



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ**

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εφαρμογή μεθόδων Τηλεπισκόπησης για την χαρτογράφηση της αστικής
διάχυσης**

Διπλωματική Εργασία

ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ

Αθήνα, 2018



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ &
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ**

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ισάακ Παρχαρίδης

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Θωμάς Μαλούτας

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Χρίστος Χαλκιάς

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Ιωάννα Α. Κόττη

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, όλους αυτούς που με τη βοήθειά τους συνέβαλλαν στην συγγραφή και περάτωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον Αναπληρωτή καθηγητή της σχολής Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου κο Ισαάκ Παρχαρίδη, επιβλέποντα καθηγητή, ο οποίος μου εμπιστεύτηκε την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, για το ενδιαφέρον και τη βοήθειά του σε όλα τα στάδια της εργασίας αυτής.

Την εταιρία Planet, με νομική επωνυμία Planet Labs Inc, για την δωρεάν δοκιμαστική περίοδο που προσφέρει για όλους και για την δυνατότητα που δίνει σε ερευνητές σε όλο τον κόσμο να έχουν δωρεάν πρόσβαση σε διορθωμένες δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης

Τον Δήμο Πάρου και πιο συγκεκριμένα τη Διεύθ/νση Πολεοδομικού Σχεδιασμού & Περιβάλλοντος καθώς και το Λιμεναρχείο Πάρου, για την άμεση και ουσιαστική τους ανταπόκριση σε κάθε αίτημα που τους έγινε για παροχή δεδομένων.

Τέλος, μα εξίσου εγκάρδια, όλους τους συμφοιτητές μου, για τη συνεργασία που είχαμε σε όλη τη διάρκεια του κύκλου σπουδών, τους φίλους και την οικογένεια μου οι οποίοι με στήριξαν και με στηρίζουν καθημερινά

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	10
Εισαγωγή	12
1. Πλαίσιο προβληματισμού	14
1.1 Η έννοια της αστικής διάχυσης	14
1.2 Ο παράκτιος τουρισμός και η επέκταση της δόμησης	16
1.3 Ο παράγοντας της νησιωτικότητας	18
1.4 Καθορισμός του προβληματισμού και των στόχων της μελέτης.....	19
2. Θεσμικό πλαίσιο	22
2.1 Το θεσμικό πλαίσιο προστασίας του παράκτιου χώρου	22
2.1.1 Εννοιολογική προσέγγιση του παράκτιου χώρου	22
2.1.2 Το θεσμικό πλαίσιο ανάπτυξης του παράκτιου χώρου	25
2.1.3 Το Κοινοτικό και Ευρωπαϊκό πλαίσιο για την προστασία του παράκτιου χώρου	29
2.2 Θεσμικό πλαίσιο για την δόμηση.....	31
2.2.1 Θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση.....	31
2.2.2 Θεσμικό πλαίσιο για τον πολεοδομικό σχεδιασμό του εξωαστικού χώρου	33
2.3 Θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση στην Ν. Πάρο	35
3. Περίπτωση μελέτης.....	38
3.1 Εισαγωγικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης.....	38
3.2 Κοινωνικοοικονομικά στοιχεία της Ν. Πάρου	40
3.2.1 Δημογραφικά στοιχεία.....	40
3.2.2 Στοιχεία για την τουριστική κίνηση	42
3.2.3 Στοιχεία για την απασχόληση και τους παραγωγικούς τομείς	45
3.3 Χωρική οργάνωση της περιοχής.....	49

3.3.1 Δίκτυο οικισμών και δομημένο περιβάλλον	49
3.3.2 Οι καλύψεις γης (CORINE CLC)	51
3.4 Φυσικό περιβάλλον	55
3.5 Περιβαλλοντικές πιέσεις και οχλήσεις	58
4.Βιβλιογραφική επισκόπηση	61
5. Μεθοδολογία.....	64
5.1 Περιγραφή των δεδομένων και των λογισμικών.....	65
5.2 Προεπεξεργασία δεδομένων	67
5.3 Μέθοδοι ενίσχυσης εικόνας	68
5.3.1 Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal components analysis)	70
5.3.2 Εξαγωγή πληροφορίας μέσω της ανάλυση της υφής.....	75
5. 4 Ταξινόμηση εικόνας	79
5.4.1 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση.....	81
5.4.2 Ο προσδιορισμός των κατηγοριών καλύψεων γης.....	83
5.4.3 Ο αλγόριθμος Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines-SVM).....	89
5.5 Έλεγχος ακρίβειας της ταξινόμησης.....	91
5.5.1 Ο σχεδιασμός της δειγματοληψίας των δεδομένων αναφοράς.....	93
5.5.2 Το μέγεθος της δειγματοληψίας	95
5.5.3 Εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης.....	98
5.6 Το μεθοδολογικό σχήμα στην πράξη	100
6. Παρουσίαση αποτελεσμάτων	102
6.1 Αποτελέσματα του ελέγχου ακρίβειας των εικόνων	102
6.2 Αποτελέσματα της ταξινόμησης των εικόνων	106
7. Συμπεράσματα-συζήτηση	112
Βιβλιογραφία.....	116
Υπόμνημα.....	121

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έντονη τουριστική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών στα νησιά των Κυκλάδων έχει προκαλέσει την εντατική οικιστική ανάπτυξη των νησιωτικών οικισμών, ενώ σε συνδυασμό με την άναρχη δόμηση, προκαλεί ισχυρές μεταβολές στο νησιωτικό πολιτιστικό τοπίο και τους φυσικούς πόρους. Αν και το φαινόμενο της αστικής διάχυσης έχει μελετηθεί σημαντικά από τη δεκαετία του 1980, η έρευνα των διαφοροποιήσεων του φαινομένου μέσα στο νησιωτικό πλαίσιο, είναι σχετικά πρόσφατες.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της αστικής διάχυσης στη Ν. Πάρο, στο πλαίσιο ενός ταχέως αναπτυσσόμενου τουριστικού νησιού μεσαίου μεγέθους, στο οποίο σημειώνεται εντατική οικοδομική δραστηριότητα τις τελευταίες δεκαετίες. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή θα πραγματοποιηθεί για την Οικιστική Ενότητα Μάρπησσας και τον εξωαστικό της χώρο, ο οποίος αποτελεί τμήμα του ευρύτερου παράκτιου χώρου του νησιού. Το χρονικό πλαίσιο στο οποίο θα διερευνηθούν οι αλλαγές αφορά την περίοδο στην οποία οι επιπτώσεις της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης βάραιναν στην Ελλάδα (2011) μέχρι σήμερα (2018).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση τεχνικών και μεθόδων της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ, για την ανάπτυξη μιας μεθοδολογία ικανής να εκτιμήσει τις αλλαγές στις καλύψεις γης σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη παράκτια ζώνη μέσα από την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων. Στα πλαίσια αυτής της μεθοδολογίας, αξιοποιήθηκαν τεχνικές ενίσχυσης της εικόνας όπως η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) και η εξαγωγή χαρακτηριστικών υφής (Haralick), ώστε να αξιοποιηθεί η φασματική και η χωρική πληροφορία των εικόνων. Οι δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν είναι Rapideye με ανάλυση 5 μ. το εικονοστοιχείο για το 2011 και Planetscope με ανάλυση 3 μ. το εικονοστοιχείο για το 2018. Για την ταξινόμηση των εικόνων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (SVM). Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, παρήχθηκε πίνακας ακρίβειας (error matrix) με διαστρωματική τυχαία δειγματοληψία.

Λέξεις κλειδιά: αστική διάχυση-Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών-χαρακτηριστικά υφής-ταξινόμηση-κάλυψη γης

ABSTRACT

The intense tourism development of the last decades in the Cycladic islands, has caused an intensive residential development of the island's settlements, whereas in combination with the unregulated construction, causes strong changes in the island's cultural landscape and natural resources. Although the phenomenon of urban diffusion has been studied notably since the 1980s, the study of the differentiations of that process within the context of insularity, is relatively recent.

The aim of this work is the study the phenomenon of urban diffusion in the island of Paros, in the context of a rapidly developed medium-sized touristic island, which has been experiencing intensive building activity during the recent decades. More specifically, the implementation will concerns the Marpissa Residential Unit and its suburban area, which is part of the island's wider coastal area. The changes will be detected in a time period when the impacts of the global economic crisis depends in Greece (2011) to date (2018).

The classifier that was used is the Support Vector Machine (SVM) algorithm. In order to evaluate the results, an error matrix was produced, implementing Stratified Random Sampling.

Target of this work is to use techniques and methods of Remote Sensing and GIS, in order to develop a methodology considerable to estimate land cover changes in a rapidly developing coastal zone through the classification of satellite images. Within the framework of this methodology, image enhancement techniques such as Component Analysis (PCA) and feature extraction of texture (Haralick) were used to exploit both spectral and spatial information of the images. The high resolution satellite imagery that was used is Rapideye with a 5 m. pixel resolution for 2011 and PlanetScope with 3 m. pixel resolution for 2018. The classifier used for the classification is the Support Vector Machine (SVM) algorithm. To evaluate the results, an error matrix was produced with random stratified sampling.

Keywords: urban sprawl- Principal Components Analysis-texture features- classification-land cover

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 : Η χωρική δομή του παράκτιου χώρου	24
Εικόνα 2 : Ο θεσμοθετημένος αιγιαλός στη Ν. Πάρο μέχρι το 2012	37
Εικόνα 3: Απεικόνιση των προστατευόμενων φυσικών περιοχών στη Ν. Πάρο	57
Εικόνα 4: Οι άξονες συντεταγμένων στο PCA (Πηγή: Lillesand et al., 2002)	71
Εικόνα 5: Οπτική απεικόνιση των τεσσάρων συνιστωσών για την εικόνα του 2018	73
Εικόνα 6: Οπτική απεικόνιση της δορυφορικής εικόνας του 2018 για κάθε κατηγορία υφής ...	78
Εικόνα 7: Ταξινόμηση εικόνας	80
Εικόνα 8: Τα στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης	81
Εικόνα 9: Οι καλύψεις γης για τις τεχνητές επιφάνειες	83
Εικόνα 10: Οι καλύψεις γης για τις φυσικές εκτάσεις	84
Εικόνα 11: Οι καλύψεις γης για τις γεωργικές εκτάσεις	84
Εικόνα 12: Το αστικό στοιχείο όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432	85
Εικόνα 13: Το στοιχείο του οδικού δικτύου όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432	86
Εικόνα 14: Οι θαμνώδεις-ημιφυσικές εκτάσεις όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432	87
Εικόνα 15: Αγροτεμάχια αρόσιμης γης όπως εμφανίζονται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432.....	88
Εικόνα 16: Παράδειγμα γραμμικής SVM (Πηγή: Burges ,1998)	91
Εικόνα 17: Σχέδια δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ακρίβειας (Πηγή: Banko, 1998).....	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Βασικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των παράκτιων ζωνών	26
Πίνακας 2 : Νόμοι που επικυρώνουν Διεθνείς Συμβάσεις, Συμφωνίες και Πρωτόκολλα	29
Πίνακας 3: Πληθυσμιακά στοιχεία για την περίοδο 1991-2011	41
Πίνακας 4: Επιβιβασθέντες – Αποβιβασθέντες 2007-2017	42
Πίνακας 5: Η εξέλιξη των κλάδων απασχόλησης στο Δ. Πάρου για την περίοδο 1991-2001	47
Πίνακας 6: Τα καταφύγια άγριας ζωής στη Ν. Πάρο	56
Πίνακας 7 : Οι χαρακτηρισμένες αναδασωτέες περιοχές της Πάρου	58
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά των πολυφασματικών δεδομένων της εργασίας	66
Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά LSO για το έτος 2007-08.	67
Πίνακας 10: Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα RapidEye 2011	73
Πίνακας 11: Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα Planetscope 2018	74
Πίνακας 12: Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα RapidEye 2011	74
Πίνακας 13: Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα Planetscope 2018	74
Πίνακας 14: Ο πίνακας των στατιστικών για την εικόνα RapidEye 2011	74
Πίνακας 15: Ο πίνακας των στατιστικών για την εικόνα Planetscope 2018	75
Πίνακας 16: Κατανομή των σημείων της διαστρωματικής δειγματοληψίας για την ταξινομημένη εικόνα του 2011.....	97
Πίνακας 17: Κατανομή των σημείων της διαστρωματικής δειγματοληψίας για την ταξινομημένη εικόνα του 2018.....	97
Πίνακας 18: Μέτρα αξιολόγηση της συνολικής ακρίβειας των ταξινομημένων εικόνων	103
Πίνακας 19: Η ακρίβεια για την κάθε κλάση της ταξινομημένης εικόνας του 2011	104
Πίνακας 20: Η ακρίβεια για την κάθε κλάση της ταξινομημένης εικόνας του 2018	104
Πίνακας 21: Πίνακας ακρίβειας για την ταξινομημένη εικόνα του 2011.....	104
Πίνακας 22: Πίνακας ακρίβειας για την ταξινομημένη εικόνα του 2018.....	105
Πίνακας 23: Εκτάσεις των καλύψεων γης για τον θεματικό χάρτη του 2011	106
Πίνακας 24: Εκτάσεις των καλύψεων γης για τον θεματικό χάρτη του 2018.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Συγκρητική μεγέθυνση της παγκόσμιας οικονομίας και του τουρισμού (2008-2016), Πηγή: The World Bank	17
Διάγραμμα 2 : Αριθμός επισκεπτών στο νησί 2007-2017, Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.	43
Διάγραμμα 3: Αποβιβασθέντα οχήματα 2007-2017, Πηγή: Λιμεναρχείο Πάρου, 2018	44
Διάγραμμα 4 Μηνιαία διακύμανση αποβιβασθέντων ΙΧ οχημάτων στο νησί (2017)	44
Διάγραμμα 5: Σύνολο κλινών ανά κάτοικο για την Περιφέρεια Ν. Αιγαίου Πηγή: Μελέτη Τουριστικής Ανάπτυξης Ν.Αιγαίου (2013)	45
Διάγραμμα 6: Κατανομή της απασχόλησης κατά τομέα στο Δ. Πάρου για το 2001	46
Διάγραμμα 7: Κατανομή της απασχόλησης κατά τομέα στο Δ. Πάρου για το 2018	46
Διάγραμμα 8 : Κατανομή του είδους των οικοδομικών αδειών που έχουν εκδοθεί μεταξύ 2007-2017	48
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα της διακύμανσης της άδειας για νέες οικοδομές στην Πάρο (2007-2017).....	49
Διάγραμμα 10: Ραβδόγραμμα μεταβολών των κύριων κατηγοριών καλύψεων γης (2000-2012), Πηγή: Ιδία Επεξεργασία	54
Διάγραμμα 11: Η διάρθρωση των κύριων καλύψεων γης στο θεματικό χάρτη του 2011	107
Διάγραμμα 12: Η διάρθρωση των κύριων καλύψεων γης στο θεματικό χάρτη του 2018	108

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Χάρτης γενικών πληροφοριών της Ν. Πάρου,	39
Χάρτης 2 : Δομικό σχέδιο χωρικής οργάνωσης Δ. Πάρου (Πηγή: ΓΠΣ Πάρου, 2012)	50
Χάρτης 3: Η διαχρονική εξέλιξη των καλύψεων γης στη Ν. Πάρο (2000-2012)	53
Χάρτης 4: Χάρτης καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2011	109
Χάρτης 5: Χάρτης κύριων καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2011 ..	110
Χάρτης 6: Χάρτης καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2018	110
Χάρτης 7: Χάρτης κύριων καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2018 ..	111
Χάρτης 8: Χάρτης μεταβολών της δομημένης έκτασης (2011-2018).....	111

Εισαγωγή

Οι πόλεις εξαπλώνονται, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο και τις αποστάσεις μεταξύ τους, μέσα και έξω από αυτές. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, ήδη από το 2006, επισημαίνει πως περίπου το 75% του ευρωπαϊκού πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές, ενώ πάνω από το ένα τέταρτο της συνολικής έκτασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης επηρεάζεται άμεσα από αστική γη.

Η ανάγκη του αστικού πληθυσμού να εξακολουθεί να απολαμβάνει πρόσβαση σε εκτεταμένα φυσικά ή ημι-φυσικά τοπία έχει αναπτύξει διαφορετικές μορφές τουρισμού. Ειδικότερα, οι παραθαλάσσιοι προορισμοί κατά τους θερινούς μήνες γίνονται πόλος έλξης του λεγόμενου μαζικού τουρισμού. Η Νοτιοανατολική Μεσογειακή Ευρώπη, η οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής γι' αυτούς τους προορισμούς, σε ιδιαίτερο βαθμό τα νησιά της, κατέχει σχεδόν το 1/5 της παγκόσμιας αγοράς.

Η σχέση του μαζικού τουρισμού με τον παράκτιο χώρο ενθάρρυνε την αστικοποίηση και την αύξηση της τεχνητής επιφάνειας κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου, προκαλώντας ισχυρές αρνητικές μεταβολές στο φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον αυτών των περιοχών. Κυριαρχία του τεχνητού έναντι του φυσικού περιβάλλοντος, κατακερματισμός των περιοχών, απώλεια βιοποικιλότητας και ενδιαιτημάτων.

Γίνεται λοιπόν απαραίτητο ο σχεδιασμός αποτελεσματικών πολιτικών σε περιοχές που αντιμετωπίζουν τις συνέπειες του εντατικού τουρισμού και της επέκτασης του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στο φυσικό τους τοπίο. Πιο συγκεκριμένα, είναι αναγκαία η διευρυμένη εξαγωγή ποσοτικών και ποιοτικών πληροφοριών για τον εμπλουτισμό και την επικαιροποίηση των διάφορων στρατηγικών μελετών (ΓΠΣ, ΣΧΟΟΑΠ, ΣΜΠΕ, κ.α.), καθώς και η τροφοδότηση των αρμόδιων φορέων και μηχανισμών ελέγχου και προστασίας.

Οι μέθοδοι παρατήρησης της γης, που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια στον τομέα της Τηλεπισκόπησης, έχουν επιτρέψει την ανίχνευση των αλλαγών των χρήσεων και καλύψεων γης και την εξαγωγή χωρικής πληροφορίας σε σχέση με την αστικοποίηση. Οι τεχνικές τηλεπισκόπησης έχουν πλεονεκτήματα όσον αφορά τον χαρακτηρισμό των χωροχρονικών τάσεων της αστικής εξάπλωσης, χρησιμοποιώντας εικόνες υψηλής ανάλυσης και αξιοποιώντας τις δυνατότητες επεξεργασίας πολυφασματικών εικόνων εικόνων.

Έτσι, υποστηρίζεται σε επιχειρησιακό επίπεδο η συνεχής παροχή υψηλής ανάλυσης δεδομένων και πληροφορίας σε τομείς όπως η χαρτογραφία, η ανίχνευση αλλαγών (change

detection), η διαχείριση καταστροφών, η προστασία του εδάφους και των υδάτων. Η δυνατότητα παροχής μιας βάσης πληροφοριών για την πρόβλεψη μελλοντικών διαδικασιών αστικοποίησης, μπορούν να υποστηρίξουν τη χάραξη πολιτικής στον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Στην παρούσα εργασία σκοπός είναι η αξιοποίηση τεχνικών και μεθόδων της Τηλεπισκόπησης, καθώς και των ΓΣΠ, για τη διερεύνηση της επέκτασης του τεχνητού αστικού περιβάλλοντος στον εξωαστικό χώρο, με έμφαση των περιβαλλοντικά ευαίσθητο παράκτιο χώρο. Η μελέτη αφορά την περίπτωση ενός οικιστικού συνόλου στη Ν. Πάρο, ενός ταχέως αναπτυσσόμενου τουριστικού νησιού μεσαίου μεγέθους, στο οποίο σημειώνεται εντατική οικοδομική δραστηριότητα τα τελευταία χρόνια. Το χρονικό πλαίσιο στο οποίο θα διερευνηθούν οι αλλαγές αφορά την περίοδο στην οποία οι επιπτώσεις της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης βάραιναν στην Ελλάδα (2011) μέχρι σήμερα. Στόχος είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή μιας αποτελεσματικής μεθοδολογίας αποτύπωσης και εκτίμησης των αλλαγών που έχουν πραγματοποιηθεί στο περιβάλλον της περιοχής μελέτης, καθώς και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη διαχρονική εξέλιξη της δόμησης στο νησί της Πάρου και των επιπτώσεων της στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό της περιβάλλον.

Όσο αφορά τη διάρθρωση των κεφαλαίων, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται το πλαίσιο προβληματισμού και η συλλογιστική του θέματος αυτής της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται έννοιες (concepts) για την περιγραφή της αστικής επέκτασης, καθώς και οι σχέσεις μεταξύ των φαινομένων του τουρισμού και της οικοδομικής δραστηριότητας στο νησιωτικό περιβάλλον. Το επόμενο κεφάλαιο περιλαμβάνει το νομοθετικό πλαίσιο ανάπτυξης του παράκτιου χώρου στην Ελλάδα, καθώς και το νομικό πλαίσιο που καθόρισε την εξωαστική δόμηση.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και ευρύτερα του νησιού, σχετικά με κοινωνικοοικονομικά στοιχεία, περιβαλλοντικά και πολεοδομικά στοιχεία. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση, ενώ στο πέμπτο αναπτύσσεται αναλυτικά η μεθοδολογία εφαρμογής. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής και ο έλεγχος ακρίβειας των παραγόμενων θεματικών χαρτών. Το έβδομο κεφάλαιο αφορά τα συμπεράσματα και τη συζήτηση γύρω από την επίτευξη των στόχων της εργασίας, τις δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν και τις μελλοντικές βελτιώσεις και εφαρμογές που θα μπορούσαν να υποστηριχθούν από την παρούσα δουλειά.

1. Πλαίσιο προβληματισμού

1.1 Η έννοια της αστικής διάχυσης

Η αστική διάχυση δεν αποτελεί καινούργιο φαινόμενο στην ανάπτυξη του αστικού χώρου, ωστόσο η ολοένα αυξανόμενη επέκταση των πόλεων και οι συνέπειες της έχουν δημιουργήσει τα τελευταία χρόνια ένα ιδιαίτερα αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον. Χαρακτηριστικά η έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (2006) με τίτλο «Άναρχη αστική επέκταση - Η περιβαλλοντική πρόκληση την οποία αγνοούμε στην Ευρώπη», προβάλλει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα, καθώς οι αστικές περιοχές ολοένα μεγεθύνονται δημιουργώντας μη αναστρέψιμες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η διεθνής βιβλιογραφία παρουσιάζει ένα πλήθος ορισμών που σχετίζονται με την αστική-οικιστική ανάπτυξη. Η αστική ανάπτυξη (urban growth) μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα που προκύπτει από σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αστικών, κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων, των φυσικών οικολογικών μονάδων σε περιοχές της περιφέρειας, και των μελλοντικών σχεδίων αστικής ανάπτυξης. Αυτή η αλληλεπίδραση είναι μια ανοιχτή, μη γραμμική, δυναμική, και τοπική διαδικασία, η οποία οδηγεί στην εμφάνιση των μοτίβων (patterns) οικιστικής ανάπτυξης (Allen, 1997).

Η εντατική οικοδόμηση των ευρωπαϊκών πόλεων, όπως αυτή πραγματοποιήθηκε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, σ' ένα πλαίσιο ελλειμματικής ή καθόλου ύπαρξης πολιτικών σχεδιασμού ανέδειξε την έννοια της άναρχης αστικής επέκτασης. Η άναρχη αστική επέκταση (urban sprawl), επίσης γνωστή ως εξάπλωση των παρυφών, είναι επίσης, μια πολυδιάστατη έννοια, η οποία περιλαμβάνει τη διάδοση προς τα έξω από την πόλη και των θεσμοθετημένων προαστίων της, μια αυτό-εξαρτώμενη οικιστική ανάπτυξη η οποία εξελίσσεται εις βάρος της αγροτικής χρήσης γης, και παρουσιάζει υψηλούς διαχωρισμούς των οικιστικών χρήσεων (π.χ. καταστήματα και κατοικιών), και διάφορα άλλα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που ευνοούν την εξάρτηση από το αυτοκίνητο.

Ο όρος «διάχυση» χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον αρχιτέκτονα Earle Draper στα πλαίσια της εθνικού συνεδρίου σχεδιαστών στις Η.Π.Α. Ο Draper χρησιμοποίησε τον όρο για να αναφερθεί σε μία μορφή εγκαταστάσεων οικονομικά ασύμφορη και χωρίς αισθητική (Franz, Maier and Schrock, 2006, Nechyba and Randall, 2004, Γεμενετζή, 2011). Ο όρος «αστική διάχυση» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον κοινωνιολόγο William White στο ομότιτλο άρθρο του στο περιοδικό Fortune το 1958 (Franz, Maier and Schrock, 2006).

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 η έννοια χρησιμοποιήθηκε για να αποτυπώσει την «αφενός, την εξάπλωση των αστικού τύπου κτιρίων στα προάστια και την αγροτική γη, και αφετέρου τη μη οργανωμένη ανάπτυξη των εγκαταστάσεων της αγροτικής γης (φάρμες, κατοικίες των εργατών, βοηθητικές εγκαταστάσεις), όπως και στις πρώιμες βιομηχανικές ή εμπορικές περιοχές όπου σιδηρουργία, χυτήρια και ορυχεία υπήρξαν τα αρχικά σημεία τέτοιων διαχύσεων. Επιπλέον, ο όρος ανταποκρίνεται και στην μη οργανωμένη ανάπτυξη της β' κατοικίας εκτός αστικού ιστού.» (Jaeger, et al., 2010).

Τη δεκαετία του 1990 θα πραγματοποιηθούν περισσότερες προσπάθειες ορισμού με κυριότερη αυτή μίας ομάδας μελετητών, Ermer, Mohrmann and Sukopp (1994), οι οποίοι όρισαν το φαινόμενο ως «Η διαδικασία της εξάπλωσης του αστικού ιστού και της υπερβολικής χρήσης του ανοικτού χώρου από μη οργανωμένη, ασθενώς συμπυκνωμένη επέκταση του αστικού ιστού στις παρυφές αυτού». Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος στη μελέτη για την αστική διάχυση στην Ευρώπη (2006) προσδιορίζει το φαινόμενο ως «Το φυσικό μοτίβο της χαμηλής πυκνότητας επέκτασης μεγάλων αστικών περιοχών -βάσει των επιταγών της αγοράς- κυρίως στις περιβάλλουσες αγροτικές περιοχές.»

Είναι κατανοητό πως κάθε μελετητής προσαρμόζει τον ορισμό της αστικής διάχυσης στο αντικείμενο μελέτης του κάθε φορά (Barnes, et.al., 2001). Κάθε περίπτωση μελέτης είναι διαφορετική και κάθε πόλη/περιοχή θεωρείται εξαπλωμένη με βάση διαφορετικά κριτήρια. Η νοηματοδότηση της έννοιας της αστικής διάχυσης φαίνεται λοιπόν, στενά συνδεδεμένη με το ιστορικό πλαίσιο της εκάστοτε εποχής αλλά και τις γεωγραφικές ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής μελέτης.

Το μέγεθος της πόλης και οι παράγοντες εκείνοι που υποκινούν την αστική διάχυση, είναι και αυτοί που θα καθορίσουν την μορφή που θα έχει η πόλη μεταγενέστερα. Η επέκταση των ορίων της πόλης, η γραμμική ανάπτυξη εκατέρωθεν κεντρικών οδικών αξόνων ή η σποραδική εμφάνιση μικρών αστικών νησίδων είναι αποτέλεσμα της οικονομικής και θεσμικής συνθήκης που επικρατεί σ' ένα δεδομένο γεωγραφικό χώρο. Στις μεσογειακές χώρες και τις χώρες της Βαλτικής, η αστική διάχυση σχετίζεται με τη δεύτερη και την εποχική κατοικία (Bruegmann, 2005, Pons A. and Rullan O., 2014), με καθοδηγητή την τουριστική ανάπτυξη της περιοχής (Gormsen E., 1997).

