



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ

ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Π.Μ.Σ. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ

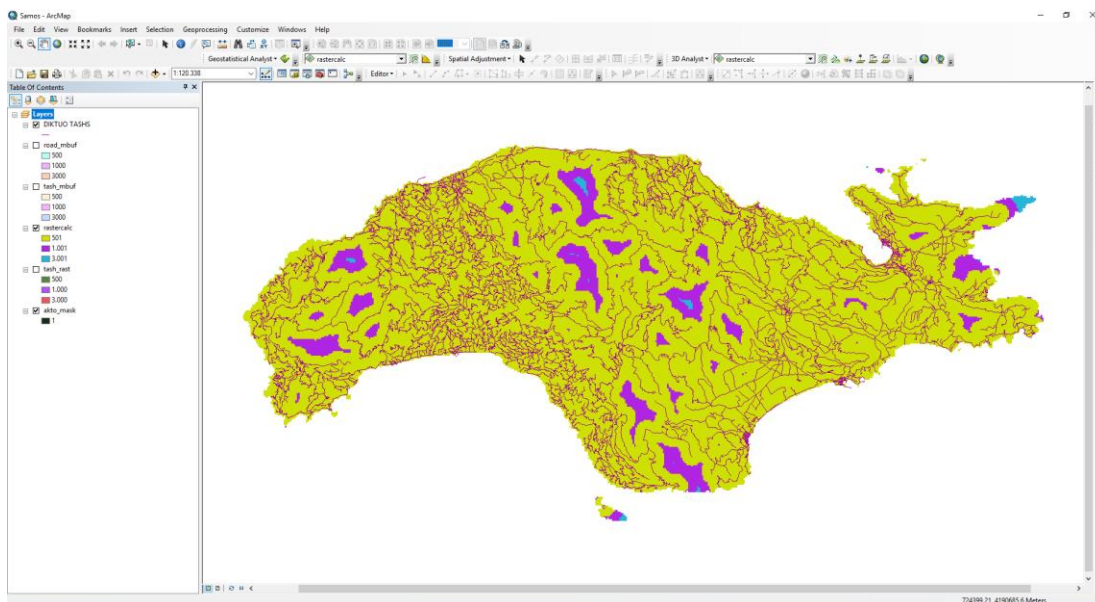
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Πολυκριτηριακή ανάλυση με Χρήση GIS στην χωροθέτηση καλλιεργήσιμης
έκτασης στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου**

**Multicriteria analysis using GIS in the placement of a suitable land for
cultivation in the wider area of Samos**



Επιβλέπων Καθηγητής: Κορμέτζας Γ. Αναπληρωτής Καθηγητής ΜΠΕΣ

Τατάκης Άγγελος 3232016057

Καρλόβασι 2018

Εγκρίθηκε απο την τριμελή εξεταστική επιτροπή την....Ιουνίου 2018

.....
Κορμέτζας Γ.

**Αναπληρωτής
Καθηγητής**

.....
Σκιάνης Χ.

**Καθηγητής
ΜΠΕΣ
ΜΠΕΣ**

.....
Βουγιούκας Δ.

**Αναπληρωτής
Καθηγητής**

Στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Μαρία,
για την στήριξη και την αγάπη τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου και τις θερμότερες ευχαριστίες μου προς τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κορμέτζα Γεώργιο, για την στήριξη και την πολύτιμη καθοδήγηση του, ο οποίος με βοήθησε στο να εκπληρώσω με τον καλύτερο δυνατό τρόπο αυτή την εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του τμήματος στατιστικής και αναλογιστικών χρηματοοικονομικών μαθηματικών του Πανεπιστημίου αιγαίου στην Σάμο κ. Καραγρηγορίου Αλέξανδρο για την πολύτιμη βοήθεια του, σε όλο το διάστημα που μεσολάβησε για την απόκτηση αυτού του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, τους φίλους μου καθώς επίσης και όσους με βοήθησαν στην πορεία μου αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT	8
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	10
1.2 Η ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΣΑΜΟ	10
1.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	11
2 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	13
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	13
2.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	14
2.4 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	15
2.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	16
2.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	17
2.6.1 Λήπτης απόφασης(Decision Maker)	17
2.6.2 Εναλλακτικές(Alternatives).....	17
2.6.3 Προτίμηση(Preference)	18
2.7 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	29
3 ΚΥΡΙΑΡΧΟΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	33
3.1 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας(multi attribute utility theory)	35
3.2 Πολυκριτήριος Μαθηματικός Προγραμματισμός(multi objective mathematical programming)	36
3.3 Θεωρία των σχέσεων υπεροχής(outranking relations approach)	38
3.4 Θεωρία αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης(preference disaggregation approach)	39
3.5 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	41
3.5.1 Μέθοδος MAVT.....	41
3.5.2 Μέθοδος UTA.....	42
3.5.3 Μέθοδος ΑΗΡ.....	44
3.5.4 Μέθοδοι ELECTRE.....	48
3.5.5 Μέθοδοι PROMETHEE	56
3.5.6 Άλλες μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.....	61
4 ΧΩΡΙΚΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΓΣΠ(GIS)	64
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	64

4.2	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	64
4.2.1	Περιοχή μελέτης.....	64
4.2.2	Σημαντικές παράμετροι για την δημιουργία μίας καλλιέργειας	65
4.2.3	Μεθοδολογία	68
4.2.4	Προσδιορισμός ζωνών αποκλεισμού και ζωνών καταλληλότητας.....	69
4.2.5	Υλοποίηση Μοντέλου	71
4.2.6	Στάδιο επεξεργασίας των στοιχείων	75
4.2.7	Περιορισμοί	76
4.2.8	Κριτήρια	85
4.2.9	Ανάπτυξη μεθόδων σύνθεσης κριτηρίων- Καθορισμός Συντελεστών Βαρύτητας.....	91
4.2.10	Ανάλυση Ευαισθησίας.....	95
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	97
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄	101
	ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ	101
	ΟΙΚΙΣΜΟΙ(Πόλεις, Χωριά,Οικισμοί).....	102
	ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ- ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	103
	ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	104
	ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	105
	CORINE 2012	106
	ΖΩΝΕΣ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ.....	110
	ΧΩΡΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ(λατρευτικοί χώροι, αρχαιολογικοί χώροι)	111
	ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	113
	ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	114
	ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	115
	ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ(Digital Elevation Model)	116
	ΧΑΡΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ	117
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄	118
	Στοιχεία Μετεωρολογικού σταθμού για την Σάμο	118
	Μητρικό Υλικό Εδάφους	119
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.....	121

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την εξέταση της θεωρητικής προσέγγισης μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, για την χωροθέτηση και εγκατάσταση μίας αγροτικής καλλιέργειας, διερευνώντας παράλληλα τις δυνατότητες εφαρμογής σε πραγματικές συνθήκες.

Η εφαρμογή λαμβάνει χώρα στον Νομό Σάμου, όπου εξετάζεται η περίπτωση χωροθέτησης μίας καλλιεργήσιμης έκτασης. Αρχικά, διερευνάται το εννοιολογικό πλαίσιο του όρου «αγροτική καλλιέργεια». Έπειτα, εντοπίζεται ο ρόλος και η αποστολή της, τα γενικά χαρακτηριστικά της, και γίνεται αναφορά στα κριτήρια αξιολόγησής. Σκοπός αυτού είναι η θεωρητική προσέγγιση των κριτηρίων χωροθέτησης .

Η εργασία αυτή έχει διαρθρωθεί σε πέντε κεφάλαια και τα οποία έχουν οργανωθεί ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή στην περιοχή που αναπτύσσεται η μελέτη(Σάμος) καθώς και μία ιστορική αναδρομή στον τόπο αλλά και στις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες του νησιού. Στη συνέχεια, γίνεται μία ιστορική ανασκόπηση των καλλιεργειών στην νήσο Σάμο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση στο θέμα «πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων». Επίσης ορίζεται η έννοια της απόφασης μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης, αναπτύσσεται το μεθοδολογικό πλαίσιο μοντελοποίησης των προβλημάτων, ενώ γίνεται αναφορά στα βασικούς θεωρητικούς τομείς της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στους κυρίαρχους θεωρητικούς κύκλους της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, καθώς και στις σημαντικότερες μεθόδους που στηρίζονται σε αυτούς, όπως έχει παρουσιαστεί από μία πληθώρα επιστημόνων σε ελληνική και ξένη βιβλιογραφία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο συνδυασμός της πολυκριτηριακής ανάλυσης με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, καθώς επίσης και τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα. Επίσης αναπτύσσεται η μελέτη σύμφωνα με το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε και παρουσιάζεται βήμα προς βήμα όλη η διαδικασία.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται, συμπεράσματα και προτείνονται μελλοντικές κατευθύνσεις για έρευνα και ανάπτυξη.

Λέξεις κλειδιά: πολυκριτήρια ανάλυση, πολυκριτηριακές μέθοδοι, αγροτική καλλιέργεια, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

ABSTRACT

The present work aims to examine the theoretical background of the multicriteria analysis of the decision making for the placement of a suitable land for cultivation, exploring at the same time the possibilities of applying the results of the research in real life conditions

The present work aims to examine the theoretical background through multicriteria decision analysis, for the siting and installation of an agricultural crop, while exploring the possibilities of applying the results of the research in real life conditions.

The implementation takes place in the Prefecture of Samos, where the case of a search for a suitable land for cultivation is being considered. Initially, the conceptual framework of the term "agricultural cultivation" is explored. Then, its role and mission, its general characteristics, and the assessment criteria are identified. The objective is to approach theoretically the location criteria.

The work is structured into five chapters, organized as follows:

In the first chapter there is an introduction about the area of research(Samos) along with a historical retrospective and the socio-economic conditions of the island. Then, there is a historical review of the crops on the island of Samos.

In the second chapter there is a bibliographical review of the subject of "multi-criteria analysis of decisions". There is also a definition of the concept of decision making through multicriteria analysis, and how the methodological framework of problem modeling is structured, with reference to the basic theoretical areas of multicriteria analysis.

The third chapter introduces the dominant theories of multicriterial decision analysis and the most commonly used methodology, as it is presented by several researchers in Greek and foreign bibliography.

The fourth chapter presents the combination of multicriteria analysis with geographic information systems, as well as the data used in order to arrive to the final results. Also, the study is structured according to the software that was used and the whole process is presented step by step.

Finally, chapter five analyzes, draws conclusions and suggests future directions for research and development.

Keywords: Multicriteria analysis, multicriteria methods, agricultural cultivation, geographic information systems.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Σάμος βρίσκεται στο Ανατολικό Αιγαίο, κοντά στα παράλια της Μικράς Ασίας και είναι το 8^ο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας. Η Πρωτεύουσά της είναι η Σάμος ή Βαθύ όπως ονομαζόταν παλαιότερα. Η συνολική έκτασή της ανέρχεται στα 476 τετραγωνικά χλμ. και το μήκος των ακτών της στα 156 χλμ. Ο πληθυσμός της, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 32.974 κατοίκους.

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι διάφορες ονομασίες που τις έχουν δοθεί κατά την αρχαιότητα και εμφανίζονται είναι Ανθεμούσα, Μέλανθος, Μελάμφυλλος, Φυλλάς, Δρυούσα, Δόρυσσα, Κυπαρισσία και όλα σχετίζονται με την γόνιμη γη της και την πλούσια βλάστηση. Το τελευταίο όνομα “Σάμος”, σύμφωνα με την μυθολογία λέγεται πως το πήρε από τον τόπο καταγωγής (Σάμη Κεφαλληνίας), του πρώτου βασιλιά του νησιού, τον Αγκαίο ή από το όνομα του γιού του, του Σάμου. Κάποιοι μελετητές υποστηρίζουν ότι το όνομα προέρχεται από το αρχαίο έθνος Σαίους που κατοικούσε στο νησί. Άλλες μελέτες αναφέρονται στον Σάο γιο του Ερμή ή από την λέξη «σαμά» που σημαίνει ύψος παρα την ακτή, εξαιτίας των ψηλών βουνών της. Κατά την αρχαιότητα, οι πρώτοι κάτοικοι του νησιού ήταν οι Φοίνικες και οι Λέλεγες. Έπειτα ήρθαν οι Πελασγοί και αργότερα οι Κάρες, μετά ακολούθησαν οι Αιολείς και οι Ίωνες. Η Σάμος υπήρξε γενέτειρα πολλών αρχαίων φιλοσόφων, αστρονόμων, ποιητών κλπ. όπως ο Πυθαγόρας, ο Αρίσταρχος, ο Επίκουρος κ.α.

1.2 Η ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΣΑΜΟ

Η Σάμος από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα αποτελεί ένα νησί με ανεπτυγμένους τους τομείς του εμπορίου και της γεωργίας. Η ευφορία της γης σε συνδυασμό με το εξαιρετικό κλίμα της συντελούν στην παραγωγή των προϊόντων της.

Η ελιά θεωρείται από τις σημαντικότερες καλλιέργειες για την σάμο (96.500 στρ), αποφέρει σημαντικά έσοδα για τους ελαιοπαραγωγούς. Η επικρατούσα ποικιλία είναι η Θρουμπολιά η οποία

είναι μικτής χρήσης(βρώσιμη αλλά και ελαιοποιήσιμη). Οι αμπελώνες της σάμου επίσης σημαντική καλλιέργεια (έκταση περίπου 18000 στρ.), με μία απο τις σημαντικότερες ποικιλίες να είναι το μοσχάτο Σάμου.Το μοσχάτο που αποτελεί το 98% της παραγωγής του σαμιακού οίνου έχει προσαρμοστεί τέλεια στις ιδιαίτερες εδαφολογικές συνθήκες του νησιού όπως φαίνεται απ' τα θαυμάσια κρασιά που παρασκευάζονται απ' το γλεύκος του. Η ζώνη καλλιέργειας του μοσχάτου Σάμου ορίζεται απ' το προεδρικό διάταγμα υπ' αριθ. 212/82 που αφορά την «Αναγνώριση οίνων με ονομασία προελεύσεως Σάμος ελεγχόμενη». Σύμφωνα με το διάταγμα αυτό «η ποικιλία μοσχάτο άσπρο καλλιεργείται μέσα σε όρια ζώνης, στην οποία περιλαμβάνονται οι εξής περιοχές της Σάμου. Στο βόρειο τμήμα του νησιού οι περιοχές των δημοτικών διαμερισμάτων Καρλοβασίου των κοινοτικών διαμερισμάτων, Κοκκαριού, Βουρλιωτών, Αγίου Κωνσταντίνου, Μανωλατών, Σταυρινίδων, Αμπέλου, Κοντακέικων, Υδρούσας, Κονταίικων, Αγίων θεοδώρων, Πλατάνου, Λέκας, Καστανιάς και Κοσμαδαίων. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού οι περιοχές των κοινοτικών διαμερισμάτων Πύργου, Μεσογειών, Πανδρόσου, Κουμαραδαίων και Μαυραντζαίων. Στο ανατολικό τμήμα του νησιού οι περιοχές δημοτικού διαμερίσματος Σάμου(Βαθύ) και των κοινοτικών διαμερισμάτων Παγώνδα, Χώρας, Μυτιληνίων. Τέλος απο το νότιο τμήμα το κοινοτικό διαμέρισμα Σπαθαραίων, για έκταση αμπελώνων έως 100 στρεμμάτων. Τα Εσπεριδοειδή ευδοκιμούν αρκετά σε χαμηλά υψόμετρα. Η καλλιεργούμενη έκταση είναι περίπου 1.500 στρ, ενώ συστηματικές καλλιέργειες εμφανίζονται κοντά στην περιοχή των Μύλων. Επίσης στην Σάμο ευδοκιμούν πολλά οπωροφόρα δένδρα όπως αβοκάντο, μπανανιές, καστανιές, κερασιές, βυσσινιές και μηλιές ενώ δεν εμφανίζονται εκτεταμένες συστηματικές καλλιέργειες. Τέλος στο νησί υπάρχουν, υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών και ανθοκομικών ειδών.

1.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Η Σάμος είναι ένα νησί που συνδυάζει με αρμονικό τρόπο το νησιωτικό χαρακτήρα, με την επιβλητικότητα των ορεινών όγκων της και την ευφορία των πεδιάδων της. Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από δύο κύριους ορεινούς όγκους. Το όρος Κερκετεύς ή Κέρκης που υψώνεται στο δυτικό τμήμα του νησιού, με την υψηλότερη κορυφή του Βίγλα(1.434 μέτρα). Στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού υψώνεται το όρος Άμπελος που καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από τον Κερκετέα, με τις υψηλότερες κορυφές του, τον Καρβούνη (1.153 μέτρα) και τον Αϊ-Λια στα (1.127 μέτρα). Μικρές αλλά εύφορες πεδιάδες εντοπίζονται σε ολόκληρη την έκταση του

νησιού. Η μεγαλύτερη σε έκταση (μήκους 5 Km και πλάτους 2 Km) βρίσκεται στην νότια πλευρά του νησιού με την ονομασία Κάμπος του Ηραίου– Χώρας και η πεδιάδα του Μεσόκαμπου στα νοτιοανατολικά. Οι κοιλάδες των Καρλοβασιών στα βόρεια και της Βλαμαρής στα ανατολικά (κοντά στην πρωτεύουσα του νησιού) αποτελούνται από γόνιμο έδαφος, κατάλληλο για καλλιέργειες. Η Σάμος δεν διαθέτει ποταμούς, αλλά αποστραγγίζεται από πολλούς χειμάρρους και ρυάκια, τα οποία ρέουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Όσον αφορά το κλίμα του νησιού θεωρείται μεσογειακό με δροσερά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το καλοκαίρι παρατηρούνται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες διαρκούν για μικρό χρονικό διάστημα συνήθως ιούλιο και αύγουστο. Η θαλάσσια αύρα, βοηθά σημαντικά στην μείωση της θερμοκρασίας στις παράκτιες περιοχές, καθώς και τα μελτέμια προκαλούν πτώση θερμοκρασίας σε όλη την περιοχή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα έχουν μικρή διάρκεια με περίοδο από τον δεκέμβρη έως τον μάρτιο, ενώ την υπόλοιπη περίοδο οι θερμοκρασίες είναι ήπιες. Το αιολικό δυναμικό της Σάμου χωρίζεται σε τρεις ζώνες. Το βόρειο τμήμα θεωρείται δροσερό με τους ανέμους να έρχονται από την θάλασσα, στο νότιο τμήμα δε οι άνεμοι ξηροί, κάνουν την εμφάνιση τους από τους ορεινούς όγκους, θερμαίνουν το περιβάλλον. Τέλος στις ορεινές περιοχές επικρατεί υψηλή υγρασία, αλλά και χαμηλές θερμοκρασίες.

Πιο συγκεκριμένα το κλίμα της Σάμου θεωρείται εύκρατο μεσογειακό. Η γεωγραφική θέση του νησιού και κυρίως τα ψηλά βουνά της συμβάλλουν ώστε να είναι πρώτη σε βροχοπτώσεις, σε σχέση με άλλες περιοχές της Ελλάδας. Αξίζει να σημειωθεί πως το κλίμα επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στα παράλια της Μικράς Ασίας. Η πλούσια χλωρίδα και η μεγάλη βιοποικιλότητα είναι τα δύο βασικά χαρακτηριστικά της Σάμου. Η χλωρίδα της αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεσογειακού τύπου και φιλοξενεί πλούσια μεσογειακή πανίδα καθώς και εκτεταμένες καλλιέργειες εξαιτίας της επίδρασης των συνθηκών του περιβάλλοντος και κυρίως του Μεσογειακού κλίματος της περιοχής. Η εδαφολογική σύσταση της Σάμου κατηγοριοποιείται σε σχιστολιθική όψη, χαλικώδης, με μέτρια γονιμότητα και με καλή στράγγιση. Τα εδάφη είναι στην πλειονότητα τους όξινης σύστασης (χαμηλή πυκνότητα ασβεστίου), αλλά και πλούσια σε μεταλλικά στοιχεία όπως σίδηρο(Fe), Μαγνήσιο(Mg), Μαγγάνιο(Mn), Ψευδάργυρο(Zn) και χαλκό(Cu).

(Πηγή: Περιφέρεια βορείου αιγαίου, Διεύθυνση Γεωργίας)

2 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βασική ιδέα της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων είναι, με αξιόπιστο και αποτελεσματικό τρόπο, να πραγματοποιηθεί η σύνθεση όλων των κριτηρίων για την λήψη μίας απόφασης. Ο σκοπός της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων δεν είναι αποκλειστικά η σύνθεση των δεδομένων ενός προβλήματος, αλλά η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης του προβλήματος βάσει των κανόνων που πρέπει να ακολουθήσει ο αποφασίζων, λαμβάνοντας υπόψιν πώς οι όψεις του προβλήματος είναι αντιφατικές και ανταγωνιστικές.

Η πρώτη παρατήρηση που πρέπει να γίνει όταν προσεγγίζουμε ένα πρόβλημα απόφασης είναι ότι δεν υπάρχει μία απόφαση που να είναι καλύτερη από όλες τις απόψεις, ώστε να καταλήξουμε αμέσως σε ένα συμπέρασμα-λύση. Συμπερασματικά λοιπόν οι πολυκριτήριες μέθοδοι δεν παρέχουν λύσεις που να είναι «αντικειμενικά οι καλύτερες». Με την εξέλιξη τους αποτυπώνεται με εμφανή τρόπο η προηγούμενη άποψη, και διατέθηκαν πολλές ώρες μελετών από διαφορετικούς επιστήμονες για να καταλήξουμε σε πιο ευέλικτες μεθόδους και θεωρίες.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη τεκμηριωμένη προσπάθεια επιστημονικής προσέγγισης του προβλήματος, της σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων γίνεται από τον Pareto(1896), ο οποίος έθεσε τις απαραίτητες βάσεις, εισάγοντας μία από τις βασικότερες έννοιες της πολυκριτήριας ανάλυσης, την έννοια της αποδοτικότητας(efficiency).

Μετέπειτα οι VonNeymann και Morgenstern(1944) αναπτύσσουν μία από τις τέσσερις βασικές θεωρίες, την θεωρία της χρησιμότητας. Μετά τον πόλεμο ο Koopmans(1951) βασιζόμενος στην έννοια της αποδοτικότητας του Pareto αναπτύσει την έννοια του αποδοτικού συνόλου.

Αργότερα οι Charnes και Cooper(1961) ανέπτυξαν την θεωρία του γραμμικού προγραμματισμού(μαθηματικός προγραμματισμός) και της πολυκριτήριας ανάλυσης (goal

programming) και ο Fishburn(1965) διεύρυνε την θεωρία της χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό το καθεστώς των πολλαπλών κριτηρίων.

Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1960 η πολυκριτήρια ανάλυση ξεκίνησε να απασχολεί και τους ευρωπαίους επιστήμονες και ερευνητές. Αρχίζοντας από τον Roy(1968), ο οποίος αναπτύσσει την θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations), θεωρούμενος ως ο ιδρυτής της «Ευρωπαϊκής σχολής» της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Από το 1970 και μετά η πολυκριτήρια ανάλυση έχει γνωρίσει ανάπτυξη τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών για να αντιμετωπιστούν διάφορα πολύπλοκα προβλήματα λήψης απόφασης. Σημαντική τις τελευταίες τρεις δεκαετίες προς την κατεύθυνση αυτή υπήρξε η συμβολή της πληροφορικής και των υπολογιστών.

Η Πολυκριτήρια λήψη ή Υποστήριξη αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Making ή Decision Support) είναι η εξέλιξη των τελευταίων τριάντα χρόνων στο πλαίσιο της επιχειρησιακής έρευνας και της επιστήμης των αποφάσεων, με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων στην λήψη της τελικής απόφασης(Multi Stakeholder Multi Criteria Decision Support-MSMCDS), υπό το πρίσμα της επιστήμης των υπολογιστών.

2.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Κατά τον Ζοπουνίδη (Zorounidis 1999), πολυκριτήρια ανάλυση ορίζεται ένα σύνολο μεθόδων που βοηθούν στην σύνθεση πολλών κριτηρίων εκτίμησης, ούτως ώστε να καθιστά δυνατή την επιλογή, κατάταξη, ταξινόμηση και περιγραφή ενός συνόλου εναλλακτικών ενεργειών. Βασικός στόχος της ανάλυσης είναι, ο αποφασίζων να συγκεντρώσει τα εργαλεία που θα τον βοηθήσουν στην επίλυση προβλημάτων. Ο αποφασίζων πρέπει μέσω των υποβοηθούμενων εργαλείων να εξετάσει έναν αριθμό πολλαπλών και συνάμα αντικρουόμενων κριτηρίων.

Σε μία άλλη αναφορά από τους Σίσκο και Σπυριδάκο (Siskos and Spiridakos, 1999), η πολυκριτήρια ανάλυση αποτελεί ένα σύνολο μεθόδων, μοντέλων και προσεγγίσεων, με στόχο να βοηθήσουν έναν η περισσότερους αποφασίζοντες να χειριστούν ημιδομημένα προβλήματα απόφασης με πολλαπλά κριτήρια.

Σύμφωνα με τον Σίσκο(Siskos, 1998), τα προβλήματα πολυκριτήριας απόφασης εντάσσονται στην κατηγορία χαμηλής δόμησης(illstructured), ανήκουν δηλαδή στα προβλήματα

τα οποία η ορθολογική λύση δεν υπάρχει, αλλά αποτελεί αντικείμενο προοδευτικής ανάζητησης, μέσω μίας αλληλεπιδραστικής διαδικασίας.

Αρχής γενομένης απο τον Pareto(1896) μέχρι και σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι γύρω απο την πολυκριτήρια ανάλυση, ενώ έχει εκδοθεί μεγάλος αριθμός εργασιών με πρακτικές και θεωρητικές εφαρμογές. Ο όρος πολυκριτήρια ή πολυκριτηριακή ανάλυση αποδίδεται διαφορετικά απο τις δύο μεγάλες σχολές την Αμερικανική(MCDM- Multicriteria Decision Making)) και την Ευρωπαϊκή(MCDA- Multicriteria Decision Aid).

Συμφωνα με την Ευρωπαϊκή απόδοση της θεωρίας, πολυκριτήρια ανάλυση ορίζεται, η δραστηριότητα του ατόμου που εξετάζει ένα πρόβλημα και αναζητεί στοιχεία μέσω απαντήσεων. Οι απαντήσεις αυτές δίνονται σε ερωτήσεις, οι οποίες προτείνονται απο τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία λήψης απόφασης. Η συλλογή αυτών των στοιχείων γίνεται με την χρήση ρητών, αλλά όχι απαραίτητα τυποποιημένα μοντέλα αποφάσεων. Τα δεδομένα αυτά βοηθούν στην διαδικασία λήψης της απόφασης βάση των προτιμήσεων και της κοινής αποδοχής απο τους συμμετέχοντες.

2.4 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί σύνθετη διαδικασία, με αρχικό στόχο την μελέτη και την ανάλυση των επιπτώσεων όλων των εναλλακτικών αποφάσεων. Για την εύρεση της βέλτιστης λύσης, προχωρούμε στην διαδικασία σύνθεσης και ταύτισης των απαιτήσεων, όλων εμπλεκόμενων μερών στην διαδικασία της απόφασης. Σαν απόφαση ορίζεται κάθε ενέργεια (σκέψη, κρίση), απο έναν ή πολλούς ανθρώπους, με στόχο την επιλογή τρόπου δράσης μέσα από ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών δράσης.

Σύμφωνα με τους Keen και Scott-Morton(1978) η απόφαση διακρίνεται σε δομημένη, ημιδομημένη και αδόμητη. Στην δομημένη απόφαση ακολουθείται πάντα η ίδια διαδικασία στην λήψη της απόφασης, ενώ το αντικείμενο της απόφασης είναι καθορισμένο. Επίσης, τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας είναι συγκεκριμένα. Στην αδόμητη απόφαση η διαδικασία που ακολουθείται για την λήψη της απόφασης είναι διαφορετική κάθε φορά. Επίσης, δεν είναι καθορισμένα τα δεδομένα εισόδου, το αντικείμενο της απόφασης, αλλά

και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας. Τέλος στην ημιδομημένη απόφαση, άλλες ενέργειες είναι καθορισμένες και άλλες ασαφείς.

2.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Σύμφωνα με τον Simon(1960), η διαδικασία λήψης αποφάσεων απο έναν αποφασίζοντα, διακρίνεται σε τέσσερις φάσεις, όπως είναι η νοητική φάση, ο σχεδιασμός, η επιλογή και η φάση ολοκλήρωσης. Στην νοητική φάση(intelligent phase), αναζητούνται οι καταστάσεις για τις οποίες μπορούν να ληφθούν αποφάσεις. Εξετάζεται η δομή του προβλήματος, αν είναι πραγματικό και ότι δεν αποτελεί μέρος άλλου ευρύτερου προβλήματος. Στην συνέχεια καθορίζεται ο βαθμός σημαντικότητας, ούτως ώστε να είναι γνωστή η προτεραιότητα που θέτει ο αποφασίζοντας για την επίλυση του. Το πρόβλημα ταξινομείται σε μια απο τις τρεις κατηγορίες προβλημάτων(δομημένο, αδόμητο, ημιδομημένο) και στην συνέχεια διασπάται σε επιμέρους προβλήματα. Τέλος γίνεται καταγραφή του προβλήματος.

Στον σχεδιασμό(design), διενεργείται έρευνα, ανάλυση και ανάπτυξη όλων των δυνατών εναλλακτικών τρόπων δράσης. Στην φάση αυτή μελετάται το πρόβλημα πίο διεξοδικά, για να γίνει αντιληπτό από όλους τους εμπλεκόμενους στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Έπειτα εξετάζονται όλοι οι πιθανοί τρόποι δράσης, οι οποίοι με την ανάπτυξη και την εφαρμογή τους, δημιουργούν λύσεις υλοποιήσιμες και μή. Σημαντικό κομμάτι της φάσης σχεδιασμού αποτελεί η μεθοδολογία μοντελοποίησης του προβλήματος αποφάσεων, η οποία αναπτύσσεται παρακάτω.

Την τρίτη φάση στην διαδικασία αποτελεί η επιλογή(choice), η οποία εξετάζει την καταλληλότερη απόφαση μέσα απο ένα σύνολο εναλλακτικών τρόπων δράσης.

Τέλος στην φάση ολοκλήρωσης(completion phase), εφαρμόζεται η προτεινόμενη, απο τους εμπλεκόμενους στο πρόβλημα, λύση. Αν ικανοποιούν τα αποτελέσματα στην φάση ολοκλήρωσης, τότε καταλήγουμε ότι οι εργασίες των προηγούμενων φάσεων είναι ορθά ολοκληρωμένες. Αν όμως τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά, τότε υπάρχει ευχέρεια επανάληψης τμημάτων των προηγούμενων φάσεων, έως ότου να καταλήξουμε σε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

2.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

2.6.1 Λήπτης απόφασης(Decision Maker)

Ο λήπτης απόφασης ή αποφασίζων(Decision Maker), αποτελεί τον βασικό χαρακτήρα στην λήψη και υποστήριξη μίας απόφασης. Σκοπός του αποφασίζοντα είναι ο καθορισμός των στόχων στην υπηρεσία στην οποία ενεργεί. Στην λογική αυτή αποτελεί μία οντότητα που εκφράζει τους στόχους και τις προτιμήσεις του, με μοναδικό σκοπό να τεθούν σε ισχύ κατά την εξέλιξη της διαδικασίας απόφασης.

Ένα απλό σενάριο είναι πώς, όταν ο αποφασίζων συμμετέχει σε μία διαδικασία απόφασης, αντιμετωπίζει κριτήρια που πιθανόν να είναι αντίθετα με τις βασικές αρχές και αξίες του. Επί της ουσίας ελέγχοντας τις προτιμήσεις του, εξετάζει όλα τα πιθανά κριτήρια. Σύμφωνα με τις παραπάνω πρακτικές, το σύνολο των εμπλεκόμενων σε μία απόφαση μπορεί να είναι είτε μεμονωμένο άτομο, είτε ένα σύνολο ατόμων.

2.6.2 Εναλλακτικές(Alternatives)

Εναλλακτική

Εναλλακτική(alternative), ορίζεται ως το ενδεχόμενο αποτέλεσμα που θα δοθεί σε μία επιλογή απόφασης μέσα από διάφορα κριτήρια που εξετάζει ο αποφασίζων. Κάθε εναλλακτική εκτιμάται, αξιολογείται και αντιμετωπίζεται με αυτόνομο τρόπο, για να χρησιμεύσει ως σημείο εφαρμογής στην υποστήριξη της απόφασης. Οι εναλλακτικές απόφασης αναφέρονται και ως λύσεις του προβλήματος απόφασης.

Το σύνολο εναλλακτικών

Το σύνολο εναλλακτικών (set of actions) A ορίζεται ως το σύνολο των πιθανών λύσεων που αντιστοιχούν σε εφικτές πραγματικές ή εικονικές εναλλακτικές, στις οποίες βασίζεται η υποστήριξη της απόφασης. Σύγκεκριμένα οι εναλλακτικές θα αποτελέσουν το αντικείμενο εξέτασης και αξιολόγησης από τον αναλυτή-λήπτη αποφάσεων, κατά την διαδικασία εύρεσης λύσης απόφασης. Ένα βασικό στοιχείο που πρέπει να έχει το σύνολο A , είναι ομοιογένεια στις

εξεταζόμενες εναλλακτικές. Συνεπώς δεν μπορεί να έχει μεγάλες διαφορές στις επιδόσεις των διαφόρων κριτηρίων. Για παράδειγμα στην επιλογή χωροθέτησης σε μία καλλιέργεια, αν βασικό κριτήριο είναι η ποιότητα του εδάφους και η κλίση του, θα πρέπει να αναλυθούν με βάση αυτά τα κριτήρια ως προς την απόδοση τους. Σύμφωνα με τους Roy και Bouyssou (1993) επίπτωση της εναλλακτικής, ορίζεται κάθε πιθανό αποτέλεσμα που μπορεί να συνδεθεί με τους στόχους της απόφασης ή το σύστημα αξιών ενός εμπλεκόμενου στην διαδικασία απόφασης. Ο εμπλεκόμενος επεξεργάζεται, τεκμηριώνει ή εναλλάσσει τις προτιμήσεις του. Συμπερασματικά η επίπτωση είναι το αποτέλεσμα που λαμβάνει ο αποφασίζων, σε σχέση με την επιλογή που έχει κάνει. Η επίπτωση ή αλλιώς συνέπεια αυτής της επιλογής μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση, αλλά και να αποτελέσει στοιχείο κλειδί «σκαλωπάτι» σε επόμενη απόφαση.

2.6.3 Προτίμηση(Preference)

Προτίμηση

Προτίμηση ορίζεται ως η διαδικασία απόδοσης μεγαλύτερης αξίας ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα δεδομένα. Το αποτέλεσμα της προτίμησης μπορεί να είναι η επιθυμία του αποφασίζοντα, εύνοια η επιρροή. Συμπερασματικά η προτίμηση αποδίδεται στον ανθρώπινο παράγοντα, με βασικό χαρακτηριστικό της, την υποκειμενικότητα. Αυτό το χαρακτηριστικό τη διαφοροποιεί σαφώς από τη μέτρηση που έχει αντικειμενικό χαρακτήρα. Η εκδήλωση προτίμησης εξαρτάται από το περιβάλλον, τις επικρατούσες συνθήκες και από τον σκοπό για τον οποίο γίνεται. Επίσης έχει μεταβλητό χαρακτήρα τόσο σε χρόνο όσο και σε τόπο. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες διαμορφώνουν την προτιμησιακή συλλογιστική (preferential reasoning) των εμπλεκόμενων μερών σε μιας συγκεκριμένη διαδικασία απόφασης.

Η κλίμακα προτίμησης

Η κλίμακα προτίμησης(*preference scale*), αποτελείται από ένα σύνολο καταστάσεων, τις βαθμίδες, οι οποίες είναι διευθετημένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να ορίζουν μια πλήρη κατάταξη, ως προς τις προτιμήσεις ενός εμπλεκόμενου στη διαδικασία απόφασης. Οι κλίμακες χωρίζονται σε κατατακτικές και σε μή κατατακτικές. Οι κατατακτικές είναι εκείνες που έχουν δυνατότητα κατάταξης-αξιολόγησης, ενώ αντίστοιχα μή κατατακτικές εκείνες που στερούνται αυτής της

δυνατότητας. Οι κύριοι τύποι κλίμακας προτίμησης διακρίνονται σε ποσοτική κλίμακα, σε ποιοτική κλίμακα και σε ονομαστική κλίμακα.

Η ποσοτική κλίμακα ή αλλιώς μετρική (measurable scale), αποτελεί μια κατατακτική κλίμακα προτίμησης, που εξετάζει ένα διάστημα πραγματικών τιμών, που τοποθετούνται σε σειρά προτίμησης, με το ένα άκρο στην λιγότερο και το άλλο στην περισσότερη επιθυμητή τιμή. Βασικό χαρακτηριστικό μιας ποσοτικής κλίμακας είναι ότι οι διαβαθμίσεις της είναι καθορισμένες με πλήρη και λεπτομερή τρόπο, επιτρέποντας έτσι, τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας. Παραδείγματα ποσοτικής-μετρικής κλίμακας είναι η κλίμακα κόστους, τιμής, χρονικής διάρκειας, κατανάλωσης μιας μηχανής, κ.α.).

Η ποιοτική κλίμακα ή κλίμακα διάταξης (ordinal scale), επίσης μία κατατακτική κλίμακα που αποτελείται από ένα σύνολο καταστάσεων (π.χ, χείριστος, κακός, μέτριος, καλός, άριστος) οι οποίες είναι προτιμησιακά διατεταγμένες από τη λιγότερο προς την περισσότερη επιθυμητή. Το βασικό χαρακτηριστικό της, είναι ότι δεν επιτρέπει τη σύγκριση των διαστημάτων στο εσωτερικό της. Έτσι, στο παραπάνω παράδειγμα κλίμακας (χείριστος-άριστος), δεν υπάρχουν πληροφορίες για τη σύγκριση των διαστημάτων (μέτριος-καλός) και (καλός-άριστος). Συνεπώς δεν διασφαλίζεται πώς τα διαστήματα αυτά, είναι ίσα μεταξύ τους, ώστε να αντιστοιχούν και σε ίδιες διαφορές προτίμησης.

Τέλος η ονομαστική κλίμακα (*cardinal - nominal scale*), αποτελεί μία μη-κατατακτική κλίμακα. Ένα τυπικό παράδειγμα ονομαστικής κλίμακας είναι η χρωματική κλίμακα (άσπρο, μαύρο, κόκκινο, πράσινο, κίτρινο, ...). Προφανώς, δεν μπορεί, σε καμία περίπτωση, να προκύψει διάταξη χρωμάτων η οποία να αντιστοιχεί σε αύξουσα ή φθίνουσα προτίμηση.

Το προφίλ προτίμησης του αποφασίζοντα

Το προφίλ προτίμησης του αποφασίζοντα (preference profile), αποτελεί ένα σύνολο στοιχείων που καθορίζουν την συμπεριφορά και την αντιμετώπιση που έχει κατά την διαδικασία της απόφασης. Μερικά στοιχεία που μπορεί να επηρεάσουν την απόφαση, με διαφορετική βέβαια βαρύτητα και σειρά για κάθε αποφασίζοντα είναι επιθυμίες, προτιμήσεις, στόχοι, προσδοκίες, λογική, υπαρξιακά και ηθικά διλήμματα, πεποιθήσεις, εμπειρίες-βιώματα κ.α.

Όσων αφορά τις προτιμήσεις και τις επιθυμίες του αποφασίζοντα, είναι από τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν της απόφαση. Πρόκειται για υποκειμενικό στοιχείο που χαρακτηρίζει τον

εκάστοτε αποφασίζοντα, η διατύπωση των συγκεκριμένων προτιμήσεων και επιθυμιών σε μια διαδικασία απόφασης, έχει ως αποτέλεσμα την εξειδίκευση της απόφασης, ώστε να είναι ικανοποιητική για το συγκεκριμένο αποφασίζοντα. Οι στόχοι και οι προσδοκίες του αποφασίζοντα σαφώς και επηρεάζουν την λήψη μίας απόφασης. Επίσης αποτελούν προσωπικά στοιχεία κάθε εμπλεκόμενου με την λήψη απόφασης και εξαρτώνται σε σχέση με τον βαθμό επίτευξης τους, η ποιότητα και η αξιοπιστία της λήψης απόφασης.

