων μόνο ορισμένα από αυτά έχουν προχωρήσει σε καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας. Τέτοιες καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας έχουν αναπτυχθεί λόγω πολιτικής και οικονομικής υποστήριξης σε ορισμένα κράτη και αποτελούν πηγή πολύτιμων δεδομένων για τη μελλοντική ανάπτυξη κι άλλων τέτοιας κλίμακας εφαρμογών στην Ευρωπαϊκή γεωργία.

Κύρια παραδείγματα εμπορικών καλλιεργειών ενεργειακών φυτών σε μεγάλη κλίμακα αποτελούν οι καλλιέργειες ελαιούχων φυτών για παραγωγή βιοντίζελ στη Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία και Ιταλία, καθώς και η καλλιέργεια ιτιάς για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού στη Σουηδία (Χρήστου et., al., 2006). Η βασική διαφορά μεταξύ των δυο αυτών παραδειγμάτων είναι ότι τα ελαιούχα ενεργειακά φυτά όπως η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος είναι φυτά γνωστά στη γεωργία για παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, ενώ η καλλιέργεια ιτιάς ως γεωργικό είδος χρειάζεται επιπλέον έρευνα σε

όλα τα στάδια της παραγωγικής της διαδικασίας., από την εξασφάλιση γενετικού υλικού ως τη συγκομιδή. Από μελέτες και γεωργικά πειράματα που έγιναν στον Ευρωπαϊκό χώρο κατά τη τελευταία 20ετία σχεδόν, καταγράφηκαν φυτά, κατάλληλα για τις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες που παρουσιάζει η Ευρώπη (Vanpedaal et. al., 1999). Φυτά σαν την αγριαγκινάρα, τον ευκάλυπτο, το γλυκό σόργο ή το κενάφ καλλιεργούνται μόνο στη Μεσογειακή ζώνη, ενώ άλλα όπως η ιτιά και η ελαιοκράμβη είναι περισσότερο προσαρμοσμένα στις ψυχρές κλιματικές συνθήκες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Φυτά όπως ο μίσχανθος μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να καλλιεργηθούν σε όλο τον Ευρωπαϊκό χώρο, από τη Σικελία ως τη Δανία.

Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας έχει διαπιστωθεί μεγάλη διαφοροποίηση στη παραγωγικότητα και συνεπώς και στην οικονομικότητα της κάθε καλλιέργειας. Πολύ υψηλές αποδόσεις (3-4 τόνους/στρέμμα ξηρό βάρος) έχουν καταγραφεί π.χ. για το σόργο, το μίσχανθο και το καλάμι στη Ν. Ευρώπη, όμως αυτές αναφέρονται σε αρδευόμενες καλλιέργειες και μικρά πειραματικά τεμάχια, ενώ σε μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες ιτιάς στη Σουηδία έχουν καταγραφεί μόλις 0,8-1 τόνος ξηρού βάρους/στρέμμα (Χρήστου και συν., 2006). Στην Ελλάδα είναι εγκατεστημένες ενεργειακές καλλιέργειες βάσει πλαισίων ευρωπαϊκών ερευνητικών έργων και μεμονωμένων ερευνών.

2.3. Πλεονεκτήματα Ενεργειακών Καλλιεργειών

Η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη εκ των οποίων τα κυριότερα είναι (Χρήστου και συν., 2006):

1. Η θετική συνεισφορά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς γίνεται αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα, και σχεδόν εκμηδενίζεται το ισοζύγιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η ποσότητα CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση αφομοιώνεται από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση.
2. Οι ενεργειακές καλλιέργειες δεν επιβαρύνουν τα φυσικά οικοσυστήματα, αν τα συστήματα παραγωγής τους σχεδιαστούν σωστά.
3. Παρέχουν μεγάλη προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους εξαιτίας του πλούσιου υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος των ενεργειακών (ειδικά των πολυετών) καλλιεργειών.
4. Συντελούν στην προστασία της άγριας πανίδας μέσα από την αποκατάσταση τοπίων με την εγκατάσταση πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών.
5. Χρησιμεύουν ως βιολογικά φίλτρα για τον καθαρισμό λυμάτων.
6. Παρουσιάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα στη χρήση του νερού άρδευσης ή και μόνο των βροχοπτώσεων.
7. Έχουν πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε λίπανση, η χρήση της οποίας μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις αποδόσεις.
8. Απαιτούν μικρότερη χρήση των φυτοφαρμάκων και περιορίζουν την ανάπτυξη των ζιζανίων, καθ' ότι ορισμένες καλλιέργειες δρουν και ως ζιζανιοκτόνα (π.χ. η αγριαγκινάρα).
9. Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν καλύτερη προσαρμογή και απόδοση σε εδάφη χαμηλής γονιμότητας.
10. Αναζωογονείται η γεωργική οικονομία και ως συνέπεια πραγματοποιείται κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών.
11. Συντελείται αύξηση στην απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με την εισαγωγή νέων εναλλακτικών καλλιεργειών.
12. Αυξάνουν τα γεωργικά εισοδήματα σε σύγκριση με τις μέχρι τώρα παραδοσιακές καλλιέργειες.
13. Συντελούν στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα (κυρίως το πετρέλαιο) και την εξισορροπούν το εμπορικό ισοζύγιο.
14. Δημιουργούν νέες αγορές για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια.

2.4. Μειονεκτήματα Ενεργειακών Καλλιεργειών

Ως μειονεκτήματα των ενεργειακών καλλιεργειών μπορούν να θεωρηθούν τα παρακάτω (Καλοχαιρέτης, 2007), (Ζανάκης και συν., 2007):

1. Χορήγηση χαμηλής επιδότησης (4,5 ευρώ/στρ.) και εξάρτηση από αυτή
2. Υψηλό κόστος καλλιέργειας (σπόρος, μεταφορά προϊόντος, κ.α.)
3. Έλλειψη ενημέρωσης των παραγωγών σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες
4. Μεγάλος ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες καλλιέργειες σε κάθε περιοχή
5. Απροθυμία των παραγωγών να ασχοληθούν με τις ενεργειακές καλλιέργειες
6. Καλλιέργειες χωρίς σοβαρό οικονομικό κίνητρο
7. Έλληνας αγρότης ανέτοιμος για εμπορία και σύνδεση με την μεταποίηση και την βιομηχανία
8. Προβλήματα στην καλλιέργεια, τη διαχείριση της πρώτης ύλης και τη μεταποίηση
9. Μεγάλη απόσταση μεταξύ του τόπου παραγωγής και της μονάδας μεταποίησης, κατά συνέπεια υψηλό κόστος

2.5. Αξιοποίηση Ενεργειακών Καλλιεργειών

Κύριο προϊόν των ενεργειακών καλλιεργειών είναι η παραγωγή βιομάζας. Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, ειδικότερα η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ή αέριων καυσίμων (Χρήστου και συν., 2006).

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν αυτή την ενέργεια σε βιομάζα (βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια), η οποία αποδίδει την ενέργειά της τελικά μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας (Χρήστου και συν., 2006):

1. Η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες
2. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας (φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα).

Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος (άχυρο σιτηρών, βαμβακοστελέχη, κλαδοδέματα)
2. Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών (ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια)
3. Απορρίμματα, βιομηχανικά και το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων

Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Βιομάζας	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂), δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη εκ νέου δημιουργία της.	Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας απαιτεί τις περισσότερες φορές σημαντικές διεργασίες και βελτιώσεις πριν από τη χρήση της, οι οποίες απορρέουν από τα μεγάλα ποσοστά υγρασίας της ακατέργαστης ύλης.
Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO ₂) που είναι κυρίως υπεύθυνο για την όξινη βροχή.	Σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα προκύπτουν περισσότερες δυσκολίες στις διάφορες διεργασίες συγκομιδής, επεξεργασίας, μεταφοράς και αποθήκευσής της.
Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.	Τα κόστη προμήθειας αλλά και το κόστος των μονάδων παραγωγής βιομάζας παραμένει σήμερα υψηλότερο από αυτά των συμβατικών μορφών παραγωγής ενέργειας.
Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια αγροτική περιοχή, αυξάνει την απασχόληση με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών και τη δημιουργία νέων μονάδων παραγωγής συμβάλλοντας έτσι και στη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες του.	

Πίνακας 2.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Βιομάζας
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Οι διάφοροι διαθέσιμοι τρόποι εκμετάλλευσης της βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν είτε την άμεση καύση της, είτε την παραγωγή υγρών βιολογικών καυσίμων. Για τη δεύτερη κατηγορία οι κυριότερες μέθοδοι μετατροπής είναι (Thuijl et al., 2003):

1. Η διαδικασία άμεσης μετατροπής - εξαγωγή του φυτικού ελαίου με την ακολουθία αιθεροποίησης (biodiesel)
2. Η ζύμωση των σακχάρων/ αμύλου που περιέχουν καλλιέργειες (αιθανόλη)
3. Η πυρόλυση του ξύλου (πετρέλαιο πυρόλυσης, ισοδύναμο με το diesel)
4. Η αεριοποίηση της βιομάζας με την περαιτέρω μετατροπή του αερίου σύνθεσης (methanol, dymethylester (DME), Fischer-Tropsch liquids)
5. Η υδροθερμική αναβάθμιση της υγρής βιομάζας (πετρέλαιο HTU – ισοδύναμο με το diesel)

Το biodiesel και η (βιο)αιθανόλη είναι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγαλύτερη εμπορική βάση στην Ευρώπη και θα παραμείνουν τα κυρίαρχα εναλλακτικά καύσιμα στο πιο εγγύς μέλλον, ενώ οι υπόλοιπες τεχνολογίες είναι ήδη υπαρκτές αλλά βρίσκονται ακόμα είτε σε στάδιο βελτίωσης είτε σε πειραματικά στάδια.

	Καλλιέργεια	Αποδόσεις (kg/ha)	Αποδόσεις σε βιοκαύσιμο (lt/ha)
Βιοντίζελ	Ηλιανθος	1.200-3.000	430-1.100
	Ελαιοκράμβη	1.200 - 2.500	430 - 900
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	2.500 – 5.000	750 - 1.500
	Αραβόσιτος	9.000	2.700
	Ζαχαρότευτλο	50.000	5.000
	Σόργο	60.000 - 90.000	6.000 - 9.000

Πίνακας 2.2. Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα
Πηγή: (Μεμάκη, 2009)

2.5.1. Biodiesel³

Το biodiesel (ή αλλιώς μεθυλεστέρας) περιλαμβάνει μια ομάδα εστεροποιημένων φυτικών ελαίων, λιπαρών οξέων και μεθυλικών εστέρων που παράγονται από διάφορους φυτικούς ιστούς που περιέχουν έλαια. Επειδή η πρώτη ύλη είναι είτε φυτική είτε ζωική (π.χ. ζωικό λίπος) θεωρείται ανανεώσιμη εναλλακτική πηγή καυσίμου, άριστο υποκατάστατο του συμβατικού πετρελαίου (diesel). Τα φυτικά έλαια για την παραγωγή του biodiesel προέρχονται κυρίως από ενεργειακές καλλιέργειες, είτε ετήσιες (π.χ. ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σόγια), είτε πολυετείς (π.χ. φοίνικες, καρυδιές), ανάλογα με την καταλληλότητα στην εκάστοτε περιοχή παραγωγής.

Το biodiesel είναι ένα εναλλακτικό υγρό καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης, φιλικό προς το περιβάλλον, με ελάχιστες εκπομπές ρύπων (διοξείδιο του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα) που μειώνει τους κινδύνους βλαβών στην ανθρώπινη υγεία και προμηθεύει τους καταναλωτές με ένα καύσιμο με μια ισορροπημένη σχέση κόστους - οφέλους. Το κόστος παραγωγής του είναι σήμερα κατά μέσο όρο 0,5 ευρώ ανά λίτρο καυσίμου. Η τιμή του όμως μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης, το μέγεθος και το είδος της εγκατάστασης παραγωγής και τις διάφορες επιμέρους διεργασίες παραγωγής του καυσίμου.

2.5.2. Βιοαιθανόλη⁴

Η αιθανόλη ή βιοαιθανόλη είναι ένα βιοκαύσιμο που προέρχεται από την επεξεργασία μέσω συμβατικών τεχνολογιών διαφόρων φυτών πλούσια σε άμυλο ή σάκχαρα όπως τα δημητριακά, το καλαμπόκι, η πατάτα, τα σακχαρότευτλα, το σακχαροκάλαμο, το γλυκό σόργο, η μελάσα, το (μαλακό) σιτάρι και το κριθάρι. Θεωρητικά, η αιθανόλη είναι δυνατόν να παραχθεί από κάθε είδος φυτού που περιέχει σάκχαρα, κατά κύριο λόγο όμως προτιμώνται τα σακχαρότευτλα, το σιτάρι και το γλυκό σόργο, καθώς επίσης τα τελευταία χρόνια και κάποιες λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες όπως το άχυρο και το ξύλο.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η περισσότερη βιοαιθανόλη παράγεται στη Βραζιλία (κυρίως από σακχαροκάλαμο) και στις ΗΠΑ (κυρίως από καλαμπόκι και μελάσα). Το κόστος παραγωγής της αιθανόλης από σακχαρότευτλα κυμαίνεται από 0,32 έως 0,54 ευρώ ανά λίτρο βιοκαυσίμου. Η τεχνολογία αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη και με μικρά περιθώρια βελτίωσης της. Συνεπώς, τον τελευταίο καιρό αυξάνεται η χρήση νέων πρώτων υλών, κυρίως της ξυλικής γεωργίας, οι οποίες έχει σημαντικά μικρότερο κόστος παραγωγής, της τάξης των 0,2 ευρώ ανά λίτρο βιοκαυσίμου.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αιθανόλης είναι τα σακχαρότευτλα και το σιτάρι. Πρωτοπόρες χώρες θεωρούνται η Ισπανία και η Γαλλία. Κύρια χρήση του βιοκαυσίμου είναι η ανάμειξη του με τη βενζίνη, για την παραγωγή αποδοτικότερων, οικονομικότερων και πιο φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων. Αποδεικνύεται πειραματικά ότι μία ανάμειξη αιθανόλης – βενζίνης σε ποσοστό μόλις 10% (η αιθανόλη), παράγεται καύσιμο με μειωμένες εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα έως και 30%.

³ Πηγή: (Μανέλης, 2012)

⁴ Πηγή: (Μανέλης, 2012)

2.6. Ανταγωνιστικότητα Ενεργειακών καλλιεργειών⁵

Για να θεωρείται από τον παραγωγό συμφέρουσα η αντικατάσταση μιας συμβατικής καλλιεργείας από μια καλλιεργεία ενεργειακών φυτών, στη βραχυχρόνια περίοδο, θα πρέπει με τη χρήση του μερικού προϋπολογισμού, το Ακαθάριστο Κέρδος (Ακαθάριστο κέρδος = Ακαθάριστη πρόσδοδος (έσοδα και ενισχύσεις) – μεταβλητές δαπάνες) ανά στρέμμα του ενεργειακού φυτού να είναι μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής καλλιεργείας, με το οποίο συγκρίνεται. Η διαφορά των δύο ακαθαρίστων κερδών (εφόσον το αποτέλεσμα είναι θετικό) δείχνει πόσο βελτιώνεται το εισόδημα του παραγωγού που θα λάμβανε από την συμβατική καλλιεργεία, κάθε φορά που αντικαθίσταται ένα (1) στρέμμα συμβατικής καλλιεργείας με την καλλιεργεία ενεργειακού φυτού. Όσο μεγαλύτερη θετική είναι η διαφορά, τόσο περισσότερο θα συμφέρει στον παραγωγό η αντικατάσταση της συμβατικής καλλιεργείας από την καλλιεργεία του ενεργειακού φυτού, με το οποίο συγκρίνεται. Αντιθέτως, όταν η διαφορά είναι αρνητικός αριθμός δεν συμφέρει η αντικατάσταση, αφού θα μειωθεί το εισόδημα του παραγωγού που θα λάμβανε από την συμβατική καλλιεργεία, όταν πραγματοποιηθεί η αντικατάστασή της από ενεργειακό φυτό.

2.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την επέκταση των Ενεργειακών Καλλιεργειών⁶

Η οδηγία για τα βιοκαύσιμα επηρεάζει τη ζήτηση ποικιλίας καλλιεργειών στην Ευρώπη: καλλιεργειών ελαιούχων προϊόντων, όπως ελαιοκράμβη, ηλιάνθος και σόγια, για τη μετατροπή τους σε ντίζελ βιολογικής προέλευσης (βιοντίζελ) και καλλιεργειών αμύλου, όπως σίτος και ζαχαρότευτλα που παρέχουν πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, η οποία είναι υποκατάστατο του πετρελαίου. Η τρέχουσα διάρθρωση τιμών και η ζήτηση προϊόντων διατροφής στην Ευρώπη και παγκοσμίως συνεπάγεται ότι η αυξημένη ζήτηση για βιοκαύσιμα μπορεί να ικανοποιηθεί μόνο εν μέρει, με τη μείωση της παραγωγής προϊόντων διατροφής από ενδεχόμενες καλλιεργείες για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι συνεπώς πιθανόν ότι θα αυξηθεί. Μελέτες καταδεικνύουν ότι, εάν επιτευχθεί ο στόχος του 5.75 % που καθορίζεται στην οδηγία για τα βιοκαύσιμα και η συνολική παραγωγή είναι εγχώρια, οι καλλιεργείες που προορίζονται για την παραγωγή βιοκαυσίμων θα αντιστοιχούν σε ποσοστό 4 έως 13 % των συνολικών γεωργικών γαιών στην ΕΕ των 25. Εάν οι εκτάσεις σε μακροχρόνια αγρανάπαυση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή για την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα αποδεδουλευθούν μεγάλες ποσότητες CO₂ — πιθανώς αρκετές για να ανατρέψουν για πολλά χρόνια τα οφέλη από τη στροφή στα βιοκαύσιμα. Η Ε.Ε. έχει θέσει ως στόχο την ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας στην Ευρώπη. Η προστασία των γεωργικών γαιών υψηλής φυσικής αξίας στην Ευρώπη, οι οποίες χαρακτηρίζονται κυρίως από εκτατικές γεωργικές πρακτικές, έχει αναγνωριστεί ως βασικός παράγοντας για την επίτευξη του στόχου αυτού. Πρόσφατη έκθεση του προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος προβάλλει τη σημασία τέτοιων γεωργικών εκτάσεων και επισημαίνει τη σοβαρή υποβάθμιση της κατάστασης διατήρησης των περιοχών αυτών. Η χρησιμοποίηση των εκτάσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για εκτατική καλλιεργεία για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να εξυπηρετηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα οδηγήσει στην απώλεια βιοποικιλότητας, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις η μετατροπή αυτή συνεπάγεται πρότυπα εντατικοποίησης της παραγωγής.

Οι όποιες αρνητικές επιπτώσεις από τις ενεργειακές καλλιεργείες μπορούν να αρθούν ως ακολούθως (Τριανταφύλλου, 2010):

⁵ Πηγή: (Πετσάκος, Α. & Τσιμπούκας, Κ. & Τσουκαλάς, Σ. & Ροζάκης, Σ., 2009)

⁶ Πηγή: (Κίττας, Κ. & Γέμος, Θ. & Φούντας, Σ. & Μπαρτζάνας, Θ., 2007)

Αρνητικές Επιπτώσεις	Προτάσεις
Ρύπανση από την λίπανση	Ανανεώσιμες πρώτες ύλες με οικολογική γεωργία
Μονοκαλλιέργειες	Πρακτικές διαχείρισης Επιλογή αγρών Κατάλληλη κλίμακα
Επίδραση στη βιοποικιλότητα	Μικρές περιοχές με δέντρα μπορούν να αφεθούν στις περιοχές για καλλιέργεια
Διάβρωση εδαφών σε ενδεχόμενη εντατική παραγωγή	Καλές πρακτικές διαχείρισης
Θόρυβος	Κατάλληλη χωροθέτηση

Πίνακας 2.3. Αρνητικές επιπτώσεις ενεργειακών καλλιεργειών και προτάσεις επίλυσης
Πηγή: (Τριανταφύλλου, 2010)

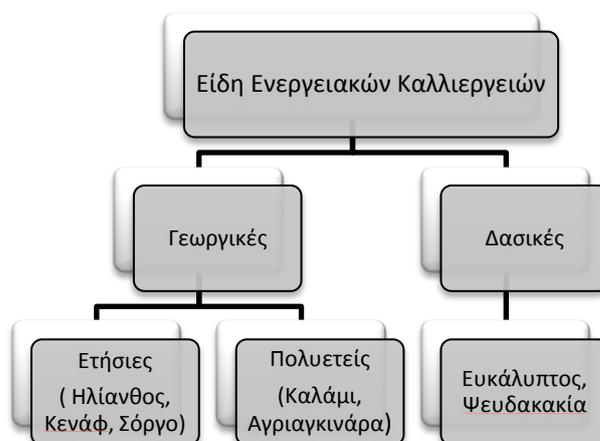
Καλλιέργεια	Μέγεθος παραγωγής	Χρήση νερού	Χρήση λιπασμάτων	Χρήση φυτοφαρμάκων	Χρήση ενέργειας	Επίδραση στη διάβρωση	Κίνδυνοι από συμπίεση εδάφους
Βαμβάκι	+	+++	++	++++	+++	++++	+++
Καλαμπόκι	++++	++++	+++	+++	+++	++	++
Ζαχαρότευτλα	++++	++++	+++	++++	+++	++	+++
Ηλίανθος	++	++	++	+	++	++	+
Ελαιοκράμβη	+		+	++	+	+	+

Πίνακας 2.4. Αρνητικές επιπτώσεις ενεργειακών καλλιεργειών στο περιβάλλον
Πηγή: (Τριανταφύλλου, 2010)

Αξίζει επίσης να αναφερθεί πως απαιτείται προσεκτική μελέτη του οικοσυστήματος πριν να τεθεί σε εφαρμογή ένα σχέδιο ενεργειακής καλλιέργειας, κυρίως όταν πρόκειται για εντατική μονοκαλλιέργεια. Αυτός ο τύπος εκμετάλλευσης είναι ευάλωτος στις ασθένειες και μπορεί να απαιτήσει τη χρησιμοποίηση παρασιτοκτόνων γεγονός που παρουσιάζει κίνδυνο για την βιοποικιλότητα. Είναι προτιμότερη η διαφοροποίηση των καλλιεργειών και ο αποκλεισμός της χρήσης παρασιτοκτόνων ή χημικών λιπασμάτων. Πρέπει επίσης να υπάρξει μέριμνα για τη διατήρηση της γονιμότητας των εδαφών και κατά περίπτωση να αποφεύγεται η συλλογή δασικών καταλοίπων στα σημεία εκείνα που έχουν ανάγκη από τα θρεπτικά τους συστατικά. Η μεταφορά του καυσίμου μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα όταν ο ενεργειακός σταθμός βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από την πηγή της βιομάζας. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει η απαιτούμενη για τις καλλιέργειες υδροληψία στο υδρολογικό ισοζύγιο. Το τοπίο και η εικόνα που παρουσιάζει είναι επίσης κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε κάθε περίπτωση νέων καλλιεργειών στην εξεταζόμενη τοποθεσία. Η καύση της βιομάζας προκαλεί εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Το πλεονέκτημα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα είναι ότι η ποσότητα αυτών των εκπομπών είναι ισοδύναμη με την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που κατακρατεί η βιομάζα κατά την ανάπτυξή της. Η καλλιέργεια και η καύση της βιομάζας έχουν από την άποψη αυτή ουδέτερη επίπτωση. Εντούτοις, είναι δυνατό να υπάρξουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που συνδέονται με την παραγωγή λιπασμάτων, τις δραστηριότητες συλλογής και μεταφοράς. Πρέπει, ωστόσο να επισημανθεί ότι οι πηγές βιοενέργειας προκαλούν λιγότερη ρύπανση σε σχέση με τον άνθρακα ή το πετρέλαιο, εφόσον δεν απορρίπτουν ουσιαστικά θείο στην ατμόσφαιρα.

2.8. Είδη Ενεργειακών Καλλιεργειών

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες τις γεωργικές οι οποίες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς και τις δασικές.



Εικόνα 2.1. Είδη Ενεργειακών Καλλιεργειών
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

2.8.1. Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες

2.8.1.1. Ετήσιες

Οι κυριότερες ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες είναι ο ηλίανθος ο οποίος θα αναφερθεί αναλυτικότερα παρακάτω, το κενάφ, το γλυκό σόργο και η ελαιοκράμβη.

2.8.1.1.1. Κενάφ (Hibiscus canabbinus L.)



Εικόνα 2.2. Καλλιέργεια κενάφ
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Το κενάφ είναι ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Πρόκειται για ένα φυτό το οποίο ευδοκιμεί κυρίως σε τροπικά κλίματα και αμμοπηλώδη εδάφη, αλλά παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα σε ένα μεγάλο εύρος εδαφών και κλιματολογικών συνθηκών. Τα στελέχη του αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Η

συγκομιδή του φυτού πραγματοποιείται από το Νοέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο, ανάλογα με την τελική χρήση του φυτού. Ως κυριότερες χρήσεις του φυτού θεωρούνται η παραγωγή χαρτοπολτού και δομικών υλικών, ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ενεργειακούς σκοπούς (Παππάς, 2000).

Στη Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα πραγματοποιούνται διάφορες μελέτες για την καλλιέργεια του κενάφ για την αξιολόγηση της απόδοσής του με διάφορες καλλιεργητικές μεθόδους. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, οι αποδόσεις του κενάφ σε ξηρή βιομάζα κυμαίνονται από 0,7 έως 2,4 τόνους ανά στρέμμα, ανάλογα με την περιοχή, την πυκνότητα φύτευσης και τις επιμέρους ποικιλίες του φυτού (Μανέλης, 2012).

2.8.1.1.2. Γλυκό σόργο



Εικόνα 2.3. Καλλιέργεια γλυκού σόργου
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Το γλυκό σόργο είναι μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες. Οι απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση είναι χαμηλές και παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, στην ξηρασία, στην υγρασία και στην αλατότητα. Τα στελέχη του είναι πολύ χυμώδη και πλούσια σε σάκχαρα (9-13%). Οι κυριότερες χρήσεις του γλυκού σόργου είναι στον τομέα των μεταφορών για την παραγωγή βιοαιθανόλης, για την παραγωγή σιροπιού, καθώς και για άλλους ενεργειακούς σκοπούς. Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου πραγματοποιείται εκτεταμένα στην Ινδία, τη Νιγηρία, τις ΗΠΑ, το Σουδάν, την Κίνα και την Αργεντινή. Οι αποδόσεις του φυτού ποικίλουν ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το είδος του εδάφους, την άρδευση και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα του ΚΑΠΕ, η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμαίνεται από 5,0 έως 8,0 τόνους ανά στρέμμα, ενώ η απόδοση σε βιοκαύσιμο κυμαίνεται από 500 έως 800 λίτρα ανά στρέμμα (Κουβέλας, 2010).

2.8.1.1.3. Ελαιοκράμβη



Εικόνα 2.4. Καλλιέργεια ελαιοκράμβης
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Η ελαιοκράμβη (*Brassica* sp.) είναι ετήσιο φυτό, κι ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Ο σπόρος του φυτού είναι μικρός και στρογγυλός και έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%). Είναι ένα από τα σημαντικότερα ελαιοπαραγωγικά φυτά μαζί με τη σόγια, τον ηλίανθο και το φοίνικα. Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (10-45%). Αναλόγως τις κλιματολογικές συνθήκες η καλλιέργεια μπορεί να είναι είτε χειμερινή είτε ανοιξιιάτικη. Βάσει πειραμάτων που έχουν διεξαχθεί (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία), οι αποδόσεις της καλλιέργειας σε μεσογειακά κλίματα ανάλογα με την ποικιλία του φυτού, τις καλλιεργητικές τεχνικές και την περιοχή κυμαίνονται από 150 έως 300 κιλά ανά στρέμμα σε σπόρο, 300 έως 800 κιλά ανά στρέμμα σε ξηρή βιομάζα και από 43 έως 90 λίτρα ανά στρέμμα σε βιοκαύσιμο. Οι κυριότερες χρήσεις της ελαιοκράμβης συνίστανται στην παραγωγή ελαίου, στην παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως το βιοντίζελ και στην παραγωγή ενέργειας (ξηρή βιομάζα) (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.8.1.2. Πολυετείς

Οι κυριότερες πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες είναι το καλάμι (*Arundo donax* L.), ο μίσχανθος και η αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.).

2.8.1.2.1. Καλάμι



Εικόνα 2.5. Καλλιέργεια καλαμιού
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά. Είναι ένα πολύ δυναμικό φυτό που πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Ο βλαστός του είναι συμπαγής ή κοίλος, ξυλώδης και λυγίζει από τον αέρα, γεγονός που βοηθάει στη διασπορά των διαφόρων σπόρων του. Τα φύλλα του είναι μακριά ταινιοειδή και στο πάνω μέρος τους έχουν μία μακριά ταξιανθία. Έχει καλή προσαρμοστικότητα και μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάφορα εδάφη και κλίματα, ωστόσο ευδοκimei καλύτερα σε περιοχές με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία (κοντά σε λίμνες ή ποτάμια). Κυριότερες χρήσεις του φυτού είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού, δομικών υλικών και άλλων ξύλινων κατασκευών. Η συγκομιδή του καλάμιού σε μεσογειακά κλίματα πραγματοποιείται από το Νοέμβριο έως το τέλος του χειμώνα ανάλογα με την περιοχή. Η καλλιέργεια πραγματοποιείται στην Ελλάδα σε ικανοποιητικές αποδόσεις, καθώς βάση των πειραμάτων που έχουν διεξαχθεί, έχει εκτιμηθεί η απόδοση της σε ξηρή βιομάζα από 0,5 έως 3 τόνους ανά στρέμμα (Μανέλης, 2012).

2.8.1.2.2. Μίσχανθος



Εικόνα 2.6. Καλλιέργεια μίσχανθου
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Ο μίσχανθος (*Miscanthus sinensis*) είναι ένα πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας και καλλιεργείται ευρύτατα στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, σαν καλλωπιστικό φυτό. Ευδοκimei σε ένα μεγάλο εύρος εδαφών, από αμμώδη έως αργιλώδη και σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία. Ο μίσχανθος πολλαπλασιάζεται με σπόρους, με ριζώματα ή και με μικροπολλαπλασιασμό φυταρίων. Έχει βαθύ ριζικό σύστημα (1-2 μέτρα), ύψος φυτείας έως 3 μέτρα και μπορεί να εκμεταλλεύεται το διαθέσιμο νερό ακόμα και σε βαθιά αμμώδη εδάφη. Η συγκομιδή του πραγματοποιείται από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο, ανάλογα με την πιθανή χρήση (π.χ. για καύση βιομάζας συνιστάται η συγκομιδή να πραγματοποιείται την άνοιξη, καθώς η μειωμένη υγρασία του φυτού βελτιώνει τις συνθήκες της καύσης). Κυριότερες χρήσεις του φυτού είναι για κατασκευή δομικών υλικών και για παραγωγή ενέργειας (π.χ. μέσω καύσης). Η καλλιέργεια δεν απαιτεί μεγάλες ποσότητες λίπανσης, ούτε άρδευση, ωστόσο η χρήση της τελευταίας αυξάνει σημαντικά τις αποδόσεις. Σύμφωνα με πειράματα που έχουν διεξαχθεί από το ΚΑΠΕ, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, παρατηρείται μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα του φυτού στη Βόρεια Ελλάδα, ενώ οι αποδόσεις του κυμαίνονται από 0,8 έως 3 τόνους ανά στρέμμα και ανά έτος για τα πλήρως παραγωγικά έτη του και από 500 έως 750 κιλά ανά στρέμμα κατά το έτος εγκατάστασης του φυτού (1ο έτος) (Σκουφογιάννη, 2006).

2.8.2. Δασικές Ενεργειακές Καλλιέργειες

Οι κυριότερες δασικές ενεργειακές καλλιέργειες είναι ο ευκάλυπτος (*Eucalyptus globules* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) και η ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.).

2.8.3. Ευκάλυπτος



Εικόνα 2.7. Ευκάλυπτος
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Ο ευκάλυπτος είναι ένα αείφυλλο και δενδρώδες φυτό που κατάγεται από την Αυστραλία, με μεγάλες ετήσιες αποδόσεις και υψηλή ανθεκτικότητα. Η εγκατάσταση του λαμβάνει χώρα την άνοιξη και πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα άρριζα ή ριζοβολημένα. Έχει σχετικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης λόγω του μεγάλου ύψους του φυτού (το οποίο φτάνει και τα 5 μέτρα) και της δυσκολίας στη συγκομιδή του με χρήση ειδικού εξοπλισμού. Ωστόσο το συνολικό κόστος παραγωγής δεν είναι υψηλό, καθώς από το δεύτερο έτος και μετά απαιτεί πολύ χαμηλές εισροές καλλιέργειας. Στα Μεσογειακά κλίματα, υπάρχουν δύο κυρίως χρησιμοποιούμενα είδη ευκαλύπτου: ο *Eucalyptus globules* και ο *Eucalyptus camaldulensis*. Στην Ελλάδα, συχνότερα εμφανιζόμενο είναι το πρώτο, όμως καταλληλότερο κρίνεται το δεύτερο είδος ευκαλύπτου, το οποίο παρουσιάζει μεγαλύτερες αποδόσεις σε βιομάζα και καλύτερη προσαρμοστικότητα στα διάφορα εδάφη. Οι αποδόσεις του κυμαίνονται από 2,5 έως 4 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα και ανά έτος (κυρίως μετά το 3ο έτος παραγωγής). Επιπλέον, το φυτό δεν απαιτεί άρδευση ή λίπανση καθ' ότι αυτές δεν επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγικότητά του. Κύριες χρήσεις του είναι η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και χαρτοπολτού, ενώ τα φύλλα μερικών ειδών ευκαλύπτου περιέχουν ένα έλαιο γνωστό και ως ευκαλυπτέλαιο που χρησιμοποιείται στη φαρμακευτική (Κουβέλας, 2010).

2.8.4. Ψευδακακία



Εικόνα 2.8. Ψευδακακία
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

Η ψευδακακία είναι ένα ψυχανθές, δενδρώδες φυτό που κατάγεται από τη βόρειο Αφρική και έχει καλή προσαρμοστικότητα, ταχεία ανάπτυξη σε πολλών ειδών εδάφη και μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο. Η εγκατάσταση της πραγματοποιείται την άνοιξη και αποτελείται από σπόρους δενδρυλίων με άρριζα ή ριζοβολημένα μοσχεύματα, ενώ το ύψος του φυτού φτάνει τα 4 μέτρα. Η ψευδακακία θεωρείται ένα από τα πιο παραγωγικά ενεργειακά φυτά εξαιτίας της ταχύτατης ανάπτυξής της και της μεγάλης θερμαντικής της αξίας. Οι αποδόσεις της, οι οποίες δεν επηρεάζονται από την άρδευση, κυμαίνονται από 1,7 έως 4 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα και ανά έτος, μετά τον τρίτο περίτροπο χρόνο. Τέλος οι κυριότερες χρήσεις της αφορούν τους τομείς της παραγωγής θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας, πρώτων υλών χαρτοπολτού και μοριοσανίδων (Κουβέλας, 2010).

2.9. Ηλίανθος

2.9.1. Γενικά

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος ανήκει στο είδος *Helianthus annuus* L. της Οικογένειας Compositae είναι όμως γνωστός και ως ήλιος ή ηλιοτρόπιο. Το εν λόγω φυτό κατάγεται από την Κεντρική Αμερική. Οι Ινδιάνοι χρησιμοποιούσαν τον καρπό του για τροφή και για φάρμακο. Στην Ευρώπη μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς μετά την ανακάλυψη της Αμερικής και για πολλά χρόνια παρέμεινε ως καλλωπιστικό φυτό αφού το 19ο αιώνα βρέθηκε πως μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βρώσιμου ελαίου (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της υψηλής περιεκτικότητας και ποιότητας λαδιού των σπόρων του αποτελεί για πολλές χώρες μία από τις κύριες πηγές εδωδιμου λαδιού.

Σύμφωνα με στοιχεία του 2001 από τον FAO η καλλιέργεια ηλίανθου παγκοσμίως καταλάμβανε 180 εκατομμύρια στρέμματα με πρώτη χώρα τις ΗΠΑ με 10 εκατομμύρια στρέμματα. Στην Ευρώπη την 1^η θέση κατείχε η Ισπανία με 8,5 εκατομμύρια στρέμματα ενώ η Ελλάδα την 8^η με 150-120.000 στρέμματα.

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Ανάπτυξης Στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης 2007-2013, τα επόμενα χρόνια θα δοθεί η ώθηση προς τους αγρότες στην καλλιέργεια ενεργειακών φυτών μέσω των επιδοτήσεων καθώς και ταυτόχρονη αποδέσμευση συμβατικών καλλιεργειών από αυτές, όπως η καλλιέργεια ηλίανθου, διότι είναι μία από τις αποδοτικότερες ενεργειακές καλλιέργειες που ταυτόχρονα είναι συμβατή με το κλίμα της Ελλάδος (Κεφαλάς, 2011).



Εικόνα 2.9. Καλλιέργεια Ηλίανθου
Πηγή: (Μανέλης, 2012)

2.9.2. Βοτανικά Γνωρίσματα⁷

Οι ποικιλίες του καλλιεργούμενου είδους του ηλίανθου διακρίνονται αναλόγως του ύψους του φυτού σε υψηλόσωμες, μετριοσωμες και χαμηλόσωμες. Το ριζικό σύστημα του φυτού είναι βαθύ, πασσαλώδες και σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει τα πέντε μέτρα. Επιπλέον, ο καλλιεργούμενος ηλίανθος είναι κατά κανόνα μονοστέλεχος, αφού τα επιπλέον στελέχη είναι ανεπιθύμητα διότι μειώνουν την ποσότητα και την ποιότητα του σπόρου και δεν επιτρέπουν την ομοιόμορφη ωρίμανσή του. Η μορφολογία των φύλλων παραλλάσσει, συνήθως είναι πλατειά, ωοειδή, οδοντωτά και οξύληκτα, ενώ τα κατώτερα φύλλα είναι καρδιόσχημα. Να σημειωθεί ακόμη, πως το φυτό φέρει μία ή περισσότερες επάκριες ταξιανθίες. Η επικονίαση γίνεται με έντομα, κυρίως μέλισσες γιατί η γύρη είναι βαριά και δεν μεταφέρεται εύκολα με τον αέρα. Οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες εμφανίζουν ηλιοτροπισμό, ακολουθούν δηλαδή την πορεία του ήλιου κατά την ημέρα. Ο σπόρος είναι αχάινιο διαφόρου σχήματος και γενικώς οι σπόροι που βρίσκονται στην περιφέρεια της ταξικαρπίας είναι μεγαλύτεροι και βαρύτεροι από τους κεντρικούς. Τέλος, όσον αφορά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού, πρόκειται για ένα φυτό μικρής σχετικώς βλαστικής περιόδου. Κατά μέσο όρο και ανάλογα με την ποικιλία απαιτούνται 11 ημέρες από την σπορά έως το φύτερωμα, άλλες 33 ημέρες έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 27 έως την έναρξη της ανθήσεως και 8 για την ολοκλήρωσή της, ενώ η περίοδος ωρίμανσης του σπόρου διαρκεί 30 ημέρες. Έτσι περιοχές με βλαστική περίοδο λίγο μεγαλύτερη από 200 ημέρες μπορεί να έχουν δύο συγκομιδές στον ίδιο χρόνο.

2.9.3. Οικολογικές Απαιτήσεις

Η βλάστηση των σπόρων αρχίζει στους 4 °C, ενώ οι άριστες θερμοκρασίες για την παραγωγή του σπόρου θεωρείται το επίπεδο των 24-26 °C την ημέρα και 18-20 °C τη νύχτα, ενώ άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση θεωρείται το επίπεδο των 28 °C, σημειώνεται όμως πως αυτή μπορεί να συνεχιστεί και μέχρι τους 45 °C (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

Ο ηλίανθος είναι ένα φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό και απαιτητικό σε φως. Ενδεικτικά αναφέρεται πως μειωμένος φωτισμός κατά 40% σε σχέση με τον κανονικό, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να μειώσει την απόδοση μέχρι και 64 %. Επιπλέον, μειωμένος φωτισμός κατά 20% βρέθηκε ότι δεν μειώνει τη συνολική βιομάζα, αλλά μειώνει τον δείκτη συγκομιδής και επομένως την οικονομική απόδοση (Bange et al., 1997).

⁷ Πηγή: (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002)

Εξαιτίας των πολλών και μεγάλων στοματιών που διαθέτει για το λόγο αυτό ο ηλίανθος έχει υψηλό συντελεστή διαπνοής. Εντούτοις, χάρη στο βαθύ και εκτεταμένο ριζικό του σύστημα θεωρείται ανθεκτικός στην ξηρασία, τονίζεται όμως σοβαρή έλλειψη υγρασίας μπορεί να μειώσει την απόδοση (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

Τέλος, οι απαιτήσεις ως προς το έδαφος δεν είναι μεγάλες, καλύτερη ανάπτυξη όμως παρουσιάζει σε εδάφη μάλλον ελαφρά, οργανικά και με καλή αποστράγγιση, ενώ δεν ανέχεται αλατούχα εδάφη, όπου και παρουσιάζει μειωμένη περιεκτικότητα σε λάδι. Ευδοκμεί σε pH εδάφους 5,7 έως 8 αλλά το άριστο βρίσκεται μεταξύ 6 και 7,2 (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.9.4. Καλλιεργητικές Φροντίδες

Ο ξηρικός ηλίανθος μπορεί να λάβει καλή θέση στην αμειψισπορά των σιταγρών, ειδικότερα η συνεχής καλλιέργεια ηλίανθου αποδίδει λιγότερο σε σχέση από όταν καλλιεργείται μετά από σιτάρι. Όσον αφορά την προετοιμασία του αγρού είναι παρόμοια με του καλαμποκιού και του βαμβακιού. Θα πρέπει να αναφερθεί πως επειδή το φυτό είναι βαθύρριζο πρέπει να καταστρέφεται το αδιαπέραστο υπεδάφιο στρώμα που τυχόν υπάρχει. Ο ηλίανθος μπορεί να πάθει ζημιά από τα ζιζάνια τις πρώτες 15 μέρες μετά το φύτευμα εν συνεχεία που ο ρυθμός ανάπτυξής του γίνεται πιο γρήγορος ο ηλίανθος γίνεται ένα φυτό αποπνικτικό φυτό για τα ζιζάνια. Όσον αφορά τη λίπανση, το φυτό χρειάζεται και τα τρία κύρια θρεπτικά συστατικά (άζωτο, φώσφορο, κάλιο) και μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου, χαλκού και βορίου. Ο ηλίανθος σπέρνεται με μηχανές ακριβείας αραβοσίτου και το βάθος σποράς είναι 3-10 εκ. ανάλογα με την υγρασία του εδάφους και το μέγεθος του σπόρου. Ο άριστος πληθυσμός φυτών κυμαίνεται από 5000-6000 φυτά/στρεμ. Στο σημείο αυτό αξίζει να υπογραμμιστεί πως ο ηλίανθος ως ένα φυτό καθορισμένης ανάπτυξης δεν ανέχεται μεγάλη απώλεια πληθυσμού φυτών, μία μείωση όμως της τάξεως 10-15% δεν θα έχει σοβαρή επίπτωση στην απόδοση, διότι η απώλεια αντισταθμίζεται από την αύξηση του μεγέθους της ταξιανθίας και του μέσου βάρους των σπόρων. Ο ηλίανθος καλλιεργείται συνήθως ως ξηρικός, επωφελείται όμως από την άρδευση η οποία μπορεί και αυξάνει την αποτελεσματικότητα της λίπανσης. Κλείνοντας την ενότητα αυτή δεν θα μπορούσε να μην αναφερθεί πως η συγκομιδή του φυτού πραγματοποιείται όταν οι κεφαλές είναι φυσιολογικώς ώριμες και η υγρασία του σπόρου έχει κατέβει στο 10-15%, οπότε τα κάτω φύλλα έχουν αποξηρανθεί και τα υπόλοιπα αρχίζουν να κιτρινίζουν. Η συγκομιδή γίνεται στην Ελλάδα από τέλος Αυγούστου έως αρχές Οκτωβρίου και για την πραγματοποίησή της χρησιμοποιούνται θεριζοαλωνιστικές μηχανές σιταριού ή καλαμποκιού (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

2.9.5. Εχθροί & Ασθένειες⁸

Ο ηλίανθος είναι μία καλλιέργεια ευπρόσβλητη από διάφορους μικροοργανισμούς και έντομα. Ζημίες προκαλούν τα έντομα εδάφους και μερικά κολεόπτερα. Επικίνδυνα είναι και τα πουλιά τα οποία υπάρχει πιθανότητα να φάνε τους σπόρους. Η αντιμετώπιση τόσο των λεπιδόπτερων όσο και των κολεόπτερων επιδιώκεται με τη δημιουργία ανθεκτικών γενοτύπων και με ρύθμιση της καλλιεργητικής τεχνικής

Οι κλασικές ασθένειες που παρουσιάζονται και στον ηλίανθο είναι ο περονόσπορος, η άσπρη σήψη, η γκριζωπή μούχλα και η σκωρίαση και νεότερες-πιο πρόσφατες όπως ο καρκίνος του στελέχους, το μαύρισμα του στελέχους και η σήψη του στελέχους και των ριζών. Η αντιμετώπιση των παραπάνω ασθενειών επιδιώκεται με τη μέθοδο της ολοκληρωμένης καταπολέμησης δηλαδή με τον συνδυασμό της κατάλληλης αμειψισποράς, την εφαρμογή της ορθής καλλιεργητικής τεχνικής, την ορθολογική χρήση χημικών σκευασμάτων και χρήση ανθεκτικών γενοτύπων.

⁸ Πηγή: (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002)

2.9.6. Προϊόντα

Ο ηλίανθος είναι ένα φυτό που δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης όλων των μερών του, κύριο προϊόν του ο σπόρος και κυρίως το λάδι που περιέχει, μιας και το ηλιέλαιο χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου όντας πλούσιο σε πολυακόρεστα και θεωρείται πολύ καλό από υγιεινής άποψης, καθώς και στην παρασκευή μαργαρίνης, ελαιοχρωμάτων, κεριών, βερνικιών και σαπουνιών (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Το άλευρο από τον ηλιόσπορο ή ολόκληροι οι σπόροι χρησιμοποιούνται σε ανάμιξη με άλλα άλευρα για την παρασκευή ψωμιού (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Από τα περιβλήματα των σπόρων μπορεί να παραχθεί στυπόχαρτο και από το εσωτερικό του βλαστού τυπογραφικό χαρτί υψηλής ποιότητας (Αυγουλάς και συν., 2001). Τα τελευταία χρόνια ο ηλίανθος άρχισε να καλλιεργείται ως ενεργειακό φυτό, αφού το ηλιέλαιο και όχι μόνο αποτελεί ενδιαφέρουσα πηγή βιοκαυσίμων.

2.9.7. Παραγωγή Ηλίανθου στην Ελλάδα

Η παράγωγη ηλίανθου στην Ελλάδα γίνεται κυρίως σε βόρειες περιοχές (Μακεδονία και Θράκη). Η απόδοση σπόρων κυμαίνεται από 1 έως 3 τόνους ανά εκτάριο, και γίνεται κυρίως σε μη αρδευόμενες συνθήκες. Η έκταση η οποία καταλάμβανε η καλλιέργεια ηλίανθου μειώθηκε σημαντικά το 2004 σε σύγκριση με το 2003, αλλά μετά ακολούθησε ανοδική πορεία και το 2009 καταλαμβάνει το 0,63% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης (3.699.300 Ha). Την ίδια πορεία ακολούθησε και η συνολική παραγωγή καθώς και η παραγωγή σπόρων όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Κεφαλάς, 2011):

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Καλλιεργούμενη έκταση (ha)	17076	9900	4745	5200	9057	12015	14700	23500
Απόδοση (kg/ha)	1405.5	1515.2	1610.1	1706.7	1751.7	1588.6	1061.2	1200
Σύνολο παραγωγής (tn)	24000	15000	7640	8875	15865	19087	15600	28200
Παραγωγή σπόρων (tn)	297	142	156	272	360	441	705	705

Πίνακας 2.5. Καλλιεργούμενη έκταση, απόδοση και παραγωγή ηλίανθου στην Ελλάδα
Πηγή: (Κεφαλάς, 2011)

Καλλιέργειες Ηλίανθου (2007)	
Περιοχές	Έκταση (στρεμ.)
Ορεσιτιάδα	39.737
Σέρρες	2.000
Θεσσαλονίκη (Σωχός-Ν.Μεσημβρία)	1.316
Φλώρινα-Αμύνταιο	1.539
Πτολεμαΐδα	180
Γρεβενά-Δεσκάτη	285
Καρδίτσα	30
Σύνολο	45.087

Πίνακας 2.6. Καλλιεργούμενη έκταση διάφορων περιοχών στην Ελλάδα
Πηγή: (Ελευθεριάδης, 2009)

Ηλίανθος		
	Ποτιστικός	Ξηρικός
Ενοίκιο εδάφους (€/στρεμ.)	30	10
Όργανο (€/στρεμ.)	10	10
Προετοιμασία Εδάφους (€/στρεμ.)	9	9
Βασική λίπανση (€/στρεμ.)	6	-
Κόστος σποράς (σπόρος + μηχανή) (€/στρεμ.)	9	9
Επιφανειακή λίπανση (€/στρεμ.)	-	-
Ζιζανιοκτονία	-	-
Σκαλίσματα	-	-
Άρδευση (€/στρεμ.)	15	-
Συγκομιδή (€/στρεμ.)	10	10
Συνολικό κόστος παραγωγής (€/στρεμ.)	89	48
Μέση απόδοση (Kg/στρεμ.)	330	160
Μέση τιμή /Kgr	0,25	0,25
Επιδότηση (€/στρεμ.)	4,5	4,5
Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρεμ.)	87	44,5
Κέρδος (€/στρεμ.)	-2	3,5

Πίνακας 2.7. Κόστος καλλιέργειας ηλίανθου στο Ν. Καρδίτσας
Πηγή: (Καλοχαϊρέτης, 2007)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το Πρόβλημα Χωροθέτησης

3.1. Η Έννοια του Χώρου

Η έννοια του χώρου έχει σημαντική επίδραση στην οργάνωση και λειτουργία των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων (Φώτης, 2009). Η εισαγωγή του όρου στις οικονομικές και πολιτικές δραστηριότητες καθυστέρησε σημαντικά, καθώς στα πρώτα χρόνια διατύπωσης θεωριών του χώρου, ο χώρος δεν αποτελούσε κριτήριο ελέγχου μιας χωροθέτησης, μιας και η παραδοσιακή οικονομική ανάλυση εξαιρούσε τη χωρική διάσταση των οικονομικών φαινομένων. Οι θεωρίες που εμπειρεύσαν την παράμετρο του χώρου ήταν ενδεικτικά του Von Thunen (1826) για την αγροτική παραγωγή, του Launhardt (1882) για τον τόπο εγκατάστασης και του Weber (1909) για τη βιομηχανική παραγωγή (Σιάμας, 2011). Παρόλα αυτά η χωρική παράμετρος παρέμεινε αναξιόπιστη μέχρι τη δεκαετία του 1930 όπου ανακαλύπτεται η σημασία της. Συγκεκριμένα η επονομαζόμενη σχολή του Chicago μελέτησε το χώρο σε αστικές περιοχές. Από το 1930 μέχρι και σήμερα οι θεωρίες του χώρου διαχωρίζονται σε τρεις δυσδιάκριτες περιόδους, βάσει του τρόπου ανάλυσης του χώρου, της αγοράς και του τρόπου ανάπτυξης των πόλεων. Η εξέλιξη των θεωριών ήταν και είναι διαρκής, συνοπτικά αναπτύχθηκαν οι εξής περίοδοι (Χατζημιχάλης, 1992):

- 1^η Περίοδος (1930-1960)
- 2^η Περίοδος (1968-1980)
- 3^η Περίοδος (1980-σήμερα)

3.2. Ανάλυση Χωροθέτησης

Ανάλυση Χωροθέτησης (Location Analysis, LA) ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία σε κάποιο περιβάλλον εγκαθίστανται κέντρα παροχής υπηρεσιών (εξυπηρέτησης) έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των χρηστών των κέντρων αυτών (ζήτηση) κατά τον «καλύτερο δυνατό τρόπο» (Κουτσόπουλος, 1990). Όπου ο «καλύτερος δυνατός τρόπος» επιτυγχάνεται βελτιστοποιώντας μία αντικειμενική συνάρτηση η οποία περιγράφει ακριβέστερα τους στόχους του προβλήματος. Με τη βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης επιτυγχάνεται είτε η μεγιστοποίηση του οφέλους είτε η ελαχιστοποίηση της απώλειας από τη χρησιμοποίηση των εν λόγω κέντρων παροχής υπηρεσιών.