1.2 Ο παράκτιος τουρισμός και η επέκταση της δόμησης

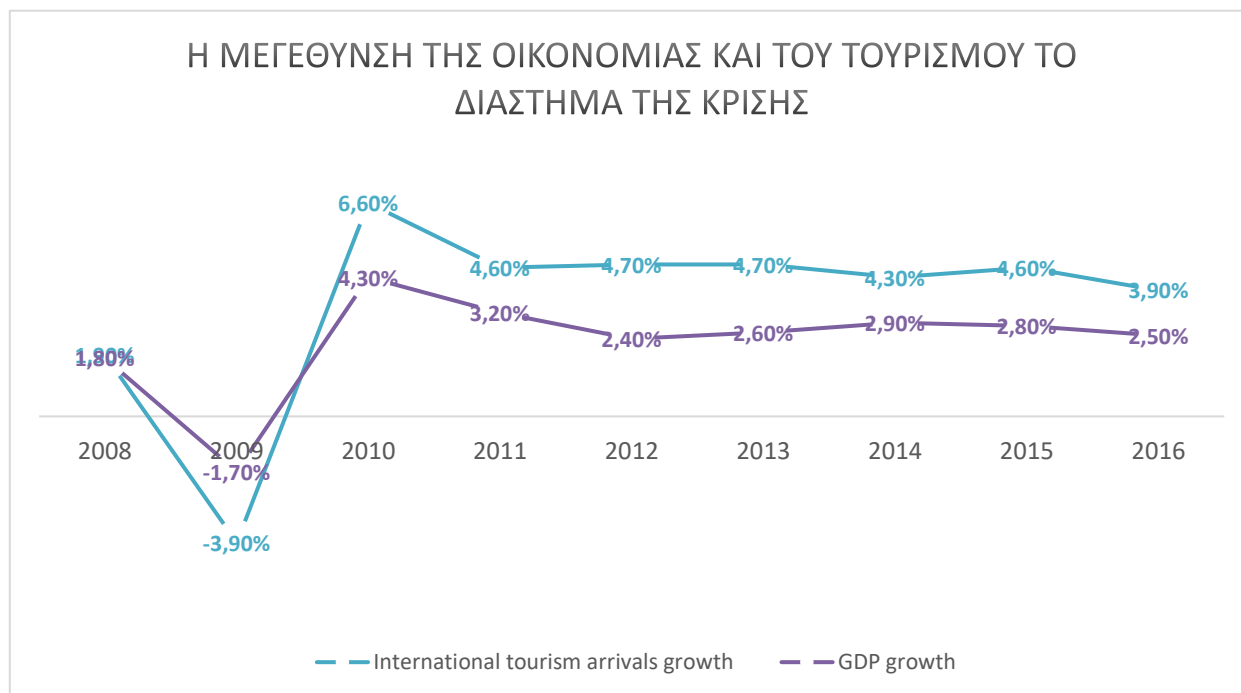
Το ανθρωπογενές περιβάλλον εξελίσσεται διαχρονικά και μετασχηματίζεται, ακολουθώντας την εξέλιξη της σχέσης του ανθρώπου με το περιβάλλον αφού το ίδιο αποτελεί την έκφραση αυτών των σχέσεων και των συστημάτων αξιών που τις διέπουν. Καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες διευρύνονται, το τεχνητό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται, επεκτείνεται με γρήγορους ρυθμούς.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 20ού αιώνα οι πόλεις επεκτάθηκαν με ιδιαίτερα γρήγορο και εντατικό ρυθμό. Η τεχνολογική πρόοδος και οι σύγχρονες υποδομές μεταφορών οδήγησαν στην ανάδυση νέων αστικών μορφών και χρήσεων γης. Το φαινόμενο της αστικοποίησης δεν είναι πλέον συνυφασμένο με την μεγέθυνση των πόλεων, αλλά αφορά τον εξωαστικό χώρο, το διαμορφωμένο από τον άνθρωπο περιβάλλον της υπαίθρου, τον αγροτικό χώρο και ακόμη πιο πρόσφατα στο πεδίο του σχεδιασμού, τον παράκτιο χώρο.

Η ανάγκη του αστικού πληθυσμού να εξακολουθεί να απολαμβάνει πρόσβαση σε εκτεταμένα φυσικά ή ημι-φυσικά τοπία έχει αναπτύξει διαφορετικές μορφές τουρισμού. Ειδικότερα, οι παραθαλάσσιοι προορισμοί κατά τους θερινούς μήνες γίνονται πόλος έλξης του λεγόμενου μαζικού τουρισμού. Η Νοτιοανατολική Μεσογειακή Ευρώπη, η οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής γι' αυτούς τους προορισμούς, κατέχει σχεδόν το 1/5 της παγκόσμιας αγοράς.

Ο τουρισμός στη μεταπολεμική περίοδο είναι ένας από τους πιο δυναμικούς και αναπτυσσόμενους τομείς της παγκόσμιας οικονομίας. Κατέχει παγκοσμίως την τέταρτη θέση ανάμεσα στις σημαντικότερες βιομηχανίες εξαγωγής αγαθών και υπηρεσιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε γενικές γραμμές η μεγέθυνση των διεθνών τουριστικών αφίξεων ξεπερνά σημαντικά την μεγέθυνση της οικονομίας όπως μετράται με το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Coccossis and Constantoglou 2006).

Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, ο οποίος έχει ως αφετηρία την αρχή της



Διάγραμμα 1: Συγκριτική μεγέθυνση της παγκόσμιας οικονομίας και του τουρισμού (2008-2016),
Πηγή: The World Bank

οικονομικής κρίσης, σε περιόδους όπου η μεγέθυνση της παγκόσμιας οικονομίας βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα και έχει πτωτική τάση, η μεγέθυνση του τουριστικού όγκου είναι ακόμη χαμηλότερη. Αντίθετα, σε περιόδους που η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, η μεγέθυνση του τουριστικού όγκου είναι ακόμη μεγαλύτερη. Επίσης, μετά το 2009 η τουριστική μεγέθυνση ακολουθεί εξαιρετικά σταθερή πορεία.

Ωστόσο, ο τουρισμός ως βιομηχανία έχει ένα βασικό χαρακτηριστικό που κάνει τη διαφορά με όλες τις άλλες βιομηχανίες: τα σημεία παραγωγής και κατανάλωσης συμπίπτουν χωρικά (Coccossis and Constantoglou 2006). Το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον αποτελούν την αρχική τουριστική προσφορά. Στον ίδιο το χώρο δηλαδή, που το τοπίου του γίνεται σημείο ενδιαφέροντος, αναπτύσσονται διαφορετικής φύσης και έντασης οικονομικές διεργασίες, οι οποίες έχουν αντίκτυπο στους φυσικούς και πολιτισμικούς του πόρους.

Σε πολλές περιοχές της Μεσογείου η αστικοποίηση τείνει να συσχετίζεται με τον παράκτιο τουρισμό και την επιχειρηματική δραστηριότητα στον τομέα των ακινήτων. Όπως επισημαίνει ο Harvey (1989, 2003), η αστικοποίηση στοχεύει στην εκ νέου επένδυση των πλεονασμάτων στον τομέα των ακινήτων, όταν οι προοπτικές των επιχειρήσεων αρχίσουν να μειώνονται στους τομείς στους οποίους έχει ήδη σημειωθεί συσσώρευση

Αυτή η διαδικασία στην Νοτιοανατολική Μεσογειακή Ευρώπη, λαμβάνει χώρο κυρίως στις ακτές, οι οποίες έχουν γίνει επιφάνειες κατάλληλες για οικοδόμηση, με ταχύτερο ρυθμό μεγέθυνσης σε σύγκριση με περιοχές της ενδοχώρας (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2006β). Η σχέση του μαζικού τουρισμού με τον παράκτιο χώρο ενθάρρυνε την αστικοποίηση και την αύξηση της τεχνητής επιφάνειας κατά μήκος των ακτών της Μεσογείου, προκαλώντας ισχυρές αρνητικές μεταβολές στο φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον αυτών των περιοχών. Κυριαρχία του τεχνητού έναντι του φυσικού περιβάλλοντος, κατακερματισμός των περιοχών, απώλεια βιοποικιλότητας και ενδιαιτημάτων. Οι ακτές γίνονται όλο και περισσότερο αλληλένδετες με την ενδοχώρα ενώ εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τον τουρισμό και τη δευτερεύουσα κατοικία.

Πιο συγκεκριμένα, όσο αφορά τις πιο ανεπτυγμένες νησιωτικές περιοχές των Κυκλάδων, ο πλούτος των πόρων (περιβαλλοντικών, πολιτιστικών και ιστορικών), η μεγάλη ποικιλία των προσφερόμενων υποδομών (που ικανοποιεί τουρίστες από διαφορετικές κοινωνικο-οικονομικές ομάδες) και η χωρική υπερσυγκέντρωση τουριστικών εγκαταστάσεων οδήγησαν: α) στην εκτίναξη των τιμών της γης (στις Κυκλάδες κατά 100-150 φορές από τη δεκαετία 1960) (Παλαιοκρασσάς 2004), β) στον υπερκορεσμό των υποδομών και δραστηριοτήτων, (σημαντικά προβλήματα στην κυκλοφορία), γ) στην άναρχη δόμηση, καθώς και δ) σε σημαντικές πιέσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

1.3 Ο παράγοντας της νησιωτικότητας

Το ζήτημα της επέκτασης του δομημένου περιβάλλοντος στον παράκτιο χώρο αποτελεί πλέον ένα φαινόμενο του οποίου οι προκλήσεις έχουν αναγνωριστεί. Ωστόσο, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής καθορίζουν τους όρους με τους οποίους συμβαίνει αυτή η επέκταση και τα χωρικά πρότυπα που δημιουργούνται.

Τα νησιά αποτελούν ιδιαίτερες περιπτώσεις καθώς χαρακτηρίζονται από σημαντικές χωρικές ιδιαιτερότητες και περιορισμούς. Η νησιωτικότητα, σύμφωνα με την υφιστάμενη βιβλιογραφία, είναι ένας παράγοντας που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη, τόσο του τομέα των ακινήτων όσο και του οικιστικού τουρισμού, σε κλίμακα που έχει πραγματοποιηθεί στον ηπειρωτικό χώρο.

Ωστόσο, η έννοια του νησιού είναι σχετική, διότι τα νησιωτικά χαρακτηριστικά μειώνονται όσο αυξάνεται το μέγεθος του νησιού (Jędrusik 2011, Baldacchino, 2004). Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλύτερο είναι το νησί, τόσο μικρότερο είναι το νησιωτικό του

χαρακτηριστικό, τόσο η εσωτερική του δομή όσο και η κοινωνική του συμπεριφορά πλησιάζουν τα πρότυπα των ηπειρωτικών περιοχών.

Κατ'αρχήν το περιορισμένο μέγεθος των νησιών και κατ' επέκταση ο μικρός πληθυσμός τους, δημιουργεί περιορισμούς στην οικονομική και οικιστική τους ανάπτυξη. Το μικρό μέγεθος συνεπάγεται περιορισμένη ποικιλία και ποσότητα φυσικών πόρων, μειώνοντας έτσι τις δυνατότητες για παραγωγικές δραστηριότητες ιδιαίτερα μεγάλης κλίμακας, μικρή αγορά, διάσπαρτη σε πολλές μικρές κοινότητες και απομονωμένη από γειτονικές αγορές και περιορισμένη φυσική, οικονομική και κοινωνική φέρουσα ικανότητα (Σπιλάνης Γ., et al, 2005).

Ομοίως, πολλοί οικονομολόγοι υποστήριξαν ότι ο νησιωτικός χαρακτήρας περιορίζει τον αριθμό των επιχειρήσεων που μπορούν να επιτύχουν οικονομίες κλίμακας. Με άλλα λόγια, η απομόνωση αποτελεί περιορισμό των επιπτώσεων των ηπειρωτικών επιρροών λόγω του κόστους μεταφοράς και του ανεπαρκούς μεγέθους για τη διατήρηση ενός ορισμένου επιπέδου οικονομικής και / ή βιολογικής ποικιλομορφίας (Pons A. and Rullan O., 2014).

Στο πλαίσιο αυτό, ο νησιωτικός χαρακτήρας νοείται ως φραγμός στην ελεύθερη κυκλοφορία και το εμπόριο, καθώς η γεωγραφική ασυνέχεια τη δυσχεραίνει. Ωστόσο, η εξάπλωση των αερομεταφορών και η προσφορά χαμηλού κόστους εισιτηρίων και η τεχνολογική ανάπτυξη έχει μειώσει τους χρόνους και τα κόστη των «αποστάσεων» μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας και των νησιών, της μόνιμης και της εποχικής κατοικίας κατ' επέκταση, θα μπορούσε υποστηρίξει κανείς.

Παρ' όλα αυτά μέσα από μια διαφορετική οπτική, η απομόνωση και τα υψηλά κόστη προσβασιμότητας μπορεί να μην είναι απαραίτητα περιορισμός αλλά ένα πλεονέκτημα των περιοχών να προστατεύσουν από τις ανθρώπινες πιέσεις τα ευαίσθητα οικοσυστήματα τους και την πολιτιστική τους φυσιογνωμία.

1.4 Καθορισμός του προβληματισμού και των στόχων της μελέτης

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω ο τουρισμός είναι ένας δυναμικός παράγοντας διαμόρφωσης του φαινομένου της αστικής διάχυσης, με επίκεντρο τον παράκτιο χώρο, στις χώρες της Μεσογείου. Οι διαδικασίες ανάπτυξης της αστικής επέκτασης και οι συνέπειες τους, μελετούνται διαχρονικά, ωστόσο το πως ο παράγοντας της νησιωτικότητας επηρεάζει αυτές τις διαδικασίες είναι σχετικά νεότερο αντικείμενο. Τα νησιά αποτελούν τα πλέον φυσικά και ευαίσθητα οικοσυστήματα, τα οποία εξαιτίας του μαζικού τουρισμού υφίστανται ισχυρές πιέσεις στο περιβάλλον και το τοπίο τους.

Οι συγκρούσεις μεταξύ οικιστικής ανάπτυξης, καλλιέργειας, τουρισμού, εξόρυξης και λοιπών δραστηριοτήτων, δημιουργούν υψηλό ανταγωνισμό μεταξύ των δυνατών χρήσεων γης. Στην ηπειρωτική χώρα η οικιστική ανάπτυξη συγκεντρώνεται γύρω από υπάρχουσες εγκαταστάσεις κατά μήκος παράκτιων δρόμων, εισχωρώντας σε φυσικές εκτάσεις. Παράλληλα, η ενδοχώρα και η χαμηλής αξίας αγροτική γη σταδιακά εγκαταλείπονται, προκαλώντας πολλές φορές διάβρωση και ερημοποίηση του εδάφους και συνεπώς καταστρέφοντας τις ήδη περιορισμένες αναπτυξιακές επιλογές.

Αυτό που παρατηρείται διαχρονικά στο νησιωτικό χώρο είναι η αυξανόμενη τάση αντικατάστασης της φυσικής με τεχνητή κάλυψη και συγκεκριμένα, μετατροπή αγροτικών φυσικών εκτάσεων σε δομημένη γη για την κάλυψη αναγκών σε παραθεριστική κατοικία και τουριστική υποδομή. Ακόμη και στα νησιά με μικρό ποσοστό τεχνητών εκτάσεων, δόμηση τείνει να συγκεντρώνεται στον παράκτιο χώρο, με σοβαρές επιπτώσεις στο τοπίο και τα παράκτια οικοσυστήματα. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του νησιωτικού τοπίου και τη σταδιακή μετατροπή του σε μορφές αστικού τύπου.

Η διαχείριση των νησιωτικών οικοσυστημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και την οργάνωση των χρήσεων γης και βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με τη διαχείριση και προστασία της παράκτιας ζώνης, η οποία υφίσταται τις μεγαλύτερες οικιστικές πιέσεις (UNSD, 1994). Υπό αυτό το πρίσμα καθίσταται αναγκαία η τροφοδότηση των μηχανισμών άσκησης πολιτικής και σχεδιασμού με ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία που αφορούν την οικοδομική δραστηριότητα.

Οι βασικές πηγές πληροφόρησης για την οικοδομική δραστηριότητα στην Ελλάδα είναι αφενός η ανά δεκαετία απογραφή κτηρίων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ), αφετέρου οι πίνακες της νόμιμης οικοδομικής δραστηριότητας που ενημερώνονται μηνιαίως από την ΕΣΥΕ σχετικά με την αδειοδοτούμενη (αλλά όχι απαραίτητα πραγματοποιούμενη) οικοδομική δραστηριότητα, συγκεντρώνοντας στοιχεία από τα πολεοδομικά γραφεία της χώρας.

Ωστόσο, η πληροφορία τέτοιων στοιχείων τείνει να συρρικνώνεται, όσο αφορά μικρότερες χωρικές και διοικητικές ενότητες από αυτές της Περιφερειακής Ενότητας και του Δήμου, όπως για παράδειγμα τα Δημοτικά Διαμερίσματα, οι οικισμοί, κ.α. Η έλλειψη πληροφορίας είναι ακόμη μεγαλύτερη όσο αφορά ποιοτικά στοιχεία της οικοδομικής δραστηριότητας στην εκάστοτε περιοχή. Τέτοια στοιχεία είναι το κατά πόσο μια κατασκευή

εγκρίνεται σε περιοχές εντός ή εκτός σχεδίου, το αν βρίσκεται εντός περιοχών ιδιαίτερης οικολογικής αξίας ή πόσο απέχει από αυτές, όπως πχ. NATURA και ακτές.

Η ανάπτυξη των Γεωγραφικών Συστημάτων πληροφοριών και της τηλεπισκόπησης, έχει αναδείξει ένα σημαντικό ερευνητικό αντικείμενο που έρχεται να καλύψει αυτό το κενό. Οι δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης και οι τεχνικές επεξεργασίας τους, επιτρέπουν την εξαγωγή χωρικής πληροφορίας για τις καλύψεις γης και τα μοτίβα οικιστικής ανάπτυξης. Επιπλέον, ένα πλήθος τεχνικών έχουν αναπτυχθεί ώστε η αποτύπωση των χρήσεων-καλύψεων γης ενδιαφέροντος (αστική επιφάνεια, βλάστηση, δρόμοι, κτλ), να επιτυγχάνει μεγαλύτερη ακρίβεια. Συνεπώς, η στοχοθεσία της παρούσας μελέτης διαμορφώνεται ως εξής:

- ➡ Την διερεύνηση μιας μεθοδολογίας αποτελεσματικής στην αποτύπωση της επέκτασης του δομημένου περιβάλλοντος και της ανίχνευσης αλλαγών και
- ➡ Την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την ανάπτυξη και τις επιπτώσεις της αστικής διάχυσης στο πλαίσιο ενός ταχέως αναπτυσσόμενου τουριστικού νησιού μεσαίου μεγέθους

2. Θεσμικό πλαίσιο

2.1 Το θεσμικό πλαίσιο προστασίας του παράκτιου χώρου

2.1.1 Εννοιολογική προσέγγιση του παράκτιου χώρου

Ο προσδιορισμός του παράκτιου χώρου αν και αποτελεί μια αυτόνομη έννοια, στην πραγματικότητα δεν είναι και τόσο απλός. Μέχρι και σήμερα έχουν διατυπωθεί πολλοί ορισμοί και αρκετές θεωρητικές προσεγγίσεις, από διαφορετικά επιστημονικά πεδία και οργανισμούς, για την ακριβή οριοθέτηση και ερμηνεία του χώρου αυτού. Τα κοινά χαρακτηριστικά που μπορεί να εντοπίσει κανείς στις προσπάθειες προσδιορισμού της έννοιας, είναι ότι ο παράκτιος χώρος συγκροτείται από χερσαίο και θαλάσσιο τμήμα.

Όπως φαίνεται στην διεθνή βιβλιογραφία, τα όρια της παράκτιας ζώνης δεν είναι αυστηρά καθορισμένα αλλά εξαρτώνται από το σκοπό που εξυπηρετεί στην εκάστοτε περίπτωση μελέτης. Η έκταση της παράκτιας ζώνης οριοθετείται ως μια συνεχής έκταση κατά μήκος της ακτής έως 10 μ. από το ύψος της θάλασσας, περιοχή που αντιστοιχεί για αρκετές περιοχές στα 100 χλμ. μήκος από την ακτή (Anderson B., Balk D. & McGranahan G., 2007).

Νωρίτερα, στη διεθνή βιβλιογραφία η οριοθέτησης της παράκτιας ζώνης εμφανίζεται είτε στα 100 χλμ. από την ακτή είτε έως την ισοϋψή των 50 μ. , ανάλογα με την έκταση που βρισκόταν πιο κοντά στη θάλασσα (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Σύμφωνα με μία άλλη προσέγγιση, οι επιστήμονες οριοθετούν τον παράκτιο χώρο μεταξύ της υψομετρικής καμπύλης των 200 m και της ισοβαθούς των 200 m, κάτι που αντιπροσωπεύει το 18% της επιφάνειας της γης (Πούλος, 1998).

Στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Παράκτιων Ζωνών (ICZM) στην Ευρώπη, η Κομισιόν σε συνεργασία με το Ινστιτούτο για το Περιβάλλον και την Αειφορία (IES), δημοσίευσε μια έκθεση για το αντίκτυπο των πολιτικών στις Ευρωπαϊκές παράκτιες ζώνες. Για τις ανάγκες αυτής της έρευνας, οριοθετήθηκε μια Ευρωπαϊκή Παράκτια Ζώνη με έμφαση στην παράμετρο των καλύψεων-χρήσεων γης. Ειδικότερα, τα κριτήρια οριοθέτησης περιλάμβαναν τη δημιουργία μιας περιμετρικής ζώνης (buffer) 10 χλμ. από την ακτογραμμή και μια επιπλέον περιμετρική ζώνη 2 χλμ. από την συνένωση 5 κατηγοριών κάλυψης γης Corine (Lavalley C., Gomes R.C., etc., 2011) .

Η συντριπτική πλειοψηφία των επιχειρησιακών ορισμών των παράκτιων περιοχών χρησιμοποιεί, ως κύριο κριτήριο χαρακτηρισμού, την απόσταση από την ακτογραμμή. Ο

παράκτιος χώρος γίνεται αντιληπτός ως αποτέλεσμα του συνδυασμού του πλάτους και της υψομετρικής διαφοράς από το μηδενικό επίπεδο αναφοράς, με επίκληση των ισοϋψών και ισοβαθών καμπυλών. Άλλα κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα διοικητικά όρια, τα όρια των οικοσυστημάτων, η δυνατότητα οπτικής επαφής, κ.α. (Κιουσόπουλος, 1999).

Σε κάθε περίπτωση, η έννοια του παράκτιου χώρου, του χώρου δηλαδή στον οποίο το χερσαίο περιβάλλον επηρεάζει το θαλάσσιο και αντίστροφα, είναι πιο ρευστή σε γεωγραφικό περιεχόμενο. Είναι μεταβλητού εύρους, που μπορεί επίσης να μεταβάλλεται με το χρόνο. Η οριοθέτηση των παράκτιων ορίων δεν είναι εύκολα δυνατή ενώ συνήθως τα όρια αυτά προσδιορίζονται από τη μεταβολή ή αλλαγή του περιβάλλοντος (ΥΠΕΧΩΔΕ & Πανεπιστήμιο Αιγαίου 1995:4, από R. Carter, 1988)

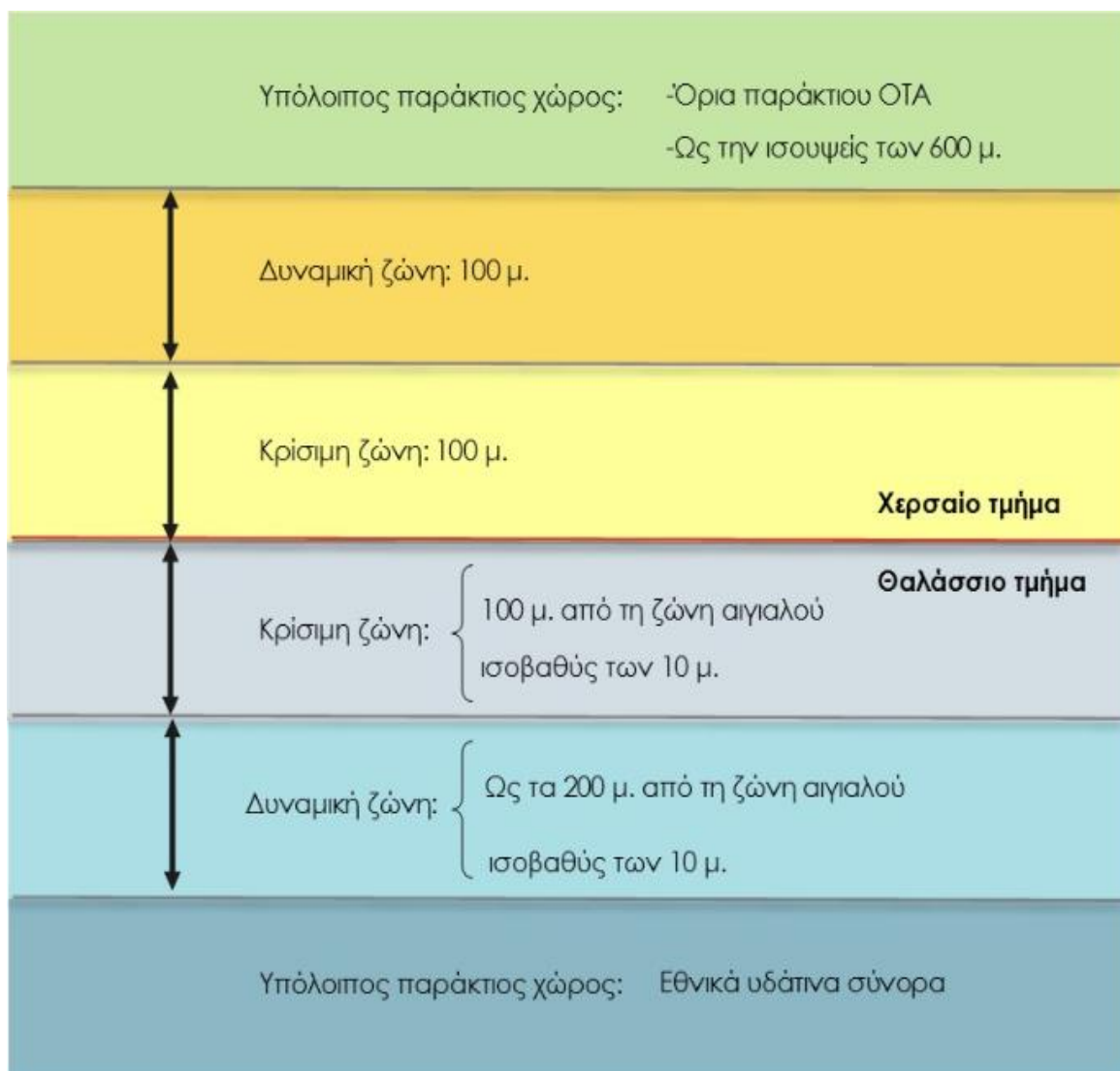
Στην Ελλάδα, σύμφωνα με το μη θεσμοθετημένο ΕΠΧΣΑΑ για τον παράκτιο και νησιωτικό χώρο, ως παράκτιος χώρος ορίζεται «ο γεωμορφολογικός χώρος εκατέρωθεν της ακτογραμμής, όπου εκδηλώνεται διαδραστικά η σχέση μεταξύ θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος, μέσω των σύνθετων οικολογικών συστημάτων που περιλαμβάνουν βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες. Πρόκειται για μεταβατική ζώνη μεταβλητού πλάτους που αποτελεί, ταυτόχρονα, ζωτικό χώρο ανθρώπινων κοινωνιών και κοινωνικο-οικονομικών δραστηριοτήτων».

Το ΕΠΧΣΑΑ προσδιορίζει εντός του παράκτιου χώρου τρεις χωρικές ζώνες διαχείρισης, οι οποίες αποτελούνται και από θαλάσσιο και από χερσαίο τμήμα (βλ. Εικόνα 1). Οι ζώνες αυτές προκύπτουν με βάση φυσικογεωγραφικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά.

Η κρίσιμη ζώνη, η οποία εκτείνεται από την ισοβαθή των 10 μ. έως και 100 μ. από την ακτογραμμή, αποτελεί το πλέον ευαίσθητο περιβαλλοντικά κομμάτι του παράκτιου χώρου. Αυτός ο χώρος που βρίσκεται στο μεταίχμιο μεταξύ ξηράς και θάλασσας δέχεται πολύ σημαντικές πιέσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Από το όριο της κρίσιμης ζώνης εκτείνεται η δυναμική ζώνη για άλλα 100 μ. Στο χερσαίο τμήμα της και μέχρι την ισοβαθή των 50 μέτρων στο θαλάσσιο τμήμα της.