Όσων αφορά την λογική του αποφασίζοντα, είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του προφίλ προτίμησης του αποφασίζοντα και επηρεάζει αρκετά την απόφαση. Συνεπώς είναι ο τρόπος με τον οποίο ο λήπτης απόφασης επηρεάζεται ή όχι ή αναλαμβάνει ευθύνη απέναντι σε κίνδυνο, κατά την διαδικασία της απόφασης. Δηλαδή μπορεί να κρατήσει συντηρητική στάση, αποφεύγοντας τον κίνδυνο, μπορεί να κρατήσει ουδέτερη στάση, διατηρώντας μία ισορροπία απέναντι στον κίνδυνο ή να αποδεχθεί τον κίνδυνο, υιοθετώντας ριψοκίνδυνη στάση. Τα «ηθικά και υπαρξιακά διλήμματα» καθορίζονται από την κλίμακα αξιών σύμφωνα με τις αξίες και τους ηθικούς και τους συναισθηματικούς φραγμούς τους αποφασίζοντα. Είναι ικανά να καθοδηγούν την σκέψη, την συμπεριφορά και τις επιλογές του. Ένα άλλο στοιχείο στην κλίμακα αξιών είναι, οι εμπειρίες και τα βιώματα του, που διαφοροποιούνται ανά άτομο σε σχέση με άλλους εμπλεκόμενους και εξατομικεύουν την απόφαση. Το προφίλ προτίμησης μεταβάλλεται στο χρόνο, διότι ο ίδιος λήπτης απόφασης μπορεί να αλλάξει κάποια στοιχεία του προφίλ του ανάλογα, το οικονομικό, πολιτισμικό, κοινωνικό και ψυχολογικό υποβαθρό του.

Κριτήρια προτίμησης

Κριτήριο είναι η μεταβλητή, που δηλώνει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Τα κριτήρια εξετάζονται με βάση τις εναλλακτικές και τα χαρακτηριστικά αυτών. Η έννοια του κριτηρίου είναι σημαντικό κομμάτι της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Κλίμακα ενός κριτηρίου είναι οι τιμές που κυμαίνεται ένα κριτήριο καθώς και ο ρυθμός αύξησης της τιμής του. Βασικό χαρακτηριστικό της κλίμακας είναι τα όρια, τα οποία αντιστοιχούν στην περισσότερο και στη λιγότερο επιθυμητή τιμή του κριτηρίου. Μια κλίμακα μπορεί να είναι συνεχής(τιμές κριτηρίου συνεχείς) ή διακριτή(τιμές κριτηρίου διακριτές).

Κριτήρια αύξουσας κλίμακας είναι εκείνα που, για τον αποφασίζοντα, εκφράζουν εισροές, όπως το κέρδος, η ασφάλεια, η αξιοπιστία, κ.α.. Η αύξουσα κλίμακα είναι εκείνη στην οποία

όσο αυξάνει η τιμή του κριτηρίου, τόσο αυξάνει η προτίμησή του αποφασίζοντα, ή αντίστροφα, όσο μειώνεται η τιμή του κριτηρίου, τόσο μειώνεται η προτίμησή . Δηλαδή, προτίμηση και τιμή κριτηρίου έχουν σχέση ανάλογη.

Κριτήρια φθίνουσας κλίμακας είναι εκείνα που, για τον αποφασίζοντα, εκφράζουν εκροές, όπως το κόστος, η κατανάλωση, κ.α.. Η φθίνουσα κλίμακα, είναι εκείνη στην οποία όσο αυξάνει η τιμή του κριτηρίου, τόσο μειώνεται η προτίμησή του αποφασίζοντα, ή αντίστροφα, όσο μειώνεται η τιμή του κριτηρίου, τόσο αυξάνει η προτίμησή του. Δηλαδή, προτίμηση και τιμή κριτηρίου έχουν σχέση αντιστρόφως ανάλογη.

Κατηγοριοποίηση-Τυπολόγιο κριτηρίων

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να ταξινομήσουμε τα κριτήρια, όπως σύμφωνα με την άποψη θεώρησης υπό την οποία τα εξετάζουμε. Μπορούμε λοιπόν να τα χωρίσουμε με βάση την προτίμηση(κατάταξη και ονομαστικά, ποιοτικά και ποσοτικά, μονότονα και μη μονότονα).

Κριτήρια κατάταξης και ονομαστικά κριτήρια

Τα κριτήρια κατάταξης έχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης/κατάταξης των εναλλακτικών, ενώ αρκεί να πληρούν τις συνθήκες της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων και να τοποθετούνται στα όρια(αύξουσα- φθίνουσα) της κλίμακας τιμών (άκρα κλίμακας). Το βασικό πλεονέκτημα των κριτηρίων κατάταξης είναι η διαδικασία παραχωρήσεων (trade offs). Σύμφωνα με τη διαδικασία παραχωρήσεων, ό,τι παραχωρείται-θυσιάζεται σε ένα κριτήριο, αυτό εισπράττεται με τη σειρά του σε άλλο ή άλλα κριτήρια. Τα ονομαστικά κριτήρια σε αντίθεση με τα κριτήρια κατάταξης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών, διότι δεν διαθέτουν οριοθετημένη κλίμακα τιμών και δεν πληρούν τις συνθήκες μονοτονίας, συνεπώς δεν μπορούν να συμμετέχουν σε μία συνεπή οικογένεια κριτηρίων. Επίσης δεν εφαρμόζεται η διαδικασία παραχωρήσεων και ο αποφασίζων μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά. Για τους παραπάνω λόγους, τα ονομαστικά κριτήρια χρησιμοποιούνται μόνο ως κριτήρια αποκοπής, πριν από την έναρξη της διαδικασίας αξιολόγησης, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό, το τελικό σύνολο εναλλακτικών Α, πάνω στο οποίο θα εφαρμοσθεί κάποια μέθοδος πολυκριτήριας εκτίμησης.

Ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια

Τα κριτήρια αξιολόγησης μπορεί να είναι ποσοτικά ή ποιοτικά. Ποσοτικά ονομάζονται τα κριτήρια που είναι άμεσα μετρήσιμα και η τιμή του κριτηρίου εκφράζεται με έναν αριθμό και μια μονάδα μέτρησης. Ποιοτικά ονομάζονται τα κριτήρια των οποίων η τιμή δεν είναι άμεσα μετρήσιμη, αλλά προκύπτει ως εκτίμηση, μέσω μίας ποιοτικής κλίμακας.

Κριτήρια μονοτονίας

Μονότονα ονομάζονται τα κριτήρια που υπάρχει συνεχής αύξηση της προτίμησης, στην περίπτωση της αύξουσας κλίμακας, ή συνεχή μείωση στην περίπτωση της φθίνουσας κλίμακας, εφόσον αυξάνεται η τιμή του κριτηρίου. Για να συμμετέχουν σε ένα σύνολο αξιολόγησης θα πρέπει εκτός από την μονοτονία, να καλύπτουν και τις άλλες δύο ιδιότητες της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων (επάρκεια, μή πλεονασμός).

Μη μονότονα ονομάζονται τα κριτήρια στα οποία δεν υπάρχει συνεχής αύξηση της προτίμησης, στην περίπτωση της αύξουσας κλίμακας, ή συνεχής μείωση της προτίμησης, στην περίπτωση της φθίνουσας κλίμακας, εφόσον αυξάνεται η τιμή του κριτηρίου. Σε αντίθεση με τα μονότονα κριτήρια, αν και καλύπτουν τις άλλες δύο ιδιότητες της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, δεν πληρούν την ιδιότητα της μονοτονίας, οπότε δεν μπορούν να συμμετέχουν σε ένα σύνολο αξιολόγησης κριτηρίων.

Δομές προτίμησης

Οι δομές προτίμησης, για την σύγκριση των εναλλακτικών είναι η αυστηρή προτίμηση, η ασθενής προτίμηση, η ιδιότητα της αδιαφορίας και η ιδιότητα της μη συγκρισιμότητας. Η αυστηρή προτίμηση (Strict Preference) σημαίνει ότι η εναλλακτική α είναι αυστηρά προτιμότερη της β ($\alpha P \beta$). Η ασθενής προτίμηση (Weak Preference) σημαίνει ότι η εναλλακτική α προτιμάται ασθενώς της β ($\alpha Q \beta$). Στην δομή της αδιαφορίας (Indifference), η σύγκριση ανάμεσα στις εναλλακτικές α και β είναι ισοδύναμη ή αδιάφορη ($\alpha I \beta$). Η δομή της μη συγκρισιμότητας (Incomparability), σημαίνει ότι η α και β δεν μπορούν να συγκριθούν.

Επιπλέον δομές εκτός από τις παραπάνω δομές προτίμησης, είναι και αυτές της υπεροχής και της κυριαρχίας. Στην δομή υπεροχής (Surclassement) η εναλλακτική α είναι τουλάχιστον το

ίδιο καλή σε σχέση με την β ($a \geq b$ στην περίπτωση αύξουσας κλίμακας, και $a \leq b$ στην περίπτωση φθίνουσας κλίμακας), στο συγκεκριμένο κριτήριο ($\alpha S \beta$). Προφανώς, η υπεροχή περιλαμβάνει την αυστηρή προτίμηση ($>$ ή $<$) και την αδιαφορία ($=$). Στην δομή κυριαρχίας (Dominance) η εναλλακτική α κυριαρχεί της β , όταν υπερέχει της β σε όλα τα κριτήρια ($\alpha D \beta$).

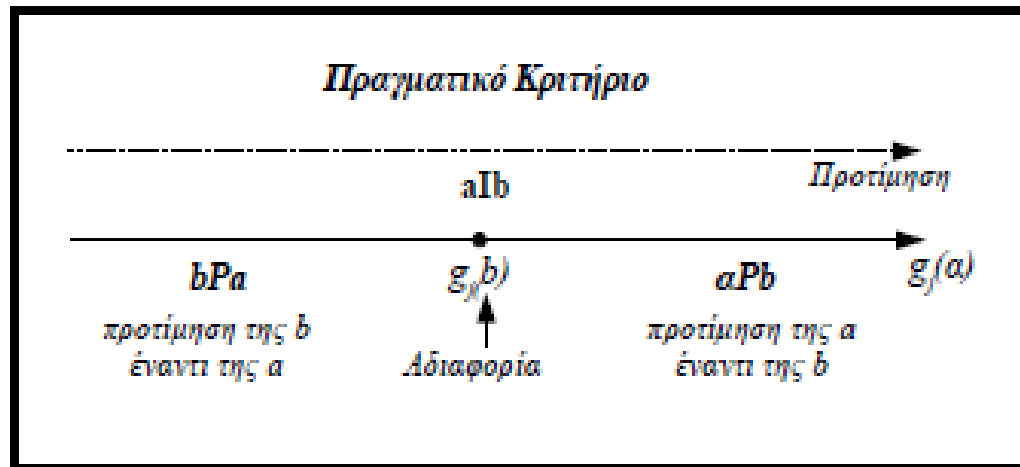
Όλες οι παραπάνω δομές προτίμησης, αποτελούν παράμετρο της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων που αναλύεται παρακάτω.

Πραγματικά κριτήρια (True Criteria)

Απο τους πιο γνωστούς τύπους κριτηρίων είναι το πραγματικό κριτήριο. Οι εκτιμήσεις των εναλλακτικών ενεργειών είναι τέτοιες, ώστε κάθε ελάχιστη διαφορά να κατευθύνεται προς προτίμηση. Στο πραγματικό κριτήριο ισχύει η μονοτονία, ενώ οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας είναι μεταβατικές. Επίσης δεν είναι δεκτές τόσο η ασθενής προτίμηση, αλλά και η μη συγκρισιμότητα. Σύμφωνα με την θεώρηση, είναι ο πιο αυστηρός τύπος κριτηρίου και προϋποθέτει ότι ο αποφασίζων είναι ικανός να δηλώσει σαφή προτίμηση μεταξύ δύο εναλλακτικών.

Στο στάδιο της μεταβατικότητας της αδιαφορίας θεωρείται ως δεδομένο πως ο αποφασίζων είναι ικανός να εκτιμήσει τις πιο μικρές διαφορές μεταξύ των εναλλακτικών. Βέβαια αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα, να δημιουργηθεί ασυνέπεια μεταξύ των προτιμήσεων. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μεταβατικότητας της σχέσης αδιαφορίας, μπορούμε να εισάγουμε ένα κατώφλι ευσθησίας-αδιαφορίας, στο οποίο ο αποφασίζων να είναι σε θέση να αποφύγει την δήλωση διαφοράς. Συνεπώς οδηγούμαστε σε ημικριτήριο, ενώ η σχέση αδιαφορίας παύει να είναι μεταβατική.

Μπορούμε ακόμη να αυξήσουμε την ακρίβεια της κρίσης του αποφασίζοντα, εισάγοντας την έννοια της ασθενούς προτίμησης, μέσω του κατωφλίου προτίμησης. Στην περίπτωση αυτή, μιλάμε για ψευδοκριτήριο, όπως θα αναλυθούν παρακάτω.



Σχήμα 1: Η λειτουργία του πραγματικού κριτηρίου

Στην παραπάνω γραφική απεικόνιση του πραγματικού κριτηρίου, διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις προτίμησης:

$$\text{Εάν } g_j(a) < g_j(b) \Leftrightarrow \beta P a$$

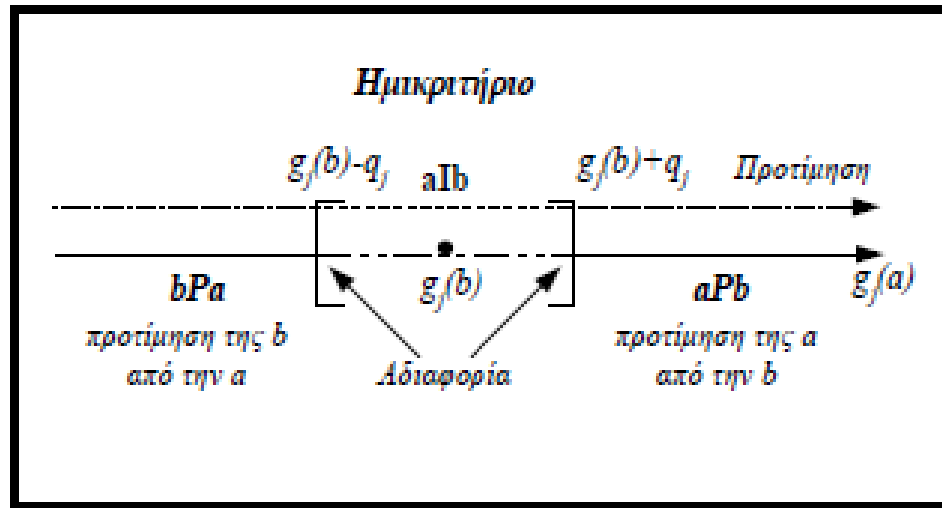
$$\text{Εάν } g_j(a) = g_j(b) \Leftrightarrow a I \beta$$

$$\text{Εάν } g_j(a) > g_j(b) \Leftrightarrow a P \beta$$

Ημι-κριτήρια (semi-criterion)

Κάθε διαφορά επιδόσεων μεταξύ των εναλλακτικών, όσο μικρή και να είναι, δεν μπορεί να οδηγεί σε διατύπωση αυστηρής προτίμησης. Για να δημιουργηθεί προτίμηση, θα πρέπει να ξεπεραστεί το κατώφλι-στάδιο αδιαφορίας q_j . Τότε και μόνο τότε μπορούμε να πούμε ότι η σχέση αδιαφορίας δεν είναι μεταβατική, οπότε το πραγματικό κριτήριο μετατρέπεται σε ημι-κριτήριο.

Το στάδιο αδιαφορίας ορίζει μια περιοχή την λεγόμενη «περιοχή αδιαφορίας», μέσα στην οποία εντάσσονται όλες οι περιπτώσεις κατά τις οποίες οι διαφορές μεταξύ των εναλλακτικών είναι μικρές, χωρίς να υπερβένουν τα όρια στα κατώφλια αδιαφορίας. Για παράδειγμα ο αποφασίζων ενώ εξετάζει ένα κριτήριο με βάση το κατώφλι αδιαφορίας επιμένει στην εκτίμηση του ακόμα και αν δεν είναι η τέλεια, ενώ υποχρεούται να δηλώσει πώς είναι. Στο παρακάτω σχήμα αποτυπώνεται η λειτουργία του ημικριτηρίου.



Σχήμα 2: Η λειτουργία του ημικριτηρίου

Στο παραπάνω σχήμα απεικόνισης της λειτουργίας του ημικριτηρίου, διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις προτίμησης:

$$\text{Εάν } g_j(a) < g_j(b) - p_j \text{ ή } g_j(b) - g_j(a) > p_j \Leftrightarrow \beta P a$$

$$\text{Εάν } g_j(b) - p_j \leq g_j(a) \leq g_j(b) + p_j \text{ ή } -p_j \leq g_j(a) - g_j(b) \leq p_j \Leftrightarrow a I \beta$$

Η αδιαφορία μεταξύ α και β διατυπώνεται και ως:

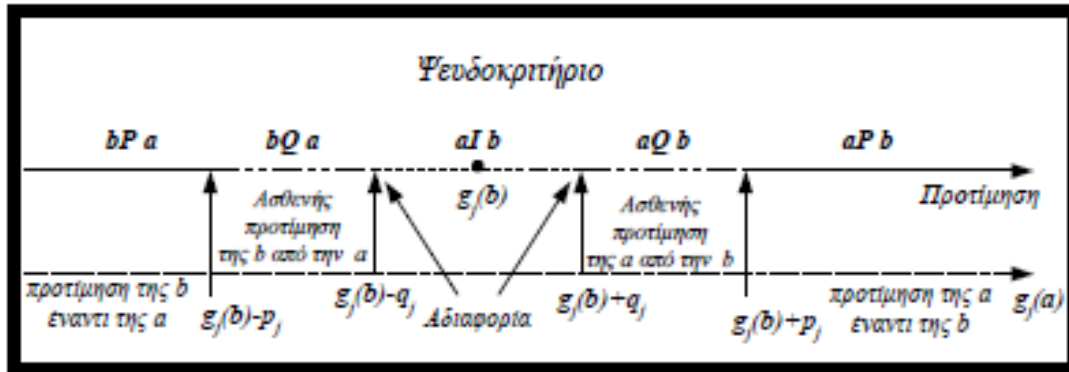
$$|g_j(a) - g_j(b)| \leq p_j \Leftrightarrow a I \beta \text{ ή } \beta I a$$

$$\text{Εάν } g_j(a) > g_j(b) + p_j \text{ ή } g_j(a) - g_j(b) > p_j \Leftrightarrow a P \beta$$

Ψευδοκριτήρια (pseudo – criterion)

Σε προβλήματα απόφασης πραγματικού χρόνου, η εναλλαγή από την κατάσταση αδιαφορίας σε κατάσταση αυστηρής προτίμησης, είναι γρήγορη με αποτέλεσμα να δημιουργεί κενό στην διατύπωση του προτιμησιακού προφίλ του αποφασίζοντα. Για να αποφύγουμε το πρόβλημα αυτό θα πρέπει να εισαχθεί ανάμεσα στην ζώνη αδιαφορίας (I) και στην ζώνη αυστηρής προτίμησης (P), μία επιπλέον ζώνη, αυτή της ασθενούς προτίμησης (Q), η οποία θα αποδίδει τον δισταγμό του αποφασίζοντα μεταξύ της αδιαφορίας και της ασθενούς προτίμησης. Για να είναι

εφικτό κάτι τέτοιο εισάγονται δύο κατώφλια, το κατώφλι αδιαφορίας (*indifference threshold*) q_j και το κατώφλι προτίμησης (*preference threshold*) p_j για τα οποία ισχύει η σχέση $q_j \leq p_j$.



Σχήμα 3: Η λειτουργία του ψευδοκριτηρίου

Στο παραπάνω σχήμα που αποδίδονται οι ιδιότητες του ψευδοκριτηρίου διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις.

- Εάν $g_j(a) < g_j(b) - p_j$ ή $g_j(b) - g_j(a) > p_j \Leftrightarrow b P a$ (εναλλακτική β αυστηρά προτιμώτερη της α)
- Εάν $g_j(b) - p_j \leq g_j(a) < g_j(b) - q_j$ ή $q_j < g_j(b) - g_j(a) \leq p_j \Leftrightarrow b Q a$ (εναλλακτική β ασθενώς προτιμώτερη της α)
- Εάν $g_j(b) - q_j \leq g_j(a) \leq g_j(b) + q_j$ ή $-q_j \leq g_j(a) - g_j(b) \leq q_j \Leftrightarrow a I b$ (α και β ισοδύναμες-αδιάφορες)
- Εάν $g_j(b) + q_j < g_j(a) \leq g_j(b) + p_j$ ή $q_j < g_j(a) - g_j(b) \leq p_j \Leftrightarrow a Q b$ (εναλλακτική α ασθενώς προτιμώτερη της β)
- Εάν $g_j(a) > g_j(b) + p_j$ ή $g_j(a) - g_j(b) > p_j \Leftrightarrow a P b$ (εναλλακτική α αυστηρά προτιμώτερη της β)

Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους, ακολουθούμε τους εξής περιορισμούς:

Σε περίπτωση που το $q_j = 0$ (το κατώφλι αδιαφορίας), τότε δεν υφίσταται περιοχή αδιαφορίας και η αδιαφορία περιορίζεται μόνο στο σημείο $g_j(a) - g_j(b)$. Σε άλλη περίπτωση αν $p_j = q_j$, τότε δεν υπάρχει περιοχή ασθενούς προτίμησης και το ψευδοκριτήριο μεταβάλλεται σε ημικριτήριο. Τέλος αν $p_j = q_j = 0$, τότε μιλάμε για πραγματικό κριτήριο.

Βαρύτητα Κριτηρίων

Η έννοια του κριτηρίου συνδέεται απόλυτα με την έννοια «*Βαρύτητα*» κριτηρίου. Η βαρύτητα ορίζεται ως ο βαθμός σημαντικότητας που έχει το κριτήριο για κάθε αποφασίζοντα. Τα δεδομένα που ορίζει ως βάρη των κριτηρίων είναι καθαρά υποκειμενικά και υπόκειται στην αντίληψη του αποφασίζοντα. Συνεπώς μπορεί να αποδώσει σε κάθε κριτήριο τη σημαντικότητα (βαρύτητα) που εκείνος επιθυμεί. Χρειάζεται όμως προσοχή, ώστε ο αποφασίζων να αποτυπώσει σωστά τις προτιμήσεις του στην βαρύτητα των κριτηρίων.

Ένα πρόβλημα, σχετικά με τη σημαντικότητα των κριτηρίων, είναι ότι μπορεί να μην λαμβάνεται υπόψη το εύρος τιμών μεταξύ της ελάχιστα επιθυμητής και της πλέον επιθυμητής εναλλακτικής για κάθε κριτήριο (Von Winterfeldt and Edwards, 1986).

Στην περίπτωση που οι επιδόσεις των εναλλακτικών σε ένα κριτήριο, είναι παρόμοιες, τότε η περιοχή τιμών μεταξύ της καλύτερης και της χειρότερης είναι πολύ μικρή, οπότε είναι απίθανο το κριτήριο αυτό να είναι σημαντικό για το πρόβλημα απόφασης, ακόμη κι αν ο αποφασίζων το κρίνει σημαντικό για τον ίδιο. Στην ακραία περίπτωση, που το εύρος τιμών είναι μηδέν, αυτό σημαίνει ότι όλες οι εναλλακτικές έχουν την ίδια επίδοση, για το συγκεκριμένο κριτήριο, οπότε το κριτήριο αυτό δεν έχει καμία σημασία στη διάκριση των εναλλακτικών και μπορεί να απαλειφθεί.

Μέθοδος Ανταλλαγής Βαρών

Μία από τις πιο γνωστές μεθόδους βαροδότησης είναι εκείνη της μεθόδου ανταλλαγής βαρών (*swing weights*), η οποία βασίζεται στην έννοια της παραχώρησης (ανταλλαγής) μεταξύ των κριτηρίων και παρέχει αξιοπιστία στην διαδικασία βαροδότησης των κριτηρίων. Τα στάδια της μεθόδου είναι τρία και αναλύονται παρακάτω.

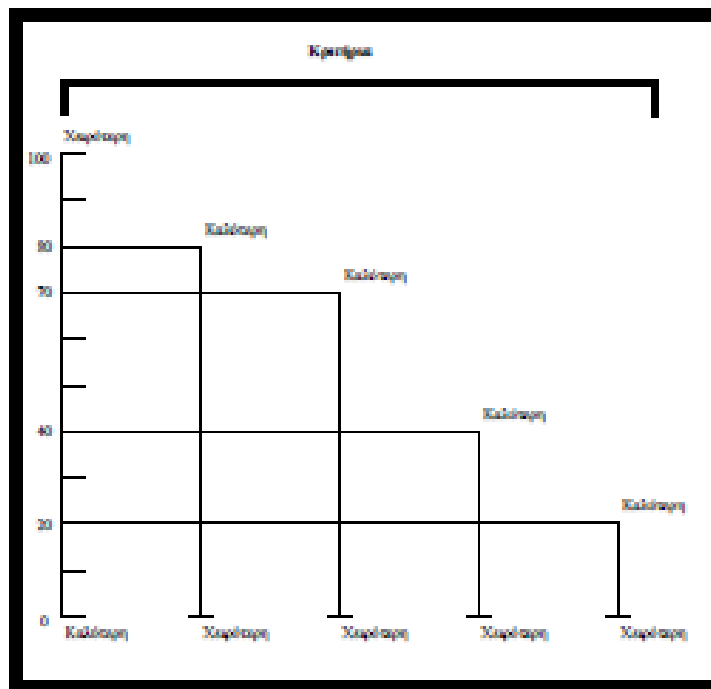
Στο πρώτο στάδιο, το ζητούμενο είναι ο λήπτης απόφασης να θέσει μία υποθετική εναλλακτική, για την οποία όλα τα κριτήρια έχουν τις ελάχιστα επιθυμητές τιμές. Έπειτα του ζητείται να επιλέξει ένα κριτήριο στο οποίο θα ήθελε η τιμή του να γίνει η πλέον επιθυμητή.

Κατόπιν επαναλαμβάνει την διαδικασία για όλα τα κριτήρια. Με αυτόν τον τρόπο ταξινομεί τα κριτήρια από περισσότερο στο λιγότερο σημαντικό. Το σημαντικό κριτήριο αποτελεί

το λεγόμενο «κριτήριο αναφοράς» στον υπολογισμό των σχετικών βαρών των υπολοίπων κριτηρίων.

Στο δεύτερο στάδιο χρησιμοποιεί το κριτήριο αναφοράς δίνοντας του εξαρχής κλίμακα βάρους 100. Τα βάρη των υπολοίπων κριτηρίων καθορίζονται με τους εξής τρόπους. Για το δεύτερο πιο σημαντικό κριτήριο δίνεται στο αποφασίζοντα το ερώτημα να επιλέξει πόσες μονάδες είναι διαθέσιμες κατα την κρίση του να «θυσιαστούν», για την περίπτωση το κριτήριο αυτό να λάβει την επιθυμητή τιμή.

Το «ποσοστό βάρους» του δεύτερου κριτηρίου επηρεάζεται-υπολογίζεται με βάση την απάντηση του λήπτη απόφασης, σε σχέση με το βάρος του κριτηρίου αναφοράς. Η διαδικασία αυτή εξακολουθεί για όλα τα υπόλοιπα προς εξέταση κριτήρια. Με το πέρας της διαδικασίας, δημιουργείται μία γραφική παράσταση, για όλα τα κριτήρια, με τα σχετικά βάρη όπως το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4: Βαροδότηση των κριτηρίων

Τέλος στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της μεθόδου διενεργείται η κανονικοποίηση των κριτηρίων και η απόδοση τους σε πίνακα όπως στο σχήμα.

<i>Κριτήρια</i>	<i>Σχετικά Βάρη</i>	<i>Κανονικοποιημένα Βάρη %</i>
Κριτήριο 1*	100	32
Κριτήριο 2*	80	26
Κριτήριο 3*	70	23
Κριτήριο 4*	40	13
Κριτήριο 5*	20	6
	<u>310</u>	<u>100</u>

Σχήμα 5 : Μέθοδος κανονικοποίησης των κριτηρίων

Τα ποσοστά στα κανονικοποιημένα βάρη αποδίδονται με τον πολλαπλασιασμό του σχετικού βάρους απο κάθε κριτήριο επί της εκατό και διαιρώντας το, με το συνολικό ποσοστό των σχετικών βαρών(κανονικοποιημένο βάρος κριτηρίου 1= $(100*100)/310= 32\%$).

2.7 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Η μεθοδολογία μοντελοποίησης προβλημάτων απόφασης πολλαπλών κριτηρίων χωρίζεται σε τέσσερα στάδια, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα(Roy1985).Τα τέσσερα στάδια όπως φαίνονται και στο σχήμα είναι διαδοχικά και ασκούν το ένα στο άλλο αλληλεπίδραση.



Σχήμα 6 : Τα τέσσερα στάδια της μοντελοποίησης πολλαπλών κριτηρίων

- **Καθορισμός του αντικειμένου της απόφασης**

Στο πρώτο στάδιο γίνεται καθορισμός του αντικειμένου της απόφασης, δηλαδή το σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και η προβληματική της ανάλυσης. Κάθε ενδεχόμενη επιλογή, αποτελεί λύση του προβλήματος αξιολογείται ως προς την καταλληλότητα της και «λαμβάνει τον τίτλο» της εναλλακτικής(alternative). Τό σύνολο των εναλλακτικών μπορεί να είναι συνεχές(continuous set) ή διακριτό(discrete set). Όταν είναι συνεχές(continuous set) δεν είναι δυνατή η συνεχής καταγραφή των εναλλακτικών διεργασιών, ενώ στο διακριτό σύνολο μπορεί να γίνει πλήρης καταγραφή όλων των εναλλακτικών διεργασιών. Στον δεύτερο σκέλος του πρώτου σταδίου καθορίζεται η προβληματική της ανάλυσης. Ο αναλυτής καλείται να εξετάσει τις εναλλακτικές μέσω των τεσσάρων προβληματικών, όπως η προβληματική Α, Β, Γ και Δ.

Στην προβληματική τύπου Α ακολουθείται το στάδιο της επιλογής(choice) μίας ή περισσότερων εναλλακτικών, για να εξεταστεί η καταλληλότητα τους. Στην προβληματική τύπου

Β ακολουθείται το στάδιο της ταξινόμησης(classification) των εναλλακτικών σε προκαθορισμένες κατηγορίες. Στην προβληματική τύπου Γ ακολουθείται το στάδιο της κατάταξης(ranking) των εναλλακτικών σύμφωνα με την αύξουσα(η φθίνουσα) σειρά προτίμησης.

Τέλος στην προβληματική τύπου Δ ακολουθείται το στάδιο της περιγραφής(description) των εναλλακτικών για την απόδοση μιας ξεκάθαρης εικόνας που θα βοηθήσει στην υποστήριξη της απόφασης.

- **Καθορισμός μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων**

Στο δεύτερο στάδιο γίνεται καθορισμός μίας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων, εντοπίζοντας όλους τους παράγοντες που επιδρούν στο αποτέλεσμα της ανάλυσης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Οι παράγοντες αυτοί εξαρτώνται από το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο (knowledge domain) του προβλήματος. Κάθε παράγοντας αποτελεί κριτήριο, το οποίο ορίζεται κάθε πραγματική συνάρτηση, που αποτυπώνει τη συμπεριφορά των εναλλακτικών δραστηριοτήτων σε ένα πραγματικό αριθμό, ώστε για δύο εναλλακτικές δραστηριότητες x' και x'' να ισχύουν:

$$x' > x'' \Leftrightarrow x' P x'' \quad (\text{προτίμησης})$$

$$x' = x'' \Leftrightarrow x' I x'' \quad (\text{ισοδύναμη-αδιάφορίας})$$

Για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων($x_1, x_2, \dots, x_n$), διαμορφώνει μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων αν διαθέτει τις ιδιότητες της μονοτονίας (monotonicity), της επάρκειας (exhaustivity) και του μή πλεονασμού (non-redundancy).

Στην πρώτη περίπτωση, ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται πως διαθέτει την ιδιότητα της μονοτονίας, αν και μόνο αν, για οποιεσδήποτε δυο εναλλακτικές x' και x'' τέτοιες ώστε $x'_i > x''_i$ για κάποιο κριτήριο x_i και $x'_j = x''_j$ για όλα τα υπόλοιπα κριτήρια x_j ($j \neq i$), συμπεραίνεται ότι $x' P x''$.

Στην δεύτερη περίπτωση, ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται πως διαθέτει την ιδιότητα της επάρκειας, αν και μόνο αν, για οποιεσδήποτε δυο εναλλακτικές x' και x'' τέτοιες ώστε $x'_i = x''_i$ για όλα τα κριτήρια x_i , συμπεραίνεται ότι $x' I x''$.

Στην τρίτη περίπτωση, ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα του μη πλεονασμού, αν και μόνο αν, η διαγραφή ενός οποιουδήποτε κριτηρίου x_i οδηγεί σε παραβίαση των ιδιοτήτων της μονοτονίας ή της επάρκειας.

- **Ανάπτυξη της μεθόδου σύνθεσης των κριτηρίων(Μοντέλο ολικής προτίμησης)**

Το τρίτο στάδιο αποτελεί την ανάπτυξη της μεθόδου σύνθεσης των κριτηρίων, μετά από την ολοκλήρωση των δύο προηγούμενων σταδίων(καθορισμός του αντικειμένου της απόφασης, καθορισμός μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων), ούτως ώστε να ολοκληρωθεί ο στόχος της ανάλυσης με βάση την προβληματική που έχει ορίσει ο αποφασίζων.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ως βάση για να προσδιορισθεί μία συνολική αξιολόγηση για κάθε εναλλακτική και να γίνει διμερής σύγκριση μέσα από μία πληθώρα εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Η διερεύνηση του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων, γίνεται όταν το σύνολο είναι συνεχές και όχι διακριτό.

Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

Ο πρώτος είναι μέσω αλληλεπίδρασης αναλυτή και αποφασίζοντα. Στην προσέγγιση αυτή ο αποφασίζοντας καθορίζει ένα σύνολο παραμέτρων σχετικών με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που ακολουθεί (για παράδειγμα, τα βάρη των κριτηρίων).

Ο δεύτερος τρόπος είναι με ανάλυση αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων για να αναπτύξει το κατάλληλο μοντέλο συμβατό με τις απαιτήσεις(decision policy) που ορίζει.

- **Υποστήριξη της απόφασης**

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο αυτό της διαδικασίας υποστήριξης της απόφασης, ο αποφασίζων προσπαθεί να κατανοήσει τα αποτελέσματα του υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων, που καθορίστηκε στο τρίτο στάδιο, καθώς και την διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων. Εν συνεχεία να είναι σε θέση να υλοποιήσει με σιγουρία τα αποτελέσματα της ανάλυσης, να αναζητήσει και να οργανώσει τις απαντήσεις που θα δώσει σε όσα ερωτήματα θέσουν όσοι εμπλέκονται στην υποστήριξη απόφασης. Συμπερασματικά για να υποστηριχθεί μία απόφαση θα εξαρτηθεί από το στάδιο σύνθεσης των κριτηρίων που έχει επιλεγεί στο τρίτο στάδιο.

3 *ΚΥΡΙΑΡΧΟΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΣΤΗΝ*

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μία διαφορετική προσέγγιση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην πολυκριτηριακή ανάλυση γίνεται με βάση των αριθμό των συμμετεχόντων στο πρόβλημα. Αν μιλάμε για ατομικές πολυκριτήριες μεθόδους τότε έχουμε έναν αποφασίζοντα, ενώ όταν μιλάμε για ομαδική διεργασία πολυκριτήριας μεθόδου τότε έχουμε περισσότερους από έναν αποφασίζοντες.

Σύμφωνα με τον Roy (1985) υπάρχουν τρεις κατηγορίες μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης όπως οι μέθοδοι σύνθεσης κριτηρίων, οι μέθοδοι σύνθεσης υπεροχής και οι αλληλεπιδραστικές μέθοδοι εκτίμησης. Στις μεθόδους σύνθεσης κριτηρίων (unique synthesis criterion approach), δεν λαμβάνεται υπόψη η ασυγκρισιμότητα (incomparability), σε αντίθεσή με τις μεθόδους σύνθεσης υπεροχής (outranking synthesis approach) στις οποίες λαμβάνεται υπόψη. Στις αλληλεπιδραστικές μεθόδους εκτίμησης (interactive local judgment approach) έχουμε επαναληπτικές διαδικασίες δοκιμής – σφάλματος.

Μία άλλη θεωρία κατά τον Scharlig (1985), αντιστοιχεί τις παραπάνω τρεις κατηγορίες, σε μεθόδους πλήρους (complete), μερικής (partial) και τοπικής (local) σύνθεσης.

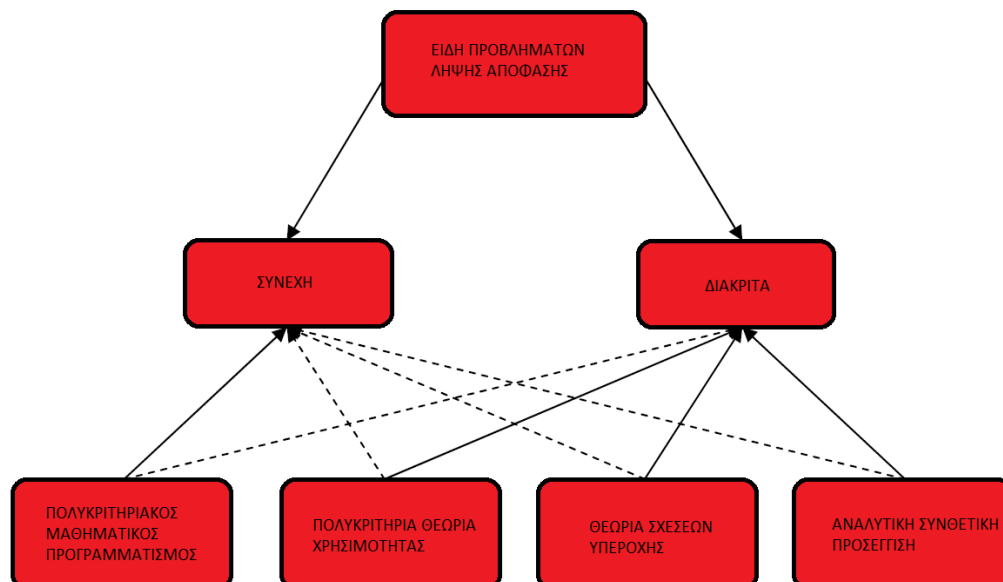
Ο Vincke (1992) πάλι τις χώρισε σε κατηγορίες όπως πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory), μέθοδοι σχέσεων υπεροχής (outranking relation methods), αλληλεπιδραστικές μέθοδοι (interactive methods). Ο Zionts (1992) ταξινόμησε τις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης σε τέσσερις κατηγορίες, όπως ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός (multiobjective mathematical programming), οι διακριτές εναλλακτικές πολλαπλών κριτηρίων (multiple criteria discrete alternatives), η θεωρία πολυκριτήριας χρησιμότητας (multiple utility theory) και θεωρία διαπραγματεύσεων (negotiation theory).

Τέλος ο Pardalos (1995), κατέληξε στο συμπέρασμα θέτοντας ένα διαφορετικό πλαίσιο διάκρισης των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, διαχωρίζοντας τις μεθόδους σε τέσσερις κατηγορίες, όπως:

- Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός (multiobjective mathematical programming)
- Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory)
- Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations approach)
- Αναλυτική συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach)

Όπως γίνεται κατανοητό από το παρακάτω σχήμα κάθε μέθοδος πολυκριτήριας ανάλυσης δεν έχει περιορισμούς στην αντιμετώπιση ενός προβλήματος ανάλογα με το σύνολο των εναλλακτικών(συνεχές-διακριτό), αλλά η ικανότητα(πιο πρακτική) της μεθόδου διαφοροποιείται ανάλογα με το σύνολο των εναλλακτικών. Για παράδειγμα η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, η θεωρία σχέσεων υπεροχής και η αναλυτική συνθετική προσέγγιση προσανατολίζονται στην αντιμετώπιση διακριτών προβλημάτων λήψης αποφάσεων, ενώ ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός ειδικεύεται σε περιπτώσεις συνεχούς συνόλου εναλλακτικών.

Συμπερασματικά κάθε μέθοδος μπορεί να υποστηρίξει απόφαση είτε συνεχούς είτε διακριτού συνόλου.



Σχήμα 7 :Διάκριση των μεθόδων ανάλογα το είδος του προβλήματος

Σύμφωνα με τα θεωρητικά ρεύματα, τα οποία αναλύονται σε αυτό το κεφάλαιο, στηρίζονται σε αυτά μερικές από τις σημαντικότερες μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων που επίσης θα αναφερθούν παρακάτω.