Το περιβάλλον αποτελεί το χωρικό σύστημα ζήτησης (χώρος) στο οποίο τα κέντρα παροχής υπηρεσιών και οι πελάτες είναι τοποθετημένοι (Κουτσόπουλος, 1990). Το περιβάλλον αυτό μπορεί να είναι Συνεχές ή Διακριτό ή ένα δίκτυο (πλήρες ή διακριτό). Το περιβάλλον κάθε προβλήματος στην Ανάλυση Χωροθέτησης αποτελεί κριτήριο για την κατηγοριοποίηση του κάθε προβλήματος. Όλες οι πιθανές θέσεις / τοποθεσίες στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν τα διάφορα κέντρα παροχής υπηρεσιών αποτελούν υποσύνολα του περιβάλλοντος. Τα κέντρα παροχής υπηρεσιών μπορούν να απεικονιστούν με σημεία, γραμμές, μονοπάτια ή κύκλους. Τα κέντρα παροχής υπηρεσιών περιορίζονται ανάλογα με τις ικανότητες της κάθε υπηρεσίας, το κόστος της εγκατάστασης της και την ακτίνα κάλυψης (coverage radius) της. Στο κάθε περιβάλλον μπορούν να τοποθετηθούν το πολύ P-κέντρα παροχής υπηρεσιών, όπου P είναι ένας πεπερασμένος αριθμός. Οι θέσεις των πελατών κάθε επιχείρησης αποτελούν υποσύνολο του κάθε περιβάλλοντος. Οι πελάτες έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις (σημεία ζήτησης) οι οποίες πρέπει να καλυφθούν. Η λύση των διαφόρων προβλημάτων χωροθέτησης παρέχεται με τη βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης.

3.2.1. Βασικά στοιχεία χωροθέτησης

Η χωροθέτηση αποτελείται από τα εξής βασικά στοιχεία (Μητρόπουλος, 2007):

1. Οι «πελάτες» (customers) οι οποίοι θεωρούνται ότι έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου, έχουν συγκεκριμένη κατανομή και παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.
2. Οι «μονάδες» ή «εγκαταστάσεις» (facilities) που θα χωροθετηθούν.
3. Ο «χώρος» (space) στον οποίο βρίσκονται οι πελάτες και οι μονάδες-εγκαταστάσεις που θα χωροθετηθούν.
4. Μια «μετρική» (metric) η οποία υποδεικνύει τις αποστάσεις ή τον χρόνο που απαιτείται ανάμεσα στους πελάτες και τις μονάδες-εγκαταστάσεις.

3.2.2. Χαρακτηριστικά του προβλήματος

Η μεθοδολογία χωροθέτησης, εξαρτάται από τον τρόπο καθορισμού του αριθμού των πόρων $p \in \mathbb{N}$ που χρειάζεται να τοποθετηθούν. Τα προβλήματα αυτά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες (Μητρόπουλος, 2007):

1. Όταν το πρόβλημα δεν έχει συγκεκριμένο αριθμό πόρων. Οπότε στη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος p αναφέρεται ως μεταβλητή.
2. Όταν στο πρόβλημα έχει εκ των προτέρων καθοριστεί αριθμός πόρων που θα τοποθετηθούν στο χώρο μελέτης.

- Αν $p=1$, ένας μόνο πόρος χρειάζεται να τοποθετηθεί. Αυτή είναι και η απλούστερη περίπτωση.

- Αν όμως $p>1$, τότε ενδεχομένως να χρειάζεται να υπολογιστούν ο καταμερισμός των πελατών στους πόρους, οι αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των πόρων ή ακόμα οι αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των πελατών και πόρων.

- Σε άλλες περιπτώσεις υπάρχει ήδη ένας αριθμός πόρων και χρειάζεται να προστεθούν και άλλοι πόροι, ίδιοι ή ανταγωνιστικοί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια εταιρεία όταν ανοίγει νέα υποκαταστήματα.

Τα προβλήματα χωροθέτησης έχουν ταξινομηθεί σε δύο βασικές ομάδες, αναφορικά με την εφικτή περιοχή στην οποία μπορούν να τοποθετηθούν οι εγκαταστάσεις (Μητρόπουλος, 2007):

1. Συνεχή Προβλήματα Χωροθέτησης:

Η εφικτή αυτή περιοχή είναι διάστημα, υποσύνολο του \mathbb{R}^n (όταν $n=2$ τότε το πρόβλημα αναφέρεται στο επίπεδο). Στα προβλήματα αυτά η ζήτηση μπορεί να εμφανίζεται σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου. Οι μέθοδοι που συνήθως χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος είναι η γεωμετρική προσέγγιση, η κυρτή ανάλυση και ο μη γραμμικός προγραμματισμός.

2. Διακριτά Προβλήματα Χωροθέτησης:

Η εφικτή περιοχή είναι ένας περιορισμένος αριθμός εναλλακτικών θέσεων (σημείων). Τα προβλήματα αυτά αναζητούν διακριτές λύσεις σχετικά με τον προσδιορισμό των θέσεων αλλά και τον καθορισμό της περιοχής ευθύνης την οποία θα εξυπηρετούν οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις. Τότε η λύση υπολογίζεται συνήθως με ακέραιο προγραμματισμό. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα περισσότερα πραγματικά προβλήματα καθώς τις περισσότερες φορές η επιλογή είναι μεταξύ συγκεκριμένων θέσεων εξαιτίας οικονομικών, τεχνικών, φυσικών περιορισμών και εμποδίων στο χώρο.

3.2.3. Σημαντικότητα της Ανάλυσης Χωροθέτησης

Η σημαντικότητα της ανάλυσης χωροθέτησης πηγάζει από τους ακόλουθους παράγοντες (Παπλά, 2009):

1. Οι αποφάσεις χωροθέτησης παίρνονται συχνά σε όλα τα επίπεδα της ανθρώπινης οργάνωσης, από μεμονωμένα άτομα και οικογένειες μέχρι εταιρίες, κυβερνητικές υπηρεσίες.
2. Τέτοιου είδους αποφάσεις συνήθως έχουν στρατηγική σημασία, διότι αφενός απαιτούν μεγάλα ποσά κεφαλαίων και αφετέρου τα οικονομικά τους αποτελέσματα είναι μακροπρόθεσμα. Στον ιδιωτικό τομέα οι αποφάσεις χωροθέτησης επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα μιας εταιρίας να συναγωνιστεί στην αγορά. Στο δημόσιο τομέα επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα με την οποία προσφέρονται οι δημόσιες υπηρεσίες και την ικανότητα προσέλκυσης τόσο των νοικοκυριών όσο και άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων.
3. Συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα διάφορα οικονομικά φαινόμενα μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται η μόλυνση, κυκλοφορική συμφόρηση και οικονομική ανάπτυξη.
4. Τα μοντέλα χωροθέτησης συνήθως είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιλυθούν, γιατί η υπολογιστική πολυπλοκότητα των μοντέλων χωροθέτησης είναι η κύρια αιτία που αυτά δεν αναπτύχθηκαν ευρέως έως ότου εξελίχθηκαν οι υπολογιστές. Τέλος, η δομή των προβλημάτων χωροθέτησης (οι στόχοι, οι περιορισμοί και οι μεταβλητές) καθορίζονται κάθε φορά από το συγκεκριμένο πρόβλημα που εξετάζεται. Συνεπώς δεν υπάρχει ένα γενικό μοντέλο χωροθέτησης κατάλληλο για όλες τις υπάρχουσες εφαρμογές.

3.2.4. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Η χωροθέτηση εγκαταστάσεων όπως προαναφέρθηκε είναι ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του επιχειρησιακού περιβάλλοντος και την απαραίτητη προσαρμογή στις συγκεκριμένες ανάγκες του προβλήματος, χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται, προϋποθέτει τον προσδιορισμό ενός συνόλου τοποθεσιών για τις μονάδες εξυπηρέτησης με βάση χωρικά κατανεμημένες προϋποθέσεις, ενώ στη συνέχεια βελτιστοποιούνται κάποια συγκεκριμένα μετρήσιμα κριτήρια.

Τα πρότυπα χωροθέτησης χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων σε τομείς που σχετίζονται κυρίως με (Μητρόπουλος, 2007):

1. Τον εντοπισμό του συνόλου των υποψήφιων θέσεων χωροθέτησης.
2. Τη βέλτιστη χωροθέτηση εγκαταστάσεων σε μια νέα περιοχή.
3. Τον υπολογισμό της αποδοτικότητας προηγούμενων αποφάσεων χωροθέτησης.
4. Την βελτίωση των υπάρχοντων σχεδίων χωροθέτησης.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που προτείνεται για την προσέγγιση των προβλημάτων χωροθέτησης συνοψίζονται στα ακόλουθα βήματα (Rahman, U. & Smith, K., 2000):

1. Κατανόηση και καθορισμός του προβλήματος.
2. Ανάπτυξη του αντίστοιχου μοντέλου (εννοιολογική και ποσοτική).
3. Ανάλυση του μοντέλου.
4. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.
5. Εκτέλεση των αποτελεσμάτων.

Το σημαντικότερο στην διαδικασία επίλυσης μοντέλων χωροθέτησης είναι η επιλογή των κατάλληλων κριτηρίων και της συνακόλουθης της αντικειμενικής συνάρτησης που θα βελτιστοποιεί τα κριτήρια αυτά. Ο σχηματισμός της αντικειμενικής συνάρτησης εξαρτάται κυρίως από τη φύση του οργανισμού που θα ασχοληθεί με το πρόβλημα, καθώς και από τη φύση των μονάδων εξυπηρέτησης. Ένας πρώτος διαχωρισμός σε αυτό το πρόβλημα αφορά τη διάκριση ανάμεσα στην εξυπηρέτηση ιδιωτικών ή δημόσιων αναγκών (Cohon, 1978).

Αν ξετασθεί το πρόβλημα ως προς τις αλληλεπιδράσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον χώρο από μία απόφαση χωροθέτησης και συγκεκριμένα σε σχέση με τους πολίτες που δέχονται τις

επιδράσεις της εγκατάστασης, υπάρχουν τέσσερις δυνατές επιλογές ως προς το χαρακτηρισμό τους (Eiselt, H. & Laporte, G., 1995):

1. Επιθυμητές εγκαταστάσεις είναι αυτές, όπου οι ενδιαφερόμενοι καταβάλουν προσπάθεια να «τραβήξουν» αυτήν την εγκατάσταση κοντά τους, όπως ένα πάρκο ή ένας σταθμός του μετρό.
2. Ανεπιθύμητες εγκαταστάσεις είναι αυτές όπου οι πολίτες ασκούν πιέσεις για την όσο το δυνατόν απομάκρυνσή τους όπως ένας χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).
3. Μερικώς επιθυμητές και μερικώς ανεπιθύμητες εγκαταστάσεις είναι αυτές που θεωρούνται χρήσιμες, αλλά επιφέρουν ενόχληση όταν βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικίες. Αυτές οι εγκαταστάσεις μπορεί να είναι ένα νοσοκομείο ή ένα αεροδρόμιο οι οποίες θεωρούνται αναγκαίες και χρήσιμες εγκαταστάσεις, παράλληλα όμως έχουν συνδεθεί με κυκλοφοριακά προβλήματα και αύξηση του θορύβου στους γύρω κατοίκους. Σε αυτή την περίπτωση, το ζητούμενο είναι η μεγιστοποίηση της απόστασης από τον πιο κοντινό σε αυτή πολίτη για λόγους ενόχλησης, αλλά και η όσο το δυνατόν ελαχιστοποίηση της απόστασης από τους πιο απομακρυσμένους πολίτες για λόγους προσβασιμότητας.
4. Αδιάφορες εγκαταστάσεις είναι αυτές οι περιπτώσεις όπου προφανώς δεν ασκείται καμία πίεση από τους πολίτες.

Βάσει των χαρακτηριστικών αυτών καθορίζονται οι στόχοι του προβλήματος άρα και ο καθορισμός του μαθηματικού προτύπου επίλυσης.

3.2.5. Εφαρμογές της Ανάλυσης Χωροθέτησης

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '60 είχαν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές της ανάλυσης χωροθέτησης που δεν συνδέονταν μεταξύ τους με μία ενιαία θεωρία. Το 1964 αυτό όμως άλλαξε άρδην εξαιτίας του συνεχώς αυξημένου ενδιαφέροντος στα χωροθετικά προβλήματα και τις εφαρμογές τους καθώς και της έλευσης της θεωρίας του Hakimi που εισήγαγε σημαντικά αποτελέσματα στη θεωρία της χωροθέτησης (Brandeau, M., Chiu, S., 1989). Αξίζει να αναφερθεί πως η έρευνα των προβλημάτων χωροθέτησης άπτεται πολλών πεδίων, Ερευνητικές και Διοικητικές Επιστήμες, Μηχανολογία, Γεωγραφία, Οικονομικά, Επιστήμη των υπολογιστών, τα Μαθηματικά, Μάρκετινγκ, Ηλεκτρολογία. Στη σημερινή εποχή οι εν λόγω εφαρμογές συναντώνται τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα.

Τομείς Εφαρμογής Μοντέλων Χωροθέτησης	
Ιδιωτικός Τομέας	Δημόσιος Τομέας
Μονάδες παραγωγικής διαδικασίας ή μονάδες αποθήκευσης	Εγκαταστάσεις και υπηρεσιακά οχήματα εκτάκτων αναγκών
Εργοστασιακές μονάδες	Δημόσια κέντρα εξυπηρέτησης κοινού (Κέντρα Υγείας, Τράπεζες αίματος)
Σχεδίαση ιδιωτικών δικτύων τηλεπικοινωνιών / εγκατάσταση μονάδων μετασχηματισμού ηλεκτρικής ενέργειας	Σχεδίαση δημοσίων δικτύων (δίκτυο παροχής νερού)
Ιδιωτική χρήση οχημάτων για εξυπηρέτηση πολιτών (ταξί)	Αμυντικές εγκαταστάσεις
Υπηρεσίες ιδιωτικού μηχανολογικού εξοπλισμού (οχήματα καθαρισμού δρόμων, συλλογής βάμβακος)	
Ιδιωτικά κέντρα εξυπηρέτησης (π.χ. φορολογικά γραφεία)	
Υποδομές μεταφορών (π.χ. Λιμάνια, Σταθμοί τρένων, ΚΤΕΛ)	
Απεχθείς εγκαταστάσεις (αποθήκες τοξικών, πυρηνικών)	
Τραπεζικοί λογαριασμοί	

Πίνακας 3.1. Τομείς εφαρμογής μοντέλων χωροθέτησης
Πηγή: (Λουκάκης, 2010)

Όταν μια επιχείρηση επιθυμεί να βγάλει στην αγορά κάποια νέα προϊόντα, ο κατασκευαστής θα πρέπει να διαλέξει τον τόπο που θα τοποθετηθεί μια αποθήκη ή ένα city planner το οποίο περιλαμβάνει π.χ. τους πυροσβεστικούς σταθμούς. Οι σχεδιαστές στρατηγικών καλούνται συχνά να πάρουν τις ανάλογες χωρικές αποφάσεις κατανομής. Επειδή οι τάσεις της αγοράς εξελίσσονται και πολλοί περιβαλλοντικοί παράγοντες αλλάζουν, η ανάγκη για επανατοποθετήσεις (relocations) εξαπλώνεται και οι προσαρμοσμένες υπηρεσίες εξασφαλίζουν την εξέλιξη των νέων απαιτήσεων του σχεδιασμού. Οι χωροθετικές αποφάσεις (location decisions) εμφανίζονται και αυτές σε μια ποικιλία προβλημάτων του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα. Στον δημόσιο τομέα ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί η χωροθέτηση πυροσβεστικών σταθμών, αστυνομικών τμημάτων και ασθενοφόρων. Και στις τρεις περιπτώσεις η χωροθέτηση είναι δυνατόν να μεταφραστεί σε αύξηση των πιθανοτήτων καταστροφής περιουσίας ή / και απώλειας ζωής. Στον ιδιωτικό τομέα, οι βιοτεχνίες και οι βιομηχανίες θα πρέπει να χωροθετήσουν γραφεία, χώρους παραγωγής, κέντρα διανομής και καταστήματα πώλησης. Σε αυτήν την περίπτωση εσφαλμένες χωροθετικές αποφάσεις θα οδηγήσουν σε αύξηση του επενδυτικού κόστους και μείωση της ανταγωνιστικότητας της επιχείρησης. Επομένως, η επιτυχία ή η αποτυχία λειτουργιών του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις θέσεις που θα επιλεγούν για τις συγκεκριμένες λειτουργίες. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την ανεύρεση των βέλτιστων χωροθετικών προτύπων και της χωρικής αλληλεπίδρασης. Οι εφαρμογές στα μοντέλα της Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών ποικίλουν. Μερικές από αυτές είναι η τοποθέτηση αποθηκών, εργοστασίων, νοσοκομείων, η λιανική αγορά αγαθών (retail outlet) και διάφορα άλλα κλασικά παραδείγματα. Συναντάμε επίσης εφαρμογές της Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών στην τοποθέτηση ηλεκτρονικών συνιστωσών (electronic components), σειρήνων συναγερμού, συστημάτων πυρόσβεσης, κεραιών ραντάρ, εξερευνητικών πετρελαιοπηγών κλπ. Αυτά ονομάζονται “facilities” (κέντρα παροχής υπηρεσιών, παροχές, υπηρεσίες). Σκοπός της Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών είναι να βρεθεί η καλύτερη θέση (ή θέσεις) για κάθε κέντρο παροχής υπηρεσιών. Επίσης, πολλές εφαρμογές της LA αναφέρονται στην τοποθέτηση ενός ή περισσότερων κέντρων παροχής υπηρεσιών με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιούνται κάποια σταθερά αντικείμενα όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς, η προώθηση ισοδύναμων υπηρεσιών στους πελάτες επιτυγχάνοντας το κέρδος των περισσότερων μετοχών της αγοράς. Τα προβλήματα της Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών αποτελούν την αφορμή για τη λύση διαφόρων γεωμετρικών και συνδυαστικών προβλημάτων.

3.3. Προσδιορισμός και ταξινόμηση των Προβλημάτων Χωροθέτησης

Ο προσδιορισμός και η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης είναι μία ιδιαίτερη διαδικασία. Μπορεί να γίνει μέσω γενικότερων κριτηρίων σύνθεσής τους με κοινά πολλές φορές στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά ή αλλιώς «συστατικά» των χωροθετικών προβλημάτων/μοντέλων μπορεί να είναι η συνάρτηση ή αντικείμενο (objective), η μεταβλητή/ές της απόφασης (decision variable-s) και οι παράμετροι του συστήματος (system parameters) (Handler, Y. & Mirchandani, B., 1979). Φυσικά με την πάροδο των ετών και την ανάπτυξη της LA δημιουργήθηκε ένα μεγάλο φάσμα επιλογών μέσω ειδικών κριτηρίων. Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχει άμεση συνάφεια και ταύτιση των προβλημάτων χωροθέτησης και των αντίστοιχων μοντέλων που τα επιλύουν, συνεπώς τα μοντέλα χωροθέτησης ταξινομούνται και κατατάσσονται σύμφωνα με τα προβλήματα χωροθέτησης. Γίνεται ευθύς αντιληπτό πως αυτός είναι και ο λόγος που δεν υπάρχει ένα γενικό μοντέλο χωροθέτησης το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση χωροθέτησης.

3.3.1. Βασικά Μοντέλα Χωροθέτησης

Ακολουθούν τα βασικά Μοντέλα (προβλήματα) Χωροθέτησης τα οποία έχουν διαχωριστεί βάσει της απόστασης, ειδικότερα τα τέσσερα πρώτα βασίζονται στη μέγιστη απόσταση και τα υπόλοιπα τέσσερα στη συνολική (ή μέση απόσταση) (Current et. al.,2002):

1. Μοντέλα Μέγιστης Απόστασης (Maximum Distance Models)
 - i. Μοντέλο κάλυψης (Set covering location model)
 - ii. Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal covering location problem)
 - iii. Πρόβλημα p -κέντρων (p -center problem)
2. Το πρόβλημα της p -διασποράς (The p -dispersion problem)
3. Μοντέλα Συνολικής ή Μέσης Απόστασης (Total or Average Distance Models)
 - i. Πρόβλημα p -μέσου (p -median problem)
 - ii. Πρόβλημα πάγιας τοποθεσίας (Fixed Charge Location Problem)
 - iii. Προβλήματα θέσης κεντρικών σημείων (Hub location problems)
 - iv. Πρόβλημα θέσης μέγιστου αθροίσματος (The maximum location problem)

3.3.1.1. Προβλήματα Μέγιστης Απόστασης (Maximum Distance Models)

Σε ορισμένα προβλήματα τοποθεσίας, η μέγιστη απόσταση (maximum distance) υπάρχει a priori. Οι a priori μέγιστες αποστάσεις είναι γνωστές και ως “καλυπτόμενες” αποστάσεις (covering distances). Η ζήτηση μέσα στην καλυπτόμενη απόσταση της πιο κοντινής της εγκατάστασης θεωρείται ως «καλυμμένη». Μια βασική υπόθεση αυτού του μέτρου της μέγιστης απόστασης είναι ότι η ζήτηση ικανοποιείται πλήρως εάν η πιο κοντινή εγκατάσταση βρίσκεται εντός της καλυπτόμενης απόστασης και δεν ικανοποιείται εάν η πιο κοντινή εγκατάσταση βρίσκεται εκτός αυτής της απόστασης. Δηλαδή, το να είσαι κοντύτερα σε μια εγκατάσταση από ότι στη μέγιστη απόσταση, δεν βελτιώνει την ικανοποίηση της ζήτησης.

3.3.1.1.1. Μοντέλο κάλυψης (Set Covering Location Model, SCLM)

Το πρώτο πρόβλημα κάλυψης τοποθεσίας ήταν το Set Covering Problem (Toregas et. al.,1971). Στο εν λόγω πρόβλημα, ο στόχος είναι η τοποθέτηση του ελάχιστου αριθμού εγκαταστάσεων που απαιτούνται προκειμένου να «καλυφθεί» όλη η ζήτηση των κόμβων. Για την διατύπωση του προβλήματος αυτού, ορίζονται οι ακόλουθες είσοδοι και τα ακόλουθα σύνολα:

- I = το σύνολο της ζήτησης των κόμβων που δεικτοδοτείται με τον i
- J = το σύνολο των υποψήφιας θέσεων εγκαταστάσεων που δεικτοδοτούνται με τον j
- d_{ij} = απόσταση μεταξύ του κόμβου ζήτησης i και της υποψήφιας θέσης j
- D_c = απόσταση κάλυψης
- $N_i = \{j \mid d_{ij} < D_c\}$ = το σύνολο όλων των υποψήφιας τοποθεσιών που μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση στο σημείο i ,
- Η μεταβλητή απόφασης x_j , $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ αν η τοποθέτηση γίνει στη θέση } j \\ 0, \text{ διαφορετικά} \end{array} \right\}$

Συνεπώς το SCLP διατυπώνεται ως εξής:

<p>Αντικειμενική Συνάρτηση:</p> $\text{Min } \sum x_j, j \in J \quad (1)$
<p>Υπό τους περιορισμούς:</p>
$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$
$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (3)$

- Η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί τον αριθμό των εγκαταστάσεων που θα τοποθετηθούν.
- Ο περιορισμός (2) επιβεβαιώνει ότι κάθε κόμβος ζήτησης καλύπτεται τουλάχιστον από μία εγκατάσταση.
- Ο περιορισμός (3) ενισχύει την απόφαση χωροθέτησης με ένα ναι ή με ένα όχι.

Η αντικειμενική συνάρτηση μπορεί να γενικευθεί, συμπεριλαμβάνοντας συγκεκριμένα κόστη τοποθεσίας ως συντελεστές των μεταβλητών απόφασης. Σ' αυτή τη περίπτωση, ο στόχος θα ήταν να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό σταθερό κόστος της διαμόρφωσης της χωροθέτησης και όχι ο αριθμός των εγκαταστάσεων που θα χωροθετηθούν.

Η διατύπωση (1) – (3) υποθέτει ότι οι υποψήφιες θέσεις των εγκαταστάσεων βρίσκονται στους κόμβους ενός δικτύου. Ένα σχέδιο χωροθέτησης χαμηλότερου κόστους θα μπορούσε να ήταν εφικτό αν οι εγκαταστάσεις μπορούσαν να τοποθετηθούν κατά μήκος των τόξων του δικτύου. Αυτό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Αν η απόσταση κάλυψης είναι 10 και οι εγκαταστάσεις μπορούν να τοποθετηθούν μόνο στους κόμβους, τότε χρειάζονται δύο εγκαταστάσεις: μία στον κόμβο Α και μία είτε στον κόμβο Β είτε στον κόμβο Γ. Αν μπορούσαμε να τοποθετήσουμε κατά μήκος των τόξων καθώς και στους κόμβους, τότε μια εγκατάσταση τοποθετημένη 10 μονάδες δεξιά του κόμβου Α θα κάλυπτε τη ζήτηση και των τριών κόμβων.



Εικόνα 3.1. Παράδειγμα Δικτύου
Πηγή: (Current et. al., 2002)

3.3.1.1.2. Μοντέλο μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Location Problem, MCLP)

Μια βασική υπόθεση του SCLM είναι ότι όλοι οι κόμβοι ζήτησης πρέπει να καλυφθούν. Στην ουσία, δεν υπάρχει κανένας περιορισμός προϋπολογισμού. Ωστόσο, σε πολλές καταστάσεις σχεδιασμού εγκαταστάσεων, υπάρχει ο προϋπολογισμός (budget). Το MCLP διατυπώθηκε για να απευθυνθεί στο σχεδιασμό καταστάσεων οι οποίες έχουν ένα άνω όριο στον αριθμό των μονάδων που θα χωροθετηθούν (Church, L. & Reville, S., 1974). Ο στόχος του MCLP, είναι η τοποθέτηση ενός προκαθορισμένου αριθμού εγκαταστάσεων, έστω p , με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η ζήτηση που καλύπτεται. Έτσι το MCLP υποθέτει ότι μπορεί να μην είναι αρκετές οι εγκαταστάσεις για να καλύψουν όλους τους κόμβους ζήτησης. Αν δεν μπορούν όλοι οι κόμβοι να καλυφθούν, τότε το μοντέλο αναζητά το σχήμα χωροθέτησης το οποίο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης.

Ορισμοί:

h_i = η ζήτηση στον κόμβο i

p = ο αριθμός των εγκαταστάσεων που θα τοποθετηθούν

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{αν η ζήτηση στον κόμβο } i \text{ καλύπτεται} \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Συνεπώς το MCLP διατυπώνεται ως εξής:

Αντικειμενική Συνάρτηση:

$$\text{Max } \sum h_i z_i \quad i \in I \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum x_j - z_i \leq 0 \quad j \in N_i \quad (2)$$

$$\sum x_j = p \quad j \in J \quad (3)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (4)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5)$$

- Η αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποιεί τη συνολική κάλυψη της ζήτησης
- Ο περιορισμός (2) εξασφαλίζει ότι η ζήτηση στον κόμβο i δεν υπολογίζεται ως καλυπτόμενη αν η εγκατάσταση δεν τοποθετηθεί σε μία από τις υποψήφιες θέσεις που καλύπτει τον κόμβο i .
- Ο περιορισμός (3) περιορίζει τον αριθμό των εγκαταστάσεων που θα χωροθετηθούν.
- Οι περιορισμοί (4) και (5) αντανakλούν τη δυαδική φύση των αποφάσεων χωροθέτησης εγκαταστάσεων και της κάλυψης της ζήτησης των κόμβων, αντίστοιχα.
- Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι, οι περιορισμοί (2) και (4), επιτρέπουν να αντικατασταθεί ο περιορισμός (5) με $z_i \leq 1, i \in I$, χωρίς απώλεια της γενικότητας.

Όπως και με το SCLP, αν οι εγκαταστάσεις μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε κατά μήκος των τόξων του δικτύου.

Το SCLP και το MCLP, υποθέτουν ότι η καλυπτόμενη απόσταση, D_c , είναι ένα σταθερό, προκαθορισμένο πρότυπο (standard). Αυτό είναι σίγουρα σωστό σε πολλές περιπτώσεις σχεδιασμού θέσεων (τοποθεσιών). Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, το D_c , είναι ο στόχος και όχι ένα σταθερό πρότυπο (standard). Για παράδειγμα, στη χωροθέτηση εγκαταστάσεων, όπως οι δημόσιες υπηρεσίες και οι ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις, οι δημόσιες υπηρεσίες μπορεί να επιθυμούν να ελαχιστοποιήσουν τη μέγιστη απόσταση για λόγους ισότητας όλων των πολιτών (Marsh, M. & Schilling, A., 1994). Άλλες εγκαταστάσεις, όπως τα σχολεία ή οι πυροσβεστικοί σταθμοί, μπορεί να έχουν μια επιθυμητή απόσταση (π.χ. λιγότερη από 1 μίλι ή 3 λεπτά χρόνου μετακίνησης – μετακίνηση από ένα σημείο σε ένα άλλο) και μια άλλη απόσταση (π.χ. 5 μίλια ή 10 λεπτά χρόνου μετακίνησης) πέραν της οποίας η εξυπηρέτηση είναι μη αποδεκτή.

3.3.1.1.3. Πρόβλημα p -κέντρων (p -center problem)

Το p – center problem αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ελαχιστοποίησης της μέγιστης απόστασης όπου η ζήτηση είναι από την πιο πλησιέστερη εγκατάσταση, δεδομένου ότι τοποθετείται ένας προκαθορισμένος αριθμός εγκαταστάσεων (Hakimi, 1964),(1965).

W = η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στον κόμβο ζήτησης και της εγκατάστασης στην οποία έχει ανατεθεί η εξυπηρέτηση του

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{εάν η βιομηχανική μονάδα } j \text{ στο επίπεδο } r \text{ λειτουργεί} \\ 0 & \text{εάν όχι} \end{cases}$$

Το p – center problem μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

Αντικειμενική Συνάρτηση:
 Min W (1)

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad (3)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$W - \sum_{j \in J} h_{ij} y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (5)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (7)$$

- Η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί τη μέγιστη απόσταση σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση ανάμεσα σε κάθε απαίτηση ζήτησης ενός κόμβου και της πιο κοντινής του ανοιχτής εγκατάστασης.
- Ο περιορισμός (2) ορίζει ότι p – εγκαταστάσεις πρόκειται να χωροθετηθούν.
- Ο περιορισμός (3) απαιτεί ότι κάθε κόμβος ζήτησης θα πρέπει να ανατεθεί σε ακριβώς μία εγκατάσταση.
- Ο περιορισμός (4) περιορίζει τις αναθέσεις των ζητήσεων των κόμβων μόνο σε ανοιχτές εγκαταστάσεις.
- Ο περιορισμός (5) καθορίζει το κατώτερο όριο της μέγιστης απόστασης σταθμισμένης ως προς τη ζήτηση, η οποία ελαχιστοποιείται.
- Ο περιορισμός (6) θέτει τη μεταβλητή απόφασης τοποθεσίας ως δυαδική.
- Ο περιορισμός (7) απαιτεί η ζήτηση ενός κόμβου να ανατεθεί σε μια εγκατάσταση μόνο.

3.3.1.2. Το Πρόβλημα της p -διασποράς (The p -Dispersion Problem, PDP)

Όλα τα μοντέλα που προαναφέρθηκαν, αφορούν την απόσταση μεταξύ της ζήτησης και των νέων εγκαταστάσεων. Επίσης, μια σιωπηρή παραδοχή είναι η ακόλουθη: το να βρίσκεται κανείς κοντά σε μια εγκατάσταση είναι επιθυμητό. Το p – dispersion problem διαφέρει από αυτά τα προβλήματα με δύο τρόπους, πρώτον, αφορά μόνο την απόσταση μεταξύ νέων εγκαταστάσεων και δεύτερον, ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κάθε ζεύγους εγκαταστάσεων (Kuby, 1987). Πιθανές εφαρμογές του PDP περιλαμβάνουν τη χωροθέτηση στρατιωτικών εγκαταστάσεων.

Για την διατύπωση αυτού του μοντέλου απαιτείται μια επιπρόσθετη είσοδος (M) και μια μεταβλητή απόφασης (D):

- M = μια μεγάλη σταθερά
- D = η ελάχιστη απόσταση μεταξύ κάθε ζεύγους εγκαταστάσεων

Με αυτό τον συμβολισμό, το p -dispersion model μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

<p>Αντικειμενική συνάρτηση:</p> $\text{Max } D \quad (1)$ <p>Υπό τους περιορισμούς:</p> $\sum_{j \in J} x_j = p \quad (2)$ $\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad (3)$ $D + (M - d_{ij})x_{ij} + (M - d_{ji})x_{ji} \leq 2M - d_{ij} \quad \forall i, j \in J, i < j \quad (4)$ $x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$

- Η Αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποιεί την απόσταση μεταξύ των δύο πλησιέστερων εγκαταστάσεων.
- Ο περιορισμός (2) απαιτεί οι p εγκαταστάσεις να χωροθετηθούν.
- Ο περιορισμός (3) είναι ένας τυπικός περιορισμός πληρότητας.
- Ο περιορισμός (4) ορίζει τον ελάχιστο διαχωρισμό μεταξύ κάθε ζεύγους των ανοιχτών εγκαταστάσεων.

Σημειώστε ότι αν ο x_i ή ο x_j είναι μηδέν, ο περιορισμός δεν είναι δεσμευτικός. Ωστόσο, αν και οι δύο είναι ίσοι με το 1, τότε ο περιορισμός είναι ισοδύναμος με το $D \leq d_{ij}$. Ως εκ τούτου, η μεγιστοποίηση του D έχει ως αποτέλεσμα να αναγκάσει τη μικρότερη απόσταση μεταξύ των εγκαταστάσεων να γίνει όσο μεγαλύτερη μπορεί.

3.3.1.3. Μοντέλα Συνολικής Ή Μέσης Απόστασης (Total or Average Distance Models)

Πολλές καταστάσεις σχεδιασμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα, ασχολούνται με τη συνολική απόσταση ταξιδιού μεταξύ των εγκαταστάσεων και των κόμβων ζήτησης. Ένα παράδειγμα, στον ιδιωτικό τομέα, θα μπορούσε να είναι η τοποθεσία των παραγωγικών μονάδων (εργοστασίων), οι οποίες λαμβάνουν τις εισροές τους από τις καθιερωμένες πηγές με τη παράδοση φορτηγών. Στο δημόσιο τομέα, θα μπορούσε κανείς να τοποθετήσει ένα δίκτυο παροχών εξυπηρέτησης, όπως γραφεία χορήγησης αδειών με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση που πρέπει να διανύσουν οι πελάτες ώστε να φτάσουν στη πιο κοντινή τους εγκατάσταση. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ως ένας 'αποτελεσματικός' στόχος, σε αντίθεση με το 'δίκαιο' στόχο ελαχιστοποίησης της μέγιστης απόστασης, η οποία αναφέρθηκε νωρίτερα.

3.3.1.3.1. Πρόβλημα p -μέσου (p -median problem)

Ένα κλασικό μοντέλο σ' αυτόν τον τομέα είναι το p – median μοντέλο (Hakimi, 1964 & 1965), το οποίο βρίσκει τις τοποθεσίες των p – εγκαταστάσεων ώστε να ελαχιστοποιήσει τη συνολική απόσταση σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων στις οποίες έχουν ανατεθεί (οι κόμβοι ζήτησης).

Το μοντέλο αυτό μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\text{Min} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} d_{ij} y_{ij} \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = p \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$y_{ij} - x_{ij} \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$$

- Η Αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση ταξιδιού σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση.
- Οι περιορισμοί (2) έως (4) είναι ταυτόσημοι με αυτούς του p – center προβλήματος.

Η διατύπωση του εν λόγω προβλήματος υποθέτει ότι οι πιθανές τοποθεσίες εγκαταστάσεων είναι κόμβοι πάνω σε δίκτυο. Ο Hakimi (1964) απέδειξε ότι «χαλαρώνοντας» το πρόβλημα επιτρέποντας τοποθεσίες εγκαταστάσεων στα τόξα του δικτύου, αυτό δεν θα μείωνε το συνολικό κόστος ταξιδιού. Ως εκ τούτου, αυτή η διατύπωση θα αποφέρει μια βέλτιστη λύση, ακόμα και αν οι εγκαταστάσεις θα μπορούσαν να τοποθετηθούν οπουδήποτε στο τόξο.

3.3.1.3.2. Πρόβλημα πάγιας τοποθεσίας (Fixed Charge Location Problem, FCLP)

Το P – Median πρόβλημα κάνει τρεις σημαντικές παραδοχές οι οποίες μπορεί να μην είναι κατάλληλες για ορισμένα σενάρια χωροθέτησης. Πρώτον, υποθέτει ότι κάθε πιθανή τοποθεσία έχει τα ίδια σταθερά κόστη για να χωροθετηθεί μια εγκατάσταση σ' αυτή. Δεύτερον, ότι οι εγκαταστάσεις που πρόκειται να χωροθετηθούν δεν διαθέτουν την παραγωγική ικανότητα σε σχέση με τη ζήτηση που μπορούν να εξυπηρετήσουν (uncapacitated problem). Τρίτον, υποθέτει ότι κάποιος γνωρίζει a priori πόσες εγκαταστάσεις θα ανοιχθούν (π.χ. p).

Το FCLP «χαλαρώνει» όλες αυτές τις τρεις υποθέσεις και στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους εγκατάστασης και μεταφοράς. Σ' αυτό το πλαίσιο, καθορίζει τον βέλτιστο αριθμό εγκαταστάσεων και τοποθεσιών τους, καθώς επίσης και τις αναθέσεις της ζήτησης σε κάθε εγκατάσταση.

Δίνονται οι ορισμοί:

f_j = σταθερό κόστος χωροθέτησης μιας εγκατάστασης σε μια υποψήφια θέση j

C_j = παραγωγική ικανότητα μιας εγκατάστασης στην υποψήφια θέση j

a = κόστος ανά μονάδα ζήτησης ανά μονάδα απόστασης

Το capacitated FCLP μπορεί να διατυπωθεί ως εξής (Balinski, 1965):

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\text{Min} \quad \sum_{j \in J} f_j x_j + a \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} h_i y_{ij} - C_j x_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$$

- Η αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί το άθροισμα του σταθερού κόστους χωροθέτησης εγκαταστάσεων και τα συνολικά κόστη ταξιδιού για τη ζήτηση που πρέπει να εξυπηρετηθεί. Ο δεύτερος όρος της αντικειμενικής συνάρτησης αναφέρεται συχνά σε απόσταση σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση.
- Ο περιορισμός (4) απαγορεύει τη συνολική ζήτηση που θα ανατεθεί σε μια εγκατάσταση να υπερβαίνει τη παραγωγική ικανότητα της εγκατάστασης, C_j
- Οι περιορισμοί (2), (3), (5) και (6) λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο όπως οι αντίστοιχοι περιορισμοί στα προηγούμενα προβλήματα. Σημειώνεται πως «χαλαρώνοντας» τον περιορισμό (6), επιτρέπεται η ζήτηση σ' έναν κόμβο να ανατεθεί (εν μέρει) σε πολλαπλές εγκαταστάσεις
- Σημειώνεται επίσης ότι ο περιορισμός (3) δεν είναι απαραίτητος σ' αυτή τη διαμόρφωση ακέραιου προγραμματισμού από τη στιγμή που ο περιορισμός (4) θα αναγκάσει τη ζήτηση να ανατεθεί μόνο σε ανοιχτές εγκαταστάσεις. Ωστόσο, συμπεριλαμβανομένου του περιορισμού (3) στη διαμόρφωση, ενισχύεται σημαντικά η «χαλάρωση» του γραμμικού προγραμματισμού του μοντέλου.

Αξίζει να αναφερθεί πως αν αφαιρεθεί ο περιορισμός (4), το μοντέλο γίνεται το Uncapacitated Fixed Charge Location Problem (UFCLP). Σ' αυτή τη περίπτωση, κάθε ζήτηση μπορεί να εξυπηρετηθεί εξ' ολοκλήρου από τη πλησιέστερη της μονάδα και ο περιορισμός (6) μπορεί να αντικατασταθεί από μη – αρνητικούς περιορισμούς σχετικά με τις μεταβλητές ανάθεσης y_{ij} .

3.3.1.3.3. Προβλήματα θέσης κεντρικών σημείων (Hub location problems)

Πολλά συστήματα Logistics, όπως τα αεροπορικά δίκτυα και τα μεταφορικά δίκτυα, απασχολούν hub and spoke συστήματα, συστήματα αερομεταφορών δηλαδή στα οποία τα τοπικά αεροδρόμια προσφέρουν αερομεταφορά σε ένα κεντρικό αεροδρόμιο στο οποίο υπάρχουν πτήσεις μεγάλων αποστάσεων. Αυτά τα συστήματα είναι σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα ή ταχύτερα οχήματα στις αυτές μεγάλες αποστάσεις. Κατά συνέπεια, το μέσο κόστος μεταφορών μειώνεται ανά χιλιόμετρο ή ο συνολικός χρόνος παράδοσης. Πολλά μοντέλα έχουν διατυπωθεί για να χωροθετηθούν τα κομβικά σημεία και οι διαδρομές παράδοσης των hub and spoke συστημάτων (Campbell, 1994). Τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν το συνολικό κόστος ως συνάρτηση της απόστασης.

3.3.1.3.4. Πρόβλημα Θέσης Μέγιστου Αθροίσματος (The Maxisum Location Problem)

Τα μοντέλα μέσης απόστασης που προαναφέρθηκαν, υποθέτουν ότι είναι επιθυμητό η τοποθέτηση εγκαταστάσεων όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις απαιτήσεις και για πολλές εγκαταστάσεις-μονάδες, αυτό είναι το ζητούμενο. Ωστόσο, για ανεπιθύμητες εγκαταστάσεις (π.χ. φυλακές, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και χώροι εναπόθεσης στερεών αποβλήτων) ένας

τουλάχιστον από τους στόχους περιλαμβάνει τη τοποθέτηση εγκαταστάσεων μακριά από τους κόμβους ζήτησης. Το maxisum location problem αναζητά τις τοποθεσίες p – εγκαταστάσεων έτσι ώστε η συνολική απόσταση, σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση μεταξύ των κόμβων ζήτησης και των εγκαταστάσεων στις οποίες ανατίθενται, να μεγιστοποιείται.

Αντικειμενική συνάρτηση:	
$\text{Max} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij}$	(1)
Υπό τους περιορισμούς:	
$\sum_{j \in J} x_j = p$	(2)
$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1$	$\forall i \in I, j \in J$ (3)
$y_{ij} - x_j \leq 0$	$\forall i \in I, j \in J$ (4)
$\sum_{k=1}^m y_i[k]i - x[m]i \geq 0$	$\forall i \in I, m = 1, \dots, N-1$ (5)
$x_j \in \{0,1\}$	$\forall j \in J$ (6)
$y_{ij} \in \{0,1\}$	$\forall i \in I, j \in J$ (7)

Αυτή η διατύπωση είναι πανομοιότυπη με αυτή του p – median problem με δύο αξιοσημείωτες διαφορές.

- Η Αντικειμενική συνάρτηση έχει σαν στόχο τη μεγιστοποίηση της συνολικής απόστασης η οποία είναι σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση και όχι την ελαχιστοποίηση. Η ατυχής επίπτωση αυτής της αντικειμενικής συνάρτησης είναι ότι υποχρεώνει τις απαιτήσεις της ζήτησης να ανατεθούν στη πιο απομακρυσμένη εγκατάσταση.
- Η διατύπωση αυτή έχει επεκταθεί με τον περιορισμό (5), ο οποίος επιβεβαιώνει ότι οι απαιτήσεις της ζήτησης ανατίθενται στη πλησιέστερη εγκατάσταση. Σ' αυτόν τον περιορισμό, ο $[k]i$ είναι ο δείκτης της k – οστής μακρύτερης υποψήφιας τοποθεσίας από τον κόμβο ζήτησης i . Ο ίδιος περιορισμός αναφέρει στη συνέχεια ότι αν η m – οστή πλησιέστερη εγκατάσταση στο κόμβο ζήτησης i είναι ανοιχτή, τότε η ζήτηση του κόμβου i θα πρέπει να ανατεθεί σ' αυτή την εγκατάσταση ή σε μια πιο κοντινή εγκατάσταση.

Εκτός από τις βασικές μορφές προβλημάτων χωροθέτησης υπάρχουν και άλλες όπως τα Δυναμικά και τα Στοχαστικά Προβλήματα

3.3.2. Δυναμικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Dynamic Location Problems)

Τα Δυναμικά Μοντέλα Χωροθέτησης εν αντιθέσει με τα προαναφερθέντα ενσωματώνουν την έννοια του χρόνου κατά συνέπεια τα προηγούμενα μοντέλα είναι στατικά. Υπάρχουν δύο κατηγορίες δυναμικών μοντέλων (Current et.al.,2002):

1. Τα Implicitly Δυναμικά Μοντέλα (Implicitly Dynamic Models)
Τα Implicitly Δυναμικά μοντέλα είναι «στατικά» με την έννοια ότι όλες οι εγκαταστάσεις θα ανοιχθούν την ίδια στιγμή και θα παραμείνουν ανοιχτές για όλο τον προγραμματισμένο χρονικό ορίζοντα. Είναι δυναμικά γιατί αναγνωρίζουν ότι οι παράμετροι του προβλήματος (π.χ. η ζήτηση) μπορεί να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου και έτσι προσπαθούν να αντιμετωπίσουν αυτές τις αλλαγές στο πρόγραμμα (scheme) χωροθέτησης εγκαταστάσεων που παράγεται.
2. Τα Explicitly Δυναμικά Μοντέλα (Explicitly Dynamic Models)
Τα Explicitly Δυναμικά μοντέλα είναι εκείνα τα οποία σχεδιάζονται για προβλήματα όπου οι εγκαταστάσεις θα ανοιχθούν (και πιθανότατα να κλείσουν) με την πάροδο του χρόνου. Ουσιαστικά, τα εν λόγω μοντέλα αποτελούν επέκταση των βασικών στατικών μοντέλων με το επιπρόσθετο χαρακτηριστικό των χρονικών συνδρομών στη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την

ανάθεση μεταβλητών και περιορισμών συνδέοντας αυτές τις μεταβλητές μέσα στο χρόνο. Η απόφαση του ανοίγματος και του κλεισίματος μέσα στο χρόνο σχετίζεται με τις αλλαγές στις παραμέτρους του προβλήματος κατά την πάροδο του χρόνου. Παραδείγματα παραμέτρων που μπορεί να αλλάξουν αποτελούν η ζήτηση, το κόστος / χρόνος ταξιδιού, η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης, τα σταθερά και μεταβλητά κόστη, το κέρδος, και ο αριθμός των εγκαταστάσεων που πρόκειται να ανοιχθούν.

3.3.3. Στοχαστικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Stochastic Location Problems)

Τα βασικά μοντέλα χωροθέτησης που παρουσιάστηκαν προηγουμένως υποθέτουν ότι οι παράμετροι του προβλήματος είναι γνωστές με βεβαιότητα. Πολλά από τα δυναμικά μοντέλα που προαναφέρθηκαν υποθέτουν ότι οι αλλαγές στη πάροδο του χρόνου είναι γνωστές με βεβαιότητα. Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική αβεβαιότητα στα περισσότερα προβλήματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων και αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής των περισσότερων από αυτές. Η ζήτηση, ο χρόνος μετακίνησης, τα έξοδα εγκαταστάσεων, ακόμα και η απόσταση μπορεί να αλλάξουν. Αυτές οι αλλαγές είναι συνήθως τυχαίες. Αβέβαιες παράμετροι οι οποίες έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία περιλαμβάνουν τη ζήτηση τον χρόνο μετακίνησης τη διαθεσιμότητα της εγκατάστασης για εξυπηρέτηση και τον αριθμό των εγκαταστάσεων που πρόκειται να χωροθετηθούν. Υπάρχουν τέσσερις βασικές προσεγγίσεις για τα στοχαστικά προβλήματα χωροθέτησης (Current et. al., 2002):

- Η πρώτη, προσεγγίζει την αβεβαιότητα μέσω ενός ντετερμινιστικού υποκατάστατου. Για παράδειγμα, ο Bean, et al. (1992), διατύπωσε ένα ισοδύναμο ντετερμινιστικό πρόβλημα «αντικαθιστώντας τη στοχαστική ζήτηση με μια ντετερμινιστική τάση και μειώνοντας όλα τα κόστη με ένα νέο επιτόκιο το οποίο είναι μικρότερο από το αρχικό, κατά προσέγγιση, ανάλογα με την αβεβαιότητα της ζήτησης».
- Η δεύτερη προσέγγιση αναπτύσσει μοντέλα περιορισμένα ως προς τη τύχη. Για παράδειγμα, έχει διατύπωσε μια πιθανολογική επέκταση του MCLP στο οποίο οι εγκαταστάσεις θεωρούνται ότι είναι απασχολημένες με πιθανότητα $\frac{1}{2}$, αν είναι απασχολημένες, δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν τη ζήτηση (Daskin, 1982), (Daskin, M. S., 1983). Ο στόχος αυτών των μοντέλων είναι να μεγιστοποιήσει τον αριθμό των απαιτήσεων της ζήτησης οι οποίες καλύπτονται από μια διαθέσιμη (π.χ. όχι απασχολημένη) εγκατάσταση.
- Η τρίτη προσέγγιση αντιπροσωπεύει ρητά τις αλληλεπιδράσεις αναμονής που συμβαίνουν σε ένα χωρικά κατανομημένο σύστημα αναμονής με εγκαταστάσεις σε πολλαπλές τοποθεσίες σε ένα δίκτυο.
- Η τέταρτη προσέγγιση χρησιμοποιεί σενάρια, τα οποία αποτελούν πιθανές τιμές για τις παραμέτρους που μπορεί να μεταβάλλονται με την πάροδο του χρονικού ορίζοντα προγραμματισμού.

3.3.4. Ιεραρχικά Προβλήματα Χωροθέτησης (Hierarchical Location Problems, HLP)

Στα προβλήματα αυτά υπάρχουν ιεραρχίες στις μονάδες ούτως ώστε κάθε ιεραρχία σε κάποιο επίπεδο να παρέχει γενικά όλες τις υπηρεσίες μίας μονάδας του επόμενου-χαμηλότερου επιπέδου. Η εν λόγω κατηγορία προβλημάτων χωροθέτησης συναντάται κυρίως σε προβλήματα χωροθέτησης διαφόρων κέντρων υγείας και νοσοκομείων (Λουκάκης, 2010). Υπάρχουν επίπεδα στον τομέα της υγείας, ενδεικτικά αναφέρεται πως τα γραφεία των γιατρών μπορούν να βρίσκονται στο χαμηλότερο επίπεδο, στο αμέσως επόμενο υψηλότερο επίπεδο να υπάρχει μία μικρή κλινική και στο επόμενο και ψηλότερο επίπεδο ένα γενικό νοσοκομείο. Κάθε κέντρο παροχής υπηρεσιών σε μερικά επίπεδα

εξασφαλίζει γενικά όλες τις υπηρεσίες ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών στο επόμενο χαμηλότερο επίπεδο. Σκοπός των Ιεραρχικών Προβλημάτων Χωροθέτησης είναι η εξυπηρέτηση όσο το δυνατόν περισσότερων ατόμων με παράλληλη μείωση του κόστους εξυπηρέτησης.

3.3.5. Το πρόβλημα χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation Problem, LAP)

Στη γενική τους μορφή, τα προβλήματα χωροθέτησης-κατανομής διατυπώνονται σαν προβλήματα Γραμμικού Ακέραιου Προγραμματισμού. Πραγματεύονται όπως και το απλό πρόβλημα χωροθέτησης το εξής, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα: Με δεδομένο ένα χωρικό σύστημα ζήτησης, να χωροθετηθούν κέντρα εξυπηρέτησης (λειτουργίες) και να περιφερειοποιηθεί ο χώρος ως προς αυτά τα κέντρα (κατανομή) κατά τον “καλύτερο δυνατό τρόπο” (Κουτσόπουλος Κ. , 1990). Όπου ο “καλύτερος δυνατός τρόπος” επιτυγχάνεται μέσω της βελτιστοποίησης κάποιας αντικειμενικής συνάρτησης, όπου μεγιστοποιείται το όφελος ή ελαχιστοποιείται η απώλεια από τη χρησιμοποίηση των συγκεκριμένων κέντρων εξυπηρέτησης. Η μαθηματική θεμελίωση των προβλημάτων χωροθέτησης- κατανομής έγινε από τον Fermat (1601-1655) και η πρώτη εφαρμογή τους από τον Weber (1909) για τη χωροθέτηση των καταστημάτων και των αποθηκών μιας επιχείρησης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος μεταφοράς των προϊόντων της (Φώτης, 2009). Ειδικότερα, δηλαδή το πρόβλημα χωροθέτησης – κατανομής αναφέρεται στον εντοπισμό ενός συνόλου εγκαταστάσεων έτσι ώστε το κόστος μεταφοράς από τις εγκαταστάσεις προς τους πελάτες να ελαχιστοποιείται και ένας βέλτιστος αριθμός εγκαταστάσεων θα πρέπει να τοποθετηθούν σε μία περιοχή ενδιαφέροντος έτσι ώστε να ικανοποιηθεί η ζήτηση των πελατών (Zeinab, A. & Ensiyeh, N., 2009). Το εν λόγω πρόβλημα παρουσιάζεται σε πολλές ρεαλιστικές καταστάσεις όπου οι εγκαταστάσεις παρέχουν ομοιογενείς υπηρεσίες όπως ο προσδιορισμός και η τοποθεσία των αποθηκών, κέντρα διανομής, κέντρα επικοινωνίας και εγκαταστάσεις παραγωγής. Αξίζει στο σημείο αυτό να λεχθεί πως στη σύγχρονη εποχή με το πρόβλημα αυτό καταπιάστηκε ο Cooper το 1963.