Η υπόλοιπη παράκτια ζώνη στο θαλάσσιο τμήμα της εκτείνεται από το εξωτερικό όριο της δυναμικής ζώνης μέχρι τα όρια των χωρικών υδάτων. Το χερσαίο τμήμα ταυτίζεται με τον χώρο που μένει από την αφαίρεση της κρίσιμης και δυναμικής ζώνης από το συνολικό παράκτιο χώρο, όπως εκείνος έχει οριστεί στην κάθε περιοχή. Η συγκεκριμένη ζώνη είναι ιδιαίτερα σημαντική και κρίσιμη για το σχεδιασμό του παράκτιου χώρου. Αφενός αποτελεί μια

ζώνη μετάβασης με την ενδοχώρα συγκεντρώνοντας πληθώρα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως ο τουρισμός, η αστική ανάπτυξη, η βιομηχανία κ.α., ενώ επηρεάζει άμεσα τις άλλες δύο ζώνες οι οποίες είναι περιβαλλοντικά πιο ευαίσθητες.



Εικόνα 1 : Η χωρική δομή του παράκτιου χώρου, Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

2.1.2 Το Θεσμικό πλαίσιο ανάπτυξης του παράκτιου χώρου

Στην Ελλάδα το ζήτημα του σχεδιασμού του παράκτιου χώρου είναι κρίσιμο, αφού για κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο της έκτασης της χώρας αντιστοιχούν 113 μέτρα ακτής (Μπεριάτος & Παπαγεωργίου, 2013). Το τεράστιο μήκος της ελληνικής ακτογραμμής οφείλεται κυρίως στα πολυάριθμα νησιά των οποίων οι ακτογραμμές αποτελούν περίπου το 73% της συνολικής ακτογραμμής ενώ το υπόλοιπο 27% αναφέρεται στις ακτές της ηπειρωτικής Ελλάδας και της Πελοποννήσου.

Πριν την επισκόπηση του θεσμικού πλαισίου, είναι σημαντικό να γίνει μια αναφορά στην έννοια του αιγιαλού. Ο αιγιαλός ορίζεται ως η χερσαία ζώνη που περιβάλλει τη θάλασσα και βρέχεται από τα μέγιστα αλλά συνηθισμένα κύματα το χειμώνα. Το πλάτος της ζώνης του αιγιαλού, που θεωρείται κοινόχρηστος, εξαρτάται από την τοπογραφία της ακτής, την παλίρροια, το μήκος της προ του αιγιαλού ανοικτής θάλασσας καθώς και από την ένταση και τη διεύθυνση των ανέμων. Θεσμικά αυτή η ζώνη οριοθετείται στα 10-30 μέτρα από την ακτογραμμή, και χαράσσεται ξεχωριστά για κάθε τμήμα μιας περιοχής. Μέσα στα όρια αυτής της ζώνης απαγορεύεται εξ ολοκλήρου η δόμηση. Περίπου στο 23% της συνολικής ακτογραμμής έχει καθοριστεί ζώνη αιγιαλού και παραλίας.

Η πρώτη νομοθετική ρύθμιση που να αφορά την παράκτια ζώνη, η οποία δεν αναφέρεται στον πίνακα της Εθνικής Έκθεσης για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών (βλ. Πίνακας ...), έγινε με το Ν. 2344/1940 (ΦΕΚ 154/Α/1940) «περί αιγιαλού και παραλίας». Ο νόμος αυτός καθόριζε κυρίως την επιτρεπτή απόσταση δόμησης από τον αιγιαλό, την κατεδάφιση αυθαίρετων κτισμάτων, τις διόδους προς την παραλία αλλά και την διαδικασία περιφράξεων των παράκτιων οικοπέδων σε ζώνη απόστασης 50 μέτρων.

N. 1337/ 1983	Χωρικός και αστικός σχεδιασμός
N. 1650/ 1986	Προστασία του περιβάλλοντος
N. 2242/ 1994	Πολεοδόμηση περιοχών δεύτερης κατοικίας και ζώνες οικιστικού ελέγχου. Προστασία φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις
N. 2508/ 97	Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη των πόλεων και οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις
ΚΥΑ (33318/ 3028/1998)	Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων (ενδιαιτημάτων) καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας
N. 2742/ 1999	Χωροταξικός σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις
N. 2791/ 2001	Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις
N. 3028/ 2002	Για την προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς
N. 3201/ 2003	Αποκατάσταση, προστασία και ανάδειξη του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος των νησιών που υπάγονται στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Αιγαίου
N. 3199/ 2003	Προστασία και διαχείριση των υδάτων- Εναρμόνιση με την οδηγία 2000/ 60/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23 ^{ης} Οκτωβρίου 2000

Πίνακας 1 : Βασικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, Πηγή: Ministry of the Environmental, Physical Planning and Public Works, 2006

Ο αμέσως επόμενος πολύ σημαντικός νόμος είναι ο Ν.1337/1983, ο οποίος εισήγαγε την έννοια των Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) και των περιφράξεων σε ζώνη 500 μέτρων από τον αιγιαλό για την εξασφάλιση της ελεύθερης πρόσβασης των κατοίκων στην ακτή. Την περίοδο 1983-1993 θεσμοθετήθηκαν συνολικά 55 ΖΟΕ με 45 από αυτές να αφορούν παράκτιες περιοχές (Μπεριάτος & Παπαγεωργίου, 2013). Προβλεπόταν επίσης, η κατεδάφιση κτιρίων στην περιοχή του αιγιαλού και η απαγόρευση ανέγερσης νέων (εντός της ζώνης των 50 μ. δηλαδή).

Αξίζει να σημειωθεί, πως ο συγκεκριμένος νόμος αντιμετώπιζε το ζήτημα της συμμετοχής των ιδιοκτησιών στην εισφορά, με κοινωνικά και όχι αντικειμενικά κριτήρια (ανάλογα με το εμβαδό της ιδιοκτησίας). Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί το πλαίσιο διαχείρισης της αυθαίρετης δόμησης. Η στρατηγική επιλογή του νόμου να δώσει προτεραιότητα στις περιοχές αυθαιρέτων και οι μικρότερες εισφορές των αυθαιρέτων ιδιοκτησιών, ευνόησαν το φαινόμενο της αυθαίρετης δόμησης στην Ελλάδα.

Ο Ν. 1650/1986 περιλάμβανε γενικές ρυθμίσεις που αφορούσαν την προστασία του περιβάλλοντος, αποσκοπώντας στη θέσπιση κανόνων και μηχανισμών γι' αυτό το σκοπό. Ειδικότερα, αναφέρεται στην «προστασία των ακτών των θαλασσών, των οχθών των ποταμών, των λιμνών, του βυθού αυτών και των νησίδων ως φυσικών πόρων, ως στοιχείων οικοσυστημάτων και ως στοιχείων του τοπίου».

Ο 2242/1994 έρχεται να οριοθετήσει την οργανωμένη παραθεριστική κατοικία εντός των Ζ.Ο.Ε., όπως προαναφέρθηκαν, ορίζοντας δύο φάσεις στο σχεδιασμό τους. Το Σχέδιο Ανάπτυξης Περιοχών δεύτερης Κατοικίας (ΣΧΑΠ) με το οποίο δίνονται οι κατευθύνσεις της πολεοδόμησης και η Πολεοδομική Μελέτη η οποία ολοκληρώνει της ρυθμίσεις με τη σύνταξη Πράξεων Εφαρμογής.

Το πλαίσιο των κατευθύνσεων που δίνει ο νόμος στοχεύει στη διαφύλαξη της γεωργικής γης υψηλής παραγωγικότητας, στην ισόρροπη λειτουργία των χρήσεων γης στις ακτές, προστατεύοντας την μορφολογία και το τοπίο τους. Ο σχεδιασμός δεσμεύεται από το καθεστώς των προστατευόμενων περιοχών και των παραδοσιακών οικισμών. Εδική αναφορά γίνεται στη σύσταση για κατά κόμβους ανάπτυξη των παραλιακών οικισμών.

Στην ουσία το ΣΧΑΠ αποτελεί προϊόν της έλλειψης γενικευμένου σχεδιασμού των χρήσεων γης. Και τα δύο αποτελούν αποσπασματικά υποκατάστατα “κανονικών ” σχεδίων χρήσεων γης του υπαίθριου χώρου, και εκπονούνται σε εκτός σχεδίου περιοχές με στόχο την αναζήτηση και χωροθέτηση οικισμών παραθεριστικής κατοικίας όταν δεν προϋπάρχει σχέδιο χρήσεων γης. (Οικονόμου,2004β)

Με το Ν. 2508/1997 για τη «Βιώσιμη αστική ανάπτυξη των πόλεων και των οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις», ενισχύεται η σημασία των ζωνών προστασίας με την δημιουργία ενός νέου εργαλείου διευθέτησης του παράκτιου χώρου, αναφερόμενες τόσο σε μη ή προς πολεοδόμηση περιοχές. Η εκπόνηση Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (ΓΠΣ) με

αναφορά την οικιστική ενότητα γίνεται υποχρέωση για κάθε ΟΤΑ, δεσμεύοντας με το πλαίσιο του την ιδιωτική πολεοδόμηση και καταργώντας την προνομιακή αντιμετώπιση της αυθαίρετης δόμησης, σε σχέση με τους προηγούμενους νόμους (Χριστοφιλόπουλος, 2002)

Ο Ν. 2971/2001 με περιεχόμενο «Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις», έρχεται να αντικαταστήσει το Ν. 2344/1940. Η αντικατάσταση του νόμου είναι αναγκαία εξαιτίας των διαχρονικών μετασχηματισμών που προκύπτουν λόγω των διαδοχικών πιέσεων που δέχεται ο παράκτιος χώρος (Σταματίου, 2003).

Βασικό περιεχόμενο του Νόμου είναι η επισήμανση του κοινόχρηστου χαρακτήρα των ακτών και της ελεύθερης και ακώλυτης πρόσβασης των πολιτών προς αυτές (άρθρο 2). καθορίζονται ειδικές περιπτώσεις υποχρεωτικής χάραξης των ορίων του αιγιαλού και της παραλίας όπως η έγκριση ή επέκταση των σχεδίων, πριν από την εκτέλεση συγκοινωνιακών έργων, πριν την έκδοση οικοδομικών αδειών που απέχουν μέχρι 100 μέτρα από την ακτογραμμή (άρθρο 8). Σημαντικός είναι επίσης ο ορισμός ζωνών Λιμένα καθώς αποτελούν ειδικές υποδομές που εγκαθίστανται σε ευαίσθητες περιοχές που τυγχάνουν ειδικής αντιμετώπισης.

Μεταγενέστερος νόμος, με ιδιαίτερη σημασία για την ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών, είναι ο Ν.3937/2011 για την «Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις». Ο συγκεκριμένος νόμος ορίζει την παράκτια και την κρίσιμη ζώνη και περιγράφει τον τρόπο οριοθέτησης αυτών των ζωνών, καθώς και τις επιτρεπόμενες χρήσεις εντός αυτών των ζωνών. Αξιοσημείωτο είναι πως η μη έκδοση τέτοιων Π.Δ. στη συνέχεια, για κάποια παράκτια περιοχή της Ελλάδας, άφησε ουσιαστικά τον νόμο ανενεργό. (Αποστολάκης, 2012)

Τέλος, ο πλέον πρόσφατος Ν.4467/2017, «Τροποποιήσεις διατάξεων της δασικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις», ο οποίος τροποποιεί την παραχώρηση της απλής χρήσης αιγιαλού, παραλίας ή παρόχθιας ζώνης όπως αυτό οριζόταν στο Ν. 2971/2001. Πιο συγκεκριμένα ορίζει πως «η παραχώρηση της απλής χρήσης του αιγιαλού και της παραλίας γίνεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών έναντι ανταλλάγματος, κατά τις διατάξεις για την εκμίσθωση δημόσιων κτημάτων».

2.1.3 Το Κοινοτικό και Ευρωπαϊκό πλαίσιο για την προστασία του παράκτιου χώρου

Στα πλαίσια της διεθνοποίησης της οικονομίας και των επιμέρους πολιτικών καθώς και της πορείας της Ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης, έχουν παραχθεί διάφορα διακηρυκτικά και κανονιστικά κείμενα που να αφορούν το περιβάλλον και τον παράκτιο χώρο ειδικότερα. Κυρίαρχες μορφές αποτελούν οι Διεθνείς Συμβάσεις, τα Σύμφωνα και τα Πρωτόκολλα τα οποία επικυρώνονται από τα κράτη και το περιεχόμενο τους γίνεται δεσμευτικό όταν εναρμονιστούν στο κάθε εθνικό νομικό πλαίσιο.

Διάταγμα 191/1974	Επικύρωση της Συνθήκης Ramsar για τους υγρότοπους, 1971
N. 855/1978	Επικύρωση της Συνθήκης των Ηνωμένων Εθνών για την προστασία της Μεσογείου, Βαρκελώνη 1976
N. 1335/1983	Επικύρωση της Συνθήκης της Βέρνης για τη Διατήρηση της Άγριας Ζωής και του Φυσικού Περιβάλλοντος της στην Ευρώπη, 1979
N.1634/1986	Επικύρωση του Πρωτοκόλλου σχετικά με τις Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές στη Μεσόγειο
N. 2321/1995	Επικύρωση της Συνθήκης σχετικά με το Νόμο της Θάλασσας, 1982
N. 2204/1994	Επικύρωση της Συνθήκης των Ηνωμένων Εθνών για τη βιοποικιλότητα, 1993

Πίνακας 2 : Νόμοι που επικυρώνουν Διεθνείς Συμβάσεις, Συμφωνίες και Πρωτόκολλα, Πηγή: Ministry of the Environmental, Physical Planning and Public Works, 2006

Το ζήτημα της διαχείρισης του παράκτιου χώρου αρχίζει να απασχολεί τη διεθνή κοινότητα από τη δεκαετία του 1990. Το 1992 στο Ρίο η Σύνοδος Κορυφής του ΟΗΕ καταλήγει στη δημοσίευση της «Ατζέντας 21», μέσα στην οποία υιοθετείτε η ανάγκη για μια βιώσιμη και ολοκληρωμένη διαχείριση του χώρου και πιο συγκεκριμένα του παράκτιου.

Η ανάγκη ωστόσο για μια ενιαία Ευρωπαϊκή πολιτική καθίστατο όλο και περισσότερο έντονη και το έτος 1997 καταρτίστηκε το πρόγραμμα της ολοκληρωμένης Διαχείρισης για την παράκτια ζώνη (Ο.Δ.Π.Ζ) (Integrated Coastal Zone Management – I.C.Z.M). Η Ο.Δ.Π.Ζ. είναι η διαδικασία η οποία διαμορφώνεται από τη συμμετοχή των κοινοτήτων, της διοίκησης, της επιστήμης και του δημοσίου συμφέροντος και στοχεύει στην προστασία και ανάπτυξη των παράκτιων οικοσυστημάτων και πόρων (Βίττης, 2004).

Σε αυτό το κείμενο αναγνωρίζονται τα γενικά προβλήματα που εμφανίζονται στις παράκτιες ζώνες της Ευρώπης (θαλάσσια και χερσαία τμήματά τους), όπως «η αυξημένη χρήση των παράκτιων και των θαλάσσιων ζωνών, καθώς και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, των κινδύνων φυσικών καταστροφών και της διάβρωσης», παρουσιάζοντας την επιτακτική ανάγκη για «ολοκληρωμένη και συνεκτική διαχείριση ώστε να διασφαλιστεί η αειφόρος ανάπτυξη και η διατήρηση των παράκτιων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων για τις μελλοντικές γενιές» (Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, 2013).

Το 2008 υπογράφεται το πρώτο νομικό δεσμευτικό-ρυθμιστικό κείμενο διεθνούς συνεργασίας για την διαχείριση των παράκτιων περιοχών (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008), από 21 χώρες (και της Ελλάδας) το Πρωτόκολλο ICZM για τη Μεσόγειο. Το Πρωτόκολλο «περιλαμβάνει, ως νομική υποχρέωση, αρχές μεγάλης αξίας για τον σχεδιασμό, όπως η προσέγγιση ανά οικοσύστημα (διαχείριση πέρα από τα διοικητικά όρια), ο καθορισμός μη δομήσιμης ζώνης (με μια ευελιξία στον προσδιορισμό της όταν απαιτείται), ο συντονισμός και η σύμπραξη μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων συνεργατών και σε όλα τα επίπεδα (εθνικό, περιφερειακό, τοπικό), τόσο για τον σχεδιασμό, όσο και για την εφαρμογή, η διεπιστημονική προσέγγιση, η ευελιξία των ενεργειών με βάση τα γεωμορφολογικά και άλλα τοπικά χαρακτηριστικά» (Μουρμούρη, 2010).

Συμπερασματικά, περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η διαχείριση και η προστασία του παράκτιου χώρου, απαιτούν μια διακρατική συντονισμένη αντιμετώπιση. Ωστόσο, το διαφορετικό εθνικό νομικό πλαίσιο και η γενικότερη πολιτική που ακολουθεί το κάθε κράτος, οδηγούν πολλές φορές σε ετεροχρονισμένη ενεργοποίηση των διεθνών συμβάσεων και των πρωτοκόλλων τους. Επομένως, η επίσπευση των διαδικασιών επικύρωσης και εφαρμογής των διεθνών συμβάσεων και πρωτοκόλλων, είναι ο βασικός παράγοντας για την εφαρμογή των διεθνών πρωτοβουλιών για το περιβάλλον και κατά επέκταση για την ΟΔΠΖ.

2.2 Θεσμικό πλαίσιο για την δόμηση

2.2.1 Θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση

Το θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση αποτελεί το βασικό εργαλείο για τον έλεγχο και τη ρύθμιση της χωροθέτησης οικιστικών και αναπτυξιακών δραστηριοτήτων στον περιαστικό, εξωαστικό και αγροτικό χώρο. Στην ουσία αφορά όλες εκείνες τις εκτάσεις οι οποίες δεν συμπεριλαμβάνονται εντός ορίων κάθε μορφής πολεοδομικού (εγκεκριμένο ρυμοτομικό ή πολεοδομικό σχέδιο ή σχέδιο πόλης ή πολεοδομική μελέτη) ή χωροταξικού σχεδίου και δεν τελούν υπό ιδιαίτερο καθεστώς προστασίας.

Ο γενικός όρος 'εκτός σχεδίου' αναφέρεται στις περιοχές που δεν έχουν ρυμοτομικό σχέδιο, δεν έχουν οριοθετηθεί ως περιοχές για τις οποίες προγραμματίζεται η σύνταξη ρυμοτομικού σχεδίου, βρίσκονται έξω από τα όρια 'των νομίμως υφισταμένων προ του έτους 1923 οικισμών των στερουμένων ρυμοτομικού σχεδίου' και έξω από τα όρια οικισμών κάτω από 2.000 κατοίκους και έχουν προκύψει είτε από νόμιμη είτε από αυθαίρετη δόμηση.

Η εκτός σχεδίου δόμηση δεν είναι ομοιογενής αλλά περιλαμβάνει ένα σύνολο επιμέρους συνιστωσών. Ανάλογα με τη φύση της κάθε περιοχής ισχύουν επιμέρους ειδικές διατάξεις που διαφοροποιούν το καθεστώς που ισχύει εντός του εξωαστικού χώρου. Σύμφωνα με τον Οικονόμου (2007) το νομικό καθεστώς για τον εξωαστικό χώρο διακρίνεται στις περιοχές που ισχύει η γενική νομοθεσία περί εκτός σχεδίου δόμησης, η οποία αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων (42-52%), στις δασικές εκτάσεις (25-35%), στις περιοχές με σχέδια χρήσεων γης (8%) και στις περιοχές με ειδικούς όρους δόμησης ή ειδικά καθεστώτα (5%).

Η πρώτη θεσμική διάκριση των περιοχών εντός και εκτός «σχεδίου πόλεως» έγινε με την θεσμοθέτηση του νομοθετικού διατάγματος του 1923 (ΦΕΚ 228Α / 16.08.1923). Με το περιεχόμενο του ορίζονταν οικιστικές ζώνες περιμετρικά των οικισμών και κανονισμοί για τη δόμηση εντός και εκτός των ορίων των ζωνών αυτών. Με το Π.Δ. του 1928 (ΦΕΚ 231Α / 4.11.1928) ορίζεται αρτιότητα των οικοπέδων, προϋπόθεση δηλαδή για την οικοδομησιμότητα του οικοπέδου, των 4.000 τμ (4 στρ.) εκτός ζώνης.

Ο γενικός όρος δόμησης των γηπέδων, που βρίσκονται εκτός των σχεδίων πόλεων ή εκτός των ορίων οικισμών, που ισχύει μέχρι σήμερα απορρέει από το Π.Δ. 24.05.1985 (ΦΕΚ 270Δ/31.05.1985). Ο κανόνας που ισχύει, εφόσον δεν ορίζεται διαφορετικά για την εκάστοτε περιοχή από ειδικές διατάξεις, είναι ο εξής:

- ➔ Ελάχιστο εμβαδό γηπέδου τέσσερις χιλιάδες (4.000) τμ.
- ➔ Πρόσωπο σε κοινόχρηστο δρόμο 25 μέτρα.

Με το άρθρο 10 (ρυθμίσεις για τη δόμηση σε γήπεδα εκτός σχεδίου) του Ν. 3212/2003 (ΦΕΚ Α 308/31.12.2003), ο κανονισμός γίνεται ακόμη πιο ελαστικός εφόσον προβλέπει πως για γήπεδα προϋφιστάμενα του 2013 δεν είναι απαραίτητο να διαθέτουν πρόσωπο σε κοινόχρηστο χώρο, εφόσον έχουν ελάχιστο εμβαδόν τα 4 στρέμματα. Επιπλέον, γήπεδα που έχουν πρόσωπο σε διεθνείς, εθνικές, επαρχιακές, δημοτικές και κοινοτικές οδούς καθώς και σε εγκαταλειμμένα τμήματά τους και σε σιδηροδρομικές γραμμές, επιτρέπεται η δόμηση εφόσον έχουν ελάχιστο πρόσωπο σαράντα πέντε (45) μ. Και ελάχιστο βάθος πενήντα (50) μ.

Ένα ζήτημα που δημιουργεί η ισχύουσα νομοθεσία είναι η κατάχρηση των διατάξεων που επιτρέπουν την παρόδια δόμηση σε περιοχές εκτός σχεδίου. Με τη διάνοιξη ενός δρόμου και το χαρακτηρισμό τους ως κοινοτικού ή δημοτικού είναι δυνατό να καταστρατηγούνται όλοι οι περιορισμοί των διατάξεων για την έτος σχεδίου δόμηση όπως οι απαγορεύσεις δόμησης ειδικών κτιρίων, οι μεγάλες κατατμήσεις και η διατήρηση της γης για γεωργική εκμετάλλευση (Καλόκαρδου Ρ., 1995)

Όσο αφορά τις περιοχές NATURA, για όσα γήπεδα δημιουργούνται μετά των Μάρτιο του 2011, πρέπει για να οικοδομήσει κανείς να είναι κύριος τουλάχιστον 10 στρεμμάτων. Επίσης κατά παρέκκλιση χτίζονται και τα αγροτεμάχια μέχρι των 4 στρεμμάτων, που προϋπάρχουν της παραπάνω ημερομηνίας.

Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις (άρ. 7 Ν.4269/14, 4447/2017) των νέων Τοπικών Χωρικών Σχεδίων (ΤΧΣ), τα οποία έπονται της κατάργησης των ΓΠΣ, διατηρείται η εκτός σχεδίου δόμηση, τουλάχιστον έως την ολοκλήρωση των πολεοδομικών σχεδίων σε κάθε έναν από τους 325 δήμους της χώρας. Θα υπάρχουν περιορισμοί στην εκτός σχεδίου δόμηση, όσο αφορούν μόνον την ανέγερση κατοικιών, ενώ για τις υπόλοιπες κατηγορίες κτιρίων (ξενοδοχεία, βιομηχανίες, εμπορικές επιχειρήσεις κ.λπ.) θα διατηρηθεί το καθεστώς που προβλέπεται στο Προεδρικό Διάταγμα του 1985.

2.2.2 Θεσμικό πλαίσιο για τον πολεοδομικό σχεδιασμό του εξωαστικού χώρου

Η έννοια της οικιστικής ανάπτυξης αποτυπώνεται θεσμικά με το Ν. 947/1979 «περί οικιστικών περιοχών», όπου εισάγεται για πρώτη φορά νομοθετικά η έννοια της οικιστικής περιοχής, έναντι της έννοιας της παραδοσιακής συμπαγής πόλης. Το πεδίο δηλαδή, του εν δυνάμει οικοδομήσιμου χώρου, διευρύνεται μορφολογικά (ασαφή γεωγραφικά όρια), ενώ συγκεκριμενοποιείται λειτουργικά με τη θεσμοθέτηση του περιεχομένου των γενικών χρήσεων. Σε γενικές γραμμές ο συγκεκριμένος νόμος δεν υλοποιήθηκε αποτελεσματικά εξαιτίας των αντιδράσεων για τις εισφορές σε γη και χρήμα στις υπό ενεργοποίηση περιοχές (Χριστοφίλοπουλος, 2002). Ωστόσο, με τον συγκεκριμένο νόμο

Ο χαρακτηρισμός των πρώτων παραδοσιακών οικισμών στην Ελλάδα έγινε με το προεδρικό διάταγμα της 13ης Νοεμβρίου 1978 (ΦΕΚ 594/1978 Α') « Περὶ χαρακτηρισμοῦ ὡς παραδοσιακῶν οικισμῶν τινῶν τοῦ Κράτους καὶ καθορισμοῦ τῶν ὁρῶν καὶ περιορισμῶν δομήσεως τῶν οικοπέδων αὐτῶν». Το θεσμικό καθεστῶς στοχεύει στην προστασία της φυσιογνωμίας αὐτῶν τῶν οικισμῶν με κανονισμοὺς που ἀφοροῦν τοὺς ὁρους δόμησης ἐντὸς τῶν ορίων τῶν παραδοσιακῶν οικισμῶν (Γενικός Οικοδομικός Κώδικας, Ν. .1577/85, Ν. 2831/2000 καὶ Ν. 4067/2012).

Αξίζει νὰ σημειωθεῖ πὼς ὁ ΓΟΚ τοῦ 2000 διέῤῥυνε τὴν ἐννοία τῆς προστασίας τῶν παραδοσιακῶν οικισμῶν καὶ τῶν διατηρητέων κτιρίων, ἀφοῦ, πλέον, δε περιορίζεται στα ὅρια τῶν παραδοσιακῶν οικισμῶν ἢ τῶν ἀκινήτων, ἀλλὰ ἐκτείνεται καὶ σε χώρους ἰδιαίτερου κάλλους καὶ φυσικοὺς σχηματισμοὺς «που συνοδεύουν ἢ περιβάλλουν ἀκίνητα καὶ στοιχεῖα ἀρχιτεκτονικῆς κληρονομιάς ὡς χώροι, τόποι ἢ ζώνες προστασίας τῶν παραδοσιακῶν συνόλων» καὶ στοιχεῖα τοῦ ἀνθρωπογενοῦς περιβάλλοντος (ΦΕΚ 140/13.6.2000 Α').

Με τοὺς νόμους Ν. 1337/1983 «Επέκταση τῶν πολεοδομικῶν σχεδίων, οικιστικὴ ἀνάπτυξη καὶ σχετικὲς ρυθμίσεις» καὶ 2508/1997 «Βιώσιμη οικιστικὴ ἀνάπτυξη τῶν πόλεων καὶ οικισμῶν τῆς χώρας» θεσπίζονται δύο ολοκληρωμένα εργαλεῖα ἐλέγχου τῆς οικιστικῆς ἀνάπτυξης καὶ τῶν ὁρῶν δόμησης στὸν ἐξωαστικὸν χώρο. Πιο συγκεκριμένα, ὁ Ν. 1337/1983 θεσπίζει τὸ Γενικὸ Πολεοδομικὸ Σχέδιο (ΓΠΣ) γιὰ περιοχές οικιστικῆς ἀνάπτυξης καὶ μαζί με τὴν ἐκπόνηση τοῦ προβλέπει μιὰ περιαστικὴ Ζώνη Οικιστικοῦ Ελέγχου (ΖΟΕ). Ὁ νόμος ἐφαρμόστηκε στὶς πόλεις καὶ μόνο σε οικισμοὺς που εἶχαν οριοθετηθεῖ πρὸ τοῦ 1923, διαφοροποιώντας με αὐτὸ τὸν τρόπο τὸν χαρακτήρα καὶ τὸ περιεχόμενο τῆς πολεοδομικῆς παρέμβασης μεταξύ τοῦ ἀστικοῦ καὶ τοῦ ἀγροτικοῦ χώρου.