Επίσης παρατίθεται ένας πίνακας με όλες τις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης που έχει συλλεχθεί από την διαθέσιμη ελληνική και ξένη βιβλιογραφία. Στον πίνακα έχουν καταγραφεί όλα τα διαθέσιμα για κάθε μέθοδο στοιχεία, όπως τον συγγραφέα, η ημερομηνία συγγραφής, καθώς επίσης και το άρθρο που δημοσιεύτηκε.

3.1 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας(*multi attribute utility theory*)

Στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας(Multiattribute Utility Theory -MAUT) σε κάθε πρόβλημα απόφασης υπάρχει μια πραγματική συνάρτηση εκτίμησης U ορισμένη στο A την οποία ο λήπτης απόφασης επιθυμεί να μεγιστοποιήσει.

Στόχος της θεωρίας είναι να αποδοθούν οι προτιμήσεις ενός αποφασίζοντα με την μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας, συνθέτοντας ορισμένα κριτήρια εκτίμησης:

$$u(\underline{g}) = u(g_1, g_2, \dots, g_n)$$

Όπου g είναι το διάνυσμα των κριτηρίων εκτίμησης $g_1, g_2, \dots, g_n$.

Το πρόβλημα είναι η επιλογή της δράσης a^* η οποία μεγιστοποιεί την συνάρτηση χρησιμότητας του αποφασίζοντα:

$$u[\underline{g}(a^*)] = \max\{u[\underline{g}(a)]\}$$

Όπου $g(a)$ είναι το διάνυσμα απόδοσης μιας εναλλακτικής a στο σύνολο των κριτηρίων εκτίμησης g .

Τα κριτήρια μπορεί να ερμηνευτούν υπό καθεστώς βεβαιότητας (certain) ή αβεβαιότητας (probabilistic). Γενικά είναι δυνατή η αποδόμηση της συνάρτησης πολυκριτήριας χρησιμότητας σε πραγματικές συναρτήσεις $u_1, u_2, \dots, u_n$ λαμβάνοντας υπόψη την ανεξαρτησία των προτιμήσεων. Συνεπώς είναι πιθανό να αποδοθούν διαφορετικά μοντέλα συναρτήσεων χρησιμότητας. Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας βασίζεται στις διαδικασίες της αποδοχής, δηλαδή όλες οι εναλλακτικές επιλογές είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους και σε καμία περίπτωση να μην υφίσταται σύγκριση ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές. Επίσης βασίζεται και στην διαδικασία της μεταβατικότητας προτίμησης μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών. Η πιο γνωστή μορφή συναρτήσεων χρησιμότητας είναι η αθροιστική μορφή:

$$u(g_1, g_2, \dots, g_n) = u_1(g_1) + u_2(g_2) + \dots + u_n(g_n)$$

Όπου $u_1, u_2, \dots, u_n$ είναι οι μερικές συναρτήσεις χρησιμότητας.

3.2 Πολυκριτήριος Μαθηματικός Προγραμματισμός (multi objective mathematical programming)

Στόχος της μεθόδου πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού η εύρεση ιδανικής λύσης σε ένα πρόβλημα το οποίο περιλαμβάνει πολλές εναλλακτικές λύσεις. Η εύρεση βέλτιστης λύσης γίνεται μέσω πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων. Στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό ακολουθούνται δύο βασικοί τρόποι επίλυσης αυτών των προβλημάτων για την λήψη αποφάσεων, η αλληλεπιδραστική μέθοδος και η ορθολογική.

Στην αλληλεπιδραστική μέθοδο, η τελική απόφαση προκύπτει χωρίς καμία αναφορά στην συνάρτηση χρησιμότητας, αλλά με βάση τα επίπεδα ικανοποίησης που έχει ορίσει ο ίδιος ο αποφασίζων για τις τιμές των κριτηρίων και την διεξοδική ανάλυση του βαθμού προσέγγισης των στόχων. Ο λήπτης αποφάσεων εκφράζει τις προσωπικές του εκτιμήσεις για τα κριτήρια, και ταυτόχρονα ορίζει τις προτιμήσεις του για τα επίπεδα ικανοποίησης και για τους στόχους του προβλήματος (Benayoun et al., 1971).

Στην ορθολογική μέθοδο αναπτύσει αρχικά το μοντέλο χρησιμότητας του αποφασίζοντα και στη συνέχεια μέσω αυτού λαμβάνεται η απόφαση μέγιστης χρησιμότητας (Zionts & Wallenius 1976).

Ο πολυκριτήριο ή πολυστοχικός μαθηματικός προγραμματισμός αποτελεί μια γενίκευση του κλασικού γραμμικού προγραμματισμού που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλαπλών υπό μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση αντικειμενικών συναρτήσεων.

Σε αυτό το ιδιαίτερο πολυκριτήριο πρόβλημα το σύνολο των εναλλακτικών ενεργειών A ορίζεται από ένα σύνολο γραμμικών περιορισμών στον R χώρο, ενώ τα κριτήρια είναι γραμμικές συναρτήσεις οριζόμενες στο ίδιο διάστημα R . Το γενικό πρόβλημα διαμορφώνεται ως εξής (Roy and Vinke 1981):

$$[\max] g_j = c_{j1}x_1 + c_{j2}x_2 + \dots + c_{jp}x_p \quad \mu\epsilon \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = b_i \quad \mu\epsilon \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

ή με τη μορφή:

$$\begin{cases} (A) \bullet (X) = B \\ \max(C) \bullet (X) \end{cases}$$

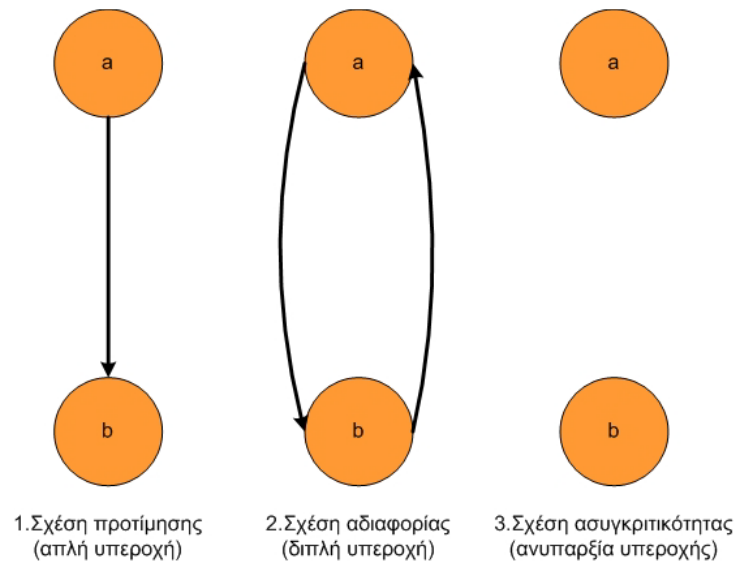
όπου: (A) , (X) , (B) και (C) είναι πίνακες διαστάσεων $m \times p$, $p \times 1$, $m \times 1$ και $n \times p$.

Μέσα από την προσέγγιση του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού μπορούμε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές μεθόδους όπως της προσέγγιση των αποδοτικών λύσεων (efficient solution procedure) τον προγραμματισμό στόχων (goal programming) και τον συναινετικό προγραμματισμό (compromise programming).

3.3 Θεωρία των σχέσεων υπεροχής(*outranking relations approach*)

Ο τομέας έρευνας των μεθόδων που βασίζονται στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής αφορά την μαθηματική μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Η μοντελοποίηση των προτιμήσεων επιτυγχάνεται μέσω της συνεργασίας του αναλυτή των αποφάσεων, με τον ίδιο τον αποφασίζοντα, με σκοπό τον καθορισμό μιας σειράς παραμέτρων όπως τα βάρη των κριτηρίων, τα όρια προτίμησης και αδιαφορίας. Ο καθορισμός των παραμέτρων οδηγεί στην ανάπτυξη ενός μοντέλου απόφασης με στόχο την δημιουργία-εξέταση μιας προβληματικής, για την επιλογή μιας εναλλακτικής ενέργειας, για την κατάταξη-ταξινόμηση των εναλλακτικών σε αύξουσα ή φθίνουσα σειρά προτίμησης. Το μοντέλο απόφασης που αναπτύσσεται στην μέσω της θεωρίας σχέσεων υπεροχής δεν έχει την μορφή μίας μαθηματικής συνάρτησης(σε αντίθεση με τις τρεις άλλες θεωρίες) που να υπολογίζεται ένα σκορ ή συνάρτηση της χρησιμότητας των εναλλακτικών ενεργειών. Συμπερασματικά το μοντέλο απόφασης αναπαριστά με κατανοητό τρόπο, τις σχέσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκριτότητας που υπάρχουν μεταξύ των εξεταζόμενων εναλλακτικών ενεργειών.

Τα πλεονεκτήματα των μεθόδων σχέσεων υπεροχής σε αντίθεση με τα άλλες τρεις προσεγγίσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι δύο. Πρώτον η παροχή δυνατότητας μοντελοποίησης της σχέσης ασυγκριτότητας (*incomparability*) μεταξύ των εναλλακτικών ενεργειών. Συχνά κατά τη ενέργεια λήψης απόφασης σε πραγματικό πρόβλημα να εναλλάσσονται τα χαρακτηριστικά σε ορισμένα βασικά κριτήρια αξιολόγησης απο τις εξεταζόμενες εναλλακτικές ενέργειες. Το ζήτημα αυτό απασχολεί άμεσα την διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών και θα πρέπει να εξετάζεται με ιδιαίτερη προσοχή απο τον αποφασίζοντα. Δεύτερον να λαμβάνεται υπόψιν η μη μεταβατικότητα(*non-transitivity*) των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Συνεπώς ορίζεται ως σχέση υπεροχής η διμερής σχέση S μεταξύ δύο εναλλακτικών ενεργειών a_i και a_j , αν η a_i είναι καλύτερη ή τουλάχιστον ισοδύναμη της a_j ορίζεται ως $a_i S a_j$. Οι διμερείς σχέσεις προτιμήσεων αποτυπώνονται στο παρακάτω σχήμα.

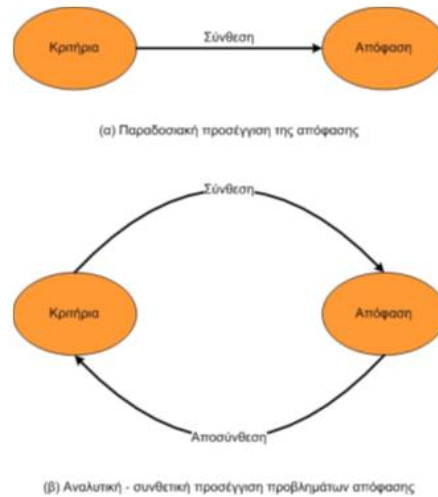


Σχήμα 8 : Διμερείς σχέσεις προτίμησης

3.4 Θεωρία αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης (preference disaggregation approach)

Με την θεωρία της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης καθορίζεται το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών, καθώς και ένα σύνολο κριτηρίων που τις χαρακτηρίζουν, ενώ γίνεται καταγραφή στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα (ένας ή πολλοί). Συνεπώς, εκτιμάται ένα αναλυτικό μοντέλο χρησιμότητας, το οποίο παρουσιάζει με βέλτιστο τρόπο τις προτιμήσεις των αποφασιζόντων.

Σε αντίθεση με την λογική που ακολουθούν οι άλλες μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης, δηλαδή ότι η απόφαση καθορίζεται μέσα από την σύνθεση των κριτηρίων (παραδοσιακή προσέγγιση), στην αναλυτική-συνθετική προσέγγιση γίνεται αποδεκτό πώς η απόφαση και τα κριτήρια είναι αλληλοεξαρτώμενα μέσα στο χρόνο δεχόμενα περαιτέρω επεξεργασία (Siskos 1981 και 1986).



Σχήμα 9 : Παραδοσιακή και αναλυτική συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

Η όλη λογική της προσέγγισης αυτής είναι ότι το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να παρατηρηθεί και να αναλυθεί. Αυτό αναφέρεται κυρίως σε περιπτώσεις αποφάσεων οι οποίες έχουν επαναληπτικό χαρακτήρα όπου το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο σε όλες ή στις περισσότερες εκτελέσεις τις μεθόδου, όσον αφορά πάντα το ίδιο και όχι διαφορετικό πρόβλημα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση, οδηγούν στην επανεκτίμηση των κριτηρίων και στην εκ νέου σύνθεση τους.

Σε περίπτωση μη ικανοποίησης του αποφασίζοντα, όσον αφορά το βαθμό συσχέτισης μπορεί να τεθούν ερωτήματα και να επανεκτιμηθούν:

- Την συνέπεια της οικογένειας κριτηρίων (έλλειψη βασικών κριτηρίων, επιλογή καλύτερων δεικτών μέτρησης)
- Τον τρόπο λήψης της απόφασης
- Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων

Όταν ο βαθμός συσχέτισης κριθεί ικανοποιητικός τότε το μοντέλο πολυκριτήριας ανάλυσης γίνεται αποδεκτό και επεκτείνεται στο σύνολο των υπό εκτίμηση εναλλακτικών ενεργειών - πράξεων.

3.5 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

3.5.1 Μέθοδος MAVT

Η μέθοδος MAVT (Multi-attribute Value Theory), αποτελεί μία προσέγγιση εμφανώς χρησιμοποιούμενη, για την εύρεση λύσης σε πολυκριτηριακά προβλήματα κατάταξης. Σύμφωνα με τις αναφορές η μέθοδος MAVT, ξεκίνησε να αναπτύσσεται, περί τα μέσα της δεκαετίας του 1970 στις Ηνωμένες Πολιτείες, από τους Keeney and Raiffa (1976). Με βάση την προσέγγιση της μεθόδου, κάθε κριτήριο ορίζεται από τον αποφασίζοντα ως μια συνάρτηση αξίας που μετατρέπει τις επιδόσεις των επιλογών στο κριτήριο, σε επιδόσεις προτίμησης για τον αποφασίζοντα. Οι συναρτήσεις αξίας, συνήθως έχουν γραμμική, κυρτή ή κοίλη μορφή.

Σύμφωνα με τους Von Winterfeldt (1986) και Belton, V. and Stewart, T. J. (2002), οι επιδόσεις προτίμησης (ανά κριτήριο) για κάθε επιλογή συνθέτονται συνήθως, ως σταθμισμένο άθροισμα σε κάθε κριτήριο επιδόσεων, όπου οι συντελεστές στάθμισης είναι ίδιοι με τους συντελεστές βαρύτητας κάθε κριτηρίου (Von Winterfeldt et al., 1986, Belton, V. and Stewart, T. J., 2002).

Η συνάρτηση της μεθόδου MAVT ορίζεται παρακάτω:

$$V(X_j) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_{ij})$$

Όπου $V(X_j)$ ορίζεται η συνολική συνάρτηση προσθετικής αξίας για την υποψήφια εναλλακτική j , w_i είναι το βάρος που καθορίζεται για το κριτήριο i . Το v_i είναι η συνάρτηση μερικής αξίας (χρησιμότητας) που χαρακτηρίζει το x_i , ενώ το x_i είναι το μέτρο του χαρακτηριστικού i για την εναλλακτική j . Τέλος το n αποτελεί τον αριθμό των κριτηρίων.

Το μοντέλο θεωρείται λειτουργικό όταν ακολουθούνται με συνέπεια τα παρακάτω βήματα:

1. Ορίζονται οι υποψήφιες εναλλακτικές και τα κριτήρια απόφασης (με μια ιεραρχία) που τις χαρακτηρίζουν.
2. Διενεργείται αξιολόγηση των εναλλακτικών ξεχωριστά ως προς κάθε κριτήριο.
3. Ορίζονται τα βάρη των κριτηρίων, ανάλογα με τη σημαντικότητα που τα χαρακτηρίζει σε κάθε περίπτωση. Το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων ισούται με τη μονάδα.
4. Το συνολικό μέτρο της αξίας (π.χ. συνάρτηση προσθετικής αξίας) κάθε εναλλακτικής προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους γινομένων των αξιολογήσεων των εναλλακτικών ως προς κάθε κριτήριο, με το βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου.
5. Γίνεται κατάταξη των εναλλακτικών από την καλύτερη προς τη λιγότερο επιθυμητή, σύμφωνα με την τιμή συνάρτησης αξίας, που αποδίδεται τελικά στην κάθε εναλλακτική.
6. Πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας

Συμπερασματικά, με την ανάπτυξη κατάλληλων συναρτήσεων και την αξιολόγηση των εναλλακτικών, καθορίζονται τα βάρη των κριτηρίων. Η αρχική κατάταξη που προκύπτει, αλλάζει ανάλογα την αλλαγή των βαρών των κριτηρίων. Οι κατατάξεις είναι ευαίσθητες στην επιλογή των βαρών, συνεπώς διαφορετικά βάρη, οδηγούν σε διαφορετικές κατατάξεις. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας, προκειμένου να ελεγχθεί η ευαισθησία στις μεταβολές των κατατάξεων ως προς τις μεταβολές των βαρυτήτων των κριτηρίων.

3.5.2 Μέθοδος UTA

Πρώτη αναφορά της μεθόδου UTA (Utility Theory Additive) δόθηκε από τους Siskos and Jacquet-Lagrange (1978, 1982). Η μέθοδος βασίζεται σε ένα μοντέλο προγραμματισμού στόχων για να εκτιμήσει, μία προσθετική μη γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας από μία κατάταξη προτίμησης των εναλλακτικών.

Το πρόβλημα είναι η σύγκριση, κατάταξη και αποτίμηση ενός συνόλου πράξεων, ή η επιλογή εναλλακτικών, ως προς N κριτήρια που μετρούν τη χρησιμότητα αυτών των εναλλακτικών. Οι μετρήσεις των εναλλακτικών δίνονται από το διάνυσμα $\mathbf{g}(\mathbf{a})$ ($g_1(\mathbf{a}), g_2(\mathbf{a}), \dots, g_N(\mathbf{a})$) για κάθε εναλλακτική $\mathbf{a}$, που ανήκει στο A , όπου $g_i(\mathbf{a})$ είναι η απόδοση του κριτηρίου i που χαρακτηρίζει την εναλλακτική $\mathbf{a}$.

Το μοντέλο ορίζει την ύπαρξη μίας συνάρτησης χρησιμότητας:

$$U(g(a)) = U(g_1(a), g_2(a), \dots, g_N(a))$$

η οποία ικανοποιεί τα κλασσικά αξιώματα της θεωρίας των αποφάσεων, που είναι ονομαστικά τα αξιώματα της συγκρισιμότητας, αντανakλαστικότητας, μεταβατικότητας των επιλογών, συνέχειας και αυστηρής υπεροχής.

Η συνάρτηση χρησιμότητας είναι προσθετική,

$$U(g(a)) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i(a))$$

$$\mu\epsilon \ u_i(g_i) \geq 0 \ \text{ και } \ \frac{du_i}{dg_i} > 0.$$

Στην προσθετική συνάρτηση, η μερική χρησιμότητα ενός κριτηρίου **$u_i(g_i(a))$** , εξαρτάται μόνο στο επίπεδο αυτού του συγκεκριμένου κριτηρίου. Επίσης αποδίδει ένα άθροισμα των κριτηρίων σε κοινό δείκτη, ώστε να συγκρίνει και να αποτιμήσει τις εναλλακτικές που λαμβάνονται υπόψη. Άλλο σημαντικό είναι πώς, θέτει την εναλλακτική σε μία ολοκληρωμένη “αδύναμη” σειρά **R** εαν το **P** υποδεικνύει μία αυστηρή προτίμηση και το **I** την αδιαφορία μεταξύ δύο εναλλακτικών **a** και **b** , τότε :

$$U[g(a)] > U[g(b)] \leftrightarrow a P b$$

$$U[g(a)] = U[g(b)] \leftrightarrow a I b$$

Με βάση τους Siskos and Jacquet-Lagrange (1978, 1982), η UTA θέτει την συνάρτηση **U** στο σύνολο των αναφερόμενων εναλλακτικών **A** , σύμφωνα με την μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού στόχων.

Η μέθοδος γραμμικού προγραμματισμού στόχων προτάθηκε από τους Charnes and Cooper (1978) και παρέχει την προσέγγιση μίας μη γραμμικής συνάρτησης από γραμμικά διαστήματα. Ο καθορισμός μίας προσθετικής συνάρτησης και η προέλευση της από ξεχωριστές εκτιμήσεις των μερικών συναρτήσεων, προϋποθέτει μία προνομιακή ανεξαρτησία. Δηλαδή αν δύο εναλλακτικές

χαρακτηρίζονται από τις ίδιες τιμές για κάποια κριτήρια, οι προτιμήσεις μεταξύ τους εξαρτώνται μόνο από τις τιμές που παίρνουν από τα άλλα κριτήρια. Το κατά πόσο αυτή η υπόθεση είναι αποδεκτή σε πρακτικές εφαρμογές, διαφέρει ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

Σύμφωνα με τους von Winterfeldt and Edwards (1986), μία προσθετική συνάρτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία καλή προσέγγιση. Θεωρείται ως ευέλικτος προσδιορισμός και μπορεί να παρέχει μία εκτίμηση που λαμβάνει υπόψη έναν ορισμένο βαθμό ανεξαρτησίας μεταξύ των κριτηρίων. Ο Stewart (1995) απέδειξε εμπειρικά ότι είναι όντως ένας ισχυρός προσδιορισμός. Επιπλέον, με τη χρήση ενός συνόλου προσομοιώσεων οι Beuthe and Scannella (2001) δείχνουν ότι με το μοντέλο UTA είναι δυνατόν να αποκτηθούν χρήσιμα αποτελέσματα ακόμα και στην περίπτωση ανεξαρτησίας μεταξύ των κριτηρίων.

Σύμπερασματικά στην μέθοδο UTA, προκύπτει μια προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας με χρήση γραμμικού προγραμματισμού. Ωστόσο υπάρχει πιθανότητα, η συνάρτηση χρησιμότητας της μεθόδου UTA να μην ταιριάζει με τα διαθέσιμα στοιχεία του εκάστοτε προβλήματος. Αυτό οφείλεται στο βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου, σύμφωνα με το οποίο δεν είναι δυνατό να προστίθενται νέες πληροφορίες στη συνάρτηση χρησιμότητας, όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων.

3.5.3 Μέθοδος AHP

Λύση στο πρόβλημα της έλλειψης κατανοητών και εφαρμόσιμων μεθόδων στην διαδικασία λήψης απόφασης δόθηκε από τον Thomas Saaty (1980), με την ανάπτυξη της αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς και εργασίες, που διαδραματίζει βασικό ρόλο η επιλογή, η προτεραιότητα και η πρόβλεψη (κοινωνικές μελέτες, έρευνα και ανάπτυξη, επιχειρήσεις). Προτιμάται από ανθρώπους με μεγάλο φόρτο εργασίας, λόγω της απλότητας και της ευκολίας στην χρήση της. Βοηθά τον λήπτη απόφασης να οργανώσει το πρόβλημα, να δομήσει την πολυπλοκότητα, να μετρήσει και να συνθέσει σε κατατάξεις όλες τις εναλλακτικές, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για μια πληθώρα εφαρμογών.

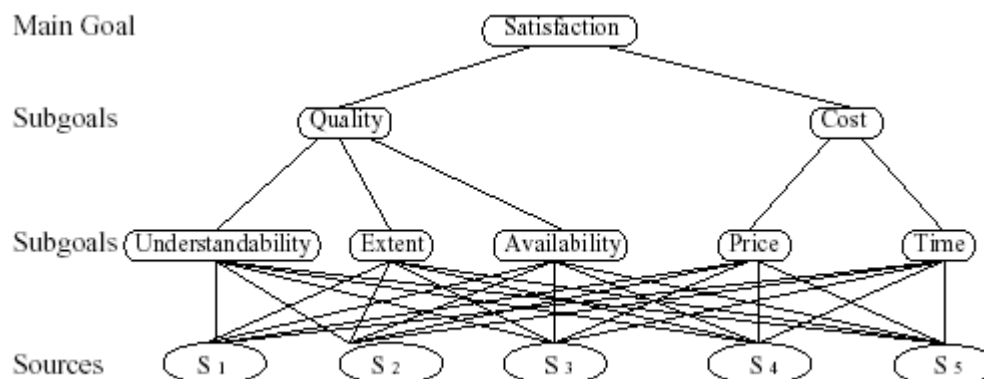
Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) στο εξής ΑΙΔ, προωθεί διαδικασίες για να ορίσει τα βάρη και τα σκορ που επιτυγχάνονται από τις εναλλακτικές που βασίζονται, αντίστοιχα,

σε κατά ζεύγη συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων και μεταξύ των επιλογών. Έτσι λοιπόν, για τον υπολογισμό των βαρών, θέτονται στον αποφασίζοντα ορισμένες ερωτήσεις, για την σημαντικότητα- συγκρισιμότητα των κριτηρίων μεταξύ τους (ποσο σημαντικό είναι ένα κριτήριο σε σχέση με κάποιο άλλο), που στόχο έχουν ο αποφασίζων να λάβει την καλύτερη δυνατή απόφαση. Η ΑΙΔ αποτελεί μέθοδο κατάταξης του προβλήματος σε υποπροβλήματα (μέθοδος ιεραρχίας), ώστε να αξιολογηθούν και να κατανοηθούν καλύτερα. Οι λαμβανόμενες εκτιμήσεις μετατρέπονται σε αριθμητικές τιμές και επεξεργάζονται έτσι ώστε να γίνει κατάταξη κάθε εναλλακτικής σε μία αριθμητική κλίμακα.

Η μέθοδος στηρίζεται σε τέσσερα κύρια βήματα όπως :

- Κατάτμηση του προβλήματος και Ιεράρχηση των στόχων, των κριτηρίων και υποκριτηρίων και των εναλλακτικών
- Σύγκριση των στόχων ανά ζεύγη
- Έλεγχος συνέπειας των συγκρίσεων και
- Συγκέντρωση των συγκρίσεων

Η ιεράρχηση των στόχων της επιλογής των πηγών απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Ο κύριος στόχος (Main Goal) της επιλογής πηγής είναι, η ικανοποίηση του χρήστη (Satisfaction), τόσο σε ποιότητα (Quality) όσο και σε κόστος (cost). Κάθε υπο-στόχος (Sub goal), διαμορφώνεται με βάση τα διάφορα κριτήρια όπως, η κατανόηση (Understandability), η επέκταση (Extend), η διαθεσιμότητα (Availability), η αξία (Price), ο χρόνος (Time). Το τελευταίο επίπεδο αποτελεί τις πηγές πληροφόρησης (Sources).



Σχήμα 10: Η ιεράρχηση των στόχων της επιλογής των πηγών

Για να πραγματοποιηθούν οι συγκρίσεις στόχων ανά ζεύγη, ορίζονται πίνακες για κάθε κύριο στόχο(Main goal) και υπο-στόχο(Sub goal) της ιεραρχίας. Τα δεδομένα του πίνακα για την ικανοποίηση, ποιότητα και το κόστος αντικατοπτρίζουν τη στάθμιση, ενώ τα δεδομένα του πίνακα για τα κριτήρια αντικατοπτρίζουν τα υπολογιζόμενα κόστη. Οι τιμές είναι ανάμεσα στο 1 (ίσης σημασίας) και το 9 (πολύ περισσότερο σημαντικό) ή είναι συμπληρωματικές(Saaty, 1970). Τα στοιχεία που αφορούν την ιεράρχηση των στόχων συλλέγονται από τους λήπτες αποφάσεων για την ανά ζεύγη σύγκριση των στόχων στη βάση μίας ποιοτικής κλίμακας. Έτσι μπορούν να χαρακτηρίσουν τη σύγκριση ως «ίση», «με μικρή σπουδαιότητα», «οριακά ισχυρή», «πολύ ισχυρή» και «υπερβολικά ισχυρή»(Πίνακας 1).

Τιμή	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες βοηθούν εξίσου στο κριτήριο
3	Μικρή σπουδαιότητα ενός σε σχέση με άλλον	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Οριακά ισχυρή σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα σε σχέση με άλλον	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα είναι αδιαμφισβήτητα.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός.
0	Καμία σχέση	Ο παράγοντας δεν συμβάλλει στον στόχο.

Πίνακας 1: Πίνακας ιεραρχίας στόχων και υπο-στόχων

Στο τρίτο στάδιο, αυτό του έλεγχου συνέπειας δίνονται τα στοιχεία για τη μεταβατική ασυνέπεια των συγκρίσεων. Οι συγκρίσεις των κριτηρίων ανα ζεύγη που προκύπτουν από το προηγούμενο βήμα αποτυπώνονται σε ένα πίνακα. Τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα αποδίδονται με 1. Το κριτήριο που βρίσκεται στην i σειρά είναι καλύτερο από το κριτήριο που βρίσκεται στη σειρά j εάν η τιμή του στοιχείου (i,j) είναι μεγαλύτερη του 1. Διαφορετικά, το κριτήριο στη j σειρά

είναι καλύτερο από το κριτήριο στην i σειρά. Το στοιχείο (j,i) είναι το αντίστροφο του στοιχείου (i,j) (Triantaphyllou et al., 1996).

	Κριτήρια			
Κριτήρια	1	2	3	4
1	1			
2		1		
3			1	
4				1

Πίνακας 2: Πίνακας απόδοσης συνέπειας

Στο τελευταίο στάδιο αυτό της συγκέντρωσης των συγκρίσεων, γίνεται υπολογισμός του συντελεστή βαρύτητας του κάθε στόχου και υπο-στόχου. Το τελικό σκορ προτίμησης κάθε πηγής υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των τιμών κάθε πιθανούς πορείας ανάμεσα στην πηγή και τον κύριο στόχο.

Σύμφωνα με τον Thomas Saaty (1980), η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία στηρίζεται σε τέσσερις θεωρίες:

- 1) Ο αποφασίζων παρέχει συγκρίσεις ανα ζεύγη a_{ij} δύο εναλλακτικών i και j αναφορικά με ένα κριτήριο/υπο-κριτήριο στη βάση μίας αντίστροφης κλίμακας ($a_{ij}=1/a_{ji}$).
- 2) Ο αποφασίζων δεν κρίνει μία εναλλακτική ως ισχυρά βέλτιστη σε σχέση με μία άλλη αναφορικά με ένα κριτήριο, (π.χ $a_{ij} \neq \infty$).
- 3) Το πρόβλημα απόφασης διαμορφώνεται σε μία ιεραρχία.
- 4) Όλα τα κριτήρια/υπο-κριτήρια, αλλά και οι σχετικές εναλλακτικές, που επηρεάζουν την λύση του προβλήματος απεικονίζονται σε μία ιεραρχία.

Η βασική ιδέα της ΑΙΔ είναι πως η μέθοδος είναι αναλυτική, με ισχυρό χαρακτηριστικό της, την μαθηματική και λογική αιτιολόγηση για την λήψη αποφάσεων. Επίσης βοηθά στην ανάλυση του προβλήματος σε μία λογική βάση και στη εναλλαγή των σκέψεων και διαισθήσεων του αποφασίζοντα, σε νούμερα. Άλλο γνώρισμα της μεθόδου είναι πώς χωρίζει το πρόβλημα σε

μία ιεραρχία- χωρίζοντας το σε υποπροβλήματα, με τρόπο να μειώσει την πολυπλοκότητα του προβλήματος.

Τέλος ορίζει μία διαδικασία για τη λήψη αποφάσεων, όπου οι πληροφορίες του αποφασίζοντα ενσωματώνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία αναπτύσσεται σε επιστημονική βάση, κάνοντας ευκολότερη τη συλλογική λήψη αποφάσεων. Η μέθοδος ΑΙΔ έχει εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς όπως της υγείας, του σχεδιασμού προγραμμάτων, του μάρκετινγκ, των οικονομικών προβλέψεων, των κοινωνικών επιστημών, της επιστήμης των υπολογιστών κ.α. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου AHP αποτελεί θέμα συζήτησης στους κύκλους των ερευνητών της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Γίνεται κατανοητό πώς οι χρήστες ακολουθούν την συγκριση στοιχείων ανα ζεύγη καθώς βρίσκουν την μέθοδο, εύκολη και κατανοητή. Στην άλλη περίπτωση βέβαια, υπάρχουν σοβαρές αμφιβολίες γύρω από τα θεωρητικά θεμέλια της AHP και με μερικές ιδιότητες της. Συγκεκριμένα, αμφιβολία προκαλεί το φαινόμενο της αντιστροφής της κατάταξης. Δηλαδή στην πιθανότητα όπου, αν προστεθεί μία άλλη επιλογή(στην παρούσα-ανα ζεύγος σύγκριση μία τρίτη) στη λίστα των επιλογών που εκτιμώνται, η κατάταξη των δύο άλλων επιλογών, που δεν σχετίζονται με την καινούργια, μπορεί να αντιστραφεί. Αυτό αντιμετωπίζεται από πολλούς ως ασυνεπές σε σχέση με τη λογική αξιολόγηση των επιλογών και η θεωρητική βάση της ΑΙΔ αμφισβητείται.

3.5.4 Μέθοδοι ELECTRE

Η ELECTRE(ELimination and Choice Expressing REality) είναι η σημαντικότερη ίσως από τις μεθόδους που βασίζονται στο θεωρητικό ρεύμα των σχέσεων υπεροχής. Αρχικά προτάθηκε από τον Bernard Roy ως συμβούλου στην εταιρία SEMA στα μέσα του 1960 ώστε να δοθεί λύση στην έλλειψη μεθόδων λήψης αποφάσεων που υπήρχαν ως τότε. Η ιδέα της υπεροχής αναπτύχθηκε από τον Roy(1968) με πρώτο βήμα την ELECTRE, που εφαρμόστηκε σε διάφορα προβλήματα. Αποτέλεσμα αυτής την μελέτης είναι η μέθοδος να γίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου ένας μεγάλος αριθμός εναλλακτικών πρέπει να περιοριστεί, ώστε να διευκολυνθεί η περαιτέρω λεπτομερής θεώρηση τους. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της ELECTRE όπως η I,II,III,IV,IS και ELECTRE TRI, με τις τρεις πρώτες να αποτελούν τον βασικό κορμό της μεθόδου και τις υπόλοιπες να ακολουθούν την ίδια μεθοδολογία με κάποιες παραλλαγές που βέβαια είναι σημαντικές. Ειδικά σε όρους απαιτούμενων στοιχείων και εξαγόμενων αποτελεσμάτων, όλες οι μέθοδοι στηρίζονται στις ίδιες ιδέες με διαφορά την λειτουργία τους

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων

ανάλογα τον τύπο του προβλήματος. Παρακάτω γίνεται μία ανάλυση των μεθόδων ELECTRE I, II, III, καθώς και της ELECTRE TRI.

ELECTRE I

Η ELECTRE I θεωρείται μη-αντισταθμιστική μέθοδος, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Αυτό ως δεδομένο σημαίνει πώς ένα πολύ κακό σκόρ σε ένα κριτήριο δεν μπορεί να αντισταθμιστεί από πολύ καλά σκορ σε άλλα κριτήρια. Στις μεθόδους ELECTRE επιτρέπεται η ασυμβατότητα. Η ασυμβατότητα, προκύπτει μεταξύ δυο εναλλακτικών x_i και x_j όταν δεν υπάρχει καθαρή απόδειξη ούτε υπέρ της x_i ούτε υπέρ της x_j . Να σημειωθεί πώς, η ασυμβατότητα δεν είναι το ίδιο με την αδιαφορία. Στην παρούσα μέθοδο γίνεται αναφορά στην απλή περίπτωση, όπου τα κατώφλια p και q είναι σταθερές, σε αντίθεση με την σύνθετη περίπτωση που είναι συναρτήσεις της αξίας των κριτηρίων. Στην περίπτωση των σταθερών κατωφλίων η απλοποίηση αυτή με τη χρησιμοποίηση τους βοηθάει την εξήγηση των μεθόδων ELECTRE. Στην περίπτωση των μεταβλητών κατωφλίων όμως η χρησιμοποίηση τους έχει κυρίως αξία για το χρηματοοικονομικό (NPV) κριτήριο. Η εξέταση μεγαλύτερων τιμών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης. Με την χρήση κατωφλίων η ELECTRE I δημιουργεί μία σχέση υπεροχής S . Το $x_i S x_j$ εξηγείται ως « το x_i είναι τουλάχιστον εξίσου καλό με το x_j » η « το x_i δεν είναι χειρότερο από το x_j ». Κάθε ζεύγος εναλλακτικών x_i και x_j εξετάζεται για να ελεγχθεί εάν ισχύει ο ισχυρισμός $x_i S x_j$ ή όχι. Αυτό οδηγεί σε μια από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$x_i S x_j \text{ και όχι } (x_j S x_i) \quad (1)$$

$$\text{όχι } (x_i S x_j) \text{ και } x_j S x_i \quad (2)$$

$$x_i S x_j \text{ και } x_j S x_i \quad (3)$$

$$\text{όχι } x_i S x_j \text{ και όχι } x_j S x_i \quad (4)$$

Η τρίτη σχέση θεωρείται η αδιάφορη, ενώ στην τέταρτη περίπτωση έχουμε ασυμβατότητα.

Η σχέση υπεροχής εξετάζεται σε δύο φάσεις που αφορούν τον έλεγχο δύο αρχών: τον έλεγχο συμφωνίας (concordance test) και τον έλεγχο ασυμφωνίας (discordance test). Συμφωνία θεωρείται εφικτή όταν μια πλειοψηφία κριτηρίων, αφού υπολογιστεί ποσο σημαντικά είναι, είναι υπέρ του ισχυρισμού «αρχή της πλειοψηφίας». Ασυμφωνία πάλι, απαιτεί μέσα στη μειοψηφία των κριτηρίων που δεν υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, να μην είναι κανένα από αυτά ισχυρά εναντίον του ισχυρισμού, η λεγόμενη «αρχή του σεβασμού των μειοψηφιών» (Roy, 1968). Η εφαρμογή των παραπάνω αρχών εξετάζεται, έχοντας ως στοιχείο ότι όλα τα κριτήρια πρέπει να μεγιστοποιηθούν. Αρχικά, υπολογίζουμε τη σχέση υπεροχής για καθένα από τα n κριτήρια:

$x_i S_k x_j$ σημαίνει ότι «η x_i είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με τη x_j όσον αφορά το κριτήριο x_k », $k = 1, \dots, n$.

Το k κριτήριο είναι σε συμφωνία με τον ισχυρισμό $x_i S x_j$ αν και μόνο αν $x_i S_k x_j$, δηλαδή, εάν $x_{ik} \geq x_{jk} - q_k$.

Έτσι, ακόμα και αν x_{ik} είναι μικρότερο από το x_{jk} κατά ένα ποσό μέχρι q_k , αυτό δεν αντικρούει τον ισχυρισμό $x_i S_k x_j$ και έτσι είναι σε συμφωνία. Το κριτήριο k είναι σε συμφωνία με τον ισχυρισμό $x_i S x_j$ αν και μόνο αν $x_j P x_i$, δηλαδή, εάν $x_{jk} \geq x_{ik} + p_k$. Αυτό σημαίνει ότι αν η x_j είναι ισχυρά προτιμότερη από την x_i για το κριτήριο k , τότε ξεκάθαρα δεν είναι σε συμφωνία με τον ισχυρισμό ότι $x_i S x_j$.

Οι έννοιες της συμφωνίας και της ασυμφωνίας μπορούν να αναφερθούν ως «ακολουθία» και «ανακολουθία». Για κάθε κριτήριο k ψάχνουμε να βρούμε εάν, για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών (x_i, x_j) που ανήκει στο A , υπάρχει ακολουθία ή ανακολουθία με τον ισχυρισμό $x_i S x_j$. Δηλαδή, ότι η x_i είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με την x_j .

Ειδικότερα, η ELECTRE I είναι σχεδιασμένη για προβλήματα επιλογής, και από ένα σύνολο υποψηφίων λύσεων A επιλέγει ένα υποσύνολο A_1 , τέτοιο ώστε για κάθε υποψήφια λύση $\alpha_2 \in A_2 = A - A_1$, να υπάρχει τουλάχιστον μία λύση $\alpha_1 \in A_1$ η οποία να υπερτερεί της α_2 .

Σε κάθε κριτήριο x_i αντιστοιχίζουμε ένα βάρος w_i και ορίζεται ο δείκτης συμφωνίας (concordance index):

$$c(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j \quad \text{με} \quad P = \sum_{j=1}^n p_j.$$

Επίσης ορίζεται ο δείκτης ασυμφωνίας (discordance index):

$$d(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{if } g_j(a) \geq g_j(b) \\ \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)] & \text{αλλιώς} \end{cases}, \text{ όπου } \delta = \max_{c,d,j} [g_j(c) - g_j(d)]$$

ή εναλλακτικά ορίζουμε ένα σύνολο ασυμφωνίας D_j για κάθε κριτήριο g_j , με $D_j = \{(x_j, y_i), \dots\}$.