Ένα από τα σημαντικότερα κοινά χαρακτηριστικά των προβλημάτων χωροθέτησης είναι το σύνολο των μεταβλητών χάραξης πολιτικής που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τη διάρκεια επίλυσής τους. Αν και είναι δύσκολος ο ομόφωνος προσδιορισμός ολόκληρου του φάσματος αυτών των μεταβλητών, από τη σχετική βιβλιογραφία και τις μέχρι σήμερα εφαρμογές τους, φαίνεται ότι οι κυριότερες και σημαντικότερες για τα προβλήματα χωροθέτησης-κατανομής είναι (Περιστερίδης, et. al.,2011):

1. Τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών που θα παρέχονται σε κάθε κέντρο εξυπηρέτησης
2. Ο αριθμός των κέντρων εξυπηρέτησης που πρέπει να υπάρχουν
3. Οι θέσεις των κέντρων εξυπηρέτησης
4. Η ζήτηση που θα καλύπτεται από κάθε κέντρο εξυπηρέτησης
5. Το μέγεθος του κάθε κέντρου εξυπηρέτησης

Ειδικότερα, το πρόβλημα χωροθέτησης και κατανομής επιχειρηματικών μονάδων ιδίως στο χώρο της μαζικής παραγωγής προϊόντων, όπου η μείωση του κόστους των προϊόντων επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη διείσδυση τους στην αγορά, αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του στρατηγικού προγραμματισμού στον χώρο των επιχειρήσεων αυτού του τομέα. Η χωροθέτηση των επιχειρηματικών μονάδων και η κατανομή της ζήτησης σε αυτές είναι μάλλον περίπλοκη. Η ύπαρξη ενός υποστηρικτικού εργαλείου στη λήψη των αποφάσεων για το προαναφερθέν πρόβλημα αποτελεί το ζητούμενο για τα στελέχη - των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται σε αυτό το χώρο (Φυλάκης, 2009). Η μονάδα πρέπει να εγκατασταθεί εκεί όπου θα είναι σε θέση να ικανοποιήσει πλήρως τη ζήτηση των καταναλωτικών κέντρων επιτυγχάνοντας το χαμηλότερο δυνατό κόστος αποσπώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο κομμάτι αυτής από άλλες ανταγωνιστικές μονάδες. Το πρόβλημα γίνεται ακόμα πιο σύνθετο όταν για την παραγωγή του προϊόντος απαιτούνται διάφορες πρώτες ύλες οι ποσότητες των οποίων δεν είναι απεριόριστες η δε προμήθεια τους να επιτυγχάνεται με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Στο σχηματισμό του κόστους του τελικού προϊόντος συμμετέχουν η μεταφορά τόσο των πρώτων υλών όσο και των τελικών προϊόντων, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των βιομηχανικών μονάδων. Η

τακτική της χρήσης επί πλέον εκπτώσεων στις περιπτώσεις υψηλούς παραγωγής - κατανάλωσης θεωρείται μάλλον επιβεβλημένη στο χώρο. Ο λόγος για τον οποίο αυτό συμβαίνει είναι μάλλον απλός και προκύπτει από το γεγονός ότι κάθε μονάδα έχει τη δυνατότητα χαμηλότερου κόστους παραγωγής όταν η παραγωγή της υπερβεί κάποια όρια. Ο στόχος των επιχειρήσεων που θα εγκαταστήσουν αυτές τις βιομηχανικές μονάδες είναι να μπορούν να ικανοποιήσουν πλήρως τη ζήτηση εγκαθιστώντας όσο το δυνατόν λιγότερες μονάδες με το μικρότερο μέγεθος και κόστος αποσπώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό από την υπάρχουσα ζήτηση.

3.3.5.1. Το Γενικό Μοντέλο Χωροθέτησης - Κατανομής (General Location Allocation Problem, GLAP)

Ακολουθεί το προαναφερθέν μοντέλο (Cooper, 1963):

Υποθέσεις:

- Ο χώρος των λύσεων είναι συνεχής
- Η ζήτηση κάθε πελάτη μπορεί να καλυφθεί από πολλές εγκαταστάσεις αγνοώντας το αρχικό κόστος δημιουργίας μιας καινούργιας εγκατάστασης
- Οι εγκαταστάσεις δεν έχουν κάποιο περιορισμό
- Οι παράμετροι είναι ντετερμινιστικές
- Δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των καινούργιων εγκαταστάσεων

Εισροές του Μοντέλου:

n : ο αριθμός των πελατών (υπάρχουσες εγκαταστάσεις)

r_j : η ζήτηση των πελατών $j = 1, 2, \dots, n$

a_j : οι συντεταγμένες των πελατών $j = 1, 2, \dots, n$

Εκροές του Μοντέλου (Μεταβλητές απόφασης, Decision Variables):

- ϕ : το συνολικό κόστος μεταφοράς των αγαθών/υπηρεσιών μεταξύ των εγκαταστάσεων και των πελατών
- m : ο αριθμός των εγκαταστάσεων
- x_i : οι συντεταγμένες των νέων εγκαταστάσεων $i = 1, 2, \dots, m$
- w_{ij} : η ποσότητα που προμηθεύεται ο πελάτης j από την εγκατάσταση i
- $d(x_i, a_j)$: η απόσταση μεταξύ του πελάτη j και της νέας εγκατάστασης

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\text{Min } \phi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} d(x_i, a_j) \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{i=1}^m w_{ij} = r_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$w_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

- Η Αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί το κόστος μεταφοράς
- Ο περιορισμός (2) διασφαλίζει ότι η συνολική ζήτηση των πελατών ικανοποιείται. Διότι δεν υπάρχουν περιορισμοί χωρητικότητας στις εγκαταστάσεις, συνεπώς η βέλτιστη λύση θα ικανοποιεί τη ζήτηση κάθε πελάτη από την εγκατάσταση που βρίσκεται πιο κοντά σε αυτόν
- Ο περιορισμός (3) είναι κλασικός

3.3.5.2. LA Μοντέλο όπου ο κάθε πελάτης καλύπτεται από μία μόνο εγκατάσταση (LA Model Each Customer Covered by Only One Facility)

Ακολουθεί το προαναφερθέν μοντέλο (Zeinab, A. & Ensiyeh, N., 2009):

Εισροές του Μοντέλου:

Είναι ίδιες με προηγουμένως

Εκροές του Μοντέλου (Μεταβλητές απόφασης, Decision Variables):

Ισχύουν όλες οι προηγούμενες και επιπλέον:

- $z_{ij} = 1$, εάν ο πελάτης j ανατίθεται σε μία νέα εγκατάσταση i , σε άλλη περίπτωση ισούται με 0
- w_{ij} = η ζήτηση κάθε πελάτη

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\text{Min } \phi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{ij} r_j d(x_i, a_j) \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{i=1}^m Z_{ij} = 1, \quad j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$Z_{ij} \in \{0,1\}, \quad i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

- Η Αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποιεί το κόστος μεταφοράς
- Ο περιορισμός (2) διασφαλίζει ότι η συνολική ζήτηση των πελατών ικανοποιείται
- Ο περιορισμός (3) είναι κλασικός

3.3.5.2.1. Πρόβλημα Μεταφοράς (Transportation Problem) & Κόστος Μεταφοράς

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μία νύξη για το πρόβλημα μεταφοράς και το κόστος μεταφοράς. Αρχικά, το Πρόβλημα Μεταφοράς αφορά τον καθορισμό του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς ομοιογενών⁹ αγαθών (homogeneous commodity) από σημεία προέλευσης (sources) προς σημεία προορισμού (destinations), τα οποία είναι σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία, με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος μεταφοράς (Υψηλάντης, 2007). Υπολογίζεται πως το κόστος αυτό, το οποίο είναι γραμμικό, αποτελεί κατά μέσο όρο το 5% του συνολικού κόστους παραγωγής ενός προϊόντος, συνεπώς οι ιθύνοντες θα πρέπει να το διατηρούν σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα (Eiselt, H.A. & Sandblom, C.L., 2007).

Όσον αφορά τώρα το κόστος μεταφοράς είναι ένα στοιχείο χωρικά μεταβλητό το οποίο εξαρτάται έως ένα μεγάλο βαθμό από τις αποστάσεις. Θεωρείται δηλαδή πως το κόστος μεταφοράς είναι ανάλογο της απόστασης. Αξίζει να σημειωθεί πως η εύρεση του κόστους μεταφοράς είναι μία αρκετά σύνθετη και επίπονη διαδικασία, αφού απαιτεί συλλογή διαφόρων στοιχείων. Οι (Rogers, J.G. & Brammer, J.G., 2008) αναφέρουν πως τα κόστη μεταφοράς σε πρώτο στάδιο πρέπει να χωριστούν σε σταθερά και μεταβλητά. Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου μονοπατιού μεταφοράς. Σημειώνουν πως οι περισσότεροι αναλυτές χρησιμοποιούν όσο το δυνατόν πιο απλές διαδρομές. Επιπλέον, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη εύρεσης στοιχείων των φορτηγών που πραγματοποιούν τέτοιου

⁹ Η ύπαρξη ομοιογένειας είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού διαφορετικά το μοντέλο του προβλήματος μεταφοράς παύει να είναι κατάλληλο για την επίλυση του προβλήματος. Κλασικό παράδειγμα το κυκλοφοριακό πρόβλημα, το οποίο διακρίνεται από μεγάλη ετερογένεια. Στην περίπτωση αυτή ο αναλυτής πρέπει να βρει άλλο μοντέλο για να το επιλύσει (βλ. σελ 102: (Eiselt, H.A. & Sandblom, C.L., 2007))

είδους δρομολόγια. Για παράδειγμα, για να προσδιορίσει κανείς το κόστος μεταφοράς, οφείλει να γνωρίζει τις ζώνες μεταφοράς που ακολουθεί ένα τέτοιο φορτηγό, τη μέγιστη απόσταση που μπορεί να καλύψει ετησίως, τις απαιτούμενες ώρες φόρτωσης – εκφόρτωσης, πόση είναι η συνολική ώρα μεταφοράς ημερησίως (σε ένα οκτάωρο), ποιες είναι οι τιμές των καυσίμων, το ύψος της αμοιβή του οδηγού, στοιχεία για τις ασφαλιστικές εισφορές και φυσικά πως αυτά τα στοιχεία μεταβάλλονται σε σχέση με το μέγεθος του φορτηγού. Το μέγεθος του φορτηγού έχει σημασία αφού προσδιορίζει τη χωρητικότητά του και κατά συνέπεια επηρεάζει εν μέρει τον αριθμό των δρομολογίων. Τέλος, ένα άλλο στοιχείο που σημειώνουν οι Rogers & Brammer είναι ότι το κόστος μεταφοράς επηρεάζεται από τη διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας κάθε περιοχής και πως μπορεί να ακολουθεί 2 σενάρια:

1. Να είναι σταθερό ανά χιλιόμετρο
2. Να είναι φθίνον ανά χιλιόμετρο

Εκτός από τις προαναφερθέντες μορφές του προβλήματος που εξετάζεται στη συγκεκριμένη ενότητα, διακρίνονται δύο επιπλέον κατηγορίες (Φυλάκης, 2009):

1. Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Ενός Επιπέδου
2. Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Πολλών Επιπέδων

3.3.5.3. Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Ενός Επιπέδου (Simple-level Facility Location Problem)

Μία επιχειρηματική μονάδα θεωρείται περιορισμένης δυναμικότητας (capacitated) εάν μπορεί να εξυπηρετήσει ένα περιορισμένο αριθμό από πελάτες ή μπορεί να ανταποκριθεί σε συγκεκριμένη ζήτηση. Στην περίπτωση που μπορεί να εξυπηρετήσει απεριόριστο αριθμό πελατών ή μπορεί να ανταποκριθεί σε απεριόριστη ζήτηση τότε θεωρείται μη -περιορισμένης δυναμικότητας (uncapacitated). Εάν οι βιομηχανικές μονάδες είναι μη περιορισμένης δυναμικότητας (uncapacitated) και τα κόστη εξυπηρέτησης, τα κόστη δηλαδή για την παροχή υπηρεσιών προς τους πελάτες από τις βιομηχανικές μονάδες είναι ευθέως ανάλογα των αποστάσεων που υπάρχουν μεταξύ τους, τότε πρόκειται για ένα από τα πιο γνωστά διακριτά μοντέλα χωροθέτησης. Το συγκεκριμένο πρόβλημα ονομάζεται στη διεθνή βιβλιογραφία και πρόβλημα χωροθέτησης-κατανομής (location allocation problem) ή και πρόβλημα χωροθέτησης απλής βιομηχανίας (simple plant location problem). Η διατύπωση του προβλήματος έχει ως εξής: ζητείται η χωροθέτηση ενός αριθμού βιομηχανικών μονάδων, σε ένα διακριτό σύνολο πιθανών τοποθεσιών, που θα ικανοποιούν ένα επίσης διακριτό σύνολο καταναλωτικών κέντρων με στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους λαμβάνοντας υπόψη το σταθερό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας μονάδας.

Η μοντελοποίηση του προβλήματος γίνεται ως εξής:

$I = \{1, \dots, m\}$ είναι το σύνολο των πελατών

$J = \{1, \dots, p\}$ το σύνολο των περιοχών όπου υπάρχει η δυνατότητα να εγκατασταθούν βιομηχανικές μονάδες

f_j = το σταθερό κόστος για την εγκατάσταση της μονάδας j (τα σταθερά κόστη θεωρούνται μη αρνητικά)

c_{ij} = το κέρδος που σχετίζεται με την κάλυψη της ζήτησης του πελάτη i από τη μονάδα j . (συνήθως το c_{ij} είναι συνάρτηση του κόστους παραγωγής στη μονάδα j , της ζήτησης και της τιμής πώλησης στον πελάτη i και του κόστους μεταφοράς ανάμεσα στον πελάτη i και τη μονάδα j).

$$y_j = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{εάν έχει εγκατασταθεί η επιχειρηματική μονάδα } j \text{ στον κόμβο } j \\ 0 & \text{εάν δεν έχει εγκατασταθεί} \end{array} \right\}$$

x_{ij} = το μέρος της ζήτησης του πελάτη i που εξυπηρετείται από τη μονάδα j

Αντικειμενική συνάρτηση είναι:

$$\text{Max} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} - \sum_{j \in J} f_j y_j \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$y_j = 0, 1 \quad \forall j \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (5)$$

- Η αντικειμενική συνάρτηση (1) αναφέρεται στη μεγιστοποίηση του κέρδους των βιομηχανικών μονάδων.
- Η σχέση (2) υποδεικνύει την αναγκαιότητα της κάλυψης της ζήτησης του κάθε πελάτη.
- Η σχέση (3) εγγυάται ότι δεν υπάρχουν πελάτες οι οποίοι δεν εξυπηρετούνται από βιομηχανικές μονάδες.
- Η σχέση (4) δείχνει τις τιμές της μεταβλητής απόφασης που είναι 0 ή 1.
- Η σχέση (5) βεβαιώνει ότι η μεταφερόμενη ποσότητα από την επιχειρηματική μονάδα j προς το καταναλωτικό κέντρο i είναι μη αρνητικός αριθμός.

Παραλλαγή της παραπάνω περίπτωσης αποτελεί το πρόβλημα με τους ίδιους περιορισμούς, αλλά με Αντικειμενική Συνάρτηση:

$$\text{Min} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_j \quad (1.1.)$$

Όπου: d_{ij} = το κόστος της μονάδας του προϊόντος εξαιτίας της απόστασης μεταξύ επιχειρηματικής μονάδας και καταναλωτικού κέντρου

- Η Αντικειμενική συνάρτηση 1.1. αναφέρεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των προϊόντων από τις βιομηχανικές μονάδες στα κέντρα κατανάλωσης λαμβάνοντας υπόψη το σταθερό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας μονάδας.

3.3.5.4. Το Πρόβλημα Χωροθέτησης – Κατανομής Πολλών Επιπέδων (Multi-level Facility Location Problem)

Στην προηγούμενη ενότητα περιγράφηκε η χωροθέτηση μη περιορισμένης δυναμικότητας βιομηχανικών μονάδων των οποίων τα κόστη για την παροχή υπηρεσιών προς τους πελάτες από τις βιομηχανικές μονάδες είναι ευθέως ανάλογα των αποστάσεων που υπάρχουν μεταξύ τους και οι προς χωροθέτηση βιομηχανικές μονάδες είναι όλες ενός επιπέδου, δηλαδή του ίδιου τύπου. Συνηθέστερο πρόβλημα όμως αποτελεί αυτό της χωροθέτησης βιομηχανικών μονάδων πολλών διαφορετικών τύπων. Τότε όμως το πρόβλημα της χωροθέτησης μη περιορισμένης δυναμικότητας βιομηχανικών μονάδων είναι πολυεπίπεδο (Multi-level Uncapacitated Facility Location Problem. Αυτό σημαίνει ότι ένα προϊόν για να φθάσει στα καταναλωτικά κέντρα πρέπει προηγουμένως να περάσει πέραν της αρχικής επιχειρηματικής μονάδας και από άλλες οι οποίες βρίσκονται στο ενδιάμεσο της διαδρομής μεταξύ της πρώτης επιχειρηματικής μονάδας και του καταναλωτικού κέντρου.

Η μοντελοποίηση του προβλήματος γίνεται ως εξής:

$I = \{1, \dots, m\}$ είναι το σύνολο των πελατών

$L = l$ ο αριθμός των επιπέδων

$J_r = \{1, \dots, p_r\}$ το σύνολο των σημείων που μπορεί να τοποθετηθεί μια βιομηχανία στο επίπεδο r

P = το σύνολο όλων των πιθανών διαδρομών από βιομηχανίες στο πρώτο επίπεδο σε αντίστοιχες του τελευταίου επιπέδου, δηλαδή $P = \{ (j_1, \dots, j_L) : j_r \in J_r, r = 1, \dots, L \}$

$P(j_r)$ = είναι το σύνολο όλων των πιθανών διαδρομών που περιλαμβάνουν την βιομηχανία j_r . Ισχύει ότι:
 $P(j_r) \subseteq P$

f_{j_r} = τα σταθερά κόστη που σχετίζονται με τη βιομηχανία j_r

c_{iw} = είναι το κέρδος που σχετίζεται με την κάλυψη της ζήτησης του πελάτη i διαμέσου της διαδρομής $w \in P$

x_{iw} = το κλάσμα της ζήτησης του πελάτη i που εξυπηρετείται από τη διαδρομή $w = (j_1, \dots, j_L)$

Για κάθε επίπεδο r ισχύει:

$$y_j = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{εάν η βιομηχανική μονάδα } j \text{ στο επίπεδο } r \text{ λειτουργεί} \\ 0 & \text{εάν όχι} \end{array} \right\}$$

Αντικειμενική συνάρτηση είναι:

$$\text{Max} \quad \sum_{i \in I} \sum_{w \in P} c_{iw} x_{iw} - \sum_{r=1}^L \sum_{j_r \in J_r} f_{j_r} y_{j_r} \quad (1)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{w \in P} x_{iw} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{iw} \leq y_{j_r} \quad \forall i \in I, w \in P(j_r), j_r \in J_r, r = 1, \dots, L \quad (3)$$

$$y_{j_r} \in \{0, 1\} \quad \forall j_r \in J_r, r = 1, \dots, L \quad (4)$$

$$x_{i,w} \geq 0 \quad \forall i \in I, w \in P(j_r), r = 1, \dots, L \quad (5)$$

- Η σχέση (2) υποδηλώνει ότι το κάθε καταναλωτικό κέντρο αντιστοιχεί σε μια διαδρομή.
- Η σχέση (3) ότι κάθε ζήτηση των κέντρων κατανάλωσης καλύπτεται.
- Η σχέση (4) δείχνει τις τιμές της μεταβλητής y_{j_r} που είναι 0 ή 1.
- Η σχέση (5) βεβαιώνει ότι η μεταφερόμενη ποσότητα μέσω της διαδρομής w προς το καταναλωτικό κέντρο i είναι μη αρνητικός αριθμός.

3.3.6. Σχέδια Ταξινόμησης

Όπως προαναφέρθηκε υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός προτύπων που εξετάζει το πρόβλημα χωροθέτησης μιας εγκατάστασης (π.χ. βιομηχανική μονάδα) ή πολλών μέσα σε ένα δεδομένο χώρο ή δίκτυο. Κατά συνέπεια η σύλληψη και η εφαρμογή ενός ενιαίου σχεδίου ταξινόμησης για τα προβλήματα χωροθέτησης το οποίο θα επέτρεπε την όσο δυνατόν ενιαία αντιμετώπιση αυτού του είδους των προβλημάτων αποτέλεσε και συνεχίζει να αποτελεί πρόκληση στη σχετική με το αντικείμενο επιστημονική κοινότητα. Παρακάτω ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των υπαρχόντων σχεδίων ταξινόμησης για τα πρότυπα χωροθέτησης όπου ο αναγνώστης μπορεί να ανακαλύψει πως ο εκάστοτε ερευνητής έχει δημιουργήσει ένα ξεχωριστό μενού επιλογών σε κάθε μία από τις κατηγορίες προβλημάτων που το κάθε πρότυπο είναι ικανό να αντιμετωπίσει (Φυλάκης, Π., 2009):

1. Το Σχέδιο Hamacker – Nickel
2. Το Σχέδιο S.C. Narula
3. Το Σχέδιο Juan A. Mesa, T. Brian Boffey
4. Το Σχέδιο Carrizosa et. al.
5. Το Σχέδιο Handler and Mirchandani
6. Το Σχέδιο H.A. Eiselt, G. Laporte, G.F. Thisse
7. Το Σχέδιο M.L. Brandeau and Samuel S. Chiu
8. Το Σχέδιο Krarup, Pruzan and Daskin

3.3.6.1. Το Σχέδιο Hamacker – Nickel

Αυτό είναι ένα επίσημο σχέδιο ταξινόμησης με 5 θέσεις και σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει όχι μόνο μερικές κατηγορίες συγκεκριμένων προτύπων χωροθέτησης, αλλά όλες αν είναι δυνατόν.

Το εν λόγω Σχέδιο Ταξινόμησης γράφεται:

Pos1/ Pos2/ Pos3/ Pos4/ Pos5/

- Pos1: Πληροφορίες για τον αριθμό και τον τύπο νέων εγκαταστάσεων
- Pos2: Τύπος του προτύπου χωροθέτησης σε ό,τι αφορά τον χώρο. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει τουλάχιστον να επιτρέπουν τη διάκριση μεταξύ διακριτού, συνεχούς και δικτυακού μοντέλου χωροθέτησης.
- Pos3: Περιγραφή των λεπτομερειών του συγκεκριμένου προτύπου χωροθέτησης, όπως οι πληροφορίες για τις εφικτές λύσεις, τους περιορισμούς δυναμικότητας και άλλες.
- Pos4: Σχέση μεταξύ νέων και υπαρχουσών εγκαταστάσεων, η οποία μπορεί να εκφραστεί από μία συνάρτηση απόστασης ή από τις σχετικές δαπάνες.
- Pos5: Περιγραφή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Σημειώνεται πως εάν δεν υπάρχει καμία ειδική καταχώρηση σε μία θέση, αυτό υποδεικνύεται από μία τελεία • στην αντίστοιχη θέση. Επιπλέον, έχει δημιουργηθεί το λογισμικό LOLA¹⁰ (Library Of Location Algorithms) το οποίο βασίζεται σε αυτό το σχέδιο ταξινόμησης και περιλαμβάνει αλγοριθμικές μεθόδους που είναι γνωστές στον προγραμματισμό χωροθέτησης.

3.3.6.2. Το Σχέδιο S.C. Narula

Το παρόν σχέδιο λαμβάνει υπόψη του την ιεραρχία των βιομηχανικών μονάδων και καθορίζει δύο τύπους:

- i. Την διαδοχικά συμπεριλαμβανούσα ιεραρχία
Μία βιομηχανική μονάδα παρέχει το δικό της επίπεδο υπηρεσιών καθώς επίσης και όλα τα χαμηλότερα επίπεδα υπηρεσιών.
- ii. Την ιεραρχία διαδοχικής αποκλειστικότητας
Μία βιομηχανική μονάδα ενός δεδομένου τύπου προσφέρει μοναδικές υπηρεσίες, όπως τα συστήματα διανομής τηλεφωνικών υπηρεσιών και ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με το εν λόγω σχέδιο ταξινόμησης τα ιεραρχικά προβλήματα χωροθέτησης μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- k/I/U προβλήματα χωροθέτησης
- k/I/M προβλήματα χωροθέτησης
- k/D/M προβλήματα χωροθέτησης
- k/D/U προβλήματα χωροθέτησης

- k: διαφορετικοί τύποι εγκαταστάσεων
- I: καθορισμός της ροής που ενσωματώνεται
- D: καθορισμός της ροής που υπόκειται σε διακρίσεις
- U: καθορισμός ενός δικτύου unipath
- M: καθορισμός ενός πολλαπλών διαδρομών δικτύου

¹⁰ Για περισσότερες πληροφορίες βλ. <http://www.mathematik.uni-kl.de/~lola/>

3.3.6.3. Το Σχέδιο Juan A. Mesa, T. Brian Boffey

Το σχέδιο αυτό λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων:

1. Βασική δομή του γραφήματος
 - i. Δέντρο
 - ii. Άλλο ειδικό γράφημα
 - iii. Γενικό
2. Χωροθέτηση της ζήτησης
 - i. στους κόμβους μόνο
 - ii. πάνω ή δίπλα σε τόξα
 - iii. στο επίπεδο όπου τα γραφήματα ενσωματώνονται
3. Μορφή του προς χωροθέτηση γραφήματος
 - i. Διαδρομή
 - ii. Σύνολο διαδρομών
 - iii. Δέντρο
 - iv. Δάσος
 - v. Κύκλος
 - vi. Άλλο
4. Όρια του γραφήματος
 - i. Οι κορυφές πρέπει να βρίσκονται σε κόμβους μόνο όταν επιτρέπονται ολόκληρα τα τόξα
 - ii. Οι κορυφές μπορούν να είναι εκτός των κόμβων όταν επιτρέπονται τα μερικά τόξα
5. Κριτήρια απόφασης
 - i. Εκκεντρότητα
 - ii. Σύνολο απόστασης
 - iii. Βάρος κλάδων
 - iv. Αριθμός κόμβων/πληθυσμού που καλύπτεται
 - v. Αριθμός κόμβων στο γράφημα
 - vi. Μήκος/ χρόνος/ κόστος/ κίνδυνος/ συνέπεια
 - vii. Άλλο απλό κριτήριο
 - viii. Πολλαπλά κριτήρια
6. Περιορισμοί που προκύπτουν από τη δομή του γραφήματος
 - i. Μήκος
 - ii. Σταθερά σημεία
 - iii. Αριθμός κόμβων στο γράφημα
 - iv. Χωρίς οποιοδήποτε τέτοιο περιορισμό
7. Τύπος βιομηχανικής μονάδας
 - i. Κεντρική
 - ii. Μη κεντρική

3.3.6.4. Το Σχέδιο Carrizosa et. al.

Στο σχέδιο αυτό περιλαμβάνονται 6 θέσεις για την ταξινόμηση των προτύπων στο επίπεδο όπου η ζήτηση και οι χρόνοι απόκρισης δίνονται από μία κατανομή πιθανοτήτων.

Τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν το πρόβλημα χωροθέτησης στο παρόν σχέδιο είναι:

1/2/3/4/5/6

- Στη θέση 1 και 2 καταχωρούνται πληροφορίες σχετικά με την κατανομή των πιθανοτήτων που αφορούν τις βιομηχανικές μονάδες και τη ζήτηση.
- Η θέση 3 περιέχει τον αριθμό των νέων βιομηχανικών μονάδων που πρόκειται να εγκατασταθούν

- Η θέση 4 περιέχει το χαρακτηριστικό που καθορίζει τον τύπο της βιομηχανικής μονάδας που πρόκειται να εγκατασταθεί
- Η θέση 5 περιγράφει το είδος των κέντρων κατανάλωσης
- Η θέση 6 καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο μετρώνται οι αποστάσεις

Σημειώνεται πως το σχέδιο αυτό είναι πολύ εξειδικευμένο και οι τόσες θέσεις το καθιστούν δύσχρηστο.

3.3.6.5. Το Σχέδιο Handler and Mirchandani

Το σχέδιο αυτό ισχύει για μοντέλα επίλυσης προβλημάτων χωροθέτησης σε δίκτυα με αντικειμενική συνάρτηση που αναφέρεται σε προβλήματα p-center.

Οι θέσεις γράφονται:

Pos1/ Pos2/ Pos3/ Pos4

- Pos1: περιέχει πληροφορίες για τις νέες εγκαταστάσεις
- Pos2: περιέχει πληροφορίες για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις
- Pos3: ο αριθμός νέων εγκαταστάσεων
- Pos4: περιγραφή του τύπου δικτύων

Σημειώνεται πως το εν λόγω σχέδιο είναι αρκετά διαισθητικό και τα όριά του προφανή. Εξ ορισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για προβλήματα χωροθέτησης σε δίκτυα και ειδικότερα σε προβλήματα p-center.

3.3.6.6. Το Σχέδιο H.A. Eiselt, G. Laporte, G.F. Thisse

Είναι ένα σχέδιο 5 θέσεων που ταξινομεί τα πρότυπα χωροθέτησης από τη σκοπιά της θεωρίας παιγνίων.

Pos1/ Pos2/ Pos3/ Pos4/ Pos5

- Pos1: πληροφορίες για το χώρο που αφορά η απόφαση. Οι πελάτες και οι βιομηχανικές μονάδες μπορούν να βρίσκονται σε δίκτυα
- Pos2: ο αριθμός των παικτών
- Pos3: περιγραφή της πολιτικής των τιμών
- Pos4: καθορισμός των κανόνων του παιχνιδιού
- Pos5: περιγραφή της συμπεριφοράς των πελατών

Τονίζεται πως το σχέδιο αυτό εστιάζεται σε συγκεκριμένο τομέα προβλημάτων χωροθέτησης κατά συνέπεια είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ως γενικό σχέδιο ταξινόμησης επίλυσης προβλημάτων χωροθέτησης.

3.3.6.7. Το Σχέδιο M.L. Brandeau and Samuel S. Chiu

Η διάκριση των προβλημάτων χωροθέτησης πραγματοποιείται κατόπιν αξιολόγησης τριών κριτηρίων τα οποία πρέπει να απαντούν σε όλα τα προβλήματα:

- Αντικειμενική συνάρτηση
- Μεταβλητή/ές απόφασης

- Παράμετροι του συστήματος
Η συγκεκριμένη προσπάθεια δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επίσημο σχέδιο ταξινόμησης, διότι απλώς διατυπώνει τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των προβλημάτων χωροθέτησης.

3.3.6.8. Το Σχέδιο Krarup, Pruzan and Daskin

Ως επίσημο σχέδιο ταξινόμησης δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ούτε αυτή η προσπάθεια, διότι απλώς πραγματοποιεί διαχωρισμό των προβλημάτων χωροθέτησης.

- Επίπεδα εναντίον ρητών δικτυακών μοντέλων χωροθέτησης
- Προβλήματα δένδρων εναντίον προβλημάτων γενικών γραφημάτων
- Μέθοδος μέτρησης αποστάσεων
- Αριθμός βιομηχανιών προς χωροθέτηση
- Στατικά εναντίον δυναμικών προβλημάτων χωροθέτησης
- Προσδιοριστικά εναντίον τυχαίων μοντέλων
- Μοντέλα ενός προϊόντος εναντίον πολλαπλών προϊόντων
- Προβλήματα χωροθέτησης ιδιωτικών επιχειρήσεων εναντίον δημοσίων
- Μοντέλα και προβλήματα ενός στόχου εναντίον πολλαπλών
- Ελαστική εναντίον ανελαστικής ζήτησης
- Βιομηχανίες με περιορισμένη δυναμικότητα εναντίον βιομηχανιών με απεριόριστη δυναμικότητα
- Μοντέλα πλησιέστερης βιομηχανίας εναντίον γενικής κατανομής της ζήτησης
- Μοντέλα ιεραρχικά απέναντι σε μονού επιπέδου
- Επιθυμητές εναντίον ανεπιθύμητων βιομηχανιών

3.3.6.9. Κριτική των υπαρχόντων σχεδίων ταξινόμησης

Τα παραπάνω σχέδια ταξινόμησης παρουσιάζουν ορισμένες αδυναμίες στην καθολική αντιμετώπιση όλων των ειδών προβλημάτων. Πληρέστερο μπορεί να θεωρηθεί το πρώτο, Σχέδιο Hamacker – Nickel που φαίνεται να καλύπτει το πιο ευρύ σύνολο περιπτώσεων και υποπεριπτώσεων. Τα υπόλοιπα σχέδια παρουσιάζουν εγγενή μειονεκτήματα, παραδείγματος χάρη, αυτοπεριορίζονται σε ορισμένες κατηγορίες του συνολικού προβλήματος χωροθέτησης, αφήνοντας απ' έξω μερικές υποκατηγορίες και περιπτώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα

4.1. Εισαγωγή

Καθημερινά συμβαίνουν διάφορα γεγονότα. Η γνώση της θέσης όπου συμβαίνει κάτι είναι κρίσιμης σημασίας και θα επηρεάσει τις αντίστοιχες αποφάσεις. Υπάρχει μία πληθώρα παραδειγμάτων, όπως η κατασκευή ορυχείων, οι γεωτρήσεις για την απόκτηση πρόσβασης στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο, η δημιουργία νέων νοσοκομείων για να λυθούν υπάρχοντα γεωγραφικά προβλήματα, καθώς και οι εταιρείες διανομής, τα οποία απαιτούν αποφάσεις που έχουν γεωγραφικές συντεταγμένες. Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα είναι μία ειδική κατηγορία των Συστημάτων Πληροφοριών που μπορεί να δώσει λύσεις σε τέτοιου είδους προβλήματα και αποδεικνύουν με τον τρόπο αυτό τη σημαντικότητά τους.

4.2. Η Ανατομία ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος

4.2.1. Ορισμός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος

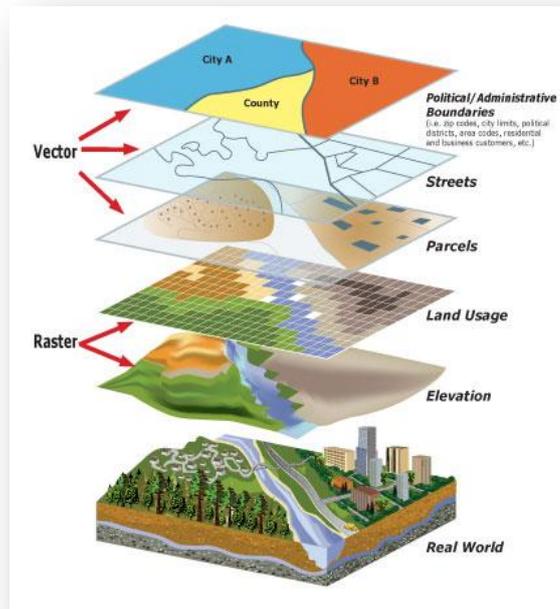
Προτού πραγματοποιηθεί η αναφορά στις συστατικές μερών ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος, ΓΠΣ (Geographical Information System, GIS) θεωρήθηκε σκόπιμο να αναφερθεί πως κατά καιρούς έχουν γραφτεί διάφοροι ορισμοί των GIS. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Το GIS είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί μία χωρική βάση δεδομένων για την απάντηση ερωτημάτων γεωγραφικής φύσης από ένα σύνολο προγραμμάτων που λειτουργούν σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων (Goodchild, 1985).
- Ένα GIS είναι ένα οργανωμένο σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού κατάλληλο για την συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών (Burrough, 1986).
- Στην πιο απλή του μορφή ένα ΓΠΣ μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύστημα βάσεως δεδομένων στο οποίο είναι αποθηκευμένα χωρικά δεδομένα (spatial data) που πάνω τους εφαρμόζεται ένα σύνολο από επεξεργασίες με σκοπό να απαντώνται ερωτήσεις για τις χωρικές οντότητες της βάσεως δεδομένων.
- Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα είναι η επιστήμη, η τέχνη και η τεχνολογία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση γεωχωρικών δεδομένων και πληροφοριών (Χατζόπουλος, 2006).

4.2.1.1. Γεωγραφική Πληροφορία και Χωρικές Δομές Δεδομένων

Η γεωγραφική πληροφορία είναι μοναδική και πολυδιάστατη, διότι προκειμένου να οριστεί μία θέση πρέπει να καθοριστούν δύο συντεταγμένες, το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος. Τα διαφορετικά επίπεδα χωρικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας την κατάλληλη κλίμακα απεικονίζουν την γεωγραφική πληροφορία. Η απεικόνιση αυτή η οποία ουσιαστικά παρουσιάζει ένα χάρτη δίνει την δυνατότητα μεγάλης ανάκτησης πληροφοριών στον χρήστη (Longley et. al., 2010). Αξίζει να σημειωθεί

πως κάθε στρώμα (layer) είναι μία συλλογή γεωγραφικών οντοτήτων του ίδιου γεωμετρικού τύπου (π.χ. σημεία, ευθείες ή πολύγωνα).



Εικόνα 4.1. Αναπαράσταση γεωγραφικής πληροφορίας σε πλεγματική και διανυσματική μορφή
Πηγή: (<http://gis.sbcounty.gov/default.aspx>)

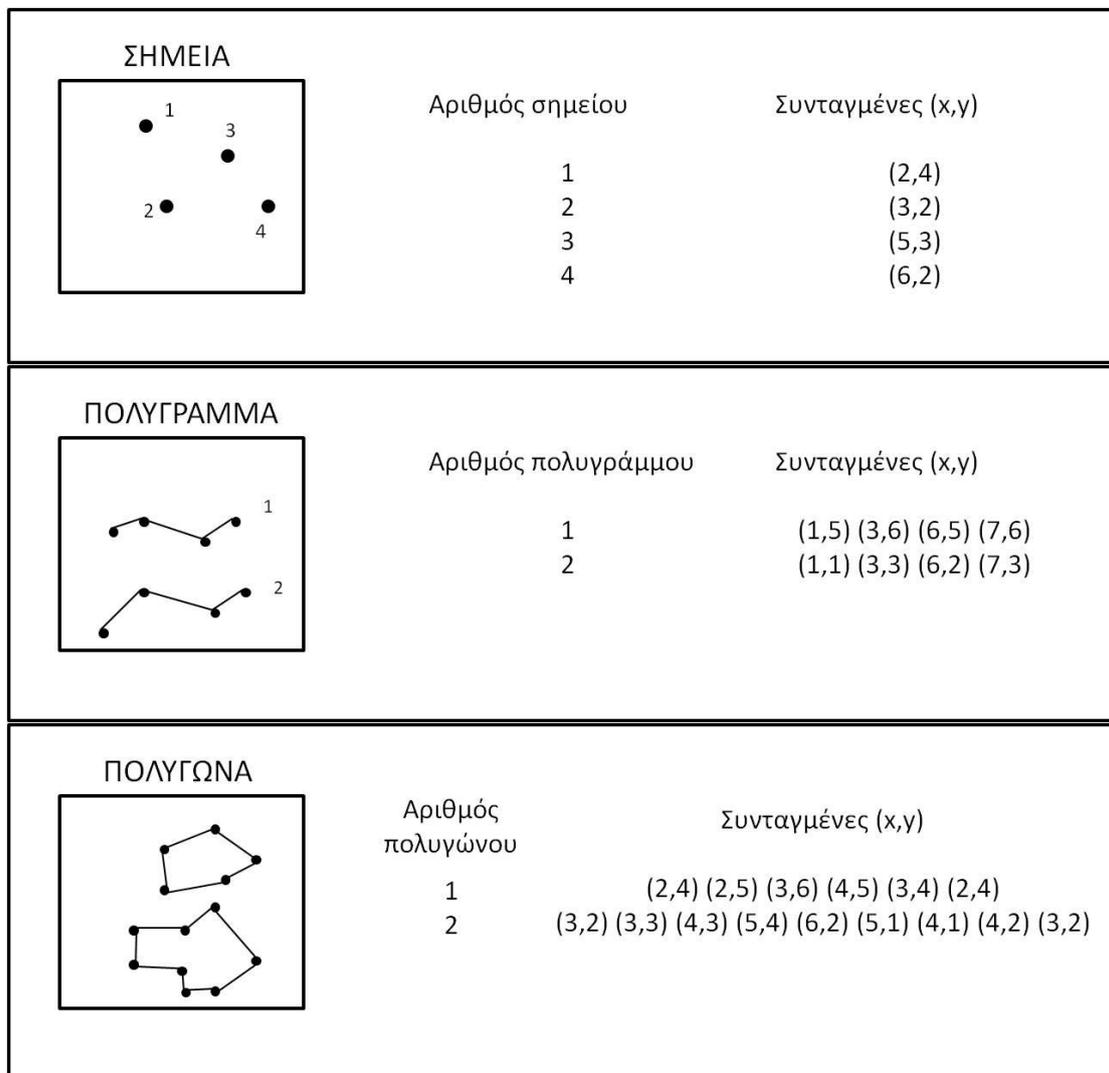
Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα για την αναπαράσταση της γεωγραφικής πληροφορίας χρησιμοποιούνται γεωγραφικά δεδομένα, τα οποία συναντώνται είτε σε raster μορφή (πλεγματική) είτε σε vector (διανυσματική) (Longley et. al., 2010).

Πλεονεκτήματα Μεθόδων Raster και Vector		
Ζήτημα	Μέθοδος Raster	Μέθοδος Vector
Όγκος δεδομένων	Εξαρτάται από το μέγεθος των κελιών	Εξαρτάται από την πυκνότητα των κορυφών
Πηγές στοιχείων	Τηλεπισκόπηση, φωτογραφίες	Κοινωνικά και περιβαλλοντικά δεδομένα
Εφαρμογές	Πόρων, περιβαλλοντικές	Κοινωνικές, οικονομικές, διοικητικές
Λογισμικό	GIS τύπου raster, επεξεργασία εικόνας	GIS τύπου vector, αυτοματοποιημένη χαρτογραφία
Ανάλυση	Σταθερή	Μεταβλητή

Πίνακας 4.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα raster και vector μεθόδου
Πηγή: (Longley et. al.,2010)

Σε μία διανυσματική αναπαράσταση όλες οι γραμμές αποτυπώνονται ως σημεία τα οποία συνδέονται με ευθείες γραμμές. Προκειμένου να αποτυπωθεί ένα επιφανειακό αντικείμενο σε διανυσματική μορφή, χρειάζεται να καθοριστούν οι θέσεις των σημείων που αποτελούν τις κορυφές ενός πολυγώνου. Η φαινομενική ακρίβεια της διανυσματικής αναπαράστασης συχνά δεν έχει έννοια επειδή πολλά γεωγραφικά φαινόμενα απλώς δεν μπορούν να εντοπιστούν με μεγάλη ακρίβεια. Το διανυσματικό μοντέλο δεδομένων χρησιμοποιείται στα συστήματα GIS λόγω της ακριβούς φύσης της μεθόδου αναπαράστασης, της αποδοτικής του αποθήκευσης, της ποιότητας των χαρτογραφικών του προϊόντων και της διαθεσιμότητας λειτουργικών εργαλείων για εργασίες όπως η προβολή, η υπέρθεση και η ανάλυση χαρτών. Στο διανυσματικό μοντέλο δεδομένων κάθε αντικείμενο του πραγματικού κόσμου ταξινομείται σε ένα γεωμετρικό τύπο: σημείο, γραμμή ή πολύγωνο. Τα σημεία

επανακωδικοποιούνται ως μεμονωμένα ζεύγη συντεταγμένων, οι γραμμές ως μία σειρά διατεταγμένων ζευγών συντεταγμένων και τα πολύγωνα ως ένα ή περισσότερα ευθύγραμμα τμήματα τα οποία κλείνουν για να σχηματίσουν μία επιφάνεια πολυγώνου.

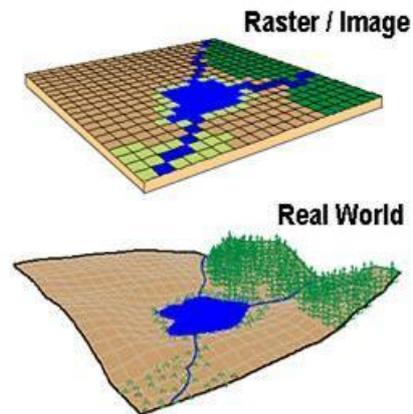


Εικόνα 4.2. Αναπαράσταση αντικειμένων σημείου, γραμμής και πολυγώνου με τη χρήση του διανυσματικού μοντέλου δεδομένων

Πηγή: (Longley et. al., 2010)

Στην ψηφιδωτή αναπαράσταση, ο χώρος διαιρείται σε μία διάταξη ορθογωνίων κελιών, συνήθως τετραγώνων, τα κελιά αυτά μερικές φορές ονομάζονται και pixels. Οι γεωγραφικές διακυμάνσεις εκφράζονται στη συνέχεια με την ανάθεση χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων μέσα σε αυτά τα κελιά. Μία από τις πιο συνηθισμένες μορφές δεδομένων raster προέρχεται από τους δορυφόρους τηλεπισκόπησης, οι οποίοι αποτυπώνουν σε αυτή τη μορφή και τις στέλνουν στη γη για διανομή και ανάλυση. Όταν οι πληροφορίες αναπαρίστανται σε μορφή raster, χάνονται όλες οι λεπτομέρειες των διακυμάνσεων μέσα στα κελιά και το κελί παίρνει μία μοναδική τιμή. Τα δεδομένα raster αποθηκεύονται συνήθως σε μορφή ενός πίνακα των τιμών του πλέγματος και τα μεταδεδομένα που είναι δεδομένα που αφορούν τα δεδομένα. Στα συνηθισμένα μεταδεδομένα περιλαμβάνονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες της επάνω αριστερής γωνίας του πλέγματος, το μέγεθος του κελιού, ο αριθμός των στοιχείων των γραμμών και των στηλών και η προβολή. Τα σύνολα δεδομένων που κωδικοποιούνται με τη χρήση του μοντέλου

δεδομένων raster είναι ιδιαίτερα χρήσιμα ως φόντο χαρτών γιατί μοιάζουν με συμβατικούς χάρτες και μπορούν να μεταδώσουν γρήγορα μεγάλο όγκο πληροφοριών.



Εικόνα 4.3. Αναπαράσταση διανυσματικής δομής δεδομένων
Πηγή: (<http://bgis.sanbi.org/gis>)

4.2.2. Τα Συστατικά Μέρη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος



Εικόνα 4.4. Τα συστατικά μέρη ενός ΓΠΣ
Πηγή: (Longley et. al., 2010)

4.2.2.1. Το δίκτυο

Ένα από τα σημαντικά συστατικά μέρη ενός ΓΠΣ είναι το δίκτυο, χωρίς το οποίο η άμεση επικοινωνία και η κοινή χρήση των ψηφιακών πληροφοριών δεν θα ήταν δυνατή, συγκεκριμένα τα συστήματα GIS σήμερα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στο Διαδίκτυο, το οποίο εξελίσσεται συνεχώς και επηρεάζει την τεχνολογία και την επιστήμη (Longley et. al., 2010).

4.2.2.2. Το υλικό

Ένα άλλο μέρος των ΓΠΣ είναι το υλικό του χρήστη, δηλαδή η συσκευή με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης κατά την εκτέλεση λειτουργιών πληκτρολογώντας, δείχνοντας με τον δείκτη του ποντικιού, πατώντας σε στοιχεία διασύνδεσης η οποία μπορεί και να εμφανίζει εικόνες (Longley et. al., 2010). Παραδοσιακά, αυτές οι συσκευές βρίσκονται σε γραφεία, αλλά οι χρήστες σήμερα έχουν πολύ μεγαλύτερη ελευθερία καθώς οι λειτουργίες των συστημάτων GIS μπορούν να είναι διαθέσιμες μέσω φορητών υπολογιστών, συσκευές χειρός ή ακόμη και κινητών τηλεφώνων. Το βασικό υλικό από το οποίο αποτελείται ένα ΓΠΣ είναι (Κόλλια, 2004): Κεντρικός επεξεργαστής, μονάδες εισόδου χωρικών δεδομένων, μονάδες εισόδου παραμετρικών δεδομένων, μονάδες παρουσίασης των δεδομένων και μονάδες αποθήκευσης των δεδομένων.

4.2.2.3. Το λογισμικό

Το τρίτο μέρος αποτελείται από το λογισμικό το οποίο εκτελείται τοπικά στην συσκευή του χρήστη. Το λογισμικό ενός ΓΠΣ περιλαμβάνει προγράμματα για (Κόλλια, 2004):

1. Την είσοδο και επαλήθευση των δεδομένων
2. Την αποθήκευση των δεδομένων και τον χειρισμό της Βάσης Δεδομένων
3. Την έξοδο των δεδομένων και την παρουσίασή τους
4. Το μετασχηματισμό των δεδομένων
5. Την επικοινωνία με τον χρήστη.

Πιο πιθανό είναι ένα πακέτο λογισμικού να αγοραστεί από έναν κατασκευαστή συστήματος GIS, όπως οι εταιρείες Intergraph Corp., Esri, οι οποίες προσφέρουν μία ποικιλία προϊόντων τα οποία έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας, διαφορετικούς όγκους δεδομένων και διαφορετικές εξειδικευμένες εφαρμογές. Με άλλα λόγια αναφερόμαστε στα λογισμικά κλειστού κώδικα.

4.2.2.3.1. Τα κλειστού κώδικα λογισμικά Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Τα κλειστού κώδικα λογισμικά ΓΠΣ είναι εμπορικά και μετά την αγορά τους παρέχουν την άδεια στο χρήστη για την λειτουργία τους. Ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα. Η ανάλυση, τροποποίηση και αναδημιουργία του λογισμικού απαγορεύονται, όπως και η αντιγραφή και διανομή του λογισμικού (είτε δωρεάν είτε επί πληρωμή) από τρίτα πρόσωπα, καθώς και η χρήση του από ένα μεγάλο αριθμό ανθρώπων ή η εγκατάστασή του σε πολλούς υπολογιστές. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως υπάρχουν και λογισμικά ανοικτού κώδικα.

4.2.2.3.2. Τα ανοιχτού κώδικα λογισμικά Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Ελεύθερο Λογισμικό ή Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα είναι το λογισμικό το οποίο ο καθένας έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί, να διανέμει, να αντιγράψει και να τροποποιεί ανάλογα με τις ανάγκες του ελεύθερα, χωρίς να απαιτείται η απόκτηση άδειας. Πρόκειται στην ουσία για ένα εναλλακτικό μοντέλο ανάπτυξης και χρήσης λογισμικού, στο οποίο μέσω της ελεύθερης διάθεσης και του πηγαίου κώδικα του λογισμικού παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα αλλαγών ή βελτιώσεων.

Το Ελεύθερο Λογισμικό είναι ζήτημα ελευθερίας όχι κόστους και για την ακρίβεια αναφέρεται σε τέσσερις βασικές ελευθερίες (Rodier, 2010):

1. Ελευθερία να εκτελέσεις το πρόγραμμα για οποιονδήποτε λόγο. [Ελευθερία 1]

2. Ελευθερία να μελετήσεις τον τρόπο λειτουργίας και να το προσαρμόσεις στις ανάγκες σου. [Ελευθερία 2]
3. Ελευθερία να διανέμεις αντίγραφα του προγράμματος. [Ελευθερία 3]
4. Ελευθερία να βελτιώσεις το πρόγραμμα και τις βελτιώσεις αυτές να τις κυκλοφορήσεις στο ευρύ κοινό. [Ελευθερία 4]

Οι άδειες των ελεύθερων συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών διαμορφώνονται σύμφωνα με τις ανάγκες και τις επιθυμίες του παραγωγού του κάθε προγράμματος. Οι πιο γνωστές άδειες του λογισμικού ελεύθερου κώδικα είναι οι εξής (Rodier, 2010):

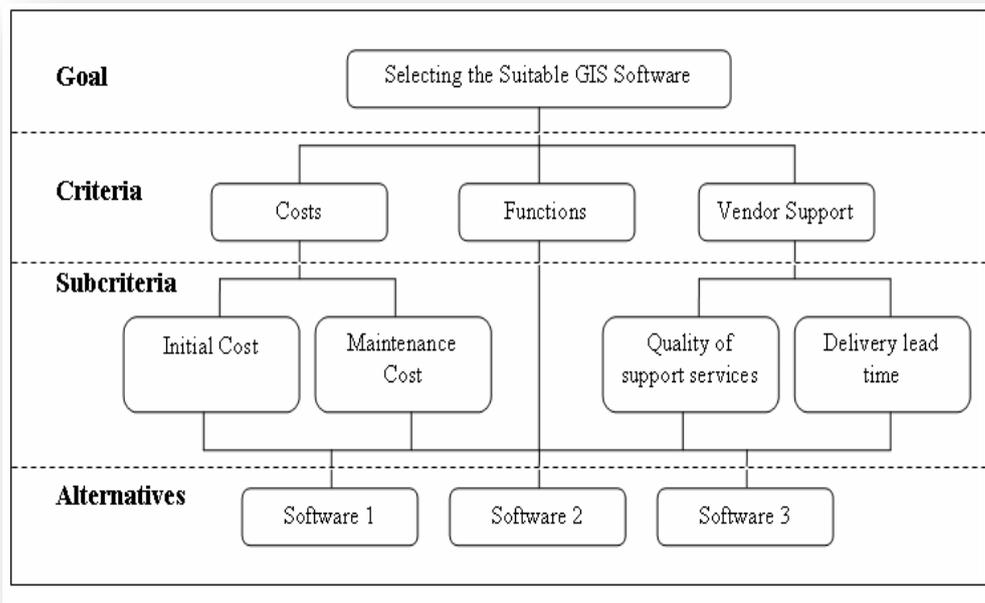
1. General Public License (GPL)
2. Lesser General Public License (LGPL)

4.2.2.3.3. Κριτήρια αξιολόγησης λογισμικού Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Το να χτίσεις ένα έργο (project) με τη βοήθεια των Γ.Π.Σ., αποτελεί μία επένδυση, η επιτυχία της οποίας εξαρτάται από την σωστή επιλογή του κατάλληλου λογισμικού και μία σειρά άλλων παραγόντων-κριτηρίων.