Ειδικότερα, οι ΖΟΕ αποτελούν κατά κάποιο τρόπο μεταβατική ζώνη από την πολεοδομική στην χωροταξική κλίμακα αφού είναι το εργαλείο της πολεοδομικής νομοθεσίας που έχει τη δυνατότητα να ελέγχει τις χρήσεις γης και τους όρους και περιορισμούς δόμησης και κατάτμησης του περιαστικού και αγροτικού χώρου. Προβλέπονται δυο τύποι ΖΟΕ: οι περιαστικές και οι αγροτικές. Οι πρώτες ορίζονται γύρω από το όριο σχεδίων πόλεων, ενώ οι δεύτερες δεν εξαρτώνται από οικισμούς αλλά ορίζονται σε περιοχές ειδικές προστασίας.

Με τη θέσπιση των ΖΟΕ γίνεται η προσπάθεια περιορισμού της οικιστικής εξάπλωσης και της οικοδομική δραστηριότητας εκτός σχεδίου, μέσα από την πρόβλεψη αυξημένων ορίων αρτιότητας των οικοπέδων και με την επιβολή όρων και περιορισμών στις χρήσεις γης (Μέλισσας Δ., 2010). Επιπλέον, ορίστηκε ένας δεύτερος τύπος ΖΟΕ με πεδίο εφαρμογής της περιοχές που χρήζουν ιδιαίτερης περιβαλλοντικής προστασίας (π.χ. περιοχές ακτών, λιμνών, ποταμών, υγροβιότοπων, κ.τ.λ.).

Με την θέσπιση του νέου οικιστικού νόμου, το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο συμπληρώνεται και ενισχύεται ως προς το περιεχόμενο, τη χωρική εμβέλεια και το χαρακτήρα του, ώστε να αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο πολεοδομικού σχεδιασμού. Έτσι, πλέον τα ΓΠΣ καταρτίζονται για ολόκληρες εδαφικές περιοχές των πρωτοβάθμιων ΟΤΑ, ενσωματώνοντας την περιαστική ζώνη, και περιλαμβάνοντας τουλάχιστον έναν οικισμό με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2000 κατοίκων.

Το ΓΠΣ σαν περιεχόμενο περιλαμβάνει την υποδιαίρεση της περιοχής σε ζώνες, πυκνοδομημένες, αραιοδομημένες ή αδόμητες, τα όρια της κάθε πολεοδομικής ενότητας και τον τρόπο οργάνωσής τους, τη γενική εκτίμηση των αναγκών τους σε κοινόχρηστους και κοινωφελείς χώρους, δημόσιες παρεμβάσεις και υποδομές. Επιπλέον, καθορίζει τις χρήσεις γης, τα κέντρα, τις προς πολεοδόμηση περιοχές το κύριο οδικό δίκτυο την πυκνότητα δόμησης, και τυχόν απαγορεύσεις. Μέσα στο ΓΠΣ προσδιορίζονται οι Περιοχές Ειδικής Προστασίας (Π.Ε.Π.) και οι Περιοχές Ελέγχου και Περιορισμού της Δόμησης (Π.Ε.Π.Δ.), στις οποίες επιβάλλονται χρήσεις και γενικοί όροι δόμησης, ώστε να περιοριστεί η οικιστική εξάπλωση.

Τα Τοπικά Χωρικά Σχέδια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι οι πλέον πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις και αποτελούν σύνολα κειμένων και διαγραμμάτων με τα οποία καθορίζονται οι γενικές χρήσεις γης, οι γενικοί όροι και περιορισμοί δόμησης, καθώς και κάθε άλλο μέτρο, όρος ή περιορισμός που απαιτείται για την ολοκληρωμένη χωρική ανάπτυξη και οργάνωση της περιοχής ενός πρωτοβάθμιου ΟΤΑ. Με τα ΤΧΣ θα καθορίζονται για την κάθε

δημοτική ενότητα οι Οικιστικές Περιοχές, οι Περιοχές παραγωγικών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, οι Περιοχές Προστασίας και οι Περιοχές ελέγχου χρήσεων γης. Όσο αφορά τις ΖΟΕ μπορούν μόνο να επεκταθούν και ισχύουν «στο διηνεκές» εκτός αν «ενσωματωθούν» σε Τ.Χ.Σ. και τροποποιηθούν αν κριθεί απαραίτητο. Ο μηχανισμός των ΤΧΣ δεν έχει ακόμη ενεργοποιηθεί, αλλά αναμένεται σύντομα.

2.3 Θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση στην Ν. Πάρο

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, για να κατανοήσει κανείς τους όρους δόμησης και πολεοδομικού σχεδίου που ισχύει για το μεγαλύτερο μέρος των νησιών των Κυκλάδων, είναι το καθεστώς των παραδοσιακών οικισμών. Η ευρύτερη περιοχή του Νοτίου Αιγαίου συγκεντρώνει μάλιστα το 25% του συνολικού αριθμού παραδοσιακών οικισμών στην Ελλάδα (χωρίς να περιλαμβάνεται το νησί της Κρήτης) με συνολικά 231 οικισμούς (Ροζουκίδου & Παπαγεωργίου 2013) και ταυτόχρονα παρουσιάζει την υψηλότερη πυκνότητα παραδοσιακών οικισμών μεταξύ των Περιφερειών της Ελλάδας (43 οικισμούς/ 103 τ.χλμ.) (Λαφαζάνη, Μυρίδης, Πισσούριος 2014).

Η Ν. Πάρος βρίσκεται στην πέμπτη θέση, των νησιών με τους περισσότερους κηρυγμένους παραδοσιακούς οικισμούς στις Κυκλάδες, με δέκα συνολικά οικισμούς. Αυτοί οι οικισμοί είναι η Πάρος (Παροικιά, Χώρα) του Δ.Δ. Πάρου, η Νάουσα του Δ.Δ. Νάουσας, ο Κώστος του Δ.Δ. Κώστου, οι Λεύκες του Δ.Δ. Λευκών, τα Μάρμαρα του Δ.Δ. Αρχιλόχου, η Μάρπησσα (Τσιπιδος) του Δ.Δ. Μάρπησσας, ο Πρόδρομος (Δραγουλάς) του Δ.Δ. Αρχιλόχου, η Αγκαιριά του Δ.Δ. Αγκαιριάς, το Μαράθι του Δ.Δ. Κώστου και το Ιστέρνι του Δ.Δ. Κώστου.

Αξίζει να σημειωθεί πως η Ν. Πάρος, στο σύνολο της, σύμφωνα με την Υ.Α. αρ. Α/Φ20/55013/4821 που δημοσιεύεται στο ΦΕΚ 1455Β'/9-12-75 «Περί χαρακτηρισμού νήσου Πάρου ως τόπου ιδιαίτερου φυσικού κάλλους χρηζούσης ειδικής κρατικής προστασίας», έχει χαρακτηριστεί ΤΙΦΚ που χρήσει ειδικής προστασίας.

Περισσότερο από δέκα χρόνια μετά με το Π.Δ. 02/06/1988 (ΦΕΚ 533Δ/27-07-1988) καθορίζεται Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ), στην εκτός σχεδίου και εκτός ορίων οικισμού προϋφιστάμενου του 1923 περιοχή «Κολυμπήθρες» του Δ.Δ. Νάουσας. Στην περιοχή καθορίστηκαν χρήσεις γης, κατώτατο όριο κατάτμησης, καθώς και όροι και περιορισμοί δόμησης ώστε να ανασχεθεί η οικιστική ανάπτυξη της περιοχής.

Ο καθορισμό των χρήσεων και των όρων δόμησης, για τις εκτός σχεδίου περιοχές στην Πάρο, θεσμοθετήθηκαν με το Π.Δ. του ΦΕΚ 732/93. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο Π.Δ.

ορίζονται τα 50 μ. απόστασης από τον (χαραγμένο) αιγιαλό ως ελάχιστο όριο επιτρεπόμενης χρήσης κατοικίας και τα 70 μ. για τις λοιπές επιτρεπόμενες χρήσεις. Για τα τμήματα της ακτογραμμής όπου δεν έχει γίνει χάραξη, οι αποστάσεις ορίζονται στα 60 μ. και 100 μ. αντίστοιχα. Τα 100 μ. είναι το ελάχιστο όριο εντός του οποίου απαγορεύεται η διάνοιξη οδών παράλληλων προς την γραμμή του αιγιαλού.

Το 2012 τίθεται σε εφαρμογή το ΓΠΣ Πάρου, με την αρ. 17250/2582 απόφαση έγκρισης του Γενικού Γραμματέα Αποκεντρωμένης Διοίκησης Νοτίου Αιγαίου (ΦΕΚ 148ΑΑΠ/2-5-2012). Με το ΓΠΣ ορίστηκαν οι οικιστικές περιοχές, οι χρήσεις και οι όροι δόμησης εντός και εκτός των ορίων τους, περιοχές με ειδικό καθεστώς προστασίας (Π.Ε.Π.), Π.Ε.Π.Δ., ενώ εξειδικεύτηκε το καθεστώς που υπήρχε εντός της θεσμοθετημένης ΖΟΕ (ΦΕΚ 533Δ'/27-7-88) στην περιοχή Κολυμπήθρες της Δημ. Κοιν. Νάουσας.

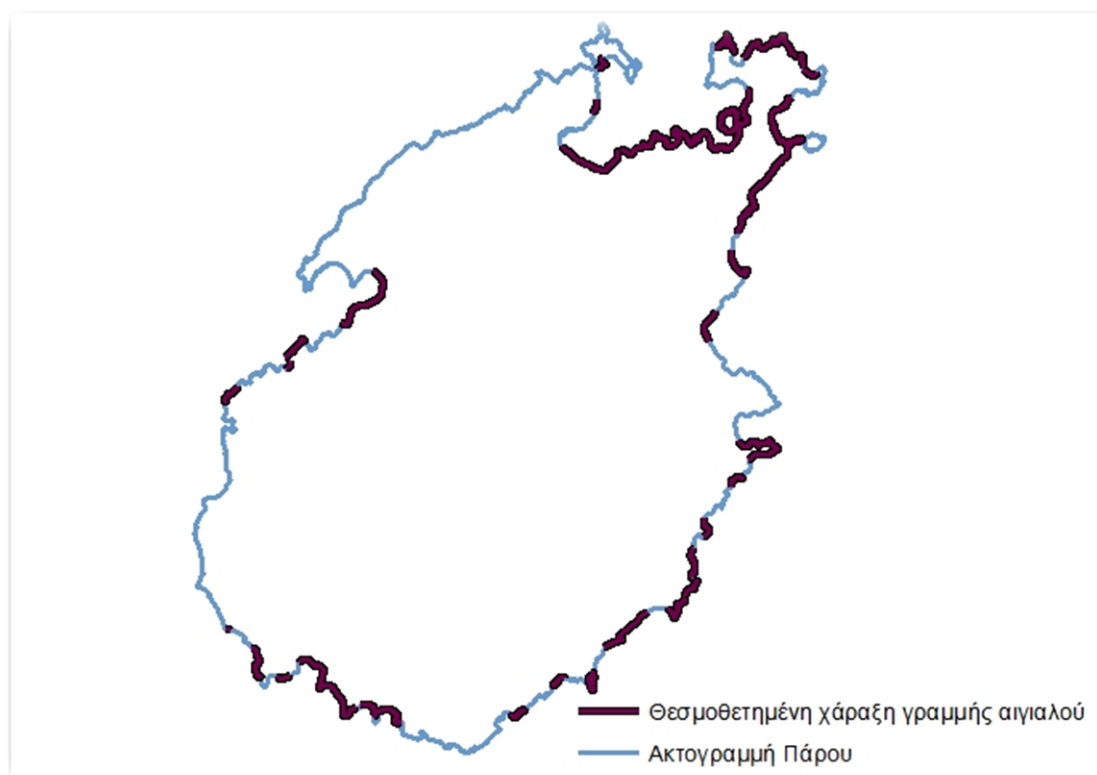
Οι κυριότερες χρήσεις και λειτουργίες στις εκτός σχεδίου δόμησης περιοχές της Πάρου, είναι η παραθεριστική κατοικία και σπανιότερα η κατοικία, ενοικιαζόμενα δωμάτια ή μικρά ξενοδοχεία, εστιατόρια και ταβέρνες, αναψυκτήρια, παντοπωλεία, συνεργεία, ξυλουργεία, σιδηρουργεία, εμπορικά καταστήματα, πρατήρια καυσίμων, αρχαιολογικοί χώροι-μνημεία, παραλίες κολύμβησης, αλιευτικά καταφύγια, μικρές ανοργάνωτες προβλήτες πρόσδεσης σκαφών, εγκαταστάσεις γεωργικών-κτηνοτροφικών μονάδων και αποθηκών, αγροτικές καλλιέργειες, λατομεία εξόρυξης μαρμάρου, ορυχεία, οινοποιία, Αποστακτήρια (ρακιτζιά).

Οι εκτός σχεδίου εκτάσεις στη Ν. Πάρο, οι οποίες δεν εντάσσονται σε κάποιο άλλο ειδικό καθεστώς προστασίας (Π.Ε.Π., ΖΟΕ), εντός του ΓΠΣ Πάρου ορίζονται ως δύο Περιοχές Ελέγχου και Περιορισμού της Δόμησης (Π.Ε.Π.Δ.). Η Π.Ε.Π.Δ. 1 («Ευρύτερη Παράκτια Ζώνη») αφορά όλη την ευρύτερη παράκτια ζώνη από την ακτογραμμή έως την ισοϋψή των 100 μ., ενώ η Π.Ε.Π.Δ. 2 («Περιμετρική Ζώνη Ενδοχώρας») περιλαμβάνει «ζώνη» της έκτασης του νησιού που εκτείνεται περιμετρικά από την ισοϋψή των 100 μ. έως την ισοϋψή των 300 μ.

Για την Π.Ε.Π.Δ. 1, στην οποία εμπίπτει η περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας, ορίστηκαν κατώτατο όριο κατάτμησης και αρτιότητας τα 8 στρέμματα. Για τις τουριστικές εγκαταστάσεις το αντίστοιχο όριο αρτιότητας ορίστηκε στα 15 στρέμματα. Κατά παρέκκλιση θεωρούνται άρτια και οικοδομήσιμα τα γήπεδα που είχαν ελάχιστο εμβαδόν 4 στρ. μέχρι της 07-07-1993. Επίσης, προβλέπει αυστηρές απαγορεύσεις (σε μεγάλες περιοχές, όχι υπόγεια, όροφοι και πισίνες) και ζώνες προστασίας.

Για τις παράκτιες περιοχές της ζώνης, ορίζεται η ελάχιστη απόσταση κτισμάτων από τη γραμμή αιγιαλού να ορίζεται από τον μαθηματικό τύπο $100+(10-Y)*5$, όπου Y η πραγματική υψομετρική διαφορά του πλησιέστερου προς τη θάλασσα σημείου του γηπέδου από τη στάθμη της θάλασσας. Σε περίπτωση που $Y > 10$, ο παράγοντας $(10-Y)$ μηδενίζεται και η απόσταση καθορίζεται στα 100 μ. Για τις περιοχές όπου δεν έχει ακόμη καθοριστεί γραμμή αιγιαλού παραλίας και έως ότου καθοριστεί, το κτίσμα να απέχει από τη διαχωριστική γραμμή ξηράς- θάλασσας τουλάχιστον 150 μέτρα (Μελέτη Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Πάρου, 2008).

Σε κάθε περίπτωση, σε απόσταση 80 μ. από γραμμή αιγιαλού – παραλίας και 130 μ. από τη διαχωριστική γραμμή ξηράς - θάλασσας (όπου δεν έχει ορισθεί γραμμή αιγιαλού - παραλίας και έως ότου ορισθεί), απαγορεύονται οι αμμοληψίες, εκριζώσεις και εκχερσώσεις, η περαιτέρω επέκταση τυχόν υφιστάμενων γεωργικών δραστηριοτήτων προς την παράκτια ζώνη καθώς και η εντατικοποίηση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Επίσης, στα πλαίσια προστασίας του παράκτιου χώρου προτείνεται ο καθολικός καθορισμός της οριογραμμής του αιγιαλού και της παραλίας, ο οποίος μέχρι και την ολοκλήρωση του ΓΠΣ ,έχει χαραχθεί και έχει θεσμοθετηθεί με ΦΕΚ, μόλις κατά 25 % επί της συνολικής ακτογραμμής του νησιού.



Εικόνα 2 : Ο θεσμοθετημένος αιγιαλός στη Ν. Πάρο μέχρι το 2012 (Πηγή: ΓΠΣ Πάρου, Ιδία Επεξεργασία)

3. Περίπτωση μελέτης

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης

Στην παρούσα εργασία η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα του οικιστικού συνόλου της Ν. Πάρου. Η Πάρος ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων, το οποίο αποτελείται συνολικά από 133 νησιά και βραχονησίδες (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ), από τα οποία τα 35 παρουσιάζουν έκταση μεγαλύτερη από ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο ενώ τα 26 οικιστική ανάπτυξη. Το νησί εντοπίζεται στο κέντρο του συμπλέγματος και είναι το τρίτο σε μέγεθος καθώς η έκτασή του ανέρχεται στα 196,31 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου και αποτελεί περιφερειακή ενότητα, Πάρου, στην οποία υπάγονται ο Δήμος Πάρου και Αντιπάρου.

Γεωγραφικά βρίσκεται Δυτικά τις Νάξου, όπου την χωρίζει ένας στενός διάυλος 3 ναυτικών μιλίων, και νοτιοανατολικά του Πειραιά κατά 90 ναυτικά μίλια. Το λιμάνι της Πάρου, το οποίο βρίσκεται στην Παροικιά, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ναυτιλιακούς κόμβους της ευρύτερης περιοχής. Είναι συνδεδεμένο με όλα τα γύρω νησιά, τον Πειραιά και τη Ραφήνα, καθώς και με τη Θεσσαλονίκη και την Κρήτη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Επιπλέον, σημαντικό στοιχείο της μεταφορικής υποδομής της Πάρου είναι η λειτουργία αεροδρομίου στα νοτιοανατολικά του νησιού, 9 χλμ από την Παροικιά. Η λειτουργία κοινοτικού αερολιμένα στην Πάρο είχε ξεκινήσει από το 1982, με περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς επιβατών. Η δημιουργία νέων εγκαταστάσεων κρατικού αερολιμένα, με δυνατότητα προσγείωσης μεγαλύτερων αεροσκαφών και άρα περισσότερων επιβατών πραγματοποιήθηκε το 2016.

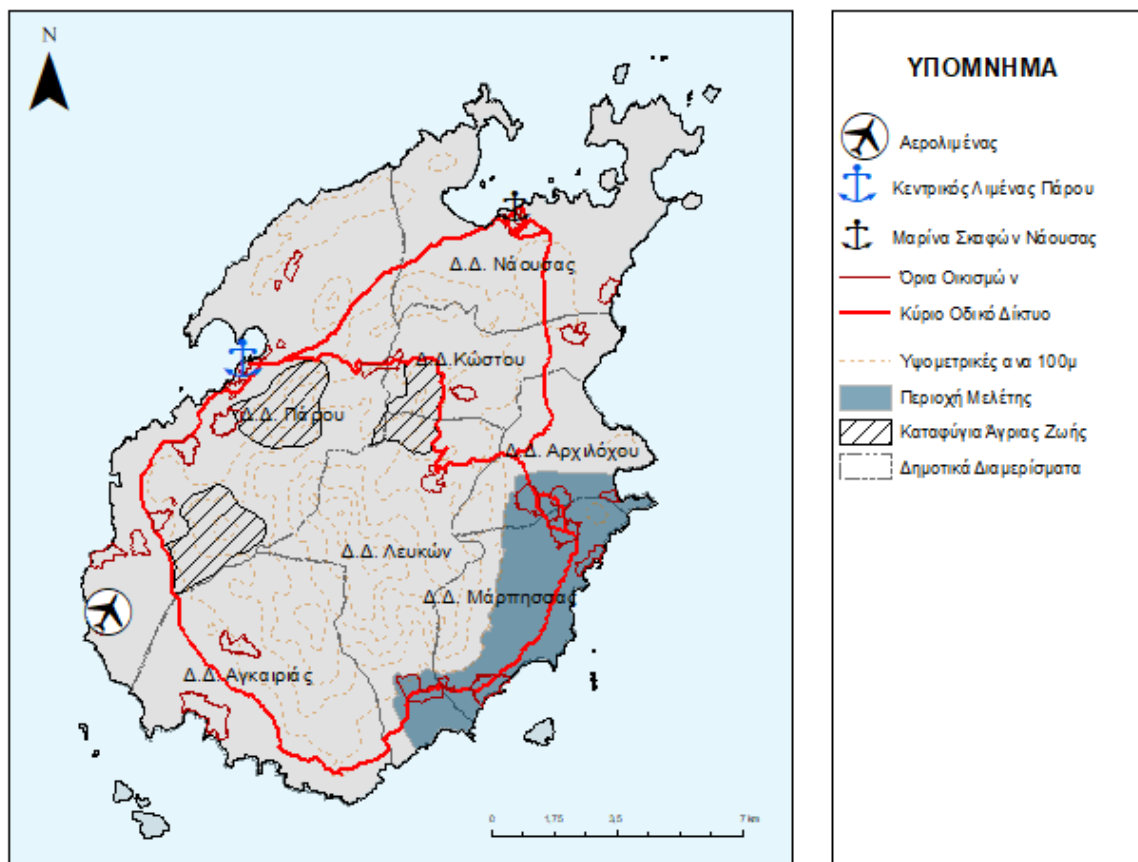
Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών της Πάρου είναι ημιορεινά. Στο κέντρο της νήσου, υπάρχει μια σειρά ορεινών όγκων που το διασχίζουν από τα Βόρεια προς τα Νότια (Καντινελιά, Προφ. Ηλίας, Στρούμπουλας και βουνό Μάρπησας) χωρίς το ύψος τους να υπερβαίνει τα 776 μέτρα. Περιμετρικά αυτών υπάρχουν πεδινές εκτάσεις αρκετές από τις οποίες θεωρούνται άγονες και πετρώδεις, με εξαίρεση τις αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις που βρίσκονται κυρίως ανατολικά, στις κοινότητες Μάρπησας και Αρχίλοχου.

Το συνολικό μήκος των ακτών της είναι 118,5 χιλιόμετρα. Σημαντικό μέρος των ακτών του νησιού είναι απότομες και βραχώδεις, αλλά διακόπτονται από αρκετούς κολπίσκους με μικρές αμμώδεις παραλίες. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο μεγάλοι φυσικοί όρμοι της Παροικίας και

της Νάουσας έχουν ένα σημαντικό αριθμό παραλιών στο εσωτερικό τους, ενώ μεγάλες αμμουδιές υπάρχουν και στην ανατολική πλευρά του νησιού προς τη Νάξο.

Όπως θα περιγραφεί αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια, η Πάρος είναι ένα νησί με ιδιαίτερα σημαντικό φυσικό τοπίο. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες αποτελεί έναν από τους κορυφαίους τουριστικούς προορισμούς με αποτέλεσμα να δέχεται έντονες επιδράσεις τόσο στο φυσικό της περιβάλλον όσο και στο αναπτυξιακό της προφίλ. Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Δήμου Πάρου (2008) «η Πάρος είναι ένα από τα κυκλαδίτικα νησιά που βρίσκονται στην κορυφή της ζήτησης για την αγορά εξοχικής κατοικίας».

Στην παρούσα εργασία η εφαρμογή της μεθοδολογίας θα εστιάσει στην διερεύνηση των αλλαγών που έχουν ενδεχομένων πραγματοποιηθεί στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού (την Οικιστική Ενότητα Μάρπησσας). Αυτό γιατί το συγκεκριμένο τμήμα, όπως φάνηκε παραπάνω, συγκεντρώνει ένα μεγάλο αριθμό από τις πιο όμορφες παραλίες του νησιού, ενώ παραδοσιακά είναι το τμήμα το οποίο παρουσίαζε σημαντική αγροτική δραστηριότητα. Η περιοχή μελέτης εκτείνεται από την ακτογραμμή έως την υψομετρική των 100 μ., περιοχή η οποία σύμφωνα με το ΓΠΣ θεωρείται ο ευρύτερος παράκτιος χώρος του νησιού.



Χάρτης 1: Χάρτης γενικών πληροφοριών της Ν. Πάρου, Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

3.2 Κοινωνικοοικονομικά στοιχεία της Ν. Πάρου

3.2.1 Δημογραφικά στοιχεία

Η δημογραφική εξέλιξη του νησιού έχει ιδιαίτερη σημασία στο βαθμό που μπορεί να αντανακλά την εξέλιξη των οικονομικών συνθηκών στο νησί, αλλά είναι και μια σημαντική παράμετρος στην οικιστική ανάπτυξη της περιοχής καθώς και στη δυναμική του παραγωγικού της μοντέλου. Η περίοδος 1991-2001 είναι περίοδος γενικευμένης αύξησης του πληθυσμού σε όλη τη χώρα, εξαιτίας των μεγάλων κυμάτων εξωτερικής μετανάστευσης που φτάνουν στην χώρα και της οικονομικής μεγέθυνσης που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη δεκαετία.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας η οποία σε ολόκληρη τη χώρα χαρακτηρίζεται από έντονες τάσεις αστικοποίησης, ο πληθυσμός της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου αυξάνεται σημαντικά με πυρήνα τις Κυκλάδες. Το νησί της Πάρου παρουσιάζει αύξηση του πληθυσμού κατά 25 % με επίκεντρο τους οικισμούς της Παροικιάς, της Νάουσας, της Αγκαριάς και της Μάρπησσας. Είναι η δεκαετία στην οποία η τουριστική κίνηση στην Πάρο δημιουργεί οικονομικές προοπτικές τόσο για τους κατοίκους του νησιού όσο και για εσωτερικούς και εξωτερικούς μετανάστες οι οποίοι εγκαθίστανται στο νησί.

Το μόνο δημοτικό διαμέρισμα το οποίο διαφοροποιείται με αρνητική μεταβολή είναι και το ορεινότερο του νησιού, οι Λεύκες. Σύμφωνα με την Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) για το περιφερειακό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου (2016) το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της Περιφέρειας (89%) είναι εγκατεστημένο στους πεδινούς οικισμούς, οι οποίοι αποτελούν προσφυλέστερο τόπο εγκατάστασης ή/και μετεγκατάστασης. Στις ορεινές ζώνες της περιφέρειας εμφανίζεται μηδενική μεταβολή του πληθυσμού, κατά τη διάρκεια της τελευταίας εικοσαετίας (1991-2011), η οποία μεταφράζεται σε μείωση της πληθυσμιακής βάσης των ορεινών οικισμών της.

Στην επόμενη δεκαετία μειώνεται ο πληθυσμός της χώρας κατά 1,08% ενώ αντιθέτως, η Περιφέρεια παρουσιάζει πληθυσμιακή αύξηση 3,54%. Η αντίστοιχη αύξηση για το Δήμο Πάρου την συγκεκριμένη δεκαετία είναι υπερδιπλάσια (8,76 %). Η αυξητική τάση του πληθυσμού πραγματοποιείται σε όλα τα δημοτικά διαμερίσματα της Πάρου, ωστόσο τα δημοτικά διαμερίσματα με την μεγαλύτερη αυξητική μεταβολή, την προηγούμενη δεκαετία, παρουσιάζουν τώρα την μικρότερη.

Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ενδεχομένως, στο ότι τα συγκεκριμένα διαμερίσματα εκείνη την περίοδο είχαν φτάσει ήδη σε ένα βαθμό κορεσμού. Η αυξημένη τουριστική

ανάπτυξη, καθώς και η αυξημένη ζήτηση κατοικίας μετατοπίστηκαν δημιουργώντας νέα αναδυόμενα τοπικά κέντρα πληθυσμιακών συγκεντρώσεων.

Ένα επιπλέον σχόλιο, το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία, είναι πως ο παραγωγικός πληθυσμός του νησιού για το 2011 (ηλικίες από 15-64) αποτελεί το 65 % του μόνιμου πληθυσμού στο νησί, ενώ οι νέοι (0-14 ετών) το 16,4 %. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στο βαθμό που η χώρα αντιμετωπίζει πρόβλημα πληθυσμιακής γήρανσης. Ωστόσο, τα συγκεκριμένα στοιχεία, δεν μπορούμε να πούμε ότι επηρεάζουν ουσιαστικά την ηλικιακή διάρθρωση της περιοχής εφόσον αυτή η τάση δεν σταθεροποιηθεί για πολλές δεκαετίες.