Στη συνέχεια ορίζουμε το κατώφλι συμφωνίας c και το κατώφλι ασυμφωνίας d , όπου:

$$S(a, b) \text{ iff } \begin{cases} c(a, b) \geq c \\ d(a, b) \leq d \end{cases} \quad \text{ή} \quad S(a, b) \text{ iff } \begin{cases} c(a, b) \geq c \\ (g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j \end{cases}$$

ELECTRE II

Η ELECTRE II σχεδιάστηκε για να βρίσκει λύσεις σε προβλήματα κατάταξης. Στην μέθοδο αυτή ορίζονται δύο σχέσεις υπεροχής, αντί για μία, τις S_F και S_f , με κατώφλια συμφωνίας c_1 και c_2 , αντίστοιχα.

$$S_F(a, b) \begin{cases} c(a, b) \geq c_1 \\ \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} p_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} p_j \\ (g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j \end{cases} \quad \text{και} \quad S_f(a, b) \begin{cases} c(a, b) \geq c_2 \\ \sum_{j: g_j(a) > g_j(b)} p_j > \sum_{j: g_j(a) < g_j(b)} p_j \\ (g_j(a), g_j(b)) \notin D_j, \forall j \end{cases}$$

Για να βρεθεί λύση από το σύνολο A , βρίσκεται το υποσύνολο N των υποψηφίων λύσεων, οι οποίες δεν υπολείπονται ισχυρά (σχέσεις S_F) άλλων υποψηφίων λύσεων. Μετά, με παρόμοιο τρόπο το σύνολο N διαιρείται σε 2 υποσύνολα, N_1 και N_2 , βάσει των σχέσεων S_f . Το σύνολο $A - N$, με τη σειρά του διαιρείται σε δύο υποσύνολα N_1' και N_2' βάσει των σχέσεων S_f .

Έτσι δημιουργείται μία διάταξη υποσυνόλων του A , από τις καλύτερες προς τις χειρότερες εναλλακτικές. Εξακολουθώντας την διαδικασία αντίθετα βέβαια τώρα, δημιουργείται μια διάταξη από τις χειρότερες προς καλύτερες. Οι δύο διατάξεις δεν είναι ίδιες, οπότε το αποτέλεσμα θα εξαχθεί από την τομή των δύο διατάξεων.

Στην περίπτωση που δεν βρεθεί λύση, υπάρχει και ο εναλλακτικός τρόπος με την βαθμολόγηση της κάθε υποψήφιας λύσης με βάση τον αριθμό των εναλλακτικών με τις οποίες υπερέχει ισχυρά, αφαιρώντας τον αριθμό των εναλλακτικών που υπολείπεται. Σε περίπτωση ισοβαθμίας, θα υπάρξει λύση αν ληφθούν υπόψη οι ασθενείς σχέσεις υπεροχής.

ELECTRE III

Η μέθοδος Electre III θεωρείται σε σχέση με την Electre I και II πιο εξελιγμένη. Αρχικά βασίζεται στις διμερείς μονοκριτηριακές σχέσεις με βάση το μέτρο ασθενούς προτίμησης και «α δεν είναι χειρότερη από b». Το μέτρο ασθενούς προτίμησης ολοκληρώνεται με τον προσδιορισμό του δείκτη συμφωνίας. Ως $c_j(a, b)$ συμβολίζεται ο μερικός(μονοκριτηριακός) δείκτης συμφωνίας, σύμφωνα με την σχέση:

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 0, & a_j < b_j - p_j \\ \frac{a_j - b_j + p_j}{p_j - q_j}, & a_j \in [b_j - p_j, b_j - q_j] \\ 1, & a_j > b_j - q_j \end{cases}$$

όπου a και b ορίζονται οι εναλλακτικές και a_j, b_j ορίζονται οι επιδόσεις τους ως προς το κριτήριο j .

Ο μερικός (μονοκριτηριακός) δείκτης συμφωνίας, αναπαριστά τη συμφωνία στο γεγονός ότι η εναλλακτική a δεν είναι χειρότερη από την εναλλακτική b σύμφωνα με το κριτήριο j . Τα p_j και q_j ορίζονται ως κατώφλια προτίμησης και αδιαφορίας για το κριτήριο j . Το κατώφλι προτίμησης (preference threshold) αναπαριστά τη διαφορά $a_j - b_j$ κάτω από την οποία δεν ισχύει η πρόταση «η a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο και η b στο κριτήριο j ». Αντίστοιχα, το κατώφλι αδιαφορίας (indifference threshold) αναπαριστά τη διαφορά $a_j - b_j$ πάνω από την οποία η πρόταση «η a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο και η b στο κριτήριο j » ισχύει με απόλυτη βεβαιότητα. Προφανώς, τα δύο αυτά κατώφλια ορίζονται έτσι ώστε: $p_j \geq q_j \geq 0$.

Ο συνολικός δείκτης συμφωνίας ορίζεται με τη βοήθεια του σταθμισμένου μέσου όρου

$$C(a,b) = \sum_{j=1}^n w_j c_j(a,b)$$

Επίσης, ορίζεται ο δείκτης ασυμφωνίας:

$$D_j(a,b) = \begin{cases} 0 & a_j > b_j - p_j \\ \frac{b_j - a_j - p_j}{v_j - p_j} & a_j \in [b_j - v_j, b_j - p_j] \\ 1 & a_j < b_j - v_j \end{cases}$$

Το κατώφλι veto v_j ($v_j \geq p_j \geq 0$) αναπαριστά το κατώφλι της διαφοράς $b_j - a_j$ πάνω από το οποίο το κριτήριο j «θέτει veto» στην υπεροχή της a_j έναντι της b_j .

Στη συνέχεια ορίζεται ο δείκτης αξιοπιστίας:

$$\sigma(a,b) = \begin{cases} C(a,b), & F = \emptyset \\ C(a,b) \prod_{x_j \in F} \frac{1 - D_j(a,b)}{f - C(a,b)}, & F \neq \emptyset \end{cases}$$

Ο δείκτης αξιοπιστίας αποδίδει μια ολική αποτίμηση της υπεροχής a έναντι της b , όπου F το σύνολο των κριτηρίων για τα οποία ισχύει:

$$F(a,b) = \{j \in F \mid D_j(a,b) > C(a,b)\}$$

Στην συμβατική μέθοδο ELECTRE III για κατατάξουμε τις εναλλακτικές σε σχέσεις ισχυρής προτίμησης ή αδιαφορίας, πρέπει να πραγματοποιηθούν δύο κατατάξεις φιλτραρίσματος τις λεγόμενες κατατάξεις αναβύθισης και καταβύθισης (α' τρόπος) με βάση το δείκτη αξιοπιστίας. Με βάση τις παραπάνω ταξινομήσεις, πραγματοποιείται μία κατάταξη με βάση τη διαδικασία καταβύθισης (z_1) ελέγχοντας το κατά πόσο μία εναλλακτική υπερέρχει των υπολοίπων και

πραγματοποιούνται εκ νέου κατατάξεις αφαιρώντας την εναλλακτική αυτή. Στη διαδικασία φίλτραρίσματος (z_2) καταβύθισης ελέγχεται η κυριαρχούμενη εναλλακτική, η οποία αφαιρείται για να επακολουθήσει νέα κατάταξη. Κάθε διαδικασία φίλτρου παράγει τις δυαδικές σχέσεις ισχυρής προτίμησης.

Στην κλασσική μέθοδο Electre III προκειμένου να αντιμετωπισθεί η ασάφεια της ασθενούς προτίμησης εισάγεται ο όρος λ – προτιμητέο, δηλαδή η a είναι λ - προτιμητέο του b αν ισχύει:

$$(1-s)S(a,b) > S(b,a) \text{ και } S(a,b) > \lambda.$$

Προτείνεται $s = 0.3 - 0.15\lambda$.

Είναι προφανές ότι η παραπάνω σχέση είναι περισσότερο μια εμπειρική αντιμετώπιση που γίνεται κατανοητή με δεδομένη τη μη αντιμετώπιση της ισχυρής προτίμησης ως συνεχούς συνάρτησης. Διευρύνοντας το συλλογισμό στην κλασσική Electre III ακολουθείται μια διαδικασία αναβύθισης και καταβύθισης για την τελική ταξινόμηση. Βασικό στοιχείο σε αυτήν τη διαδικασία είναι η διαφορά του συνόλου των εναλλακτικών στις οποίες η εναλλακτική είναι λ - προτιμητέα μείον τον αριθμό των εναλλακτικών οι οποίες είναι λ - προτιμητέες της εναλλακτικής. Είναι προφανές ότι η παραπάνω διαδικασία αποτελεί μια πρωτόλεια καθαρή ροή που ενσωματώνει με απλοϊκό τρόπο την ισχυρή προτίμηση η οποία με τη σειρά της προκύπτει από μια αυθαίρετη επιλογή του τρόπου όπου μια εναλλακτική λ – υπερέχει (αυθαίρετη επιλογή του s). Συνεπώς, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η μέθοδος των συναρτήσεων βαθμολόγησης είναι μια εξέλιξη και ορθολογικοποίηση της Electre III.

Η τομή των δύο διαδικασιών φίλτρου ($Z_1 \cap Z_2$) παρέχει την τελική κατάταξη:

$$\begin{aligned}
 aPb &\Leftrightarrow \begin{cases} (aP_1b) \wedge (aP_2b) \\ (aP_1b) \wedge (aI_2b) \\ (aI_1b) \wedge (aP_2b) \end{cases} \\
 aIb &\Leftrightarrow (aI_1b) \wedge (aI_2b) \\
 aRb &\Leftrightarrow \text{διαφορετικά}
 \end{aligned}$$

Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου, που εμφανίζεται σε κάθε μέθοδο διμερών συγκρίσεων είναι ότι αφαιρώντας εναλλακτικές αλλάζει η κατάταξη τους. Για να επιλυθεί το συγκεκριμένο μείονεκτημα δημιουργήθηκε η ELECTRE TRI που χρησιμοποιεί το ολικό μέρος ασθενούς προτίμησης.

ELECTRE TRI

Η μέθοδος ELECTRE TRI αποτελεί μια προσαρμογή της μεθόδου ELECTRE στην περίπτωση προβλημάτων ταξινόμησης. Σε προβλήματα ταξινόμησης στόχος δεν είναι η πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών, αλλά η ταξινόμησή τους σε προκαθορισμένες κατηγορίες $C_1, C_2, \dots, C_q$. Οι κατηγορίες ορίζονται κατά διατεταγμένο τρόπο, θεωρώντας ότι η κατηγορία C_1 περιλαμβάνει τις περισσότερες προτιμητέες εναλλακτικές δραστηριότητες (καλύτερη κατηγορία), ενώ η κατηγορία C_q περιλαμβάνει τις λιγότερες προτιμητέες εναλλακτικές δραστηριότητες (χειρότερη κατηγορία). Η μέθοδος θεωρεί ότι κάθε κατηγορία διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες μέσω μιας «εικονικής» (ή φανταστικής) εναλλακτικής δραστηριότητας, η οποία αποτελεί το διαχωριστικό όριο μεταξύ των κατηγοριών. Κάθε τέτοια δραστηριότητα / όριο αποτελεί ένα πρότυπο αναφοράς Γ_k (reference profile), το οποίο διαχωρίζει τις κατηγορίες C_k και C_{k+1} . Ουσιαστικά το πρότυπο Γ_k είναι το κάτω όριο της κατηγορίας C_k και το πρότυπο Γ_{k-1} είναι το άνω όριο της κατηγορίας. Κάθε πρότυπο Γ_k μπορεί να θεωρηθεί ως ένα διάνυσμα αποτελούμενο από τις τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης που διαχωρίζουν τις κατηγορίες C_k και C_{k+1} : $\Gamma_k = (r_{k1}, r_{k2}, \dots, r_{kn})$.

Οι διαχωριστικές τιμές $\Gamma_{k1}, \Gamma_{k2}, \dots, \Gamma_{kn}$ των κριτηρίων θεωρούνται ως τα επιμέρους πρότυπα που διαχωρίζουν τις κατηγορίες βάσει των κριτηρίων $X_1, X_2, \dots, X_n$. Η υπόθεση ότι οι κατηγορίες είναι διατεταγμένες επιβάλλει ο καθορισμός των προτύπων να γίνει έτσι ώστε $r_{kj} > r_{k+1,j}$ για κάθε $k=1,2,\dots,q$ και $j=1,2,\dots,n$.

Έστω εναλλακτική a . Εγκαθιδρύονται δύο διαδικασίες ταξινόμησης, η αισιόδοξη και η απαισιόδοξη. Οι δύο διαδικασίες ξεκινούν συγκρίνοντας κάθε εναλλακτική δραστηριότητα x_i με το πρότυπο r_q (χειρότερο πρότυπο). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να καταλήξουμε στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Αν $aP\Gamma_k$ και $(\Gamma_{k-1}Pa \text{ ή } aI\Gamma_{k-1})$ τότε η a τοποθετείται στην κατηγορία k και υπό την αισιόδοξη και υπό την απαισιόδοξη προσέγγιση.
- Αν $aP\Gamma_k$ και $(aR\Gamma_{k-1}, aR\Gamma_{k-2}, \dots, aR\Gamma_{k-w}, \Gamma_{k-w-1}Pa)$, τότε η a τοποθετείται στην κατηγορία k ή την κατηγορία $k-w$ για την απαισιόδοξη και την αισιόδοξη προσέγγιση αντίστοιχα.

Η ELECTRE Tri αποδέχεται τη μη συγκρισιμότητα και μη μεταβατικότητα για εναλλακτικές που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, ενώ οι κατηγορίες είναι διατεταγμένες.

3.5.5 Μέθοδοι PROMETHEE

Η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations), προτάθηκε από τους Brans & Vincke (1985) και ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων σχέσεων υπεροχής (outranking relations methods). Στις μεθόδους σχέσεων υπεροχής η κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων είναι εφικτή μέσω των ανά ζεύγος συγκρίσεων των επιδόσεων των εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα κριτήρια της ανάλυσης. Η μέθοδος PROMETHEE έχει διάφορες παραλλαγές για την αντιμετώπιση διαφορετικών προβληματικών απόφασης. Συγκεκριμένα η PROMETHEE I παρέχει τη μερική (partial) κατάταξη των

εναλλακτικών σεναρίων, ενώ η PROMETHEE II την πλήρη (complete) κατάταξή τους (Brans & Vincke 1985, Brans et al. 1986). Η εξέλιξη της I και II αποτελούν τις επόμενες, όπως η μέθοδος PROMETHEE III που επιτρέπει την προσέγγιση προβλημάτων σε στοχαστικό περιβάλλον απόφασης και η PROMETHEE IV την αντιμετώπιση προβλημάτων αξιολόγησης μεγάλου αριθμού εναλλακτικών σεναρίων. Υπάρχει βέβαια και ένα εναλλακτικό πλαίσιο της μεθόδου για την αντιμετώπιση προβλημάτων κατανομής πόρων (PROMETHEE V), καθώς και την διενέργεια αναλύσεων ευαισθησίας (PROMETHEE VI) και επιπλέον, την γραφική απεικόνιση του προβλήματος απόφασης (GAIA: Geometrical Analysis for Interactive Assistance).

Στον τομέα των υπολογιστών η μέθοδος στηρίχθηκε αρχικά, με την δημιουργία του λογισμικού PROMCALC από τους Brans and Mareschal(1994) καθώς επίσης και από το Decision Lab και τους Gelderman and Zhang (2001) (www.visualdecision.com), όπου βοήθησαν στην διάδοση της μεθόδου και στην ανάπτυξη πληθώρας εφαρμογών σε πολλά επιστημονικά πεδία.

Παρακάτω αναλύονται οι αρχικές μέθοδοι PROMETHEE και τα χαρακτηριστικά τους.

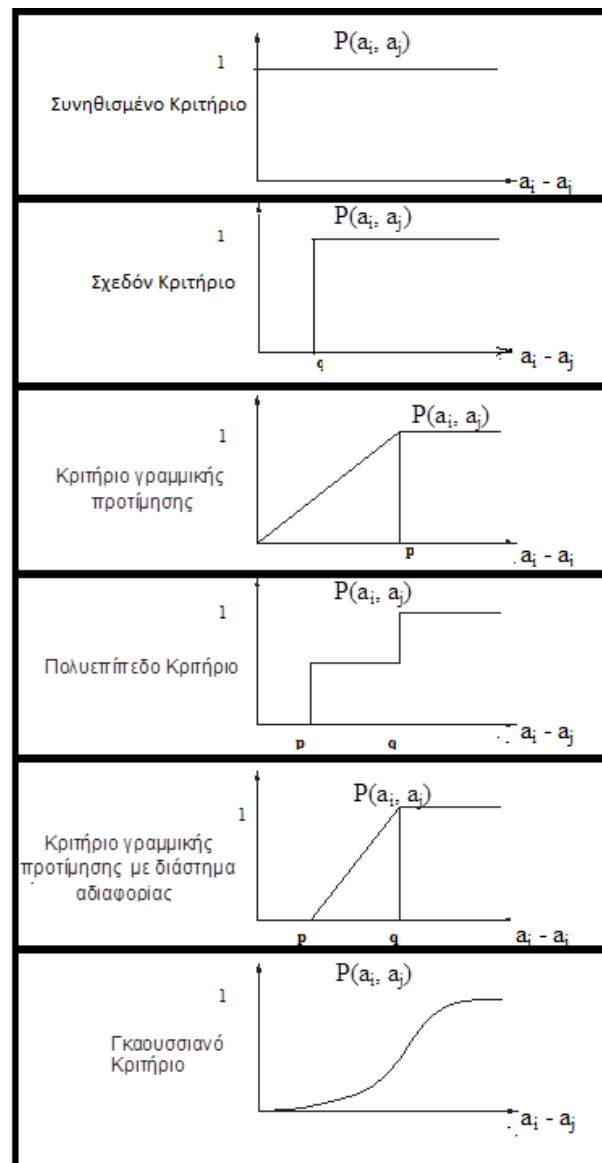
3.5.5.1 *Promethee I*

Οι μέθοδοι Promethee στηρίζονται όπως και οι μέθοδοι Electre στις διμερείς συγκρίσεις και στην ισχυρή προτίμηση. Τα βήματα εφαρμογής της μεθόδου Promethee είναι τέσσερα και αποδίδονται παρακάτω:

Βήμα 1: Μονοκριτηριακές συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών. Για τις μονοκριτηριακές συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών χρησιμοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια (Σχήμα):

- Κανονικό κριτήριο (usual type): δεν περιλαμβάνει κατώφλια και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης.
- Κριτήριο με κατώφλι αδιαφορίας ή σχεδόν κριτήριο (U-type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας q_j .
- Κριτήριο με κατώφλι προτίμησης ή κριτήριο γραμμικής προσέγγισης (V-type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης p_j .
- Πολυεπίπεδο κριτήριο (level type): περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q_j , και κατώφλι προτίμησης p_j , που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιάμεσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.

- Κριτήριο γραμμικής προτίμησης με διάστημα αδιαφορίας: περιλαμβάνει το κατώφλι αδιαφορίας q_j , και την γραμμική μετάβαση στην κατάσταση σαφούς προτίμησης που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης p_j .
- Κριτήριο Gauss (Gauss type): υιοθετεί την σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μίας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής σ_j .



Σχήμα 11: Μονοκριτηριακές συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών σύμφωνα με την Promethee.

Βήμα 2: Για κάθε ζεύγος επιλογών a και b υπολογίζεται ένας συνολικός δείκτης προτίμησης $P(a,b)$ ως άθροισμα των μερικών σχέσεων προτίμησης σε κάθε κριτήριο $p_j(a, b)$ σταθμισμένο ανάλογα με τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων:

$$P(a, b) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot P_j(a, b)$$

Οι δείκτες συνολικής προτίμησης $P(a, b)$ παίρνουν τιμές επίσης στο διάστημα $[0, 1]$ και δηλώνουν αν και σε τι βαθμό η επιλογή a επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι υπερέχει έναντι της επιλογής b λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των κριτηρίων. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των συνολικών δεικτών προτίμησης αποτυπώνονται σε έναν τελικό πίνακα διαστάσεων $\Pi \times \Pi$. Το κελί (i, j) του πίνακα περιλαμβάνει την τιμή του συνολικού δείκτη προτίμησης της επιλογής i έναντι της επιλογής j .

Βήμα 3: Με βάση τους συνολικούς δείκτες προτίμησης ορίζονται η θετική, η αρνητική και η καθαρή ροή. Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται για κάθε λύση a , δύο μέτρα αξιολόγησης που δείχνουν σε τι βαθμό η λύση αυτή υπερέχει ή υπολείπεται έναντι όλων των υπολοίπων επιλογών. Τα μέτρα αυτά ονομάζονται θετική και αρνητική ροή αντίστοιχα και ορίζονται ως εξής:

$$\varphi^+(a) = \frac{\sum_{j=1}^n P(a, j)}{n-1} \text{ (Θετική ροή)}$$

Η θετική ροή για τη λύση a προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης σειράς δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών $(n-1)$ και δείχνει το μέσο βαθμό κυριαρχίας της λύσης έναντι των υπολοίπων. Συνάγεται ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή της θετικής ροής σε σχέση με τις θετικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

$$\varphi^-(a) = \frac{\sum_{j=1}^n P(j, a)}{n-1} \text{ (Αρνητική ροή)}$$

Η αρνητική ροή για τη λύση α προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης στήλης δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών $(n-1)$ και δείχνει το μέσο βαθμό που η λύση αυτή κυριαρχείται από τις υπόλοιπες επιλογές. Όσο μικρότερη η τιμή της αρνητικής ροής σε σχέση με τις αρνητικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

Βήμα 4: Σύμφωνα με τις παραπάνω ροές γίνεται πλήρης η μερική κατάταξη των εναλλακτικών με βάση την ισχυρή προτίμηση.

3.5.5.2 *Promethee II*

Στην Promethee II διενεργείται μία πλήρης κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής. Το μέτρο αυτό ορίζεται ως καθαρή ροή και προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ θετικής και αρνητικής ροής. Η καθαρή ροή αποδίδεται από την παρακάτω σχέση:

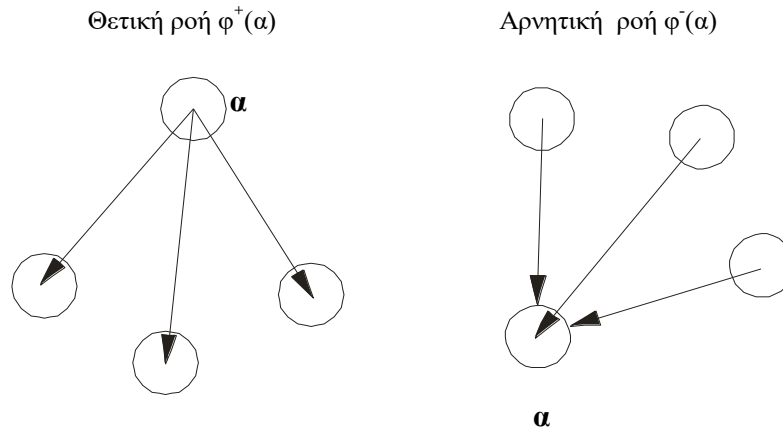
$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \text{ (Καθαρή Ροή)}$$

Η καθαρή ροή αποτελεί μέτρο της καθαρής υπεροχής ή κυριαρχίας κάθε επιλογής και αναγνωρίζει μόνο καταστάσεις προτίμησης και αδιαφορίας επιτρέποντας την πλήρη κατάταξή τους:

$$a P_{II} b \text{ αν } \varphi(a) > \varphi(b) \text{ (Προτίμηση)}$$

$$a I_{II} b \text{ αν } \varphi(a) = \varphi(b) \text{ (Αδιαφορία)}$$

Η πλήρης κατάταξη της μεθόδου Promethee II είναι πιο εύκολα αντιληπτή στον αποφασίζοντα σε σχέση με την Promethee, όμως περιέχει μικρότερη ποσότητα πληροφορίας.



Σχήμα 12: Ροές στην μέθοδο Promethee

3.5.6 Άλλες μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων

3.5.6.1 Μέθοδος DEA

Η μέθοδος DEA (Data Envelopment Analysis) προτάθηκε από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978) ως μία γενική μέθοδος κατηγοριοποίησης του πληθυσμού των παρατηρήσεων. Εισήγαγε το μοντέλο CCR (Charnes-Cooper-Rhodes), για να παραχθεί ένα αποδοτικό σύνολο βασισμένο στην βέλτιστη ανάλυση. Η DEA αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση της απόδοσης των οργανώσεων από την άποψη των σχετικών αποδοτικότητων τους. Η DEA είναι μια μη-παραμετρική μέθοδος ανάλυσης αποδοτικότητας. Η DEA δεν οδηγεί σε ολική κατάταξη των πηγών, αλλά προτείνει ποιες πηγές είναι καλύτερες από τις άλλες. Επίσης καθορίζει την αποτελεσματικότητα κάθε πηγής **Sj0** ξεχωριστά επιλύοντας ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

π.χ. για τιμές d_{ij} όπου $i=1, \dots, 5$

$$\max w_1 d_{1j0} + w_2 d_{2j0} + w_3 d_{3j0} - w_4 d_{4j0} - w_5 d_{5j0}$$

$$\text{s.t. } w_1 d_{1j} + w_2 d_{2j} + w_3 d_{3j} - w_4 d_{4j} - w_5 d_{5j} \leq 1 \quad \forall S_j$$

$$w_4 d_{4j0} + w_5 d_{5j0} = 1$$

$$w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 \geq \varepsilon > 0$$

Στην μέθοδο DEA τα βάρη των κριτηρίων δεν τα καθορίζει ο χρήστης αλλά η μέθοδος αφού αποτελούν μεταβλητές της. Η βέλτιστη τιμή ενός κριτηρίου είναι είτε 1(αποτελεσματική), είτε μεταξύ 0 και 1, προσδιορίζοντας δηλαδή τον βαθμό αναποτελεσματικότητας.

3.5.6.2 Μέθοδος SAW

Η μέθοδος SAW, όπως αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon(1981) αποτελεί μία πολύ απλή και ισχυρή μέθοδο λήψης αποφάσεων, διότι τα αποτελέσματα της πλησιάζουν στα αποτελέσματα πιο αναλυτικών μεθόδων. Η λειτουργία της μεθόδου χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια:

- Δημιουργία κλίμακας για τα σκορ, ώστε να είναι συγκρίσιμα,
- Εφαρμογή βαρών κάθε πηγή κριτηρίων
- Πρόσθεση των τιμών τους για κάθε πηγή κριτηρίων.

Εφόσον επιτρέπονται μηδενικές τιμές για τα σκορ εφαρμόζονται οι ακόλουθοι παράγοντες κλίμακας, όπου d είναι οι αποστάσεις:

$$v_{ij} = \frac{d_{ij} - d_j^{\min}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}, \text{ για ποιοτικά κριτήρια}$$

$$v_{ij} = \frac{d_j^{\max} - d_{ij}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}, \text{ για κριτήρια κόστους}$$

Με βάση αυτή την κλίμακα, όλα τα σκορ βρίσκονται στο διάστημα $[0,1]$, ενώ το καλύτερο σκορ παίρνει την τιμή 1 και το χειρότερο σκορ παίρνει την τιμή 0. Αυτή η ιδιότητα βεβαιώνει τη συγκρισιμότητα των σκορ. Το τελικό προτιμητέο σκορ για κάθε πηγή δίνεται από τη σχέση:

$$S_i = \sum_j w_j v_{ij}, \text{ όπου } w_j = (w_1, \dots, w_j)$$

3.5.6.3 Μέθοδος TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) αναπτύχθηκε από τους ερευνητές Hwang και Yoon (1981). Η μέθοδος αρχικά, στηρίχθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου ELECTRE, ως εναλλακτική. Η TOPSIS, βασίζεται στην κεντρική ιδέα της ελάχιστης ή μέγιστης απόστασης. Δηλαδή η επιλεγόμενη εναλλακτική A_i (σε ένα σύνολο εναλλακτικών A), θα πρέπει να είναι εκείνη με την ελάχιστη δυνατή γεωμετρική απόσταση από την «βέλτιστη» λύση και ταυτόχρονα, τη μεγαλύτερη δυνατή γεωμετρική απόσταση από την «χειρίστη» λύση. Όπως και στη μέθοδο SAW, ο πίνακας των αποφάσεων είναι κλιμακωτός και σταθμισμένος. Οι συγγραφείς για την συνάρτηση κλίμακας αποδίδουν την σχέση:

$$v_{ij} = \frac{d_{ij} \times w_j}{\sqrt{\sum_i d_{ij}^2}}$$

ώστε κάθε συντελεστής κριτηρίου να είναι κανονικός. Στην συνέχεια οι συγγραφείς υπολογίζουν τη σχετική Ευκλείδεια απόσταση των λύσεων από μία φανταστική ιδανική λύση, σε αντίθεση με την μέθοδο SAW που αθροίζουν στο σημείο αυτό τις τιμές. Η λύση που πλησιάζει περισσότερο την ιδανική και απομακρύνεται περισσότερο από την αρνητική-ιδανική λύση, επιλέγεται ως η βέλτιστη. Οι ιδανικές και οι αρνητικές-ιδανικές λύσεις αποδίδονται ως:

$$A^* = (v_1^*, \dots, v_j^*) := \{(\max_{i=1, \dots, j} v_{ij} \mid j \in J_c)\}$$

$$A^- = (v_1^-, \dots, v_j^-) := \{(\min_{i=1, \dots, j} v_{ij} \mid j \in J_c)\}$$

Η Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ κάθε λύσης και της ιδανικής και αρνητικής-ιδανικής λύσης δίνεται από την σχέση:

$$S^{(+/-)}(S_i) := \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^{(+/-)})^2}$$

Το μέγεθος που δείχνει πόσο πλησιάζει η λύση την ιδανική λύση ορίζεται ως:

$$C^*(S_i) := \frac{S - S_i^-}{S^* + S - S_i^-}.$$

4 ΧΩΡΙΚΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΓΣΠ(GIS)

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευχέρεια εντοπισμού πληροφοριών απο διάφορες πηγές στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελεί το κύριότερο κριτήριο ως προς την δομή και την ανάλυση των δεδομένων τους. Οι τύποι δεδομένων που εξετάζονται στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών στο εξής ΓΣΠ είναι χάρτες, εικόνες, μετρήσεις GPS και κάθε λογής ψηφιακά δεδομένα.

Στα ΓΣΠ υπάρχει συνδυασμός απο διάφορους τομείς επιστημών όπως η Γεωγραφία, η Πληροφορική, η Τοπογραφία, η Στατιστική κ.α.

Σκοπός των ΓΣΠ είναι να παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες σε μία διαδικασία λήψης αποφάσεων. Οι παρεχόμενες πληροφορίες, είτε μπορούν να υποστηρίξουν την θέση ενός προβλήματος, είτε να εντοπίσουν και να αναπτύξουν τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις ή ακόμα και να προσεγγίσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την εκτέλεση μιας απόφασης.

4.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

4.2.1 Περιοχή μελέτης

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, η περιοχή μελέτης στην οποία θα εφαρμοστεί η πολυκριτηριακή ανάλυση, χωροθέτησης σε μία γεωργική εκμετάλευση είναι η Νήσος Σάμος που υπάγεται στην περιφέρεια Βορείου αιγαίου. Ο λόγος της επιλογής αυτής είναι από προσωπικό ενδιαφέρον του ίδιου του μελετητή.

Οπώς έχει γίνει αναφορά και στο πρώτο κεφάλαιο η Σάμος βρίσκεται στο ανατολικό αιγαίο, με έκταση τα 476 τετραγωνικά χλμ. Η απόσταση της από την υπόλοιπη επικράτεια είναι 197 μίλια από την Αθήνα(316 χλμ)και κάπου 330 μίλια από την Θεσσαλονίκη(527,2 χλμ).

4.2.2 Σημαντικές παράμετροι για την δημιουργία μίας καλλιέργειας

Ορισμένες από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που προέκυψαν από σχετική έρευνα σε βιβλιογραφία ή από ειδήμονες, για την σύσταση και χωροθέτηση μίας καλλιέργειας αποτελούν, η κλίση του εδάφους, η θέση και η έκθεση, η γειτνίαση με θάλασσα, λίμνες και ποτάμια, οι λεκάνες υδάτων καθώς επίσης και το αιολικό δυναμικό (άνεμοι).

Κλίση εδάφους

Η κλίση του εδάφους επηρεάζει την διάβρωση του εδάφους, την ποσότητα της λήψης της ακτινοβολίας(μεγαλύτερη κλίση= μεγαλύτερη ακτινοβολία). Συνεπώς αν η κλίση είναι μεγαλύτερη από 20%, είναι απαραίτητη η κατασκευή αναβαθμίδων, ούτως ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος διάβρωσης. Σε περιπτώσεις όπου η κλίση είναι μικρότερη του 10% η καλλιέργεια μπορεί να ολοκληρωθεί σύμφωνα με την κλίση του εδάφους. Σε κλίσεις από 10 έως 20% ορίζεται η εγκατάσταση να βασιστεί σύμφωνα με τις ισουψείς του τεμαχίου, με σημαντικό στοιχείο το μήκος των σειρών, διότι όσο μεγαλώνει η κλίση τόσο πρέπει να μειώνεται το μήκος.

Η καλλιέργεια χρειάζεται το έδαφος για τη στήριξή του και την εξασφάλιση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται. Το νερό που κυλάει χαμηλότερα στο ανάγλυφο θα δημιουργήσει κενό με αποτέλεσμα να παρασύρει και εδαφικά τεμαχίδια. Αυτό θα οδηγήσει σε απώλεια επιφανειακού εδάφους και είναι το πρώτο κρίσιμο σημείο στην διάβρωση. Όσο η ταχύτητα κίνησης του νερού είναι υψηλή, τα εδαφικά τεμαχίδια παραμένουν σε αιώρηση, ενώ όσο προχωρούμε χαμηλότερα στο ανάγλυφο και η ταχύτητα μικραίνει, αποτίθενται πρώτα τα μεγαλύτερα και ύστερα τα μικρότερα τεμαχίδια. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η καλλιέργεια του εδάφους σε λωρίδες κάθετες προς την κλίση του εδάφους. Με τη συγκεκριμένη πρακτική επιτυγχάνεται ικανοποιητικός περιορισμός των ζιζανίων, εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας αλλά και μείωση του κινδύνου διάβρωσης, συγκριτικά με την πλήρη καλλιέργεια του εδάφους.

Σημειώνεται ότι στις ζώνες με υψηλό δυναμικό διάβρωσης πρέπει να εφαρμόζεται το ειδικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της απερίμωσης. Τέλος, σημαντικός παράγοντας που ευνοεί τη διάβρωση επικλινών περιοχών είναι η υπερβόσκηση που απογυμνώνει το έδαφος από τη φυσική βλάστηση και το αφήνει εκτεθειμένο στις βροχοπτώσεις και την επιφανειακή ροή του νερού. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην τήρηση των ορίων πυκνότητας ζώων.

Θέση και έκθεση αγροτεμαχίου

Στα ψυχρά κλίματα συνιστώνται εκθέσεις με νοτιο ή ανατολικό προσανατολισμό προκειμένου να είναι σε μέγιστο βαθμό εκμεταλλεύσιμη η προσπίπτουσα ακτινοβολία με την άνοδο της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τα ψυχρά στα ξηροθερμικά κλίματα, συνιστώνται οι καλλιέργειες να είναι δυτικού προσανατολισμού, με συνέπεια να θερμαίνονται αργότερα στην διάρκεια της ημέρας, συμβάλλοντας ημερολογιακά στην επέκταση της διαδικασίας ωρίμανσης των καρπών. Είναι γνωστό ότι ακτινοβολία έχει άμεση επίδραση στη φωτοσύνθεση. Όταν λοιπόν ένταση του φωτός είναι τέτοια που να σχηματίζονται περισσότερες ουσίες απ' ό,τι καταναλώνονται κατά την αναπνοή, η καλλιέργεια αυξάνει σε ξηρό βάρος καθώς αποταμιεύονται υψηλής ενέργειας συστατικά, όπως υδατάνθρακες και κυρίως άμυλο. Αυτές οι αποταμιευμένες ουσίες όταν διασπώντας έχουμε απελευθέρωση ενέργειας με τη μορφή ATP (Τρισφορική Αδενοσίνη). Ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται στην αύξηση αφού μέρος αυτής καταναλωθεί για την επαναδόμηση συστατικών του πρωτοπλάσματος και του κυτταρικού τοιχώματος των νεοσχηματιζόμενων κυττάρων.

Υδρόλογικό στοιχείο

Η παρουσία ενός υδάτινου όγκου κοντά σε καλλιέργεια καθιστά το σημείο με μεγαλύτερη κάλυψη νέφους, καθώς επίσης περισσότερη ακτινοβολία για τα φυτά λόγω της αντανάκλασης. Επίσης δημιουργείται ομίχλη και εξομάλυνση της θερμοκρασίας σε περιπτώσεις πολύ ψυχρών ή πολύ θερμών κλιμάτων. Είναι επίσης σημαντικό η αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία που συνήθως επικρατεί σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις ενισχύει τις ασθένειες.

Στην περίπτωση της γειτνίασης με την θάλασσα η καλλιέργεια αποκτά σημαντικό πλεονέκτημα λόγω του θερμού κλίματος που επικρατεί στην περιοχή. Οι θαλάσσιες αύρες μειώνουν σημαντικά την θερμοκρασία(5-6°C), καθιστώντας ομαλότερη την ωρίμανση.

Οι καλλιέργειες που βρίσκονται σε κοιλάδες ή σε πρόποδες βουνών, αντιμετωπίζουν προβλήματα παγετώνων(αέριες μάζες που εγκλωβίζονται στις περιοχές).Σε τέτοιες περιπτώσεις δίνεται ιδιαίτερη σημασία σε ενδεχόμενα μέτρα προστασίας απο παγετό που πιθανότατα θα χρειαστούν. Σε αντίθεση με τις κοιλάδες και τους πρόποδες των βουνών, οι καλλιέργειες που εγκαθίστανται σε πλαγιές δεν κινδυνεύουν απο παγετούς.

Στις περιπτώσεις καλλιεργειών με ιδιαίτερη ικανότητα συγκράτησης των υδάτων, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς δημιουργείται το φαινόμενο της ασφυξίας των ριζών, καθώς επίσης και της διάβρωσης του εδάφους, ενώ παρατηρείται φαινόμενα τροφопενιών και ασθενειών.Στις περιπτώσεις ρηχών εδαφών μία ελαφριά κλίση απο το κέντρο της καλλιέργειας προς την περίμετρο και η δημιουργία αυλακώσεων αρκεί για να επιτευχθεί λύση στο πρόβλημα. Σε βαθύτερα εδάφη ενδεχομένως να χρειαστεί εκπόνηση αποστραγγιστικού σχεδίου, σύμφωνα με τις οδηγίες του τοπογραφικού σχεδίου και της μελέτης του υδρογραφικού δικτύου.Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στις σωληνώσεις(απο τι υλικό αποτελούνται), την διάμετρό τους, την θέση, την κατεύθυνση και την κλίση τους, καθώς επίσης και το βάθος τοποθέτησης, αλλά και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Τέλος σε μία μελέτη λίπανσης της καλλιέργειας πρέπει να συνυπολογίζεται και ο παράγοντας του αποστραγγιστικού συστήματος. Ο λόγος είναι καθαρά στο ότι τα αποστραγγιστικά συστήματα αυξάνουν το ποσοστό έκπλυσης των εδαφών.

Αιολικό δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό(άνεμοι) αποτελεί παράμετρο που επηρεάζει την διάταξη της διεύθυνσης των σειρών φύτευσης σε σχέση με εκείνη που θα επιλεγόταν βάση της κλίσης ή του προσανατολισμού. Η επίδραση του ανέμου στις καλλιέργειες, ανάλογα με την ένταση του, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ωφέλιμη ή επιβλαβής.

Η επίδραση του ανέμου μπορεί να χαρακτηριστεί ωφέλιμη, όταν είναι μικρής έντασης διότι βοηθάει στην μετακίνηση και στον εμπλουτισμό του ατμοσφαιρικού στρώματος αέρα εντός των καλλιεργειών με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και έτσι αυξάνεται η φωτοσυνθετική

δραστηριότητα των φυτών της καλλιέργειας. Επίσης, ως θετική μπορεί να θεωρηθεί η δράση του ανέμου στην επικονίαση των ανεμόφιλων φυτών και στη μεταφορά του σπόρου σε μεγάλες αποστάσεις.