Η αναλυτική αυτή διαδικασία ιεράρχησης βασίζεται στις εξής αρχές (Malczewski, 1999):

1. Ανάλυση
2. Αποφάσεις σύγκρισης
3. Σύνθεση των προτεραιοτήτων



Εικόνα 4.5. Ιεραρχία Απόφασης Επιλογής Λογισμικού ΓΠΣ
Πηγή: (Eldrandaly, 2007)

Τα κριτήρια επιλογής ενός λογισμικού ΓΠΣ είναι:

1. Κόστος
Το κόστος αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα στην επιλογή κατάλληλου λογισμικού (Tiwana, A. & Keil, M. , 2006). Τα λογισμικά ΓΠΣ κλειστού κώδικα έχουν υψηλό κόστος, ενώ τα ανοιχτού κώδικα διατίθενται δωρεάν στο διαδίκτυο Στην περίπτωση που ένας χρήστης επιλέξει ανοικτού κώδικα λογισμικό υπάγεται στον περιορισμό πως οφείλει να διατηρήσει το όνομα του προγραμματιστή (author), καθώς και τα πνευματικά δικαιώματα (copyright statement) μέσα στον κώδικα. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται χρήση των αδειών (license) που αναφέρθηκαν πιο πάνω.
2. Λειτουργικότητα
Η λειτουργικότητα αναφέρεται στο αν το λογισμικό που έχει επιλεγθεί περιέχει όλα τα εργαλεία και τις εφαρμογές για να μπορέσει ο χρήστης να φέρει εις πέρας το έργο που του έχει ανατεθεί (Tiwana, A. & Keil, M. , 2006). Πολύ συχνά ένα πακέτο ΓΠΣ ορίζεται από το τι μπορεί να κάνει και όχι από τι περιέχει. Έτσι, μία εξονυχιστική εξέταση των δυνατοτήτων του λογισμικού είναι ένα κρίσιμο βήμα για την επιλογή του (Eldrandaly, 2007).
3. Αξιοπιστία
Το πόσο αξιόπιστο είναι ένα λογισμικό παίζει σημαντικό ρόλο στον χαρακτηρισμό της ποιότητας του. Είναι, λοιπόν, αναγκαίο η ποιότητα αυτή να μπορεί να μετρηθεί και να αξιολογηθεί (Eldrandaly, 2007).
4. Χρησιμότητα
Η χρησιμότητα ορίζεται ως η αποτελεσματικότητα που πετυχαίνει ένα λογισμικό, όταν ο χρήστης τους το χρησιμοποιεί για διαφορετικούς σκοπούς και σε διαφορετικά περιβάλλοντα εργασίας (Tiits, 2003).
Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά τον (Eldrandaly, 2007) το κριτήριο της χρησιμότητας χωρίζεται σε τρία επί μέρους κριτήρια:
 1. Κατανόηση
 2. Εκμάθηση
 3. Λειτουργικότητα
5. Προμήθεια
Η ποιότητα της προμήθειας του λογισμικού παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή. Ο όρος αυτός αναφέρεται στο κόστος συντήρησης του λογισμικού, στο κόστος χρήσης των υπηρεσιών του λογισμικού, στη δυνατότητα και ικανότητα του λογισμικού να επιλύσει το συγκεκριμένο πρόβλημα, στις δυνατότητες εκμάθησης και εκπαίδευσης και τέλος στη φήμη που κατέχει στην κοινότητα των χρηστών (Tam, M.C.Y. & Tummala, V.M.R. , 2001), (Tiwana, A. & Keil, M. , 2006).

4.2.2.4. Η βάση δεδομένων

Το τέταρτο στοιχείο στην ανατομία των ΓΠΣ είναι η βάση δεδομένων, η οποία αποτελείται από μία ψηφιακή αναπαράσταση επιλεγμένων χαρακτηριστικών μιας συγκεκριμένης περιοχής στην επιφάνεια της γης ή κοντά σε αυτή που έχει δημιουργηθεί για να βοηθήσει στην επίλυση κάποιου προβλήματος ή να εξυπηρετήσει έναν επιστημονικό σκοπό (Longley et. al., 2010). Τα μεγέθη των βάσεων δεδομένων των GIS ποικίλουν μπορεί να είναι από ένα Megabyte μέχρι ένα Petabyte.

4.2.2.5. Διαδικασίες

Εκτός από τα προαναφερθέντα συστατικά μέρη, ένα GIS χρειάζεται διαχείριση. Ένας οργανισμός για παράδειγμα θα πρέπει να δημιουργεί διαδικασίες, κανάλια αναφορών, σημεία ελέγχου και άλλους μηχανισμούς για να διασφαλίζει ότι οι δραστηριότητες των συστημάτων GIS δεν υπερβαίνουν τους προϋπολογισμούς, η ποιότητά τους διατηρείται υψηλή και γενικά ικανοποιούν τις ανάγκες του χρήστη ή του οργανισμού που τα χρησιμοποιεί (Longley et. al., 2010).

4.2.2.6. Οι άνθρωποι

Τέλος, ένα ΓΠΣ είναι άχρηστο χωρίς τους ανθρώπους που το έχουν σχεδιάσει, το προγραμματίζουν, το συντηρούν, το τροφοδοτούν με δεδομένα και ερμηνεύουν τα αποτελέσματά του (Κόλλια, 2004). Οι εργαζόμενοι στα GIS έχουν διάφορες δεξιότητες, ανάλογα με το ρόλο τους. Σχεδόν όλοι έχουν τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για να μπορούν να επεξεργάζονται γεωγραφικά δεδομένα.

4.3. Ιστορική Αναδρομή Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Οι πρώτοι δημιουργοί των GIS αναγνώρισαν το γεγονός ότι σε πολλούς τομείς εφαρμογών, από τη διαχείριση πόρων μέχρι τις απογραφές υπήρχαν οι ίδιες βασικές ανάγκες (Longley et. al., 2010). Το πρώτο μεγάλο ΓΠΣ που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 ήταν του Καναδά, CGIS: Canadian Geographic Information System, προκειμένου να συσχετιστούν πληροφορίες διάφορων κατηγοριών, αφού οι μέχρι τότε μέθοδοι επεξεργασίας είχαν αποδειχτεί ανεπαρκείς. Συγκεκριμένα η καναδική κυβέρνηση προσπάθησε να καταγράψει τους κρατικούς πόρους γης και τις δυνατές χρήσεις τους (Κόλλια, 2004).

Το 1970 στις ΗΠΑ αναπτύχθηκε το σύστημα DIME (Dual Independent Map Encoding) με στόχο να δημιουργηθούν ψηφιακά αρχεία για όλους τους δρόμους των ΗΠΑ για την αυτόματη επεξεργασία των δεδομένων απογραφής (Longley et. al., 2010).

Στην δεκαετία του 1980 έγινε έκρηξη στην ανάπτυξη των ΓΠΣ παγκοσμίως, αφού σταδιακά άρχισαν να χρησιμοποιούνται πιο εξειδικευμένα συστήματα υλικού (hardware) και λογισμικού (software) (Κόλλια, 2004). Σημαντικό ρόλο έπαιξε η τηλεπισκόπηση αφού αποτέλεσε πηγή δεδομένων. Καθοριστική ήταν η έναρξη της ψηφιοποίησης των αναλογικών χαρτών. Οι εταιρείες M&S Computing (γνωστή αργότερα ως Integrator), Environmental Systems Research Institute (ESRI) και CARIS ανέπτυξαν εμπορικές εφαρμογές ΓΠΣ με πολλά στοιχεία δανεισμένα από το CGIS συνδυάζοντας στοιχεία από την πρώτη γενιά ΓΠΣ με τη δεύτερη οργανώνοντας τα δεδομένα σε βάσεις δεδομένων. Το 1982 το U.S. Army Corp of Engineering Research Laboratory (USA-CERL) δημιούργησε τον πρόγονο του GRASS ένα δωρεάν πρόγραμμα ανοικτού κώδικα.

Τα περισσότερα προγράμματα στις αρχές του 1980 έτρεχαν σε περιβάλλον UNIX κάτι το οποίο τη σημερινή περίοδο και ιδιαίτερα από το 2002 και έπειτα έχει αλλάξει άρδην. Στην πλειονότητά τους τα προγράμματα ΓΠΣ τρέχουν σε όλα σχεδόν τα λειτουργικά περιβάλλοντα με έμφαση στα Windows. Φθάνοντας στο σήμερα τα ΓΠΣ χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο καθώς σε αντίθεση με το παρελθόν που τα ΓΠΣ ήταν διαθέσιμα μόνο σε μεγάλες εταιρείες και πανεπιστήμια, πλέον και ένας απλός χρήστης μπορεί να έχει στην κατοχή του και να χρησιμοποιεί μέσω του ηλεκτρονικού του υπολογιστή ένα λογισμικό ΓΠΣ (Ζήσου, 2007).

Υπολογίζεται πως η αγορά των GIS το 2003 έφθασε τα 1.750 εκατομμύρια δολάρια, ενώ το έτος 2007 το ποσό αυτό ανήλθε σε 2.981,4 εκατομμύρια δολάρια¹¹. Το 2010 εκτιμάται πως η συγκεκριμένη αγορά άγγιξε τα 3.362,6 εκατομμύρια δολάρια και αναμένεται πως μέχρι το 2017 θα αναπτυχθεί έως και 50%¹².

¹¹ Σύμφωνα με το Directions Magazine, τεύχος Αυγούστου, 2003. Αναρτήθηκε από την ιστοσελίδα: (<http://www.directionsmagazine.com>).

¹² Όπως αναρτήθηκε στην ιστοσελίδα: (<http://www.gislounge.com/gis-market-to-grow-by-50-over-the-next-five-years/>)

4.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<i>1. Βελτιωμένη χρήση των πληροφοριών</i>	<i>1. Εγγενή Προβλήματα</i>
Σαφέστερη χαρτογράφηση	Συλλογή ορθών και συγκεκριμένων χωρικών δεδομένων
Δημιουργία γεωγραφικών δεδομένων βάσης	Απόφαση ως προς τη μορφή των δεδομένων
Ευκολότερος χειρισμός των δεδομένων	Εισαγωγή των δεδομένων στο ΓΠΣ
Πιο εύχρηστη και κατάλληλη αποθήκευση δεδομένων	Διατήρηση της ποιότητας των δεδομένων
Δυνατότητα δημιουργίας σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών μεταβλητών	Ενσωμάτωση ενός ΓΠΣ στη διαδικασία λήψης αποφάσεων
Ενισχυμένη ικανότητα επικοινωνίας με τυχόν εμπλεκόμενους	<i>2. Περιορισμοί ή Πιθανά Προβλήματα</i>
Ενισχυμένη ικανότητα για τη λήψη αποφάσεων	Ποιότητα δεδομένων
<i>2. Παραγωγή στοιχείων</i>	Διαθεσιμότητα
Παραγωγή χαρτών ενισχυμένους σε σχέση με τους παραδοσιακούς	Κόστος εξοπλισμού και λογισμικού
Παραγωγή γραφικών παραστάσεων για την μεταφορά των αποτελεσμάτων ανάλυσης στους ιθύνοντες για λήψη αποφάσεων	Κόστος δεδομένων
Ανταλλαγή των ψηφιακών πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών χρηστών	Επίπεδο κατάρτισης του χρήστη
<i>3. Δίκτυα</i>	
Σημαντική συμβολή των ΓΠΣ σε προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας (πρόβλημα χωροθέτησης, πρόβλημα μεταφοράς, πρόβλημα συντομότερης διαδρομής) και εφοδιαστικής αλυσίδας (logistics)	

Πίνακας 4.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΓΠΣ
Πηγή: (Βαβάτσικος, 2008)

4.5. Οι Οπτικές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Τα ΓΠΣ συνδέονται συχνότερα με τους χάρτες, όμως παρέχουν πολύ περισσότερες ικανότητες επίλυσης προβλήματος, συνεπώς μπορούν να αντιμετωπιστούν από τις εξής οπτικές γωνίες (Καραπαναγιώτη, 2008):

1. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

Τα ΓΠΣ έχουν τη μοναδική δυνατότητα δημιουργίας μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων (geodatabase) η οποία είναι μία δομημένη βάση δεδομένων που περιγράφει τον κόσμο σε γεωγραφικούς όρους.

2. Δημιουργία Χαρτών

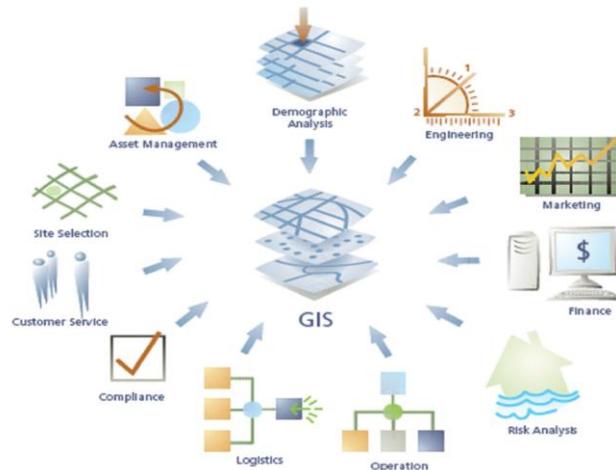
Τα ΓΠΣ είναι σύνολα ευφύων χαρτών και άλλων απεικονίσεων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως «παράθυρα» στη γεωγραφική βάση δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό υποστηρίζονται ερωτήσεις, η ανάλυση και η έκδοση πληροφοριών και η όλη διαδικασία καλείται γεωοπτικοποίηση (geovisualization).

3. Μοντελοποίηση

Τα ΓΠΣ μπορούν και μετασχηματίζουν τις πληροφορίες που αντλούν από τα γεωγραφικά σύνολα δεδομένων και μέσα της γεωπεξεργασίας (geoprocessing) αντλούν τις ζητούμενες πληροφορίες, δημιουργούν δηλαδή ένα πρότυπο το οποίο θα βοηθήσει στην επίλυση του προβλήματος που έχει τεθεί.

4.6. Πεδία Εφαρμογών των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Η τεχνολογία των ΓΠΣ χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους κλάδους. Ενδεικτικά αναφέρονται: Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός, Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός, Μεταφορές – Συγκοινωνίες, Τεχνική υποδομή, Περιβάλλον, Φορολογία, Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια, Πυροσβεστική, Υπηρεσία, Αστυνομία, Ανάλυση Αγοράς, Αγορά Εργασίας, Δίκτυα διανομών, πωλήσεων και χωροθετήσεις κατανομών, Εδαφολογικές, Υδρολογικές, Γεωλογικές, Περιβαλλοντικές, Δημογραφικές και Κοινωνικοοικονομικές μελέτες ,κλπ.



Εικόνα 4.7. Ενοποίηση των ΓΠΣ με άλλα συστήματα
Πηγή: (Kadusic et. al., 2010)

4.7. Ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος

Για την επιτυχή ανάπτυξη ενός ΓΠΣ απαιτείται η εξής διαδικασία (Ανδρουλιδάκη, 2003):

1. Στρατηγικός σκοπός
2. Σχέδιο για τον προγραμματισμό
3. Καθορισμός των απαιτήσεων τεχνολογίας
4. Καθορισμός των τελικών προϊόντων
5. Καθορισμός του πεδίου συστημάτων
6. Δημιουργία ενός σχεδίου στοιχείων
7. Επιλογή ενός προτύπου στοιχείων
8. Καθορισμός των απαιτήσεων συστημάτων
9. Ανάλυση των κερδών και των δαπανών
10. Δημιουργία ενός σχεδίου εφαρμογής

Προσοχή όμως θα πρέπει να δοθεί και στα στάδια που αναφέρονται παρακάτω (Ανδρουλιδάκη, 2003):

1. Αρχική συλλογή δεδομένων.
Δεδομένα που αντλούνται από μέλη ομάδων χρηστών μπορεί να μην είναι αξιόπιστα. Αυτό είναι ένα σημαντικό θέμα, καθώς από τη στιγμή που θα συλλεχθούν τα δεδομένα, είναι ουσιαστικά αδύνατο να βελτιωθεί η ποιότητά τους.
2. Εισαγωγή δεδομένων στο ΓΠΣ.
Υπάρχει μια ποικιλία μεθόδων σχετικών με την εισαγωγή δεδομένων στο ΓΠΣ. Καθεμία έχει εγγενή πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Πρέπει, συνεπώς, να αναγνωριστεί η κατάλληλη

μέθοδος προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η περίπτωση να διακινδυνεύσει η ποιότητα των δεδομένων.

3. Ανάλυση δεδομένων.

Οποιοσδήποτε χειρισμός των δεδομένων στο πλαίσιο του ΓΠΣ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα των δεδομένων. Στις συγκεκριμένες αρνητικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται: αλλαγή των προβολών του χάρτη, τροποποίηση της κλίμακας των δεδομένων και επικάλυψη πολλών επιπέδων δεδομένων.

4. Παρουσίαση δεδομένων.

Ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων μπορεί να επηρεάσει το πώς γίνεται αντιληπτή η σημασία των αποτελεσμάτων. Είναι σημαντική η αναγνώριση της επίδρασης που μπορεί να ασκήσει ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων ΓΠΣ στη διαδικασία παραγωγής απόφασης.

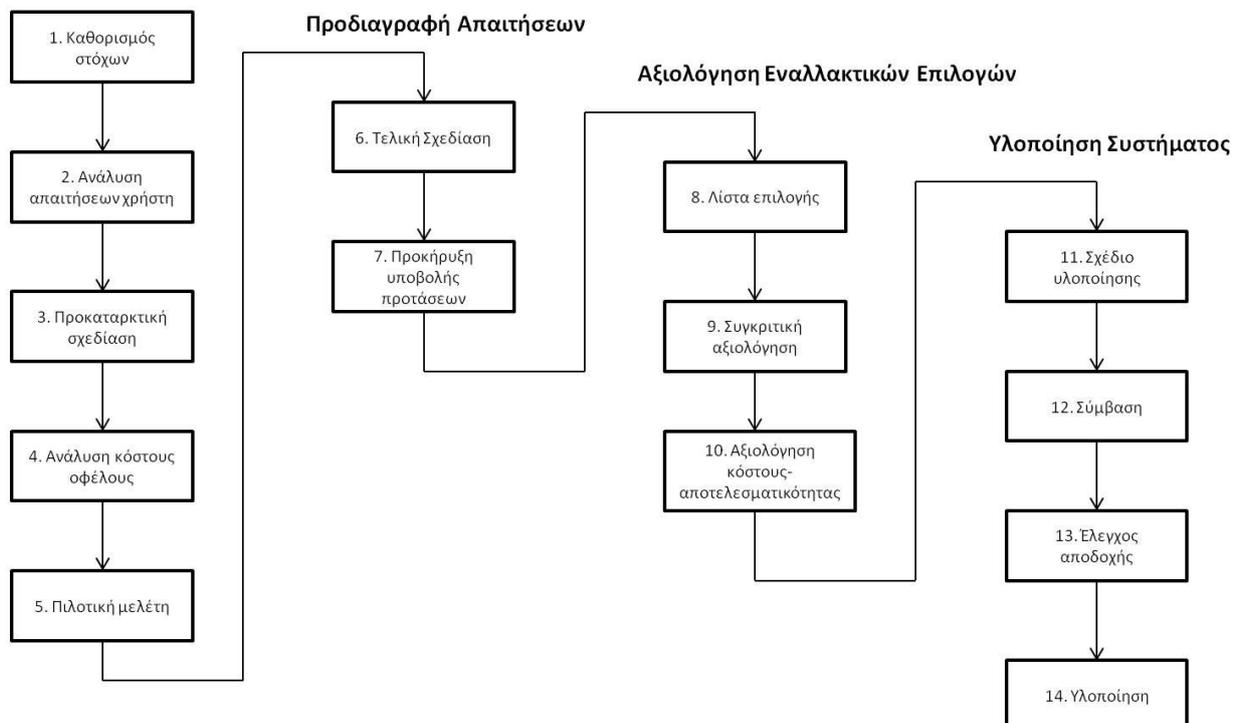
4.7.1. Διαδικασία Ανάπτυξης ενός Βιώσιμου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Ο κύκλος ζωής ενός ΓΠΣ όπως και πολλών άλλων έργων τεχνολογίας πληροφοριών μπορεί να αναλυθεί στις παρακάτω φάσεις οι οποίες είναι επαναληπτικές (Longley et.al.,2010):

1. Επιχειρηματικός Σχεδιασμός (στρατηγική ανάλυση και συγκέντρωση απαιτήσεων)
2. Προμήθεια συστήματος (επιλογή και αγορά ενός συστήματος)
3. Υλοποίηση συστήματος (συναρμολόγηση των διάφορων τμημάτων και δημιουργία μιας λειτουργικής λύσης)
4. Λειτουργία και συντήρηση (διατήρηση του συστήματος σε κατάσταση λειτουργίας)

Η επιλογή ενός ΓΠΣ είναι ιδιαίτερα σημαντική και συστήνεται ανεπιφύλακτα ανεξαρτήτως όγκου του έργου να ακολουθείται διότι τα μικρά έργα υλοποιούνται γρήγορα ακριβώς επειδή είναι μικρά και εξελίσσονται σε πολυδάπανα:

Ανάλυση Απαιτήσεων



Εικόνα 4.8. Γενικό Μοντέλο επιλογής Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Πηγή: (Longley et.al., 2010)

Προκειμένου ένα ΓΠΣ να είναι βιώσιμο θα πρέπει να έχει επιτυχία σε οποιονδήποτε από τους παρακάτω τομείς ή ακόμη και σε όλους οι οποίοι βοηθούν στην εξασφάλιση της υγείας του. Οι τομείς αυτοί είναι (Sugarbaker, 2005):

1. Υποστήριξη πελατών
Στους προσδευτικούς οργανισμούς όλοι οι χρήστες ενός συστήματος και των προϊόντων του αναφέρονται ως πελάτες. Μία κρίσιμη υπηρεσία ενός επιχειρησιακού συστήματος είναι η υποστήριξη πελατών, η οποία θα μπορούσε να είναι ένα γραφείο επανδρωμένο με προσωπικό υποστήριξης ή μία δικτυακή τηλεφωνική υπηρεσία και υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το τμήμα υποστήριξης τυπικά εκτελεί βασικές εργασίες όπως τεχνική υποστήριξη, καταγραφή προβλημάτων και ανταποκρίνεται στα αιτήματα των χρηστών για δεδομένα, χάρτες, εκπαίδευση και άλλα προϊόντα.
2. Υποστήριξη επιχειρησιακών λειτουργιών
Με τον όρο υποστήριξη επιχειρησιακών λειτουργιών εννοείται η διαχείριση του συστήματος, η συντήρηση, η ασφάλεια, η λήψη αντιγράφων ασφαλείας, η προμήθεια τεχνολογίας και άλλες λειτουργίες υποστήριξης.
3. Υποστήριξη διαχείρισης δεδομένων
Ένας διαχειριστής βάσης δεδομένων είναι υπεύθυνος να εξασφαλίζει ότι όλα τα δεδομένα θα πληρούν τα πρότυπα ακρίβειας, ακεραιότητας και συμβατότητας που απαιτούνται.
4. Ανάπτυξη και υποστήριξη εφαρμογών
Αν και συνήθως ένας σημαντικός όγκος εφαρμογών αναπτύσσεται στο ξεκίνημα ενός έργου είναι επίσης πιθανό η ανάγκη για νέες εφαρμογές να είναι διαρκής. Οι μάντζερ ενός έργου ΓΠΣ θα πρέπει να κάνουν την κατάλληλη επένδυση σε κατάρτιση και νέα εργαλεία λογισμικού.

4.7.2. Ανάλυση Κόστους Οφέλους Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Η Βιβλιογραφία περιέχει πολλές αναφορές για το πώς μπορούν να εκτιμηθούν τα κόστη και τα οφέλη ενός ΓΠΣ. Η Obermeyer (1999) πραγματοποίησε μία σύνοψη αυτών των μεθόδων, ενώ ο Tomlinson (2003) σημείωσε τις αρχές που διέπουν μία ανάλυση κόστους οφέλους για ένα ΓΠΣ. Αξίζει να σημειωθεί πως μία ανάλυση κόστους οφέλους για ένα ΓΠΣ περιέχει περισσότερα κόστη από μία όμοια ανάλυση για ένα σύστημα πληροφοριών (Information System, IS), αφού ένα ΓΠΣ απαιτεί πολύ περισσότερα δεδομένα (χωρικά και μη) και πιο αποτελεσματική διαχείριση (Huxhold, W.E. & Levinsohn, A.G., 1995). Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα για έναν αναλυτή να κάνει εκτίμηση κόστους – οφέλους για ένα ΓΠΣ κάνοντας κάποιες τροποποιήσεις σε ένα βασικό μη χωρικό σύστημα πληροφοριών (Pick, 2005). Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως τα οφέλη από τη χρήση ενός ΓΠΣ αργούν να έρθουν, ενδεικτικά αναφέρεται πως το ΓΠΣ κάνει 5 χρόνια για να αγγίξει το νεκρό σημείο, όπου τα συσσωρευμένα πλέον οφέλη αρχίζουν να ξεπερνάνε τα επίσης συσσωρευμένα κόστη (Tomlinson, 2003).

Βήματα πριν την ανάλυση (cost-benefit sub-steps) (Pick, 2005):

1. Ανάπτυξη ενός συνολικού σχεδίου για την ανάλυση κόστους – οφέλους
2. Απόφαση για το ποιος θα είναι ο αναλυτής ή η ομάδα ανάλυσης
3. Προσδιορισμός των εναλλακτικών αναλύσεων κόστους-οφέλους που θα πρέπει να διενεργούνται
4. Προσδιορισμός όλων των ουσιαστικών παραγόντων τόσο για τα κόστη όσο και για τα οφέλη
5. Απόφαση για το πώς θα μετρηθεί κάθε παράγοντας
6. Μέτρηση των κοστών και των οφελών
7. Σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάλυσης σε όλη τη διάρκεια της μελέτης
8. Απόφαση για τις συστάσεις που πρέπει να γίνουν στη Διεύθυνση με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Καθοριστικοί παράγοντες για μία ανάλυση κόστους οφέλους ενός ΓΠΣ (King, J.L. & Schrems, E.L., 1978):

1. Δήλωση του σκοπού
Η δήλωση αυτή δείχνει αν η ανάλυση κόστους – οφέλους χρησιμοποιείται με την παροχή δεδομένων προκειμένου να ληφθεί άμεσα μια απόφαση ή επηρεάζει την πολιτική λήψης

αποφάσεων. Είναι σημαντική αυτή η διάκριση αφού οι μέθοδοι, η ποιότητα των δεδομένων και την υποβολή εκθέσεων των ευρημάτων διαφέρουν ανάλογα το σκοπό.

2. Χρόνος

Η ανάλυση κόστους – οφέλους πρέπει να υποδηλώνει αν γίνεται για ένα ΓΠΣ που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν, για ένα που χρησιμοποιείται τώρα ή για ένα ΓΠΣ που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικό χρόνο. Και οι τρεις αναλύσεις ανάλογα την περίπτωση είναι εξίσου σημαντικές.

3. Έκταση

Η ανάλυση μπορεί να είναι πλήρης στην εξέταση όλων των πιθανών δαπανών και οφελών. Από την άλλη πλευρά όμως μπορεί να περιοριστεί σοβαρά στο πεδίο εφαρμογής: για παράδειγμα, μπορεί να χειριστεί μόνο ένα στοιχείο του κόστους, συνεπώς σε μια ανάλυση ευαισθησίας ο αναλυτής θα είναι σε θέση να δει αν αυτή η αλλαγή επηρεάζει τα αποτελέσματα του οφέλους.

4. Κριτήριο

Αναφέρεται στη μέθοδο που χρησιμοποιείται για να συγκριθούν τα κόστη και τα οφέλη αφού έχουν προσδιοριστεί. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι:

- i. Νεκρό Σημείο (Break-even Point)
- ii. Φόρμουλα (Formulae)
- iii. Σύγκριση γραφημάτων (Comparison chart)
- iv. Ταμειακές ροές (Cash flow)

Κόστη ενός ΓΠΣ	Οφέλη ενός ΓΠΣ
Υλικό	Μείωση μισθών από τη μείωση εργατικού δυναμικού (αποτελεσματικότερες δαπάνες)
Λογισμικό	Μείωση κόστους από την καλύτερη και αποτελεσματικότερη απόδοση των εργαζομένων
Συλλογή δεδομένων	Αύξηση των εσόδων εξαιτίας της βελτίωσης της ποιότητας εργασίας και των δεδομένων που χρησιμοποιούνται
Μετατροπή των χαρτών και των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή	Αύξηση της παραγωγικότητας
Κόστος συντήρησης του υλικού και του λογισμικού	Αύξηση της αξίας των περιουσιακών στοιχείων
Συντήρηση δεδομένων	Βελτίωση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων
Προμήθειες	Βελτίωση στην απόδοση των μανάτζερς και των υπαλλήλων
Σχεδίαση και κατασκευή βάσης δεδομένων	Συντομότερος χρόνος διεκπεραίωσης ενός έργου
Πρόσληψη επιπλέον προσωπικού	Υλοποίηση των στόχων
Εκπαίδευση παρόντος προσωπικού	Ταχύτητα στην πληροφόρηση
Εξωτερικοί συνεργάτες (outsourcing)	Μεγάλος όγκος χρήσιμων πληροφοριών
Παροχή υποστήριξης-συμβουλών (consulting)	Βελτίωση στην διαδικασία πώλησης προϊόντων
Αδειοδότηση (Licensing)	Αποδοτικότερη αξιοποίηση των περιουσιακών στοιχείων
Επικοινωνία, δίκτυα και διασυνδέσεις λογισμικών	Σεβασμός στο περιβάλλον
Χώρος, και τοποθεσία	
Αξιοπιστία	

Πίνακας 4.3. Κόστη & Οφέλη ΓΠΣ
Πηγή: (Pick, 2005)

4.8. Διαχείριση ενός έργου Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Προκειμένου να αυξηθεί το ποσοστό επιτυχίας της εφαρμογής ενός ΓΠΣ σε ένα συγκεκριμένο έργο, θα πρέπει να αναπτυχθεί μια στρατηγική που να λαμβάνει υπόψη όλα τα συστατικά στοιχεία του κύκλου ενεργειών των αποφάσεων για να είναι δυνατό να διατηρηθεί η ποιότητα των δεδομένων και να βελτιστοποιηθεί η ποιότητα της απόφασης.

Μια τυπική πορεία προόδου της διαχείρισης ενός έργου ΓΠΣ θα μπορούσε να είναι η ακόλουθη (Καραπαναγιώτη, 2008):

1. Καθορισμός του σκοπού της μελέτης
 - i. Καθορισμός του απαιτούμενου αποτελέσματος του έργου
 - ii. Σαφής διατύπωση, π.χ. να καθοριστεί μια θαλάσσια περιοχή μεγάλου βάθους ως κατάλληλη για την εναπόθεση υλικών χερσαίων κατασκευών.
2. Προσδιορισμός των αναγκών δεδομένων
 - i. Κατασκευή μοντέλου προσομοίωσης της πραγματικότητας
 - ii. Ανάγκη για τα κατάλληλα δεδομένα ώστε να ληφθεί μια ενημερωμένη και στρατηγική απόφαση
 - iii. Καθορισμός παραμέτρων
3. Προετοιμασία ενός σχεδίου χρήσης του ΓΠΣ (συχνά καλείται ως Χαρτογραφικό Μοντέλο)
 - i. Πρόκειται για ένα διάγραμμα ροής όπου παρουσιάζονται και συνδέονται τα σύνολα των δεδομένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν και οι αναλυτικές τεχνικές που πρόκειται να εφαρμοσθούν. Ο ρόλος του είναι εξίσου σημαντικός, διότι μας παρέχει μια καταγραφή του είδους της ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε
 - ii. Προετοιμασία ενός διαγράμματος του έργου ΓΠΣ
4. Συγκέντρωση των απαιτούμενων δεδομένων
 - i. Μπορεί να περιλαμβάνεται συνδυασμός:
 - νέων δεδομένων
 - δεδομένων αρχείου

Ωστόσο, σημαντικό είναι να ληφθούν υπόψη:

 - η ποιότητα των δεδομένων -είναι κατάλληλα για τη μελέτη;
 - η διαχείριση των δεδομένων η διαχείριση είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας των δεδομένων.
 - ii. Περιορισμοί:
 - χρόνος,
 - χρήματα
 - περιεχόμενο της μελέτης
5. Εισαγωγή των δεδομένων στο ΓΠΣ
 - i. Επιλογή της μεθόδου εισαγωγής των δεδομένων
 - ii. Ανάλυση ευαισθησίας δεδομένων -θεώρηση του αντίκτυπου της ποιότητας των δεδομένων στο τελικό αποτέλεσμα
6. Έλεγχος του ΓΠΣ
 - i. Ελαχιστοποίηση της επίδρασης λανθασμένων δεδομένων στο έργο
 - ii. Ασάφεια ή λογικότητα
 - iii. Σύστημα ερωτημάτων για την εύκολη εξαγωγή των αποτελεσμάτων
7. Λήψη απόφασης
 - i. Το σύστημα αναγνωρίζει πιθανές περιοχές
 - ii. Απόφαση βάσει και άλλων παραγόντων
 - iii. Κρίσεις για τις αξίες
 - iv. Ο ρόλος του ΓΠΣ στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι είναι σημαντικό η ποιότητα των δεδομένων να είναι ανάλογη του επιπέδου της απόφασης που έχει ληφθεί. Εάν η ποιότητα των δεδομένων είναι υπερβολικά χαμηλή,

τότε η απόφαση θα είναι ελλιπέστατη. Υπάρχει η περίπτωση, σε οποιοδήποτε στάδιο ενός έργου ΓΠΣ, να αλλοιωθεί η ποιότητα των δεδομένων, γι' αυτό η διαχείριση του έργου θα πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να διατηρηθεί η κατάλληλη ποιότητα των δεδομένων.

4.9. Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα ως συστήματα λήψης αποφάσεων

Σήμερα τα άτομα-ερευνητές, οι επιχειρήσεις, οι οργανισμοί, τα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα καλούνται να λειτουργήσουν σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Προκειμένου να καταφέρουν να επιβιώσουν σε αυτό οφείλουν να αντιληφθούν και να κατανοήσουν τη φύση, τον βαθμό πολυπλοκότητας και την αβεβαιότητα των απειλών που παρουσιάζονται, καθώς και να εκμεταλλευτούν τις ευκαιρίες που ξεδιπλώνονται. Καθοριστικής σημασίας είναι η δυνατότητα λήψης αποφάσεων με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, καθώς και η κατανόηση των παραγόντων που καθορίζουν αυτή τη διαδικασία (Todd, P. & Benbasat, I. , 2000). Στην περίπτωση των ΓΠΣ η κατανόηση αυτών των παραγόντων έχει διττή σημασία. Πρώτον, τα άτομα που εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων πρέπει να γνωρίζουν πως το κλειδί της επιτυχίας για την επιτυχή χρήση των ΓΠΣ είναι η εξοικείωση με τις γεωγραφικές και χαρτογραφικές αρχές που διέπουν αυτού του είδους τα συστήματα και δεύτερον, να θεωρηθεί βέβαιον πως η χρήση του ΓΠΣ θα οδηγήσει σε μία καλύτερη απόφαση (Pick, 2005).

Αν και μέχρι πρότινος τα ΓΠΣ αξιοποιούνταν κυρίως σε δραστηριότητες και έρευνες σχετικές με το φυσικό περιβάλλον, σήμερα η συμβολή τους στον επιχειρηματικό τομέα είναι καθοριστική. Η χρήση ΓΠΣ δίνει τη δυνατότητα στα στελέχη να εμφανίσουν σε ένα χάρτη μεγάλο όγκο πληροφοριών εύκολα και γρήγορα και να δουν τη σχέση τους (Mennecke et al.,2000). Ένα μεγάλο πλήθος των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες σε μία επιχείρηση έχουν μία γεωγραφική συνιστώσα (Πραστάκος, 2006), οι Baker και Baker αναφέρουν πως το 85% των βάσεων δεδομένων περιέχουν ένα είδος γεωγραφικών πληροφοριών.

Οι επιχειρήσεις καθημερινά αντιμετωπίζουν διάφορα προβλήματα για τα οποία πρέπει να είναι σε θέση να τα αντιμετωπίζουν άμεσα και αποτελεσματικά. Τα ΓΠΣ σε κάνουν να βλέπεις, να καταλαβαίνεις και να διερωτάσαι για τα δεδομένα που επεξεργάζεσαι, μία δυνατότητα που δεν στην παρέχουν οι στήλες και οι γραμμές ενός υπολογιστικού φύλλου (π.χ. Excel). «Τα ΓΠΣ μπορούν να βοηθήσουν μία επιχείρηση να βρει την καλύτερη και καταλληλότερη τοποθεσία για το επόμενο της κατάστημα, βοηθά τους μάρκετερς να αποκτήσουν νέες προοπτικές, αφού με την δημιουργία του κατάλληλου θεματικού χάρτη ο μάρκετερ μπορεί να πραγματοποιήσει μία καλή τμηματοποίηση της αγοράς και να παρατηρήσει που είναι συγκεντρωμένοι οι πελάτες της εταιρείας του.» (Lotfy, 2011). Επιπλέον, η επιλογή βέλτιστης χωροθέτησης ενός δικτύου καταστημάτων μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός ΓΠΣ σε συνδυασμό με μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης (Θαμνίδης, 2009).

Σύμφωνα με τον (Malczewski, 1999) τα προβλήματα μπορούν να διαχωριστούν:

- Προβλήματα Τύπου I
Είναι πλήρως δομημένα με την έννοια ότι τα στοιχεία (δεδομένα, διαδικασίες, κριτήρια αξιολόγησης, περιορισμοί και στρατηγικές) είναι καλώς ορισμένα. Τα προβλήματα αυτά είναι προγραμματιζόμενα και μπορούν να αντιμετωπιστούν με ένα σύνηθες σύστημα επεξεργασίας δεδομένων (Data Processing System, DPS)
- Προβλήματα Τύπου II
Είναι ημιδομημένα προβλήματα και μπορούν να επιλυθούν χρησιμοποιώντας ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems, DSSs)
- Προβλήματα Τύπου III
Ένα πρόβλημα απόφασης εμπίπτει στην κατηγορία αυτή, όταν ουσιαστικά όλες οι σχετικές γνώσεις για την ευέλικτη επίλυση τους μπορούν να κωδικοποιηθούν. Τα συστήματα που λύνουν αυτού του είδους τα προβλήματα είναι τα έμπειρα συστήματα (Expert Systems, ESs).

- Προβλήματα Τύπου IV

Είναι ημιδομημένα προβλήματα των οποίων όλες οι σχετικές γνώσεις για την ευέλικτη επίλυση τους δεν μπορούν να κωδικοποιηθούν (Expert Support Systems, ESSs).

Και οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν για την επίλυσή τους μπορούν να διακριθούν σε αδόμητες, ημιδομημένες και δομημένες (Scott Morton, 1971).



Εικόνα 4.10. Βαθμός δομής των αποφάσεων

Πηγή: (Malczewski, 1999)

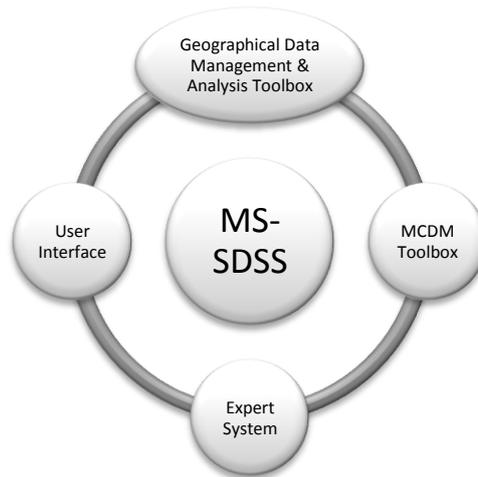
4.9.1. Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Λήψης αποφάσεων

Η MCDM αποτελεί έναν ιδιαίτερα αναπτυσσόμενο κλάδο της επιστήμης της Λήψης Αποφάσεων τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που έχει αναπτυχθεί για σύνθετα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων, όπου αν δεν ακολουθηθεί μία λογική και καλά δομημένη διαδικασία λήψης αποφάσεων πιθανόν να δημιουργηθεί σύγχυση (Malczewski, 1999).

Τα προβλήματα που στηρίζονται στην MCDM αποτελούνται από τα εξής στοιχεία (Malczewski, 1999):

1. Ένα γενικό στόχο ή ένα σύνολο στόχων τους οποίους ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων προσπαθεί να επιτύχει.
2. Τον υπεύθυνο ή τους υπευθύνους που εμπλέκονται σε μία διαδικασία λήψης αποφάσεων.
3. Ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης βάσει των οποίων ο υπεύθυνος αξιολογεί εναλλακτικούς τρόπους δράσης.
4. Το σύνολο των εναλλακτικών αποφάσεων.
5. Το σύνολο των μη ελεγχόμενων μεταβλητών.
6. Το σύνολο των αποτελεσμάτων.

Παραδοσιακά τα DSS βοηθούσαν σε διάφορες δραστηριότητες λήψης αποφάσεων. Μη την ανάπτυξη όμως της οπτικοποίησης, καθώς και των ΓΠΣ τα συστήματα αυτά μετετράπησαν σε Spatial Decision Support Systems (SDSS). Ένα ΓΠΣ που βασίζεται στην επεξεργασία δεδομένων καθώς και στην ανάλυση τεχνικών προκειμένου να συντελέσει στη λήψη αποφάσεων με βάση την πολυκριτηριακή ανάλυση μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα ευρύτερο πεδίο το MC-SDSS (Multicriteria – Spatial Decision Support System), το οποίο ανήκει στο πεδίο SDSS. Όλα αυτά τα συστήματα πληροφόρησης χωροταξικών πληροφοριών έχουν ένα κοινό στόχο, να βελτιώσουν την απόδοση των ιθυνόντων και των διαχειριστών, όταν αντιμετωπίζουν χωροταξικά προβλήματα ημιδομημένων αποφάσεων (Malczewski, 1999).



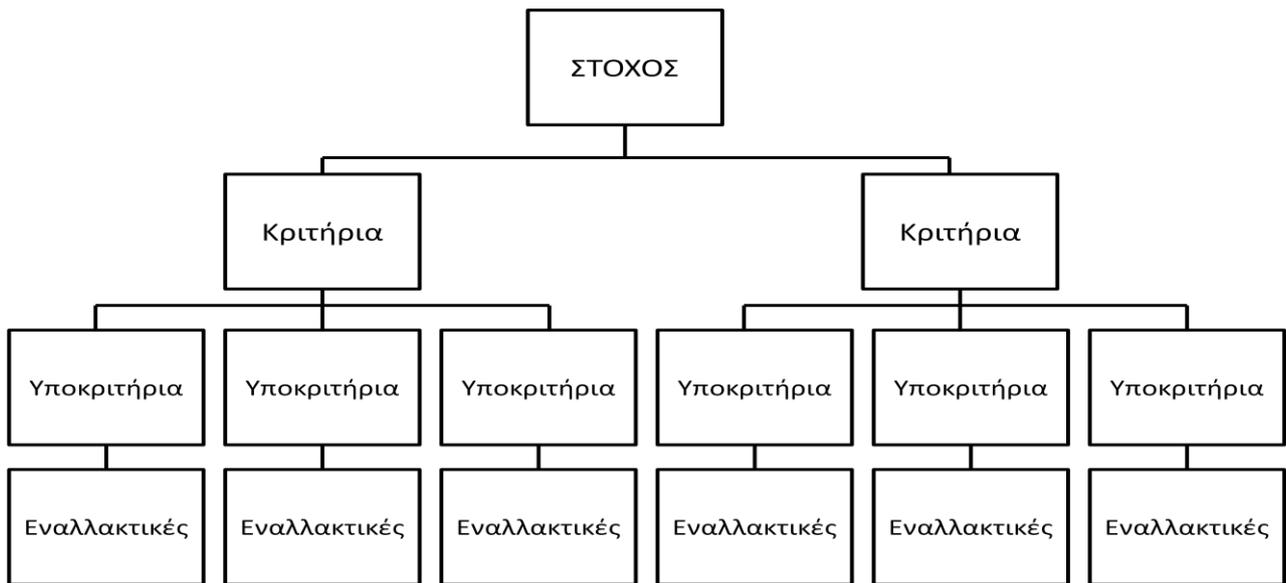
Εικόνα 4.11. Multicriteria – Spatial Decision Support System
Πηγή: (Malczewski, 1999)

Υπάρχουν διάφορες πολυκριτηριακές μέθοδοι λήψης αποφάσεων, ενδεικτικά αναφέρονται (Chen, M. & Wang, H., 2009):

1. Μέθοδος M.A.U.T. (Multi Attribute Utility Theory)
2. Μέθοδος M.A.V.T. (Multi Attribute Value Theory)
3. Μέθοδος U.T.A. (Utility Theory Additive)
4. Μέθοδος STEM
5. Μέθοδος SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique)
6. Μέθοδος SAW (Simple Additive Weighting)
7. Μέθοδος T.O.P.S.IS. (The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
8. Μέθοδος D.E.A. (Data Envelopment Analysis)
9. Μέθοδος ELECTRE
10. Μέθοδος PROMETHEE
11. Μέθοδος O.W.A. (Ordered Weighted Averaging)
12. Μέθοδος A.H.P. (Analytical Hierarchy Process)

4.9.1.1. Η Μέθοδος της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων (Analytic Hierarchy Process, AHP)

Η Μέθοδος της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων (Analytic Hierarchy Process, AHP) αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty στα τέλη της δεκαετίας του '70, έκτοτε έχει καθιερωθεί ως τεχνική ανάλυσης αποφάσεων εξαιτίας της απλότητας, της σαφήνειας και της ευκολίας υλοποίησής της. Ειδικότερα, είναι μία γενική θεωρία μέτρησης η οποία οργανώνει τα δεδομένα σε μία συγκεκριμένη ιεραρχία ώστε ο αναλυτής να μπορεί να φθάσει σε μία ορθή λήψη αποφάσεων (Vargas, 1990). Αναλυτικότερα, η λήψη μίας απόφασης μπορεί να πραγματοποιηθεί διασπώντας ένα πρόβλημα σε μικρότερα συστατικά του στοιχεία και έπειτα πραγματοποιώντας κατά ζεύγη συγκρίσεις για την ανάπτυξη προτεραιοτήτων σε κάθε ιεραρχία. Το συνολικό πρόβλημα τοποθετείται στην κορυφή μίας ιεραρχίας όπου διαμορφώνεται το ανώτατο επίπεδο πολιτικής. Στη συνέχεια, ορίζονται τα χαμηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας. Τυπικά, το δεύτερο επίπεδο μπορεί να αποτελείται από τους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν προκειμένου να επιτευχθεί η πολιτική. Το τρίτο από τις μεθόδους μέσω των οποίων επιτυγχάνονται οι στόχοι και το τέταρτο από τα στοιχεία που αποτελούν τα υποκείμενα για θέση σε προτεραιότητα. Μπορούν φυσικά να υπάρχουν και άλλα επίπεδα.



Εικόνα 4.12. Ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος
 Πηγή: (Saaty, 1980)

4.9.1.1.1. Η Μαθηματική Διαδικασία της ΑHP¹³

Μετά το στάδιο σχεδιασμού της ιεραρχίας του προβλήματος, ο εκάστοτε λήπτης της απόφασης καλείται να συγκρίνει ανά ζεύγη τα στοιχεία κάθε επιπέδου ιεραρχίας με βάση τη συμβολή τους στο στόχο ή την κάλυψη του κριτηρίου που βρίσκεται στο αμέσως υψηλότερο επίπεδο και συνδέεται με τα στοιχεία αυτά. Το αποτέλεσμα των συγκρίσεων με βάση καθένα από τα κριτήρια ή στόχους είναι η δημιουργία ενός πίνακα συγκρίσεων με την παρακάτω μορφή:

Α.Σ.	1	2	...	j
1	α_{11}	α_{12}	...	α_{1j}
2	α_{21}	α_{22}	...	α_{2j}
...
i	α_{i1}	α_{i2}	...	α_{ij}

Πίνακας 4.4. Πίνακας συγκρίσεων A ανά ζεύγη για την κάλυψη κάποιου κριτηρίου ή την επίτευξη ενός απώτερου στόχου (Α.Σ.)
 Πηγή: (Saaty, 1980)

Ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες:

- $\alpha_{ii} = 1$, αφού γίνεται σύγκριση με το ίδιο στοιχείο
- $\alpha_{ij} > 1$, όταν το στοιχείο i είναι σημαντικότερο από το στοιχείο j για την επίτευξη του στόχου
- $\alpha_{ij} < 1$, όταν το στοιχείο j είναι σημαντικότερο από το στοιχείο i για την επίτευξη του στόχου
- $\alpha_{ij} = 1 / \alpha_{ji}$

Αν τα στοιχεία που συγκρίνονται ανά ζεύγη είναι n τότε εύλογα για κάθε πίνακα συγκρίσεων απαιτούνται $(n-1)/2$ συγκρίσεις.

Για την εκτίμηση της ασυνέπειας στις κρίσεις εκείνων που λαμβάνουν αποφάσεις, χρησιμοποιείται ο δείκτης συνέπειας CI (Consistency Index) και ο λόγος συνέπειας CR (Consistency Ratio):

¹³ Πηγή: (Saaty, 1980), (Saaty, T.L., 1994)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$CR = (CI / RI) \times 100$$

Ο δείκτης RI (Random Consistency Index) διαμορφώνεται εμπειρικά ανάλογα με τη διάσταση του πίνακα A βάσει του παρακάτω πίνακα:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,5	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Πίνακας 4.5. Τιμές του δείκτη RI για διάφορες διαστάσεις του πίνακα συγκρίσεων

Πηγή: (Saaty, 1980)

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως το επίπεδο ασυνέπειας στην κρίση του λήπτη απόφασης θα πρέπει να κινείται κάτω από το 10% ($CR < 10\%$), σε αντίθετη περίπτωση είναι σκόπιμο να επανεξετάζεται ο πίνακας συγκρίσεων A. Το τελευταίο στάδιο υπολογισμών περιλαμβάνει την σύνθεση των καθολικών προτεραιοτήτων για κάθε εναλλακτική επιλογή που βρίσκεται στο κατώτερο στάδιο της ιεραρχίας. Ο υπολογισμός των τελικών προτεραιοτήτων P_i δίνεται από την σχέση:

$$P_i = \sum_j w_j b_{ij}$$

Όπου:

w_j : βαρύτητα κριτηρίου j

b_{ij} : βαρύτητα εναλλακτικής επιλογής i, σε σχέση με το κριτήριο j

4.9.1.1.2. Η Κλίμακα του Saaty

Ένταση της Σχετικής Σημασίας	Ορισμός	Ερμηνεία
1	Ίση βαρύτητα	Δυο δραστηριότητες συνεισφέρουν εξίσου στον στόχο
3	Μέτρια βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς μια δραστηριότητα έναντι της άλλης
5	Σημαντική βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά μια δραστηριότητα έναντι της άλλης
7	Εκδηλωμένη βαρύτητα	Μια δραστηριότητα ευνοείται ισχυρά και η κυριαρχία της εκδηλώνεται στην πράξη
9	Μέγιστη βαρύτητα	Οι λόγοι που ευνοούν τη μια δραστηριότητα έναντι της άλλης είναι του υψηλότερου δυνατού βαθμού επιβεβαίωσης
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις	Όταν απαιτείται συμβιβασμός
Αντίστροφοι των παραπάνω μη-μηδενικών αριθμών	Αν σε μια δραστηριότητα αντιστοιχίζεται ένας από τους παραπάνω αριθμούς, όταν αυτή συγκρίνεται με μια δεύτερη δραστηριότητα, τότε η δεύτερη έχει την αντίστροφη τιμή όταν συγκρίνεται με την πρώτη	
Ρητοί αριθμοί	Αναλογίες που προκύπτουν από την κλίμακα	Αν επιβαλλόταν η συνέπεια λαμβάνοντας η αριθμητικές τιμές για το σχηματισμό του πίνακα.

Πίνακας 4.6. Κλίμακα του Saaty

Πηγή: (Saaty, 1980)

4.9.1.1.3. Προϋποθέσεις και βασικές αρχές της μεθόδου AHP

Οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου είναι (Κόλλια Η. , 2012) :

1. Το πρόβλημα να μπορεί να περιγραφεί.
2. Να μπορούν να προσδιοριστούν οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα μέρη του.
3. Να μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις ανάμεσα στα μέρη του προβλήματος σύμφωνα με:
4. Έναν τελικό στόχο ή σκοπό που ο αποφασίζων έχει κατά νου.

Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές (Malczewski, 1999):

1. Αποσύνθεση (Decomposition)
Σύμφωνα με την αρχή της αποσύνθεσης για να κατασκευαστεί μια ιεραρχία, η οποία αποτελεί βασικό συστατικό της μεθόδου, πρέπει να εντοπιστούν τα βασικά στοιχεία του προβλήματος. Για τον εντοπισμό των στοιχείων αυτών είναι απαραίτητη η αποσύνθεση του προβλήματος σε επίπεδα με την μορφή δέντρου. Στο πρώτο επίπεδο του δέντρου βρίσκεται ο τελικός στόχος – απόφαση. Ακολουθείται από τα βασικά κριτήρια που επηρεάζουν την απόφαση στο δεύτερο επίπεδο, τα υποκριτήρια αυτών στο τρίτο και συνεχίζεται με ανάλογο τρόπο. Κάθε επίπεδο λοιπόν, είναι η αποσύνθεση του ακριβώς προηγούμενου. Με τον τρόπο αυτό το πρόβλημα, σπάει σε επιμέρους κομμάτια: γενικές έννοιες, οι οποίες είναι αβέβαιες, γίνονται πιο ειδικές και σαφείς. Στο τελευταίο επίπεδο του δέντρου παραθέτονται οι εναλλακτικές αποφάσεις.
2. Σχετικές συγκρίσεις (Comparative Judgment)
Οι συγκρίσεις κατά ζεύγη που ακολουθούν την αποσύνθεση του προβλήματος, ποσοτικοποιούν την σημασία του κάθε κριτηρίου (ή υποκριτηρίου) στο εκάστοτε επίπεδο σε σχέση με το κάθε στοιχείο που συνδέεται στο ανώτερο ακριβώς επίπεδο. Μέσω των συγκρίσεων αυτών προκύπτουν οι πίνακες προτιμήσεων, οι οποίοι παρέχουν στη συνέχεια την εκτίμηση των σχετικών βαρών για κάθε κριτήριο (ή υποκριτήριο) και για κάθε εναλλακτική.
3. Σύνθεση προτεραιοτήτων (Synthesis of priorities)
Τα σχετικά βάρη που υπολογίζονται μέσω των πινάκων προτιμήσεων υποδεικνύουν την σύνθεση των προτεραιοτήτων, η οποία οδηγεί εν συνεχεία στην κατασκευή της ιεραρχίας.