Διοικητική Ενότητα	Μόνιμος Πληθυσμός			Ποσοστό Μεταβολής		Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής	
	1991	2001	2011	2001- 1991	2011- 2001	2001- 1991	2011- 2001
Ελλάδα	10.221.977	10.932.136	10.815.197	6,5	-1,08	0,65	-0,11
Περιφ. Ν. Αιγαίου	255.192	298.462	308.975	14,5	3,4	1,45	0,34
Ν. Κυκλάδων	93.322	109.956	117.987	15,13	6,81	1,51	0,68
Δ. Πάρου	9.370	12.514	13.715	25,12	8,76	2,51	0,88
Δ.Δ. Πάρου	3.875	5.812	6.058	33,3	4,1	3,33	0,41
Δ.Δ. Αγκαιριάς	776	981	1.118	20,9	12,3	2,09	1,23
Δ.Δ. Αρχιλόχου	797	910	1.066	12,4	14,6	1,24	1,46
Δ.Δ. Κώστου	318	374	427	15	12,4	1,5	1,24
Δ.Δ. Λευκών	768	765	857	-0,4	10,7	-0,04	1,07
Δ.Δ. Μάρπησσα ς	788	984	1.065	19,9	7,6	1,99	0,76
Δ.Δ. Νάουσας	2.048	3.027	3.124	32,3	3,1	3,23	0,31

Πίνακας 3: Πληθυσμιακά στοιχεία για την περίοδο 1991-2011, Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

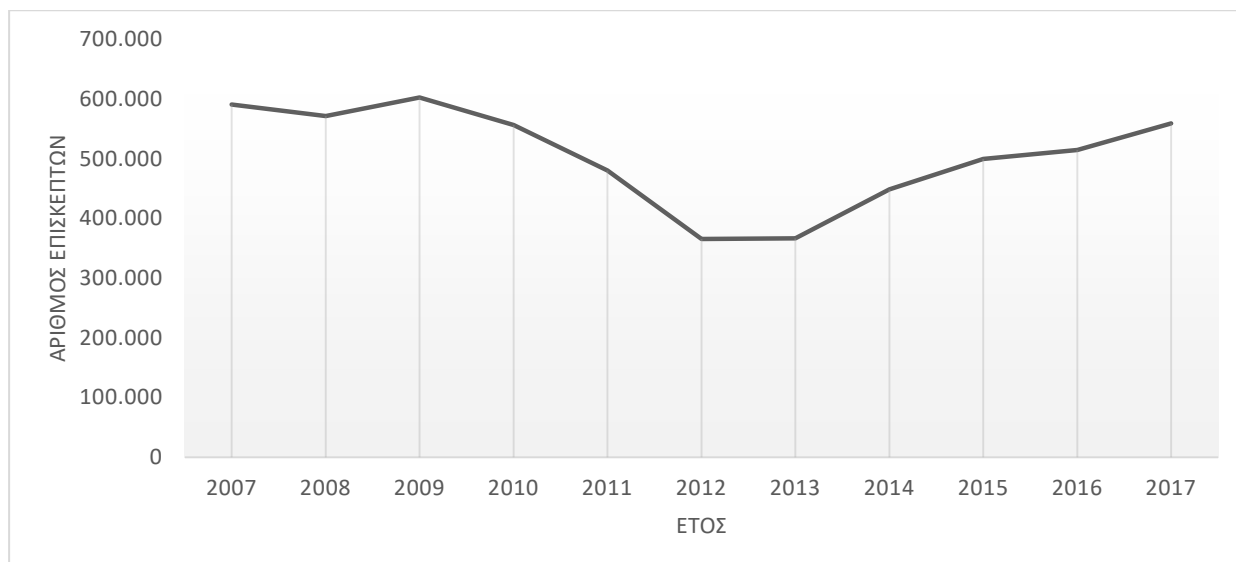
3.2.2 Στοιχεία για την τουριστική κίνηση

Είναι χαρακτηριστικό πως η φετινή καλοκαιρινή περίοδος (2018) χαρακτηρίστηκε από τον Τύπο για την Πάρο η πιο «πετυχημένη» τουριστικά για τα τελευταία 30 χρόνια. Η Πάρος έχει διαμορφώσει την οικονομία της τις τελευταίες δεκαετίες γύρω από τον τουρισμό και τα εποχικά χαρακτηριστικά του (υπερβολική αύξηση τουριστικής κίνησης τους θερινούς μήνες). Παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον το πως μέσα στην τελευταία δεκαετία η οποία χαρακτηρίστηκε από την οικονομική κρίση και της επιπτώσεις, η οικονομία της Πάρου εμφάνισε μεγάλη ανθεκτικότητα.

Η επιβατική κίνηση στο λιμάνι της Πάρου, όπως φαίνεται παρακάτω (Πίνακας 4, Διάγραμμα 2) αρχίζει μια σταδιακή πτωτική τάση το 2008 η οποία παρουσιάζει μεγαλύτερη ένταση το 2011-2012. Μετά το 2012 οι επισκέπτες στο νησί αυξάνονται σταθερά αποκαθιστώντας την επιβατική κίνηση των προηγούμενων ετών. Αξίζει να σημειωθεί πως η κατασκευή του νέου αεροδρομίου στην Πάρο το 2016 με απευθείας πτήσης εσωτερικού και εξωτερικού κατά τους θερινούς μήνες παρουσίασε έντονη μεγέθυνση. Την πρώτη χρονιά λειτουργίας παρουσίασε (2016-2017) παρουσίασε αύξηση της επιβατικής κίνησης κατά 225 %.

ΕΤΟΣ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		ΟΧΗΜΑΤΑ	
	ΑΠΟΒΙΒΑΣΘΕΝΤΕΣ	ΕΠΙΒΙΒΑΣΘΕΝΤΕΣ	ΑΠΟΒΙΒΑΣΘΕΝΤΑ	ΕΠΙΒΙΒΑΣΘΕΝΤΑ
2007	591.327	585.229	75.156	76.015
2008	571.788	571.024	74.514	64.160
2009	602.775	603.579	73.658	73.816
2010	556.644	497.586	67.380	65.791
2011	480.555	427.873	63.568	-
2012	365.733	334.447	46.263	-
2013	367.040	350.140	43.498	-
2014	448.774	431.050	49.677	-
2015	499.925	499.464	55.287	-
2016	515.123	514.645	65.982	-
2017	559.620	544.432	70.583	-

Πίνακας 4: Επιβιβασθέντες – Αποβιβασθέντες 2007-2017 , Πηγή: Λιμεναρχείο Πάρου, 2018

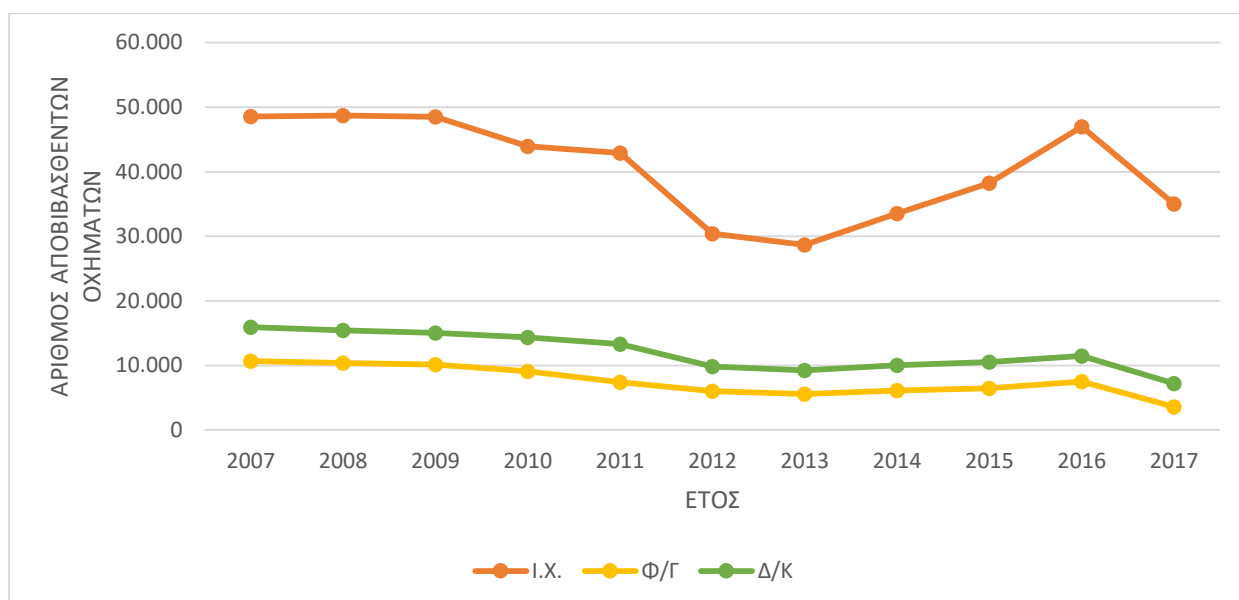


Διάγραμμα 2 : Αριθμός επισκεπτών στο νησί 2007-2017, Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

Η διάρθρωση των στοιχείων της επιβατικής κίνησης έχει ιδιαίτερη σημασία, στο βαθμό που μπορεί να εμπλουτίσει την ερμηνεία μας με στοιχεία των ποιοτικών χαρακτηριστικών της επισκεψιμότητας (επισκέπτες παραθεριστικών κατοικιών, τουρίστες, κτλ). Επίσης, η διακύμανση των εμπορικών φορτηγών μπορεί να ερμηνευθεί όχι μόνο ως η αύξηση ή μείωση των αναγκών σε εισαγωγές κατά την τουριστική περίοδο, αλλά και ως η αδυναμία της τοπικής παραγωγής να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση της περιόδου, γιατί η οικονομική της δραστηριότητα είναι προσανατολισμένη σε λίγους τομείς (τουρισμός, υπηρεσίες, κατασκευή για παράδειγμα).

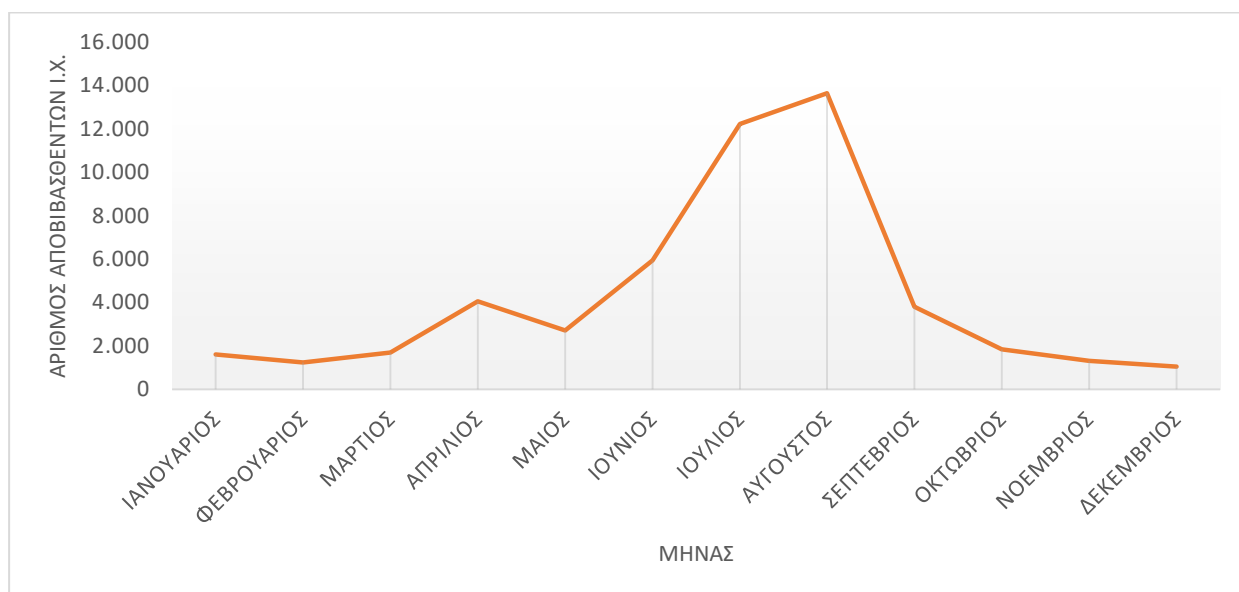
Στο Διάγραμμα 3 φαίνεται η διακύμανση του αριθμού των διαφορετικών κατηγοριών οχημάτων που αποβιβάστηκαν στο νησί την τελευταία δεκαετία. Παρατηρείται ότι ενώ ο αριθμός των φορτηγών (Φ/Γ) και των δικύκλων (Δ/Κ) παραμένει σχεδόν σταθερός, τα αυτοκίνητα (ΙΧ) που προφανώς ανήκουν σε επισκέπτες και τουρίστες παρουσιάζει έντονη διακύμανση.

Μάλιστα, τα δίκυκλα φαίνεται να μειώνονται ενώ ο αριθμός των ΙΧ είναι υψηλός σε όλη τη διάρκεια των ετών. Αυτό μπορεί ίσως να αποδοθεί στην αύξηση των παραθεριστικών κατοικιών, στις οποίες οι επισκέπτες έρχονται για αρκετό χρονικό διάστημα και όχι για σύντομο όπως ένας τουρίστας, με αποτέλεσμα ο ιδιοκτήτης μιας τέτοιας κατοικίας να έχει ανάγκη να φέρει και το αυτοκίνητό του. Αντίστοιχα η μείωση των δικύκλων την περίοδο 2011-13 ίσως θα μπορούσε να συσχετιστεί με την κάμψη του μαζικού τουρισμού στο νησί την συγκεκριμένη περίοδο κάτι που χαρακτηρίζει συνολικά την επιβατική κίνηση στο νησί για εκείνη την περίοδο.



Διάγραμμα 3: Αποβιβασθέντα οχήματα 2007-2017, Πηγή: Λιμεναρχείο Πάρου, 2018

Αξίζει να σημειωθεί πως οι έντονες αλλαγές που πραγματοποιούνται στον πληθυσμό αντιστοιχούν στην διάρκεια της τουριστικής περιόδου που ισχύει για το νησί. Το παρακάτω διάγραμμα είναι ενδεικτικό για τον προσδιορισμό αυτής της περιόδου. Πιο συγκεκριμένα, η τουριστική περίοδος στην Πάρο διαρκεί από τον Μάιο έως και τον Σεπτέμβρη, με αποκορύφωμα τον Αύγουστο, ενώ ένα χαμηλότερης έντασης κύμα επισκεπτών στο νησί συγκεντρώνεται τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο. Ο υψηλός αριθμός οχημάτων σε συνδυασμό με την εποχικότητά του και την επακολουθούμενη αύξηση του πληθυσμού στο νησί οδηγεί σε οικονομική τόνωση του νησιού, αλλά και προκαλεί πολλές δυσλειτουργίες στην ομαλή ανάπτυξη του νησιού.



Διάγραμμα 4 Μηνιαία διακύμανση αποβιβασθέντων ΙΧ οχημάτων στο νησί (2017)

Island	Number of Islands
Ιος	2.6
Θήβα	2.1
Μύκονος	2.0
Αντίπαρος	1.8
Πάρος	1.7
Σκάνοβρα	1.6
Τήλος	1.6
Κύρος	1.5
Σαντορί	1.4
Δοδεκάνη	1.4
Ηφαίστιος	1.4
Φολέγκανδρος	1.3
Σίφκος	1.1
Πάρος	1.0
Αίγινα	0.9
Νότιος Κυκλάδων	0.9
Σίφκος	0.9
Κύβερνος	0.8
Κόρινθος	0.8
Νότιος Δωδεκανήσου	0.8
Χάλκη	0.8
Ρόδος	0.8
Μύκονος	0.7
Κορινθία	0.7
Αστυνέσια	0.7
Μύκονος	0.6
Κόρινθος	0.6
Κίτις	0.5
Αίγινα	0.5
Τήλος	0.5
Τήλος	0.4
Σίφκος	0.4
Αίγινα	0.4
Ναυπλίου	0.4
Αγιάθων	0.3
Αίγινα	0.3
Σίφκος	0.2
Κόρινθος	0.2
Θήβα	0.2
Κίτις	0.1
Κόρινθος	0.1

3.2.3 Στοιχεία για την απασχόληση και τους παραγωγικούς τομείς

Ο δευτερογενής τομέας απασχολεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού, με ισχυρότερους πυλώνες αυτούς της κατασκευαστικής και οικοδομικής δραστηριότητας. Στο συγκεκριμένο κλάδο περιλαμβάνονται και οι μεταποιητικές δραστηριότητες οι οποίες αφορούν κυρίως τις μονάδες υποστήριξης των κατασκευών, οινοποιεία και συνεργεία αυτοκινήτων. Από την άλλη, ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει το εμπόριο, τις ξενοδοχειακές και τουριστικές επιχειρήσεις και μεγεθύνεται συνεχώς.

45

απασχολούμενων αυξήθηκε κατά 19% , ενώ όλοι οι απασχολούμενοι που άλλαξαν κλάδο απασχόλησης απορροφήθηκαν από τον τριτογενή τομέα.



Διάγραμμα 6: Κατανομή της απασχόλησης κατά τομέα στο Δ. Πάρου για το 2001



Διάγραμμα 7: Κατανομή της απασχόλησης κατά τομέα στο Δ. Πάρου για το 2018

Ειδικότερα, για τη διάρθρωση της απασχόλησης αξίζει να σημειωθεί πως στις τοπικές κοινότητες Αγκαριάς και Μάρπησσας ένας στους δέκα απασχολούμενους της περιοχής απασχολείται στον πρωτογενή τομέα σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Όπως είναι λογικό οι τοπικές κοινότητες Πάρου σημειώνουν τα υψηλότερα ποσοστά απασχόλησης στον τριτογενή τομέα, αφού είναι οι πιο τουριστικές περιοχές και η Παροικιά συγκεντρώνει όλες τις δημόσιες υπηρεσίες.

Ο Πίνακας 5 δείχνει αναλυτικά την εξέλιξη των επιμέρους κλάδων απασχόλησης από το 1991 ως το 2001. Η απασχόληση σε ξενοδοχεία και εστιατόρια διπλασιάστηκε μέσα σε 20 χρόνια, ενώ δραματική ήταν η μείωση των απασχολούμενων σε γεωργία, κτηνοτροφία και αλιεία. Η μείωση της αγροτικής παραγωγής συμπαρασύρει την ελαχιστοποίηση της ήδη μικρής

ύπαρξης μεταποιητικών βιομηχανιών. Το εμπόριο ωστόσο, παρουσιάζει ανοδική τάση, ως το 2011, παρόλο που η ίδια περίοδος σηματοδοτεί το κλείσιμο πολλών επιχειρήσεων στην υπόλοιπη Ελλάδα εξαιτίας των συνεπειών της οικονομικής κρίσης.

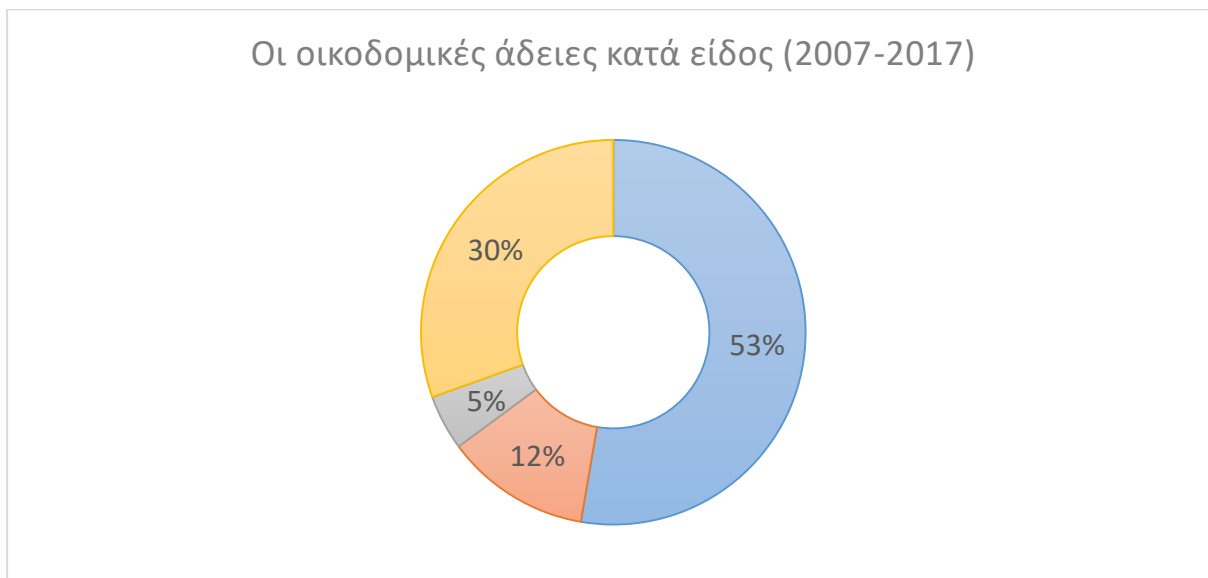
Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Πάρο έχουν γενικά μικρό μέγεθος, πράγμα που είναι χαρακτηριστικό όλων των νησιών των Κυκλάδων. Το μέσο μέγεθος είναι μικρότερο από το αντίστοιχο μέσο μέγεθος της Ελλάδας κι ακόμη μικρότερο από το μέσο μέγεθος του ηπειρωτικού τμήματος. Η μέση έκταση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων της Πάρου ανέρχεται σε 39,9 στρέμματα κυμαινόμενη από 31,0 στρέμματα στον Αρχίλοχο μέχρι 53,7 στρέμματα στη Νάουσα. (Καρκαζή Α., 2003). Τα στοιχεία του 2011 δείχνουν πως σχεδόν το 70 % των καλλιεργειών στην Πάρο είναι αροτράιες εκτάσεις, το 14,18% αμπελώνες και το 12,75% δενδρώδεις καλλιέργειες, ενώ σημαντικός αριθμός εκτάσεων είναι σε αγρανάπαυση.

Ο κατασκευαστικός τομέας φαίνεται να είναι ο κύριος μοχλός οικονομικής ανάπτυξης στο νησί, επηρεάζοντας έτσι και άλλους τομείς της ζωής στο νησί, ήδη από τη δεκαετία του 1990. Με την ανάπτυξη των μεταφορών θαλάσσιων μεταφορών με πιο γρήγορα καράβια και συχνότερα δρομολόγια, καθώς και το αεροδρόμιο η απομόνωση που προκαλεί η νησιωτικότητα μειώθηκε δραματικά. Η πρόσβαση στο νησί έγινε εύκολη και γρήγορη κυρίως από την Αθήνα προκαλώντας τη μεγέθυνση της κατασκευής παραθεριστικών κατοικιών, μετατρέποντας την Πάρο σε «προάστιο» της πρωτεύουσας

<i>Τομέας απασχόλησης</i>	1991	2001	2011
<i>Γεωργία κτηνοτροφία, θήρα, δασοκομία και αλιεία</i>	20,20%	11,70%	4,20%
<i>Ορυχεία και λατομεία</i>	0,90%	0,80%	0,50%
<i>Μεταποιητικές βιομηχανίες</i>	7,40%	6,00%	4,50%
<i>Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου και νερού</i>	1,50%	2,20%	1,90%
<i>Κατασκευές</i>	20,40%	19,10%	18,70%
<i>Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή οχημάτων κ.α. και ειδών προσωπικής και οικιακής χρήσης</i>	14,50%	14,00%	17,20%
<i>Ξενοδοχεία και εστιατόρια</i>	9,10%	16,40%	19,70%
<i>Μεταφορές αποθήκευση και επικοινωνίες</i>	6,70%	6,30%	4,50%
<i>Ενδιάμεσοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί, διαχείριση ακίνητης περιουσίας</i>	4,60%	6,90%	5,80%
<i>Δημόσια διοίκηση και άμυνα. Υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση</i>	4,20%	3,60%	8,70%
<i>Εκπαίδευση</i>	3,90%	4,90%	6,30%
<i>Υγεία και κοινωνική μέριμνα</i>	1,80%	1,70%	2,70%
<i>Λοιπές υπηρεσίες</i>	3,00%	3,40%	3,20%
<i>Σύνολο εργαζόμενων</i>	98,20%	97,10%	98,00%
<i>Άνεργοι</i>	1,80%	2,90%	2,00%
<i>Σύνολο οικονομικά ενεργού πληθυσμού</i>	100,00%	100,00%	100,00%

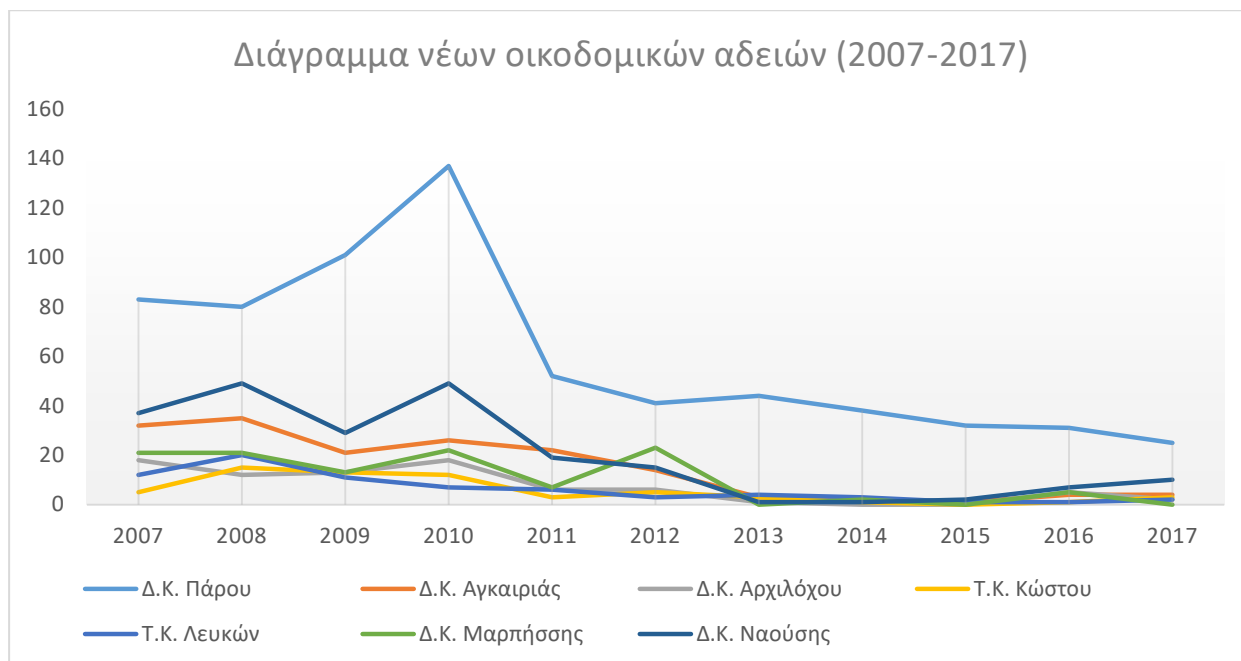
Πίνακας 5: Η εξέλιξη των κλάδων απασχόλησης στο Δ. Πάρου για την περίοδο 1991-2001

Την τελευταία δεκαετία για το νησί της Πάρου εκδόθηκαν συνολικά 2.605 οικοδομικές άδειες, η πλειοψηφία των οποίων αφορούσε την κατασκευή νέων οικοδομών. Ένα σημαντικό ποσοστό αφορούσε προσθήκες σε υφιστάμενα κτίσματα, ενώ το 30 % των αδειών της τελευταίας δεκαετίας περιλαμβάνει επισκευές, περιτοιχήσεις, αναπαλαιώσεις και κατεδαφίσεις, καθώς και τροποποιήσεις οικοδομικών αδειών που ήδη υπήρχαν.



Διάγραμμα 8 : Κατανομή του είδους των οικοδομικών αδειών που έχουν εκδοθεί μεταξύ 2007-2017

Όσο αφορά την κατανομή των αδειών για νέες οικοδομές από το 2007 είχαν ανοδική τάση με αποκορύφωμα το 2010. Για την επόμενη διετία η πτώση είναι έντονη, ωστόσο από το 2012 η διακύμανση σταθεροποιείται. Η διακύμανση των νέων οικοδομών ακολουθεί το ίδιο σχήμα κατά τη διάρκεια της δεκαετία για όλες τις Δημοικές Κοινότητες. Η Δ.Κ. Πάρου βρίσκεται με διαφορά στην πρώτη θέση διαχρονικά, παρ' όλο που ο οικισμός της Παροικιάς έχει από καιρό κορεστεί. Ακολουθεί η Δ.Κ. Νάουσας και στην συνέχεια οι Δ.Κ. Αγκαιριάς και Μάρπησσας οι οποίες τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να παρουσιάζουν ανάπτυξη, η πρώτη εξαιτίας της κατασκευής του νέου αεροδρομίου δίπλα στον οικισμό και η δεύτερη λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για παραθεριστική κατοικία.