Αντίθετα η επίδραση του ανέμου μπορεί να χαρακτηριστεί επιβλαβής όταν η ταχύτητα του είναι πολύ μεγάλη, οπότε προκαλούνται ζημιές στις καλλιέργειες. Η μόνιμη επίδραση του ανέμου σε μία καλλιέργεια, έχει ως επακόλουθο την παραμόρφωση τους. Οι επιβλαβείς συνέπειες του ανέμου, στα καρποφόρα δένδρα, αναφέρονται στην πτώση των ανθών ή των καρπών τους και απώλεια μέρους ή του συνόλου της παραγωγής από το σπάσιμο κλαδιών ή το ξερίζωμα των δένδρων.

Συνοπτικά το μέγεθος των ζημιών, που προκαλούν οι ισχυροί πνέοντες άνεμοι στις καλλιέργειες, σχετίζεται με το φυτικό είδος και την ποικιλία τους, την ηλικία τους, την θρεπτική, υδατική και υγιεινή τους κατάσταση, του όγκου της παραγωγής, της πυκνότητας φύτευσης, της θέσης της καλλιέργειας σε σχέση με τους επικρατούντες ισχυρούς ανέμους και την ύπαρξη φυσικών ή τεχνητών ανεμοφρακτών.

(Πηγή: Διεύθυνση Γεωργίας)

4.2.3 Μεθοδολογία

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ανεύρεση των πιθανών περιοχών στην Σάμο για την εγκατάσταση και χωροθέτηση μίας γεωργικής εκμετάλλευσης, με ελεγχόμενο σταθμό ως προς την παραγωγή. Για να μπορέσουμε να εντοπίσουμε αυτές τις περιοχές κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργήσουμε μία εργασία με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ArcGis 10.2.2 της ESRI . Στο μοντέλο εργασίας που θα δημιουργηθεί, για να εισαχθούν διάφορα κριτήρια και να εξεταστούν πιθανές τοποθεσίες, η έρευνα θα στηριχθεί σε περιορισμούς που θέτουν τα κριτήρια από μόνα τους(πχ λατομική ζώνη βάση νομοθεσίας 500 μέτρα απόσταση), και αυτό διότι δεν υπάρχει κάποιος νομοθετικός περιορισμός στην χωροθέτηση μίας καλλιέργειας. Ώς εκ τούτου θα βασιστούμε στους περιορισμούς που θέτουν αυτά τα στοιχεία και επιπλέον στηριζόμενοι στην κοινή λογική, θα καταλήξουμε σε διαφοροποιήσεις. Επίσης τα δεδομένα θα αναλυθούν σε βαθμωτά κριτήρια(λιγότερο σημαντικά , περισσότερο σημαντικά), διότι έτσι είναι πιο αντικειμενική η μελέτη. Έτσι, με αυτό τον τρόπο η διαδικασία για την ανεύρεση των κατάλληλων

περιοχών θα είναι πιο εύκολη και ταυτόχρονα πιο γρήγορη. Για να μπορέσουμε να αποδώσουμε χωρικά τα κριτήρια εισάγουμε σε περιβάλλον GIS μία σειρά από υπόβαθρα:

1. Σύσταση Εδάφους(Γεωλογικός χάρτης)
2. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους(dem)
3. Ακτογραμμή
4. Υδρογραφικά στοιχεία
5. Χώροι Πολιτισμού(Αρχαιολογικοί χώροι, Λατρευτικοί χώροι)
6. Οικισμοί
7. Αεροπορικές και Λιμενικές εγκαταστάσεις
8. Οδικό δίκτυο-Δίκτυο ηλεκτροδότησης-Υβριδικοί σταθμοί, Ανεμογεννήτριες
9. Ζώνες εξόρυξης(λατομεία,ορυχεία)

4.2.4 Προσδιορισμός ζωνών αποκλεισμού και ζωνών καταλληλότητας

Σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία, δεν παρουσιάζεται κάποιος περιορισμός στην χωροθέτηση μίας καλλιέργειας. Ωστόσο θα πρέπει να υπάρξουν περιορισμοί με αφαίρεση των περιοχών χαμηλού ενδιαφέροντος.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

- Λατρευτικοί χώροι(Εκκλησίες, Μοναστήρια): Αποκλεισμός μόνο της περιοχής (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία).
- Χώροι Πολιτισμού: Αποκλεισμός μόνο της περιοχής (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία για καλλιέργειες).
- Υβριδικοί σταθμοί και ανεμογεννήτριες: Αποκλεισμός μόνο της περιοχής (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία για καλλιέργειες).
- Υδρογραφικό δίκτυο(Λίμνες, Ποτάμια,Χείμαροι): Περιορισμός 25 μέτρων απο τα όρια που περιλαμβάνει και τις ίδιες τις περιοχές.
- Ζώνες εξόρυξης(λατομεία, ορυχεία): Περιορισμός σε ζώνη προστασίας 500 μέτρων από τα όρια, που περιλαμβάνει και τις ίδιες τις περιοχές. Η νομοθεσία που ισχύει είναι η εξής:

Των τμημάτων των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά. Η ελάχιστη απόσταση χωροθέτησης από τα όρια της λατομικής περιοχής, όταν πρόκειται για πυλώνες ανεμογεννητριών, ορίζεται στα εκατόν πενήντα

(150) μέτρα. Ομοίως, το όριο των χιλίων μέτρων δεν ισχύει για την ανέγερση κτιρίων που προορίζονται για γεωργοκτηνοτροφικές και υδατοκαλλιεργητικές εγκαταστάσεις, στέγαστρα σφαγής, γεωργικές αποθήκες, δεξαμενές και θερμοκήπια, όπως αυτά περιγράφονται στο άρθρο 163 του Κώδικα Βασικής Πολεοδομικής Νομοθεσίας (π.δ. 14.7.1999, Δ' 580), τα οποία χωροθετούνται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των πεντακοσίων μέτρων από τα όρια της λατομικής περιοχής. Ειδικώς για τις πτηνοτροφικές και κτηνοτροφικές μονάδες απαιτείται προηγούμενη θετική γνώμη της Επιτροπής Ελέγχου Σταυλισμού του άρθρου 4 του ν. 4056/2012 (Α' 52).

- Οικισμοί: Αποκλεισμός μόνο της περιοχής (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία για καλλιέργειες).
- Εγκαταστάσεις αεροπλοΐας: Αποκλεισμός μόνο της περιοχής των εγκαταστάσεων (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία, ωστόσο δίνουμε μια απόσταση ασφαλείας 1000 μέτρα, για την ατμοσφαιρική ρύπανση).
- Λιμενικές εγκαταστάσεις: Αποκλεισμός της περιοχής των εγκαταστάσεων (δεν εντοπίζεται περιορισμός στην νομοθεσία).

ΚΡΙΤΗΡΙΑ

- Βλάστηση (Corine Χρήσεις Γης): κριτήριο βάση τον τύπο της βλάστησης (Δάσος, Καλλιέργεια, Ελαιώνας).
- Υψόμετρο: Ανάλυση σε υψόμετρα. Σύμφωνα με την βασική ποικιλία του νησιού (μοσχάτο), ευδοκιμεί έως το υψόμετρο των 900 μέτρων (παράμετρος).
- Κλίση εδάφους: Επηρεάζει ως κριτήριο σημαντικά, αν και παρατηρείται πως οι περισσότερες καλλιέργειες είναι σε αναβαθμίδες (πεζούλες), ωστόσο μία πεδινή έκταση είναι πιο συμφέρουσα. Σε περιπτώσεις ποσοστού κάτω από 10% η κλίση δεν επηρεάζει. Ενδιάμεσα του 10 με 20% πρέπει να γίνει μελέτη για σύσταση αναβαθμίδων σύμφωνα με το τοπογραφικό σχέδιο. Τέλος σε ποσοστό άνω του 20% είναι απαραίτητη η σύσταση αναβαθμίδων που αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της έκτασης (Μεγαλύτερη κλίση = μικρότερες σειρές).
- Οδικό δίκτυο-Ζώνη Ηλεκτροδότησης: Ζώνη καταλληλότητας από το πλησιέστερο οδικό δίκτυο και την ζώνη ηλεκτροδότησης. Αυτό καθιστάται σημαντικό, διότι η πρόσβαση στον

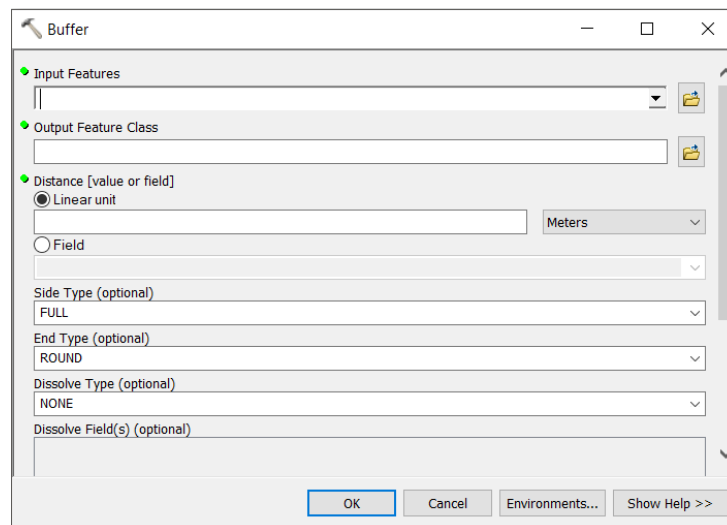
σταθμό παραγωγής, πρέπει να είναι εύκολη, ούτως ώστε να μην δαπανηθούν πολλά χρήματα για την τοποθεσία που θα επιλεγεί.

- Γεωλογία Εδάφους: Σύσταση εδάφους(Ανάλυση στοιχείων στο παράρτημα α')

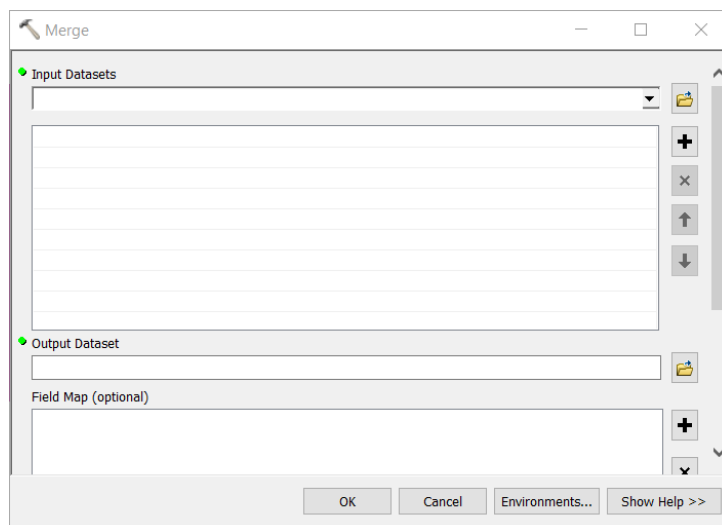
4.2.5 Υλοποίηση Μοντέλου

Για να μπορέσει να γίνει περισσότερο κατανοητή η διαδικασία κάτω από την οποία λειτουργεί το πρόγραμμα εξέτασης κατάλληλων περιοχών εγκατάστασης της καλλιεργήσιμης έκτασης, καθώς και του σταθμού ελέγχου της, κρίθηκε απαραίτητο να αναλυθεί ο τρόπος επεξεργασίας κάθε κριτηρίου από τα παρακάτω ξεχωριστά, σε περιβάλλον ArcGIS(έκδοση 10.2.2), με την μέθοδο της χωρικής ανάλυσης. Παρακάτω γίνεται μία αναφορά στις εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του μοντέλου και συνοπτικά την ακολουθία εντολών που χρησιμοποιήθηκε για να εξαχθεί το αρχικό αποτέλεσμα πριν την εκτέλεση των πράξεων μεταξύ των κριτηρίων.

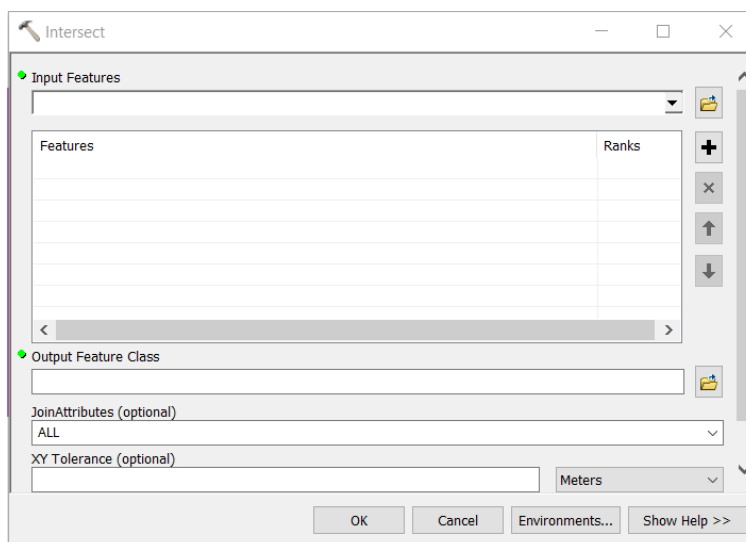
Buffer: Με την εντολή buffer δημιουργούνται οι ζώνες επιρροής γύρω από τα πολυγωνικά, σημειακά και γραμμικά δεδομένα.



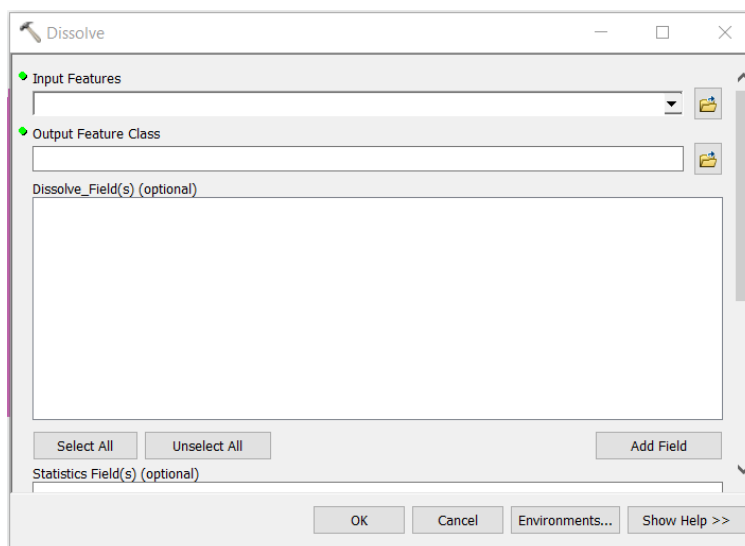
Merge: Με την εντολή merge ενώνονται δύο ή περισσότερα αρχεία σε ένα ενιαίο ώστε να είναι εφικτή η μαζική επεξεργασία τους.



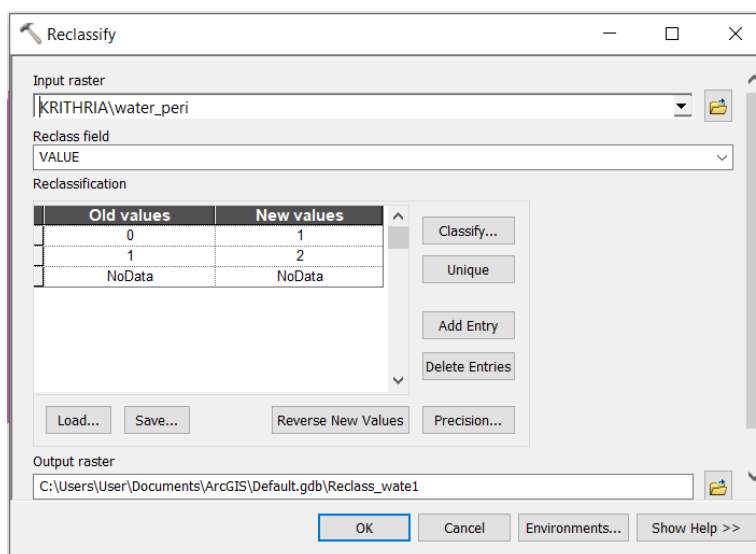
Erase: Με την εντολή erase γίνεται διαγραφή σε μία περιοχή η οποία πρέπει να αφαιρεθεί μέσα από μία άλλη.



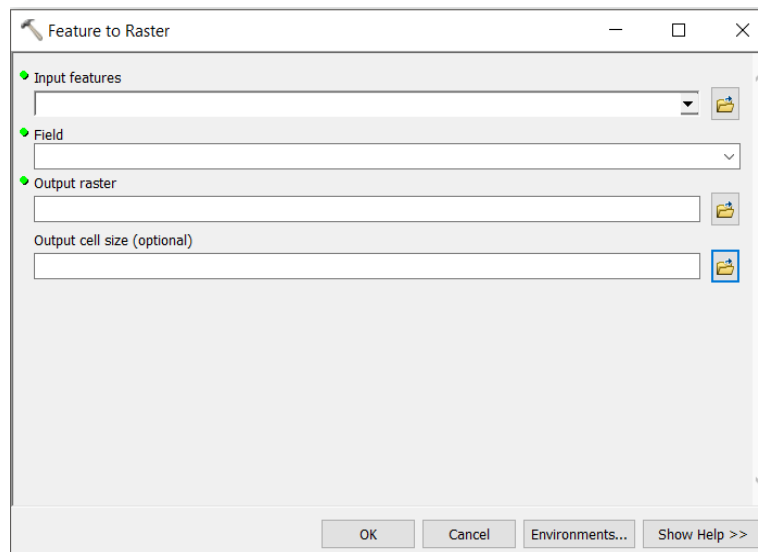
Dissolve: Με την εντολή Dissolve αφαιρούνται οι γραμμές είτε αυτές βρίσκονται εντός ενιαίας περιοχής είτε βρίσκονται μεταξύ γειτονικών περιοχών.



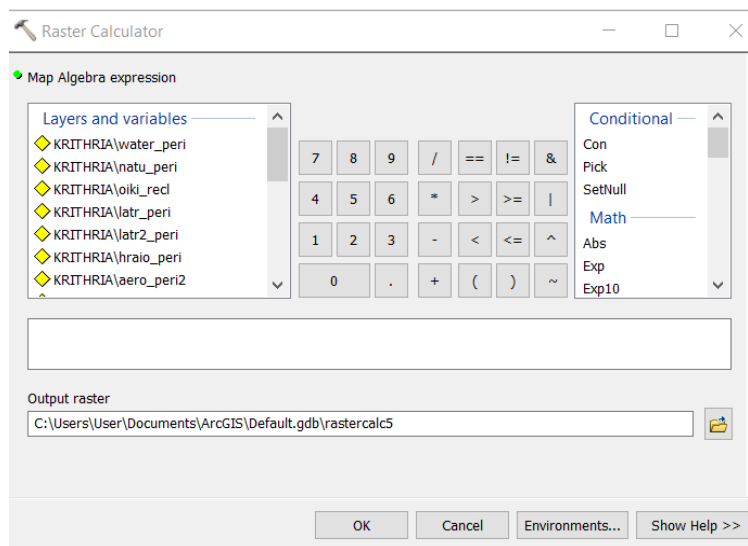
Reclassify: Με την εντολή reclassify επαναξιολογούνται οι κλίμακες μεταξύ της σημαντικότητας στα δεδομένα.



Feature to Raster(Conversion): Με την εντολή feature to raster γίνεται μετατροπή ενός shp αρχείου, σε raster για επεξεργασία.



Raster Calculator: Με την εντολή raster calculator γίνεται οποιαδήποτε πράξη(αριθμητική) μεταξύ των στοιχείων για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.



4.2.6 Στάδιο επεξεργασίας των στοιχείων

Με την δημιουργία του μοντέλου σε περιβάλλον ΓΣΠ απλοποιείται η διαδικασία εύρεσης των κατάλληλων περιοχών εγκατάστασης της καλλιέργειας. Όμως για να γίνει κατανοητή η διαδικασία θα πρέπει να γίνει αναφορά σε όλα τα κριτήρια που εξετάστηκαν καθώς και ο τρόπος επεξεργασίας τους.

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι η εξής:

Αρχικά εισάγουμε στο πρόγραμμα τα δεδομένα που θα χρησιμοποιήσουμε είτε είναι κριτήριο είτε περιορισμός. Οποιοδήποτε δεδομένο είναι σε μορφή shapefile πρέπει να μετατραπεί σε raster δεδομένα. Με την εντολή buffer λοιπόν θα ορίσουμε τις ζώνες επιρροής, γύρω από τα δεδομένα για να μπορέσουμε να τα επεξεργαστούμε.

Με την εντολή Feature to raster θα γίνει μετατροπή των αρχείων σε raster δεδομένα.

Στην συνέχεια με την εντολή reclassify στο κάθε raster αρχείο δημιουργούνται δύο νέες εγγραφές, η μία είναι η Data=1 που κρατάμε ως δεδομένο και η άλλη Data=0 όπου αφαιρούνται οι περιοχές εντός των τιμών.

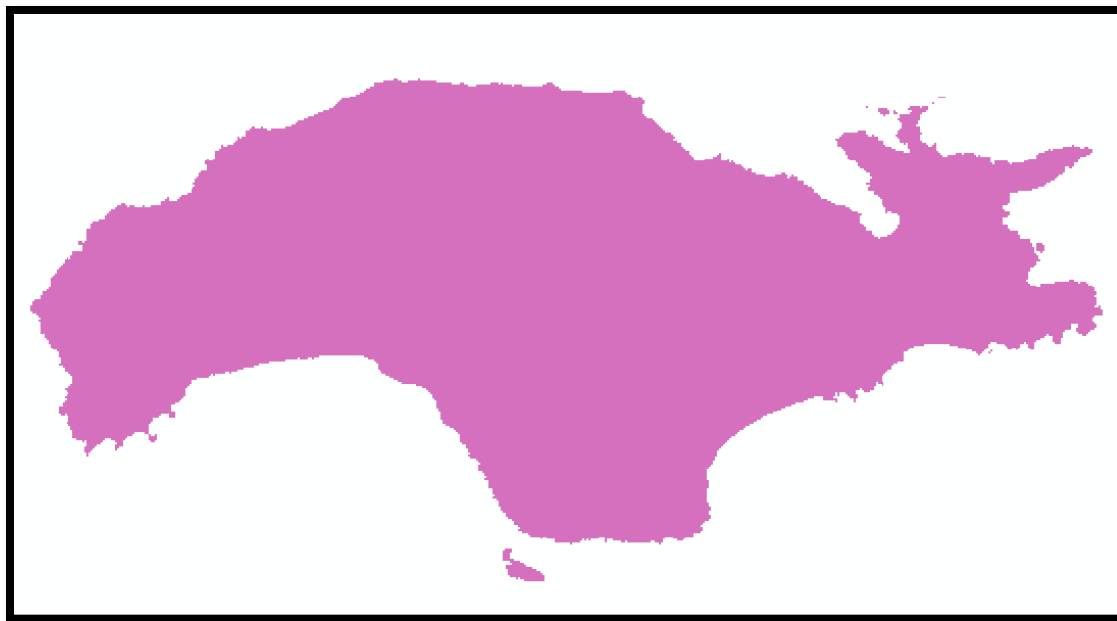
Σε χάρτες με raster δεδομένα (aspect, dem, slope, geology, οδικό δίκτυο, corine) η βαθμολόγηση δεν περιορίζεται σε δύο τιμές καθώς μιλάμε για κριτήρια και όχι περιορισμούς.

Αφού ολοκληρωθεί ο καθορισμός και η επεξεργασία των κριτηρίων, συνέχεια έχει ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας, με την μέθοδο ανταλλαγής βαρών. Έπειτα με την εντολή raster calculator θα προστεθούν όλα τα κριτήρια που ορίστηκαν και στην συνέχεια θα εντοπιστούν, οι πιο κατάλληλες περιοχές προ χωροθέτηση της καλλιέργειας. Αναλυτικά παρουσιάζεται παρακάτω για κάθε κριτήριο και περιορισμό ξεχωριστά.

Ακτογραμμή

Δημιουργήθηκε ένα αρχείο (akto_mask) ορισμού της ακτογραμμής που θα στηριχθούν όλα τα δεδομένα ούτως ώστε να δημιουργηθούν τα τελικά αρχεία των κριτηρίων.

Σκοπός την διευθέτησης των ορίων της ακτογραμμής είναι να μην παρεκκλίνει η έρευνα εκτός των ορίων του νησιού.



Σχήμα 13 : Αρχείο akto_mask

4.2.7 Περιορισμοί

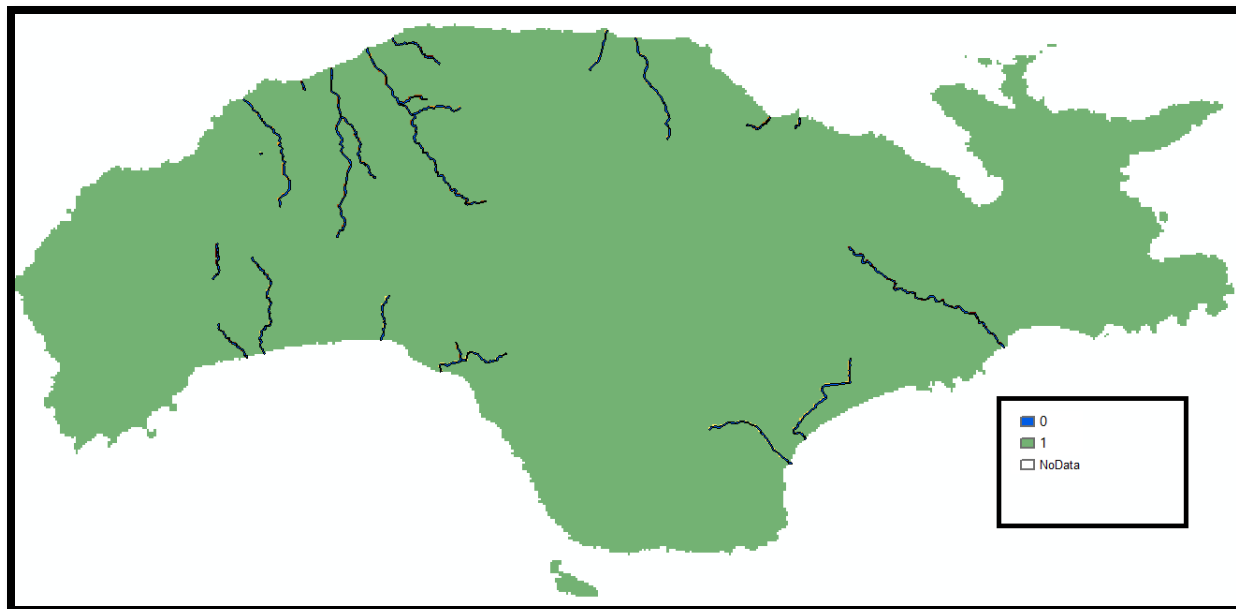
Υδρογραφικό στοιχείο(Λίμνες, Ποτάμια, Χείμαροι)

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 25 μέτρων εκατέρωθεν των περιοχών, με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(water_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανσματικό(water_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(water_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(water_recl) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(water_peri).



Σχήμα 14 : Αρχείο water_peri

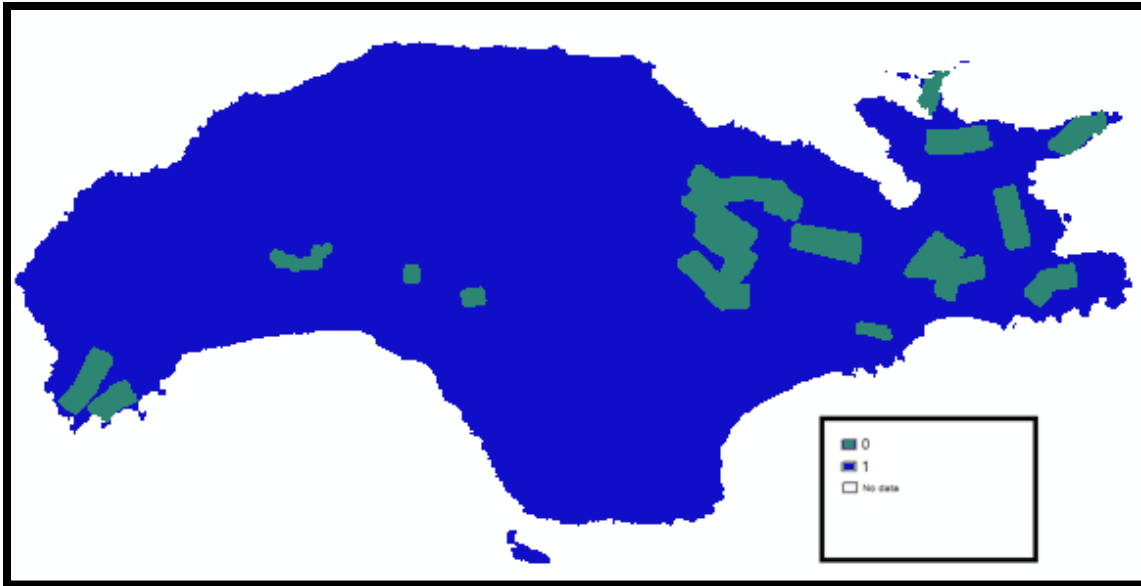
Ανεμογεννήτριες

Δημιουργήθηκε μία ζώνη γύρω από τις περιοχές αιολικών σταθμών, με την βοήθεια της εντολής Buffer.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(aiol_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανσματικό(aiol_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(aiol_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο αρχείο που δημιουργήσαμε(aiol_recl) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(aiol_peri).



Σχήμα 15 : Αρχείο aiol_peri

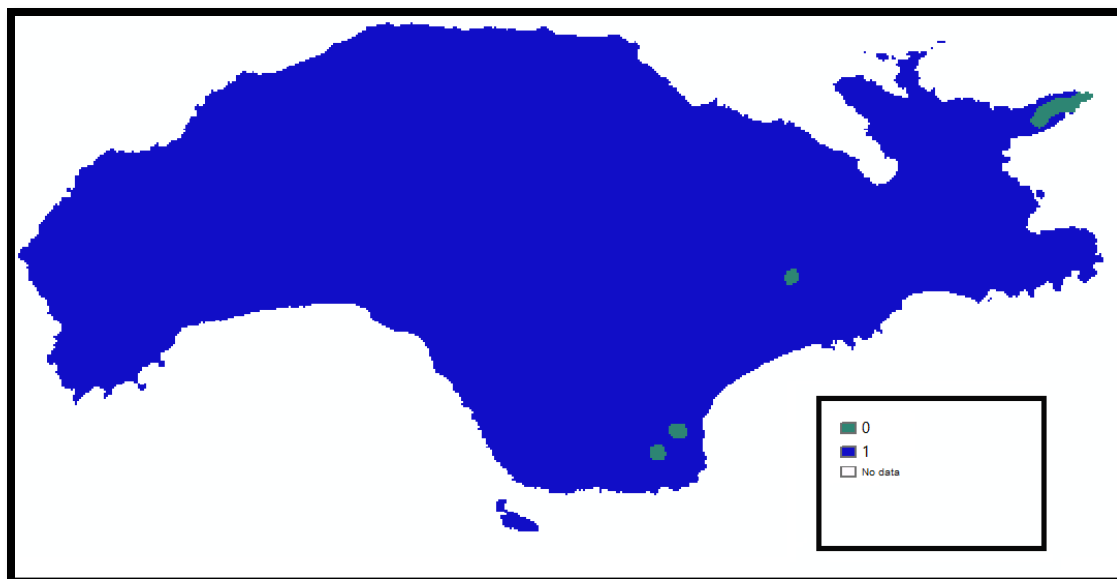
Υβριδικοί Σταθμοί

Δημιουργήθηκε μία ζώνη γύρω από τις περιοχές των υβριδικών σταθμών με την βοήθεια της εντολής Buffer.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(hybrid_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανυσματικό(natur_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(hybrid_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο αρχείο που δημιουργήσαμε(hybrid_recl) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(hybrid_peri).



Σχήμα 16 : Αρχείο hybrid_peri

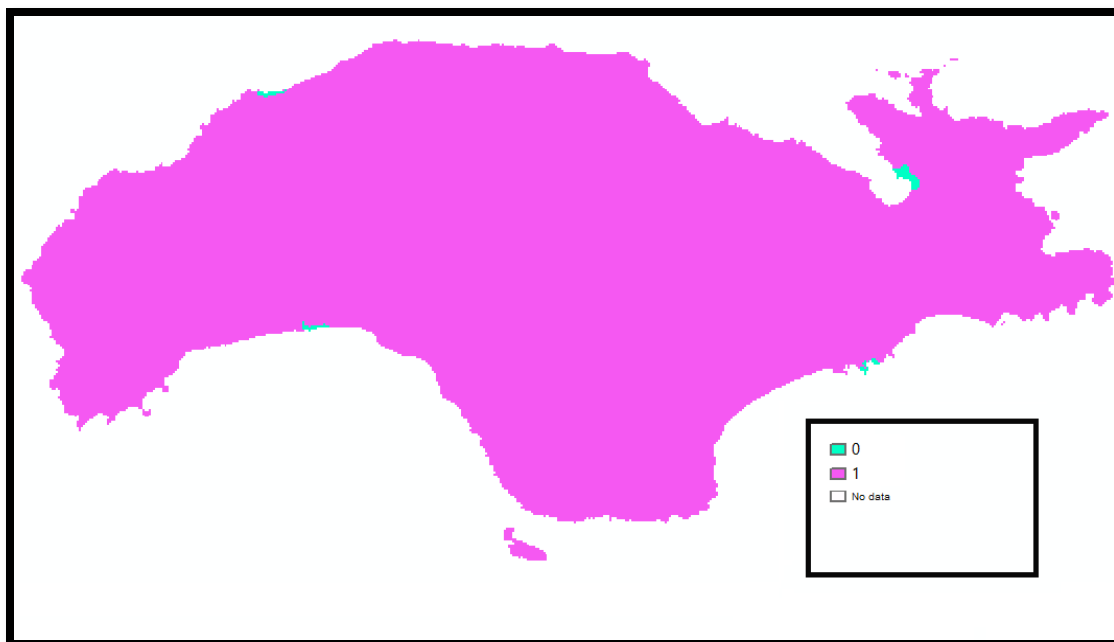
Λιμενικές Ζώνες

Δημιουργήθηκε μία ζώνη αποκλεισμού γύρω από τις περιοχές των λιμένων, με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(lima_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανσματικό(lima_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(lima_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(lima_rast) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής και δημιουργούμε το τελικό αρχείο (lima_peri).



Σχήμα 17 : Αρχείο lima_peri

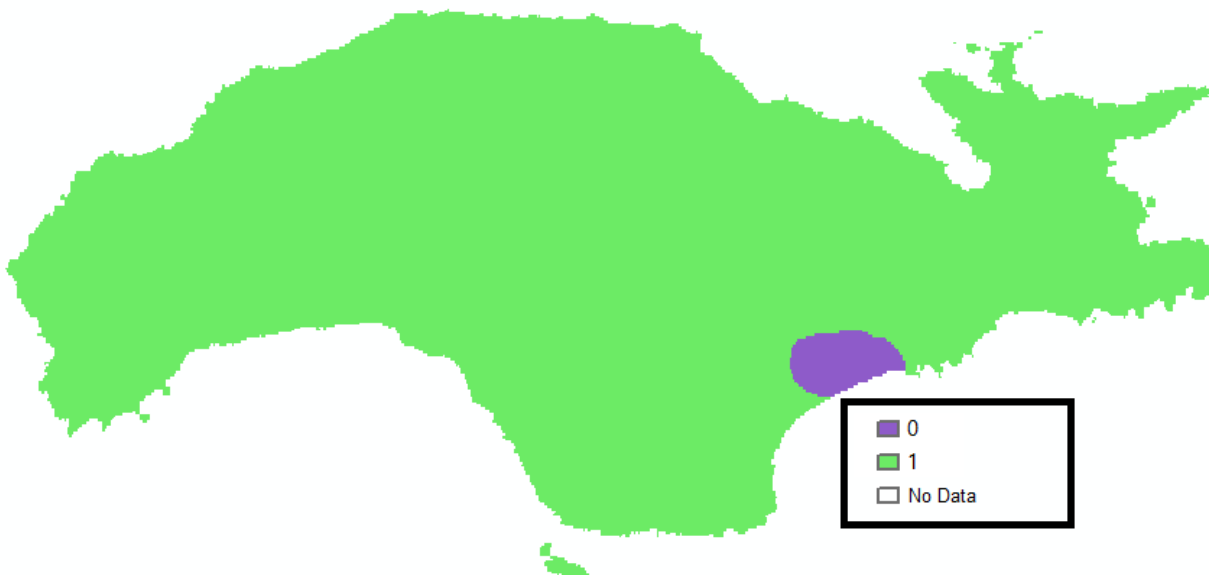
Αεροπορικές Ζώνες

Δημιουργήθηκε μία ζώνη γύρω από τις περιοχές της αεροπορικής εγκατάστασης (1000 μέτρα περιμετρικά για αποφυγή ρύπανσης των καλλιεργειών) με την βοήθεια της εντολής Buffer.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(aero_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανυσματικό(aero _rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(aero _recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(aero _rast) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής και δημιουργούμε το τελικό αρχείο (aero _peri).



Σχήμα 18 : Αρχείο aero_peri

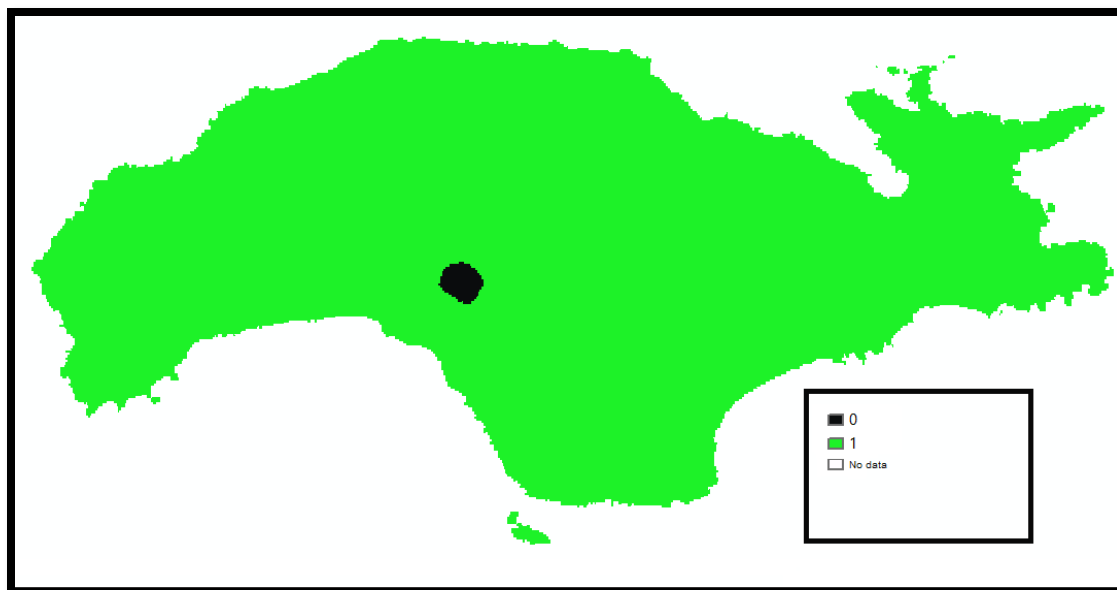
Ζώνες εξορύξεως ορυκτών

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 500 μέτρων γύρω από τις περιοχές(νομοθεσία λατομικών ζωνών), με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(mine_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανυσματικό(mine_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(mine_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(mine_rast) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(mine_peri).



Σχήμα 19 : Αρχείο mine_peri

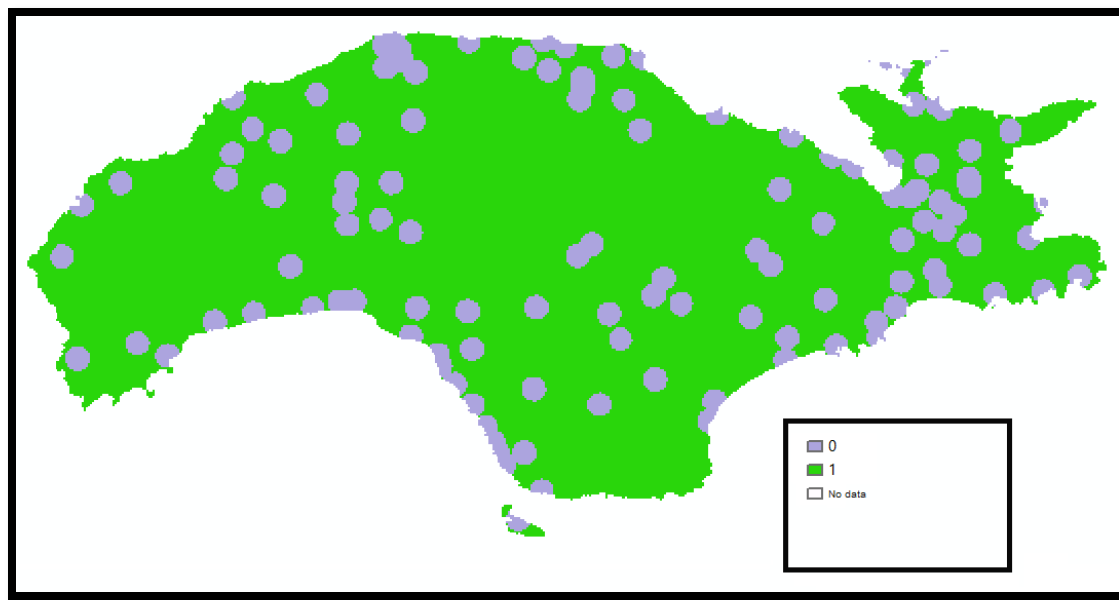
Οικισμοί

Δημιουργήθηκε μία ζώνη γύρω από τις περιοχές, με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(oiki_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανυσματικό(oiki_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε το αρχείο(oiki_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(water_rast) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(oiki_peri).