4.9.1.1.4. Αξιώματα της μεθόδου AHP

Η AHP ως Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων διέπεται από τα παρακάτω Αξιώματα (Vargas, 1990):

1. Reciprocal Comparison
Ο αναλυτής του προβλήματος πρέπει να διαθέτει την ικανότητα να δημιουργεί διμερείς συγκρίσεις κριτηρίων που να βασίζονται σε επαρκή και σαφή δεδομένα και έγκυρες πηγές. Η ένταση της προτίμησης του πρέπει να ικανοποιεί και την αντίστροφη συνθήκη (εάν το A προτιμάται x φορές έναντι του B, τότε το B προτιμάται 1/ x φορές έναντι του).
2. Homogeneity
Η τήρηση της ομοιογένειας είναι σημαντική κατά τη διαδικασία σύγκρισης παραγόντων ως προς ένα χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα, είναι δύσκολο να συγκριθεί ένα πορτοκάλι με ένα κόκκο άμμου διότι διαφέρουν στο μέγεθος, για το λόγο αυτό τα δύο αυτά στοιχεία τοποθετούνται σε διαφορετικές ομάδες (clusters) συγκρίσιμου μεγέθους.
3. Independence
Κατά τη 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 υψηλότερα και διαφαίνεται εξάρτηση των μεταβλητών των κατώτερων επιπέδων από τις μεταβλητές που τοποθετούνται υψηλότερα στην ιεραρχία. Η διαδικασία αυτή καλείται εξωτερική εξάρτηση (outer dependence).

4. Expectations

Όταν ο αναλυτής ολοκληρώσει την ιεραρχική δομή με τη χρησιμοποίηση όλων των κριτηρίων, υποκριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων τότε η επιδίωξή του αυτή χαρακτηρίζεται αντικειμενική.

4.9.1.1.5. Πλεονεκτήματα της μεθόδου AHP

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται στα εξής σημεία (Forman, 1993):

1. Κύριος στόχος της μεθόδου είναι η επιλογή του κατάλληλου σχεδίου με την εξέταση ενός πλήθους κριτηρίων τα οποία είναι σαφώς συνδεδεμένα με τη φύση του προβλήματος που μελετάμε. Επιπλέον, είναι σχεδιασμένη στο να μπορεί ο αναλυτής χρησιμοποιώντας τη να επιτυγχάνει το μέγιστο βαθμό ακρίβειας και αξιοπιστίας μέσω μιας απλής και αποτελεσματικής τεχνικής. Σημαντικό είναι πως κατά τη διαδικασία ιεράρχησης των κριτηρίων απαλείφεται κάθε είδους ασάφεια.
2. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη δύο τύπων κριτηρίων, τα απτά και τα άυλα. Τα απτά κριτήρια συμβάλλουν στη δόμηση των πινάκων απάντησης (response matrices)
3. Οι μήτρες απάντησης κατασκευάζονται με βάση τις διμερείς συγκρίσεις σεναρίων και οφελών, με τον τρόπο αυτό η αξιολόγηση καθίσταται ευκολότερη και δίνεται η ευκαιρία στον ερευνητή να επιλέξει το καταλληλότερο σενάριο με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.
4. Η κλίμακα μέτρησης που χρησιμοποιείται στην εν λόγω μέθοδο διευκολύνει τη σύγκριση των απτών και ιδιαίτερα των άυλων κριτηρίων μεταξύ τους, καθιστά δυνατή την ποσοτικοποίηση των ποιοτικών μεταβλητών και ενισχύει την κρίση του αναλυτή στη διαδικασία επιλογής.
5. Η ευκολία χρήσης και απλότητας των υπολογισμών της μέσα από μήτρες οποιουδήποτε λογισμικού είναι χαρακτηριστικά ιδιαίτερα ελκυστικά.
6. Η μέθοδος λειτουργεί πιο αποδοτικά όταν η λήψη αποφάσεων προέρχεται από μία ομάδα ατόμων και όχι από ένα μεμονωμένο άτομο. Η επικοινωνία με τη μέθοδο αυτή διευκολύνεται και επιλέγονται τα κριτήρια με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα.
7. Η διαδικασία λήψης των αποφάσεων είναι απόλυτα διαφανής.

4.9.1.1.6. Πεδία Εφαρμογής της μεθόδου AHP

Η φύση και τα πλεονεκτήματα της μεθόδου AHP την καθιστούν κατάλληλη για μία πληθώρα εφαρμογών, τόσο στις θεωρητικές όσο και στις εφαρμοσμένες επιστήμες, τη βιομηχανία, τις υπηρεσίες και το δημόσιο τομέα. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικοί από τους τομείς εφαρμογής της είναι (Vargas, 1990), (Saaty et. al., 2008):

Τομέας	Χαρακτηριστικά	Παράδειγμα
Οικονομικά & Διοίκηση	Αξιολόγηση, ο σχεδιασμός, τα χρηματοοικονομικά, οι προβλέψεις, το μάρκετινγκ, η επιλογή χαρτοφυλακίου, η επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης, η ανάθεση πόρων, η επιλογή πολιτικής/στρατηγικής, οι μεταφορές	Το 1999 η Ford χρησιμοποίησε την μέθοδο, ώστε να καθορίσει τις προτεραιότητες για τα κριτήρια που βελτιώνουν την ικανοποίηση των πελατών
Πολιτική	Η οργάνωση στρατιωτικών μονάδων, οι διαπραγματεύσεις, οι εκλογικές υποψηφιότητες, η ασφάλεια, οι πολεμικές επιχειρήσεις	Η μέθοδος εφαρμόστηκε στην διαμάχη για την πνευματική ιδιοκτησία ανάμεσα στις ΗΠΑ και την Κίνα το 1995, για την πειρατική αντιγραφή και εμπορία μουσικής, ταινιών και λογισμικού. Η ανάλυση της AHP η οποία περιείχε τρεις ιεραρχίες για τα πλεονεκτήματα, το κόστος και το ρίσκο, έδειξε ότι θα ήταν καλύτερο για τις ΗΠΑ να μην προχωρήσουν σε κυρώσεις για την Κίνα. Λίγο μετά την ολοκλήρωση της μελέτης, οι ΗΠΑ βράβευσαν την Κίνα ως την προτιμώμενη χώρα εμπορικών συναλλαγών.

Κοινωνικά θέματα	Κοινωνική οργάνωση, η εκπαίδευση, το περιβάλλον, η υγεία, η νομοθεσία, η ιατρική, ο δημόσιος τομέας	Το 2001 η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για να προσδιορίσει το ιδανικό μέρος για την επανεγκατάσταση της Τουρκικής πόλης Adarazari, η οποία καταστράφηκε από ισχυρό σεισμό
Τεχνολογία	Η επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας για κάποια εφαρμογή, η επιλογή τεχνολογικού χαρτοφυλακίου και αγοράς	Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε από την IBM ως μέρος της στρατηγικής βελτίωσης ποιότητας για τον σχεδιασμό του υπολογιστή AS/400 και κέρδισε το διεθνούς κύρους βραβείο Malcolm Baldrige National Quality Award.

Πίνακας 4.7. Τομείς εφαρμογής της μεθόδου AHP
Πηγή: (Vargas, 1990)

4.9.1.1.7. Μειονεκτήματα και Κριτική γύρω από την μέθοδο AHP

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου έχουν άμεση σχέση με τις ιδιότητές της (Harker, 1987):

1. Απαιτεί μεγάλο αριθμό ανά ζεύγη συγκρίσεων
2. Δεν επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή νέων κριτηρίων και νέων εναλλακτικών δράσεων
3. Κατά τη μοντελοποίηση του προβλήματος και κατά τις συγκρίσεις ανά ζεύγη κριτηρίων καθώς και των εναλλακτικών δράσεων υπεισέρχεται η υποκειμενικότητα του αναλυτή.

Η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων παρά την ευρεία διάδοση και χρήση της σε πολλούς τομείς έχει δεχθεί αρκετή κριτική και αμφισβήτηση από πολλούς ακαδημαϊκούς και ερευνητές. Οι βασικοί λόγοι αμφισβήτησης της AHP είναι (Hill, S. & Zammit, C., 2000):

1. Η απουσία θεωρητικής βάσης για την διαμόρφωση των ιεραρχιών, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει τον αποφασίζοντα κατά την αντιμετώπιση πανομοιότυπου προβλήματος στην άντληση διαφορετικών ιεραρχιών και επομένως, διαφορετικών λύσεων.
2. Η βαθμολόγηση κατά την χρήση της AHP είναι αυθαίρετη διότι βασίζεται σε υποκειμενικές κρίσεις και γίνεται βάση μιας θεμελιώδους κλίμακας. Η αυθαίρετη ταξινόμηση μπορεί να οδηγήσει σε αντίστροφη βαθμολόγηση (rank reversal).
3. Υπάρχουν ατέλειες σε ότι αφορά τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την συγκέντρωση των επιμέρους βαρών σε σύνθετα.
4. Η απουσία κάποιων αρχών που διέπουν την στατιστική θεωρία.

Σε γενικές γραμμές η AHP παρά την κριτική που έχει δεχθεί παραμένει μια πολύ διαδεδομένη μέθοδος με εκατοντάδες εφαρμογές. Θεωρείται επιστημονικά δικαιολογημένο σε αυτόν τον κλάδο να αναμένεται κάποιο είδος επικύρωσης των αριθμητικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν ως λύση κατά την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παρά το γεγονός ότι οι κρίσεις και οι προτεραιότητες είναι υποκειμενικές, δεν σημαίνει ότι η μέθοδος πάσχει από πρακτική πλευρά, ούτε ακυρώνεται η αξιοπιστία της. Η AHP είναι μια ψυχοφυσική μέθοδος, με βάσεις σε ψυχομετρικές μεθόδους κατά την εφαρμογή της και επικυρώνεται μέσα από τις ίδιες τις μετρήσεις της.

4.9.1.1.8. Αναλυτική Μέθοδος Ιεράρχησης και Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα

Η συνδυασμένη χρήση των GIS και των μεθόδων πολυκριτηριακής στήριξης των αποφάσεων είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στα προβλήματα χωρικής ανάλυσης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που στη διαδικασία λήψης αποφάσεων συμμετέχουν ομάδες αντικρουόμενων συμφερόντων. Ειδικότερα η MCDA που βασίζεται στα GIS ονομάζεται GIS- MCDA και ορίζεται ως η 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 (Boroushaki, S. & Malczewski, J., 2010). Η κύρια λογική πίσω από την ενσωμάτωση των ΓΠΣ και της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων είναι ότι οι δύο αυτοί τομείς της έρευνας μπορούν να

συμπληρώσουν ο ένας τον άλλο και είναι ενθαρρυντικό πως τα τελευταία χρόνια οι έρευνες έχουν προχωρήσει αρκετά πάνω σε αυτό το κομμάτι κυρίως με τη μέθοδο της επικάλυψης και του συνδυασμού διάφορων πλεγματικών αρχείων που το καθένα από αυτά αντιπροσωπεύει διάφορες τιμές μιας ιδιότητας ή ενός παράγοντα στο χώρο.

Ενδεικτικά αναφέρεται το παρακάτω παράδειγμα συνδυασμού GIS και AHP (Χαλκιάς, Χ. & Παπαδόπουλος, Α., 2007)¹⁴.

Αρχικά οργανώνεται ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών χρησιμοποιώντας τη λογική των θεματικών επιπέδων και το λογισμικό ArcGIS. Το ΓΣΠ θα περιέχει κάποιες πληροφορίες (π.χ. Διοικητική διαίρεση, ακτογραμμή, δίκτυο μεταφορών, τοπογραφία, οικισμούς, περιοχές αναψυχής-τουρισμού, βλάστηση, χρήσεις γης). Η οργάνωση των δεδομένων σε ένα GIS παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής παραγώγων στοιχείων μετά από επεξεργασία και συνδυασμό των πρωτογενών. Στόχος είναι η δημιουργία των τελικών κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα έτσι ώστε να είναι δυνατός σε επόμενη φάση ο συνδυασμός τους. Τελικά, προκύπτουν διάφοροι θεματικοί χάρτες για την υπό μελέτη περιοχή. Τονίζεται πως εφαρμόζοντας το μοντέλο της Αναλυτικής Ιεράρχησης αποδίδεται σε κάθε κριτήριο για το πρόβλημα που εξετάζεται ο κατάλληλος συντελεστής βαρύτητας. Μέσα στο λογισμικό που προαναφέρθηκε για κάθε ένα κριτήριο δημιουργούνται buffers ώστε να προκύψουν για παράδειγμα ζώνες καταλληλότητας και αποκλεισμού. Τελικά, μέσω της εν λόγω μεθόδου ένα δύσκολο χωρικό πρόβλημα για το οποίο πρέπει να ληφθεί κάποια απόφαση μπορεί να μετατραπεί σε ένα απλούστερο.

4.10. Εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων στην Αξιολόγηση Γαιών¹⁵

Ο προσδιορισμός της συνολικής καταλληλότητας γης μιας περιοχής για μία γεωργική καλλιέργεια απαιτεί την εξέταση πολλών κριτηρίων. Κάθε κριτήριο μπορεί να αντιπροσωπεύεται από ένα ξεχωριστό χάρτη ο οποίος θα δημιουργείται μέσω του GIS και θα αφορά το βαθμό καταλληλότητας για κάθε μονάδα γης (land unit). Η ανάλυση καταλληλότητας γενικά περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της κατάλληλης προσέγγισης μέσω της οποίας θα συνδυαστούν αυτοί οι παράγοντες. Τα κριτήρια αυτά δεν είναι εξίσου σημαντικά και κάθε ένα συμβάλει σε διαφορετικό βαθμό στη συνολική καταλληλότητα. Αξίζει να αναφερθεί πως σημαντική στην αξιολόγηση γαιών έχει αποδειχτεί η συμβολή του FAO ο οποίος έχει καθιερώσει τέσσερις κατηγορίες ταξινόμησης, όπως αυτές αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, για την καταλληλότητα εδαφών βάσει των απαιτήσεων των καλλιεργειών οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα ΓΠΣ και στα λογισμικά αυτών: Υψηλής καταλληλότητας-S1, Μέτριας Καταλληλότητας- S2, Οριακής Καταλληλότητας- S3 και Ακατάλληλο- S4. Μέσα στο περιβάλλον εργασίας του ArcGIS πραγματοποιείται Reclassify για τις τιμές των κελιών κάθε εισερχόμενου αρχείου raster. Κάθε αρχείο εισόδου raster σταθμίζεται βάσει της σημαντικότητάς του στο μοντέλο. Επιπλέον, οι τιμές των κελιών κάθε εισερχόμενου αρχείου raster πολλαπλασιάζονται με τα βάρη του raster. Τελικά, οι προκύπτουσες τιμές των κελιών προστίθενται ώστε να παράγουν το εξερχόμενο αρχείο raster. Σημειώνεται πως το αρχείο εξόδου raster πρέπει να είναι διακριτό δηλαδή η τιμή των κελιών θα πρέπει να συγκλίνουν σε έναν ακέραιο. Τελικά, μπορούν να δημιουργηθούν χάρτες καταλληλότητας για την καλλιέργεια ή όχι διάφορων φυτικών ειδών για την περιοχή που μελετάται.

¹⁴ Επιπλέον πηγή: (<http://147.102.106.42/rs/wiki/index.php>)

¹⁵ Πηγή: (Καλύβας, 2007)

4.11. Εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων σε Προβλήματα Χωροθέτησης

Οι δυνατότητες που παρέχουν τα ΓΣΠ είναι πλέον αναγνωρισμένες σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Ιδιαίτερα στον χωροθετικό σχεδιασμό τα ΓΣΠ έχουν δώσει πολλές νέες δυνατότητες και επιλογές. Ο συνδυασμός πλούσιας βάσης περιγραφικών δεδομένων με αντικείμενα πλήρως καθορισμένα ως προς τις χωρικές τους ιδιότητες αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των ΓΣΠ που βρίσκει απήχηση στη χωροθέτηση λειτουργιών. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μάλιστα είναι η δυνατότητα που παρέχουν σχετικά με την «αναπαράσταση κάποιων απόψεων του “πραγματικού” κόσμου με ψηφιακά μέσα, παρέχοντας ένα περιβάλλον για υποβολή ερωτημάτων και πειραματισμό, όπου θα ήταν υψηλού χρηματικού κόστους ή μη πρακτικό να πραγματοποιηθεί» (Martin, 1991)). Αυτή η δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων (queries), μέσω των οποίων ουσιαστικά επιλέγονται αντικείμενα βάσει κάποιων κριτηρίων, είναι προφανές πως, ειδικά για περιπτώσεις με μεγάλο μέγεθος βάσης δεδομένων, συμβάλλει καταλυτικά στη μείωση του χρόνου αναζήτησης στο πλαίσιο ενός ΓΣΠ. Επιπλέον, είναι δυνατόν να γίνουν και σύνθετες αναζητήσεις αντικειμένων σύμφωνα με λογικές συναρτήσεις που συνδυάζουν περισσότερα του ενός κριτηρίων. Επίσης, σημαντική είναι η δυνατότητα που παρέχεται από τα ΓΣΠ για την τοποθέτηση λειτουργιών ή δραστηριοτήτων πάνω στο χάρτη με τη μέθοδο της Γεωκωδικοποίησης (Geocoding), στο τέλος αυτής της διαδικασίας παράγεται ένα ψηφιακό υπόβαθρο με σημεία, τα οποία απεικονίζουν τις γεωκωδικοποιημένες λειτουργίες, παρέχοντας έτσι μία πλήρη εικόνα του χώρου (Περιστερίδης et. al., 2011). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο δεν υπάρχει ένα γενικό μοντέλο χωροθέτησης, η αξιοποίηση όμως των GIS στο σημείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού έχουν διάφορες χρήσεις και μπορούν να προσαρμόζονται σε διάφορα προβλήματα. Ειδικότερα, στα προβλήματα χωροθέτησης-κατανομής τα GIS παρέχουν τις περισσότερες εισροές (Longley et.al.,2010).

Η μεθοδολογική προσέγγιση ενός προβλήματος χωροθέτησης με τη βοήθεια ενός Γεωγραφικού Συστήματος πληροφοριών είναι (Ανδριανάκος, Ν.& Φώτης, Γ., 2005):

1. Συλλογή Δεδομένων
2. Δημιουργία και Χρήση ενός ΓΠΣ
 - i. Υπολογισμός των δικτυακών αποστάσεων
3. Διατύπωση Εναλλακτικών Σεναρίων Χωροθέτησης
4. Κριτηρίων/Παραμέτρων (Criterion Score) της Πολυκριτηριακής Χωροθέτησης
5. Προσδιορισμός Ποσοστού Επιρροής (Weighting) Κριτηρίων / Παραμέτρων της Πολυκριτηριακής Χωροθέτησης
6. Συνδυασμός Παραμέτρων (Βέλτιστες Χωροθετήσεις των Εναλλακτικών Σεναρίων).
7. Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων Χωροθέτησης μέσω υποδειγμάτων Χωροθέτησης - Κατανομής
8. Χαρτογραφική Απεικόνιση των Αποτελεσμάτων.

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων της Πολυκριτηριακής Χωροθέτησης και η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την ψηφιακή απεικόνιση τους αποτελούν την απαρχή της Μεθοδολογικής Προσέγγισης και την παράλληλη δημιουργία ενός ΓΠΣ

Σημειώνεται επίσης πως η Βαθμολόγηση των Κριτηρίων (Criterion Score) της Πολυκριτηριακής Χωροθέτησης πραγματοποιείται σύμφωνα με τις βασικές αρχές της Πολυκριτηριακής Αξιολόγησης και επιτυγχάνεται με την Αναταξινόμηση (Reclassify) των Κριτηρίων σε μία κοινή κλίμακα σε περιβάλλον ΓΣΠ. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως το λογισμικό ArcMap της ESRI είναι το πλέον κατάλληλο για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων. Στο τέλος της διαδικασίας υπάρχουν οι προτεινόμενες χωροθετήσεις των Σεναρίων και η Μεθοδολογική Προσέγγιση ολοκληρώνεται με την εφαρμογή του κατάλληλου μοντέλου Χωροθέτησης - Κατανομής για την αξιολόγηση των Σεναρίων χωροθέτησης. Η επιλογή του μοντέλου σχετίζεται με την επίλυση του εκάστοτε χωροθετικού προβλήματος. Κλείνοντας, να σημειωθεί πως δημιουργούνται κατάλληλοι χάρτες στους οποίους αποτυπώνονται οι προτεινόμενες λύσεις και τα τελικά πορίσματα της διαδικασίας της Χωροθετικής Ανάλυσης.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Case Study

5.1. Περιοχή Μελέτης¹⁶

Η Καρδίτσα περικλείει την περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η πόλη αυτή ανήκει στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και έχει πληθυσμό 129.541 κατοίκους (απογραφή 2001).

Τα εδάφη της Καρδίτσας θεωρούνται στην πλειοψηφία τους πεδινά, εφ' όσον από την συνολική τους επιφάνεια το 49% είναι πεδινά, το 42% ορεινά και τέλος το 9% ημιορεινά. Οι ορεινές και ημιορεινές περιοχές βρίσκονται κυρίως στα δυτικά της Περιφερειακής Ενότητας. Το νοτιοδυτικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής καταλαμβάνεται από τις ψηλές οροσειρές της Πίνδου και από τα «Άγραφα».

Από επιφανειακά νερά η εν λόγω Περιφερειακή Ενότητα είναι πλούσια αφού στην ευρύτερη περιοχή της διέρχονται οι ποταμοί Μέγας, Σοφαδίτικος, Καλέντζης και Ενιπέας οι οποίοι χύνονται στον Πηνειό. Τα υπόγεια νερά είναι επίσης άφθονα. Συγκεντρώνονται σε διάφορα βάθη και είναι προσιτά αλλού με πηγάδια και αλλού με βαθιές γεωτρήσεις. Οι γεωτρήσεις στην περιοχή είναι αρκετές λόγω της αυξημένης ανάγκης σε νερό κυρίως για άρδευση αφού οι εκμεταλλεύσιμες γεωργικές εκτάσεις είναι πολλές.

Σύμφωνα με τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της «Εδαφολογικής Μελέτης Περιοχής Τμήματος Γ' Ζώνης Θεσσαλιώτιδος» της Υ.Ε.Β. της τέως Δ/σης Γεωργίας Ν.Καρδίτσας (1975), προσδιορίστηκαν τρεις εδαφοσειρές, α) εδαφοσειρά αλλουβιακών εδαφών με υπέδαφος βαρείας έως μέσης βαρείας σύστασης αποτελούμενη από αμμώδεις και αμμοαργιλώδεις πηλούς που είναι βραδέως έως λίαν βραδέως διαπερατοί, β) εδαφοσειρά αλλουβιακών εδαφών με υπέδαφος μέσης σύστασης, αποτελούμενη από αμμώδεις και ιλυώδεις πηλούς και πηλούς που είναι μέτρια διαπερατοί και γ) εδαφοσειρά αλλουβιακών εδαφών με υπέδαφος βαρείας έως μέσης σύστασης, αποτελούμενη από αργίλους, αμμώδεις αργίλους, αργιλώδεις και αμμοαργιλώδεις πηλούς και πηλούς που είναι βραδέως έως μέτρια διαπερατοί.

Το σύνολο των εδαφών είναι επίπεδο με ελαφρές κλίσεις και παρουσιάζουν έλλειψη ασβεστίου ενώ τα επίπεδα οργανικών ουσιών είναι χαμηλά, με εξαίρεση τις λεγόμενες «μαυρογαίες». Η αντίδραση των εδαφών αυτών είναι ελαφρά όξινη έως ισχυρά αλκαλική. Έχουν επίσης εντοπιστεί, σε σχετικά περιορισμένο βαθμό, παθογενή εδάφη (αλατούχα και στους βαθύτερους ορίζοντες αλκαλιωμένα εδάφη). Γενικά, η δομή των εδαφών δεν θεωρείται ως ικανοποιητική. Τα περισσότερα πάντως εδάφη θεωρούνται κατάλληλα για μεγάλο αριθμό καλλιεργειών με άρδευση κατά την ξηρή περίοδο.

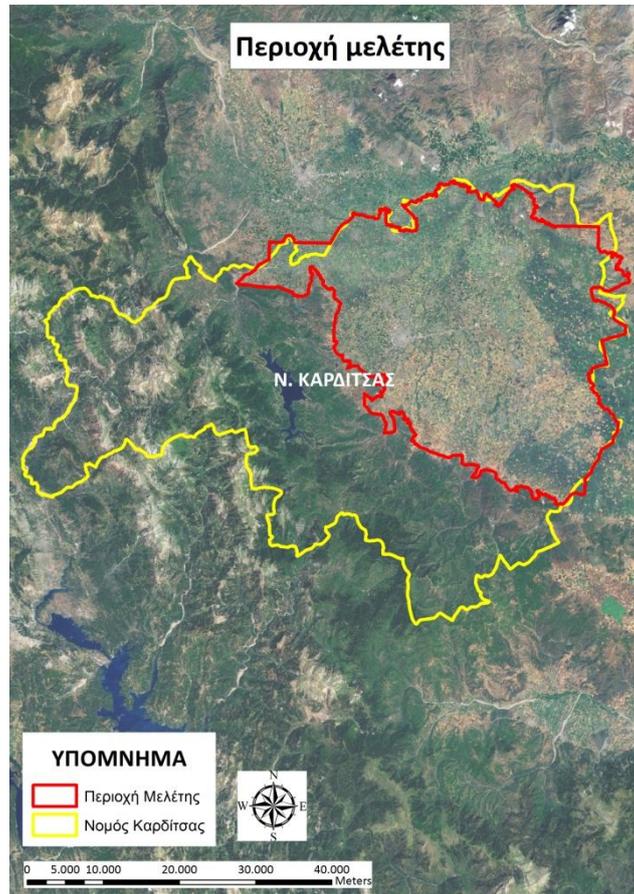
Η λεκάνη της συγκεκριμένης περιοχής βρίσκεται σε ζώνη με μέσο ετήσιο ύψος βροχής 786 χιλ/στρ. με έντονα ανομοιόμορφη κατανομή στη διάρκεια του έτους, όπως προκύπτει από την επεξεργασία των βροχομετρικών στοιχείων που παρατηρούνται στο τοπικό βροχομετρικό δίκτυο.

Αναφορικά με το Δίκτυο Natura 2000, στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας πρέπει να τονιστεί το γεγονός, ότι οι τύποι οικοτόπων και τα είδη προτεραιότητας προστατεύονται και η διατήρησή τους θα πρέπει να διασφαλίζεται κατά τη χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών όρων για κάθε νέο έργο ή δραστηριότητα μέσα στις περιοχές αυτές με βάση την ΚΥΑ 69269/5387/1990.

Αναφορικά με τον πρωτογενή τομέα, εμφανίζει την μεγαλύτερη εξειδίκευση (σε επίπεδο περιφέρειας) στην παραγωγή βιομηχανικών φυτών, κυρίως βαμβακιού και ζαχαρότευτλων, ενώ αξιόλογη εξειδίκευση εμφανίζει και στην παραγωγή πεπονιών. Επιπλέον, συγκριτικά με τις υπόλοιπες Ενότητες της Περιφέρειας, η Π.Ε. Καρδίτσας εξειδικεύεται κατά κύριο λόγο στην παραγωγή πρωτογενών κτηνοτροφικών προϊόντων, όπως γάλατος, κρέατος, λίπους και μελιού. Την υψηλότερη εξειδίκευση εμφανίζει και στην παραγωγή μελιού, στην παραγωγή σουσαμιού, φασολιών, καπνού και βαμβακιού.

¹⁶ Πηγή: (Βαλασά, Β. & Τσατσαρέλης, Κ. & Μουσανίδης, Ε. & Σακελλαρίου, Γ., 2013)

Στο δευτερογενή τομέα ο η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας εμφανίζει την υψηλότερη εξειδίκευση στην καπνοβιομηχανία, στην παραγωγή προϊόντων εκ μη μεταλλικών ορυκτών εκτός των παραγώγων πετρελαίου και άνθρακα και στην κατασκευή μηχανών και συσκευών εκτός ηλεκτρικών και μέσω μεταφοράς. Επιπλέον, εξειδικεύεται κυρίως στις βιομηχανίες-βιοτεχνίες μεταποίησης αγροτικών προϊόντων. Ακόμη, η συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει εξειδίκευση στον κλάδο του Ηλεκτρισμού, Φωταερίου και Ύδρευσης λόγω του υδροηλεκτρικού εργοστάσιου, στον κλάδο των Λοιπών Υπηρεσιών και οριακή εξειδίκευση στον κλάδο του Εμπορίου, Εστιατορίων και Ξενοδοχείων.



Εικόνα 5.1. Περιοχή μελέτης

5.2. Case Study

Στο δεύτερο και πρακτικό μέρος της παρούσας διπλωματικής μελέτης ακολουθεί η αξιολόγηση εδαφών προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα για την εγκατάσταση της υπό ενδιαφέροντος ενεργειακής καλλιέργειας και εν συνεχεία η διερεύνηση των κατάλληλων περιοχών για τη χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας της. Να σημειωθεί πως και στις δύο περιπτώσεις έγινε χρήση του λογισμικού ArcMap έκδοσης 10 το οποίο ήταν διαθέσιμο από την Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Τέλος, σε όλα τα αρχεία μορφής shapefile που αξιοποιήθηκαν το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ελληνικό, δηλαδή το ΕΓΣΑ '87.

5.2.1. Αξιολόγηση εδαφών για την εγκατάσταση καλλιέργειας Ηλίανθου

5.2.1.1. Το Πρόβλημα

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από 997 ΧΕΜ¹⁷ και το πρόβλημα που τίθεται είναι η αξιολόγηση της καταλληλότητας των εδαφών για την εγκατάσταση καλλιέργειας ενός ενεργειακού φυτού, συγκεκριμένα του ηλίανθου από τον οποίο θα παραχθεί βιομάζα. Η ποσότητα της παραχθείσας βιομάζας θα αποτελέσει την πρώτη ύλη βάσει της οποίας θα λειτουργήσουν η/οι μονάδα/ες επεξεργασίας της και εν συνεχεία η/οι μονάδα/ες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο βέλτιστος αριθμός αυτών θα βρεθεί σε επόμενο βήμα.

5.2.1.2. Δεδομένα & Ανάλυση

Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των εδαφών χρησιμοποιήθηκε το πολυγωνικό αρχείο ΧΕΜ σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87. Για το κάθε πολύγωνο υπήρχαν πληροφορίες βάσει του χαρτογραφικού συμβόλου. Οι πληροφορίες αυτές αξιοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των εδαφών της περιοχής μελέτης.

5.2.1.3. Μεθοδολογία

Αρχικά δημιουργήθηκε ο πίνακας καλλιεργητικών απαιτήσεων του ηλίανθου βάσει του πρότυπου πίνακα του FAO που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

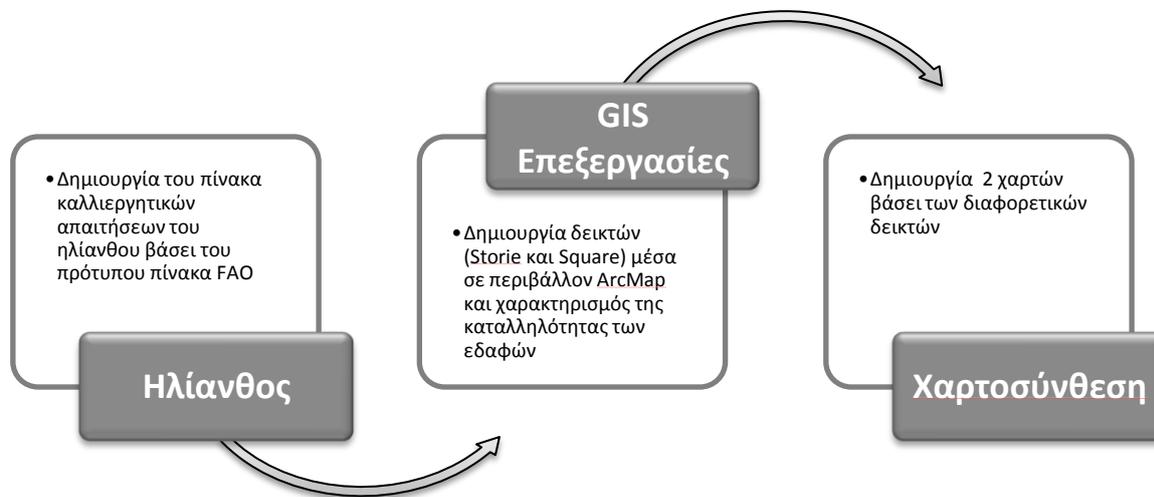
Εδαφικές ιδιότητες	Τάξεις καταλληλότητας κατά FAO & Επίπεδα περιορισμών-κλίμακα βαθμολόγησης περιορισμών					
	S1		S2	S3	N1	N2
	0	1	2	3	4	
	100	95	85	60	40	20
Υδρομορφία	A	B	C	D	E	F,G
Κοκκομετρική σύσταση 0-25 cm	1	2	3	4	5	-
Κοκκομετρική σύσταση 25-75 cm	1	-	2	3	4, 0	-
Κοκκομετρική σύσταση 75-150cm	1	-	3,2	-	0	-
CaCO ₃	1	2	3	0	-	-

Πίνακας 5.1. Καλλιεργητικές απαιτήσεις του ηλίανθου
Πηγή: (Αναστασιάδης, 2012)

Έχοντας ως δεδομένο το πολυγωνικό αρχείο ΧΕΜ καθώς και τη γεωγραφική του βάση δεδομένων (Attribute Table) δημιουργήθηκαν πέντε νέες στήλες (για την υδρομορφία, την κοκκομετρική σύσταση 0-25, 25-75 και 75-150, καθώς και για τα ανθρακικά άλατα) προκειμένου να πραγματοποιηθεί η βαθμονόμηση 100,95,85,60,40 και 20 βάσει του πίνακα καλλιεργητικών απαιτήσεων. Εν συνεχεία, υπολογίστηκαν οι δύο δείκτες εδαφικής καταλληλότητας (Μέθοδος Storie και Μέθοδος Square) βάσει των μαθηματικών τους τύπων και πραγματοποιώντας τα κατάλληλα βήματα στον Attribute Table. Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των εδαφών πραγματοποιήθηκε βάσει δύο δεικτών για λόγους

¹⁷ Πηγή: Εδαφολογική Μελέτη Νομού Καρδίτσας (διαθέσιμη από την Ερευνητική Μονάδα GIS)

έρευνας και σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Έπειτα βάσει της τιμών που πήρε ο δείκτης¹⁸ για κάθε πολύγωνο αυτό χαρακτηρίστηκε ως N2, N1, S3, S2 και S1. Τέλος δημιουργήθηκε ένας χάρτης για κάθε δείκτη που απεικονίζει την καταλληλότητα ή μη των εδαφών.



Εικόνα 5.2. Μεθοδολογία αξιολόγησης εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου

5.2.1.3.1. Σχολιασμός Πίνακα Καλλιεργητικών Απαιτήσεων

Σημειώνεται πως για τη δημιουργία ενός πίνακα καλλιεργητικών απαιτήσεων απαιτείται η διερεύνηση της βιβλιογραφίας, καθώς και η αξιολόγηση λεκτικών αναφορών και παρατηρήσεων, μία διαδικασία που έλαβε χώρα και στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θα πρέπει να τονιστεί πως μία τέτοια είδους διαδικασία φέρει μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητας και πως στα πλαίσια ενός πραγματικού έργου ο ερευνητής είναι καλό να προσαρμόζει τον εν λόγω πίνακα βάσει των ελληνικών συνθηκών. Ένα σημαντικό μειονέκτημα του παρόντος πίνακα είναι πως στη κοκκομετρική σύσταση 0-25 cm τα εδάφη που έχουν πάρει τον βαθμό 5 μάλλον δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, διότι έχουν αναφερθεί περιπτώσεις στη Θράκη η οποία έχει αρκετά αργιλώδη εδάφη όπου καλλιεργείται ο ηλίανθος. Κατά συνέπεια, τόσο σε αυτή την περίπτωση όσο και στην περίπτωση της υδρομορφίας η βαθμολόγηση θα έπρεπε να είναι λίγο διαφορετική. Γίνεται ευθύς αντιληπτό πως ο πίνακας αυτός είναι υπό συζήτηση και απαιτεί σαφώς περισσότερη έρευνα. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί επί τόπου έρευνα στον αγρό προκειμένου να διαπιστωθεί το είδος των εδαφών και αν υπάρχουν εδάφη κατηγορίας 5 και σε αυτά τι αποδόσεις υπάρχουν. Η επί τόπου έρευνα θα αναπροσαρμόσει τα διαθέσιμα στοιχεία και θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα. Τονίζεται πως στα πλαίσια ενός πραγματικού έργου αυτή η διαπίστωση θα ήταν αδύνατη τη δεδομένη χρονική στιγμή διότι στην περιοχή της Καρδίτσας ο ηλίανθος δεν καλλιεργείται ευρέως, υπάρχουν μόνο κάποιες πιλοτικές καλλιέργειες. Θα μπορούσε να προταθεί η δημιουργία ενός Έμπειρου Συστήματος¹⁹ το οποίο

¹⁸ Για τις τιμές αυτές και την αντιστοίχιση του συμβόλου βλ. ενότητα 1.3.6.3.

¹⁹ Έμπειρο Σύστημα στην Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο μιμείται την ικανότητα ενός εμπειρογνώμονα στη λήψη αποφάσεων. Τα έμπειρα συστήματα σχεδιάστηκαν για να λύνουν πολύπλοκα προβλήματα συλλογισμένα με βάση τη διαθέσιμη γνώση σε ένα πεδίο, όπως κάνει ένας εμπειρογνώμονας, και όχι εκτελώντας μία ακριβή διαδικασία επίλυσης την οποία έχει προδιαγράψει ένας προγραμματιστής, όπως στην περίπτωση του συμβατικού προγραμματισμού υπολογιστών.

Πηγή: http://el.wikipedia.org/wiki/Έμπειρα_συστήματα

θα είναι προσαρμοσμένο στη βιβλιογραφία και στα πραγματικά ελληνικά δεδομένα και θα είναι προϊόν συλλογής πληροφοριών και πειραματισμού.

5.2.1.4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης εδαφών δείχνει πως υπάρχουν υποπεριοχές περισσότερο και λιγότερο κατάλληλες για την εγκατάσταση καλλιέργειας ηλιάνθου.

Μέθοδος Storie				Μέθοδος Square			
Καταλληλότητα	Πολύγωνα	Περιοχή	Ποσοστό	Καταλληλότητα	Πολύγωνα	Περιοχή	Ποσοστό
N2	262	473698310,39	42,19				
N1	303	323984755,79	28,86	N1	212	405962980,92	36,16
S3	298	239443926,37	21,33	S3	444	471402811,48	41,99
S2	116	77851081,79	6,93	S2	249	187727091,78	16,72
S1	18	7669640,04	0,68	S1	92	57554830,21	5,13
Άθροισμα	997	1122647714,38	100	Άθροισμα	997	1122647714,38	100

Πίνακας 5.2. Αποτελέσματα αξιολόγησης εδαφών για την καλλιέργεια ηλιάνθου (2 Μέθοδοι)

Ειδικότερα, η πλέον συνηθισμένη μέθοδος της βιβλιογραφίας, η μέθοδος Storie εμφανίζει και τις τέσσερις κλάσεις αξιολόγησης των εδαφών του FAO. Παρατηρείται πως η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει έκταση 1.122,65 τετρ. χλμ., από αυτή το 42,19 % θεωρήθηκε πλήρως ακατάλληλο για την καλλιέργεια του εν λόγω ενεργειακού φυτού, ενώ πλήρως κατάλληλο θεωρήθηκε μόλις το 0,68 %. Επιπλέον, τα μετρίως κατάλληλα εδάφη κατέλαβαν το 6,93 % της περιοχής μελέτης και τα ελαφρώς κατάλληλα το 21,33 %. Τέλος, τα προσωρινά ακατάλληλα εδάφη άγγιξαν το 28,86 % της περιοχής μελέτης.

Από την άλλη με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου Square λαμβάνεται ένα πιο αισιόδοξο σενάριο καλλιέργειας του ηλιάνθου, αφού κανένα πολύγωνο δεν κρίθηκε ως μόνιμα ακατάλληλο ενώ ως προσωρινά ακατάλληλα εδάφη υπολογίστηκε το 36,16 % της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, το γεγονός ότι πρόκειται για ένα πιο αισιόδοξο σενάριο ενισχύεται από το αυξημένο ποσοστό που έχουν καταλάβει τα πολύ κατάλληλα εδάφη, το οποίο είναι αυξημένο κατά 88,4%. Κατά πολύ αυξημένα είναι και τα εδάφη που έχουν χαρακτηριστεί ως λίγο και μετρίως κατάλληλα.

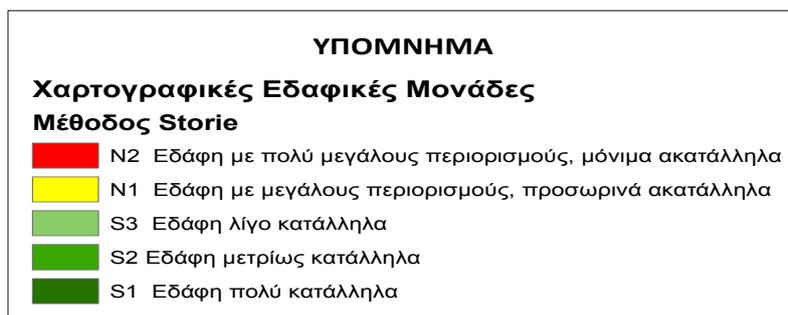
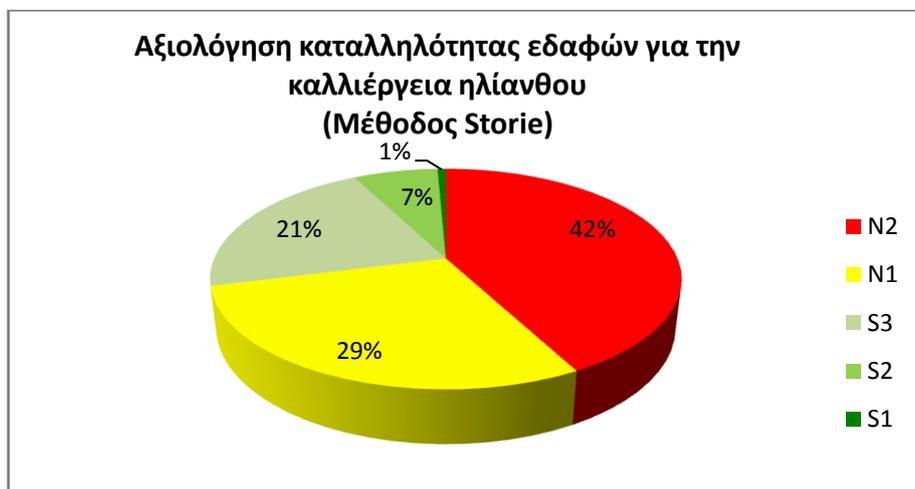
Σημειώνεται πως τα αποτελέσματα της μεθόδου Square προσεγγίζουν καλύτερα την πραγματικότητα και προφανώς σε σχέση με τη μέθοδο Storie έχει μετατρέψει τα εδάφη N2 σε N1. Η μετατροπή αυτή οφείλεται στη διαφορετική φόρμουλα υπολογισμού της καταλληλότητας. Και πάλι όμως το ποσοστό 36,16% των εδαφών N1 θα πρέπει να μειωθεί για να είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως στην βιβλιογραφία η μέθοδος Square σε σχέση με την Storie χαρακτηρίζεται ως πιο κοντινή στην πραγματικότητα, πιο ρεαλιστική δηλαδή και πως είναι καλύτερα να χρησιμοποιείται στον προσδιορισμό κλάσεων καταλληλότητας του εδάφους (Khordebin, S., & Landi, A., 2011), (Ashraf, et. al., 2010). Επιπλέον για τη μέθοδο Storie αναφέρεται πως υποεκτιμά τις κλάσεις καταλληλότητας του εδάφους και τονίζεται ξανά πως όταν συγκριθεί με τη Square η δεύτερη είναι καταλληλότερη διότι οδηγεί σε πολύ πιο λογικά αποτελέσματα και συνδέεται βαθιά με την πραγματική παραγωγή (Ashraf, S. & Normohammadan, B., 2011).

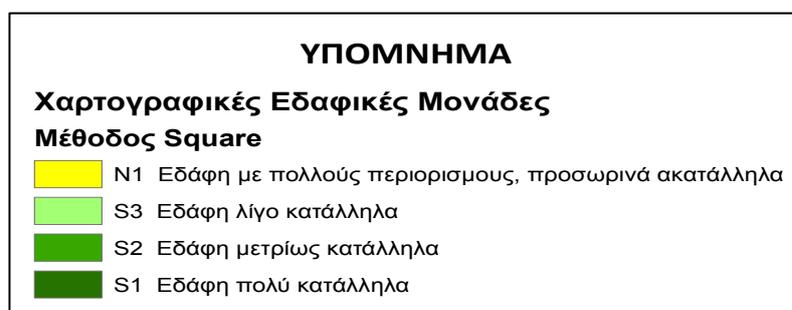
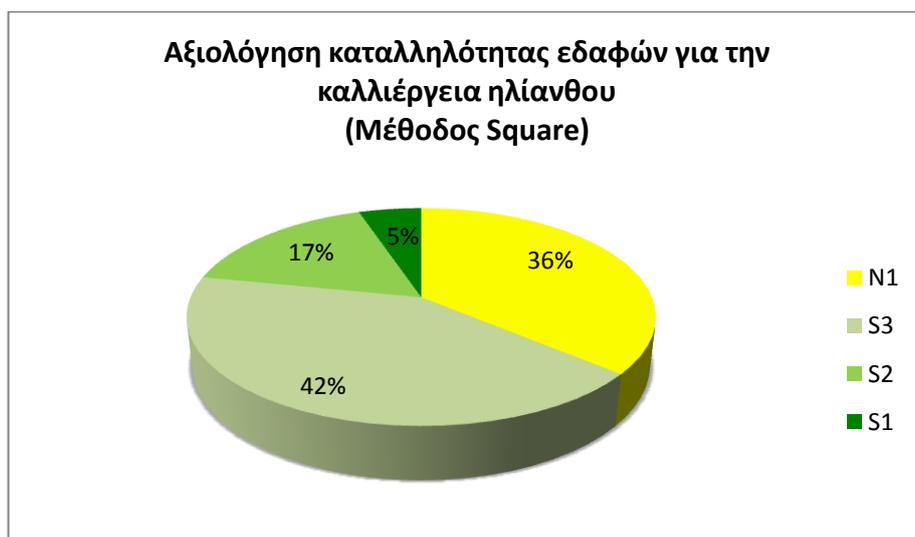
Στη συνέχεια ακολουθούν γραφήματα που απεικονίζουν την ποσοστιαία κατανομή των κλάσεων καταλληλότητας του εδάφους βάσει και των δύο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας το λογισμικό ArcMap και δημιουργώντας χάρτες και για τις δύο μεθόδους που συμβολίζουν την κατανομή εδαφικών κλάσεων καταλληλότητας στην περιοχή μελέτης.

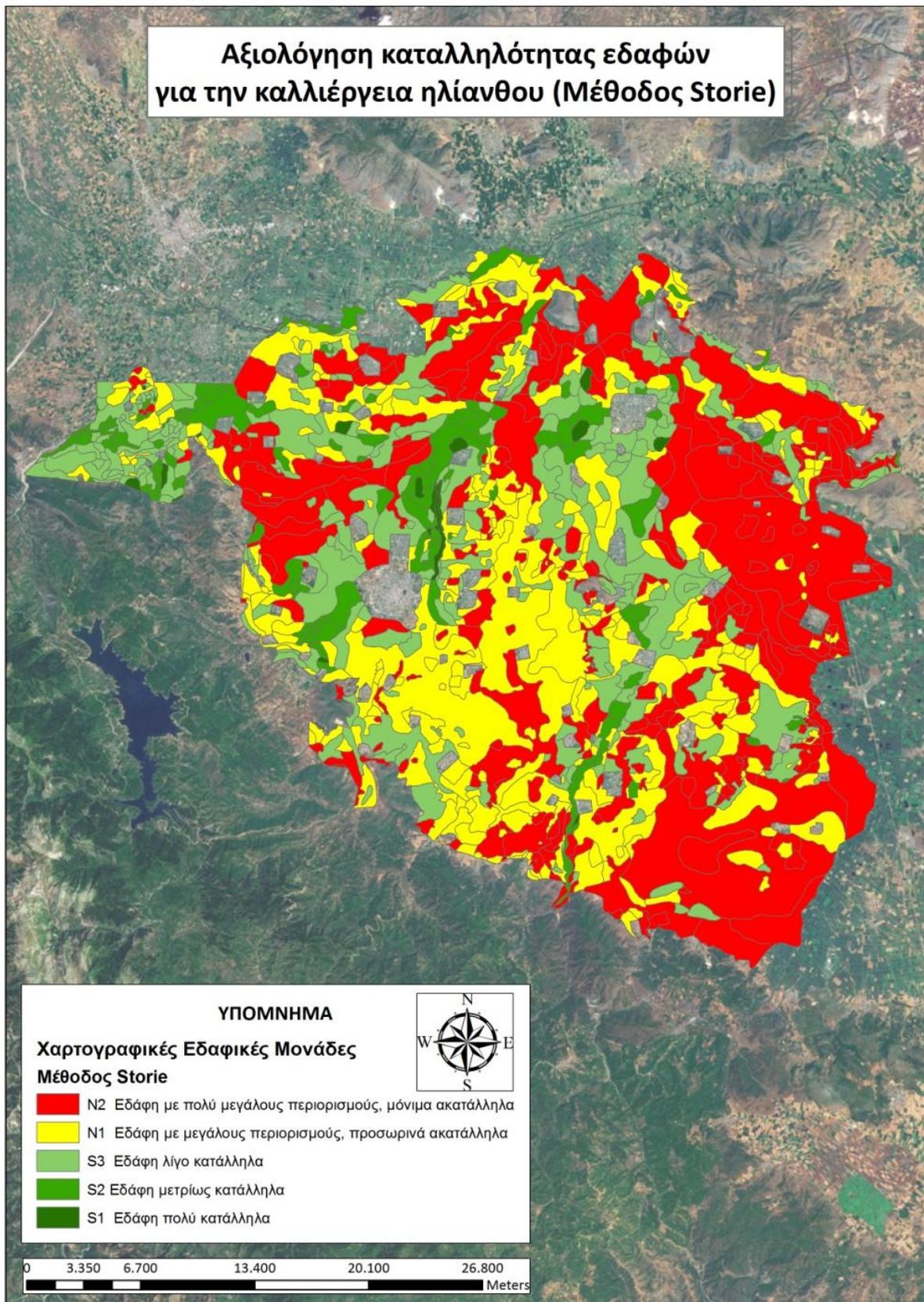
Τέλος, να σημειωθεί πως στο Παράρτημα 1 του πονήματος ο αναγνώστης μπορεί να βρει αναλυτικά τις τιμές που πήρε ο κάθε δείκτης και τις κλάσεις καταλληλότητας που έδωσε.