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα της διακύμανσης της άδειας για νέες οικοδομές στην Πάρο (2007-2017)

3.3 Χωρική οργάνωση της περιοχής

3.3.1 Δίκτυο οικισμών και δομημένο περιβάλλον

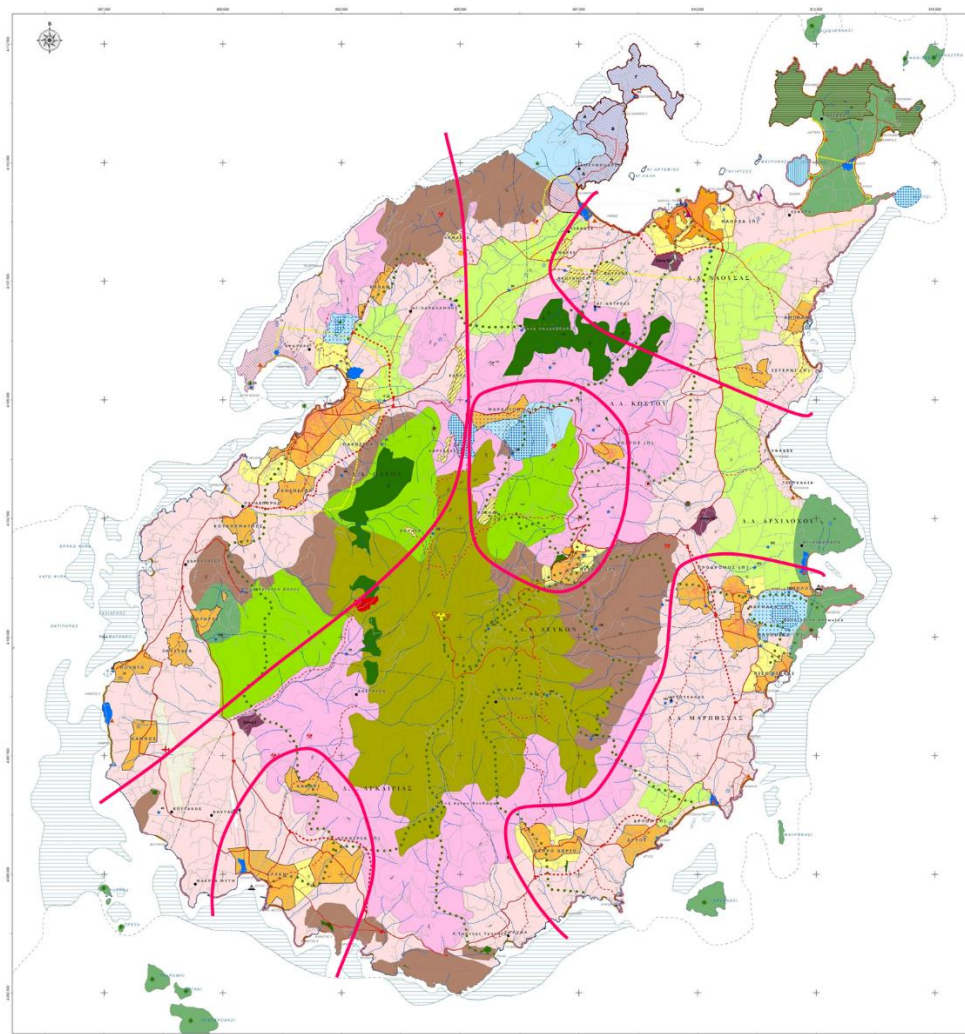
Σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού της ΕΛ.ΣΤΑΤ. (2011), υπάρχουν 57 χωριά - οικισμοί συνολικά, τα οποία κατοικούνται πάνω στην Πάρο. Σύμφωνα με τη «Μελέτη μορφολογικών κανόνων δόμησης και αρχιτεκτονικής στις περιοχές εντός και εκτός οικισμών μέχρι 2.000 κατοίκων της περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου» (2013), οι 22 απ' αυτούς είναι οριοθετημένοι, και οι δέκα εξ' αυτών είναι χαρακτηρισμένοι παραδοσιακοί οικισμοί. Γενικά οι οικισμοί της Πάρου κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Οι οικισμοί με συνεκτικό ιστό, όπως η Παροικία, η Νάουσα, οι Λεύκες, ο Κώστος, η Μάρπησσα και ο Πρόδρομος. Αναπτύχθηκαν συχνά γύρω από πυρήνες που είχαν αμυντική διάταξη, ή απλά όπως οι Λεύκες χτίστηκαν ελεύθερα, ακολουθώντας τις κλίσεις του εδάφους και τους κυκλοφοριακούς άξονες επικοινωνίας.
- Οι διάσπαρτοι οικισμοί (πάνω από το 50% των οικισμών) είναι χωρίς καθαρά συνεκτικό τμήμα και κέντρο. Σημειώνεται ότι παλιά οι διάσπαρτοι οικισμοί λειτουργούσαν σαν αγροτικές ενότητες. Σήμερα ο διάσπαρτος χαρακτήρας πολλών οικισμών οφείλεται στην κάπως άναρχη εκτός σχεδίου δόμηση (ΓΠΣ Πάρου, 2012).

Αξίζει να σημειωθεί πως για τους 35 οικισμούς, οι 10 είναι παραλιακοί ενώ πολλοί από αυτούς είναι και τουριστικοί. Το σύνολο αυτών των οικισμών είναι διάσπαρτοι και αρκετοί από αυτούς έχουν αδιάφορο αρχιτεκτονικό δομημένο περιβάλλον, δηλαδή πιο σύγχρονες, χωρίς την χαρακτηριστική πολιτισμική ταυτότητα του δομημένου περιβάλλοντος της περιοχής.

Επειδή ακριβώς αυτοί οι οικισμοί είναι μη θεσμοθετημένοι και μη οριοθετημένοι, δηλαδή δεν έχουν εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο και δεν αποτελούν οικισμούς προ του 1923, εφαρμόζεται η εκτός σχεδίου δόμηση.

Σύμφωνα με τη μελέτη του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Δ. Πάρου (2012), ο Δήμος Πάρου «οργανώνεται πολεοδομικά σε 5 οικιστικές και 7 πολεοδομικές ενότητες κατά το πρότυπο της ανοικτής πόλης, για την ισόρροπη παροχή λειτουργικών, κοινωνικών και πολιτιστικών υπηρεσιών και εξυπηρετήσεων ενιαία σε όλο το νησί». Σκοπός αυτής της χωρικής οργάνωσης (Χάρτης 2) και των επιμέρους όρων σχεδιασμού που προσδιορίστηκαν στο ΓΠΣ, ήταν η επίτευξη ενός ισόρροπου μοντέλου ανάπτυξης με περιορισμός της ανεξέλεγκτης δόμησης παραθεριστικής κατοικίας, προστασίας των φυσικών και πολιτιστικών πόρων του νησιού, και άρση της λειτουργικής μονοκεντρικότητας που παρουσίαζε μέχρι σήμερα.



Χάρτης 2 : Δομικό σχέδιο χωρικής οργάνωσης Δ. Πάρου (Πηγή: ΓΠΣ Πάρου, 2012)

Ειδικότερα, προσδιορίστηκαν 5 οικιστικές ενότητες οι οποίες αντιστοιχούν στις υφιστάμενες Δημοτικές Κοινότητες (Πάρου, Νάουσας, Κώστου, Αρχιλόχου και Μάρπησσας). Οι περιοχές που προβλέπεται ότι θα έχουν έντονη οικιστική ανάπτυξη, προτείνονται να

οργανωθούν ως πολεοδομικές ενότητες, για να αποκτήσουν την αναγκαία ενιαία λειτουργική δομή. Για το σκοπό αυτό προτείνονται επτά πολεοδομικές ενότητες, μία στον κεντρικό οικισμό κάθε μιας από τις πέντε οικιστικές ενότητες και δύο ακόμα, την Πούντα και τον Δρυό, που εκτιμάται ότι θα αποτελέσουν κέντρα δυναμικής οικιστικής ανάπτυξης.

Το Δημοτικό διαμέρισμα Πάρου συγκεντρώνει σχεδόν το 40% του μόνιμου πληθυσμού της επαρχίας Πάρου. Εκτός από την πρωτεύουσα την Παροικία, περιλαμβάνει άλλους 17 οικισμούς που εξαρτώνται αποκλειστικά από την πρωτεύουσα. Ο ιεραρχικός ρόλος της Παροικιάς μέσα στο οικιστικό περιβάλλον της Πάρου καθορίζεται από το Περιφερειακό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης Νοτίου Αιγαίου ως οικιστικό κέντρο 4ου επιπέδου (τοπικό κέντρο - κεφαλοχώρι), με ιεραρχική θέση ως προς την διανομή υπηρεσιών και εξυπηρετήσεων σε όλο το νησί.

Όπως επισημαίνεται στην Μελέτη του ΓΠΣ, ρόλος του δεύτερου σημαντικότερου οικισμού στο νησί που είναι η Νάουσα, «παραμένει αυτός που ήταν πάντοτε, δηλαδή το κύριο πολιτιστικό κέντρο της Πάρου». Η Μάρπησσα προβάλλει σαν το κατ' εξοχήν εμπορικό κέντρο της ανατολικής παράλιας ζώνης. Οι δύο αυτοί οικισμοί θα διατηρήσουν τον ρόλο τους και θα λειτουργήσουν ως ενισχυμένα οικιστικά κέντρα κατηγορίας 5ου+ επιπέδου, αποκεντρώνοντας αντίστοιχες λειτουργίες από την Παροικία. Η Αγκαιριά με τις Λεύκες διατηρούν τον παραδοσιακό τους ρόλο ως τοπικά κέντρα των διοικητικών διαμερισμάτων τους (επίπεδο 5ο).

Οι οικισμοί Πούντας και Δρυού, προτείνεται να αποτελέσουν δύο νέα οικιστικά κέντρα, ο ρόλος των οποίων σχετίζεται με την οργανωτική αποκέντρωση των οικιστικών ενοτήτων Παροικιάς και Μάρπησσας / Αρχιλόχου στις οποίες υπάγονται αντίστοιχα, λόγω της εκτεταμένης γεωγραφικής επιφάνειας τους και των προοπτικών ανάπτυξης που παρουσιάζουν, η μεν Πούντα ως κόμβος σύνδεσης με την διαρκώς οικιστικά αναπτυσσόμενη Αντίπαρο και ο Δρυός ως κέντρο εξυπηρέτησης κυρίως του εποχιακού πληθυσμού της νοτιοανατολικής παράλιας ζώνης κατά την περίοδο αιχμής.

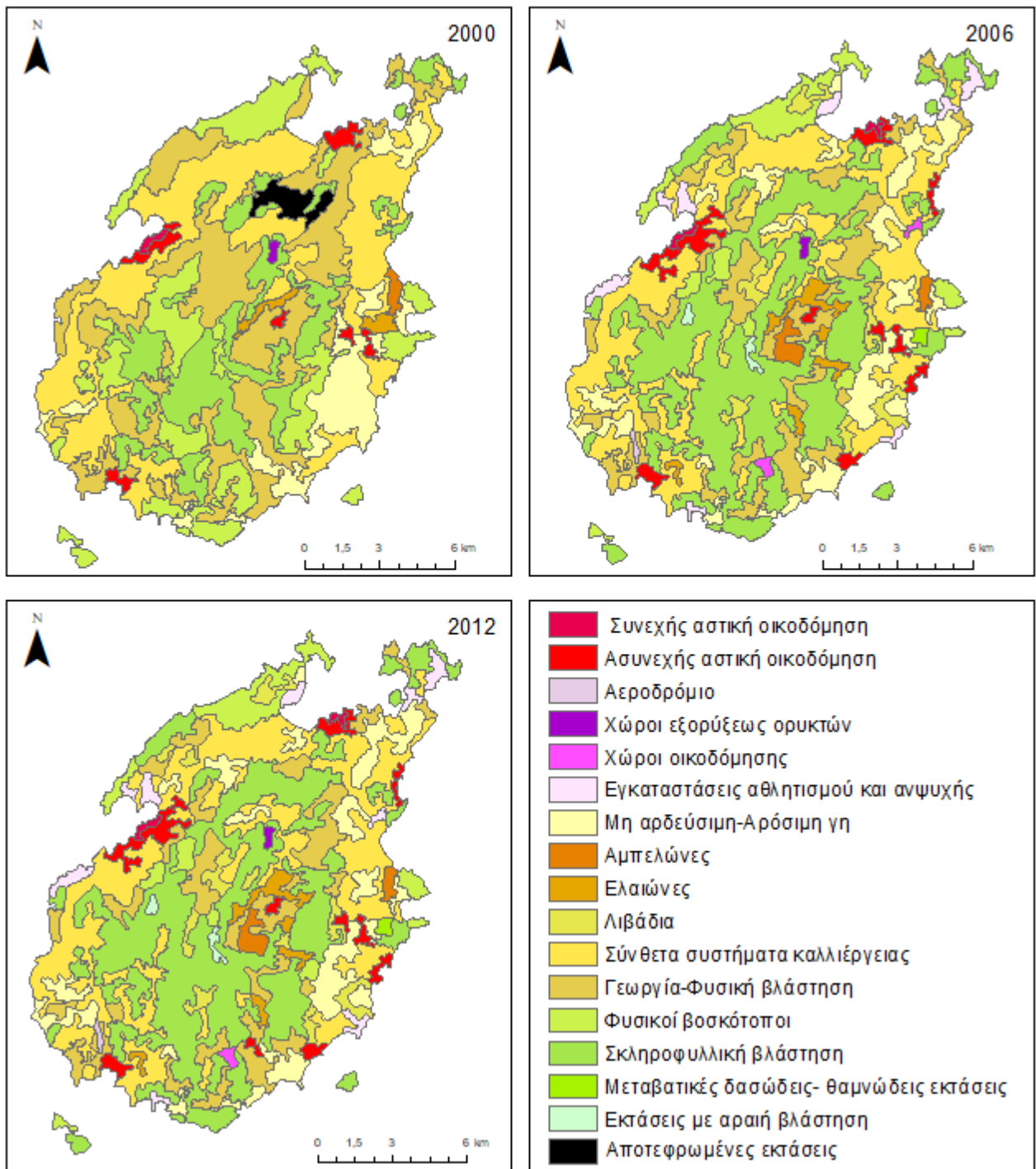
3.3.2 Οι καλύψεις γης (CORINE CLC)

Η χάραξη κατευθυντήριων πολιτικών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και η αποτελεσματικής και ενιαίας διαχείρισης του περιβάλλοντος, δημιούργησε την ανάγκη για συστηματική και λεπτομερή πληροφόρηση στις χώρες της Ε.Ε. Για το λόγο αυτό, στις 27 Ιουνίου του 1985, έπειτα από πρόταση της Ευρωπαϊκής επιτροπής, εκδόθηκε απόφαση για τη δημιουργία ενός προγράμματος με το όνομα CORINE (CoORdination of INformation on the Environment), το οποίο θα αποτελούσε ένα πειραματικό σχέδιο για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα.

Από το 1994, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (European Environment Agency) ενέταξε το CORINE στο πρόγραμμα εργασίας του και είναι υπεύθυνος για την παροχή αντικειμενικών, έγκαιρων και στοχευμένων πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον. Τα κυριότερα μέρη του προγράμματος είναι το CORINE Land Cover, το CORINE biotopes και το Corineair, τα οποία αφορούν αντίστοιχα τις καλύψεις γης, τους βιότοπους σημαντικής οικολογικής αξίας και τον προσδιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων, για το σύνολο των χωρών της Ε.Ε.

Η υλοποίηση του προγράμματος CORINE Land Cover (CLC), με σκοπό τη σύνθεση θεματικών χαρτών καλύψεων γης για όλα τα κράτη-μέλη, βασίστηκε αρχικά στην οργάνωση όλης της επιστημονικής πληροφορίας που διέθεται το κάθε κράτος σε εθνικό επίπεδο και στην ανάλυση δορυφορικών εικόνων. Η Ελλάδα συμμετέχει στο πρόγραμμα Corine land cover από την έναρξή του (1990) και έχει υλοποιήσει τα CLC1990, CLC2000, CLC2006 και CLC2012.

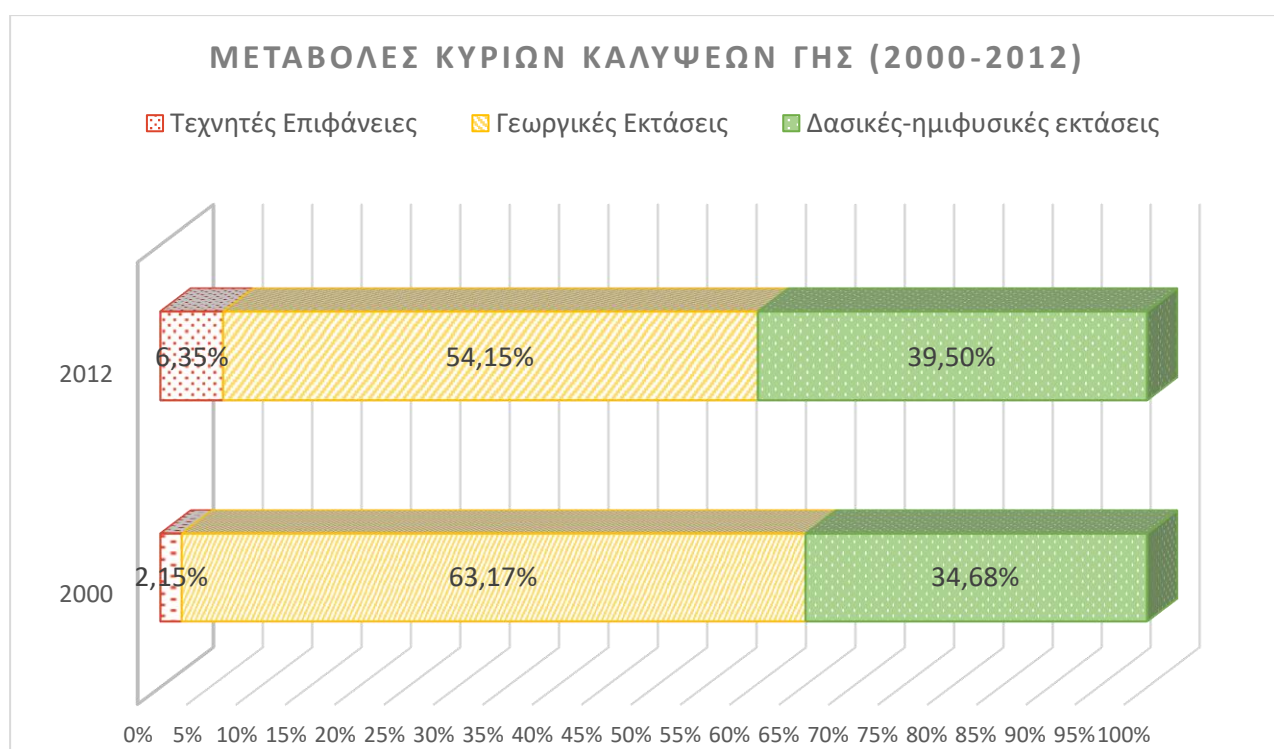
Στους παρακάτω χάρτες (Χάρτης 3) φαίνεται πως 17 συνολικά κατηγορίες καλύψεων γης κυριαρχούν στο νησί. Από αυτές οι 6 αφορούν τεχνητές επιφάνειες, οι γεωργικές εκτάσεις 5 και οι δασικές ημιφυσικές 5. Διακριτή κατηγορία είναι οι αποτεφρωμένες εκτάσεις.



Χάρτης 3: Η διαχρονική εξέλιξη των καλύψεων γης στη Ν. Πάρο (2000-2012),
 Πηγή: <http://www.copernicus.eu/>, Ιδία Επεξεργασία

Ένα πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει, από την παρατήρηση των τριών χαρτών, είναι η αυξητική τάση της μίξης των χρήσεων γης στην Πάρο και η δημιουργία νέων κατηγοριών. Οι συνεχής και ασυνεχής αστική οικοδόμηση τριπλασιάζεται, καταλαμβάνοντας το 6,35% του συνολικού νησιού μέσα σε δώδεκα χρόνια, ενώ δημιουργούνται πολλές εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής, αεροδρόμιο και χώροι οικοδόμησης, οι οποίες καταλαμβάνουν το 2,62%.

Η τάση αυτή της αστικής επέκτασης στο νησί, δεν είναι πρόσκαιρο φαινόμενο, αλλά αποτέλεσμα μιας διαχρονικής τάσης στην Πάρο και σε πολλά νησιά των Κυκλάδων. Σύμφωνα με το έντυπο «Διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων γης 1987-2007», της WWF Hellas (2012), «παρατηρείται η συνεχώς εξαπλούμενη αστικοποίηση στα μικρά και συνήθως τουριστικά νησιά όπως η Μύκονος, Πάρος, Σαντορίνη, κ.α. Η εκτεταμένη και διάσπαρτη δόμηση αποτελεί ένα καίριο παράγοντα υποβάθμισης των νησιών του Αιγαίου, αλλά υπεκφεύγει αυτής της ανάλυσης, εξαιτίας της έντονης ανάμιξης των χρήσεων και της μικρής κλίμακας των επιμέρους επεμβάσεων, με αποτέλεσμα να μην εντοπίζονται στις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν».



Διάγραμμα 10: Ραβδόγραμμα μεταβολών των κύριων κατηγοριών καλύψεων γης (2000-2012), Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Μέσα στην εξαετία οι γεωργική γη, στο σύνολο της, μειώνεται κατά 9%, με ένα τμήμα της να μετατρέπεται σε αστική επιφάνειας και ένα άλλο να εγκαταλείπονται και να κατατάσσεται στις ημιφυσικές περιοχές. Οι αμπελώνες και οι ελαιώνες διπλασιάζονται, καταλαμβάνοντας ωστόσο μικρές εκτάσεις στο νησί (1% και 1,77% αντίστοιχα). Η μη αρδευόμενη γη αυξάνεται και καταλαμβάνει πιο διάσπαρτα σημεία στην κατακερματισμένη αρόσιμη γη. Ειδικότερα, η περιοχή μελέτης στην ΟΕ Μάρπησσας, περιλαμβάνει μια μίξη από μεταβατικές θαμνώδεις-δασώδεις εκτάσεις, λιβάδια, μη αρδευόμενης γης και σύνθετων καλλιεργειών.

3.4 Φυσικό περιβάλλον

Το νησί της Πάρου διαθέτει πολύ αξιόλογο φυσικό πλούτο που λόγω της έντονης ανθρωπογενούς δραστηριότητας χρήζει ιδιαίτερης διαχείρισης και προστασίας προκειμένου να αποφευχθεί η υποβάθμισή του αλλά και να επιτευχθεί η ανάδειξή του καθώς αυτός ο φυσικός πλούτος αποτελεί κύριο κριτήριο για την ελκυστικότητά του ως προορισμός.

Η Νήσος Πάρος σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Α/Φ20/55013/4821/24.11.1975 έχει χαρακτηριστεί ολόκληρη ως «Τόπος Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους που χρήζει Κρατικής Προστασίας». Ειδικότερα, με βάση την εν λόγω υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 1455/Β/9.12.75 & ΦΕΚ 732/07.07.93) καθορίζονται συγκεκριμένες χρήσεις γης, καθώς και όροι και περιορισμοί δόμησης στις εκτός σχεδίου και εκτός ορίων οικισμών περιοχών της νήσου.

Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός βραχονησίδων που ανήκουν στην Περιφερειακή Ενότητα Πάρου έχουν χαρακτηριστεί με Υπουργικές Αποφάσεις Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (Τ.Ι.Φ.Κ.). Αξίζει να σημειωθεί πως σύμφωνα με το ΓΠΣ Πάρου «υπάρχουν στο νησί τόποι ιδιαίτερου φυσικού κάλλους οι οποίοι όμως δεν βρίσκονται κάτω από κάποιο καθεστώς προστασίας. Χαρακτηριστικά οι περιοχές αυτές είναι: το Δασάκι στην Μονή Αγ. Αρσενίου, οι παραλίες με άργιλο στον Καλόγερο, Ακρωτήρι με κέδρους στον Μώλο, Δικέφαλος στα Μάρμαρα (βραχώδεις σχηματισμοί), Λόφος Αγ. Αντωνίου, Περιοχή της Μονής Αγ. Αντωνίου (δασώδης έκτασης, πηγή & σπήλαιο), Δασύλιο στις Λεύκες, Φανός στην Τρυπητή, θέση Λουκουλάκη στην Μάρπησσα (πηγή), οι Κολυμπήθρες και οι Κουκουναριές στην Νάουσα». Πολλές από αυτές τις περιοχές βρίσκονται μέσα στην περιοχή μελέτης που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία.

Στο νησί της Πάρου υπάρχουν επιπλέον δύο περιοχές, οι οποίες είναι χαρακτηρισμένες ως περιοχές Natura 2000 βάσει της κοινοτικής οδηγίας 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της Άγριας Πανίδας και Χλωρίδας», οι οποίες και είναι:

- GR4220016 - Νήσος Πάρος: Πεταλούδες (SCI)
- GR4220025 – Νησίδες Πάρου και Νότια Αντίπαρος (SPA)

Έως σήμερα δεν έχουν εκπονηθεί οι Ειδικές Περιβαλλοντικές Μελέτες ή Σχέδια Διαχείρισης για τις περιοχές αυτές και συνεπώς δεν έχουν καθορισθεί επιμέρους ζώνες προστασίας και αντίστοιχα ειδικοί όροι και περιορισμοί για αυτές.

Τα Καταφύγια Άγριας Ζωής, αποτελούν περιοχές που απαγορεύεται το κυνήγι κάθε θηράματος, με σκοπό την προστασία και την ανάπτυξη των πληθυσμών των θηραμάτων και των λοιπών ειδών της άγριας πανίδας ως και των ειδών της αυτοφυούς χλωρίδας. Τα Καταφύγια Άγριας Ζωής που εντοπίζονται στην Πάρο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

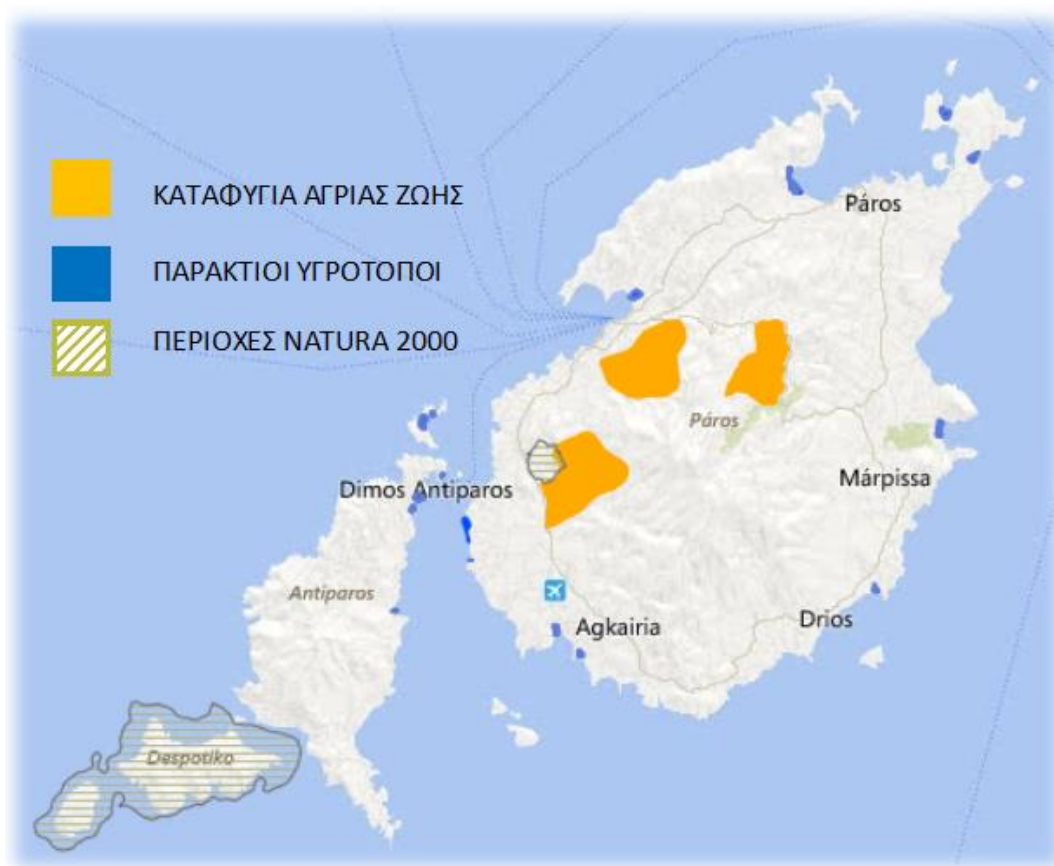
ΚΑΤΑΦΥΓΙΟ ΑΓΡΙΑΣ ΖΩΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (ha)	Απόφαση / Φ.Ε.Κ.	ΑΡΜΟΔΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
Άγιοι Πάντες – Στρούμπουλα (Λευκών – Κώστους Πάρου)	400	Αποφ. 2627/27-7-00	Δ/νση Δασών Κυκλάδων
Νότια Πάρος (Παροιτιάς Πάρου)	400	143/26-2-77	Δ/νση Δασών Κυκλάδων
Άγιος Χαράλαμπος - Λαγκάδα	500	ΦΕΚ435/Β/15-7-85	Δ/νση Δασών Κυκλάδων

Πίνακας 6: Τα καταφύγια άγριας ζωής στη Ν. Πάρο (Πηγή: Διεύθυνση Δασών Ν. Κυκλάδων)

Επιπλέον, στην Πάρο υπάρχει ένας αξιοσημείωτος αριθμός υγροτοπικών εκτάσεων, που καταλαμβάνουν περίπου έκταση 250 στρ, και οι οποίες αποτελούν τα περισσότερα απειλούμενα οικοσυστήματα του νησιού. Τα τελευταία 30 έτη δέχονται πολύ ισχυρές ανθρωπογενείς πιέσεις, με αποτέλεσμα να έχουν περιορισθεί ασφυκτικά από τη δόμηση, τους δρόμους και τα μπαζώματα. Οι κυριότεροι τύποι υγροτοπικών εκτάσεων στο νησί είναι οι: α) παράκτιοι υγρότοποι, β) εκβολές σημαντικών ρεμάτων (στην παραλία Παράσπορος) και γ) εποχιακά τέλματα, τα οποία βρίσκονται σε διάσπαρτα σημεία στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού.