Σχήμα 20 : Αρχείο oiki_peri

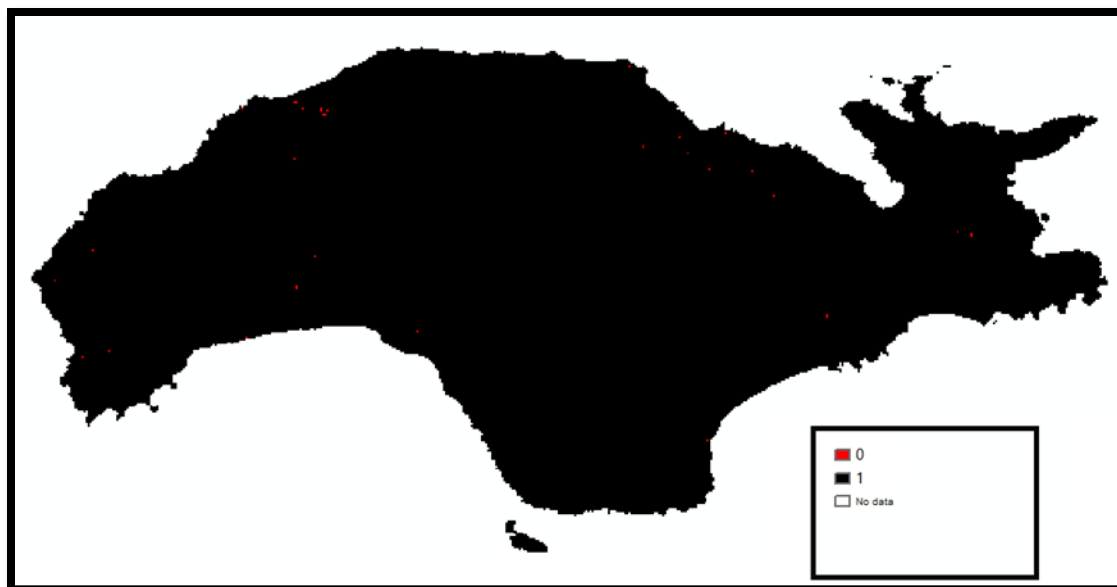
Χώροι Λατρίας

Δημιουργήθηκε μία ζώνη αποκλεισμού των περιοχών (δεν υπάρχει περιορισμός στην νομοθεσία), με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές.

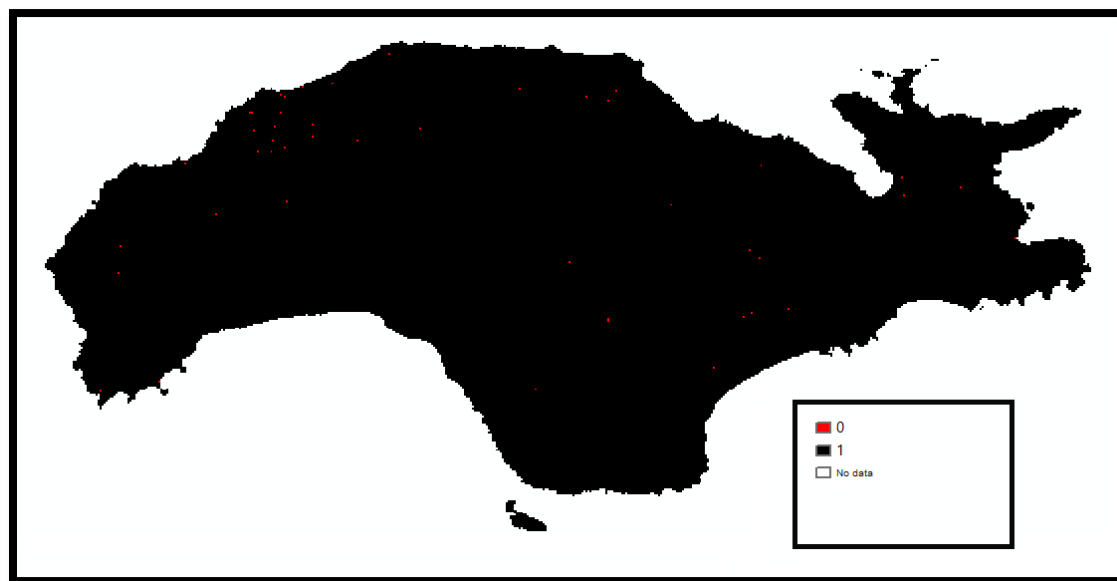
Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(latr_buff και latr2_buff) που δημιουργήθηκε σε δυανυσματικό(latr_rast και latr2_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με βαθμό 0 ορίζουμε την περιοχή που θέλουμε να αποκλείσουμε, ενώ με βαθμό 1 την περιοχή που θέλουμε να παραμείνει και δημιουργούμε τα αρχεία(latr_recl).

Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο δεύτερο αρχείο που δημιουργήσαμε(latr_recl και latr2_recl) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής και δημιουργούμε το τελικό αρχείο(latr_peri και latr2_peri).



Σχήμα 21 : Αρχείο latr_peri



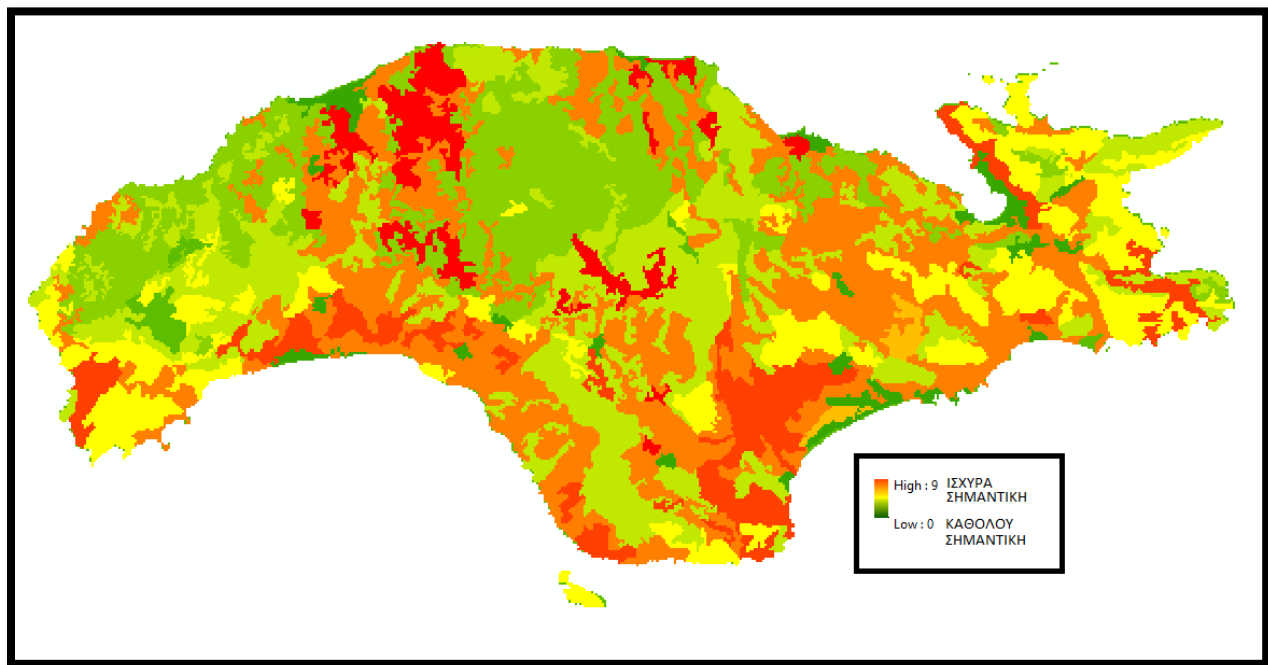
Σχήμα 22 : Αρχείο latr2_peri

4.2.8 Κριτήρια

Corine

Σύμφωνα με τον πίνακα του αρχείου Corine 2012 που θα βαθμολογηθεί παρακάτω αποκλείονται όλες οι περιοχές που δεν είναι κατάλληλες για την χωροθέτηση του έργου, ενώ βαθμολογούνται επίσης και οι περιοχές που είναι καθόλου(0), λίγο(1) μέτρια(2), σημαντικές(3) και ισχυρά σημαντικές(4). Αν και στο corine εντοπίζονται δεδομένα όπως το οδικό δίκτυο, οι λιμενικές και αεροπορικές ζώνες, οι χρήσεις γής το υδρογραφικό στοιχείο κ.α, παρακάτω αναλύονται διεξοδικά ορισμένα απο τα δεδομένα, για να αποφευχθεί οποιοδήποτε λάθος εμφανιστεί.

Με την εντολή feature to raster μετατρέπουμε το αρχείο σε διανυσματικό, ενώ με την εντολή reclassify δημιουργείται ο χάρτης αποτύπωσης με βαθμολογία σημαντικότητας(Σχήμα).



Σχήμα 23 : Αρχείο corine3_cri

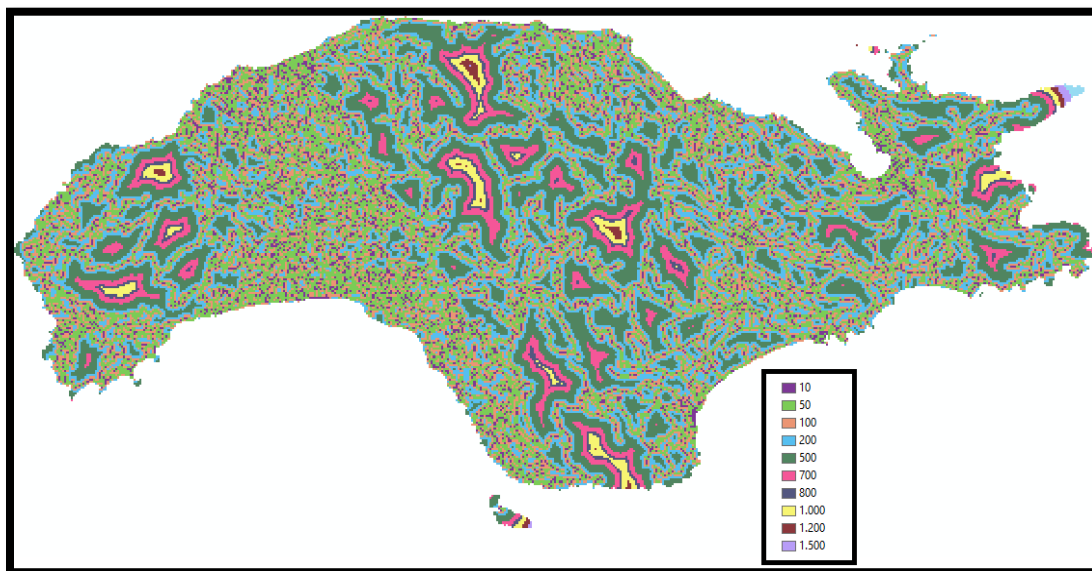
Δίκτυο Τάσης-Οδικό Δίκτυο

Δημιουργήθηκαν ζώνες καταλληλότητας(10 έως 1500 μέτρα), γύρω από τις περιοχές του δικτύου τάσης-οδικού δικτύου, με την βοήθεια της εντολής Multi Ring Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές. Μετά με την εντολή Multipart to Singlepart δημιουργείται μέσα απο το αρχικό αρχείο πολλαπλά τμήματα χωρίζοντας τα σε ομάδες για επεξεργασία. Μετά με την εντολή clip αφαιρούμε τις επικαλυπτόμενες ζώνες στα όρια της ακτογραμμής.

Στην συνέχεια με την εντολή feature to raster μετατρέπεται το buffer shapefile αρχείο(tas_roadm_buff) που δημιουργήθηκε σε δυνανυσματικό(tash_road_rast).

Έπειτα με την εντολή reclassify καθορίζονται οι τιμές στο πολύγωνο που δημιουργήθηκε. Με την υψηλότερη βαθμολογια να ξεκινά απο τα 10 μέτρα (ισχυρά σημαντική/9) και να καταλήγει στα 1500 μέτρα (καθόλου σημαντική/0).Αφού βαθμολογήσουμε τις περιοχές δημιουργούμε το αρχείο(tash_road_recl).

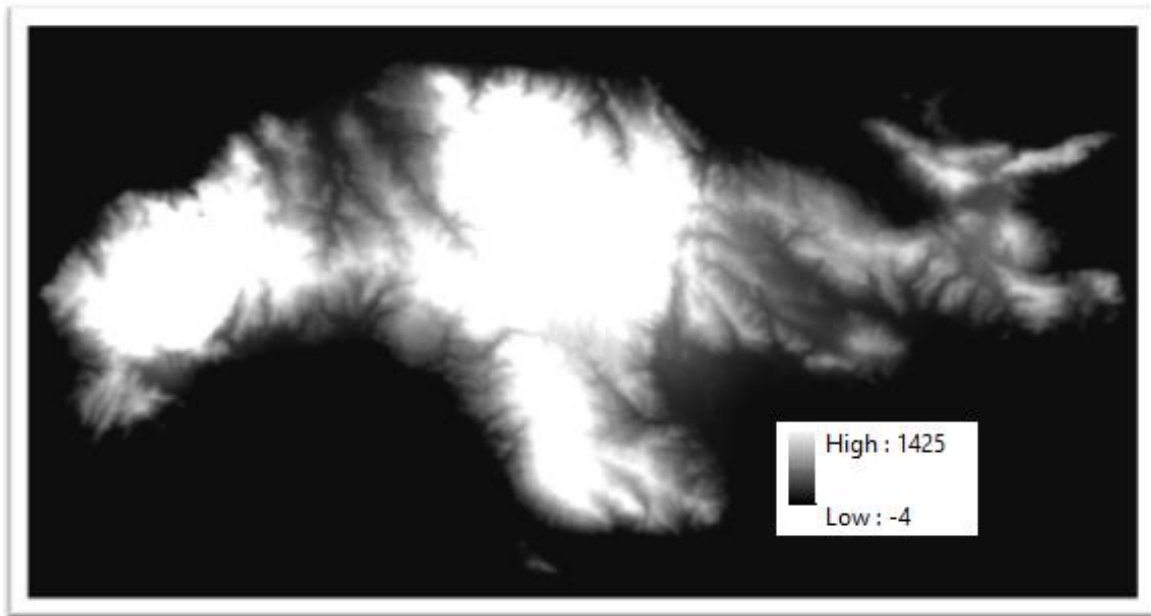
Με την εντολή raster calculator προσθέτουμε στο αρχείο που δημιουργήσαμε(tash_recl) τα όρια που θέλουμε να εξετάσουμε απο το αρχείο της ακτογραμμής(akto_mask) και δημιουργούμε το τελικό αρχείο.



Σχήμα 24 : Αρχείο tash_road_cri

Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

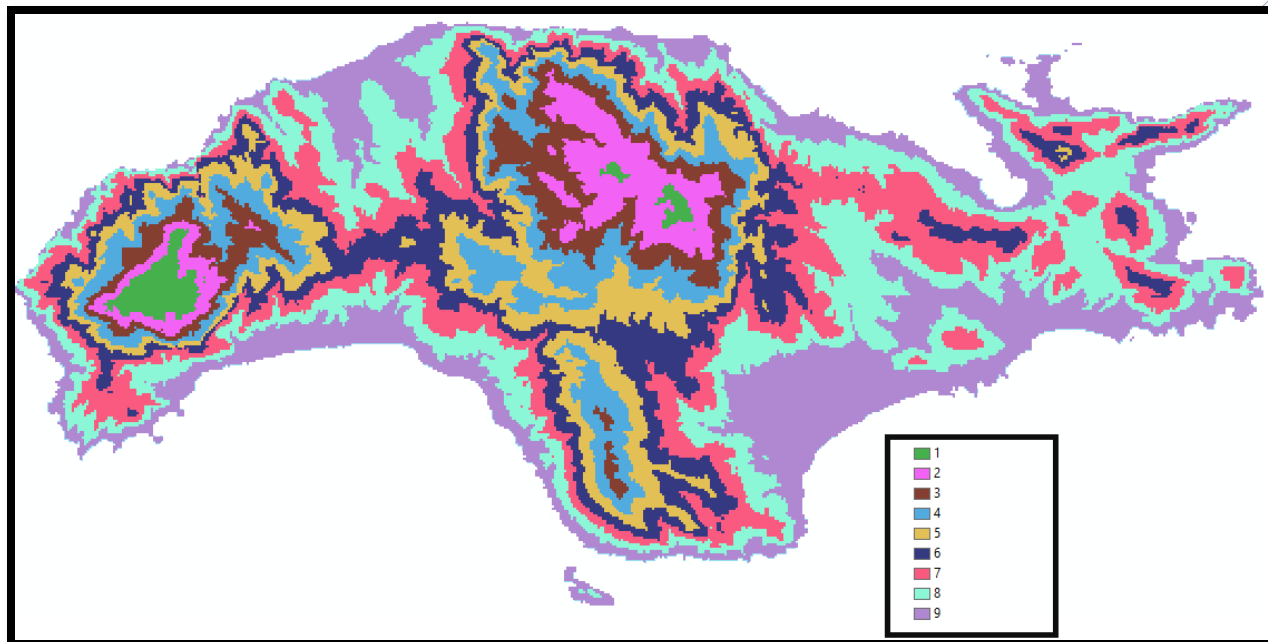
Σύμφωνα με τον πίνακα του αρχείου του υψομέτρου(dem_samos) που δημιουργήθηκε απο την τρισδιάστατη απεικόνιση του αρχείου DEM(digital elevation model) θα βαθμολογηθούν παρακάτω οι περιοχές που είναι κατάλληλες ή όχι για την χωροθέτηση του έργου.



Σχήμα 25 : Αρχείο dem_samos(Αρχικό)

Με την εντολή reclassify δημιουργείται ο χάρτης αποτύπωσης με βαθμολογία σημαντικότητας.

Με βαθμό 1 βαθμολογείται το μεγαλύτερο υψόμετρο (καθόλου σημαντική), ενώ με βαθμό 9 το χαμηλότερο(ισχυρά σημαντική). Το αποτέλεσμα εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα.

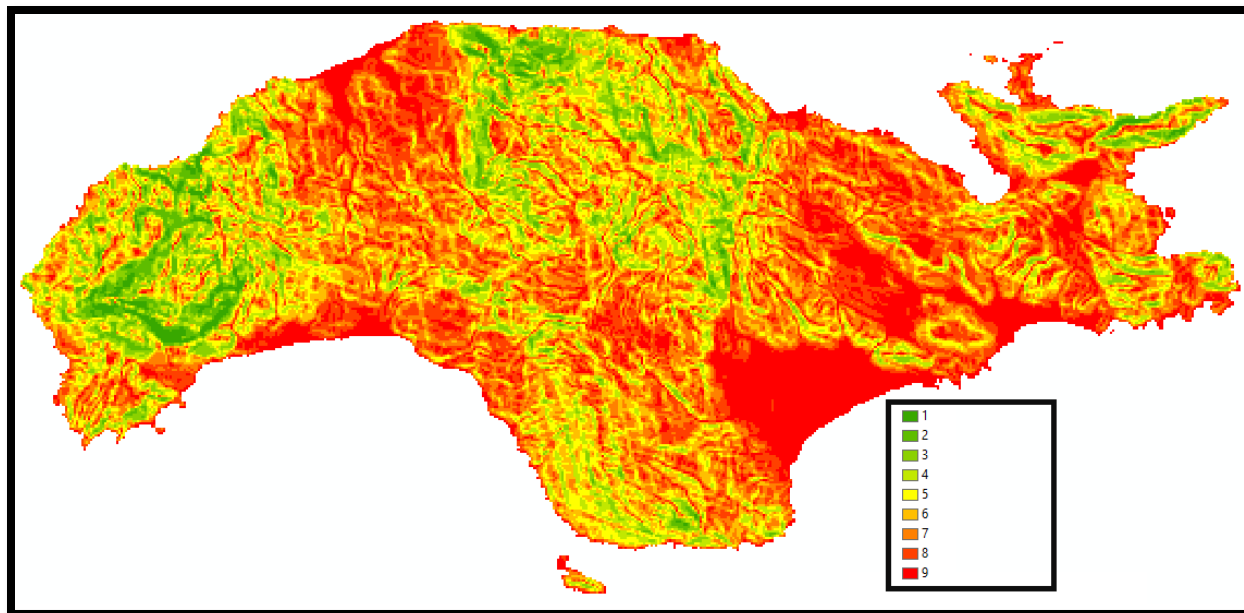


Σχήμα 26 : Αρχείο dem_samos

Κλίση Εδάφους(slope)

Σύμφωνα με τον πίνακα του αρχείου της κλίσης εδάφους(slope_samos) που δημιουργήθηκε από το αρχείο dem_samos μέσω της εντολής slope, θα βαθμολογηθούν παρακάτω οι περιοχές που είναι κατάλληλες ή όχι για την χωροθέτηση του έργου.

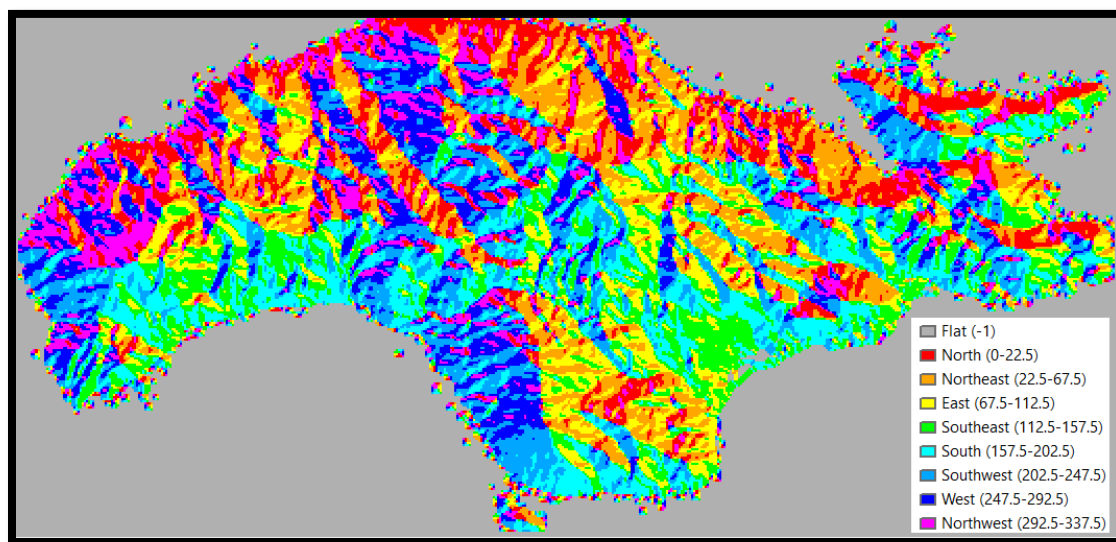
Με την εντολή reclassify δημιουργείται ο χάρτης αποτύπωσης με βαθμολογία σημαντικότητας. Με βαθμό 1 βαθμολογείται το μεγαλύτερο ποσοστό κλίσης (καθόλου σημαντική), ενώ με βαθμό 9 το χαμηλότερο ποσοστό κλίσης (ισχυρά σημαντική). Το αποτέλεσμα εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 27 : Αρχείο slope_samos

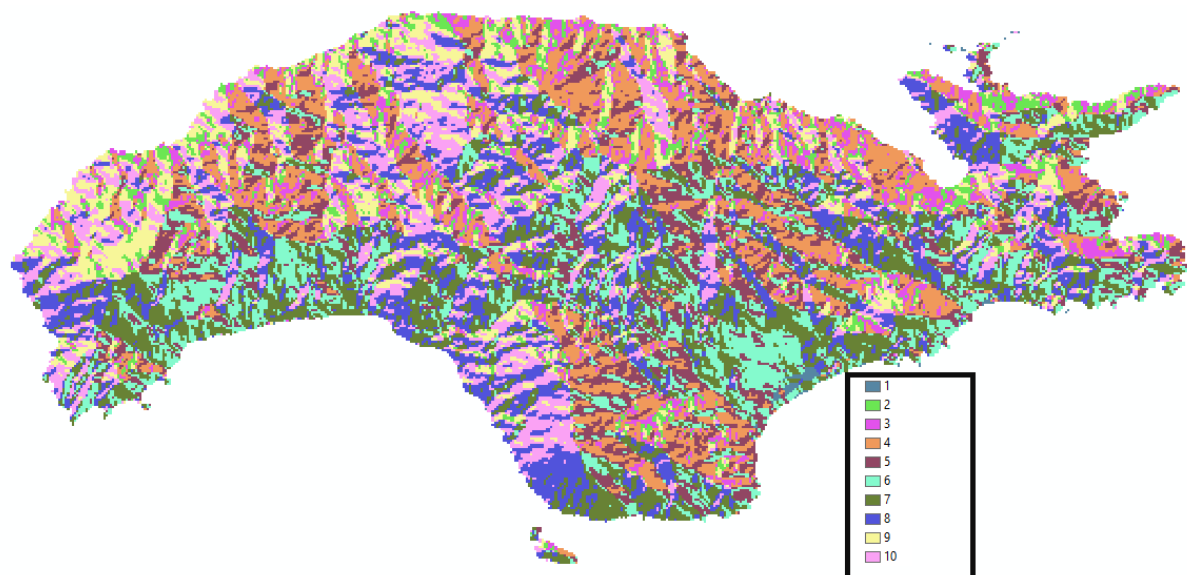
Προσανατολισμοί(aspect)

Σύμφωνα με τον πίνακα του αρχείου προσανατολισμού (aspect_samos) που δημιουργήθηκε από το αρχείο dem_samos μέσω της εντολής aspect, θα βαθμολογηθούν παρακάτω οι περιοχές που είναι κατάλληλες ή όχι για την χωροθέτηση του έργου(Σχήμα).



Σχήμα 28 : Αρχείο aspect_samos

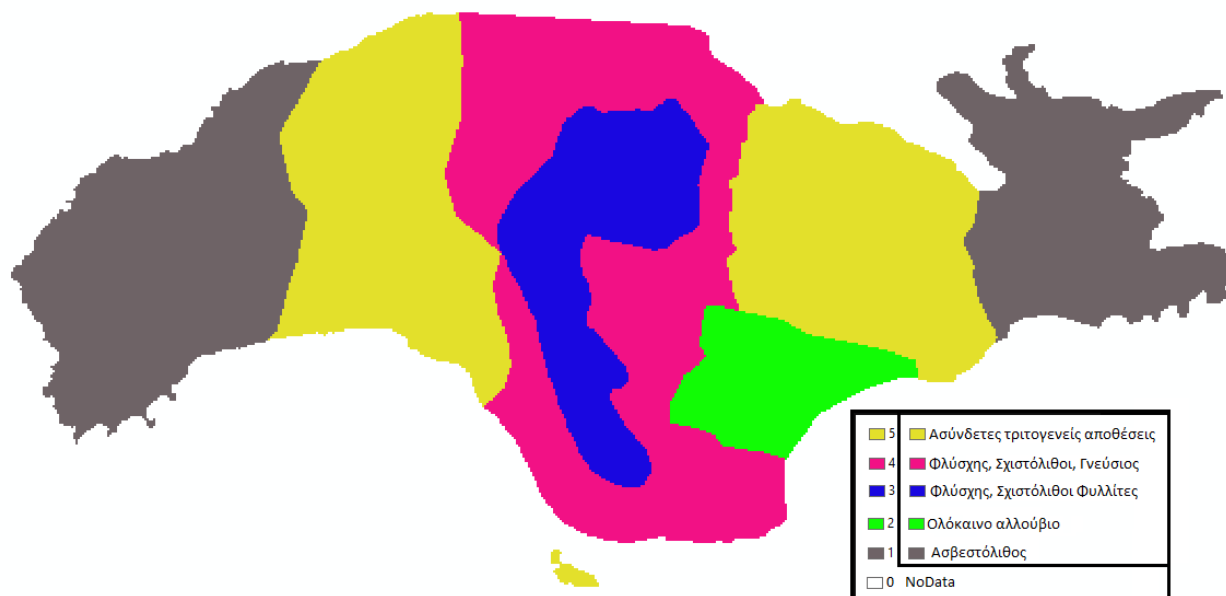
Με την εντολή reclassify δημιουργείται ο χάρτης αποτύπωσης με βαθμολογία ανάλογα τον προσανατολισμό της τοποθεσίας (Σχήμα).



Σχήμα 29 : Αρχείο asp_recl

Γεωλογικά Στοιχεία Εδάφους

Σύμφωνα με τον πίνακα του αρχείου των γεωλογικών στοιχείων του εδάφους(geology2) θα βαθμολογηθούν παρακάτω οι περιοχές που είναι κατάλληλες ή όχι για την χωροθέτηση του έργου.



Σχήμα 30 : Αρχείο geology2

Η επεξήγηση σύμφωνα με τις ζώνες των πετρωμάτων βρίσκεται στο Παράρτημα Α' (Μητρικό Υλικού Εδάφους).

4.2.9 Ανάπτυξη μεθόδων σύνθεσης κριτηρίων- Καθορισμός Συντελεστών Βαρύτητας

Η διαδικασία υλοποιήθηκε με αντικειμενικό δείγμα (αγρότες, αμπελουργοί, δασολόγοι, γεωπόνοι, περιβαλλοντολόγοι και γεωγράφοι). Οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αποδόθηκαν σύμφωνα με την μέθοδο κατάταξης των κριτηρίων (Ranking method).

Κριτήριο	Σχετική Βάρος	Κανονικοποιημένα Βάρος %
Κριτήριο 1 ^ο	100	32
Κριτήριο 2 ^ο	80	26
Κριτήριο 3 ^ο	70	23
Κριτήριο 4 ^ο	40	13
Κριτήριο 5 ^ο	20	6
	<u>310</u>	<u>100</u>

Σχήμα 31 : Πίνακας βαροδότησης κριτηρίων (2 κεφάλαιο-Μέθοδος ανταλλαγής βαρών)

Στο αντικειμενικό δείγμα τα κριτήρια ιεραρχούνται ως εξής:

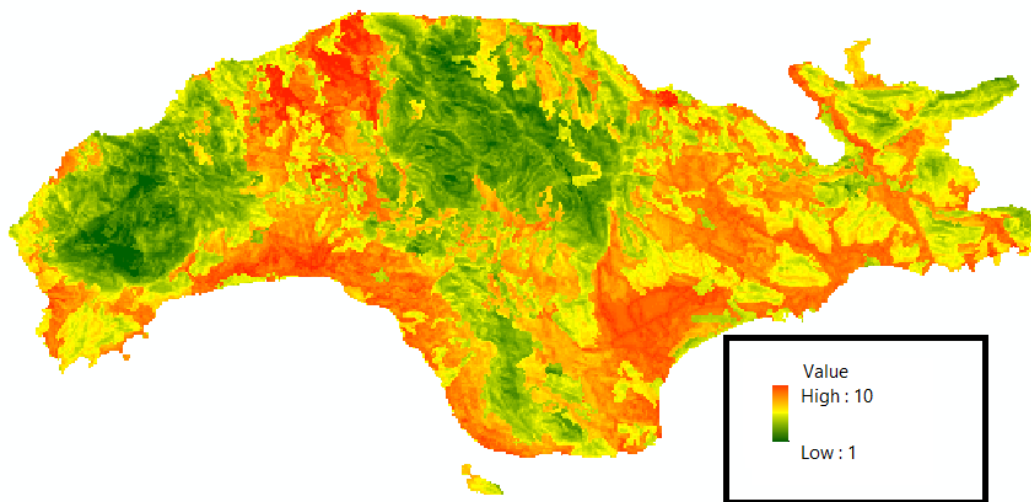
1. Χρήσεις γης (corine 2012): 33%
2. Υψόμετρο: 24%
3. Προσανατολισμός: 17%
4. Κλίση εδάφους: 14%
5. Οδικό δίκτυο- Δίκτυο ηλεκτρισμού 7%
6. Γεωλογικά στοιχεία εδάφους (σχιστόλιθος, ασβεστόλιθος, αποθέσεις): 5%

Με την εντολή raster calculator, θα αναλυθούν τα κριτήρια και θα αντιστοιχηθούν οι συντελεστές βαρύτητας τους ώστε να εντοπιστούν οι κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση.

Η συνάρτηση ορίζεται ως εξής:

$(\text{κριτήριο1} * \text{συν.βαρύτητας1}) + (\text{κριτήριο2} * \text{συν.βαρύτητας2}) + (\text{κριτήριο3} * \text{συν.βαρύτητας3}) + (\text{κριτήριο4} * \text{συν.βαρύτητας4}) + (\text{κριτήριο5} * \text{συν.βαρύτητας5}) + (\text{κριτήριο6} * \text{συν.βαρύτητας6})$

Το αποτέλεσμα σε πρώτο στάδιο αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη(Σχήμα).

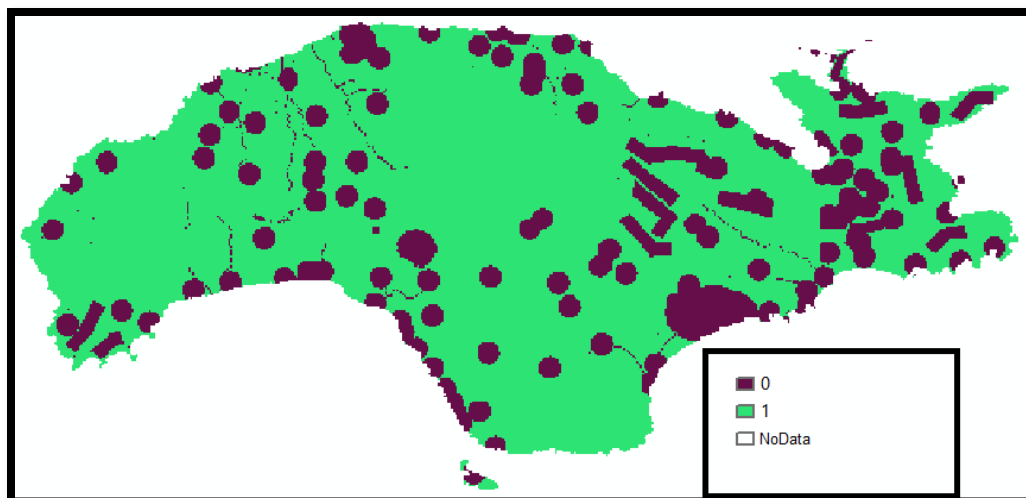


Σχήμα 32 : Αρχείο κριτηρίων

Στην συνέχεια δημιουργείται ένας νέος χάρτης σε raster με την εντολή raster calculator, με όλα τα δεδομένα περιορισμών. Συγκεκριμένα με την πράξη του πολλαπλασιασμού όλων των δεδομένων περιορισμών με τα στοιχεία 0 (αποκλεισμένες περιοχές) και 1(περιοχές καταλληλότητας) δημιουργείται ο παρακάτω χάρτης(Σχήμα).

Η συνάρτηση των περιορισμών ορίζεται ως εξής:

$(\text{periorismo1}) * (\text{periorismo2}) * \dots * \text{periorismoN}$



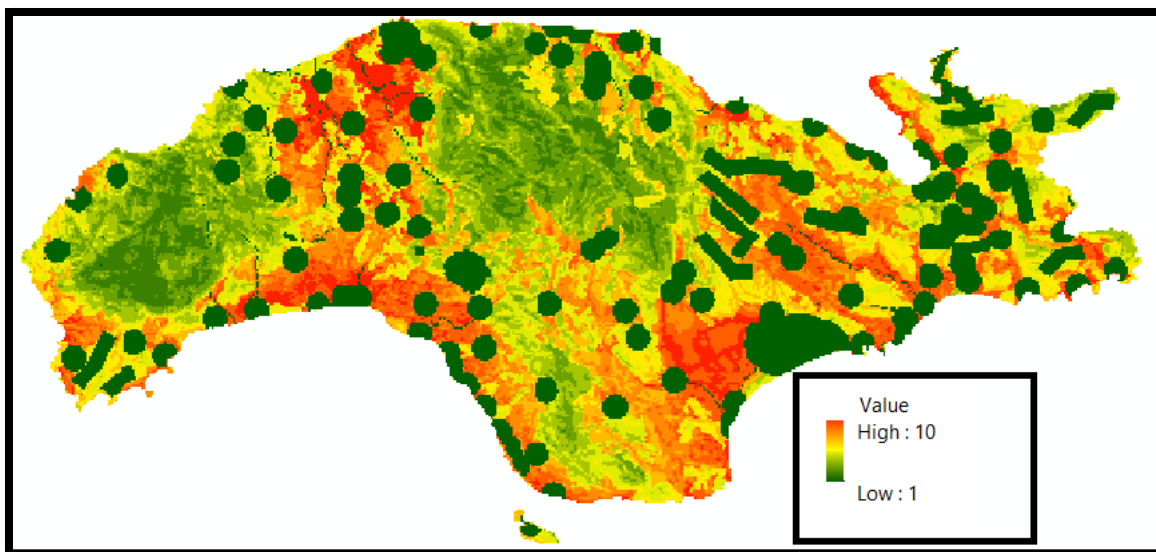
Σχήμα 32 : Αρχείο περιορισμών

Τέλος ολοκληρώνεται η διαδικασία με την δημιουργία του τελευταίου χάρτη. Με την εντολή raster calculator γίνεται πολλαπλασιασμός των δύο raster αυτό του συντελεστή βαρύτητας των κριτηρίων και αυτό των περιορισμών.

Συγκεκριμένα πολλαπλασιάζονται σε δύο φάσεις το raster κριτηρίων(weight_ypo) με το raster περιορισμών(peri_tel2) με το αποτέλεσμα να εμφανίζεται στον παρακάτω χάρτη(Σχήμα).

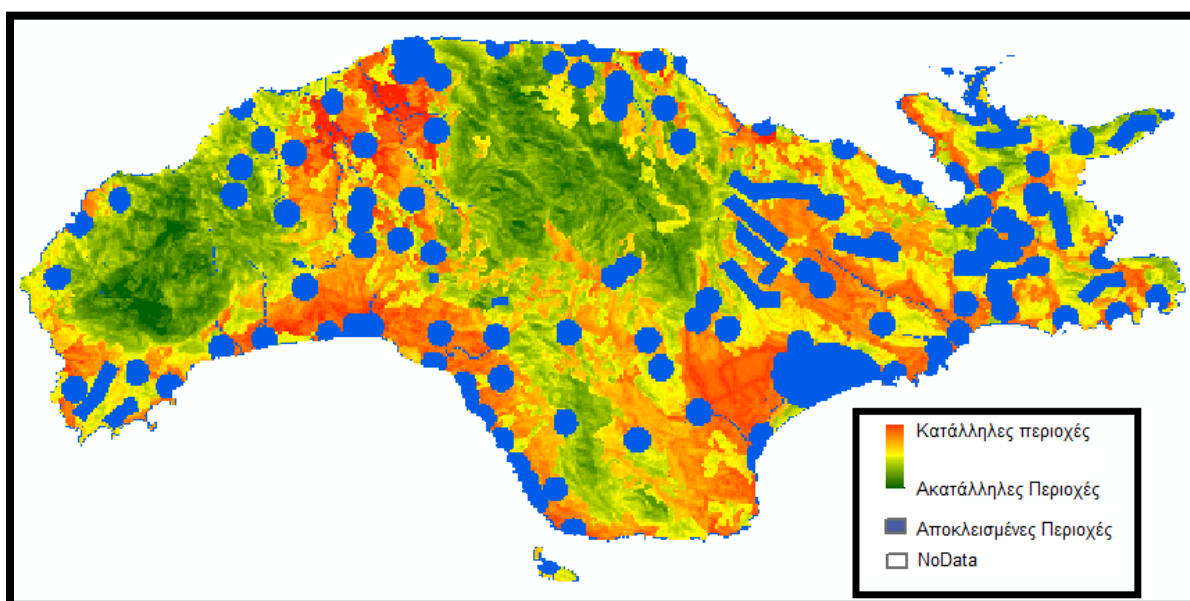
$$(\text{Raster κριτηρίων}) * (\text{Raster περιορισμών})$$

Οι τιμές που θεωρούνται σωστές είναι εντός των ορίων της βαθμολόγησης των κριτηρίων.