Εικόνα 5.3. Ποσοστιαία κατανομή καταλληλότητας των εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου (Μέθοδος Storie)

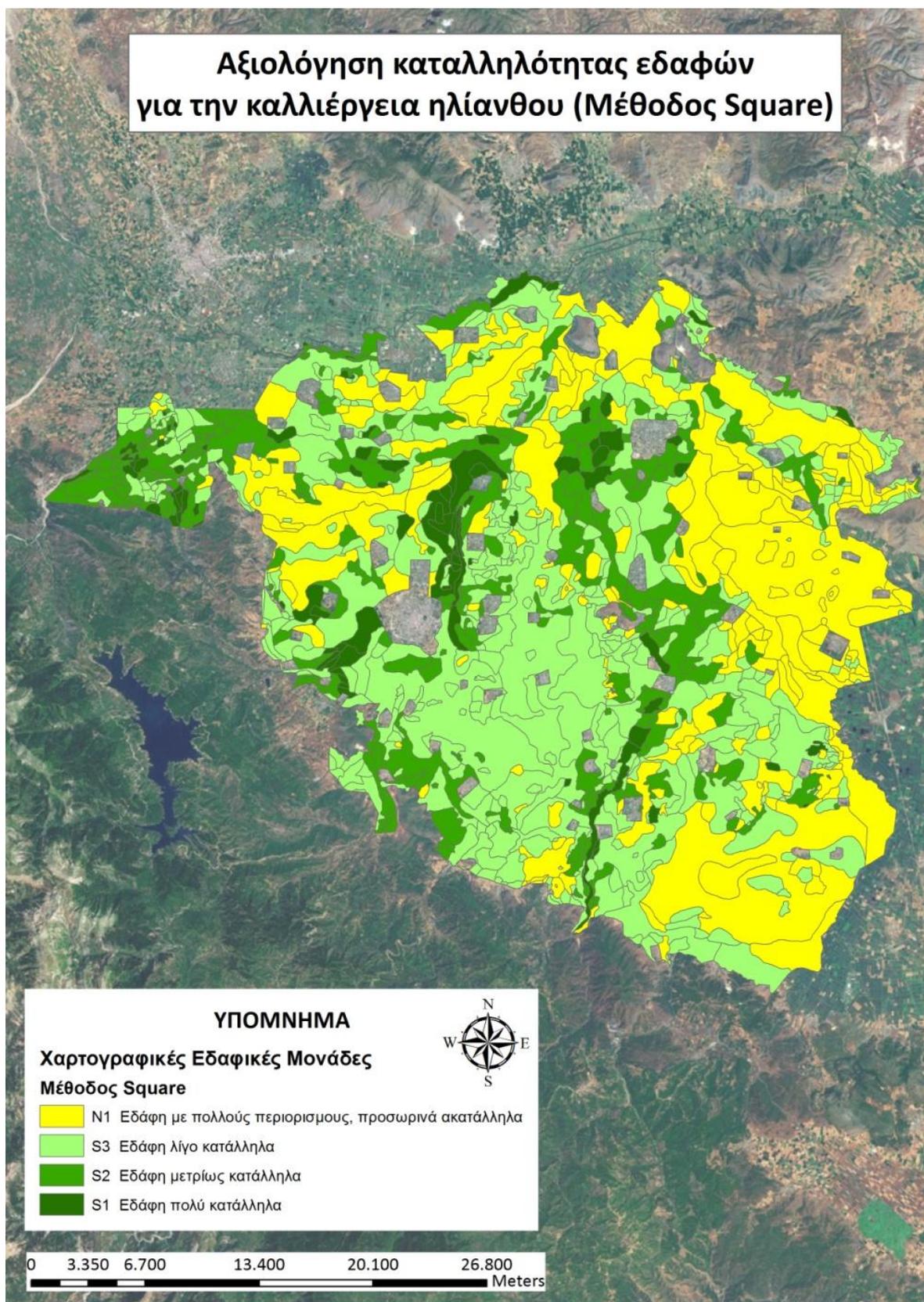


Εικόνα 5.3. Ποσοστιαία κατανομή καταλληλότητας των εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου (Μέθοδος Square)



Εικόνα 5.5. Χάρτης αξιολόγησης καταλληλότητας των εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου (Μέθοδος Storie)

Αξιολόγηση καταλληλότητας εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου (Μέθοδος Square)



Εικόνα 5.6. Χάρτης αξιολόγησης καταλληλότητας των εδαφών για την καλλιέργεια ηλίανθου (Μέθοδος Square)

5.2.2. Χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας καθώς και των μονάδων παραγωγής βιοενέργειας

5.2.2.1. Το Πρόβλημα

Πραγματοποιώντας το πρώτο μέρος της επίλυσης του προβλήματος που έχει τεθεί, δηλαδή βρίσκοντας ποιες περιοχές είναι κατάλληλες (περισσότερο ή λιγότερο) για την καλλιέργεια του ηλίανθου τίθεται το ερώτημα πού θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση των μονάδων επεξεργασίας. Ένας σοβαρός προβληματισμός σχετικά με αυτό το θέμα θα μπορούσε να είναι η ρίψη αποβλήτων. Ο Ν.3468/2006 όμως έρχεται και δίνει την απάντηση αφού ορίζει την έννοια της βιομάζας και τονίζει πως οποιαδήποτε αέρια ή στερεά απόβλητα μπορούν να αξιοποιηθούν. Κατά συνέπεια δεν υπάρχουν κριτήρια που να ορίζουν συγκριμένη χωροθέτηση ενός τέτοιου εργοστασίου.

Η πρόταση της παρούσας διπλωματικής μελέτης είναι η δημιουργία μιας καθετοποιημένης παραγωγικής μονάδας βιοενέργειας και μία τέτοια μονάδα σαφώς διέπεται από ορισμένους κανόνες. Συνεπώς, δεύτερος σκοπός του παρόντος πονήματος είναι η εύρεση των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης μιας τέτοιας μονάδας, μίας μονάδας που θα παράγει βιοενέργεια αλλά θα έχει και τη δυνατότητα επεξεργασίας της αρχικής πρώτης ύλης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως η ελληνική Κυβέρνηση έχει δεσμευτεί επίσημα να συμμορφωθεί απέναντι στους κανονισμούς της Ε.Ε. (2001/77/ΕΚ) δηλαδή σκοπεύει να αντικαταστήσει το 10% των σημερινών συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020 συνεπάγεται αξιόλογες ευκαιρίες για την επόμενη δεκαετία²⁰. Να σημειωθεί πως τα βιοκαύσιμα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις μεταφορές αφού μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (γι' αυτό και χαρακτηρίζονται περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον) και την εξάρτηση από εισαγόμενες πηγές ενέργειας. Παράλληλα δημιουργούν μία νέα ευκαιρία για τους Έλληνες αγρότες. Τέλος, θα πρέπει να υπογραμμιστεί πως η βιομάζα για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία πληθώρα βιομηχανικών εφαρμογών (για παράδειγμα αντικατάσταση του συνήθους χρησιμοποιούμενου καυσίμου στη βιομηχανία, μαζούτ χαμηλού θείου, με βιομάζα).

5.2.2.1.1. Λόγοι πρότασης καθετοποίησης του εργοστασίου παραγωγής βιοενέργειας

Η καθετοποίηση και ο βαθμός της είναι ένα θέμα μεγάλης στρατηγικής σημασίας με τεράστιες επιπτώσεις σε μία επιχείρηση, στην στρατηγική λειτουργίας της και στην απόδοση της και αποτελεί μία έκφραση των σύγχρονων οικονομιών. Τα πλεονεκτήματα της κάθετης ολοκλήρωσης μπορούν να συνοψισθούν στα εξής (Παπαδάκης, 2002), (Κατσουλάκος, 2006):

1. Η βιομηχανική μονάδα μπορεί να γίνει πλήρως ανεξάρτητη
2. Η βιομηχανική μονάδα όντας πιο κοντά στην πρώτη ύλη μπορεί να εξασφαλίσει πιο αξιόπιστη παραγωγή
3. Συνεπώς το προϊόν της είναι προστατευμένο και υπάρχει το πλεονέκτημα της σταθερής παραγωγής
4. Ανάληψη επενδύσεων σε εξειδικευμένους πόρους
5. Ραγδαία ανάπτυξη και δημιουργία δυνατότητας χτισίματος εμποδίων στους ανταγωνιστές
6. Εκμετάλλευση των οικονομιών κλίμακας²¹

²⁰ Πηγή: (<http://www.investingreece.gov.gr>)

²¹ Οικονομίες κλίμακας είναι ένας όρος των οικονομικών, που αναφέρεται στην μείωση του κόστους που επιτυγχάνει μια επιχείρηση αυξάνοντας την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος.

5.2.2.2. Δεδομένα & Ανάλυση

Καθοριστική σημασία σε αυτό το βήμα κατείχε η ύπαρξη του Φύλλου της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 2464B/2008) και ειδικότερα το Άρθρο 18 «Κριτήρια Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα» όπου ορίζει κυρίως τα παρακάτω σημαντικά στοιχεία:

1. Ότι προνομιακές περιοχές χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα ή βιοαέριο, θεωρούνται ενδεικτικά, οι χώροι που ευρίσκονται πλησίον γεωργικών εκμεταλλεύσεων παραγωγής της πρώτης ύλης ή ΧΥΤΑ.
2. Τις ζώνες αποκλεισμού.
3. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα ή βιοαέριο πρέπει να τηρούν ελάχιστες αποστάσεις.

Λαμβάνοντας υπόψη και την ΚΥΑ 11421/1997 που καθορίζει τα κριτήρια χωροθέτησης των ΧΥΤΑ τα κριτήρια αποκλεισμού περιοχών είναι τα εξής:

Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Θεσμοθετημένες περιοχές προστασίας της φύσης Natura	Ζώνη 2.500 m
Περιμετρικά των ορίων των οικισμών	Ζώνη 600 m
Κύριο οδικό δίκτυο	Ζώνη 400 m
Τουριστικές περιοχές	Ζώνη 500 m
Αρδευόμενες περιοχές (θεωρούνται οι αρδευόμενες καλλιέργειες)	Ζώνη 500 m
Μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	Ζώνη 500 m
Υδρογραφικό δίκτυο (ποτάμια)	Ζώνη 500 m
Πηγές ύδρευσης	Ζώνη 500 m
Κλίσεις εδάφους	> 30%
Καλλιεργήσιμη γη	Αποκλείεται

Πίνακας 5.3. Κριτήρια χωροθέτησης μονάδας επεξεργασίας βιομάζας

Βάσει του παραπάνω πίνακα για την επίλυση του προβλήματος απαραίτητα ήταν τα παρακάτω δεδομένα:

Δεδομένα	Είδος	Πηγή
Αρχείο shp ΧΕΜ	Πολυγωνικό (polygon)	Ερευνητική Μονάδα GIS Γεωπονικού Πανεπιστημίου
Αρχείο shp Χρήσεων γης (Corine 2000 ²²)	Πολυγωνικό (polygon)	geodata.gov.gr
Αρχείο shp Οδικού Δικτύου Ελλάδος	Πολυγραμμικό (polyline)	Ερευνητική Μονάδα GIS Γεωπονικού Πανεπιστημίου
Αρχείο shp προστατευόμενων περιοχών Natura	Πολυγωνικό (polygon)	geodata.gov.gr
Αρχείο shp ποταμών της Ελλάδας	Πολυγραμμικό (polyline)	geodata.gov.gr
Αρχείο shp οικισμών περιοχής μελέτης	Σημειακό (point)	Ερευνητική Μονάδα GIS Γεωπονικού Πανεπιστημίου
Αρχείο shp τριγωνομετρικών σημείων	Σημειακό (point)	Ερευνητική Μονάδα GIS Γεωπονικού Πανεπιστημίου
Αρχείο shp ισοϋψών καμπυλών με ισοδιάσταση 20 μ.	Πολυγραμμικό (polyline)	Ερευνητική Μονάδα GIS Γεωπονικού Πανεπιστημίου

Πίνακας 5.4. Απαιτούμενα δεδομένα

²² Τα αρχεία προήλθαν από το shp Corine μέσω του εργαλείου Clip του λογισμικού ArcMap, έκδοση 10. Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης φαίνονται στο Παράρτημα 3.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως από το αρχείο των χρήσεων γης (Corine) μέσω του εργαλείου Select by Attributes και εν συνεχεία με Export επιλέχθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, οι αρδευόμενες εκτάσεις, οι πηγές ύδρευσης, οι χώροι εξόρυξης και οι τουριστικές περιοχές και εισήχθησαν στο λογισμικό ως ξεχωριστά αρχεία shp.

Αρχικά έπρεπε να πραγματοποιηθεί μία οργάνωση των δεδομένων καθώς και το τι μπορούσε να παραχθεί από αυτά προκειμένου να προσεγγιστεί η λύση του προβλήματος. Συγκεκριμένα, από το αρχείο ΧΕΜ ορίστηκαν τα όρια της περιοχής μελέτης. Για το κριτήριο των κλίσεων έπρεπε να δημιουργηθεί το ψηφιακό μοντέλο εδάφους DEM (Digital Elevation Model) χρησιμοποιώντας τις ισοϋψείς καμπύλες και τα τριγωνομετρικά σημεία αξιοποιώντας το εργαλείο Create TIN from Features. Στη συνέχεια για τον υπολογισμό της κλίσης η εισροή ήταν το TIN που δημιουργήθηκε και μέσω του εργαλείου Slope δημιουργήθηκαν οι κλίσεις. Τέλος έχοντας τα όρια της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια του εργαλείου Clip τα δεδομένα ήρθαν στα μέτρα των απαιτήσεων της εργασίας αυτής.

5.2.2.3. Μεθοδολογία

Έχοντας πραγματοποιήσει την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων βάσει του νόμου που αναφέρθηκε παραπάνω έπρεπε για κάθε ένα κριτήριο να δημιουργηθούν ζώνες αποκλεισμού (εξαιρέση αποτέλεσαν το κριτήριο της κλίσης και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων) (Sultana, A. & Kumar, A., 2012). Για κάθε ένα κριτήριο όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω μέσω του εργαλείου Buffer δημιουργήθηκαν διανυσματικά αρχεία που περιείχαν μόνο αυτές τις ζώνες. Για το κριτήριο της κλίσης έπρεπε να πραγματοποιηθεί Reclassify και δημιουργία δύο κλάσεων, μικρότερη από 30 % και μεγαλύτερη από 30%. Εν συνεχεία προκειμένου να επιλεγούν οι περιοχές με κλίση < 30% το αρχείο μετατράπηκε σε διανυσματικό. Εν συνεχεία η εύρεση των κατάλληλων περιοχών προς χωροθέτηση της υπό ενδιαφέροντος μονάδας πραγματοποιήθηκε ως εξής μέσα στο περιβάλλον του ArcMap:

Με τη βοήθεια του εργαλείου Union συνδυάζονται όλα τα κριτήρια που έχουν δημιουργηθεί και εν συνεχεία με τη χρήση του εργαλείου Erase απομένουν οι κατάλληλες προς χωροθέτηση περιοχές.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί πως για τη καλύτερη εξακρίβωση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων αξιοποιήθηκε και η μέθοδος AHP η οποία έδωσε ως αποτέλεσμα τις ίδιες πιθανές περιοχές ως κατάλληλες προς χωροθέτηση (περιοχές που έλαβαν την μεγαλύτερη τιμή). Απαραίτητο βήμα όμως πριν την εφαρμογή της μεθόδου AHP ήταν η δημιουργία αρχείων raster. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε Ενοποίηση κάθε κριτηρίου με το αρχείο που υποδεικνύει τα όρια της περιοχής μελέτης μέσω του εργαλείου Union. Απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η μετατροπή των αρχείων σε raster με pixel size 20. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε Reclassify σε 0 και 1 (Boolean λογική) βάσει της υπόδειξης του PMP Μοντέλου, ως 0 χαρακτηρίζονται οι περιοχές ακατάλληλες προς χωροθέτηση και ως 1 οι κατάλληλες. Οι τελικές αυτές περιοχές ήταν προϊόν της αρμόζουσας πράξης μέσα στο περιβάλλον του εργαλείου Raster Calculator. Αξίζει να σημειωθεί πως τα παραγόμενα αρχεία μετά το Reclassify χρησιμοποιήθηκαν ως αρχεία εισόδου στην εφαρμογή της Μεθόδου AHP.

Έπειτα, εγκαταστάθηκε το extension του ArcMap AHP ('ext_ahp') μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ιεράρχιση των κριτηρίων. Τα κριτήρια κωδικοποιήθηκαν προκειμένου να εισαχθούν στον πίνακα και η κωδικοποίηση φαίνεται παρακάτω. Η απόδοση του βαθμού σημαντικότητας²³ βάσει της κλίμακας του Saaty προήλθε από απόφαση ειδικών (Experts) της Ερευνητικής Μονάδας GIS όπως είθισται σε τέτοιες περιπτώσεις:

²³ Πηγές: (Sultana, A. & Kumar, A., 2012), (Αγγελόπουλος, 2010), (Μαυρίδης, 2010), (Μωράκος, 2009)

Κωδικός	Κριτήρια
1	Οικισμοί
2	Πηγές νερού
3	Ποτάμια
4	Καλλιεργούμενες εκτάσεις
5	Αρδευόμενες εκτάσεις
6	Δρόμοι
7	Περιοχές Natura
8	Κλίση
9	Τουριστικές περιοχές
10	Περιοχές εξόρυξης

Πίνακας 5.5. Κριτήρια προς βαθμολόγηση για εφαρμογή της μεθόδου ΑHP

Μέσα στο περιβάλλον εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε η μήτρα δυαδικών συγκρίσεων διαμορφώθηκε ως εξής:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	3	3	5	5	5	5	7	9	9
2	0,3333	1	2	3	4	5	5	6	7	7
3	0,3333	0,5	1	2	4	4	5	6	6	7
4	0,2	0,3333	0,5	1	2	2	4	4	5	6
5	0,2	0,25	0,25	0,5	1	2	2	3	4	6
6	0,2	0,2	0,25	0,5	0,5	1	2	2	3	5
7	0,2	0,2	0,2	0,25	0,5	0,5	1	2	2	5
8	0,1429	0,1667	0,1667	0,25	0,3333	0,5	0,5	1	2	4
9	0,1111	0,1429	0,1667	0,2	0,25	0,3333	0,5	0,5	1	2
10	0,1111	0,1429	0,1429	0,1667	0,1667	0,2	0,2	0,25	0,5	1

Πίνακας 5.6. Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 10 κριτηρίων

Και τα βάρη σημαντικότητας, καθώς και ο δείκτης συνέπειας υπολογίστηκαν αυτόματα:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Βάρη	0,307	0,2	0,1593	0,0989	0,0695	0,0537	0,0421	0,0318	0,022	0,0157
CR =	0									

Πίνακας 5.7. Τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων και ο λόγος συνέπειας CR

Σχόλια:

Από τις τιμές βαρύτητας των κριτηρίων διαπιστώνεται πως το σημαντικότερο κριτήριο είναι οι οικισμοί ακολουθούμενοι από τις πηγές νερού, τις καλλιεργούμενες εκτάσεις, τις αρδευόμενες εκτάσεις, το οδικό δίκτυο, τις περιοχές Natura, την κλίση του εδάφους, τις τουριστικές περιοχές και τέλος τις περιοχές εξόρυξης.

Επιπλέον, προτείνεται πως στη συνάντηση ειδικών (experts) για τη βαθμονόμηση των κριτηρίων στα πλαίσια κάποιου πραγματικού έργου να υπάρχει και ένας εκπρόσωπος των κατοίκων της συγκεκριμένης περιοχής για ευνόητους λόγους.

Επιπλέον από τα βάρη, γνωστοποιείται πως η συμμετοχή κάθε κριτηρίου στη διαδικασία λήψης της τελικής απόφασης:

Κωδικός	Κριτήρια	Συμμετοχή στη διαδικασία λήψης απόφασης
1	Οικισμοί	30,7 %
2	Πηγές νερού	20 %
3	Ποτάμια	15,93 %
4	Καλλιεργούμενες εκτάσεις	9,89 %
5	Αρδευόμενες εκτάσεις	6,95 %
6	Δρόμοι	5,37 %
7	Περιοχές Natura	4,21 %
8	Κλίση	3,18 %
9	Τουριστικές περιοχές	2,2 %
10	Περιοχές εξόρυξης	1,57 %

Πίνακας 5.8. Ποσοστό συμμετοχής κάθε κριτηρίου στη διαδικασία λήψης της τελικής απόφασης

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται αντιληπτό πως οι οικισμοί αποτελούν το σημαντικότερο κριτήριο για τη διαδικασία χωροθέτησης, συγκεκριμένα καταλαμβάνουν το 30,7% στη διαδικασία λήψης απόφασης ενώ το λιγότερο σημαντικό κριτήριο με το μικρότερο ποσοστό συμμετοχής, δηλαδή 1,57% καταλαμβάνει το κριτήριο των περιοχών εξόρυξης. Επιπλέον, τα τέσσερα πρώτα κριτήρια, δηλαδή οι οικισμοί, οι πηγές νερού, τα ποτάμια και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν το 76,52 % στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Όμως το συγκεκριμένο αποτέλεσμα για να είναι αποδεκτό θα πρέπει να είναι σύμφωνο με τον έλεγχο αξιοπιστίας του πίνακα συγκρίσεων που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των βαρών προτεραιότητας των κριτηρίων συμμετοχής.

Παρατήρηση:

Ο δείκτης συνέπειας βρέθηκε ίσος με $0 < 0,10$, δηλαδή οι τιμές στη σύγκριση ανά ζεύγη είναι συνεπείς όπως επίσης και τα βάρη και δεν απαιτείται να πραγματοποιηθεί εκ νέου εκτίμηση των τιμών – αναβαθμολόγηση των κριτηρίων.

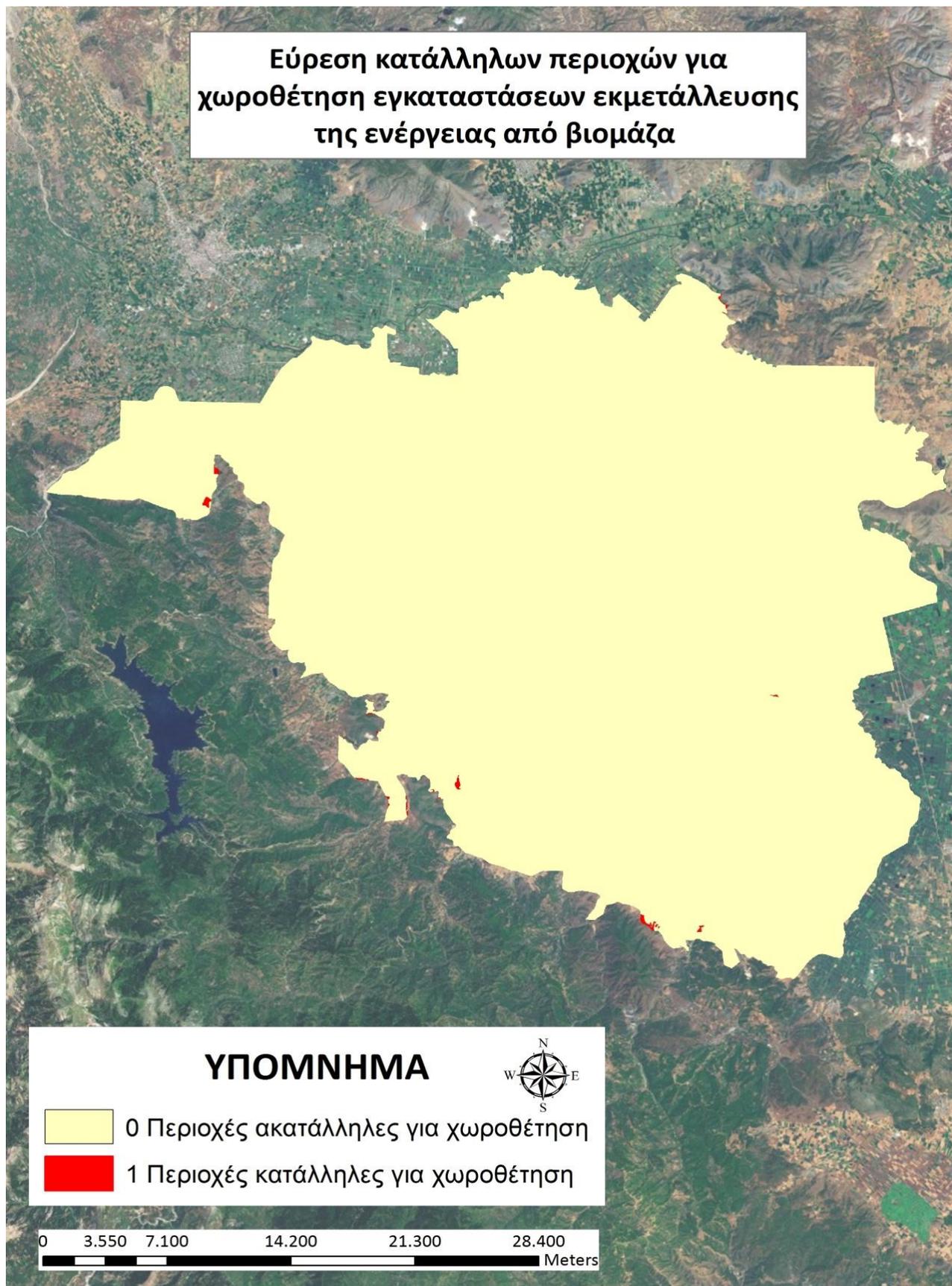
Τέλος, δημιουργήθηκαν οι κατάλληλοι θεματικοί χάρτες με τη βοήθεια των δυνατοτήτων χαρτοσύνθεσης του ArcMap και τα συμπεράσματα βρίσκονται στην επόμενη παράγραφο. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο γεγονός πως οπτικά η ΑΗΡ δημιουργεί ζώνες αποκλεισμού (buffer zones).

Σημειώνεται πως στον χάρτη της εικόνας 5.8. οι λιγότερο ακατάλληλες περιοχές παίρνουν την τιμή 1, ενώ οι πολύ ακατάλληλες περιοχές την τιμή 0,069549.

Σχόλιο:

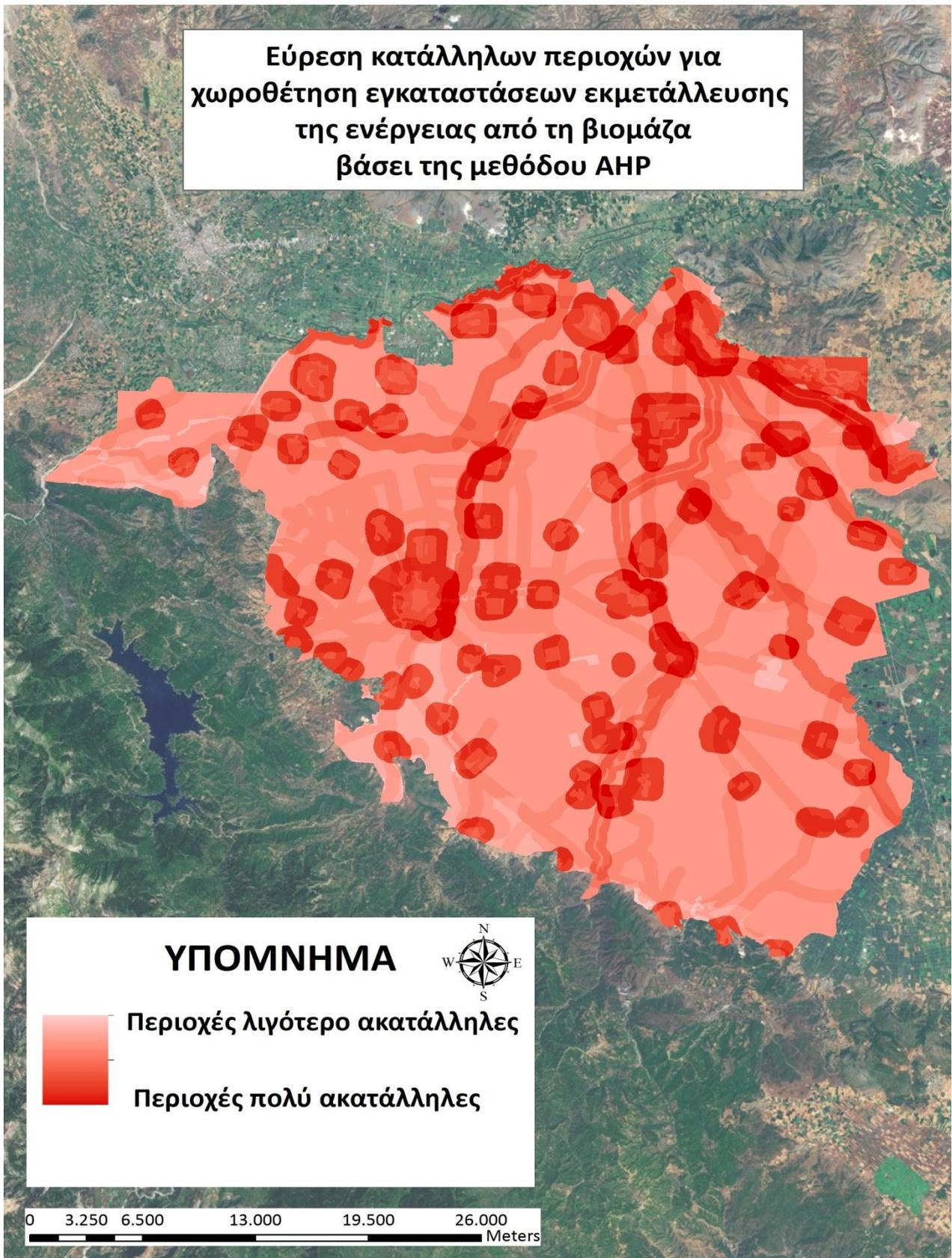
Αξίζει να τονιστεί πως συγκριτικά με τη προηγούμενη μέθοδο όπου κυριαρχεί η λογική 0 και 1, η ΑΗΡ έρχεται πιο κοντά στην πραγματικότητα αφού δίνει τη δυνατότητα λήψης μιας αίσθησης βαθμονόμησης του χώρου. Στη φύση δεν υπάρχει ναι και όχι, κατά συνέπεια γίνεται εμφανής η χρησιμότητα της μεθόδου σε περιβαλλοντικά προβλήματα και προβλήματα χωρικής ανάλυσης. Επιπλέον, σημειώνεται όπως έγινε εμφανές και από το πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης όπου έλαβε χώρα η βιβλιογραφική ανασκόπηση, πως οι θεωρίες που υποστηρίζουν την Ανάλυση Χωροθέτησης είναι διαφορετικές από εκείνες των ΓΠΣ όμως μόνο μέσα σε ένα τέτοιο σύστημα μπορούν να υλοποιηθούν.

**Εύρεση κατάλληλων περιοχών για
χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης
της ενέργειας από βιομάζα**



Εικόνα 5.7. Χάρτης εύρεσης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα

Εύρεση κατάλληλων περιοχών για
χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης
της ενέργειας από τη βιομάζα
βάσει της μεθόδου ΑΗΡ



Εικόνα 5.8. Χάρτης εύρεσης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα βάσει της Μεθόδου ΑΗΡ

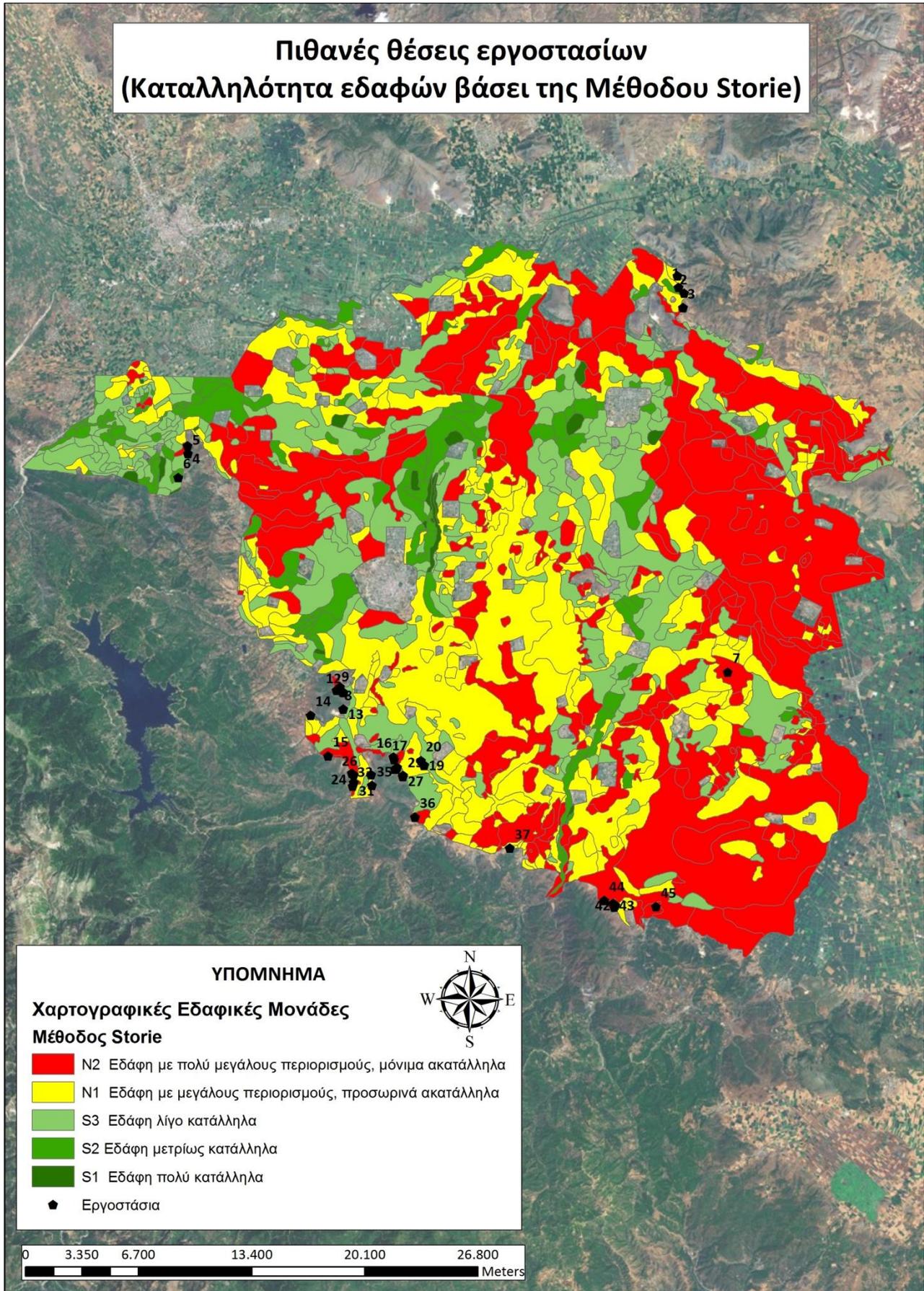
1.1.1.1. Συμπεράσματα

Στον χάρτη που προηγήθηκε παρατηρεί κανείς πως οι κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση είναι αρκετά λίγες και συγκεκριμένα 39. Ευθύς γίνεται αντιληπτό πως μόλις το 3,94% της περιοχής μελέτης κρίνεται κατάλληλο προς χωροθέτηση ενώ το 96% θεωρείται ακατάλληλο. Στο σημείο αυτό τέθηκε το ερώτημα για το ποια περιοχή τελικά θα πρέπει να επιλεγεί. Βασική κατευθυντήρια γραμμή στο σημείο αυτό αποτέλεσε η έκταση των 39 αυτών περιοχών η οποία υπολογίστηκε μέσα στο ArcMap και φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Έκταση κατάλληλων περιοχών προς χωροθέτηση	
FID	Έκταση σε τετρ. μέτρα
37	257200,00000
6	185600,00000
20	143200,00000
4	101600,00000
0	74800,00000
38	73600,00000
31	58000,00000
15	49200,00000
7	34800,00000
9	30400,00000
25	24000,00000
13	21200,00000
34	17600,00000
21	16000,00000
29	16000,00000
26	15200,00000
28	13200,00000
1	12400,00000
35	10000,00000
16	6000,00000
8	5600,00000
14	4400,00000
5	1600,00000
32	1600,00000
33	1200,00000
10	800,00000
17	800,00000
27	800,00000
30	800,00000
2	400,00000
3	400,00000
11	400,00000
12	400,00000
18	400,00000
19	400,00000
22	400,00000
23	400,00000
24	400,00000
36	400,00000

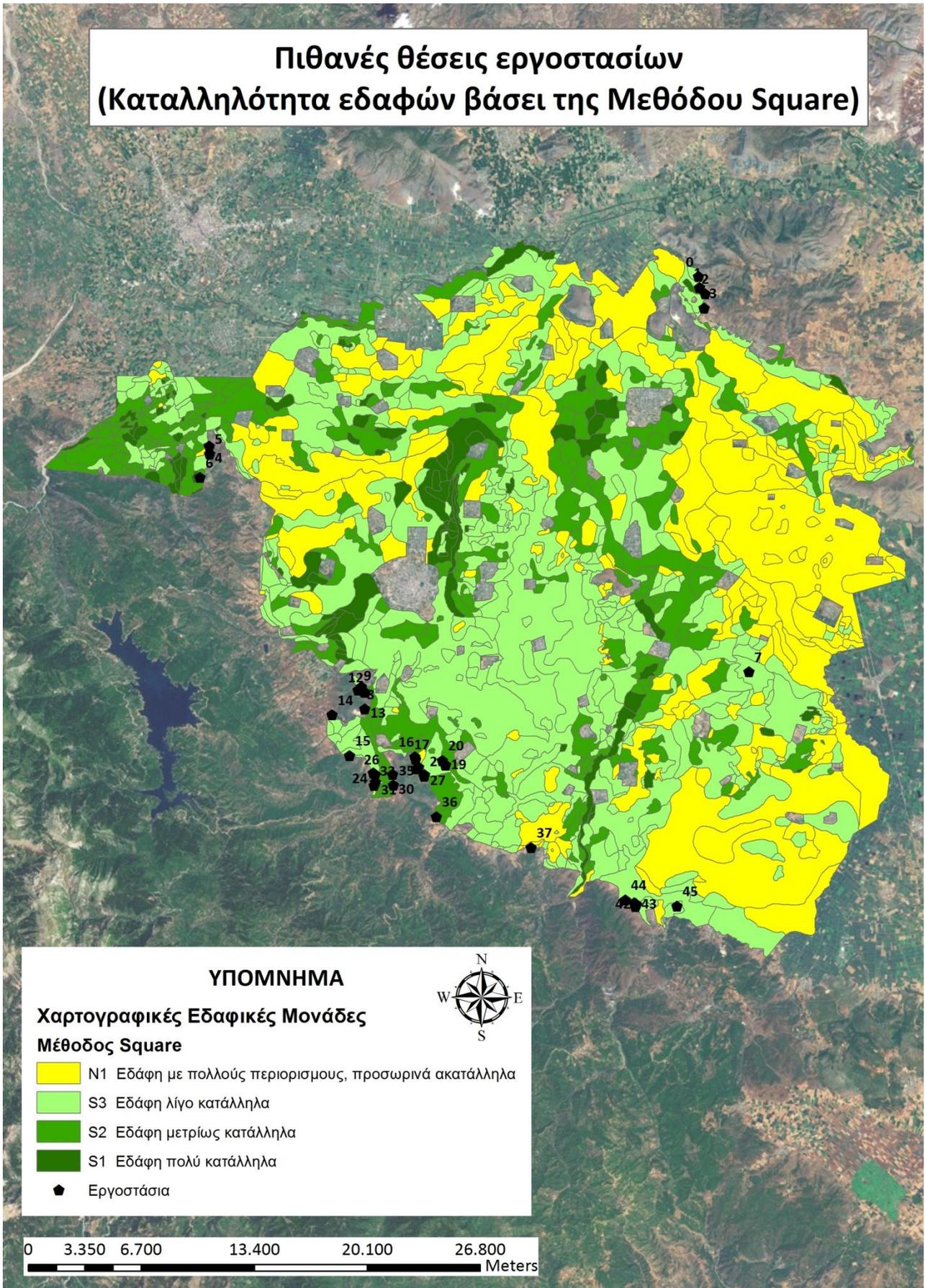
Πίνακας 5.9. Κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση και η έκτασή τους σε τετραγωνικά μέτρα

**Πιθανές θέσεις εργοστασίων
(Καταλληλότητα εδαφών βάσει της Μέθοδου Storie)**



Εικόνα 5.8. Χάρτης απεικόνισης πιθανών θέσεων των εργοστασίων (καταλληλότητα των εδαφών βάσει της Μεθόδου Storie)

**Πιθανές θέσεις εργοστασίων
(Καταλληλότητα εδαφών βάσει της Μεθόδου Square)**



Εικόνα 5.9. Χάρτης απεικόνισης πιθανών θέσεων των εργοστασίων (καταλληλότητα των εδαφών βάσει της Μεθόδου Square)

Η έκταση που απαιτείται για μία τέτοια εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι περίπου στα 35 στρέμματα²⁴, κατά συνέπεια απομένουν οι 8 πρώτες επιλογές²⁵. Όμως σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η μονάδα θα είναι καθετοποιημένη, δηλαδή θα χρειάζεται όχι μόνο χώρο για τα μηχανήματα επεξεργασίας της βιομάζας, καθώς και αποθηκευτικό χώρο συσσώρευσης της πρώτης ύλης, αλλά και τα αντίστοιχα μηχανήματα για την παραγωγή της βιοενέργειας, οι απαιτήσεις σε έκταση αυξάνουν. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητο να γίνει μία νύξη στην δυναμικότητα της παραγωγής.

Ο ηλίανθος μπορεί να προσφέρει το μέγιστο 380 kg σπόρου/στρεμ. (Αναστασιάδης, 2012), δηλαδή τα εδάφη που έχουν χαρακτηριστεί (ανεξάρτητα από ποια μέθοδο χρησιμοποιείται) ως S1 δίνουν το 100% της παραγωγής, τα εδάφη S2 δίνουν το 80%, δηλαδή 304 kg σπόρου/στρεμ., τα εδάφη S3 δίνουν το 60% της παραγωγής, δηλαδή 228 kg σπόρου/στρεμ. και τα εδάφη N1 το 40% της παραγωγής, δηλαδή 152 kg σπόρου/στρεμ., τα εδάφη N2 όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη ενότητα είναι μόνιμα ακατάλληλα για καλλιέργεια, συνεπώς δεν υπάρχει δυναμικότητα παραγωγής σε εκείνες τις περιοχές.

Επομένως καταλήγουμε σε 4 πιθανές περιοχές όπως αυτές φαίνονται στον χάρτη της εικόνας 5.10

Σχόλιο:

Σημειώνεται πως οι κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση έχουν βγει στα όρια της περιοχής μελέτης διότι έχουν εξαιρεθεί οι καλλιεργούμενες εκτάσεις. Τονίζεται για άλλη μία φορά πως στα πλαίσια μιας μελέτης για την υλοποίηση ενός πραγματικού έργου θα πρέπει να διερευνηθεί η σχέση με τη γειτονική περιοχή, για παράδειγμα τι καλλιεργείται στα Τρίκαλα.

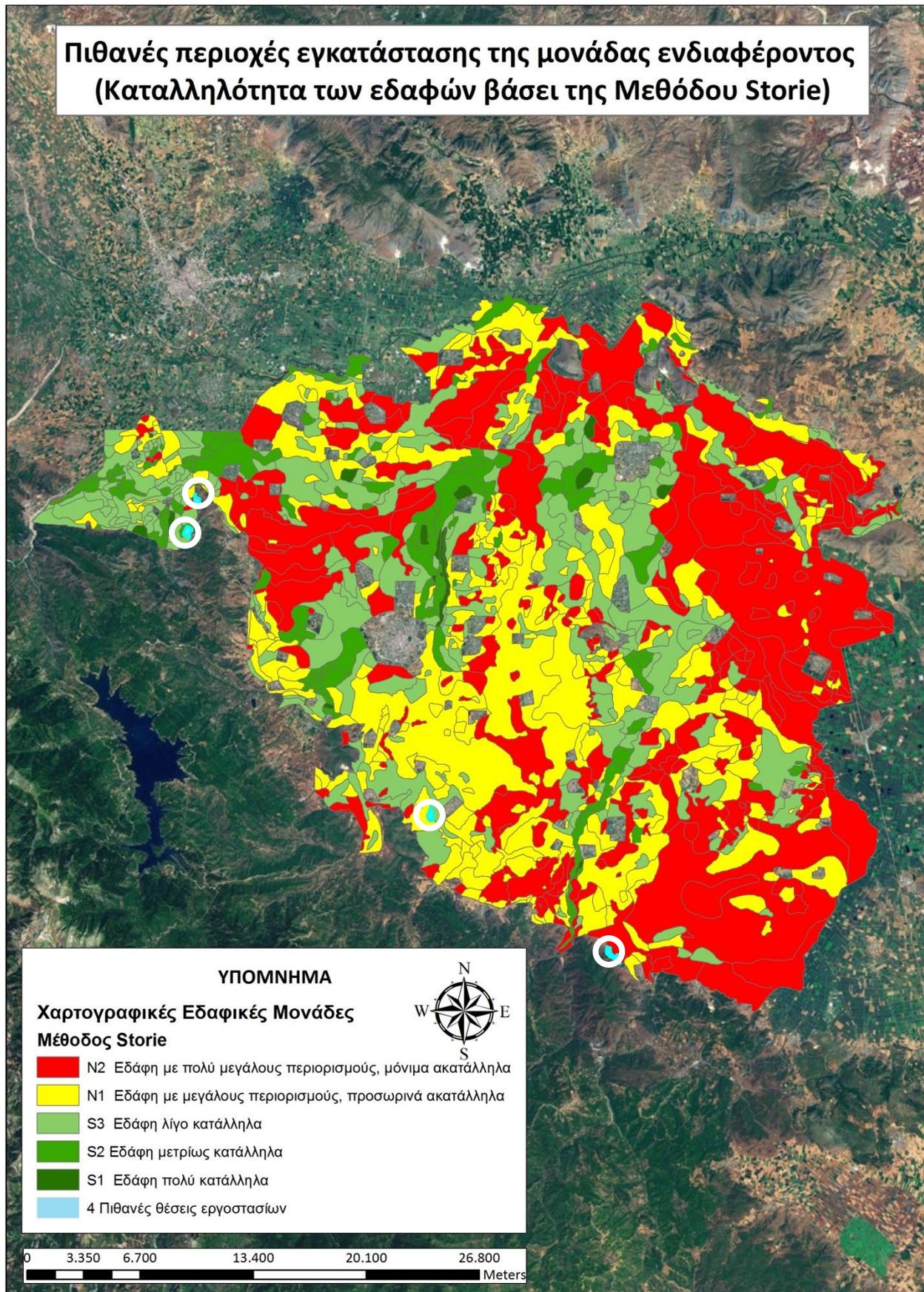
Επιπροσθέτως, άλλος ένα σημαντικός παράγοντας που θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη για τη χωροθέτηση της καθετοποιημένης μονάδας είναι η ύπαρξη ή μη και σε τι βαθμό του εργατικού δυναμικού.

²⁴ Για παράδειγμα η μονάδα που ετοιμάζεται να δημιουργηθεί στο Σουφλί Έβρου από την εταιρεία ΕΛΠΕ Ανανεώσιμες θα καταλάβει περίπου 35 στρέμ., περίπου 30 στρεμ. θα χρειαστεί η ΔΕΗ για την μονάδα που ετοιμάζει στην Κ.Μακεδονία.

Πηγή: (<http://www.agronews.gr>)

²⁵ Σημειώνεται πως το μέγεθος του εικονοστοιχείου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 20.

**Πιθανές περιοχές εγκατάστασης της μονάδας ενδιαφέροντος
(Καταλληλότητα των εδαφών βάσει της Μεθόδου Storie)**



Εικόνα 5.9. Χάρτης απεικόνισης πιθανών θέσεων των εργοστασίων (καταλληλότητα των εδαφών βάσει της Μεθόδου Square)

Συνδυάζοντας τις παραπάνω πληροφορίες και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός πως η μονάδα θα πρέπει να είναι κοντά στις περιοχές παραγωγής του ηλίανθου ανεξάρτητα από τον τύπο της (είτε δηλαδή είναι μονάδα επεξεργασίας βιομάζας είτε είναι μονάδα εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα) καταλληλότερη τοποθεσία κρίνεται αυτή με το FID 6. Αν χρησιμοποιηθεί ο χάρτης καταλληλότητας των εδαφών που δημιουργήθηκε με τη μέθοδο Square και οι περιοχές που είναι περισσότερο κατάλληλες για την καλλιέργεια του ηλίανθου αυξάνονται, τότε η επιλογή αυτή καθίσταται ακόμη πιο ελκυστική.

Επιπλέον, να υπογραμμιστεί πως η επιλεχθείσα περιοχή παίρνει τη μέγιστη τιμή, δηλαδή 1 βάσει της μεθόδου AHP που χρησιμοποιήθηκε παραπάνω γεγονός που την καθιστά καλύτερη βάσει της ιεράρχησης των κριτηρίων.

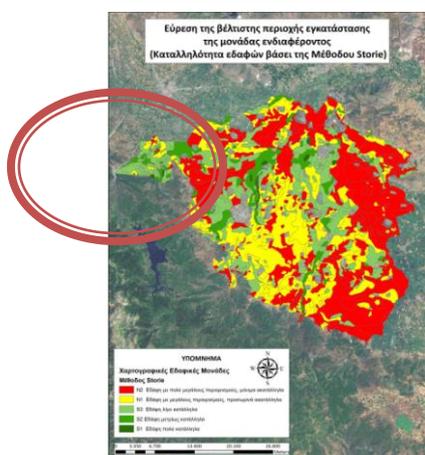
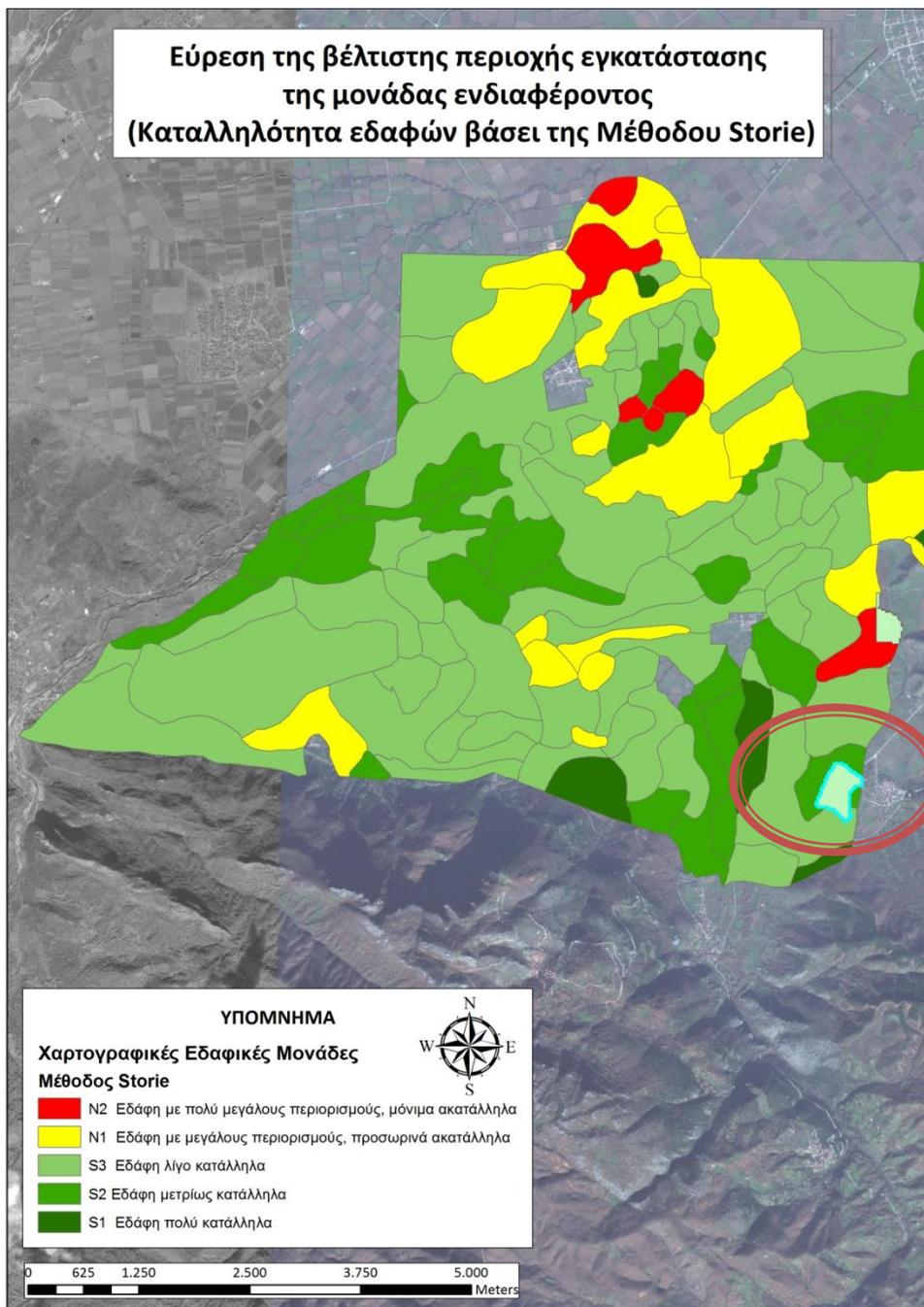
Ολοκληρώνοντας, υπολογίζοντας τις ευκλείδειες αποστάσεις²⁶ από όλες τις παραγωγικές περιοχές πλην των N2 παρατηρεί κανείς πως είναι πολύ μικρές, δηλαδή τόσο οι περιοχές γύρω από το επιλεχθέν εργοστάσιο οι οποίες έχουν τη μεγαλύτερη δυναμικότητα παραγωγής του ηλίανθου όσο και οι πιο απομακρυσμένες είναι πολύ κοντά. Ενδεικτικά αναφέρεται πως ο μέσος όρος των ευκλείδειων αποστάσεων των 735 περιοχών είναι κατά μέσο όρο 20,2 χιλιόμετρα. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί πως για τα υπόλοιπα εργοστάσια ο μέσος όρος είναι αυξημένος, ειδικότερα για το εργοστάσιο με FID 37 ο μέσος όρος των ευκλείδειων αποστάσεων από τις 735 περιοχές προς αυτό είναι 24,7 χιλιόμετρα και για το εργοστάσιο με FID 4 είναι 22,1 χιλιόμετρα. Βέβαια, το εργοστάσιο με FID 20 έχει μέσο όρο 19,1 χιλιόμετρα, όμως επειδή βρίσκεται μέσα σε έδαφος που έχει αξιολογηθεί ως N1 και επιπλέον γύρω του υπάρχουν τέτοιας κλάσης εδάφη μας το καθιστούν απορριπτέο. Τέλος, να υπογραμμιστεί πως επειδή οι αποστάσεις είναι μικρές η εν λόγω εταιρεία έχει τη δυνατότητα να μειώσει τα κόστη μεταφοράς και να αυξήσει το περιθώριο κέρδους της ακόμα περισσότερο, επομένως καθίσταται αυτομάτως πιο ανταγωνιστική στη νέα αυτή για τα ελληνικά δεδομένα αγορά.