Σύμφωνα με το ΓΠΣ Πάρου «οι παράκτιοι υγρότοποι είναι εκείνοι που χρήζουν μεγαλύτερης προστασίας, διότι απειλούνται άμεσα από την μεγάλη οικιστική ανάπτυξη της περιοχής αναφοράς (διάσπαρτη δόμηση, ίδρυση νέων τουριστικών εγκαταστάσεων ή επέκταση παλαιών, κλπ)». Αναλυτικότερα, οι εν λόγω παράκτιοι υγρότοποι είναι οι:

- Έλος Παροιτιάς
- Κρωτήρι και Κριός (Παραλία Μαρτσέλο)
- Παραλία Λίμνες Δ. της Νάουσας – Έλος Κολυμπήθρες
- Έλος Μώλου ή Κεφάλου (Παραλία Μώλος όρμος Κέφαλος)
- Έλος Χρυσής ακτής (Παραλία Χρυσή Άμμος)
- Λιμνοθάλασσα Σάντα Μαρία (παραλία Αλυκής)
- Λιμνοθάλασσα Αλυκής Αγκαιριάς
- Αλυκή Πούντας (Παραλία Κάμπος 1 & Πούντα - περιοδικώς κατακλιζόμενη περιοχή)
- Πίσω Λιβάδι
- Δρυός
- Άγνωστη Λιμνοθάλασσα δυτικά του οικισμού του Κάμπου(37° 01' 10.44'' N , 25° 06' 00,87''Ε)



Εικόνα 3: Απεικόνιση των προστατευόμενων φυσικών περιοχών στη Ν. Πάρο, Πηγή: WWF Hellas (<http://www.oikoskopio.gr/>)

Τέλος, οι δασικές εκτάσεις του νησιού δεν έχουν χαρτογραφηθεί και κτηματολογηθεί από την αρμόδια Δασική Υπηρεσία Ν. Κυκλάδων. Οι «δασικές και ημιδασικές εκτάσεις», καθώς και οι αναδασωτέες καλύπτουν σημαντικό ποσοστό γης στο σύνολο της έκτασης του Δήμου.

Θέση	Έκταση (m ²)	Απόφαση
Αστέρας	5.850	231/23-01-07
Κώστος	3.400	586οικ/9-02-07
Γαλανά Γρέμνα	24.600	4678οικ/7-12-05
Σάντα Μαρία	3.500	381/9-02-07
Νοτιάς – Περιστέρι – Αγ. Χαράλαμπος – Αγεράτζα - Ψυχοπιάνα	1.135.000	802/12-03-97
Κακάπετρα	45.000	1919/2-06-05
Ακρωτήριο «Μαύρος Φανός»	3.000	2344οικ/29-06-04
Βουτάκος	40.000	86/12-01/00
Μαράθι – Αγ. Ανδρέας – Μονή Λογγοβάρδας	2.100.000	3157/18-09-00
Μακριά Μύτη	6.000	1421/18-06-82
Μακριά Μύτη	4.022	1405/2-07-81
Λαλαντώνη – Άσπρο Χωριό	2.750	ΦΕΚ 853/Δ/29-11-89
Αυλάκια	8.864	864/30-04-82
Καντηνελιά	80.000	2383/28-08-84
Λαγκάδα	40.100	1123/19-05-88
Ράχες	35.000	3527/23-11-83
Κάμπος	22.642	1871/28-07-86
Άσπρο Χωριό - Λολαντώνη	9.000	3323/20-10-93
Μαράθι	134.200	2083/17-08-91
Άγιος Αντώνιος	250.000	3987/26-10-93
Ακρωτήριο «Αγ. Μύρωνας»	24.000	2334/23-07-93
Σύνολο	3.976.928	

Πίνακας 7 : Οι χαρακτηρισμένες αναδασωτέες περιοχές της Πάρου (Πηγή: Διεύθυνση Δασών Ν. Κυκλάδων, Στοιχεία του 2007)

3.5 Περιβαλλοντικές πιέσεις και οχλήσεις

Η Πάρος, όπως και τα περισσότερα νησιά του Νοτίου Αιγαίου, αποτελεί έναν από τους σημαντικούς διεθνής πόλους έλξης επισκεπτών λόγω του ήπιου κλίματος, του εξαιρετικού φυσικού περιβάλλοντος καθώς και των πολιτιστικών της πόρων (αρχαιολογική χώροι, παραδοσιακή αρχιτεκτονική, ιδιαίτερη αιγαιοπελαγίτικη φυσιογνωμία). Ο ρόλος στο διεθνή τουριστικό ανταγωνισμό έχει δημιουργήσει μια σειρά από πιέσεις αστικής και οικιστικής ανάπτυξης, αλλά και δραστικές αλλαγές στο παραγωγικό της μοντέλο.

Η οικιστική ανάπτυξη που συνεπάγεται μεταβάλλει τη δομή της οικονομίας του νησιού μεταβάλλοντας και τον προσανατολισμό του τομέα παροχής υπηρεσιών, καθώς οι επισκέπτες

δεν είναι πλέον στην πλειονότητά τους παροδικοί, αλλά μπορούν να χαρακτηριστούν ως εποχιακοί κάτοικοι. Αυτό δημιουργεί νέες τάσεις, αλλά και αρκετά προβλήματα στις απαιτούμενες υποδομές και την φέρουσα ικανότητα του νησιού.

Μια οικονομία προσανατολισμένη στον τουρισμό και ένας τρόπος ο οποίος μετατρέπεται σε πεδίο ανεξέλεγκτης κερδοφορίας δημιουργεί ένα πλήθος από κινδύνους οι οποίοι εάν δεν αναγνωριστούν και δεν προβλεφθούν αντισταθμιστικές πολιτικές, μπορεί να είναι καταστροφικές. Παρά το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο στον ελλαδικό χώρο αλλά και την κουλτούρα περιβαλλοντικής προστασίας, η οποία με τα χρόνια κερδίζει έδαφος, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις οικισμών και φυσικών σχηματισμών οι οποίοι οδηγούνται σε απώλεια των κύριων χαρακτηριστικών και αξιών τους, κάτω από τις πιέσεις της υπερεκμετάλλευσης του χώρου.

Όσο αφορά την ανάπτυξη των οικισμών, προβλήματα δημιουργούνται από τις επεκτάσεις που δημιουργούνται χωρίς σχεδιασμό και η έντονη και διάσπαρτη εκτός σχεδίου δόμηση τις δημιουργεί σαν τετελεσμένο γεγονός. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα όρια των οικισμών παύουν να είναι ευδιάκριτα, ενώ η δομή και σχέση τους με το τοπίο αλλοιώνονται. Ο δομημένος χώρος χάνει τη συνεκτικότητα του, οι οριοθετήσεις γίνονται με λάθος κριτήρια, τα νέα οδικά δίκτυα αλλοιώνουν τις παλαιές ιστορικές χαράξεις και καθώς τα κέντρα μετατοπίζονται προς τις νέες επεκτάσεις οι οικισμοί χάνουν την φυσιογνωμία τους.

Οι επιπτώσεις συνήθως, είναι ακόμη πιο έντονες στο φυσικό περιβάλλον μιας περιοχής. Τα φυσικά οικοσυστήματα καταπονούνται λόγω υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας τους (π.χ. ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα). Τα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα της περιοχής καθώς και τα ρέματα, οι υγροβιότοποι, οι δασικές και χορτολιβαδικές εκτάσεις βάλονται από τις έντονες οχλήσεις που προκαλούν οι χρήσεις γης που φιλοξενούν τον τουρισμό. Εάν δεν υπάρχουν οι κατάλληλοι ελεγκτικοί μηχανισμοί αλλά και πολιτικές που να προσανατολίζουν τη νέα δόμηση, τότε το τεχνητό περιβάλλον είναι δυνατό να καταστρέψει τα τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και τους φυσικούς σχηματισμούς (αιγιαλός, παραλίες, βραχώδεις σχηματισμοί, κ.α.).

Ο αγροτικό χώρος που εγκαταλείπεται έχει ως συνέπεια ανθρωπογενή στοιχεία ενταγμένα στο περιβάλλον όπως οι αναβαθμίδες, τα μονοπάτια, κ.α. να καταστρέφονται και παραδοσιακές τεχνιτές κατασκευές τις υπαίθρου που συνδέονται με την αγροτική φυσιογνωμία της περιοχής να εγκαταλείπονται.

Έδω από το 2013 στην Μελέτη Τουριστικής Ανάπτυξης Νοτίου Αιγαίου, η Πάρος μαζί με την Μύκονο και την Σαντορίνη απαρτίζουν μια ομάδα νησιών «με κύριο χαρακτηριστικό το δυναμισμό τους στον τουρισμό, με υψηλό αριθμό επισκεπτών αλλά όχι απαραίτητα παρεμφερές πληθυσμιακό μέγεθος και εμφάνιση έντονων στοιχείων κορεσμού».

4. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 20ού αιώνα οι πόλεις επεκτάθηκαν με ιδιαίτερα γρήγορο και εντατικό ρυθμό. Η τεχνολογική πρόοδος και οι σύγχρονες υποδομές μεταφορών οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων αστικών μορφών και χρήσεων γης. Το φαινόμενο της αστικοποίησης δεν είναι πλέον συνυφασμένο με την μεγέθυνση των πόλεων, αλλά αφορά τον εξωαστικό χώρο, το διαμορφωμένο από τον άνθρωπο περιβάλλον της υπαίθρου, τον αγροτικός χώρος και ακόμη πιο πρόσφατα στο πεδίο του σχεδιασμού, τον παράκτιο χώρο.

Ακολουθώντας την εξέλιξη αυτού του φαινομένου η επιστημονική έρευνα, από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και μετά, ανέπτυξε ένα πλούσιο έργο για την ανάλυση και τις μεθόδους πρόβλεψης της επέκτασης των πόλεων. Τα τελευταία χρόνια, το ζήτημα των επιπτώσεων της επέκτασης του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στον εξωαστικό χώρο κυριαρχεί, σε μια προσπάθεια να τροφοδοτηθεί με πληροφoρία ο σχεδιασμός πολιτικών. Η κλιματική αλλαγή, η διαχείριση φυσικών καταστροφών, ο πολεοδομικός σχεδιασμός, καθώς και η διαχείριση των φυσικών πόρων και του τοπίου μιας περιοχής είναι πεδία σχεδιασμού κρίσιμα για την βιωσιμότητα της κάθε περιοχής.

Μια ενδιαφέρουσα εργασία πάνω στο ζήτημα της βιωσιμότητας και πιο συγκεκριμένα της μέτρησης της, στην κλίμακα ενός νησιού, παρουσίασε μια ομάδα ερευνητών από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου (Σπιλάνης Ι., Κίζος Θ., Κουλούρη Μ., κ.α.) το 2009. Η συγκεκριμένη εργασία είναι ενδεικτική για τις δυνατότητες που υπάρχουν σήμερα, στο πεδίο του σχεδιασμού, να συλλέγονται σύνθετες πληροφορίες και να δημιουργούνται μοντέλα για μια περιοχή.

Στη συγκεκριμένη εργασία, δημιουργείτε ένα μοντέλο αξιολόγησης της κατάστασης βιωσιμότητας του νησιού της Πάρου και της Κω. Η αξιολόγηση γίνεται μέσα από πληροφορίες για την ποιότητα και την ποσότητα των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών κεφαλαίων των νησιών, υπό την πίεση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και άλλων εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων.

Οι κυρίαρχες θεματικές δεικτών που επιλέγονται είναι οι χρήσεις/καλύψεις γης, η βιοποικιλότητα, η ποιότητα και ποσότητα των νερών και του εδάφους, το αστικό περιβάλλον και άλλοι δημογραφικοί και οικονομικοί δείκτες. Συνολικά προέκυψαν 19 διαφορετικές μεταβλητές, των οποίων τα δεδομένα συλλέχθηκαν με διαφορετικούς τρόπους (Τηλεπισκόπηση, GIS, απογραφές, κ.α.) για διαφορετικές ημερομηνίες. Για να γίνει εφικτή διαχείριση τους, εφαρμόστηκε πολυκριτηριακή ανάλυση.

Τα αποτελέσματα σε πρώτο επίπεδο μπόρεσαν να δώσουν μια διερευνητική απάντηση στην ανάπτυξη ενός εργαλείου μέτρησης της βιωσιμότητας. Επιπλέον, η παραγωγή θεματικών χαρτών οδήγησε στον χωρικό εντοπισμό των πιο ευαίσθητων και κρίσιμων περιβαλλοντικά περιοχών των νησιών, καθώς και της ιεράρχησης τους. Η ανάπτυξη τέτοιων μεθόδων διευκολύνει την ανάπτυξη νέων μηχανισμών ελέγχου και προστασίας του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Σε μια άλλη εργασία, ο Yasser M. Ayad (2004) ασχολείται με το φαινόμενο της αστικοποίησης μικρών πόλεων, εξαιτίας της τουριστικής ανάπτυξης, εκτιμώντας τις οπτικές αλλαγές σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη παράκτια ζώνη της Αιγύπτου. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η διερευνητική εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ, ώστε να αναλυθεί και να αξιολογηθεί κάτι που συνήθως θεωρείται μη μετρίσιμος πόρος, τα οπτικά χαρακτηριστικά των τοπίων.

Η ανάλυση αξιολογεί τις αλλαγές μεταξύ μιας περιόδου που χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερη σχέση του φυσικού τοπίου (1950) και την έναρξη της εκμετάλλευσης της περιοχής για θέρετρα (1990). Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι δορυφορικές εικόνες SPOT τριών φασματικών καναλιών με ανάλυση 20 m x 20 m για διαφορετικές χρονολογίες (1987,1992) αεροφωτογραφίες κλίμακας 1: 25.000 (1955, 1977) και ένας τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1: 50.000 (1977) ο οποίος αξιοποιείται για την παραγωγή ενός DEM ανάλυσης 20 m x 20 m.

Εφαρμόζοντας μεθόδους ταξινόμησης στις δορυφορικές εικόνες προκύπτουν οι χρήσεις/καλύψεις γης, ενώ με τη συνδυασμένη χρήση μοντελοποίησης στο GIS εντοπίζονται τέσσερα οπτικά χαρακτηριστικά του τοπίου: η χρήση της γης, η δραστηριότητα (βαθμός φυσικότητας), η απόσταση από την ακτή, και η τοπογραφική ποικιλία. Αυτό επιτρέπει στη συνέχεια, την ανάπτυξη ενός σύνθετου δείκτη.

Από τη συγκριτική ανάλυση των χαρτών που παρήχθησαν για τις ημερομηνίες που προαναφέρθηκαν προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την έκταση των επιπτώσεων της αστικής επέκτασης στην περιοχή μελέτης. Η αλλαγή του βαθμού φυσικότητας, από το 1955 έως το 1992, ήταν εμφανής κυρίως στους παράκτιους αμμόλοφους και έπειτα στην ενδοχώρα στις πλαγιές και στην κορυφή της πρώτης βραχώδους κορυφογραμμής. Παραδοσιακά στοιχεία του τοπίου, όπως διάφορες μορφές μικρής κλίμακας γεωργικών καλλιεργειών, εξαφανίστηκαν εντελώς υπέρ των τεχνητών δραστηριοτήτων. Τέλος, η ποικιλομορφία των

χρήσεων/καλύψεων γης έδειξε μια γενική τάση προς τον μετασχηματισμό του τοπίου σε πιο ομοιογενείς συνθέσεις.

Το ζήτημα της επέκτασης του δομημένου περιβάλλοντος στον παράκτιο χώρο αποτελεί πλέον ένα φαινόμενο του οποίου οι προκλήσεις έχουν αναγνωριστεί. Ωστόσο, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής καθορίζουν τους όρους με τους οποίους συμβαίνει αυτή η επέκταση και τα χωρικά πρότυπα που δημιουργούνται. Η διερεύνηση του φαινομένου της αστικοποίησης, συμπεριλαμβάνοντας την παράμετρο της νησιωτικότητας, είναι σχετικά πρόσφατο πεδίο ενδιαφέροντος στη διεθνή βιβλιογραφία.

Οι Pons και Rullans το 2014 μελέτησαν την πορεία της αστικοποίησης στις Βαλεαρίδες νήσους, ένα ιδιαίτερα δημοφιλή τουριστικό προορισμό, μέσα σε διάστημα 50 ετών (1956-2006). Η περίοδος ανάλυσης συνάδει με τη σταδιακή φιλελευθεροποίηση της οικονομίας στην Ισπανία και μια ραγδαία οικονομική μεγέθυνση για την περιοχή μελέτης. Σκοπός της εργασίας είναι η μέτρηση και ανάλυση αυτού του νέου χωρικού μοντέλου που αναπτύχθηκε μέσα σ' αυτές τις συνθήκες.

Όσο αφορά τα δεδομένα, οι χάρτες με τις καλύψεις γης (1956, 1973, 1995, 2006) προέκυψαν από δυο κυβερνητικά προγράμματα, χωροταξικού και τουριστικού ενδιαφέροντος, από τις αρχές των Βαλεριανών Νήσων. Το επίπεδο ακρίβειας από τις αρχικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είναι 1:25.000, ενώ ως ελάχιστη έκταση για τη χαρτογράφηση των αστικών ζωνών ορίστηκαν τα 30 στρέμματα.

Με τα παραπάνω δεδομένα πραγματοποιήθηκαν διαχρονικές αναλύσεις για την κάθε περίοδο. Ειδικότερα, για την μελέτη της ακτής υπολογίστηκε η αστική έκταση εντός λωρίδων του ενός και των δύο Χελμ. από την ακτογραμμή. Για την ανάλυση παράχθηκε ένας συνοπτικός χάρτης της αστικής επέκτασης και για τα τέσσερα νησιά, καθώς και διαγράμματα για τη συσχέτιση της με την απόσταση από τα αεροδρόμια, όπου αυτά υπήρχαν, και την επέκταση των ξενοδοχειακών μονάδων.

Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν πως το μέγεθος του νησιού και η συνδεσιμότητα με την ηπειρωτική χώρα είναι καθοριστικές παράμετροι της αστικής ανάπτυξης. Η χρονική φάση της πιο έντονης αστικοποίησης, η δεκαετία του 1980, συμπίπτει με την οικονομική ενσωμάτωση της Ισπανίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περίοδος που σταδιακής μείωσης των εμποδίων της κυκλοφορίας του κεφαλαίου.

Παράλληλα, οι Pons και Rullans σε μια δεύτερη εργασία για τις Βαλεαρίδες Νήσους μέτρησαν το βαθμό αστικοποίησης των ηπειρωτικών και νησιωτικών ισπανικών τουριστικών ακτών, στοχεύοντας στο να αποδείξουν την υπόθεση πως παρά τη σημαντική αύξηση της αστικοποίησης στην περιοχή μελέτης τους κατά το δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα, ο βαθμός αστικής μεταμόρφωσης των νησιωτικών ακτών είναι χαμηλότερος από αυτόν των ηπειρωτικών ακτών στην ίδια περιοχή.

Τα βασικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τις καλύψεις γης προέρχονται από το Corine Land Cover για τις ημερομηνίες 1990 και 2006. Στη συνέχεια, η τεχνητή εδαφική κάλυψη υπολογίζεται για παράκτιες λωρίδες πλάτους 1, 2 και 10 χιλιομέτρων για την περίοδο 1990-2006, με σκοπό την ανάλυση και τη σύγκριση του βαθμού αστικοποίησης των παράκτιων ισπανικών νησιών με άλλες ισπανικές μεσογειακές παράκτιες περιοχές.

Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την αρχική υπόθεση της εργασίας. Η νησιωτική απομόνωση είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που εξηγούν το χαμηλότερο επίπεδο αστικοποίησης των νησιών σε σχέση με τις ηπειρωτικές ακτές, αλλά όχι το μοναδικό. Η εποχικότητα και ο πολεοδομικός σχεδιασμός στη Βαλεαρίδα, ή άλλοι φυσικοί ή κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, βοηθούν επίσης να εξηγήσουν τις διαφορές.

Μεθοδολογικά έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές και μέθοδοι οι οποίοι συνδυαστικά επιχειρούν να βελτιώσουν το αποτέλεσμα ταξινομημένων εικόνων. Σε μια πρόσφατη ερευνητή δουλειά οι Zhang, Cui et al. (2017) αξιοποιούν τη μέθοδο Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) για να απομονώσουν την πλειοψηφία της πληροφορίας των δορυφορικών τους εικόνων και στην συνέχεια εξάγουν τα χαρακτηριστικά της υφής. Στην μεθοδολογία τους εμπλέκονται πιο σύνθετες διαδικασίες που αφορούν fusion αλγόριθμους που σχετίζονται με τελική επιλογή των κατηγοριών των μέτρων των υφών που θα χρησιμοποιήσουν στην τελική εικόνα.

Στόχος είναι η σύγκριση δύο διαφορετικών μεθόδων για να ταξινομηθεί μια εικόνα υψηλής ανάλυσης με το συνδυασμό των φασματικών χαρακτηριστικών και των χαρακτηριστικών υφής. Γενικά, η ταξινόμηση σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά υφής με τη χρήση του μέτρου κατεύθυνσης και του fusion αλγορίθμου πέτυχε καλύτερα αποτελέσματα από αυτά της χρήσης του ταξινομητή SVM.

5. Μεθοδολογία

5.1 Περιγραφή των δεδομένων και των λογισμικών

Η ανάπτυξη των δορυφόρων έφερε μια νέα εποχή στον τομέα της Τηλεπισκόπησης και ευρύτερα της παρακολούθησης της Γης. Σήμερα, οι δορυφορικές εικόνες αποτελούν ένα πολύ σημαντικό εργαλείο σε διάφορους επιστημονικούς τομείς οι οποίοι συνδέονταν στενά με την ανάγκη σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων.

Στην Ελλάδα η παρατήρηση και παρακολούθηση της Γης από το Διάστημα αποτελεί αντικείμενο μελέτης και εφαρμογής εδώ και περίπου 30 χρόνια, με την εμπλοκή αρχικά των Πανεπιστημιακών Εργαστηρίων και στη συνέχεια Ερευνητικών Ινστιτούτων αλλά και ιδιωτικών φορέων. Η Ελλάδα υπέγραψε την πρώτη συμφωνία συνεργασίας με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (European Space Agency) το 1994.

Τα πεδία εφαρμογής στα οποία δορυφορικές εικόνες υψηλών προδιαγραφών είναι πολυάριθμα και ζωτικής σημασίας για την έρευνα και τη χάραξη πολιτικών όπως η διαχείριση κινδύνων (πλημμύρες και δασικές πυρκαγιές, καθίζηση και κατολισθήσεις) και η ανίχνευση αλλαγών (change detection), τα Συστήματα Διατροφικής Ασφάλειας / Έγκαιρης Προειδοποίησης, η διαχείριση υδάτων και η προστασίας του εδάφους, η αστική χαρτογραφία, οι φυσικοί κίνδυνοι κ.α..

Η ανάγκη για τη διατήρηση της λειτουργικής παροχής δεδομένων για τέτοιες υπηρεσίες έχει δημιουργήσει μια μεγάλη και κερδοφόρα αγορά, ενώ έχει γίνει και αφορμή για την ανάπτυξη προγραμμάτων και πλατφορμών δωρεάν αλλά και συνδρομητικής παροχής δορυφορικών εικόνων. Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας είναι επεξεργασμένα προϊόντα εικόνων της ιδιωτικής εταιρίας Planet και συλλέχθηκαν από τη διαδικτυακή της πλατφόρμα με δωρεάν δοκιμαστική άδεια χρήσης 14 ημερών.

Η Planet παρέχει συνδρομητικές υπηρεσίες για τις εικόνες της, από τους δορυφόρους που έχει σε τροχιά, αλλά και στα προϊόντα επεξεργασίας και διόρθωσης αυτών των εικόνων. Τα προϊόντα των εικόνων αυτών περιλαμβάνουν σφαιρικές εικόνες καθημερινής απεικόνισης και υψηλής χωρικής ανάλυσης, 3-5 μ . το pixel (δορυφόροι Planetscope και Rapideye) καθώς και εικόνες διακριτικής ικανότητας κάτω τους ενός 1 μ . το pixel (Skysat).

Οι εικόνες για το έτος βάση 2011 (ημερομηνία λήψης 13/03/2011) ανήκουν στην κατηγορία RapidEye Analytic Ortho Tile, ενώ για το 2018 (ημερομηνία λήψης 09/05/2018) η εικόνα είναι PlanetScope Analytic Ortho Tile. Οι εικόνες αυτές είναι πολυφασματικά δεδομένα

από τον δορυφόρο RapidEye και Planetscope αντίστοιχα, γεωαναφερμένες και ορθοανηγμένες (orthorectified). Στις εικόνες αυτές έχει ελαχιστοποιηθεί η επίδραση του εδάφους (όχι των κτιρίων, αποδίδοντας έτσι τη γεωμετρία μιας κάθετης λήψης. Επιπλέον, στις εικόνες έχουν πραγματοποιηθεί ραδιομετρικές διορθώσεις.

Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά των δεδομένων διαφέρουν όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7). Η εικόνα RapidEye έχουν μικρότερη διακριτική ικανότητα και έχουν ένα επιπλέον φασματικό κανάλι (το κόκκινο άκρο). Οι συγκεκριμένες εικόνες αποτελούν μια χρήσιμη βάση για επεξεργασία που περιλαμβάνει δείκτες βλάστησης, ταξινομήσεις καλύψεων γης, κ.α.

Χαρακτηριστικά	RapidEye	Planetscope
Φασματικά κανάλια	πολυφασματική εικόνα 5 καναλιών (κόκκινο, πράσινο, μπλέ, κόκκινο άκρο, εγγύς υπέρυθρο)	πολυφασματική εικόνα 4 καναλιών (κόκκινο, πράσινο, μπλέ, εγγύς υπέρυθρο)
Μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος	5 μ.	3 μ.
Βάθος Bit	16-bit	16-bit
Ακρίβεια θέσης	<10 μ. RMSE	<10 μ. RMSE
Ημερομ. Λήψης	13/03/2011	09/05/2018

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά των πολυφασματικών δεδομένων της εργασίας

Ένα σημαντικό εργαλείο στις μεθόδους ανάλυσης και ανίχνευσης αλλαγών του χώρου, είναι η αξιοποίηση των ψηφιακών ή αναλογικών αεροφωτογραφιών ως πρωτογενή πηγή δεδομένων και πληροφοριών. Μέσα από κατάλληλες διαδικασίες, παράγονται τοπογραφικά διαγράμματα, ορθοφωτοχάρτες, καθώς και ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν ορθοφωτογραφίες για την ψηφιοποίηση των ορίων της περιοχής μελέτης και της ακτογραμμής του νησιού, καθώς και για τη συλλογή δεδομένων αναφοράς για τον έλεγχο ακρίβειας.