Σχήμα 33 : Αρχείο antik2

Από τους παραπάνω τελικούς χάρτες παρατηρείται πώς η περιοχή με υψηλή καταλληλότητα είναι εκείνη με το έντοπο κόκκινο χρώμα, επομένως είναι και οι πιο κατάλληλη προς χωροθέτηση, ενώ με το έντονο πράσινο είναι οι περιοχές που αποκλείονται λόγω ότι δεν πληρούν όλα τα κριτήρια και τέλος με έντονο μπλέ είναι οι περιοχές που απορρίπτονται λόγω των περιορισμών που θέτουμε. Τα αποτελέσματα είναι λογικά διότι οι περιοχές που είναι πιο κατάλληλες από τις υπόλοιπες είναι εκείνες που βρίσκονται κοντά στα δεδομένα που ζητούνται.

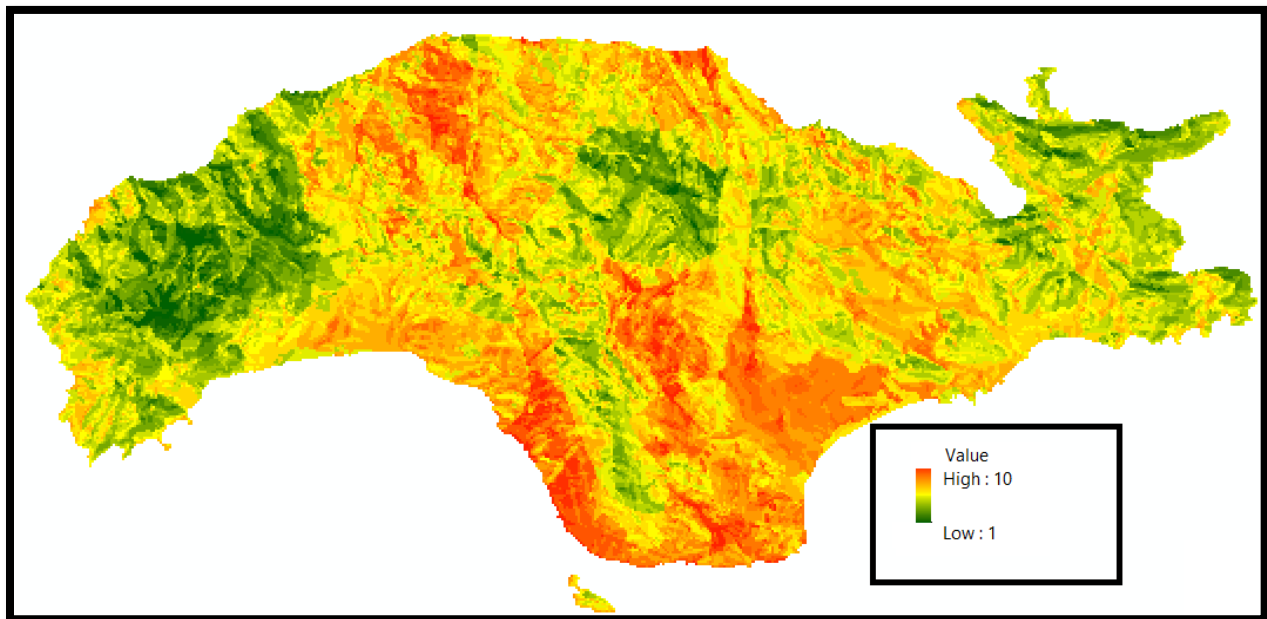


Σχήμα 34 : Αρχείο antik2

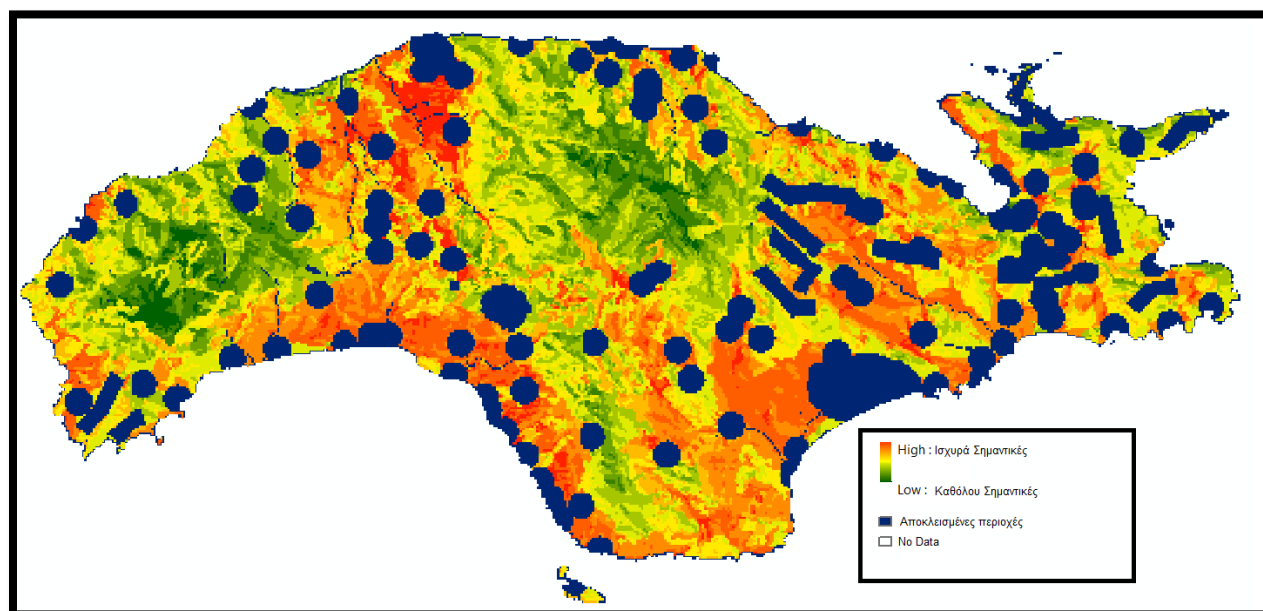
4.2.10 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για να ολοκληρωθεί η πολυκριτηριακή ανάλυση, διενεργείται και το τελευταίο στάδιο, αυτό της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο σκοπός είναι να γίνει εναλλαγή των τιμών των συντελεστών βαρύτητας, με σκοπό να εντοπιστούν τυχόν αλλαγές στα δεδομένα που έχουμε έως τώρα. Επανεξετάζουμε λοιπόν τα κριτήρια με διαφορετική αυτή την φορά βαθμολογία και παρατηρούμε τις διαφορές που εμφανίζονται.

1. Χρήσεις γης (corine 2012): 32%
2. Υψόμετρο: 25%
3. Προσανατολισμός: 16%
4. Κλίση εδάφους: 14%
5. Οδικό δίκτυο- Δίκτυο ηλεκτρισμού 7%
6. Γεωλογικά στοιχεία εδάφους (σχιστόλιθος, ασβεστόλιθος, αποθέσεις): 6%



Σχήμα 35 : Αρχείο χάρτη με τους νέους συντελεστές βαρύτητας



Σχήμα 36 : Αρχείο χάρτη με τους νέους συντελεστές βαρύτητας και τους περιορισμούς

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η συγκεκριμένη διπλωματική αποτελεί έναν οδηγό της ευρύτερης χωρικής ανάλυσης μίας τοποθεσίας γεωργικής εκμετάλευσης, ούτως ώστε να δημιουργούνται εγκαταστάσεις τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά βιώσιμες. Οπότε με ανάλυση όλων των παραμέτρων καταλήξαμε σε κάποιες τοποθεσίες που πληρούν όλα τα κριτήρια καταλληλότητας καθώς και συμμορφώνονται με τους περιορισμούς που θέσαμε. Συνεπώς, επιχειρήθηκε η ανάδειξη εκείνων των περιοχών που θα ήταν κατάλληλες για χωροθέτηση καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην ευρύτερη περιοχή της Σάμου.

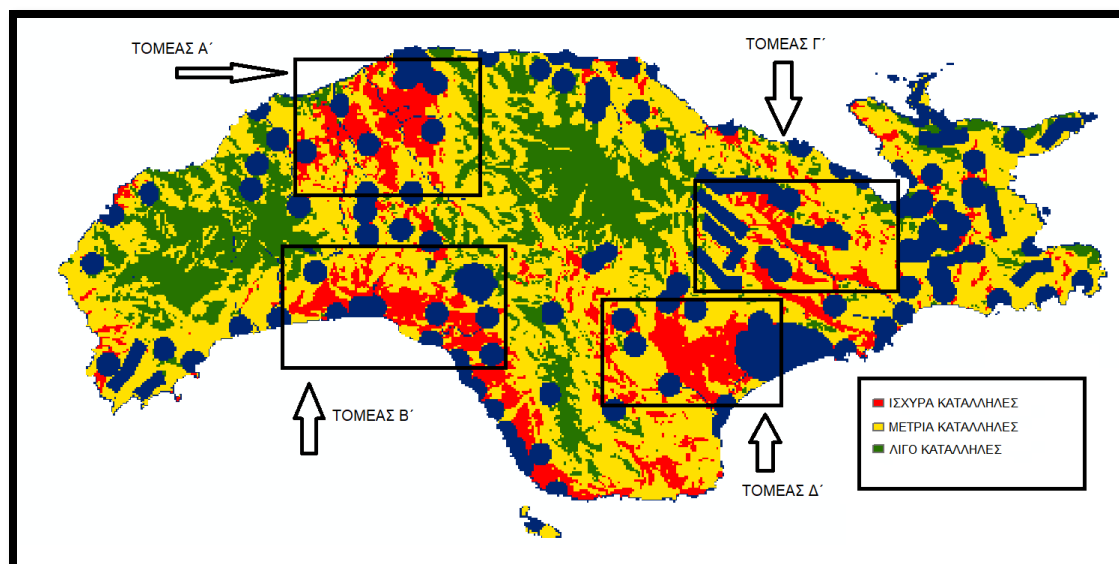
Η όλη αυτή προσπάθεια έγινε με την βοήθεια της πολυκριτηριακής-χωρικής ανάλυσης (Spatial Analysis) μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(GIS). Στην προσπάθεια για την ανάδειξη των κατάλληλων περιοχών παρουσιάστηκαν κάποιες δυσκολίες ως προς την συλλογή, απόδοση και στον έλεγχο εγκυρότητας των δεδομένων. Τα ελεύθερα γεωχωρικά δεδομένα στην Ελλάδα δεν είναι διαθέσιμα σε μεγάλο ποσοστό, ενώ ορισμένα τίθενται κατά προσέγγιση με μία απόκλιση απο την πραγματικότητα. Επίσης κάποια κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν δημιουργήθηκαν απο την αρχή καθώς ο φορέας που τα παρείχε είτε δεν τα διέθετε ελεύθερα(επι πληρωμή), είτε αν ήταν δεν ήταν πρόθυμος να μας παρέχει τα στοιχεία. Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να εντοπιστούν εκείνες οι περιοχές που ήταν κατάλληλες ή ακατάλληλες για την χωροθέτηση με γνώμονα τα κριτήρια. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους(Digital Elevation Model) όπου μέσα απο αυτό εξήχθησαν η υψομετρική ανάλυση, η κλίση και ο προσανατολισμός. Τα στοιχεία αυτά ήταν σημαντικά γιατί, χώριζαν τις περιοχές ανάλογα με τα δεδομένα τους (π.χ υψόμετρο τετρακόσια(400) μέτρα, κλίση σαρανταπέντε(45) μοίρες, νοτιοδυτικός προσανατολισμός). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια όπως το δίκτυο τάσης-οδικό δίκτυο, το οποίο χωρίστηκε σε κατηγορίες ανάλογα την απόσταση της τοποθεσίας απο τον δρόμο-δίκτυο ηλεκτρικής τάσης (δέκα, πενήντα, εκατό μέτρα κ.λ.π). Το δίκτυο ηλεκτρισμού της σάμου δημιουργήθηκε κατα προσέγγιση επάνω στα δεδομένα του οδικού δικτύου γιαυτό και αναλύεται μαζί. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα απο το αρχείο corine 2012(χρήσεις γής), οπου αναλύει στον χάρτη καθε στοιχείο με την ιδιότητα του (π.χ κωδικός 112 ασυνεχής αστικός ιστός). Η ανάλυση του χάρτη corine βρίσκεται στο παράρτημα Α'.

Τέλος δημιουργήθηκε ο χάρτης(αδυναμία εύρεσης στοιχείων) με την σύσταση εδάφους του νησιού(γεωλογικός χάρτης) που θεωρείται ένα σημαντικό κριτήριο για την χωρική ανάλυση. Ο χάρτης αποτυπώθηκε κατά προσέγγιση του χάρτη εδαφικών ενώσεων της Ελλάδας(Παράρτημα Α').

Οι περιορισμοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν με σκοπό να αφαιρεθούν οι περιοχές που θα αλλοίωναν τα στοιχεία ως προς την εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας. Οι περιοχές οικισμών, οι ζώνες λιμένων και αεροδρομίων, οι χώροι λατρείας, οι αιολικοί και υβριδικοί σταθμοί, οι λατομικές ζώνες, καθώς και το υδρογραφικό στοιχείο είναι όλα τα στοιχεία που τέθηκαν ως περιορισμοί. Ο μόνος περιορισμός που στηρίχθηκε στην νομοθεσία ήταν αυτός των λατομικών ζωνών. Οι υπόλοιποι περιορισμοί εισήχθησαν για να αφαιρέσουν περιοχές που δεν μπορεί να είναι κατάλληλες. Οι περιορισμοί δημιουργήθηκαν με γνώμονα την βιβλιογραφία και πληροφορίες που δόθηκαν για αυτό τον σκοπό.

Η χρησιμοποίηση των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων, αποδεικνύεται χρήσιμο ως εργαλείο της χωρικής ανάλυσης. Μέσα από μία πληθώρα εντολών καταλήξαμε σε ένα αποτέλεσμα που ανταποκρίνεται σε αυτό που ζητάμε. Συνεπώς εντοπίστηκαν σημεία πάνω στον χάρτη που θα μπορούσαν να είναι κατάλληλα ή ακατάλληλα για την εγκατάσταση του έργου μας. Στην ανάλυση ευαισθησίας, προσπαθήσαμε αλλάζοντας τους συντελεστές βαρύτητας να διαπιστώσουμε τυχόν αλλαγές στις περιοχές καταλληλότητας. Αυτό που παρατηρήθηκε είναι πως αλλάζοντας τους συντελεστές των κριτηρίων δεν αλλάζουμε τις τοποθεσίες, αλλά τον βαθμό καταλληλότητας. Οι τοποθεσίες επηρεάζονται από τα κριτήρια που δώσαμε άλλα και από τους περιορισμούς.

Ορισμένες περιοχές που εντοπίζονται στην ζώνη καταλληλότητας(υψηλότερος βαθμός) αποτυπώνονται στον παρακάτω χάρτη(Σχήμα).



Σχήμα 37 : Χάρτης τομέων κατάλληλων τοποθεσιών για χωροθέτηση

Πρέπει να επισημανθεί πως οι περιοχές που καταδεικνύουμε για χωροθέτηση είναι οι πλέον κατάλληλες σύμφωνα με τα κριτήρια που θέσαμε. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει πως πέραν των τομέων που ορίσαμε στον χάρτη δεν υπάρχουν, άλλες τοποθεσίες για χωροθέτηση. Απλά οι τομείς που ορίσαμε κρίνονται ισχυρά κατάλληλοι, με το λιγότερο δυνατό κόστος που θεωρείται το βασικό κορμό της απόφασης. Δηλαδή μία περιοχή που είναι σε λίγο κατάλληλη περιοχή θεωρείται πως χρειάζεται υψηλότερο κόστος για να την καλλιεργήσουμε (σύσταση αναβαθμίδων, δημιουργία δρόμου). Κάθε τοποθεσία(ισχυρά κατάλληλη) εντός των τομέων πληρεί κριτήρια όπως, χαμηλό υψόμετρο και κλίση(δεν χρειάζεται σύσταση αναβαθμίδων), τον δυτικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό (μεγαλύτερη διάρκεια ωρίμανσης της καλλιέργειας), βρίσκεται κοντά σε οδικό δίκτυο(ευκολότερη προσέγγιση) και σε κατάλληλα εδάφη για καλλιέργεια.

Ο απώτερος σκοπός και μελλοντική πρόταση είναι η παρούσα διπλωματική εργασία να αποτελεί τη βάση για ένα επόμενο στάδιο ανάλυσης και δημιουργίας γεωχωρικών δεδομένων με μικρότερο βαθμό απόκλισης από την πραγματικότητα, ώστε να αποτελέσει κίνητρο για την βελτίωση και σωστή χωροθέτηση καλλιεργειών σύμφωνα με τις προδιαγραφές που χρειάζονται. Αυτό θα έχει ως σκοπό μια βιώσιμη οικονομικά λύση που θα βοηθήσει περαιτέρω στην βελτίωση της παραγωγής του νησιού στο έπακρο.

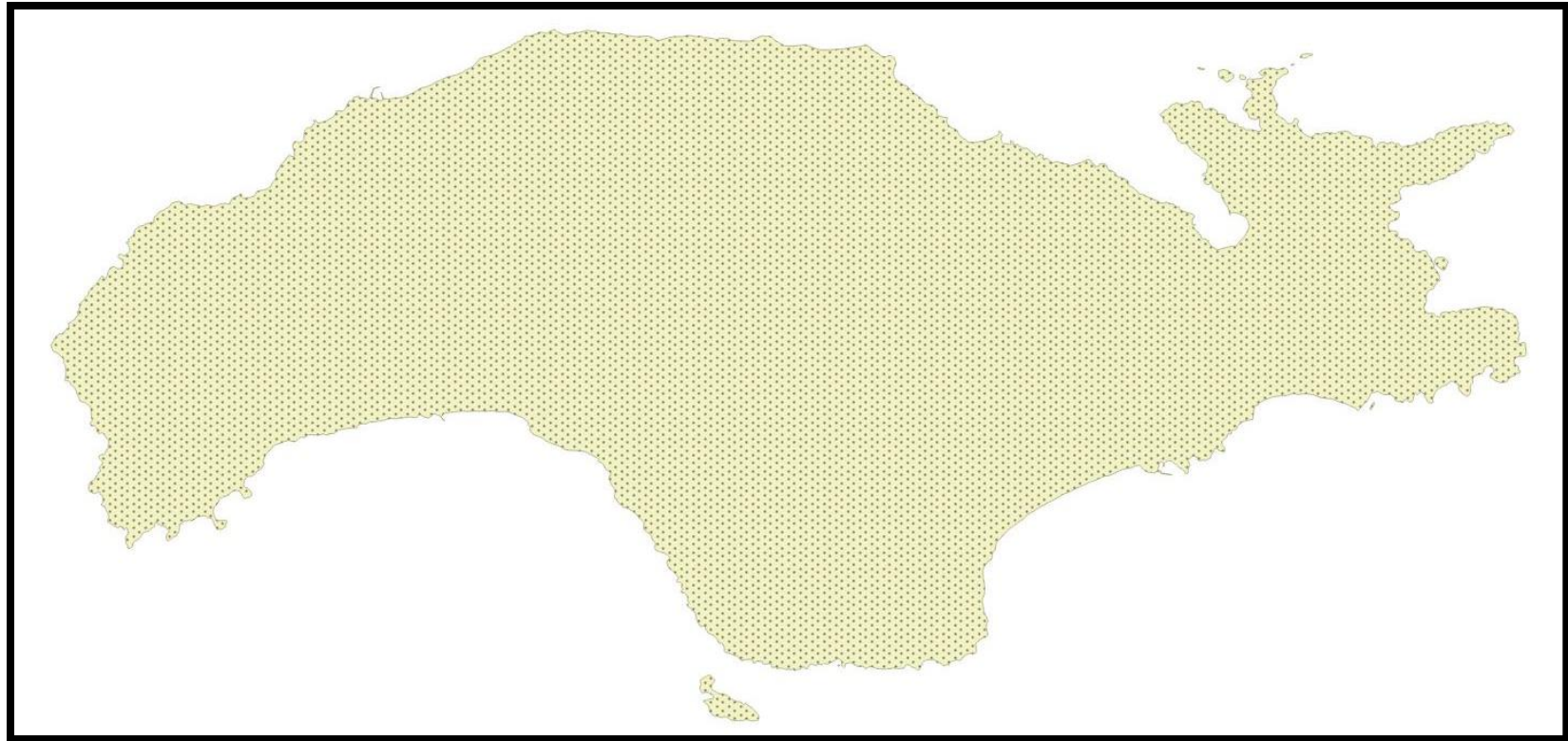
Επίσης ακόμα μία πρόταση που βρίσκεται στο στάδιο της υλοποίησης είναι ένα γραφικό περιβάλλον(GUI) φιλικό προς τον χρήστη, που να μπορεί να εκτελεί την διαδικασία της πολυκριτήριας ανάλυσης μέσα απο διαδικτυακή πλατφόρμα.

Ο σκοπός της είναι, ο χρήστης να μπορεί να εισάγει τα στοιχεία που εκείνος επιθυμεί, δηλαδή να ορίζει εκείνος ποιο είναι σημαντικό κριτήριο ή τι περιορισμούς εντοπίζονται στην περιοχή ενδιαφέροντος του.

Ακόμα να δημιουργεί τις κλίμακες προτίμησης του, να αποθηκεύει και να εξάγει τα αποτελέσματα του. Η διαδικτυακή εφαρμογή θα δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να επεξεργάζεται κάθε χάρτη που εκείνος επιθυμεί να εισάγει, στο σύστημα για τα δικά του συμπεράσματα. Οι γνώσεις του χρήστη δεν χρειάζεται να είναι γνώσεις προγραμματιστή, εφόσον η εφαρμογή θα είναι απλή και προσιτή.

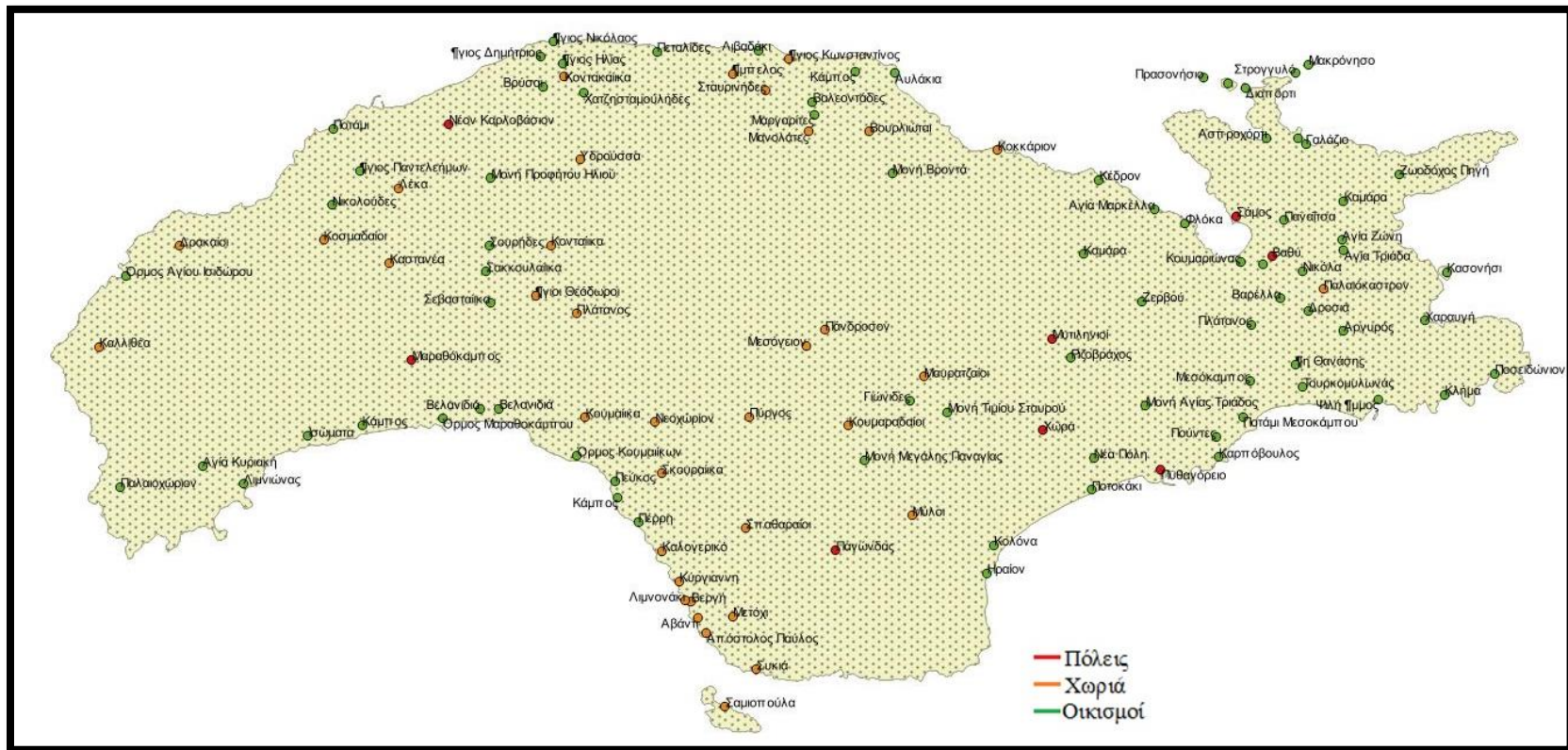
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ

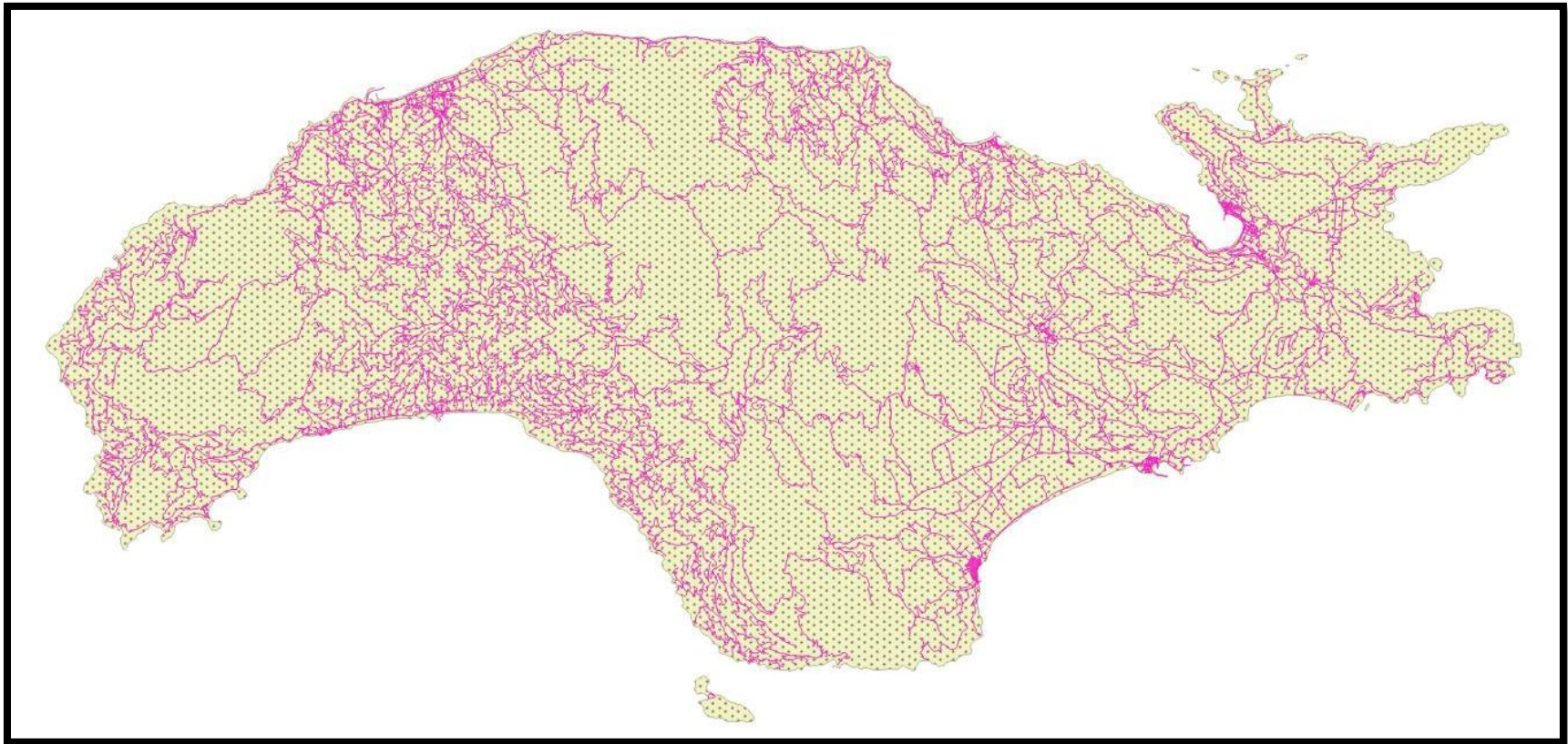


Σχήμα 38 : Χάρτης αποτύπωσης της ακτογραμμής της Σάμου

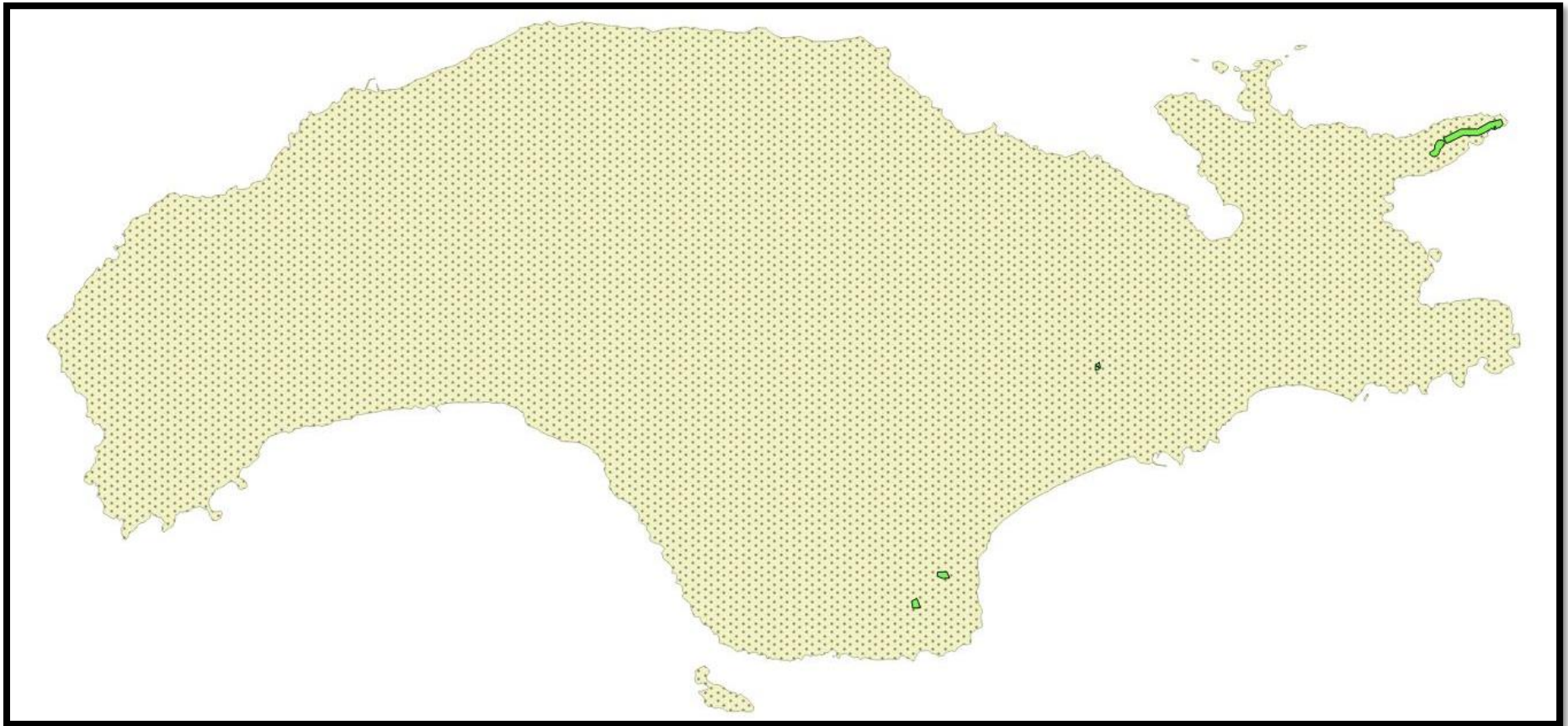
ΟΙΚΙΣΜΟΙ(Πόλεις, Χωριά,Οικισμοί)



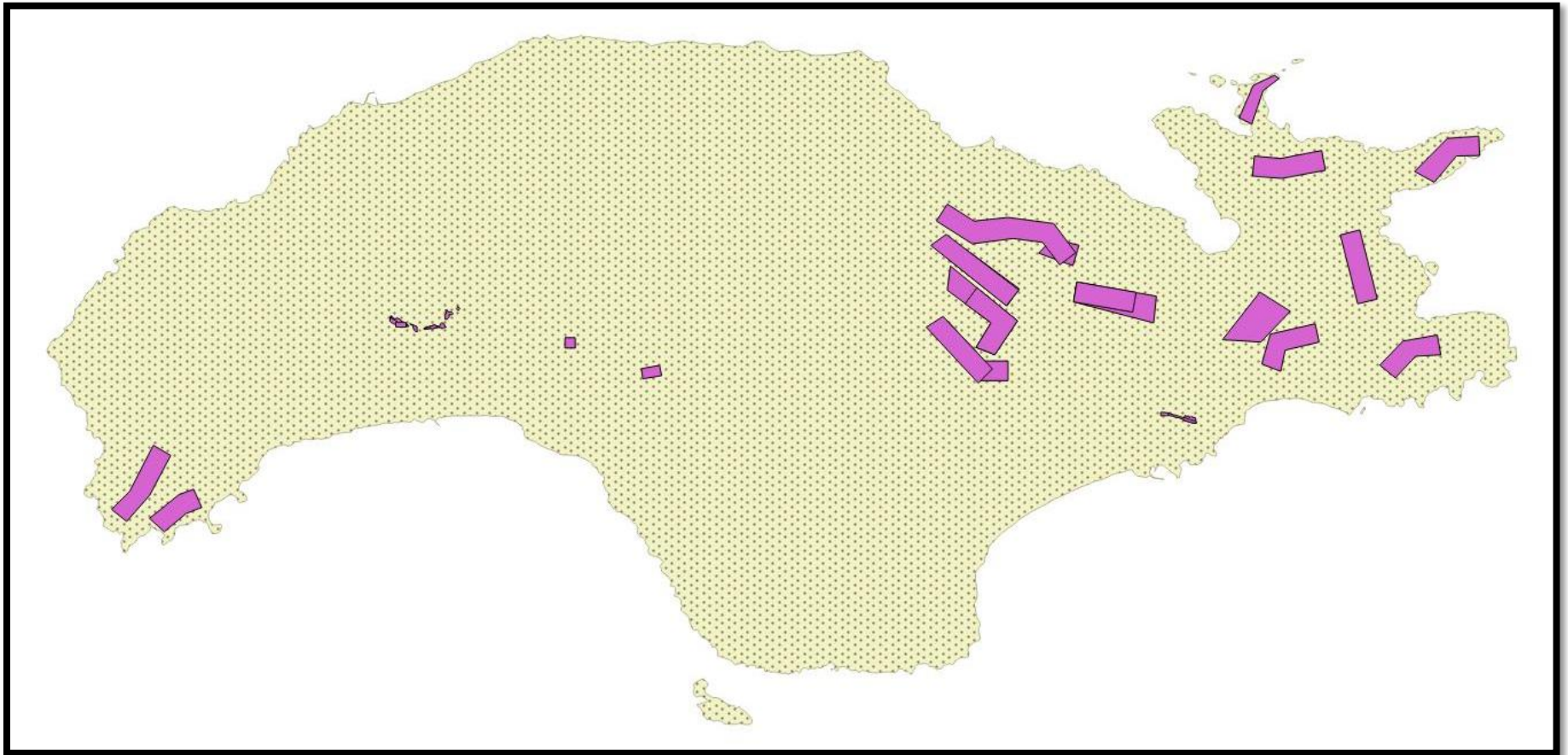
Σχήμα 39: Χάρτης αποτύπωσης των οικισμών της Σάμου

ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ- ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ

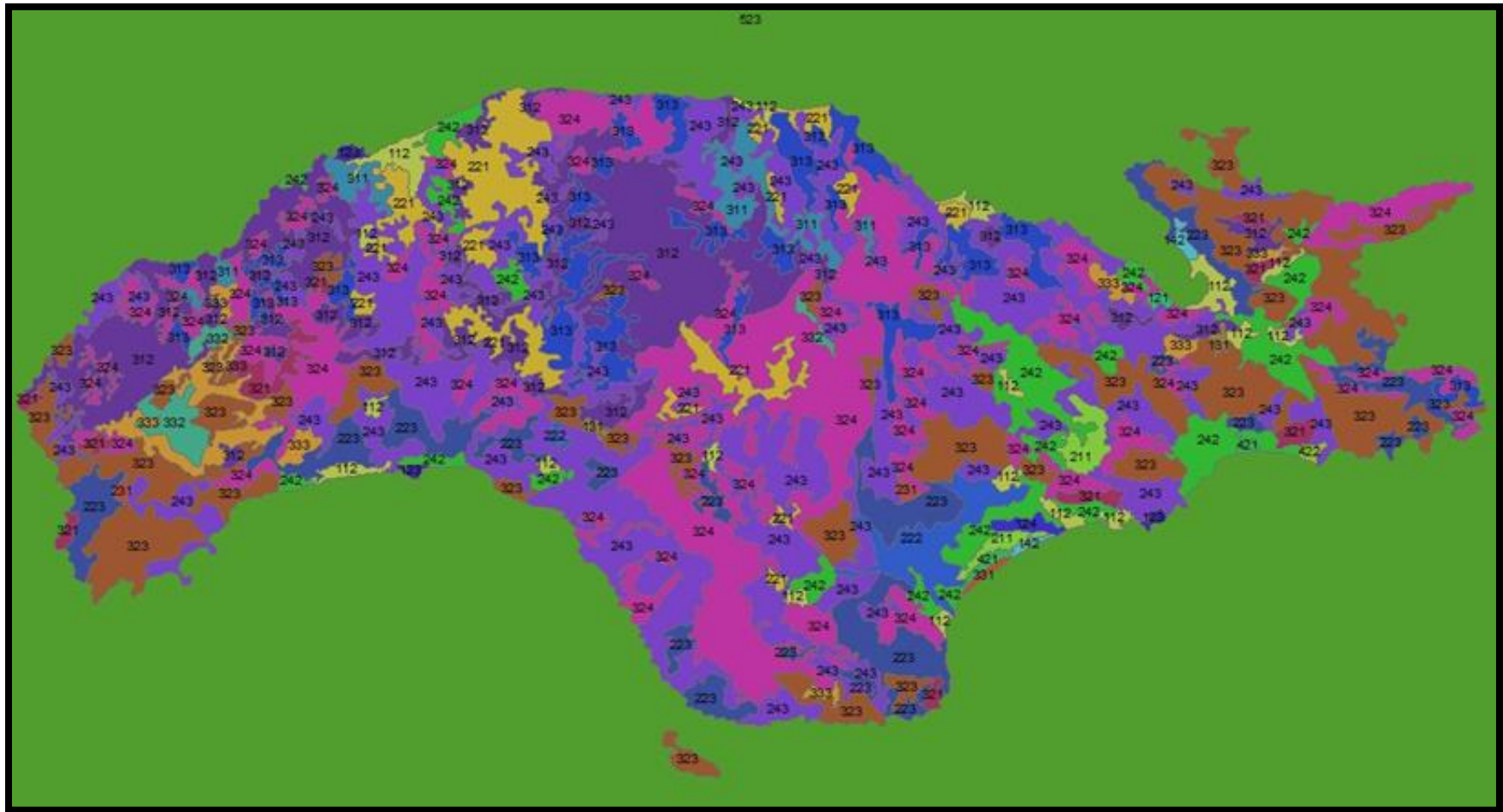
Σχήμα 40 : Χάρτης αποτύπωσης οδικού δικτύου – δικτύου ηλεκτροδότησης της Σάμου

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Σχήμα 40 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών υβριδικού δυναμικού της Σάμου

ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Σχήμα 41 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών αιολικών σταθμών της Σάμου

CORINE 2012

Σχήμα 42 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών corine της Σάμου