AREAS	FACTORY
AREA 968	31875
AREA 974	39300
AREA 981	31597
AREA 982	30656
AREA 986	30880
AREA 987	29636
AREA 988	29495

Πίνακας 5.10. Μέρος αποτελεσμάτων υπολογισμού ευκλείδειων αποστάσεων από τις περιοχές καλλιέργειας προς το επιλεχθέν εργοστάσιο

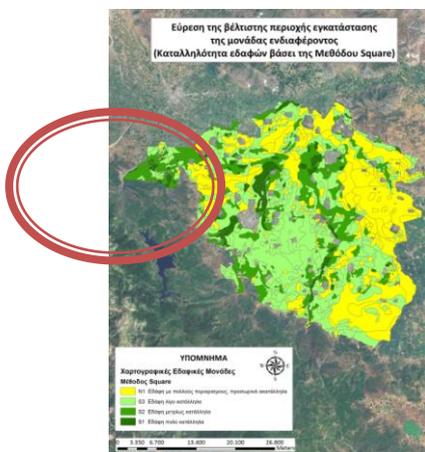
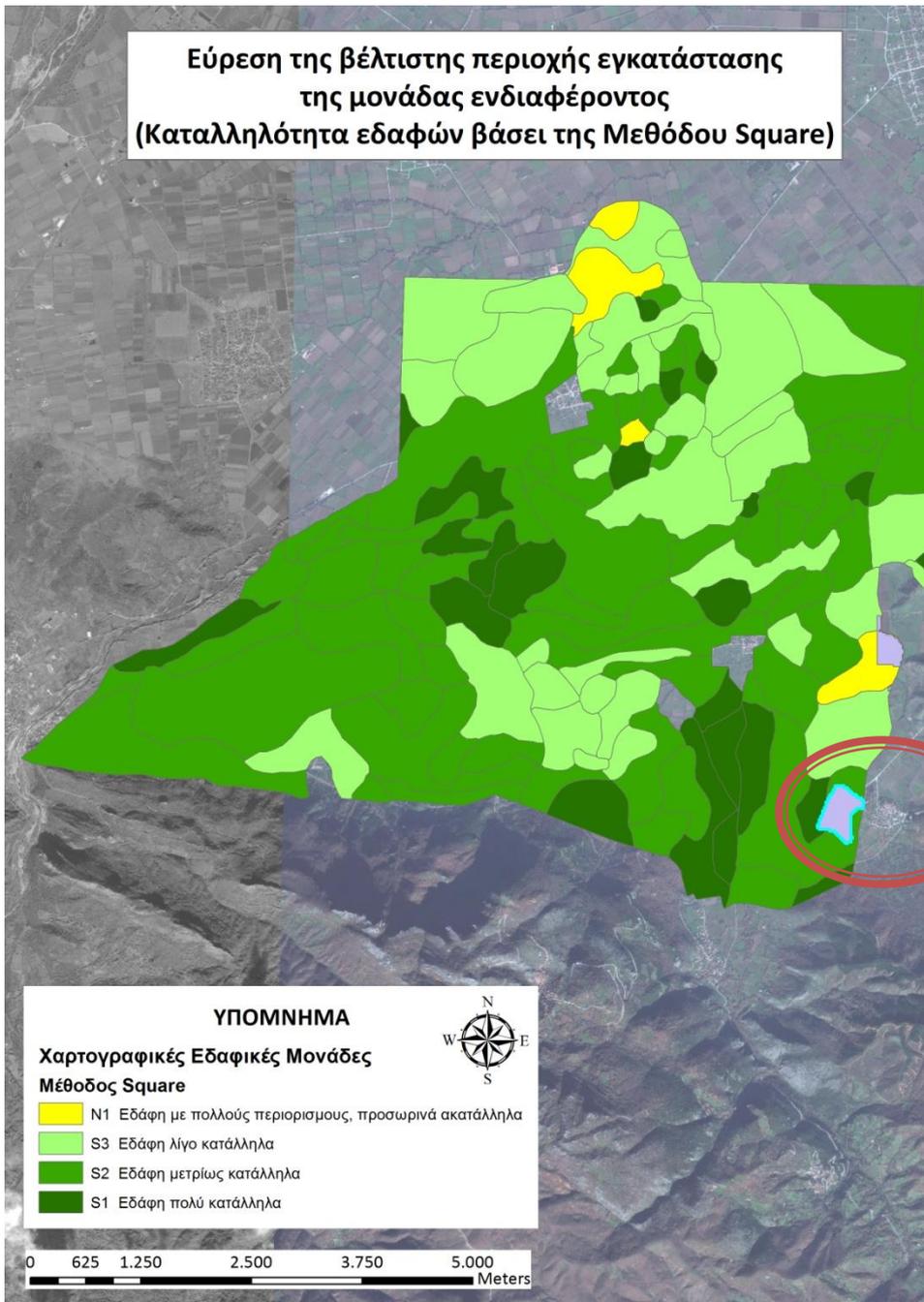
Προτείνεται να προωθηθεί η ενεργητική προσαρμογή του αγροτικού τομέα στους κανόνες ανταγωνισμού της σύγχρονης παγκοσμιοποιημένης αγοράς μέσω της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών και της προώθησης της γεωργίας με ποιοτικές προδιαγραφές και γενικά μέσω της μεταστροφής του ενδιαφέροντος από την ποσότητα της παραγωγής στην εξασφάλιση υψηλής ποιότητας.

²⁶ Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα 2.



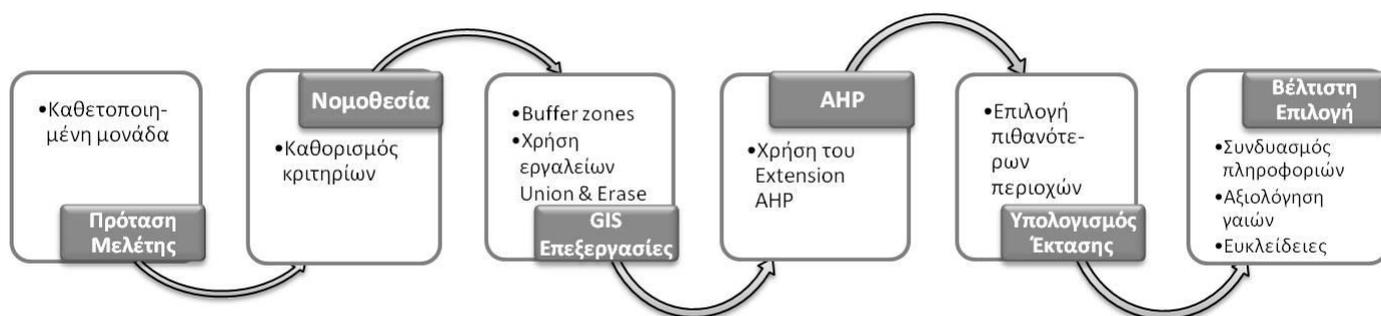
Βέλτιστη περιοχή εγκατάστασης

Εικόνα 5.11. Χάρτης εύρεσης της βέλτιστης περιοχής εγκατάστασης της μονάδας ενδιαφέροντος (Καταλληλότητα εδαφών βάσει της Μέθοδου Storie)



Βέλτιστη περιοχή εγκατάστασης

Εικόνα 5.12. Χάρτης εύρεσης της βέλτιστης περιοχής εγκατάστασης της μονάδας ενδιαφέροντος (Καταλληλότητα εδαφών βάσει της Μεθόδου Square)



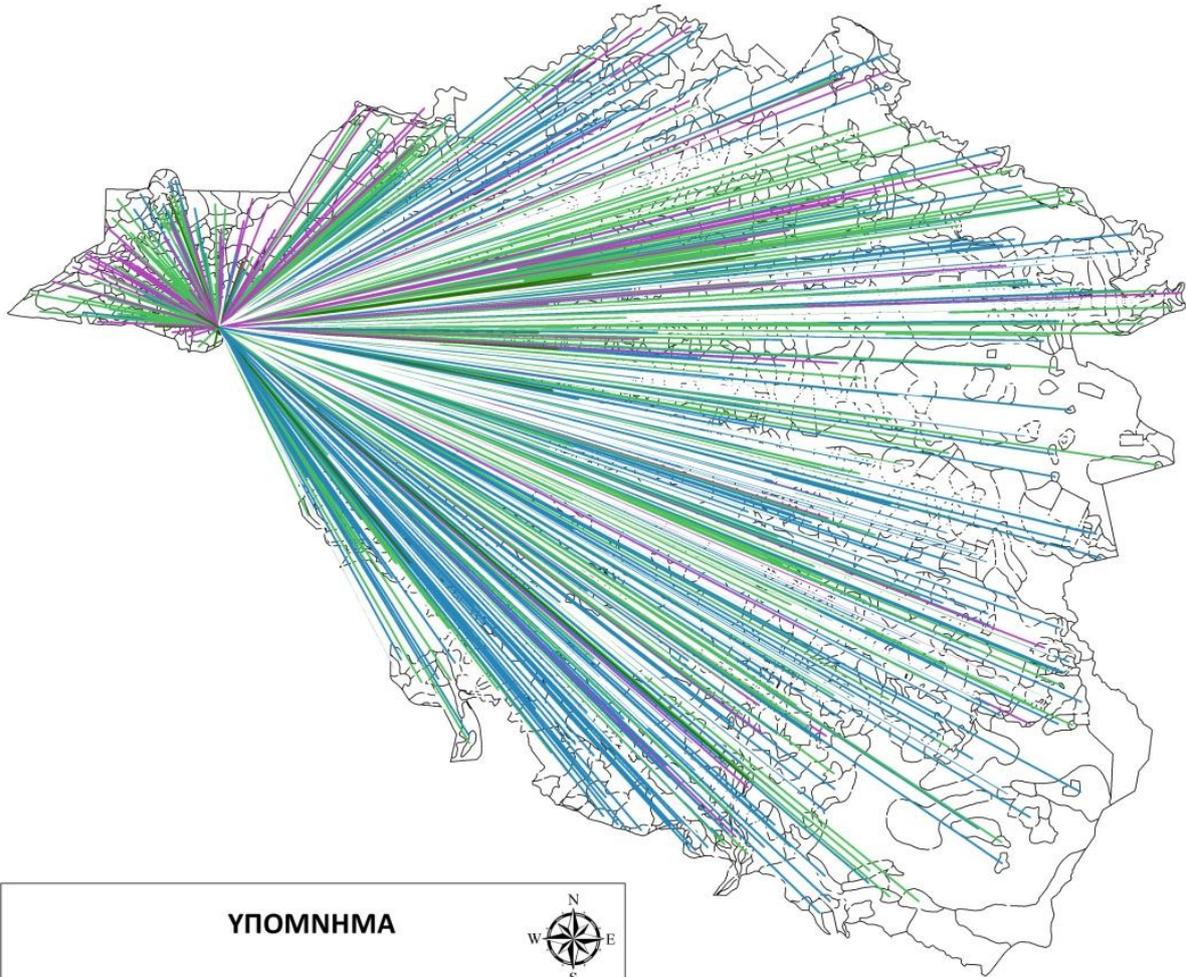
Εικόνα 5.13. Μεθοδολογία για την εύρεση της βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης της καθετοποιημένης μονάδας

1.1.1.1.1. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων βιομάζας

Μία τέτοια είδους οπτικοποίηση μέσα σε περιβάλλον του ArcMap μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, στην προκειμένη περίπτωση δημιουργήθηκε ένας χάρτης ροής (flow map). Οι χάρτες ροής δείχνουν την κίνηση κάποιου φαινομένου, συνήθως αγαθών ή ανθρώπων, από το ένα μέρος στο άλλο και η ροή αυτή συνήθως συμβολίζεται με γραμμές (Akella, 2011).

Για τη δημιουργία των παρακάτω χαρτών έπρεπε αρχικά να υπολογιστούν οι συντεταγμένες Χ,Υ των ΧΕΜ, καθώς και της περιοχής όπου έχει επιλεγεί ως κατάλληλη για τη δημιουργία της μονάδας που έχει προταθεί. Εν συνεχεία, με τη βοήθεια του εργαλείου XY To Line δημιουργήθηκε ο παρακάτω χάρτης. Αξίζει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της Μεθόδου Storie σε αυτό το βήμα. Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει στον χάρτη που ακολουθεί η απόσταση έχει αποδοθεί βάσει της παραγωγικής δυναμικότητας.

**Οπτικοποίηση μεταφοράς σπόρων του ηλίανθου
από τις περιοχές παραγωγής προς το εργοστάσιο
(Μέθοδος Storie)**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Δυναμικότητα Παραγωγής (kg σπόρου/στρεμ.)

— 152

— 228

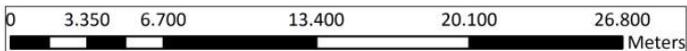
— 304

— 380

■ Εργοστάσιο

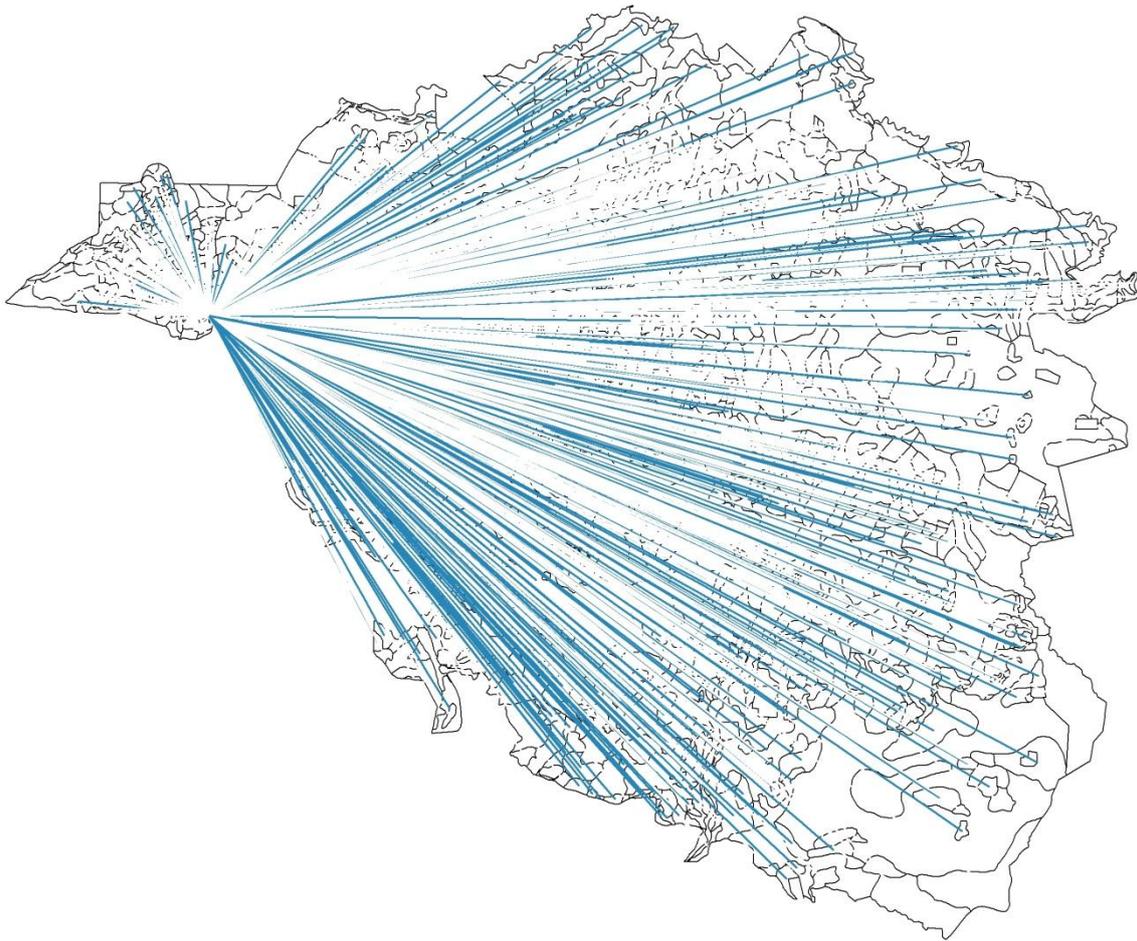
Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

□ Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες



Εικόνα 5.14. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων βιομάζας

**Οπτικοποίηση μεταφοράς σπόρων του ηλίανθου
από τις περιοχές παραγωγής προς το εργοστάσιο
(Μέθοδος Storie)**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Δυναμικότητα Παραγωγής (kg σπόρου/στρεμ.)

— 152

■ Εργοστάσιο

Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

□ Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

0 3.350 6.700 13.400 20.100 26.800
Meters

Εικόνα 5.15. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων μόνο από τις περιοχές N1

**Οπτικοποίηση μεταφοράς σπόρων του ηλίανθου
από τις περιοχές παραγωγής προς το εργοστάσιο
(Μέθοδος Storie)**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Δυναμικότητα Παραγωγής (kg σπόρου/στρεμ.)

— 228

■ Εργοστάσιο

Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

□ Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

0 3.350 6.700 13.400 20.100 26.800
Meters

Εικόνα 5.16. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων μόνο από τις περιοχές S3

**Οπτικοποίηση μεταφοράς σπόρων του ηλίανθου
από τις περιοχές παραγωγής προς το εργοστάσιο
(Μέθοδος Storie)**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Δυναμικότητα Παραγωγής (kg σπόρου/στρεμ.)

— 304

■ Εργοστάσιο

Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

□ Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

0 3.350 6.700 13.400 20.100 26.800
Meters

Εικόνα 5.17. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων μόνο από τις περιοχές S2

**Οπτικοποίηση μεταφοράς σπόρων του ηλίανθου
από τις περιοχές παραγωγής προς το εργοστάσιο
(Μέθοδος Storie)**



ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Δυναμικότητα Παραγωγής (kg σπόρου/στρεμ.)

— 380

■ Εργοστάσιο

Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

□ Χαρτογραφικές Εδαφικές Μονάδες

0 3.350 6.700 13.400 20.100 26.800
Meters

Εικόνα 5.18. Οπτικοποίηση μεταφερόμενων ποσοτήτων μόνο από τις περιοχές S1

Για την παρούσα διπλωματική εργασία κρίθηκε σκόπιμος ο διαχωρισμός της σε δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο τμήμα ασχολήθηκε με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των κύριων θεμάτων της εν λόγω μελέτης ενώ το δεύτερο παρουσίασε αναλυτικά τη μελέτη περίπτωσης και την εφαρμογή αυτών των θεμάτων.

Ειδικότερα στο πρώτο κεφάλαιο έγινε γνωστό το θεωρητικό υπόβαθρο του επιστημονικού πεδίου της αξιολόγησης των εδαφών και δόθηκε έμφαση στη χρησιμότητα των εδαφολογικών χαρτών. Οι εδαφολογικοί χάρτες λύνουν πρακτικά προβλήματα της εκμετάλλευσης των εδαφικών πόρων, όπως η επιλογή καλλιεργειών, η εφαρμογή αποτελεσματικής λίπανσης, η εφαρμογή της κατάλληλης άρδευσης ή στράγγισης, η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων καλλιέργειας και γενικά των μεθόδων διαχείρισης των εδαφών για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού οικονομικού οφέλους. Τέλος, μέσα από την περιγραφή του χαρτογραφικού συμβόλου τονίστηκε η σημαντικότητα της δημιουργίας του πίνακα καλλιεργητικών απαιτήσεων ο οποίος αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της αξιολόγησης των εδαφών.

Στο επόμενο κεφάλαιο μέσα από την αναλυτική περιγραφή των κατηγοριών των ενεργειακών καλλιεργειών διαπιστώθηκε πως η ανάπτυξη τους προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη, όπως η θετική συνεισφορά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρουσιάζουν καλύτερη προσαρμογή και απόδοση σε εδάφη χαμηλής γονιμότητας, αναζωογονούν τη γεωργική οικονομία και ως συνέπεια πραγματοποιείται κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών. Τέλος, αυξάνουν τα γεωργικά εισοδήματα σε σύγκριση με τις μέχρι τώρα παραδοσιακές καλλιέργειες, συντελούν στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και δημιουργούν νέες αγορές για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως επιλέχθηκε ο ηλιάνθος λόγω της ανθεκτικότητας του στην ξηρασία και τις μικρές απαιτήσεις του ως προς το έδαφος. Λόγω των βοτανικών του γνωρισμάτων του δίνεται η δυνατότητα προσφοράς δύο συγκομιδών τον χρόνο αφού γίνεται λόγος και για πλήρη συμβατότητα με το κλίμα της Ελλάδος. Τέλος, θεωρείται ως μία από τις αποδοτικότερες ενεργειακές καλλιέργειες αφού μεταξύ άλλων προσφέρει τη δυνατότητα πλήρους χρησιμοποίησης όλων των μερών του φυτού.

Στο τρίτο κεφάλαιο, σημειώθηκε πως η έννοια του χώρου έχει σημαντική επίδραση στην οργάνωση και λειτουργία των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον, πως η διαδικασία κατά την οποία σε κάποιο περιβάλλον εγκαθίστανται κέντρα παροχής υπηρεσιών (εξυπηρέτησης) έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των χρηστών των κέντρων αυτών (ζήτηση) κατά τον «καλύτερο δυνατό τρόπο» ονομάζεται ανάλυση χωροθέτησης και κατέχει μία πληθώρα εφαρμογών τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα. Ακόμη, διαπιστώθηκε πως ο προσδιορισμός και η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης αποτελεί μία ιδιαίτερη διαδικασία. Για το λόγο αυτό περιγράφηκαν αναλυτικά τόσο τα βασικά μοντέλα χωροθέτησης όσο και επιπλέον κατηγορίες όπως για παράδειγμα τα στοχαστικά προβλήματα χωροθέτησης.

Στο τελευταίο κεφάλαιο του πρώτου μέρους, παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα συστατικά μέρη ενός ΓΠΣ με στόχο την ανάδειξη των πολλών διαστάσεων που περικλείει αυτή η επιστήμη. Επιπλέον τονίστηκε πως για την επιτυχή ανάπτυξη ενός GIS προτείνεται μία συγκεκριμένη στρατηγική. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε λεπτομερή βιβλιογραφική ανασκόπηση της θέσης των ΓΠΣ ως συστήματα λήψης αποφάσεων όπως και έγινε στην πρακτική εφαρμογή της παρούσας εργασίας. Επίσης θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει μία λεπτομερής αναφορά σε μία σημαντική μέθοδο λήψης αποφάσεων μιας και χρησιμοποιήθηκε, της ΑHP. Κύριος στόχος της μεθόδου είναι η επιλογή του κατάλληλου σχεδίου με την εξέταση ενός πλήθους κριτηρίων τα οποία είναι σαφώς συνδεδεμένα με τη φύση του προβλήματος που μελετάται. Το πρώτο μέρος ολοκληρώθηκε με μία νύξη στις εφαρμογές των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων τόσο στην Αξιολόγηση Γαιών όσο και στη Χωροθέτηση.

Το δεύτερο μέρος του παρόντος πονήματος ξεκινά με μία περιγραφή της περιοχής μελέτης η οποία είναι ενσωματωμένη στον Νομό Καρδίτσας. Ο νομός αυτός κατέχει μεγάλο μέρος πεδινών

εκτάσεων και έχει πλούσιο πρωτογενή και δευτερογενή τομέα. Προχωρώντας στην πρακτική εφαρμογή αρχικά τέθηκε το πρόβλημα, δηλαδή η εύρεση κατάλληλων εδαφών για την καλλιέργεια του ηλιάνθου. Μετά από την αναφορά και την ανάλυση των απαιτούμενων δεδομένων, τα εδάφη της περιοχής μελέτης αξιολογήθηκαν βάσει του πίνακα καλλιεργητικών απαιτήσεων του ηλιάνθου με τη χρήση δύο μεθόδων με στόχο την καλύτερη διερεύνηση της λύσης του προβλήματος και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τονίστηκε πως ο πίνακας καλλιεργητικών απαιτήσεων βρίσκεται υπό συζήτηση διότι υποκρύπτει στοιχεία υποκειμενικότητας αφού είναι προϊόν μετάφρασης της βιβλιογραφίας καθώς και λεκτικών αναφορών και παρατηρήσεων. Επιπλέον, τονίστηκε πως στα πλαίσια μιας πραγματικής μελέτης και όχι μιας διπλωματικής ο ερευνητής θα πρέπει να πραγματοποιεί επί τόπου έρευνα στον αγρό προκειμένου να εξετάσει το είδος των εδαφών, τι φυτά καλλιεργούνται σε αυτά και τι απόδοση έχουν. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων ήταν διαφορετικά και συγκεκριμένα βάσει της μεθόδου Square ήταν πιο αισιόδοξα. Πιο ειδικά, κανένα εδαφολογικό πολύγωνο δεν χαρακτηρίστηκε ως μόνιμα ακατάλληλο για την καλλιέργεια του εν λόγω ενεργειακού φυτού, αυξάνοντας αυτομάτως τα κατάλληλα εδάφη για το σκοπό αυτό. Εν συνεχεία, τέθηκε το δεύτερο μέρος του προβλήματος αυτό της εύρεσης των κατάλληλων περιοχών προς χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας του ενεργειακού φυτού. Διαπιστώθηκε σε εκείνο το σημείο βάσει της υπάρχουσας νομοθεσίας πως από τη στιγμή που δεν υπάρχουν απόβλητα η συγκεκριμένη μονάδα μπορεί να εγκατασταθεί οπουδήποτε. Αξιοσημείωτο είναι πως ο ηλιάνθος χρησιμοποιείται πλήρως ακόμη και τα απόβλητά του για την παραγωγή βιομάζας, βιοαιθανόλης και βιοαερίου. Κατά συνέπεια η πρόταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία μιας καθετοποιημένης μονάδας, δηλαδή μία μονάδα η οποία και θα επεξεργάζεται η ίδια την πρώτη ύλη αλλά και θα παράγει βιοενέργεια. Οι λόγοι της καθετοποίησης, μίας πολύ σημαντικής στρατηγικής των επιχειρήσεων, είναι πολλοί και ενδεικτικά αναφέρεται η πλήρης εκμετάλλευση των οικονομιών κλίμακας. Αφού δόθηκε αυτή η νέα κατεύθυνση αναφέρθηκαν τα δεδομένα του προβλήματος τα οποία προέκυψαν από την νομοθεσία που ορίζει τα Κριτήρια Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα. Εν συνεχεία, ακολουθώντας συγκεκριμένη μεθοδολογία μέσα στο περιβάλλον εργασίας του ArcMap βρέθηκαν οι κατάλληλες προς χωροθέτηση του συγκεκριμένου εργοστασίου περιοχές. Οι ίδιες περιοχές οι οποίες έλαβαν τη μέγιστη τιμή βρέθηκαν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου AHP με τη χρήση του ίδιου λογισμικού. Έπειτα βάσει του κριτηρίου της έκτασης που πρέπει να λαμβάνει μία τέτοια καθετοποιημένη μονάδα οι επιλογές μειώθηκαν και τελικά καταλήξαμε σε μία συνδυάζοντας τη πολύ βασική πληροφορία πως ανεξάρτητα από το είδος της μονάδας το επιθυμητό είναι αυτή να βρίσκεται κοντά στα σημεία παραγωγής. Έτσι λοιπόν επιλέχθηκε το σημείο εκείνο όπου κοντά του βρίσκονται περιοχές με υψηλή παραγωγική δυναμικότητα. Η επιλογή αυτή ενισχύθηκε, διότι η θέση που αντικατοπτρίζει δίνει τη δυνατότητα στην εν λόγω εταιρεία να γίνει πιο ανταγωνιστική και να αυξήσει το περιθώριο κέρδους της μειώνοντας τα κόστη μεταφοράς αφού η μέση απόσταση είναι μικρή όπως διαπιστώθηκε και από τον υπολογισμό των ευκλείδειων αποστάσεων. Επίσης, τονίστηκε πως η προσέγγιση του προβλήματος δεν είναι μονοσήμαντη, αλλά μπορεί να λάβει υπόψη της και άλλους παράγοντες ειδικότερα στα πλαίσια μιας πραγματικής μελέτης προς υλοποίηση κάποιου έργου, όπως για παράδειγμα τι καλλιεργείται στις γύρω περιοχές και το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό. Επιπλέον, σχολιάστηκε πως αν και το πρόβλημα χωροθέτησης θα μπορούσε να προσεγγιστεί με τη χρήση κάποιας στατιστικής μεθοδολογίας επιλέχθηκε η ομοιομορφία μεθόδων στην επίλυσή του, δηλαδή η χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων τόσο στην αξιολόγηση εδαφών όσο και στην ανάλυση χωροθέτησης. Τέλος, στα πλαίσια μιας μελέτης μικρής σε έκταση τα συμπεράσματα θα πρέπει να παρουσιάζονται με φειδώ και ένας επόμενος ερευνητής μιας μελέτης μεγαλύτερης έκτασης να τα αναπροσαρμόζει μέσα από έρευνα, παρατηρήσεις και πειραματισμό βάσει φυσικά τόσο της βιβλιογραφίας όσο και των πραγματικών ελληνικών δεδομένων.

Ξενόγλωσση

- Ashraf, S. & Normohammad, B. (2011, June). Qualitative evaluation of land suitability for wheat in Northeast-Iran using FAO methods. *Indian Journal of Science and Technology* , σσ. 4(6), 703-707.
- Ashraf, S., Munokyan, R., Normohammad, B., & Babaei, A. . (2010). Qualitative land suitability evaluation for growth of wheat in Northeast of Iran. *Res. J. Biol. Sci* , σσ. 5, 548-552.
- Bagherzadeh, A. & Daneshvar, M. (2011). Physical land suitability evaluation for specific cereal crops using GIS at Mashhad Plain, Northeast of Iran. *Frontiers of Agriculture in China* , σσ. 5(4), 504-513.
- Baker, S. & Baker, K. (1993). *Market Mapping*. New York: McGraw-Hill.
- Balinski, L. (1965). Integer Programming: Methods, Uses, Computation. *Management Science* , σσ. 12, 253-313.
- Bange, M.P.& Hammer, G.L. & Rickert, K.G. (1997, August). Environmental control of potential yield of sunflower in the subtropics. *J Agric. Res.* , σσ. 231-240.
- Bean, J. C., Hagle, J. L. and Smith, R. L. (1992). Capacity expansion under stochastic demands. *Operations Research* , σσ. 40, 210-216.
- Borouhaki, S. & Malczewski, J. (2010). Using the fuzzy majority for GIS-Based Multicriteria group Decision-Making. *Computers & Geosciences* , σσ. Vol.36, 302-312.
- Brady, N. (2002). *The Nature and Properties of Soils* . New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Brandeau, M., Chiu, S. (1989). An overview of representative problems in location research. *Management Science* , σσ. 35(6), 645-674.
- Burrough, P. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press (Oxford Oxfordshire and New York).
- Campbell, F. (1994). Integer programming formulations of discrete hub location problems. *European Journal of Operational Research* , σσ. 72, 387-405.
- Chen, M. & Wang, H. (2009). A generalized model for prioritized multicriteria decision making systems. *Expert Systems with Applications* , σσ. 4773-4783.
- Church, L. & Reville, S. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association* , σσ. 32, 101-118.
- Cohon, L. (1978). *Multiobjective Programming and Planning*. New York: Academic Press.

- Cooper, L. (1963). Location-Allocation problems. *Operational Research* , σσ. 11 (3) : 331-343.
- Current, J., Daskin, M., & Schilling, D. (2002). Chapter: "Discrete Network Location Models", from Book: "Facility Location: Applications and Theory". New York: Springer-Verlag.
- Daskin, M. S. (1983). A maximum expected covering location model: Formulation, properties and heuristic solution. *Transportation Science* , σσ. 17, 48-70.
- Daskin, M. S. (1982). Application of an expected covering model to emergency medical service system design. *Decision Sciences* , σσ. 13, 416-439.
- Eiselt, H. & Laporte, G. (1995). Objectives in facility location. Στο Z. Drezner, *Facility Location: A survey of applications and methods*. New York: Springer-Verlag.
- Eiselt, H.A. & Sandblom, C.L. . (2007). *Linear Programming and its Applications*. New York : Springer.
- El-Bassam, N. (1998). *Energy plant species: their use and impact on environment and development*. Earthscan.
- Eldrandaly, K. (2007). GIS software selection: A multicriteria decision making approach. *Applied GIS* , σσ. 3 (5), 1-17.
- FAO. (1976). *Framework for land evaluation*. Rome: FAO.
- Forman, E. (1993). Facts and Fictions about the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling* , σσ. Vol. 15, 19-26.
- Goodchild, M. (1985). Geographic information systems in undergraduate geography: a contemporary dilemma. *Operational Geographer* , σσ. 8: 34–38.
- Hakimi, S. (1964). Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research* , σσ. 12, 450-459.
- Hakimi, S. (1965). Optimum location of switching centers in a communications network and some related graph theoretic problems. *Operations Research* , σσ. 13, 462-475.
- Handler, Y. & Mirchandani, B. (1979). *Locations in Networks: Theory and Algorithms*. Massachusetts: M.I.T. Press.
- Harker, P. (1987). Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical Modelling* , σσ. Vol. 9, 837-848.
- Hill, S. & Zammit, C. (2000). Identification of community values for regional land use planning and management. *International Society of Ecological Economists Congress (July 5-8)*. Canberra, Australia: Australian National University.
- Huxhold, W.E. & Levinsohn, A.G. (1995). *Managing geographic information system projects*. New York: Oxford University Press.
- Kadusic, E. & Bojovic, P. & Vegara, A. & Kurtovic, R. . (2010). *Innovative Use of GIS in the key business processes of companies*. Serbia: International Scientific Conference Management .

- Khordebin, S., & Landi, A. (2011). Comparison of the Land Qualitative Suitability with the Use of FAO Method and Ales Model for Major Crops in Sardasht of Behbahan Khuzestan Province, Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research* , σσ. 10(4), 477-481.
- King, J.L. & Schrems, E.L. . (1978). Cost-Benefit Analysis in Information Systems, Development and Operation. *ACM Computing Surveys* , σσ. 10 (1), 19-34.
- Kuby, M. (1987). The p-dispersion and maximum dispersion problems. *Geographical Analysis* , σσ. 19, 315-329.
- Longley, P. & Goodchild, M. & Maguire, D. & Rhind, D. (2010). *Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Lotfy, K. (2011). The use of Geographic Information Systems (GIS) in Business. *International Conference of Humanities, Geography and Economics*.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Toronto, Canada: John Wiley & Sons.
- Marsh, M. & Schilling, A. (1994). Equity Measurement In Facility Location Analysis: Review and Framework. *European Journal of Operations Research* , σσ. 74, 1-17.
- Martin, D. (1991)). *Geographical Information System : Socioeconomic Applications*. London: Routledge.
- Mennecke, B.E. & Crossland, M.D. & Killing, B.L. (2000). Is a Map more than a picture? An examination of the role of subject characteristics. *Management Information Systems Quarterly*, 24 (4), 601-624.
- Obermeyer, N. (1999). Measuring the benefits and costs of GIS. *Geographical Information systems* , σσ. (Vol.2), 601-610.
- Pick, J. (2005). *Geographic Information Systems in Business*. Pennsylvania: Idea Group Publishing.
- Rahman, U. & Smith, K. (2000). Use of Location-Allocation models in health service development planning in developing nations. *European Journal of Operational Research* , σσ. 437-452.
- Rodier, A. (2010). *Assessment and Comparison of Open Source GIS Solutions*. Geneva: Universite de Geneve.
- Rogers, J.G. & Brammer, J.G. . (2008). Analysis of Transport Costs for energy crops for use in biomass pyrolysis plant networks. *Biomass & Bioenergy* , σσ. 1367-1375.
- Saaty, L. & Vargas, G. & Whitaker, R. (2008). Addressing with brevity Criticisms of the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process* .
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: Mc Graw Hill.
- Samir, K. (1986). A statistical approach in the use of parametric system applied to the FAO framework for the land evaluation. Belgium: State University of Ghent, Ph.D. thesis.
- Scott Morton, M. (1971). *Management Decision Systems: Computer based support for decision making*. MA: Harvard University Press.

- Sikora, L. J & Stott, D. E. (1996). Soil organic carbon and nitrogen. Στο J. W. Doran, Methods of assessing soil quality (σσ. 157-167). Madison: Soil Science Society of America .
- Sugarbaker, L. (2005). Managing an operational GIS. Στο D. Longley P.A. & Goodchild M.F. & Maguire D.J. & Rhind, Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications (σσ. 611-620). Hoboken: Wiley.
- Sultana, A. & Kumar, A. (2012). Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system. Applied Energy, Elsevier , σσ. (94) - 192-201.
- Sys, C. (1985). Land Evaluation. Belgium: University of Ghent, International Training Center for post-graduate soil scientists.
- Tam, M.C.Y. & Tummala, V.M.R. . (2001). An application of the AHP in vendor selection of a Telecommunications System. The International Journal of Management Science , σσ. 29 (2), 171-182.
- Thuijl, E. van & Roos, C.J.& Beurskens, L.W.M. (2003). An overview of biofuel technologies, markets and policies in Europe. Netherlands: Energy research Centre of the Netherlands (ECN).
- Tiits, K. (2003). Usability of Geographic Information Systems in Internet. Tartu: Tartu University Institute of Geography.
- Tiwana, A. & Keil, M. . (2006). Functionality Risk in Information Systems Development: An Empirical Investigation. IEEE Transactions of Engineering Management , σσ. 53 (3), 412-425.
- Todd, P. & Benbasat, I. . (2000). The impact of information technology on decision making: A cognitive prespective. Framing the domains of IT Management , σσ. 1-14.
- Tomlinson, R. (2003). Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers. Redlands, Canada: ESRI Press.
- Toregas, C. & Swain, R. & Reville, C. & Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities,. Operations Research , σσ. 19, 1363-1373.
- Vanedaal, R. & Jorgensen, U. & Foster, C. (1999). European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bio energy , σσ. Vol. 13. No 3. pp 147-185.
- Vargas, L. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and it's applications. European Journal of Operation Research , σσ. Vol. 48, p.2-8.
- Zeinab, A. & Ensiyeh, N. (2009). Location Allocation Problem. Στο Z. & Reza, Facility Location, Concepts, Models, Algorithms and Case Studies (σσ. 93-110). Germany: Springer-Verlag.

Ελληνική

- Αγγελόπουλος, Π. (2010). Εφαρμογή μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης για την οριοθέτηση περιοχών φυσικής και τεχνητής αναγέννησης στο δάσος Ταύγετου. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γενικό Τμήμα, Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία, Κλάδος Γεωπληροφορική.
- Αλατάς, Ι. & Αργυρόπουλος, Γ. & Βαρβαρούσης, Ι. & Γιαννάκης, Θ. & Δαμάλας, Π. & Καρακωνσταντίνος, Β. & Καραμαλίγκα, Ζ. & Καρασούλας, Α. & Καρυώτης, Θ. & Σαμαράς, Β. & Τζιώλας, Π. & Τούλιος, Λ. & Τούλιος, Μ. & Χαρούλης, Α. (1991). Εδαφολογική Μελέτη Νομού Καρδίτσας. Λάρισα: Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.).
- Αναστασιάδης, Α. (2012). Ο Ηλίανθος. Αθήνα: Αγρότυπος.
- Ανδρουλιδάκη, Μ. (2003). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στην οργάνωση, επεξεργασία και διαχείριση της εκπαίδευσης μέσω ανθρωποκεντρικής και χωρικής προσέγγισης. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής (Διδακτορική Διατριβή).
- Αυγουλάς, Χ., Ποδηματάς, Κ. , Παπαστυλαινού, Π. (2001). Φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Αθήνα: Σταμούλη.
- Βαβάτσικος, Α. (2008). Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση ασαφών πολυκριτηριακών μεθόδων . Ξάνθη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή Ξάνθης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης (Διδακτορική Διατριβή).
- Βαλασσά, Β. & Τσατσαρέλης, Κ. & Μουτσανίδης, Ε. & Σακελλαρίου, Γ. (2013). Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδιασμού Διευρυμένου Δήμου Καρδίτσας, Α Φάση, Ανάλυση, Διάγνωση, Προοπτικές. Καρδίτσα: Δήμος Καρδίτσας.
- Γαλανοπούλου-Σενδούκα, Σ. (2002). Βιομηχανικά Φυτά, Βαμβάκι και υπόλοιπα κλωστικά, Ελαιοδοτικά-Ζαχαρότευτλα-Καπνός. Αθήνα: Σταμούλη.
- Γιάσογλου, Ν. (1995). Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ζανάκης, Γ. & Ζαμπανιώτου, Α. & Σκουλού, Β. & Σαμαράς, Ζ. & Φονταράς, Γ. (2007). Ολοκληρωμένη μελέτη και διαχείριση ενεργειακών καλλιεργειών και υπολειμμάτων τους για την παραγωγή βιοκαυσίμων και ενέργειας. Ενεργειακές καλλιέργειες, Ημερίδα 15 Δεκεμβρίου. Καρδίτσα: Διεύθυνση Βιομηχανικών φυτών & ΣΔΟΕ Ν.Καρδίτσας.
- Ζήσου, Α. (2007). Εισαγωγή στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS και ArcView, Θεωρία και Εφαρμογές. Αθήνα: Α.Σταμούλη.
- Θαμνίδης, Π. (2009). Επιλογή βέλτιστης χωροθέτησης δικτύου καταστημάτων με εφαρμογή Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (G.I.S.) και Μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Καλοχαιρέτης, Ε. (2007). Ενεργειακά Φυτά-Βιοκαύσιμα, Πιλοτικές Καλλιέργειες στο Νομό Καρδίτσας. Ενεργειακές καλλιέργειες, Ημερίδα 15 Δεκεμβρίου . Καρδίτσα: Διεύθυνση Βιομηχανικών φυτών & ΣΔΟΕ Ν.Καρδίτσας.
- Καλύβας, Δ. & Παπαθανασίου, Γ. & Κακαλέτρη, Γ. & Κόλλια-Κουσούρη, Β. (1996). Αξιολόγηση Εδαφικών Πόρων με χρήση Έμπειρου Συστήματος μέσα σε περιβάλλον GIS, Εφαρμογή: Καλλιέργεια Βαμβακιού και Αμπέλου. 6ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο (σσ. 1-13). Ναύπλιο: Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία.
- Καλύβας, Δ. (1991). Αξιολόγηση γεωργικών εδαφών περιοχών της Θεσσαλίας για ορισμένες δυναμικές καλλιέργειες. Αθήνα: Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Έγγειων Βελτιώσεων και Γεωργικής Μηχανικής.
- Καλύβας, Δ. (2003). Εδαφολογία, Αξιολόγηση Εδαφών, Τοποκλιματικές Συνθήκες και Κρασί. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Καραπαναγιώτη, Ε. (2008). Συνδυασμός Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Μαθηματικού Προγραμματισμού για τη χωροθέτηση Εμπορικών Επιχειρήσεων. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πάτρας.
- Κατσουλάκος, Ι. (2006). Θεωρία Βιομηχανικής Οργάνωσης. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω Δαρδανός.
- Κεφαλάς, Π. (2011). Συγκριτική ανάλυση κύκου ζωής ανάμεσα σε ενεργειακές και εδώδιμες καλλιέργειες, η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβοσίτου. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
- Κόλλια, Β. (2004). Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα-Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής.
- Κόλλια, Η. (2012). Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων (ΑΗΡ), Ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων σε συνθήκες πολλαπλών κριτηρίων. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Κολοβός, Χ. (2012). Ανάπτυξη λογισμικού αξιολόγησης γαιών σε περιβάλλον GIS. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Χημείας, Τομέας Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας.
- Κοσμάς, Κ. & Καλύβας, Δ. & Δήμου, Π. & Κολοβός, Χ. (2010). Χαρτογράφηση εδαφών κοινότητας μουζακίου Ν. Μεσσηνίας. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας, Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων .
- Κουβέλας, Α. (2010). Μεταβολές του αζώτου στο έδαφος και την καλλιέργεια γλυκού σόργου. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Φυτών.
- Κουτσόπουλος, Κ. (1990). Γεωγραφία : Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου. Αθήνα: Συμμετρία.
- Κουτσόπουλος, Κ. (1990). Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Λουκάκης, Ι. (2010). Το πρόβλημα χωροθέτησης των μονάδων πυρόσβεσης-διάσωσης: Θεωρία και Μεθοδολογία της Έρευνας. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Κατεύθυνση Διαχείριση Φυσικών & Ανθρωπογενών Καταστροφών.

- Μανέλης, Γ. (2012). Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή και την εκμετάλλευση βιομάζας. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας.
- Μαυρίδης, Α. (2010). Γεωπληροφοριακή διαχείριση και ενίσχυση της αειφορίας του αγροτοπεριβάλλοντος μέσα από το μοντέλο της βιολογικής γεωργίας ακριβείας (precision organic agriculture). Αειχώρος, Κείμενα Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Ανάπτυξης (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας), σσ. (14) 6-30.
- Μεμάκη, Α. (2009). Συγκριτική αξιολόγηση καλλιέργειας ηλιάνθου σε τρεις νομούς (Αιτωλοακαρνανία, Καρδίτσα και Κιλκίς). Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μητρόπουλος, Π. (2007). Πολυκριτηριακή Ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων. Πάτρα: Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων.
- Μουστάκας, Ν. (2008). Γενική Εδαφολογία. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας & Εδαφολογίας.
- Μωράκος, Ι. (2009). Χωροθέτηση ζωνών προτεραιότητας για την προστασία του Εθνικού Δρυμού Σουνίου με χρήση G.I.S. και των πολυκριτηριακών μεθόδων O.W.A και A.H.P. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εφαρμογές της Γεωπληροφορικής στους φυσικούς πόρους.
- Παπαδάκης, Β. (2002). Στρατηγική των επιχειρήσεων: Ελληνική και Διεθνής εμπειρία, Τόμος Α: Θεωρία. Αθήνα: Εκδόσεις Μπένου.
- Παπλά, Ν. (2009). Πολυκριτηριακή ανάλυση και χωροθέτηση τραπεζικών καταστημάτων. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων.
- Παππάς, Χ. (2000). Φασματοσκοπική μελέτη συστατικών του φυτού κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.). Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Γενικό. Εργαστήριο Γενικής Χημείας.
- Πραστάκος, Γ. (2006). Διοικητική Επιστήμη, Λήψη Επιχειρησιακών Αποφάσεων στην Κοινωνία της Πληροφορικής. Αθήνα: Α.Σταμούλη.
- Σάββας, Δ. (2007). Εισαγωγή στις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών.
- Σιάμας, Ι. (2011). Ανάπτυξη Εμπορευματικών Κέντρων. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο & Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Σκουφογιάννη, Ε. (2006). Εναλλακτικές καλλιέργειες παραγωγής βιο-ενέργειας και οι προοπτικές τους στην Ελλάδα, Οι περιπτώσεις του μίσχανθου και της αγριαγκινάρας. Μυτιλήνη : Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Τριανταφύλλου, Μ. (2010). Ελληνική ενεργειακή στρατηγική στον κλάδο του Biodiesel. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Υψηλάντης, Π. (2007). Επιχειρησιακή έρευνα, Εφαρμογές στη σημερινή επιχείρηση. Αθήνα: Προπομπός.

- Φυλάκης, Π. (2009). Συμβολή στο πρόβλημα της κατανομής υποστηρικτικών μονάδων της δομικής βιομηχανίας. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών (Διδακτορική Διατριβή).
- Φώτης, Γ. (2009). Ποσοτική Χωρική Ανάλυση. Αθήνα: Γκοβόστης Εκδοτική Α.Β.Ε.Ε.
- Χαλκιάς, Χ. & Παπαδόπουλος, Α. (2007). Η συνδυαστική χρήση των ΓΠΣ και της μεθοδολογίας Αναλυτικής Ιεράρχησης για την κατασκευή ενός ταξινομικού σχήματος των αγροτικών περιοχών. Μελέτη περίπτωσης: Πελοπόννησος. Γ.Σ.Π. Τηλεπισκόπηση Χαρτογραφία (σσ. 186-195). Αθήνα: 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο.
- Χατζημυχάλης, Κ. (1992). Περιφερειακή Ανάπτυξη και Πολιτική, Κείμενα από τη Διεθνή Εμπειρία. Αθήνα: Εκδόσεις Εξάντας.
- Χατζόπουλος, Ι. (2006). Τοπογραφία. Μυτιλήνη : Γκιούρδας Εκδοτική .
- Χρήστου, Μ. & Αλεξοπούλου, Ε. & Λυχνάρης, Β. & Νάματοβ, Ε. (2006). Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο. Διημερίδα: Ενεργειακές Καλλιέργειες (3-4 Νοεμβρίου 2006). Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ/ΤΚΜ.
- Χρήστου, Μ. & Αλεξοπούλου, Ε. & Μαρδίκη, Μ. & Νάματοβ, Ε. (2006, Σεπτέμβριος 28). Ενεργειακές Καλλιέργειες, Προοπτικές διείσδυσης στην ελληνική αγορά. ΒΙΟFarma , σσ. 42-46.