1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	3ο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων

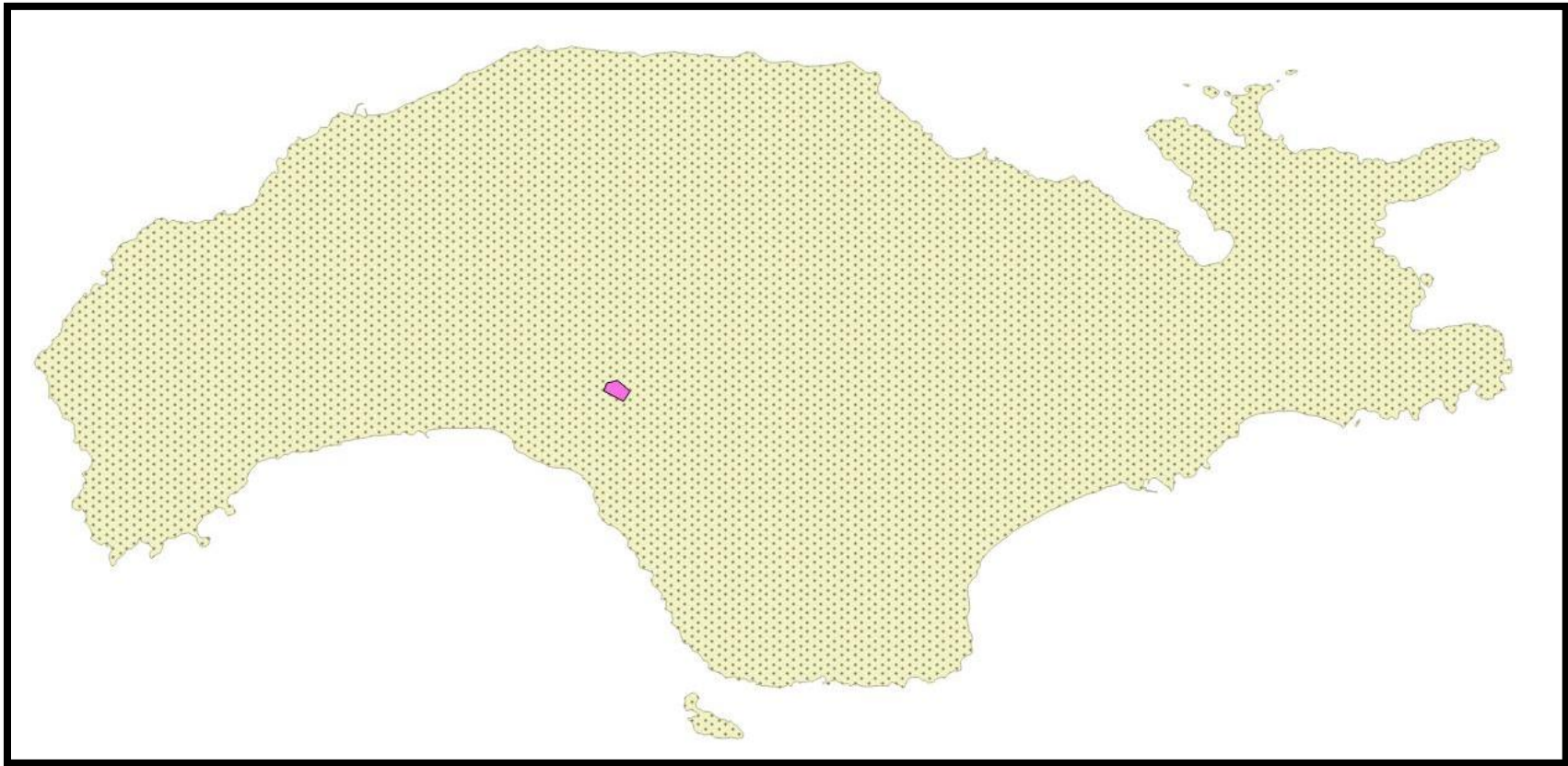
ΠΕΡΙΟΧΕΣ		3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΤΗΣΗ	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορρεύματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Σχήμα 43 : Πίνακας επεξήγησης χάρτη χρήσεων γής (corine 2012) της Σάμου

Είδος κάλυψης	Εμβαδόν (τετ.μ)	Εμβαδόν (ha)	Ποσοστό επί της επιφάνειας του Δήμου	Ποσοστό επί της επιφάνειας της Περιφέρειας
ΣΑΜΟΣ				
Ακαθόριστο	3.330.323	333,03	0,7%	0,09%
Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	4.974.535	497,45	1,0%	0,13%
Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	524.399	52,44	0,1%	0,01%
Αεροδρόμιο	346.598	34,66	0,1%	0,01%
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	262.746	26,27	0,1%	0,01%
Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	257.546	25,75	0,1%	0,01%
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	1.370.901	137,09	0,3%	0,04%
Αμπελώνες	18.475.967	1.847,60	3,8%	0,48%
Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	3.507.024	350,70	0,7%	0,09%
Ελαιώνες	15.248.002	1.524,80	3,2%	0,39%
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	31.729.525	3.172,95	6,6%	0,82%
Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	130.673.831	13.067,38	27,1%	3,38%
Δάσος πλατυφύλλων	7.878.543	787,85	1,6%	0,20%
Δάσος κωνοφόρων	82.403.762	8.240,38	17,1%	2,13%
Μικτό δάσος	38.395.785	3.839,58	8,0%	0,99%
Φυσικοί βοσκότοποι	3.215.514	321,55	0,7%	0,08%
Σκληροφυλλική βλάστηση	76.753.963	7.675,40	15,9%	1,99%
Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	50.819.158	5.081,92	10,6%	1,32%
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	11.165.629	1.116,56	2,3%	0,29%
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	260.983	26,10	0,1%	0,01%
Σύνολο Δήμου Σάμου	481.594.735	48.159,47	100,0%	12,47%

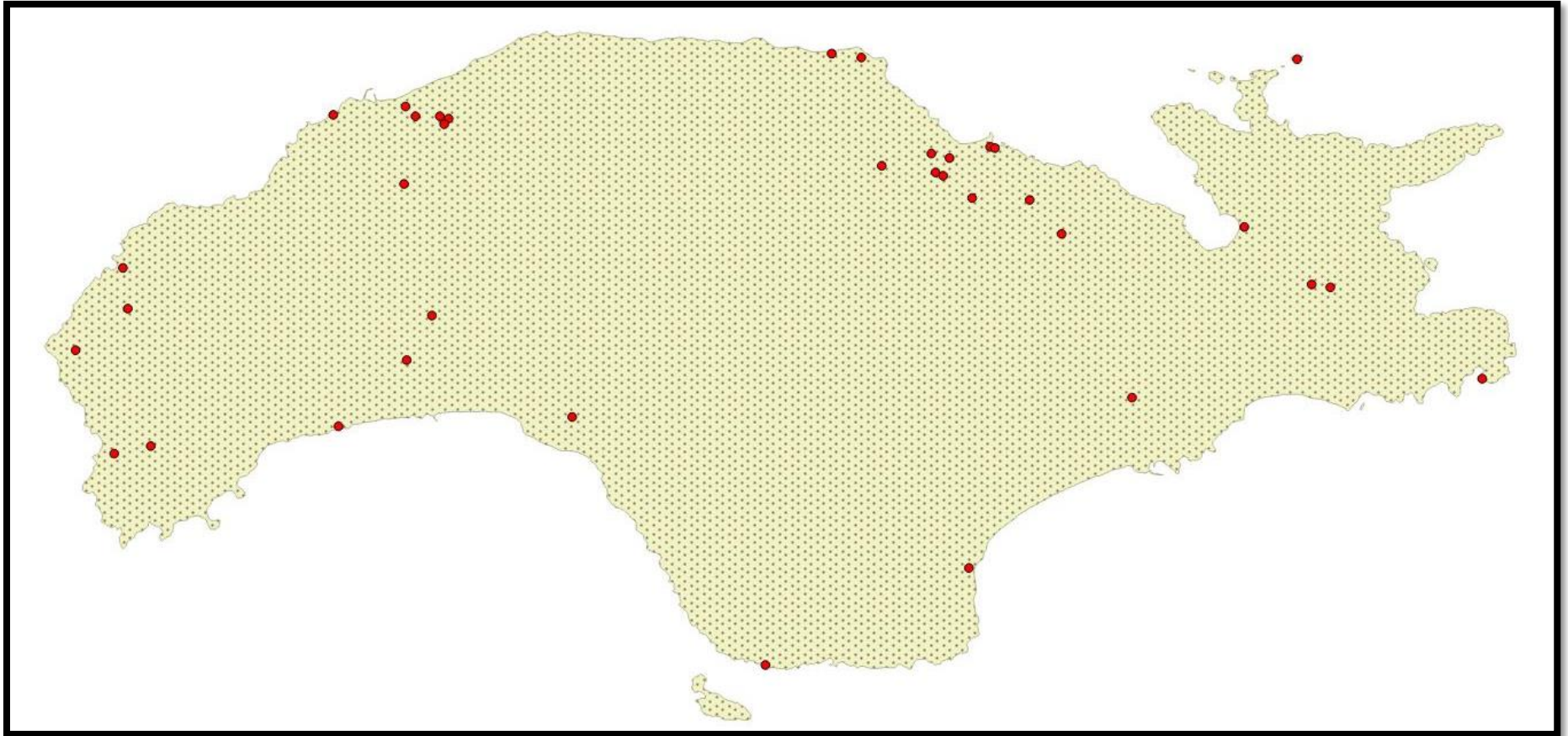
Σχήμα 44 : Πίνακας επεξήγησης χάρτη χρήσεων γής της Σάμου

(ΠΗΓΗ Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου)

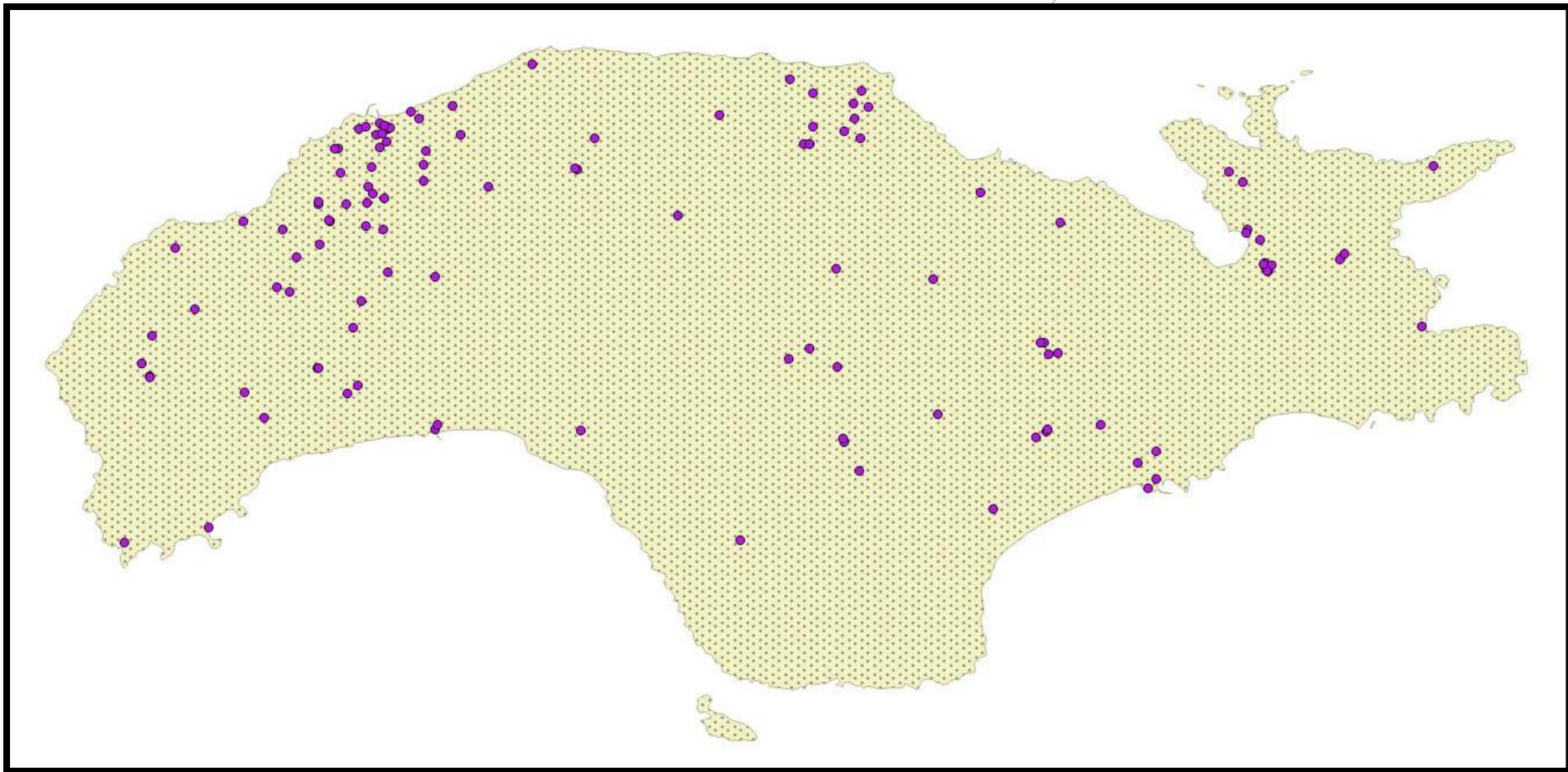
ΖΩΝΕΣ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ ΕΞΟΡΥΞΗΣ

Σχήμα 45 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών ζωνών λατομικής εξόρυξης της Σάμου

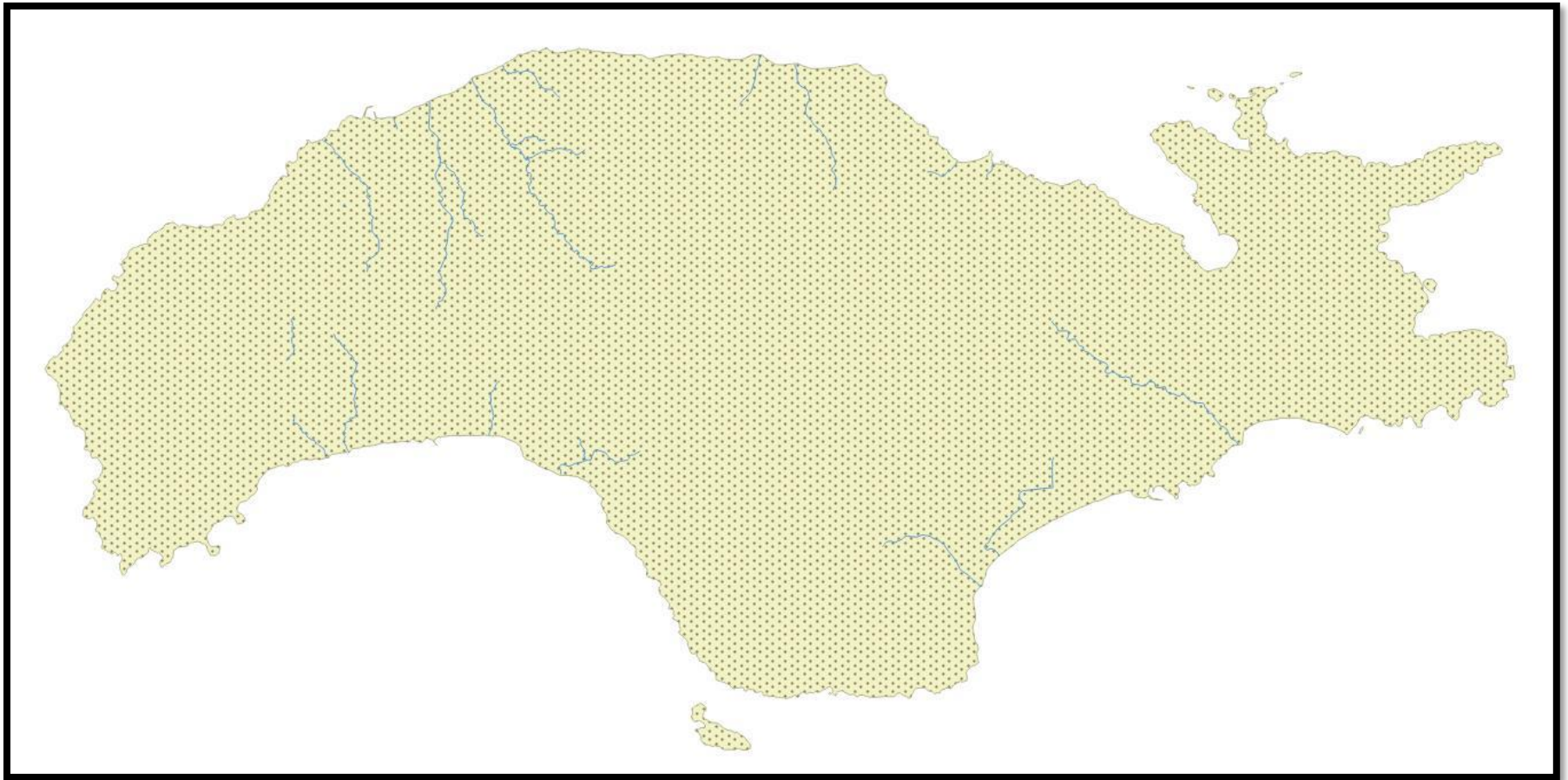
ΧΩΡΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ(λατρευτικοί χώροι, αρχαιολογικοί χώροι)



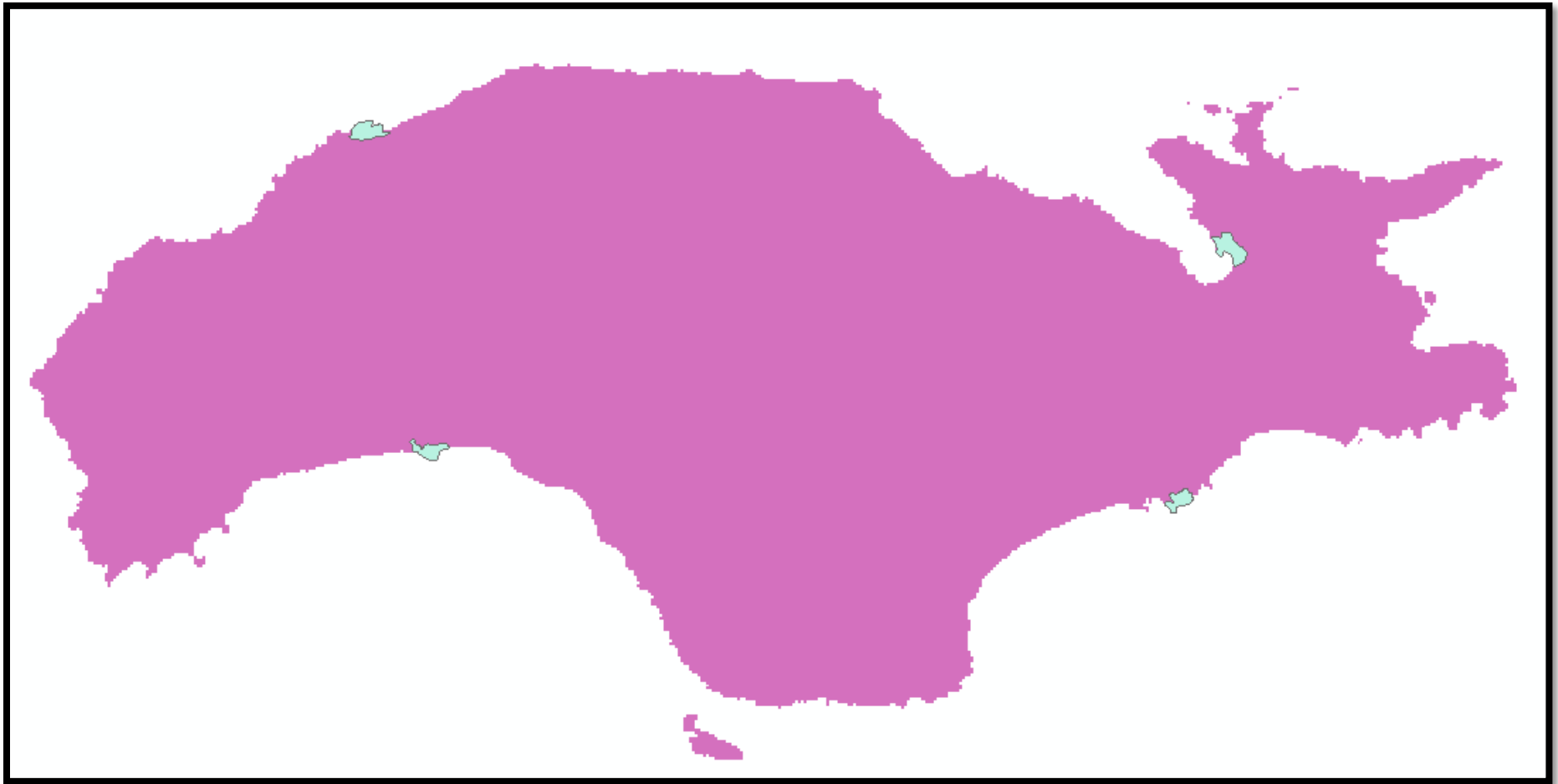
Σχήμα 46 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών λατρευτικών χώρων της Σάμου



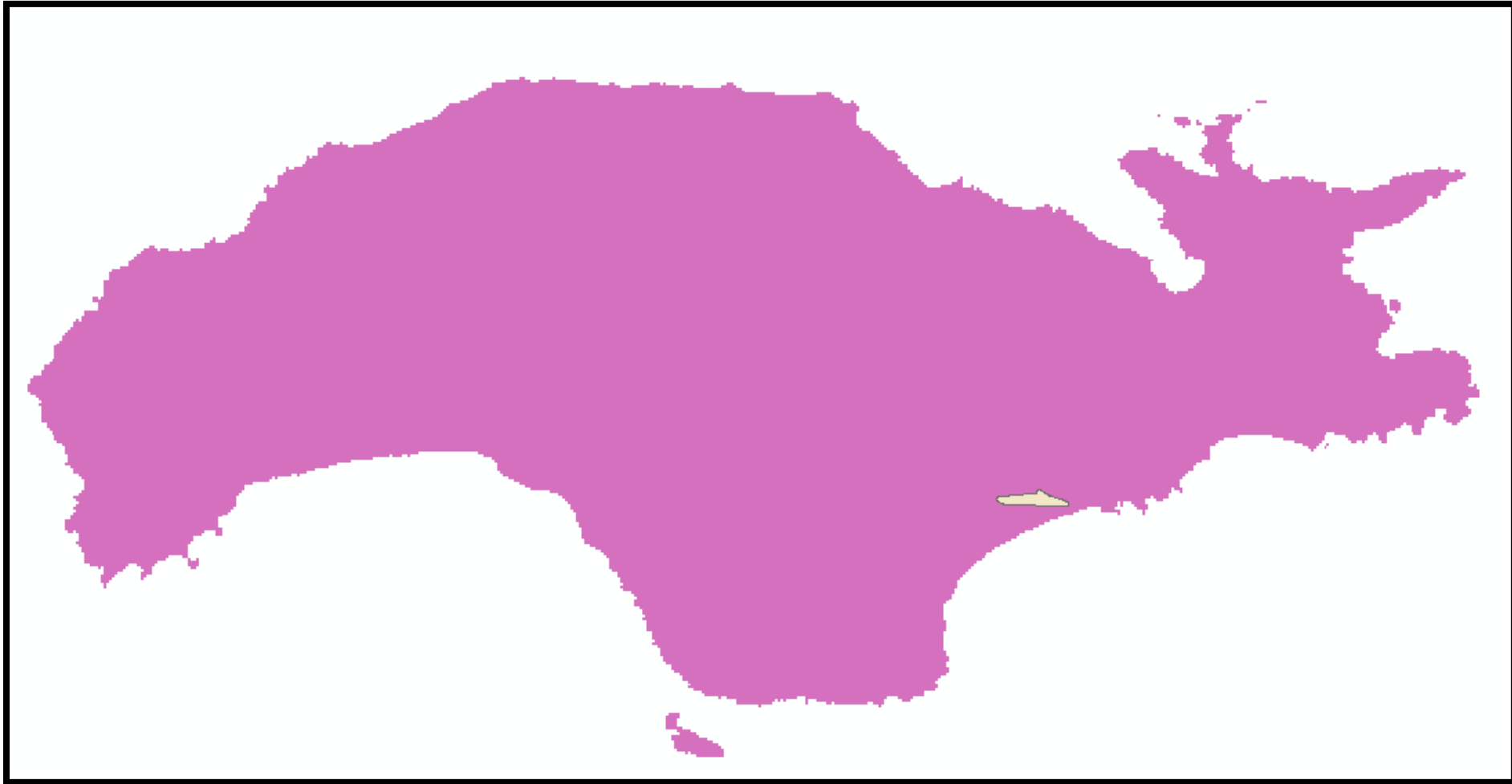
Σχήμα 47 : Συμπληρωματικός χάρτης αποτύπωσης περιοχών αρχαιολογικών και λατρευτικών χώρων της Σάμου

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

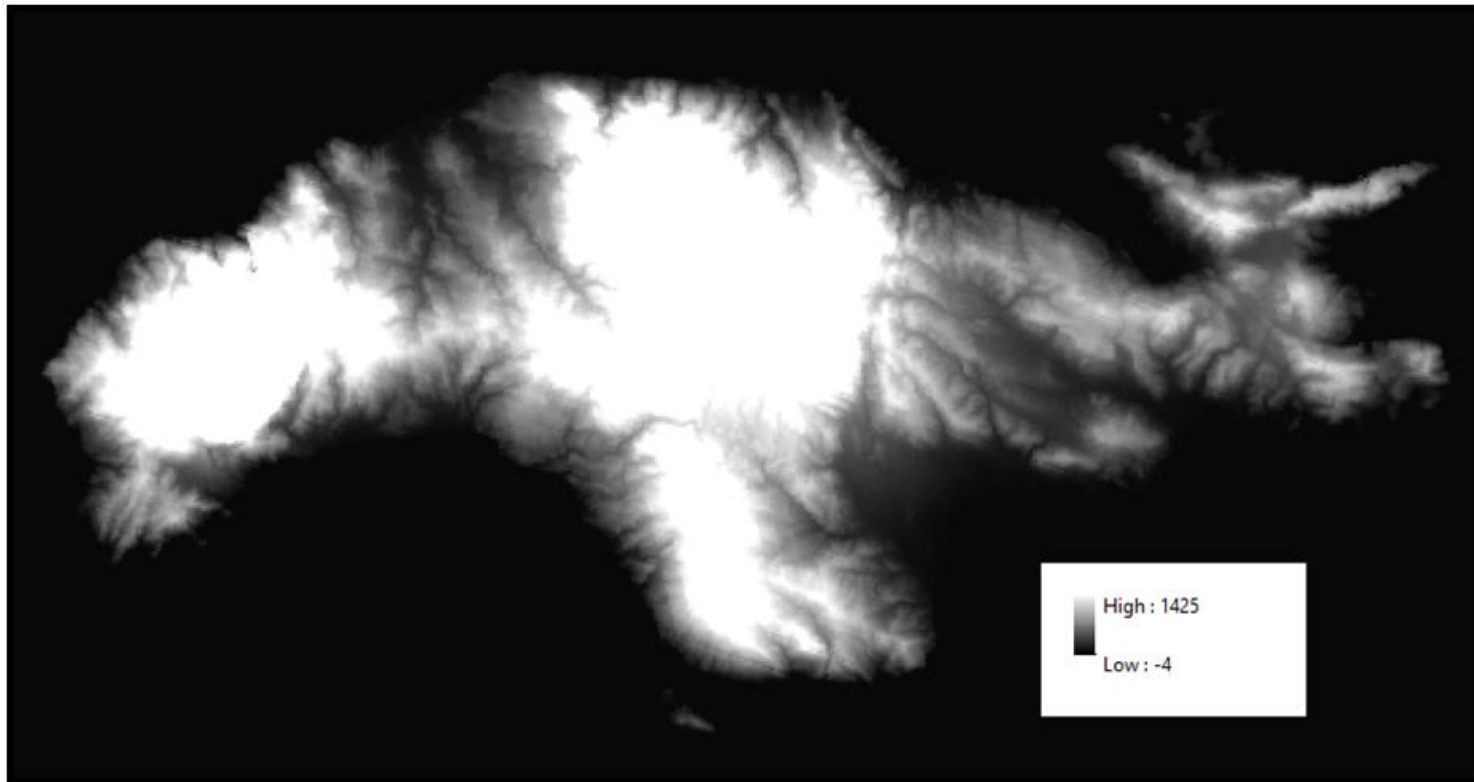
Σχήμα 48 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών υδρογραφικών στοιχείων της Σάμου

ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Σχήμα 49 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών λιμενικών εγκαταστάσεων της Σάμου

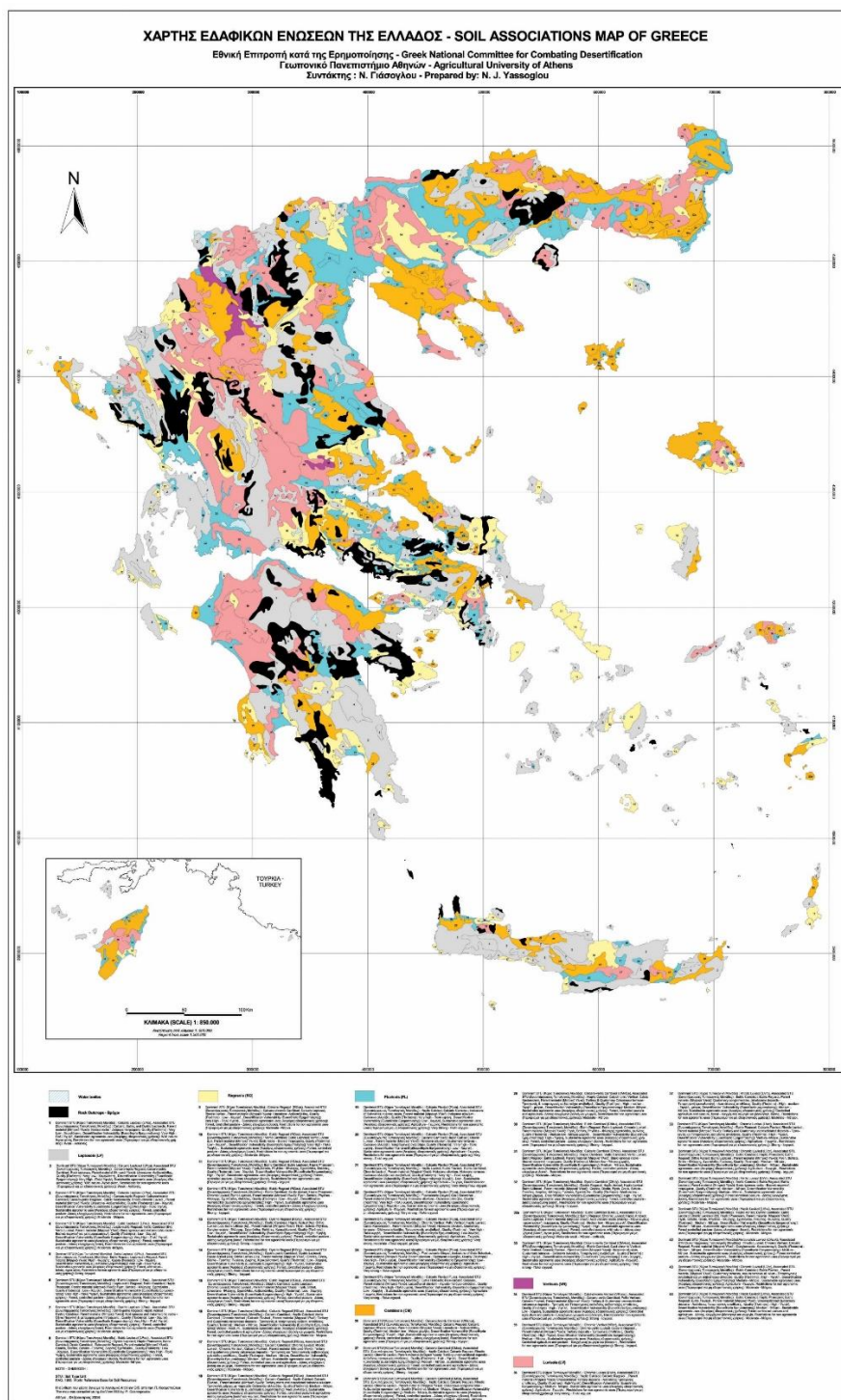
ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Σχήμα 50 : Χάρτης αποτύπωσης περιοχών αεροπορικών εγκαταστάσεων της Σάμου

ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΛΑΦΟΥΣ(Digital Elevation Model)

Σχήμα 51 : Χάρτης αποτύπωσης ψηφιακού μοντέλου εδάφους της Σάμου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Στοιχεία Μετεωρολογικού σταθμού για την Σάμο

Υπολογισμός μέσης τιμής θερμοκρασίας βροχόπτωσης και υγρασίας στην νήσο Σάμο, για το έτος 2017.

Μήνας	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	10,3	113,1	70,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10,0	104,7	68,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	12,1	87,9	67,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,9	43,2	64,4
ΜΑΙΟΣ	20,6	19,5	59,1
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,5	1,8	50,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	28,4	0,5	43,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	27,9	0,7	46,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24,3	16,9	51,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19,4	32,8	62,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14,5	103,9	68,6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	11,9	164,0	72,6
ΣΥΝΟΛΟ	217,8	689	724,5

Μέση ετήσια θερμοκρασία = $217,8 / 12 = 18,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Μέση ετήσια βροχόπτωση = 689 mm

Μέση ετήσια υγρασία % = $(724,5 / 12) * 100 = 60,4\%$

Υπολογισμός μέσης τιμής θερμοκρασίας βροχόπτωσης και υγρασίας στην νήσο Σάμο, για το έτος 2018 (Τρέχων έτος ο πίνακας δεν περιλαμβάνει όλες τις μετρήσεις).

Μήνας	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)	Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	10,7	202	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	13,3	137	
ΜΑΡΤΙΟΣ	15,6	15	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12,3	32,4	
ΜΑΙΟΣ	17,1	35,0	
ΙΟΥΝΙΟΣ			
ΙΟΥΛΙΟΣ			
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ			
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ			
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ			
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ			
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ			
ΣΥΝΟΛΟ			

(Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Μητρικό Υλικό Εδάφους

Ασβεστόλιθος: Στην φύση βρίσκονται πολλοί τύποι ασβεστόλιθων ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε χαλαζία (SiO_2), δολομίτη και ασβεστίτη. Η κρητίδα ανήκει στους ασβεστόλιθους, αποτελείται κατά 90-99% από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και έχει σχηματισθεί σε ρηχά νερά από τη συσσώρευση ασβεστιτικών κελυφών μικροοργανισμών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι τραβερτίνες που σχηματίστηκαν από την γρήγορη απόθεση διαλυμένου στο νερό ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) πάνω σε οργανικά ή ανόργανα υλικά.

Αποθέσεις: Τα υλικά που δημιουργούνται με την αποσάθρωση(αποσύνθεση) των πετρωμάτων καθώς και τα υλικά του εδάφους κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις αποσπώνται, μεταφέρονται ή μηδενίζονται.

Φλύσχος: Ο φλύσχος είναι γεωλογικός σχηματισμός που σχηματίστηκε στην θάλασσα. Αποτελείται από επάλληλες στρώσεις μάργας (μαλακά και χαλαρά ιζήματα αργίλου) και πηολίθων που εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή και ψαμμίτες.

Σχιστόλιθος: Ο σχιστόλιθος δημιουργείται από τον μετασχηματισμό λεπτόκοκκων ιζηματογενών αποθέσεων. Έχει πολύ καλή σχιστότητα και πολύ μικρή διαπερατότητα. Το χρώμα του είναι πολύ σκούρο γκρι, μαύρο έως υποπράσινο.

Φυλλίτες: Οι φυλλίτες είναι πλούσια μαρμαρυγιακά λεπτόκοκκα ορυκτά, με καλή σχιστότητα. Όμως διαφέρουν από τους σχιστόλιθους, στο μέγεθος των ορυκτών συστατικών από τα οποία αυτοί αποτελούνται.

Αλλούβιο: Το αλλούβιο είναι μια εναπόθεση από την άμμο και άλλα μεταφερόμενα υλικά που αφήνονται από το νερό που ρέει πάνω από τη γη και δεν είναι βυθισμένο μόνιμα. Κυρίως στις αποθέσεις που σχηματίζονται στις κοιλάδες των ποταμών και στα δέλτα των ποταμών.

Γνεύσιος: Ο γνεύσιος είναι μεταμορφωμένο πετρώμα με ατελή σχιστότητα, πλούσια σε αστρίους, χαλαζία και μαρμαρυγίες. Η σύσταση του είναι όμοια με αυτή του γρανίτη και του χαλαζία.

Οι γνεύσιοι χωρίζονται σε 4 ομάδες:

- στρωματώδεις γνεύσιους
- φακοειδείς γνεύσιους
- γρανιτικούς γνεύσιους
- μιγματικούς γνεύσιους.

Με βάση την στρωματωμένη διάταξη των ορυκτών που αποτελούν τους γνεύσιους, παρατηρείται έντονη αποσάθρωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

1. Beuthe M. and Scannella G.,(2001), Comparative analysis of UTA multicriteria methods, *European Journal of Operational Research*, 130/2, 246-262.
2. Bouyssou, D. (1990): “Building criteria: a prerequisite for MCDA” in *Readings in MCDA*, Bana e Costa (Ed.); Springer Verlag, Germany: 58-80
3. Jacquet-Lagrez, E. and Siskos, J. (1978), Une methode de construction de fonctions d'utilite additives explicatives d'une preference globale, *Cahier LAMSADE n°6*, Universite Paris-IX-Dauphine.
4. Jacquet-Lagrez E. and J. Siskos (1982), *Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method*, *EJOR*, vol. 10, 151-164.
5. Pardalos, P.M., Siskos, Y. and Zopounidis, C. (1995), *Advances in multicriteria analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
6. Zopounidis, C. (1999), Multicriteria decision aid in financial management, *European Journal of Operational Research* 119, pp. 404-415.
7. Roy, B. et al. (1986): “ A programming method for determining which Paris metro-stations should be renovated”, *European Journal of Operational Research*; 24: 318-334
8. Roy, B. (1991), “The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods”, *Theory and Decision*, 31, 49-73.
9. Brans, J.P. and Vincke, Ph. (1985), A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for multiple criteria decision making, *Management Science*, 31, 6, 647-656.
10. Roy, B. and Bouyssou, D. (1993): Multicriteria decision support: Methods and case “Aide multicritère à la decision: Méthodes et cas”, *Economica*, Collection Gestion; Paris.
11. Roy, B. (1996), *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
12. Roy, B. and Mousseau, V. (1996): “ A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*; 5:145-149
13. Siskos, J. (1986), Evaluating a system of furniture retail outlets using an interactive ordinal regression method, *European Journal of Operational Research*, 23, 179-193.

14. Siskos, Y. and Spyridakos, A. (1999), Intelligent multicriteria decision support: Overview and perspectives, *European Journal of Operational Research* 113, 2, pp. 236-246.
15. Saaty, T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill; New York.
16. Von Winterfeldt D, Edwards W., 1986. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press, New York.
17. Buchanan, J. et al. (1999): “Project Ranking using ELECTRE III”,
18. Keeney, R. and Raiffa, H. (1976), *Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs*, Wiley, New York.
19. Stewart T.J. (1995), Simplified approaches for multicriteria decision making under uncertainty, *Journal of Multi-criteria analysis*, 4, 246-258.
20. Triantaphyllou, E. and Lin, C. (1996): “Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods”, *International Journal of Approximate Reasoning*, 1996;14:281-310.
21. Belton, V. and Stewart, T. J. (2002) *Multi criteria decision analysis - An integrated approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
22. DTLR multi-criteria analysis manual,
23. Αλιφραγκής Δ. Το έδαφος, τόμος Ι Γένεση - Ιδιότητες – Ταξινόμηση, 2008
24. Χαλκιάς Χρίστος Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα www.kallipos.gr 2015
25. <http://www.opengov.gr/minenv/?p=1622>
26. ΕΟΣ ΣΑΜΟΥ <http://www.samoswine.gr/>
27. http://www.domiki.gr/content/kpn/text_2u/0.htm
28. <http://www.hnms.gr/emy/el/>
29. ArcGis Editing Tutorial <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/editing-tutorial.pdf>
30. Manual for Working with ArcGis
<ftp://ftp.puce.edu.ec/Facultades/CienciasExactas/Geoinformatica/MANUALES%20PARA%20LA%20OPTATIVA/MANUAL%20ARCGIS%2010/Manual%20ArcGis%2010.pdf>