Ιστοσελίδες

- <http://ebooks.edu.gr>. (n.d.). Ανάκτηση August 28, 2013, από <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B115/90/712,2695/>.
- <http://gis.sbcounty.gov/default.aspx>. (n.d.). Ανάκτηση October 15, 2013, από <http://gis.sbcounty.gov/default.aspx>
- <http://www.agronews.gr>. (n.d.). Ανάκτηση January 25, 2014, από <http://www.agronews.gr/green-report/axiopoisi-viomazas/arthro/75649/kerdi-kai-puxida-gia-to-mellon-harizei-i-viomaza/>
- <http://www.investingreece.gov.gr>. (n.d.). Ανάκτηση January 7, 2014, από <http://www.investingreece.gov.gr/default.asp?pid=36§orID=51&la=2>
- www.igme.gr. (n.d.). Ανάκτηση August 20, 2013, από http://portal.igme.gr/pls/portal/docs/PAGE/IGME_PORTAL/IGME_HOME_PAGE_EXT/GS_SOIL/SEMINARSGR/04_S.THEOCHAROPOULOS_NAGREF_GS_SOIL.PDF
- <http://el.wikipedia.org>. (n.d.). Ανάκτηση January 7, 2013, από http://el.wikipedia.org/wiki/Εμπειρα_συστήματα
- Akella, M. (2011, September 6). <http://blogs.esri.com>. Ανάκτηση February 27, 2014, από Creating radial flow maps with ArcGIS: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2011/09/06/creating-radial-flow-maps-with-arcgis/>

- Δημογιάννης, Δ. & Τσαντήλας, Χ. (2011). Χαρτογράφηση εδαφών - Εδαφολογικές μελέτες: Αντικείμενο, Σημασία και Προδιαγραφές Σύνταξης. Ανάκτηση August 25, 2013, από www.ismc.gr:www.ismc.gr/various/Prodiagrafes_edafologikon_meleton.pdf
- Ελευθεριάδης, Ι. (2009). <http://www.lignite.gr>. Ανάκτηση August 1, 2013, από Δυνατότητες καλλιέργειας των ενεργειακών φυτών στον ελληνικό χώρο: <http://www.lignite.gr/events/eleftheriadis.pdf>
- Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων, Α. (n.d.). <http://geodata.gov.gr>. Ανάκτηση December 2013
- Περιστερίδης, Γ. & Μανέτος, Π. & Φώτης, Γ. (2011). <http://grsa.prd.uth.gr>. Ανάκτηση Δεκέμβριος 1, 2013, από Αξιολόγηση Χωροθέτησης εκκλησιών και περιοχή κάλυψης ενοριών τους. Η περίπτωση της Ιεράς Μητροπόλεως Νεαπόλεως και Σταυρουπόλεως στη Δυτική Θεσσαλονίκη: http://grsa.prd.uth.gr/conf2013/100_peristeridis_ersagr13.pdf
- Σακαλλής, Μ. (2011). <http://www.moa.gov>. Ανάκτηση από <http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all:Σημειώσεις Εδαφολογίας>
- Φυλάκης, Π. (2009). <http://esdo.teilar.gr>. Ανάκτηση Δεκέμβριος 1, 2013, από Προσέγγιση του προβλήματος της χωροθέτησης και κατανομής επιχειρηματικών μονάδων: <http://esdo.teilar.gr/files/proceedings/2009/ORAL/FYLAKHS.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Αποτελέσματα υπολογισμού δεικτών Storie & Square

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
1	49,59	S3	70,42	S2
2	49,59	S3	70,42	S2
3	16,47	N1	34,10	S3
4	49,59	S3	70,42	S2
5	18,41	N1	29,43	S3
6	35,01	S3	49,71	S3
7	14,74	N1	32,26	S3
8	16,47	N1	34,10	S3
9	11,56	N2	23,32	N1
10	49,59	S3	70,42	S2
11	35,01	S3	49,71	S3
12	14,74	N1	32,26	S3
13	49,59	S3	70,42	S2
14	16,47	N1	34,10	S3
15	16,47	N1	34,10	S3
16	55,42	S2	74,45	S2
17	55,42	S2	74,45	S2
18	39,12	S3	52,55	S2
19	49,59	S3	70,42	S2
20	49,59	S3	70,42	S2
21	49,59	S3	70,42	S2
22	49,59	S3	70,42	S2
23	19,38	N1	36,99	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
24	58,34	S2	76,38	S1
25	16,47	N1	34,10	S3
26	19,38	N1	36,99	S3
27	17,34	N1	34,99	S3
28	55,42	S2	74,45	S2
29	35,01	S3	49,71	S3
30	17,34	N1	34,99	S3
31	17,34	N1	34,99	S3
32	14,74	N1	32,26	S3
33	16,47	N1	34,10	S3
34	27,62	S3	44,15	S3
35	10,40	N2	27,10	S3
36	55,42	S2	74,45	S2
37	35,01	S3	59,17	S2
38	19,38	N1	36,99	S3
39	58,34	S2	76,38	S1
40	55,42	S2	74,45	S2
41	58,34	S2	76,38	S1
42	58,34	S2	76,38	S1
43	35,01	S3	59,17	S2
44	58,34	S2	76,38	S1
45	19,38	N1	36,99	S3
46	11,63	N2	28,65	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
47	35,01	S3	59,17	S2
48	12,92	N1	24,66	N1
49	19,38	N1	36,99	S3
50	58,34	S2	76,38	S1
51	58,34	S2	76,38	S1
52	19,38	N1	36,99	S3
53	19,38	N1	36,99	S3
54	55,42	S2	74,45	S2
55	55,42	S2	74,45	S2
56	49,59	S3	70,42	S2
57	49,59	S3	70,42	S2
58	14,74	N1	32,26	S3
59	49,59	S3	70,42	S2
60	55,42	S2	74,45	S2
61	49,59	S3	70,42	S2
62	18,41	N1	29,43	S3
63	6,94	N2	18,07	N1
64	49,59	S3	70,42	S2
65	16,47	N1	34,10	S3
66	17,34	N1	34,99	S3
67	49,59	S3	70,42	S2
68	58,34	S2	76,38	S1
69	65,21	S2	85,37	S1

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
70	11,56	N2	23,32	N1
71	55,42	S2	74,45	S2
72	7,75	N2	19,10	N1
73	19,38	N1	30,20	S3
74	17,34	N1	34,99	S3
75	49,59	S3	70,42	S2
76	49,59	S3	70,42	S2
77	16,47	N1	27,84	S3
78	49,59	S3	70,42	S2
79	14,74	N1	32,26	S3
80	49,59	S3	70,42	S2
81	41,18	S3	53,92	S2
82	58,34	S2	76,38	S1
83	11,56	N2	23,32	N1
84	24,71	N1	41,76	S3
85	49,59	S3	70,42	S2
86	16,47	N1	34,10	S3
87	17,34	N1	34,99	S3
88	49,59	S3	70,42	S2
89	17,34	N1	34,99	S3
90	12,92	N1	24,66	N1
91	55,42	S2	74,45	S2
92	11,56	N2	23,32	N1
93	24,71	N1	41,76	S3
94	39,12	S3	52,55	S2
95	27,62	S3	44,15	S3
96	17,44	N1	35,09	S3
97	35,01	S3	59,17	S2
98	49,59	S3	70,42	S2
99	16,47	N1	34,10	S3
100	35,01	S3	59,17	S2
101	11,63	N2	28,65	S3
102	35,01	S3	59,17	S2
103	35,01	S3	59,17	S2
104	35,01	S3	59,17	S2
105	10,40	N2	27,10	S3
106	16,47	N1	40,59	S3
107	17,34	N1	34,99	S3
108	16,47	N1	40,59	S3
109	58,34	S2	76,38	S1
110	17,34	N1	34,99	S3
111	17,34	N1	34,99	S3
112	17,34	N1	34,99	S3
113	35,01	S3	59,17	S2
114	35,01	S3	59,17	S2
115	17,34	N1	34,99	S3
116	6,94	N2	18,07	N1
117	16,47	N1	34,10	S3
118	35,01	S3	59,17	S2
119	16,47	N1	34,10	S3
120	55,42	S2	74,45	S2
121	19,38	N1	36,99	S3
122	11,56	N2	23,32	N1
123	11,56	N2	23,32	N1
124	11,63	N2	28,65	S3
125	19,38	N1	36,99	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
126	11,56	N2	23,32	N1
127	11,56	N2	23,32	N1
128	12,92	N1	24,66	N1
129	19,38	N1	36,99	S3
130	17,34	N1	34,99	S3
131	17,34	N1	34,99	S3
132	17,34	N1	34,99	S3
133	17,34	N1	34,99	S3
134	17,34	N1	34,99	S3
135	16,47	N1	40,59	S3
136	17,34	N1	34,99	S3
137	19,38	N1	36,99	S3
138	17,34	N1	34,99	S3
139	17,34	N1	34,99	S3
140	19,38	N1	36,99	S3
141	17,34	N1	34,99	S3
142	12,92	N1	24,66	N1
143	58,34	S2	76,38	S1
144	19,38	N1	36,99	S3
145	6,94	N2	18,07	N1
146	17,34	N1	34,99	S3
147	58,34	S2	76,38	S1
148	16,47	N1	34,10	S3
149	17,34	N1	34,99	S3
150	17,34	N1	34,99	S3
151	11,63	N2	28,65	S3
152	35,01	S3	59,17	S2
153	27,46	S3	52,40	S2
154	11,56	N2	23,32	N1
155	19,38	N1	36,99	S3
156	58,34	S2	76,38	S1
157	27,46	S3	52,40	S2
158	17,34	N1	34,99	S3
159	58,34	S2	76,38	S1
160	11,56	N2	23,32	N1
161	17,34	N1	34,99	S3
162	11,63	N2	28,65	S3
163	7,75	N2	19,10	N1
164	11,63	N2	28,65	S3
165	12,92	N1	24,66	N1
166	11,56	N2	23,32	N1
167	55,42	S2	74,45	S2
168	55,42	S2	74,45	S2
169	58,34	S2	76,38	S1
170	27,46	S3	52,40	S2
171	19,38	N1	30,20	S3
172	11,56	N2	23,32	N1
173	12,92	N1	24,66	N1
174	19,38	N1	36,99	S3
175	11,56	N2	23,32	N1
176	19,38	N1	30,20	S3
177	16,47	N1	27,84	S3
178	16,47	N1	27,84	S3
179	19,38	N1	40,59	S3
180	5,78	N2	24,03	N1
181	16,47	N1	40,59	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
182	17,34	N1	34,99	S3
183	35,01	S3	59,17	S2
184	16,47	N1	40,59	S3
185	19,38	N1	36,99	S3
186	13,68	N1	45,30	S3
187	16,47	N1	40,59	S3
188	11,56	N2	23,32	N1
189	17,34	N1	34,99	S3
190	11,56	N2	23,32	N1
191	18,41	N1	36,05	S3
192	11,56	N2	23,32	N1
193	17,34	N1	34,99	S3
194	9,12	N2	36,99	S3
195	11,63	N2	28,65	S3
196	16,47	N1	40,59	S3
197	11,63	N2	28,65	S3
198	12,92	N1	24,66	N1
199	55,42	S2	74,45	S2
200	6,94	N2	18,07	N1
201	24,71	N1	41,76	S3
202	41,18	S3	53,92	S2
203	27,62	S3	44,15	S3
204	24,71	N1	41,76	S3
205	29,07	S3	45,30	S3
206	41,18	S3	53,92	S2
207	27,62	S3	44,15	S3
208	58,34	S2	76,38	S1
209	58,34	S2	76,38	S1
210	24,71	N1	41,76	S3
211	24,71	N1	41,76	S3
212	65,21	S2	74,45	S2
213	27,62	S3	44,15	S3
214	3,88	N2	13,51	N1
215	27,62	S3	44,15	S3
216	65,21	S2	80,75	S1
217	27,62	S3	44,15	S3
218	5,49	N2	23,43	N1
219	8,24	N2	28,70	S3
220	27,62	S3	44,15	S3
221	3,88	N2	13,51	N1
222	65,21	S2	78,71	S1
223	65,21	S2	85,37	S1
224	41,18	S3	64,17	S2
225	41,18	S3	49,71	S3
226	58,34	S2	70,42	S2
227	27,62	S3	44,15	S3
228	27,62	S3	44,15	S3
229	27,62	S3	44,15	S3
230	58,34	S2	70,42	S2
231	58,34	S2	76,38	S1
232	65,21	S2	74,45	S2
233	29,07	S3	45,30	S3
234	27,62	S3	44,15	S3
235	24,71	N1	41,76	S3
236	27,62	S3	44,15	S3
237	49,59	S3	70,42	S2
238	24,71	N1	41,76	S3
239	8,16	N2	19,60	N1

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
240	6,94	N2	18,07	N1
241	49,59	S3	70,42	S2
242	49,59	S3	70,42	S2
243	24,71	N1	41,76	S3
244	24,71	N1	41,76	S3
245	10,40	N2	27,10	S3
246	29,07	S3	45,30	S3
247	35,01	S3	59,17	S2
248	58,34	S2	76,38	S1
249	58,34	S2	76,38	S1
250	61,95	S2	83,21	S1
251	68,64	S2	82,85	S1
252	58,34	S2	76,38	S1
253	17,34	N1	34,99	S3
254	29,07	S3	45,30	S3
255	29,07	S3	45,30	S3
256	35,01	S3	59,17	S2
257	10,40	N2	27,10	S3
258	35,01	S3	59,17	S2
259	10,40	N2	27,10	S3
260	49,59	S3	70,42	S2
261	17,44	N1	35,09	S3
262	29,07	S3	45,30	S3
263	29,07	S3	45,30	S3
264	58,34	S2	76,38	S1
265	49,59	S3	70,42	S2
266	41,18	S3	49,71	S3
267	27,62	S3	44,15	S3
268	65,21	S2	80,75	S1
269	27,62	S3	44,15	S3
270	58,34	S2	76,38	S1
271	29,07	S3	45,30	S3
272	29,07	S3	45,30	S3
273	55,42	S2	74,45	S2
274	17,34	N1	34,99	S3
275	10,40	N2	27,10	S3
276	27,62	S3	44,15	S3
277	6,94	N2	18,07	N1
278	24,71	N1	41,76	S3
279	24,71	N1	41,76	S3
280	24,71	N1	41,76	S3
281	24,71	N1	41,76	S3
282	24,71	N1	41,76	S3
283	24,71	N1	41,76	S3
284	65,21	S2	85,37	S1
285	58,34	S2	76,38	S1
286	24,71	N1	41,76	S3
287	58,34	S2	76,38	S1
288	29,07	S3	45,30	S3
289	29,07	S3	45,30	S3
290	29,07	S3	45,30	S3
291	58,34	S2	76,38	S1
292	65,21	S2	80,75	S1
293	29,07	S3	45,30	S3
294	76,71	S1	85,37	S1
295	76,71	S1	85,37	S1
296	7,75	N2	19,10	N1
297	49,59	S3	70,42	S2

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
298	24,57	N1	49,56	S3
299	55,42	S2	74,45	S2
300	29,07	S3	45,30	S3
301	27,62	S3	44,15	S3
302	46,03	S3	57,00	S2
303	29,07	S3	45,30	S3
304	24,71	N1	41,76	S3
305	6,94	N2	18,07	N1
306	7,75	N2	19,10	N1
307	17,34	N1	34,99	S3
308	24,71	N1	41,76	S3
309	46,03	S3	57,00	S2
310	10,40	N2	27,10	S3
311	7,75	N2	19,10	N1
312	30,69	S3	38,00	S3
313	24,71	N1	41,76	S3
314	49,59	S3	70,42	S2
315	24,71	N1	41,76	S3
316	24,71	N1	41,76	S3
317	10,40	N2	27,10	S3
318	35,01	S3	59,17	S2
319	17,34	N1	34,99	S3
320	17,34	N1	34,99	S3
321	12,24	N2	29,39	S3
322	10,40	N2	27,10	S3
323	4,90	N2	15,18	N1
324	10,40	N2	27,10	S3
325	58,34	S2	76,38	S1
326	10,40	N2	27,10	S3
327	17,34	N1	34,99	S3
328	10,40	N2	27,10	S3
329	10,40	N2	27,10	S3
330	17,34	N1	34,99	S3
331	17,34	N1	34,99	S3
332	10,40	N2	27,10	S3
333	17,34	N1	34,99	S3
334	17,44	N1	35,09	S3
335	27,62	S3	44,15	S3
336	10,40	N2	27,10	S3
337	17,34	N1	34,99	S3
338	17,34	N1	34,99	S3
339	24,57	N1	49,56	S3
340	8,16	N2	19,60	N1
341	8,16	N2	19,60	N1
342	8,16	N2	19,60	N1
343	7,75	N2	19,10	N1
344	17,34	N1	34,99	S3
345	17,34	N1	34,99	S3
346	17,34	N1	34,99	S3
347	8,16	N2	19,60	N1
348	17,34	N1	34,99	S3
349	8,16	N2	19,60	N1
350	17,34	N1	34,99	S3
351	8,16	N2	19,60	N1
352	10,40	N2	27,10	S3
353	10,40	N2	27,10	S3
354	27,62	S3	44,15	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
355	29,07	S3	45,30	S3
356	17,34	N1	34,99	S3
357	10,40	N2	27,10	S3
358	17,34	N1	34,99	S3
359	10,40	N2	27,10	S3
360	24,57	N1	49,56	S3
361	17,34	N1	34,99	S3
362	24,57	N1	49,56	S3
363	27,62	S3	44,15	S3
364	29,07	S3	45,30	S3
365	17,34	N1	34,99	S3
366	10,40	N2	27,10	S3
367	17,34	N1	34,99	S3
368	29,07	S3	45,30	S3
369	17,34	N1	34,99	S3
370	10,40	N2	27,10	S3
371	29,07	S3	45,30	S3
372	17,34	N1	34,99	S3
373	29,07	S3	45,30	S3
374	24,57	N1	49,56	S3
375	29,07	S3	45,30	S3
376	29,07	S3	45,30	S3
377	29,07	S3	45,30	S3
378	29,07	S3	45,30	S3
379	7,75	N2	19,10	N1
380	17,34	N1	34,99	S3
381	6,94	N2	18,07	N1
382	10,40	N2	27,10	S3
383	14,74	N1	38,39	S3
384	12,24	N2	29,39	S3
385	10,40	N2	27,10	S3
386	35,01	S3	59,17	S2
387	35,01	S3	59,17	S2
388	21,60	N1	36,00	S3
389	10,40	N2	27,10	S3
390	14,74	N1	38,39	S3
391	17,34	N1	34,99	S3
392	21,60	N1	36,00	S3
393	30,60	S3	51,00	S2
394	24,57	N1	49,56	S3
395	80,75	S1	82,85	S1
396	80,75	S1	82,85	S1
397	80,75	S1	82,85	S1
398	17,34	N1	34,99	S3
399	6,94	N2	18,07	N1
400	7,75	N2	19,10	N1
401	35,01	S3	59,17	S2
402	35,01	S3	59,17	S2
403	30,60	S3	42,85	S3
404	26,01	S3	42,85	S3
405	30,60	S3	42,85	S3
406	23,34	N1	48,31	S3
407	24,71	N1	41,76	S3
408	29,07	S3	45,30	S3
409	39,12	S3	62,55	S2
410	7,75	N2	34,10	S3
411	24,71	N1	41,76	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
412	22,11	N1	39,50	S3
413	24,71	N1	41,76	S3
414	26,01	S3	42,85	S3
415	29,07	S3	45,30	S3
416	22,11	N1	39,50	S3
417	24,71	N1	41,76	S3
418	26,01	S3	42,85	S3
419	22,11	N1	39,50	S3
420	15,61	N1	33,19	S3
421	41,18	S3	67,84	S2
422	39,12	S3	62,55	S2
423	35,01	S3	59,17	S2
424	17,44	N1	35,09	S3
425	26,01	S3	42,85	S3
426	41,18	S3	64,17	S2
427	22,11	N1	47,02	S3
428	24,71	N1	41,76	S3
429	24,71	N1	41,76	S3
430	41,18	S3	64,17	S2
431	26,01	S3	42,85	S3
432	26,01	S3	42,85	S3
433	30,60	S3	46,48	S3
434	30,60	S3	42,85	S3
435	35,01	S3	59,17	S2
436	22,11	N1	39,50	S3
437	14,74	N1	26,34	S3
438	17,44	N1	35,09	S3
439	26,01	S3	42,85	S3
440	13,68	N1	45,30	S3
441	9,83	N2	21,50	N1
442	17,44	N1	35,09	S3
443	9,83	N2	21,50	N1
444	10,98	N2	22,73	N1
445	11,56	N2	23,32	N1
446	6,94	N2	18,07	N1
447	26,01	S3	42,85	S3
448	26,01	S3	42,85	S3
449	29,07	S3	45,30	S3
450	26,01	S3	42,85	S3
451	10,98	N2	22,73	N1
452	36,00	S3	46,48	S3
453	41,18	S3	64,17	S2
454	17,44	N1	35,09	S3
455	36,00	S3	46,48	S3
456	18,36	N1	36,00	S3
457	17,44	N1	35,09	S3
458	14,40	N1	46,48	S3
459	8,16	N2	19,60	N1
460	15,61	N1	33,19	S3
461	12,24	N2	24,00	N1
462	8,16	N2	19,60	N1
463	17,44	N1	35,09	S3
464	17,44	N1	35,09	S3
465	13,68	N1	45,30	S3
466	13,68	N1	45,30	S3
467	17,44	N1	35,09	S3
468	29,07	S3	45,30	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
469	14,74	N1	38,39	S3
470	29,07	S3	45,30	S3
471	8,64	N2	36,00	S3
472	29,07	S3	45,30	S3
473	30,60	S3	46,48	S3
474	30,60	S3	46,48	S3
475	41,18	S3	64,17	S2
476	41,18	S3	64,17	S2
477	41,18	S3	64,17	S2
478	39,12	S3	62,55	S2
479	22,11	N1	39,50	S3
480	35,01	S3	59,17	S2
481	24,71	N1	41,76	S3
482	30,60	S3	42,85	S3
483	17,44	N1	35,09	S3
484	15,61	N1	33,19	S3
485	17,44	N1	35,09	S3
486	24,71	N1	41,76	S3
487	22,11	N1	39,50	S3
488	16,47	N1	27,84	S3
489	14,74	N1	26,34	S3
490	35,01	S3	59,17	S2
491	14,74	N1	26,34	S3
492	22,11	N1	39,50	S3
493	22,11	N1	39,50	S3
494	29,07	S3	45,30	S3
495	24,71	N1	41,76	S3
496	43,35	S3	65,84	S2
497	30,60	S3	46,48	S3
498	26,01	S3	42,85	S3
499	26,01	S3	42,85	S3
500	22,11	N1	39,50	S3
501	26,01	S3	51,00	S2
502	43,35	S3	65,84	S2
503	14,74	N1	26,34	S3
504	8,16	N2	19,60	N1
505	26,01	S3	42,85	S3
506	35,01	S3	59,17	S2
507	35,01	S3	59,17	S2
508	30,60	S3	46,48	S3
509	26,01	S3	51,00	S2
510	22,11	N1	39,50	S3
511	24,71	N1	49,71	S3
512	39,12	S3	62,55	S2
513	17,44	N1	35,09	S3
514	6,94	N2	18,07	N1
515	39,12	S3	62,55	S2
516	29,07	S3	45,30	S3
517	22,11	N1	39,50	S3
518	22,11	N1	39,50	S3
519	15,61	N1	39,50	S3
520	14,74	N1	38,39	S3
521	12,24	N2	51,00	S2
522	26,01	S3	51,00	S2
523	26,01	S3	42,85	S3
524	24,71	N1	41,76	S3
525	14,74	N1	38,39	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
526	17,44	N1	35,09	S3
527	17,44	N1	35,09	S3
528	17,44	N1	35,09	S3
529	17,44	N1	35,09	S3
530	17,44	N1	35,09	S3
531	12,24	N2	29,39	S3
532	11,56	N2	23,32	N1
533	29,07	S3	45,30	S3
534	8,16	N2	19,60	N1
535	10,40	N2	27,10	S3
536	10,40	N2	27,10	S3
537	8,16	N2	19,60	N1
538	8,16	N2	19,60	N1
539	8,16	N2	19,60	N1
540	26,01	S3	42,85	S3
541	24,57	N1	49,56	S3
542	17,44	N1	35,09	S3
543	6,94	N2	18,07	N1
544	29,07	S3	45,30	S3
545	12,24	N2	29,39	S3
546	17,34	N1	41,64	S3
547	24,57	N1	49,56	S3
548	17,44	N1	35,09	S3
549	12,24	N2	29,39	S3
550	29,07	S3	45,30	S3
551	11,02	N2	27,89	S3
552	11,63	N2	28,65	S3
553	26,01	S3	42,85	S3
554	24,57	N1	49,56	S3
555	11,56	N2	23,32	N1
556	11,56	N2	23,32	N1
557	29,07	S3	45,30	S3
558	11,56	N2	23,32	N1
559	12,24	N2	29,39	S3
560	12,24	N2	29,39	S3
561	11,56	N2	23,32	N1
562	24,71	N1	41,76	S3
563	17,44	N1	35,09	S3
564	17,44	N1	35,09	S3
565	11,56	N2	23,32	N1
566	12,24	N2	29,39	S3
567	26,01	S3	42,85	S3
568	29,07	S3	45,30	S3
568	11,56	N2	23,32	N1
569	29,07	S3	45,30	S3
570	17,44	N1	35,09	S3
571	18,36	N1	36,00	S3
572	18,36	N1	36,00	S3
573	26,01	S3	42,85	S3
574	29,07	S3	45,30	S3
575	39,12	S3	62,55	S2
576	43,35	S3	65,84	S2
577	26,01	S3	51,00	S2
578	17,44	N1	35,09	S3
579	8,16	N2	19,60	N1
580	24,57	N1	49,56	S3
581	9,83	N2	21,50	N1
582	9,83	N2	21,50	N1

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
583	17,44	N1	35,09	S3
584	30,60	S3	51,00	S2
585	17,44	N1	35,09	S3
586	11,56	N2	23,32	N1
587	11,56	N2	23,32	N1
588	12,24	N2	51,00	S2
589	12,24	N2	51,00	S2
590	12,24	N2	51,00	S2
591	15,61	N1	33,19	S3
592	10,98	N2	22,73	N1
593	17,44	N1	35,09	S3
594	12,24	N2	51,00	S2
595	10,40	N2	27,10	S3
596	14,74	N1	38,39	S3
597	12,24	N2	51,00	S2
598	11,56	N2	23,32	N1
599	17,44	N1	35,09	S3
600	17,44	N1	35,09	S3
601	52,20	S2	72,25	S2
602	43,35	S3	51,00	S2
603	36,85	S3	51,00	S2
604	9,83	N2	21,50	N1
605	10,98	N2	22,73	N1
606	52,20	S2	72,25	S2
607	9,83	N2	21,50	N1
608	9,83	N2	21,50	N1
609	9,83	N2	21,50	N1
610	31,32	S3	55,96	S2
611	51,00	S2	55,32	S2
612	58,34	S2	76,38	S1
613	41,18	S3	59,17	S2
614	61,41	S2	78,37	S1
615	39,12	S3	62,55	S2
616	58,34	S2	76,38	S1
617	61,41	S2	78,37	S1
618	31,32	S3	55,96	S2
619	31,32	S3	55,96	S2
620	58,34	S2	76,38	S1
621	41,18	S3	64,17	S2
622	35,01	S3	59,17	S2
623	36,85	S3	60,70	S2
624	41,18	S3	64,17	S2
625	41,18	S3	64,17	S2
626	36,85	S3	60,70	S2
627	65,21	S2	85,37	S1
628	31,32	S3	55,96	S2
629	41,18	S3	64,17	S2
630	52,20	S2	72,25	S2
631	61,41	S2	72,25	S2
632	61,41	S2	72,25	S2
633	9,83	N2	21,50	N1
634	9,83	N2	21,50	N1
635	10,98	N2	22,73	N1
636	10,98	N2	22,73	N1
637	10,98	N2	22,73	N1
638	10,98	N2	22,73	N1
639	9,83	N2	21,50	N1
640	36,85	S3	60,70	S2

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
641	10,98	N2	22,73	N1
642	9,83	N2	21,50	N1
643	41,18	S3	64,17	S2
644	10,98	N2	22,73	N1
645	10,98	N2	22,73	N1
646	10,98	N2	22,73	N1
647	52,20	S2	72,25	S2
648	10,98	N2	22,73	N1
649	36,85	S3	51,00	S2
650	10,98	N2	22,73	N1
651	24,71	N1	49,71	S3
652	24,71	N1	49,71	S3
653	24,71	N1	49,71	S3
654	36,85	S3	60,70	S2
655	41,18	S3	64,17	S2
656	61,41	S2	78,37	S1
657	61,41	S2	78,37	S1
658	41,18	S3	64,17	S2
659	41,18	S3	64,17	S2
660	39,12	S3	62,55	S2
661	22,11	N1	47,02	S3
662	24,71	N1	49,71	S3
663	22,11	N1	47,02	S3
664	15,61	N1	33,19	S3
665	36,85	S3	60,70	S2
666	36,85	S3	60,70	S2
667	36,85	S3	60,70	S2
668	61,41	S2	78,37	S1
669	61,41	S2	78,37	S1
670	41,18	S3	64,17	S2
671	15,61	N1	33,19	S3
672	61,41	S2	72,25	S2
673	35,01	S3	62,55	S2
674	36,85	S3	60,70	S2
675	52,20	S2	72,25	S2
676	9,83	N2	21,50	N1
677	9,83	N2	21,50	N1
678	9,83	N2	21,50	N1
679	9,83	N2	21,50	N1
680	58,34	S2	76,38	S1
681	9,83	N2	21,50	N1
682	31,32	S3	55,96	S2
683	9,83	N2	21,50	N1
684	9,83	N2	21,50	N1
685	9,83	N2	21,50	N1
686	41,18	S3	64,17	S2
687	61,41	S2	78,37	S1
688	31,32	S3	55,96	S2
689	9,83	N2	21,50	N1
690	9,83	N2	21,50	N1
691	41,18	S3	64,17	S2
692	68,64	S2	87,59	S1
693	10,98	N2	22,73	N1
694	31,32	S3	55,96	S2
695	52,20	S2	72,25	S2
696	41,18	S3	64,17	S2
697	58,34	S2	76,38	S1
698	43,35	S3	55,32	S2

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
699	36,85	S3	60,70	S2
700	41,18	S3	64,17	S2
701	36,85	S3	51,00	S2
702	10,98	N2	22,73	N1
703	10,98	N2	22,73	N1
704	9,83	N2	21,50	N1
705	10,98	N2	22,73	N1
706	10,98	N2	22,73	N1
707	31,32	S3	47,02	S3
708	65,21	S2	85,37	S1
709	9,83	N2	21,50	N1
710	31,32	S3	47,02	S3
711	12,24	N2	51,00	S2
712	9,83	N2	21,50	N1
713	24,71	N1	49,71	S3
714	41,18	S3	64,17	S2
715	22,11	N1	47,02	S3
716	15,61	N1	33,19	S3
717	15,61	N1	33,19	S3
718	22,11	N1	47,02	S3
719	36,85	S3	60,70	S2
720	36,85	S3	60,70	S2
721	36,85	S3	60,70	S2
722	24,71	N1	49,71	S3
723	36,85	S3	60,70	S2
724	24,71	N1	49,71	S3
725	15,61	N1	33,19	S3
726	24,71	N1	49,71	S3
727	24,71	N1	49,71	S3
728	10,98	N2	22,73	N1
729	36,85	S3	60,70	S2
730	41,18	S3	64,17	S2
731	15,61	N1	33,19	S3
732	41,18	S3	64,17	S2
733	15,61	N1	33,19	S3
734	41,18	S3	64,17	S2
735	10,98	N2	22,73	N1
736	10,98	N2	22,73	N1
737	10,98	N2	22,73	N1
738	10,98	N2	22,73	N1
739	10,98	N2	22,73	N1
740	12,92	N1	22,73	N1
741	10,98	N2	22,73	N1
742	10,98	N2	22,73	N1
743	9,83	N2	21,50	N1
744	10,98	N2	22,73	N1
745	36,85	S3	60,70	S2
746	61,41	S2	78,37	S1
747	41,18	S3	64,17	S2
748	36,85	S3	60,70	S2
749	36,85	S3	60,70	S2
750	41,18	S3	64,17	S2
751	22,11	N1	47,02	S3
752	41,18	S3	67,84	S2
753	10,98	N2	22,73	N1
754	41,18	S3	64,17	S2
755	15,61	N1	33,19	S3
756	36,85	S3	60,70	S2

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
757	52,20	S2	72,25	S2
758	41,18	S3	64,17	S2
759	41,18	S3	64,17	S2
760	24,71	N1	49,71	S3
761	10,98	N2	22,73	N1
762	41,18	S3	64,17	S2
763	10,98	N2	22,73	N1
764	15,61	N1	33,19	S3
765	22,11	N1	47,02	S3
766	41,18	S3	64,17	S2
767	61,41	S2	78,37	S1
768	41,18	S3	64,17	S2
769	41,18	S3	64,17	S2
770	41,18	S3	64,17	S2
771	9,83	N2	21,50	N1
772	41,18	S3	64,17	S2
773	10,98	N2	22,73	N1
774	9,83	N2	21,50	N1
775	12,24	N2	51,00	S2
776	41,18	S3	64,17	S2
777	58,34	S2	76,38	S1
778	61,41	S2	78,37	S1
779	52,20	S2	72,25	S2
780	24,71	N1	49,71	S3
781	22,11	N1	47,02	S3
782	24,71	N1	49,71	S3
783	22,11	N1	47,02	S3
784	22,11	N1	47,02	S3
785	15,61	N1	33,19	S3
786	15,61	N1	33,19	S3
787	15,61	N1	33,19	S3
788	36,85	S3	60,70	S2
789	22,11	N1	47,02	S3
790	24,71	N1	49,71	S3
791	24,71	N1	49,71	S3
792	41,18	S3	64,17	S2
793	22,11	N1	47,02	S3
794	36,85	S3	60,70	S2
795	41,18	S3	64,17	S2
796	41,18	S3	64,17	S2
797	9,83	N2	21,50	N1
798	9,83	N2	21,50	N1
799	35,01	S3	59,17	S2
800	52,20	S2	72,25	S2
801	68,64	S2	87,59	S1
802	68,64	S2	87,59	S1
803	72,25	S2	78,37	S1
804	51,00	S2	55,32	S2
805	68,64	S2	87,59	S1
806	36,00	S3	46,48	S3
807	39,12	S3	52,55	S2
808	32,49	S3	44,15	S3
809	49,59	S3	70,42	S2
810	58,34	S2	70,42	S2
811	68,64	S2	82,85	S1
812	35,01	S3	59,17	S2
813	80,75	S1	82,85	S1
814	49,59	S3	70,42	S2

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
815	58,34	S2	74,45	S2
816	35,01	S3	49,71	S3
817	80,75	S1	87,59	S1
818	61,41	S2	78,37	S1
819	39,12	S3	66,13	S2
820	44,37	S3	66,61	S2
821	68,64	S2	87,59	S1
822	49,59	S3	70,42	S2
823	55,42	S2	78,71	S1
824	44,37	S3	66,61	S2
825	7,75	N2	19,10	N1
826	95,00	S1	97,47	S1
827	43,73	S3	69,91	S2
828	36,85	S3	51,00	S2
829	85,00	S1	85,00	S1
830	27,62	S3	55,56	S2
831	58,34	S2	76,38	S1
832	65,21	S2	85,37	S1
833	52,20	S2	72,25	S2
834	11,56	N2	23,32	N1
835	10,98	N2	22,73	N1
836	12,27	N2	24,03	N1
837	10,98	N2	22,73	N1
838	10,98	N2	22,73	N1
839	10,98	N2	22,73	N1
840	17,44	N1	35,09	S3
841	10,98	N2	22,73	N1
842	28,90	S3	78,37	S1
843	24,71	N1	49,71	S3
844	8,16	N2	41,64	S3
845	12,27	N2	24,03	N1
846	10,98	N2	22,73	N1
847	12,27	N2	24,03	N1
848	27,46	S3	76,38	S1
849	24,71	N1	49,71	S3
850	27,62	S3	44,15	S3
851	20,52	N1	35,09	S3
852	11,56	N2	23,32	N1
853	31,32	S3	55,96	S2
854	85,00	S1	85,00	S1
855	14,44	N1	58,56	S2
856	24,71	N1	49,71	S3
857	8,16	N2	41,64	S3
858	11,56	N2	23,32	N1
859	43,35	S3	60,70	S2
860	72,25	S2	78,37	S1
861	27,62	S3	55,56	S2
862	51,00	S2	65,84	S2
863	41,18	S3	53,92	S2
864	80,75	S1	87,59	S1
865	11,56	N2	23,32	N1
866	10,98	N2	22,73	N1
867	24,71	N1	49,71	S3
868	95,00	S1	95,00	S1
869	39,12	S3	62,55	S2
870	27,62	S3	44,15	S3
871	24,71	N1	49,71	S3
872	24,71	N1	49,71	S3

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
873	95,00	S1	95,00	S1
874	39,12	S3	52,55	S2
875	31,32	S3	47,02	S3
876	51,00	S2	55,32	S2
877	51,00	S2	55,32	S2
878	24,71	N1	41,76	S3
879	16,47	N1	34,10	S3
890	10,98	N2	22,73	N1
891	10,98	N2	22,73	N1
892	95,00	S1	95,00	S1
893	10,98	N2	22,73	N1
894	65,21	S2	85,37	S1
895	49,59	S3	70,42	S2
896	52,20	S2	72,25	S2
897	65,21	S2	85,37	S1
898	90,25	S1	92,59	S1
899	39,12	S3	52,55	S2
900	11,56	N2	23,32	N1
901	49,59	S3	70,42	S2
902	68,64	S2	87,59	S1
903	44,37	S3	66,61	S2
904	36,85	S3	51,00	S2
905	36,85	S3	51,00	S2
906	51,00	S2	60,00	S2
907	49,59	S3	70,42	S2
908	10,98	N2	22,73	N1
909	6,94	N2	18,07	N1
910	57,00	S2	58,48	S2
911	11,56	N2	23,32	N1
912	10,98	N2	22,73	N1
913	10,98	N2	22,73	N1
914	8,21	N2	35,09	S3
915	41,18	S3	64,17	S2
916	76,71	S1	92,59	S1
917	11,56	N2	23,32	N1
918	24,71	N1	49,71	S3
919	24,71	N1	49,71	S3
920	39,12	S3	52,55	S2
921	43,35	S3	65,84	S2
922	11,56	N2	23,32	N1
923	7,75	N2	19,10	N1
924	24,71	N1	49,71	S3
925	24,71	N1	49,71	S3
926	19,38	N1	30,20	S3
927	11,56	N2	23,32	N1
928	12,92	N1	24,66	N1
929	12,27	N2	24,03	N1
930	10,98	N2	22,73	N1
931	11,56	N2	23,32	N1
932	12,27	N2	24,03	N1
933	24,71	N1	49,71	S3
934	11,56	N2	23,32	N1
935	10,98	N2	22,73	N1
936	11,56	N2	23,32	N1
937	10,98	N2	22,73	N1
938	11,56	N2	23,32	N1
939	11,56	N2	23,32	N1

ID	Μέθοδος Storie		Μέθοδος Square	
	Istorie	Katalstorie	Isquare	Katalsquar
940	11,56	N2	23,32	N1
941	11,56	N2	23,32	N1
942	24,71	N1	49,71	S3
943	11,56	N2	23,32	N1
944	24,71	N1	49,71	S3
945	11,56	N2	23,32	N1
946	11,56	N2	23,32	N1
947	11,56	N2	23,32	N1
948	24,71	N1	49,71	S3
949	24,71	N1	49,71	S3
950	24,71	N1	49,71	S3
951	31,32	S3	55,96	S2
952	31,32	S3	55,96	S2
953	11,56	N2	23,32	N1
954	11,56	N2	23,32	N1
955	11,56	N2	23,32	N1
956	11,56	N2	23,32	N1
957	41,18	S3	64,17	S2
958	11,56	N2	23,32	N1
959	11,56	N2	23,32	N1
960	31,32	S3	55,96	S2
961	12,92	N1	24,66	N1
962	11,56	N2	23,32	N1
963	41,18	S3	64,17	S2
964	11,56	N2	23,32	N1
965	11,56	N2	23,32	N1
966	11,56	N2	23,32	N1
967	11,56	N2	23,32	N1
968	41,18	S3	64,17	S2
969	11,56	N2	23,32	N1
970	11,56	N2	23,32	N1
971	11,56	N2	23,32	N1
972	10,98	N2	22,73	N1
973	11,56	N2	23,32	N1
974	12,92	N1	24,66	N1
975	10,98	N2	22,73	N1
976	11,56	N2	23,32	N1
977	11,56	N2	23,32	N1
978	11,56	N2	23,32	N1
979	80,75	S1	82,85	S1
980	8,16	N2	41,64	S3
981	24,71	N1	49,71	S3
982	24,71	N1	49,71	S3
983	11,56	N2	23,32	N1
984	5,76	N2	29,39	S3
985	11,56	N2	23,32	N1
986	15,20	N1	24,66	N1
987	19,38	N1	36,99	S3
988	15,20	N1	24,66	N1
987	12,92	N1	24,66	N1
990	48,45	S3	75,50	S1
991	10,98	N2	22,73	N1
992	24,71	N1	49,71	S3
993	24,71	N1	49,71	S3
994	24,71	N1	49,71	S3
995	24,71	N1	49,71	S3
996	24,71	N1	49,71	S3
997	58,34	S2	76,38	S1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Αποτελέσματα υπολογισμού ευκλείδειων αποστάσεων

AREAS	FACTORY
AREA 1	10938
AREA 2	11046
AREA 3	13743
AREA 4	13483
AREA 5	10881
AREA 6	11973
AREA 7	10601
AREA 8	10644
AREA 10	5995
AREA 11	7420
AREA 12	9042
AREA 13	11224
AREA 14	12922
AREA 15	9024
AREA 16	5843
AREA 17	5867
AREA 18	5685
AREA 19	3447
AREA 20	3482
AREA 21	2636
AREA 22	3431
AREA 23	2355
AREA 24	1554
AREA 25	3039
AREA 26	2742
AREA 27	2668
AREA 28	4960
AREA 29	34634
AREA 30	37530
AREA 31	37420
AREA 32	36971
AREA 33	39473
AREA 34	40462
AREA 36	5332
AREA 37	6718
AREA 38	9010
AREA 39	12507
AREA 40	11315
AREA 41	11265
AREA 42	8511
AREA 43	9459
AREA 44	11924
AREA 45	13355
AREA 47	15865
AREA 48	14213
AREA 49	14870
AREA 50	15153
AREA 51	16116
AREA 52	16386
AREA 53	17242
AREA 54	6911
AREA 55	4343
AREA 56	3004

AREAS	FACTORY
AREA 57	5127
AREA 58	3367
AREA 59	5826
AREA 60	6133
AREA 61	6199
AREA 62	5093
AREA 64	9688
AREA 65	13523
AREA 66	12964
AREA 67	14621
AREA 68	14886
AREA 69	14457
AREA 71	17649
AREA 73	17478
AREA 74	20205
AREA 75	21733
AREA 76	21256
AREA 77	19117
AREA 78	20428
AREA 79	24414
AREA 80	23056
AREA 81	15416
AREA 82	15745
AREA 84	18560
AREA 85	24364
AREA 86	28743
AREA 87	26611
AREA 88	28648
AREA 89	22986
AREA 90	24865
AREA 91	22919
AREA 93	31733
AREA 94	28902
AREA 95	33547
AREA 96	34980
AREA 97	35449
AREA 98	31383
AREA 99	33729
AREA 100	20266
AREA 102	22004
AREA 103	20165
AREA 104	18600
AREA 106	16605
AREA 107	18750
AREA 108	18076
AREA 109	13871
AREA 110	19293
AREA 111	20618
AREA 112	21561
AREA 113	21429
AREA 114	21186
AREA 115	24081
AREA 117	23616

AREAS	FACTORY
AREA 118	24543
AREA 119	23852
AREA 120	27152
AREA 121	24691
AREA 125	25141
AREA 128	37512
AREA 129	34627
AREA 130	33643
AREA 131	34264
AREA 132	34711
AREA 133	34093
AREA 134	32490
AREA 135	36273
AREA 136	36900
AREA 137	39156
AREA 138	33263
AREA 139	40077
AREA 140	40065
AREA 141	39667
AREA 142	39927
AREA 143	38844
AREA 144	41266
AREA 146	37273
AREA 147	36919
AREA 148	35424
AREA 149	38131
AREA 150	40236
AREA 152	28464
AREA 153	30317
AREA 155	31987
AREA 156	32172
AREA 157	31469
AREA 158	32273
AREA 159	39641
AREA 161	39978
AREA 165	35962
AREA 167	28170
AREA 168	27876
AREA 169	28001
AREA 170	26747
AREA 171	28000
AREA 173	31472
AREA 174	30442
AREA 176	39101
AREA 177	38475
AREA 178	39517
AREA 179	32811
AREA 181	33142
AREA 182	34089
AREA 183	33386
AREA 184	33770
AREA 186	28435
AREA 187	27995

AREAS	FACTORY
AREA 188	27822
AREA 189	28034
AREA 191	28591
AREA 193	27688
AREA 196	24151
AREA 198	35199
AREA 199	17551
AREA 201	10768
AREA 202	10897
AREA 203	10410
AREA 204	10210
AREA 205	11548
AREA 206	9609
AREA 207	6483
AREA 208	10868
AREA 209	9351
AREA 210	7982
AREA 211	10954
AREA 212	4822
AREA 213	5438
AREA 215	6068
AREA 216	5244
AREA 217	5471
AREA 220	5710
AREA 222	4469
AREA 223	4882
AREA 224	4640
AREA 225	4607
AREA 226	3851
AREA 227	2981
AREA 228	2065
AREA 229	908
AREA 230	181
AREA 231	298
AREA 232	2043
AREA 233	2489
AREA 234	4162
AREA 235	3356
AREA 236	2543
AREA 237	5684
AREA 238	35448
AREA 241	36447
AREA 242	36532
AREA 243	36143
AREA 244	36808
AREA 246	5999
AREA 247	8853
AREA 248	13765
AREA 249	13032
AREA 250	11623
AREA 251	11555
AREA 252	12274
AREA 253	13261
AREA 254	10478
AREA 255	13297
AREA 256	15200
AREA 258	16552

AREAS	FACTORY
AREA 260	5762
AREA 261	5957
AREA 262	7759
AREA 263	9204
AREA 264	10744
AREA 265	10668
AREA 266	11144
AREA 267	15842
AREA 268	17388
AREA 269	12236
AREA 270	11970
AREA 271	11041
AREA 272	13094
AREA 273	19118
AREA 274	18102
AREA 275	18835
AREA 277	20761
AREA 279	19793
AREA 280	17219
AREA 281	17095
AREA 282	19512
AREA 283	21876
AREA 284	24584
AREA 285	22747
AREA 286	22383
AREA 287	15941
AREA 288	15523
AREA 289	17347
AREA 290	21481
AREA 291	24534
AREA 292	21734
AREA 293	25053
AREA 294	28328
AREA 295	24641
AREA 296	25183
AREA 298	29599
AREA 299	22353
AREA 300	24825
AREA 301	27565
AREA 302	26680
AREA 303	23227
AREA 304	26614
AREA 307	29834
AREA 308	29298
AREA 309	25438
AREA 312	30991
AREA 313	31945
AREA 314	33013
AREA 315	34544
AREA 316	19418
AREA 318	19789
AREA 319	22721
AREA 320	19922
AREA 325	19244
AREA 327	17798
AREA 330	22472
AREA 331	23374
AREA 333	25439

AREAS	FACTORY
AREA 334	36689
AREA 335	32070
AREA 337	35992
AREA 338	27002
AREA 339	32093
AREA 344	39513
AREA 345	37643
AREA 346	36685
AREA 348	36790
AREA 350	31721
AREA 354	29646
AREA 355	30050
AREA 356	28776
AREA 358	31511
AREA 360	32626
AREA 361	41699
AREA 362	38691
AREA 363	26707
AREA 364	28171
AREA 365	27834
AREA 367	28580
AREA 368	27460
AREA 369	25937
AREA 371	24127
AREA 372	27898
AREA 373	30651
AREA 374	26825
AREA 375	32464
AREA 376	30572
AREA 377	31601
AREA 378	33602
AREA 380	39080
AREA 383	32608
AREA 386	31542
AREA 387	30054
AREA 388	26735
AREA 390	25133
AREA 391	25823
AREA 392	23776
AREA 393	19503
AREA 394	15279
AREA 395	15314
AREA 396	15458
AREA 397	22434
AREA 398	17019
AREA 401	12988
AREA 402	13267
AREA 403	11603
AREA 404	11011
AREA 405	6746
AREA 406	6810
AREA 407	5596
AREA 408	5532
AREA 409	4840
AREA 411	5360
AREA 412	6783
AREA 413	7200
AREA 414	6703

AREAS	FACTORY
AREA 415	6396
AREA 416	5966
AREA 417	4550
AREA 418	4168
AREA 419	4081
AREA 420	2519
AREA 421	1920
AREA 422	548
AREA 423	2892
AREA 424	3208
AREA 425	4380
AREA 426	3900
AREA 427	3577
AREA 428	3062
AREA 429	1688
AREA 430	2703
AREA 431	2261
AREA 432	2320
AREA 433	33085
AREA 434	35707
AREA 435	36995
AREA 436	36356
AREA 437	35723
AREA 438	37522
AREA 439	36676
AREA 440	35759
AREA 442	38963
AREA 447	41830
AREA 448	40493
AREA 449	38428
AREA 450	37203
AREA 452	6144
AREA 453	6003
AREA 454	6703
AREA 455	7131
AREA 456	8317
AREA 457	6651
AREA 458	7804
AREA 460	7029
AREA 463	9719
AREA 464	13422
AREA 465	14586
AREA 466	11320
AREA 467	10076
AREA 468	17646
AREA 469	17508
AREA 470	16912
AREA 472	16683
AREA 473	16929
AREA 474	7091
AREA 475	8322
AREA 476	7855
AREA 477	5214
AREA 478	6734
AREA 479	11684
AREA 480	15109
AREA 481	14356
AREA 482	18168
AREA 483	18297

AREAS	FACTORY
AREA 484	17047
AREA 485	18989
AREA 486	21124
AREA 487	21272
AREA 488	17793
AREA 489	18573
AREA 490	23834
AREA 491	24991
AREA 492	20981
AREA 493	14826
AREA 494	22181
AREA 495	26118
AREA 496	28592
AREA 497	28543
AREA 498	27402
AREA 499	25820
AREA 500	21461
AREA 501	22341
AREA 502	27988
AREA 503	27927
AREA 505	29432
AREA 506	28848
AREA 507	29085
AREA 508	29445
AREA 509	25467
AREA 510	24265
AREA 511	29041
AREA 512	31207
AREA 513	31437
AREA 515	32674
AREA 516	32441
AREA 517	35086
AREA 518	18003
AREA 519	19064
AREA 520	17355
AREA 522	18022
AREA 523	16710
AREA 524	25057
AREA 525	17183
AREA 526	17060
AREA 527	17210
AREA 528	18361
AREA 529	17356
AREA 530	19144
AREA 531	17753
AREA 533	20431
AREA 540	23874
AREA 541	24103
AREA 542	24808
AREA 544	34800
AREA 546	30671
AREA 547	35852
AREA 548	39966
AREA 550	39865
AREA 553	38285
AREA 554	37774
AREA 557	33953
AREA 562	28585
AREA 563	28603

AREAS	FACTORY
AREA 564	32477
AREA 567	39800
AREA 568	38134
AREA 570	37596
AREA 571	36911
AREA 572	36895
AREA 573	28810
AREA 574	27453
AREA 575	28154
AREA 576	28982
AREA 577	29713
AREA 578	31233
AREA 579	33169
AREA 581	35666
AREA 584	31820
AREA 585	31336
AREA 586	30857
AREA 592	29196
AREA 594	26264
AREA 597	24823
AREA 600	13218
AREA 601	12258
AREA 602	11970
AREA 603	13326
AREA 606	11617
AREA 610	5098
AREA 611	4632
AREA 612	5062
AREA 613	6625
AREA 614	5026
AREA 615	5355
AREA 616	5586
AREA 617	2894
AREA 618	3283
AREA 619	2747
AREA 620	1769
AREA 621	3263
AREA 622	3905
AREA 623	4451
AREA 624	4996
AREA 625	4798
AREA 626	1352
AREA 627	2812
AREA 628	2407
AREA 629	5809
AREA 630	6655
AREA 631	6591
AREA 632	4376
AREA 640	36871
AREA 643	39601
AREA 647	40746
AREA 649	38994
AREA 651	7671
AREA 652	11427
AREA 653	11763
AREA 654	13005
AREA 655	11860
AREA 656	9237
AREA 657	9489

AREAS	FACTORY
AREA 658	10630
AREA 659	13268
AREA 660	16245
AREA 661	19248
AREA 662	17535
AREA 663	17347
AREA 664	16545
AREA 665	15490
AREA 666	15404
AREA 667	15256
AREA 668	14945
AREA 669	17669
AREA 670	17903
AREA 671	6255
AREA 672	5272
AREA 673	6706
AREA 674	4028
AREA 675	4574
AREA 680	14235
AREA 682	16065
AREA 686	18414
AREA 687	19918
AREA 688	19066
AREA 691	15114
AREA 692	20893
AREA 694	22820
AREA 695	26119
AREA 696	28184
AREA 697	27669
AREA 698	26607
AREA 699	23552
AREA 700	30907
AREA 701	22793
AREA 707	31394
AREA 708	30424
AREA 710	21366
AREA 713	20964
AREA 714	18270
AREA 715	16883
AREA 716	17320
AREA 717	24147
AREA 718	16413
AREA 719	16396
AREA 720	17486
AREA 721	17106
AREA 722	17499
AREA 723	18483
AREA 724	18789
AREA 725	20174
AREA 726	19920
AREA 727	13045
AREA 729	22985
AREA 730	23919
AREA 731	25762
AREA 732	26351
AREA 733	26850
AREA 734	41675
AREA 740	36422
AREA 745	28997
AREA 746	40180

AREAS	FACTORY
AREA 747	41324
AREA 748	39305
AREA 749	34634
AREA 750	36387
AREA 751	36968
AREA 752	41382
AREA 754	28447
AREA 755	28615
AREA 756	28968
AREA 757	29836
AREA 758	31333
AREA 759	33714
AREA 760	43673
AREA 762	28139
AREA 764	26571
AREA 765	26793
AREA 766	29032
AREA 767	28667
AREA 768	29842
AREA 769	28215
AREA 770	29179
AREA 772	37362
AREA 776	29817
AREA 777	30842
AREA 778	31939
AREA 779	31415
AREA 780	29723
AREA 781	29870
AREA 782	29959
AREA 783	28076
AREA 784	27403
AREA 785	26360
AREA 786	25304
AREA 787	25293
AREA 788	26498
AREA 789	25187
AREA 790	21829
AREA 791	33647
AREA 792	36260
AREA 793	16692
AREA 794	29024
AREA 795	17318
AREA 796	31976
AREA 799	11805
AREA 800	11597
AREA 801	12604
AREA 802	11713
AREA 803	9761
AREA 804	6543
AREA 805	10381
AREA 806	12447
AREA 807	8658
AREA 808	5205
AREA 809	4545
AREA 810	5289
AREA 811	6227
AREA 812	6142
AREA 813	4004
AREA 814	3828
AREA 815	3968

AREAS	FACTORY
AREA 816	3105
AREA 817	3638
AREA 818	3323
AREA 819	3392
AREA 820	3718
AREA 821	5316
AREA 822	4782
AREA 823	3404
AREA 824	1668
AREA 826	1219
AREA 827	2225
AREA 828	2777
AREA 829	4829
AREA 830	1840
AREA 831	1459
AREA 832	1581
AREA 833	9706
AREA 840	38046
AREA 842	40131
AREA 843	40599
AREA 848	8161
AREA 849	9188
AREA 850	8749
AREA 851	9856
AREA 853	13361
AREA 854	10987
AREA 855	10533
AREA 856	8720
AREA 859	7536
AREA 860	5811
AREA 861	5300
AREA 862	8743
AREA 863	10130
AREA 864	13131
AREA 867	14011
AREA 868	18535
AREA 869	18391
AREA 870	21571
AREA 871	19208
AREA 872	16480
AREA 873	20573
AREA 874	19972
AREA 875	18327
AREA 876	19208
AREA 877	20501
AREA 878	19794
AREA 879	17424
AREA 882	22109
AREA 884	23885
AREA 885	25361
AREA 886	23472
AREA 887	23690
AREA 888	22022
AREA 889	20026
AREA 891	23298
AREA 892	24464
AREA 893	25256
AREA 894	27109
AREA 895	27640
AREA 896	25643

AREAS	FACTORY
AREA 897	28280
AREA 900	24400
AREA 906	34586
AREA 907	20460
AREA 908	21129
AREA 909	17530
AREA 911	17022
AREA 913	14294
AREA 914	13725
AREA 915	14882
AREA 916	20665
AREA 918	23484
AREA 919	25841
AREA 920	25452
AREA 921	25055
AREA 924	25545
AREA 925	39960
AREA 926	35989
AREA 928	37402
AREA 933	35628
AREA 942	43181
AREA 944	32281
AREA 948	28963
AREA 949	28465
AREA 950	26942
AREA 951	27802
AREA 952	31238
AREA 957	26076
AREA 960	29890
AREA 961	30944
AREA 963	31614
AREA 968	31875
AREA 974	39300
AREA 981	31597
AREA 982	30656
AREA 986	30880
AREA 987	29636
AREA 988	29495
AREA 989	26933
AREA 990	25795
AREA 992	24779
AREA 993	25536
AREA 994	11530
AREA 995	16077
AREA 996	2086
AREA 997	1133

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Χρήσεις γης της περιοχής μελέτης βάσει του Corine

1ο Επίπεδο		2ο Επίπεδο		3ο Επίπεδο	
1	Τεχνητές Επιφάνειες	1.1	Αστικός ιστός	1.1.1	Συνεχής αστικός ιστός
				1.1.2	Ασυνεχής αστικός ιστός
		1.2	Βιομηχανικές-Εμπορικές ζώνες και Δίκτυα Μεταφορών	1.2.1	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
		1.3	Ορυχεία, Χώροι Απορρίψεως απορριμάτων και Χώροι Οικοδόμησης	1.3.1	Χώροι εξορύξεως ορυκτών
2	Γεωργικές περιοχές	2.1	Αρώσιμη γη	2.1.1	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
				2.1.2	Μόνιμα αρδευόμενη
		2.2	Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1	Αμπελώνες
		2.3	Λιβάδια	2.3.1	Λιβάδια
		2.4	Ετερογενείς Γεωργικές Περιοχές	2.4.2	Σύνθετες καλλιέργειες
3	Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	3.1	Δάση	3.1.1	Δάσος πλατύφυλλων
		3.2	Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	3.2.1	Φυσικοί βοσκότοποι
				3.2.3	Σκληροφυλλική βλάστηση
				3.2.4	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
3.3	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές		
4	Υγρότοποι	4.1	Υγρότοποι ενδοχώρας	4.4.1	Βάλτοι στην ενδοχώρα
5	Υδάτινες επιφάνειες	5.1	Χερσαία ύδατα	5.1.1	Υδατορρέυματα