Πιο συγκεκριμένα, για τις ψηφιοποιήσεις που έγιναν αλλά και για τη δημιουργία δεδομένων αναφοράς (2009) χρησιμοποιήθηκαν οι Ψηφιακές Ορθοφωτογραφίες Μεγάλης Κλίμακας – LSO που παρήχθησαν από τον ΟΚΧΕ, ενώ για τη δημιουργία δεδομένων αναφοράς για το 2011 χρησιμοποιήθηκε το υπόβαθρο του 2011 για την Πάρο από το Ελληνικό

Κτηματολόγιο. Το έργο LSO αφορά στην παραγωγή έγχρωμων ψηφιακών ορθοφωτογραφιών μεγάλης κλίμακας και των αντίστοιχων ψηφιακών υψομετρικών μοντέλων (DEM). Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θεματικών χαρτών.

Για την ψηφιοποίηση της ακτογραμμής του νησιού χρησιμοποιήθηκαν ορθοφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης. Οι ορθοφωτογραφίες παρήχθησαν από αεροφωτογραφίες περιόδου λήψης 03/2007 – 09/2008 και καλύπτουν το σύνολο της χώρας και ακολουθούν τη διανομή ΕΓΣΑ87 κλίμακας 1:5000. Η ραδιομετρική τους ανάλυση είναι 24-bit.

Χαρακτηριστικά	LSO
Μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος	0,50 m
Διαστάσεις Πινακίδας (m)	4000*3000
Περιμετρική επικάλυψη	χωρίς
Γεωμετρική ακρίβεια	RMSE _{xy} ≤ 1,41m
Τύπος αρχείου	TIFF

Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά LSO για το έτος 2007-08.

5.2 Προεπεξεργασία δεδομένων

Το στάδιο της προεπεξεργασίας (preprocessing) των δεδομένων αφορά μεθόδους και τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων σε δεδομένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη διαχρονική ανίχνευση αλλαγών. Η εικόνα που θα προκύψει μετά το στάδιο της προεπεξεργασίας πρέπει να αντικατοπτρίζει τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης ακριβώς την στιγμή που πάρθηκαν τα δεδομένα, τόσο σε ανακλώμενη ακτινοβολία όσο και σε χωρικά χαρακτηριστικά (Jensen, 1996).

Τα κύρια ζητήματα που αντιμετωπίζονται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου είναι οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις και οι γεωμετρικές παραμορφώσεις των εικόνων (Παρχαρίδης, 2015). Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν την εξαγωγή πληροφορίας από τις εικόνες στο βαθμό που επηρεάζουν την καταγραφή της ανάκλασης των αντικειμένων από τους αισθητήρες των δορυφόρων (Teillet 1986). Ωστόσο, η ανάγκη διορθώσεων εξαρτάται και από το σκοπό της εργασίας και τις επιμέρους επεξεργασίες των δεδομένων που απαιτούνται.

Για παράδειγμα, η ανάγκη για ατμοσφαιρική διόρθωση, σε μελέτες που αφορούν τον εντοπισμό της αλλαγής, εξαρτάται κυρίως από τις μεθόδους που εφαρμόζονται. Ο Song et al. (2001) αναφέρει ότι στις γραμμικές μεθόδους εντοπισμού της αλλαγής, όπως η διάκριση των διαφορών μεταξύ εικόνων (image differencing) δεν υπάρχει λόγος να γίνει ατμοσφαιρική διόρθωση, εφόσον οι κλάσεις της παραγόμενης εικόνας έχουν μηδενικό μέσο (zero mean).

Ο Song et al. (2001) έδειξε ότι η ατμοσφαιρική διόρθωση επηρεάζει περισσότερο τα αποτελέσματα των δεικτών, όπως είναι ο Ομαλοποιημένος Δείκτης Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) και λιγότερο τα αποτελέσματα της ταξινόμησης μιας εικόνας. Υποστηρίζει ότι αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές όταν τα δεδομένα εκπαίδευσης (training samples) και η προς ταξινόμηση εικόνα είναι στην ίδια κατάσταση ραδιομετρικά (είτε και οι δύο διορθωμένες ατμοσφαιρικά είτε και οι δύο μη διορθωμένες).

Ο μετασχηματισμός μιας εικόνας τηλεπισκόπησης έτσι ώστε να έχει κλίμακα και προβολικές ιδιότητες ενός χάρτη ονομάζεται γεωμετρική διόρθωση και πρέπει να ακολουθείται όποτε απαιτούνται ακριβείς μετρήσεις επιφάνειας διεύθυνσης και απόστασης σε μια εικόνα (Jensen, 1996). Σκοπός της γεωμετρικής διόρθωσης είναι το κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας να αποκτήσει τη σωστή του γεωγραφική θέση με συντεταγμένες.

Όσον αφορά, τα σφάλματα εξαιτίας του αναγλύφου εφαρμόζεται ένας άλλος τύπος διόρθωσης που ονομάζεται ορθοαναγωγή (orthorectification). Με την ορθοαναγωγή γίνεται γεωαναφορά και παράλληλα διορθώνονται και τα σφάλματα λόγω του υψομέτρου αναγλύφου (Μητράκα 2011). Όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στην περιγραφή των δεδομένων, στις δορυφορικές εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν στην εργασία έχουν πραγματοποιηθεί οι απαραίτητες γεωμετρικές διορθώσεις και οι εικόνες έχουν υποστεί ορθοαναγωγή.

Το προβολικό σύστημα των εικόνων, που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της ανάλυσης των δεδομένων, είναι το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS 1984. Σε αρχικό στάδιο, οι τρεις δορυφορικές εικόνες κόπηκαν στα όρια της περιοχής μελέτης, έτσι ώστε να καλύπτει μόνο την περιοχή ενδιαφέροντος, μειώνοντας έτσι το μέγεθος των εξαγόμενων αρχείων και τον χρόνο επεξεργασίας.

5.3 Μέθοδοι ενίσχυσης εικόνας

Η ενίσχυση μιας εικόνας (image enhancement) είναι ιδιαίτερα σημαντική στην αντιμετώπιση σφαλμάτων ή προβλημάτων που προκύπτουν εξαιτίας της διαφορετικής απόκρισης των αντικειμένων του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στην

ανάκλαση, την απορρόφηση ή και τη διάχυσης της ενέργειας. Το είδος της ενίσχυσης διαφέρει (ραδιομετρική, χωρική, φασματική), καθώς και οι αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Βελτίωση της αντίθεσης (Contrast Enhancement).
- Χρήση φίλτρων (filters).
- Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal components analysis).
- Συνδυασμός φασματικών ζωνών (Combination of spectral zones).
- Λόγοι φασματικών ζωνών (Ratios).
- Συγχώνευση δεδομένων.

Η τεχνική της βελτίωσης της αντίθεσης αποτελεί ραδιομετρική ενίσχυση, η τεχνική της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών καλείται φασματική, ενώ η τεχνική της εφαρμογής φίλτρων χωρική. Ο κύριος σκοπός της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA) είναι η μείωση της διάστασης των δεδομένων, η απομάκρυνση της συσχέτισης μεταξύ των αρχικών μεταβλητών η οποία δηλώνει την επανάληψη της πληροφορίας και η απομόνωση του θόρυβο στις τελευταίες κύριες συνιστώσες. Τέτοιου είδους ζητήματα σχετίζονται περαιτέρω με τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων και την ενίσχυση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και δομών τα οποία κατανέμονται ποσοστιαία στα αρχικά δεδομένα (Milne 1986, Moreno 1995)

Η ραδιομετρική βελτιστοποίηση λειτουργεί σε ένα μόνο εικονοστοιχείο, ενώ η χωρική λειτουργεί σε ομάδες εικονοστοιχείων (Παρχαρίδης, 2015). Η ραδιομετρική βελτιστοποίηση αφορά την απομάκρυνση των ραδιομετρικών διαφορών οι οποίες οφείλονται στις ατμοσφαιρικές συνθήκες και όχι σε εδαφικούς παράγοντες. Στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι όλες οι ραδιομετρικά διορθωμένες εικόνες να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και συνθήκες φωτισμού μιας εικόνας αναφοράς. Έτσι οι διαφορές στις τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων αντιστοιχούν σε πραγματικές μεταβολές στην επιφάνεια, βελτιώνοντας σημαντικά την ποιότητα της εικόνας και την στατιστική της αξιοπιστία (Yang & Lo, 2000).

Η χωρική βελτιστοποίηση συνδέεται με την χωρική συχνότητα η οποία είναι η διαφορά μεταξύ των υψηλότερων και χαμηλότερων τιμών σε μία ομάδα εικονοστοιχείων. Πρόκειται για τεχνικές οι οποίες δίνουν έμφαση στην επιλεκτική πληροφόρηση σε διάφορες χωρικές

κλίμακες που εμπεριέχονται στην εικόνα. Μια εικόνα θεωρείται ως το άθροισμα συνιστωσών υψηλής και χαμηλής συχνότητας. Τα ψηφιακά φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρεθούν οι υψηλές ή χαμηλές συνιστώσες (Παρχαρίδης, 2015).

Τα χωρικά φίλτρα αποτελούν μία από τις δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων με σκοπό τον διαχωρισμό ειδικών ομάδων (ραδιομετρικών τιμών) εικονοστοιχείων που αφορούν κάποιες συγκεκριμένες καλύψεις γης και μάλιστα σε συγκεκριμένη κλίμακα (Περάκης, 2015).

Τα χωρικά φίλτρα λειτουργούν σαρώνοντας την εικόνα, κάνοντας υπολογισμούς με τις ραδιομετρικές τιμές των γειτονικών εικονοστοιχείων (pixel). Το κεντρικό εικονοστοιχείο του κάθε φίλτρου αντικαθίσταται από την τιμή η οποία υπολογίσθηκε βάσει των ραδιομετρικών τιμών των γειτονικών εικονοστοιχείων που απαρτίζουν το φίλτρο. Ο αριθμός των γειτονικών εικονοστοιχείων επιλέγεται σύμφωνα με τη διάσταση του φίλτρου (3x3, 5x5, 7x7, κτλ).

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά δύο μέθοδοι ενίσχυσης των εικόνων ώστε να αξιοποιηθεί η φασματική και η χωρική πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα σε αρχικό στάδιο πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών στις εικόνες με στόχο να συγκεντρωθεί η περισσότερη πληροφορία σε ένα κανάλι. Στη συνέχεια, σε αυτό το κανάλι έγινε εξαγωγή των χαρακτηριστικών της υφής.

5.3.1 Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal components analysis)

Τις τελευταίες δεκαετίες οι δορυφόροι που κατασκευάζονται έχουν ολοένα αυξανόμενες δυνατότητες καταγραφής προσφέροντας δορυφορικές εικόνες με πολύ υψηλές φασματικές και χωρικές ιδιότητες. Αντίστοιχα δημιουργούνται νέες, πιο διευρυμένες, ανάγκες διαχείρισης δεδομένων μεγάλου όγκου και πολλαπλής φασματικής πληροφορίας.

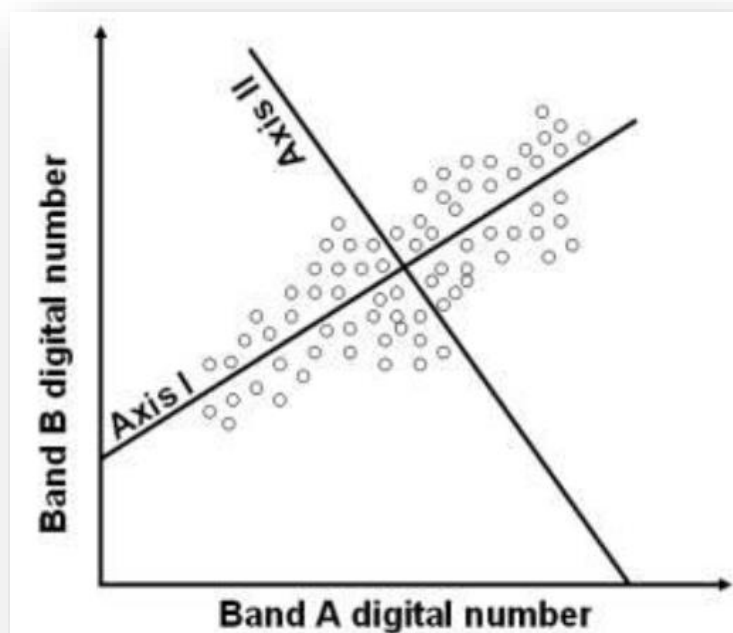
Κατά την ανάλυση πολυφασματικών δεδομένων, παρατηρούνται συχνά ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των καναλιών τους. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι οι εικόνες που δημιουργούνται από ψηφιακά δεδομένα διαφορετικών φασματικών καναλιών συχνά εμφανίζουν συσχετιζόμενη πληροφόρηση που δεν βοηθάει στην ερμηνεία τους (Παρχαρίδης, 2015). Για παράδειγμα, εάν ένας αισθητήρας καταγράφει την πληροφορία χρησιμοποιώντας μήκη κύματος στο ορατό/υπέρυθρο φάσμα οι περιοχές με βλάστηση, που λαμβάνονται χρησιμοποιώντας και τα δύο κανάλια, θα συσχετιστούν αρνητικά στη φύση.

Η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA), γνωστή και ως μετασχηματισμός του KarhunenLoeve (Karhunen - Loeve transform), χρησιμοποιείται για την παραγωγή νέων

καναλιών, μη συσχετισμένων μεταξύ τους. Είναι η πιο διαδομένη και συχνά χρησιμοποιούμενη, για την εξαγωγή και οπτικοποίηση χαρακτηριστικών, τεχνική στην πράξη (Hughes et al, 2003).

Πρόκειται για μια στατιστική μέθοδο μείωσης της διάστασης των δεδομένων υψηλής συσχέτισης. Ο στόχος των αλγορίθμων μείωσης της διάστασης είναι να διαμορφωθεί μια αναπαράσταση του σήματος σε ένα χαμηλότερων φασματικών διαστάσεων χώρο, ο οποίος διατηρεί επαρκώς τις απαιτούμενες πληροφορίες ώστε να επιτευχθεί με επιτυχία ο φασματικός διαχωρισμός στη χαμηλότερη διάσταση (Nirmal Keshava 2003).

Τα δεδομένα προβάλλονται από τον αρχικό τους τρισδιάστατο χώρο διαστάσεων p (με την τρίτη διάσταση να είναι τα φάσματα των φασματικών καναλιών) πάνω σε νέο σύστημα συντεταγμένων με ορθογώνιους άξονες, οι οποίοι ονομάζονται κύριες συνιστώσες, όπου διατηρούν τη μέγιστη διακύμανση (Hughes et al, 2003), όπως φαίνεται και στην εικόνα.



Εικόνα 4: Οι άξονες συντεταγμένων στο PCA (Πηγή: Lillesand et al., 2002)

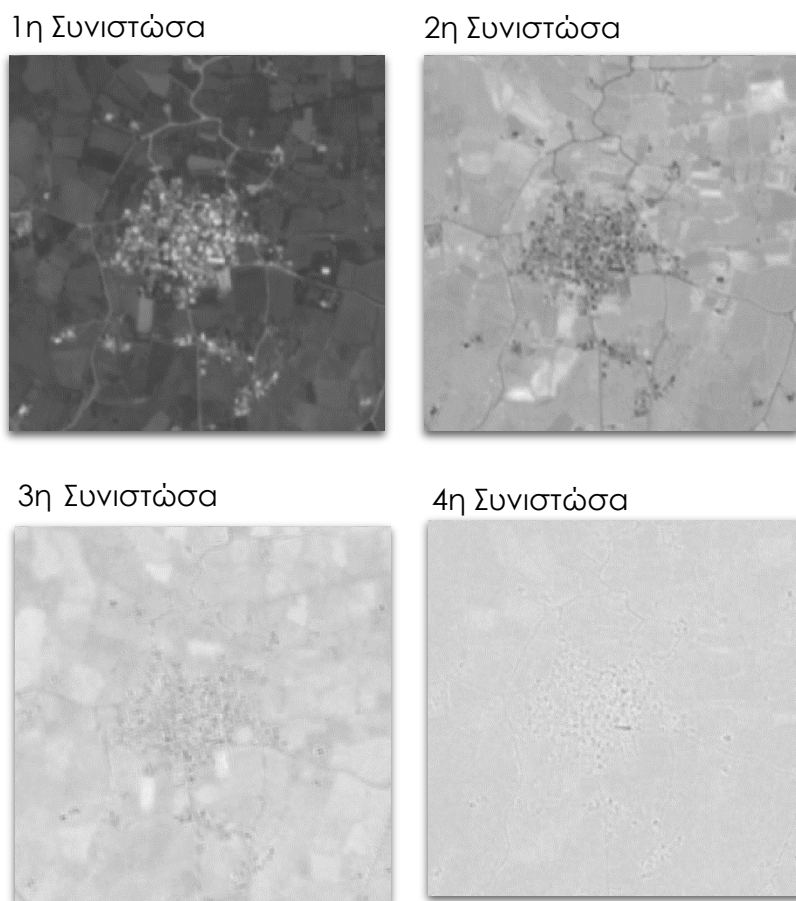
Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κύρια συνιστώσα, περιέχοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας, ορίζεται στην διεύθυνση με την μεγαλύτερη μεταβλητότητα των δεδομένων, η δεύτερη στην δεύτερη διεύθυνση με την μεγαλύτερη μεταβλητότητα κ.ο.κ. Η βασική προϋπόθεση σε αυτή την απεικόνιση είναι κάθε νέα συνιστώσα να είναι κάθετη στην

προηγούμενη έτσι ώστε να είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους, με σκοπό να διατηρηθεί όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία με παράλληλη μείωση της διάστασης.

Με βάση την τεχνική δηλαδή, οι N αρχικές εικόνες μετατρέπονται σε N αριθμό συνιστωσών-εικόνων ή λιγότερων. Τα νέα φασματικά κανάλια που δημιουργούνται είναι στην ουσία ένας γραμμικός συνδυασμός των αρχικών φασματικών καναλιών. Είναι ασυσχέτιστα μεταξύ τους και στο πλήθος είναι ίδια με τα αρχικά, ωστόσο έχει αφαιρεθεί η συσχέτιση μεταξύ των αρχικών μεταβλητών η οποία δηλώνει την επανάληψη της πληροφορίας

Η πρώτη εικόνα συνιστώσα φέρει το 80-90% της πληροφορίας που είχαν όλες οι αρχικές εικόνες μαζί. Οι υπόλοιπες εικόνες συνιστώσες φέρουν συνήθως περίπου 2-3% της πληροφορίας. Παρόλα αυτά, η πρώτη εικόνα συνιστώσα δεν θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμη, ενώ οι υπόλοιπες εικόνες συνιστώσες περιλαμβάνουν φασματική πληροφορία (Παρχαρίδης, 2015).

Οπτικά η αρχική εικόνα, η οποία συγκεντρώνει την πλειοψηφία της πληροφορίας, μοιάζει με παγχρωματική εικόνα. Οι επόμενες εικόνες συγκεντρώνουν εμφανώς μικρότερα ποσοστά πληροφορίας, κάτι που οπτικά δίνει την εντύπωση μιας εικόνας που ξεθωριάζει (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Οπτική απεικόνιση των τεσσάρων συνιστωσών για την εικόνα του 2018

Η δημιουργία των εικόνων συνιστωσών συνοδεύεται από στατιστικά δεδομένα με χρήσιμη πληροφορία όπως τα εξής:

Ο πίνακας συσχέτισης (correlation matrix) είναι ιδιαίτερα σημαντικός αφού δείχνει τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ των αρχικών εικόνων και επομένως εμφανίζει τον βαθμό επαναληψιμότητας της πληροφορίας. Όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες τα κανάλια των εικόνων παρουσιάζουν πολύ υψηλή συσχέτιση, καθιστώντας την ανάλυση κύριων συνιστωσών αναγκαία.

Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
Band1	1.000	0.999	0.998	0.995	0.927
Band2	0.999	1.000	0.999	0.997	0.934
Band3	0.998	0.999	1.000	0.994	0.922
Band4	0.995	0.997	0.994	1.000	0.955
Band5	0.927	0.934	0.922	0.955	1.000

Πίνακας 10: Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα RapidEye 2011

Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4
Band1	1.000	0.999	0.995	0.987
Band2	0.999	1.000	0.998	0.988
Band3	0.995	0.998	1.000	0.985
Band4	0.987	0.988	0.985	1.000

Πίνακας 11:Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα Planetscope 2018

Οι ιδιοτιμές (eigenvalues) μαζί με το ποσοστό μεταβλητότητας προσδιορίζουν το ποσό της πληροφορίας για κάθε συνιστώσα, με το ενδιαφέρον να επικεντρώνεται κυρίως στα ποσοστά της πληροφορίας ανά εικόνα-συνιστώσα. Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων (eigenvectors) εκφράζει τον βαθμό συσχετισμού μεταξύ κάθε συνιστώσας και των αρχικών εικόνων. Μαζί με τις ιδιοτιμές αποτελούν τα σημαντικότερα δεδομένα.

Cov.Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Band1	0.450	-0.277	0.640	0.436	0.348
Band2	0.451	-0.220	0.183	-0.225	-0.815
Band3	0.450	-0.323	-0.264	-0.646	0.455
Band4	0.452	-0.024	-0.685	0.568	-0.054
Band5	0.433	0.877	0.132	-0.141	0.071

Πίνακας 12:Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα RapidEye 2011

Cov.Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.501	-0.233	-0.628	-0.548
Band2	0.501	-0.272	-0.196	0.798
Band3	0.500	-0.354	0.749	-0.251
Band4	0.498	0.864	0.076	0.000

Πίνακας 13:Ο πίνακας ιδιοδιανυσμάτων για την εικόνα Planetscope 2018

Στον πίνακα των στατιστικών, οι τιμές “eigenvalue” δείχνουν το ποσό της πληροφορίας που φέρει η κάθε εικόνα συνιστώσα, σε σχέση με το σύνολο των αρχικών εικόνων. Και στις δύο περιπτώσεις το 100 % της πληροφορίας βρίσκεται στις τρεις πρώτες συνιστώσες με την πλειοψηφία της πληροφορίας (>95 %) να βρίσκεται στην πρώτη συνιστώσα της εικόνας.

Bands	Cov.Eigenvalues	Sum of Eigenvalues	Eigenvalues/Sum	Percentages(%)
PC1	4.889	4.889	0.978	97.8
PC2	0.107	4.996	0.999	99.9
PC3	0.002	4.998	1.000	100.0
PC4	0.001	4.999	1.000	100.0
PC5	0.001	5.000	1.000	100.0

Πίνακας 14: Ο πίνακας των στατιστικών για την εικόνα RapidEye 2011

<i>Bands</i>	<i>Cov.Eigenvalues</i>	<i>Sum of Eigenvalues</i>	<i>Eigenvalues/Sum</i>	<i>Percentages(%)</i>
PC1	3,976	3.976	0.994	99.4
PC2	0,019	3.995	0.999	99.9
PC3	0,005	4.000	1.000	100.0
PC4	0,000	4.000	1.000	100.0

Πίνακας 15: Ο πίνακας των στατιστικών για την εικόνα Planetscope 2018

Αυτές οι εικόνες που προέκυψαν και διαθέτουν η κάθε μια τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία «σύνθετων εικόνων». Στην συνέχεια, θα χρησιμοποιηθεί η πρώτη συνιστώσα της κάθε εικόνας για να γίνει εξαγωγή της χωρικής πληροφορίας και πιο συγκεκριμένα της υφής.

5.3.2 Εξαγωγή πληροφορίας μέσω της ανάλυση της υφής

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογική ανάπτυξη των δορυφορικών αισθητήρων υψηλής ανάλυσης έχει διευρύνει το θεματικό και γεωμετρικό επίπεδο στο οποίο, οι τεχνικές παρακολούθησης, είναι δυνατό να εξαγουν πληροφορία. Η χωρική διακριτική ικανότητα των εικόνων βελτιώνεται και τα pixel γίνονται ολοένα και μικρότερα από τα απεικονιζόμενα αντικείμενα. Η αυτόματη ταξινόμηση ενισχύθηκε με τεχνικές τμηματοποίησης που χρησιμοποιούσαν ένα σύνολο από φασματικά χαρακτηριστικά, όπως σχήμα, υφή, ιεραρχικές και συναφείς πληροφορίες (Haralick and Shapiro, 1985).

Η ανάλυση της υφής αναφέρεται σε μια τάξη μαθηματικών διαδικασιών και μοντέλων που χαρακτηρίζουν τις χωρικές μεταβολές μέσα στις εικόνες, ως μέσο εξαγωγής πληροφοριών. Η υφή είναι επιφανειακή κατασκευή που ορίζουν την τοπική χωρική οργάνωση των χωρικά μεταβαλλόμενων φασματικών τιμών, που επαναλαμβάνονται σε μια περιοχή μεγαλύτερης χωρικής κλίμακας (Tuceryan and Jain, 1998; Zhao, 2001). Ουσιαστικά δηλαδή, η υφή είναι η συχνότητα μεταβολής των τόνων μιας εικόνας ή η ιδιότητα της χωρικής ομοιογένειας/ανομοιογένειας του τόνου (Καραθανάση, σημειώσεις 2011).

Η υφή σε μια περιοχή μιας εικόνας μπορεί να είναι μαλακή, τραχιά, μέτρια, γραμμική ή τυχαία, ανάλογα με την εναλλαγή των τόνων του γκρι. Για παράδειγμα, η τραχιά υφή παρουσιάζει μεγάλη διαφορά μεταξύ της μικρότερης και της μεγαλύτερης τιμής τόνου του γκρι σε μικρή απόσταση, η οποία, στο πλαίσιο μιας ψηφιακής εικόνας, αναφέρεται συνήθως σε ένα εικονοστοιχείο. Έχει αποδειχθεί πως οι πιο απλοί υπολογισμοί υφής είναι συνήθως πιο χρήσιμοι για τη βελτίωση της ακρίβειας μιας ταξινόμησης (Mryka Hall-Beyer, 2007).

Οι μαθηματικές διαδικασίες για τον χαρακτηρισμό της υφής εμπίπτουν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες, στατιστικές, γεωμετρικές, μεθόδους με βάση το μοντέλο και μεθόδους επεξεργασίας σήματος και περιλαμβάνουν μετασχηματισμούς Fourier, φίλτρα συνέλιξης, μήτρα συν-εμφάνισης, χωρική αυτοσυσχέτιση, fractals κλπ. Η μέθοδος που υιοθετήθηκε σε αυτή την εργασία αξιοποιεί τα στατιστικά μέτρα δεύτερης τάξης για την ανάλυση της υφής. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται η μήτρα συνεμφάνισης γκρίζου επιπέδου (GLCM) (Haralick et al., 1973, Haralick 1979, Haralick 1986).

Η μέθοδος GLCM είναι ένα στατιστικό μέτρο που προέρχεται από τη μελέτη του Haralick και άλλων στη δεκαετία του 1970 και υποδεικνύει τις υπό συνθήκη κοινές πιθανότητες δύο ζευγαριών του γκρι να εμφανιστούν δίνοντας δύο παραμέτρους, την απόσταση μεταξύ των εικονοστοιχείων και τον προσανατολισμό (Caihuan, Wen et al., 2009). Ουσιαστικά η μέθοδος GLCM ποσοτικοποιεί την υφή μετρώντας τη χωρική συχνότητα της συνεμφάνισης επιπέδων γκρίζου εικονοστοιχείου σε ένα κινούμενο παράθυρο που καθορίζει ο χρήστης και σχηματίζει μια μήτρα συν-εμφάνισης.

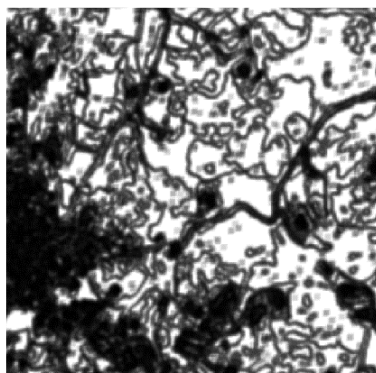
Οι παράμετροι που πρέπει να ορίσει λοιπόν, ο ερευνητής είναι η διεύθυνση του κινούμενου παραθύρου με πιθανές τιμές 0° , 45° , 90° και 135° και το μέγεθος του κινούμενου παραθύρου για τον υπολογισμό της μήτρας συνεμφάνισης, το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο. Τα μεγαλύτερα παράθυρα οδηγούν σε πιο σταθερά χαρακτηριστικά υφής, αλλά τείνουν να θολώνουν τις άκρες, ενώ μικρότερα παράθυρα οδηγούν σε εσφαλμένα όρια και λανθασμένη κατηγορία (Chuan, Wen et al., 2009).

Ο Haralick (1979, 1986) πρότεινε 14 διαφορετικούς τύπους υπολογισμού οι οποίοι έχουν ενσωματωθεί σε πολλά λογισμικά. Πιο συγκεκριμένα στη βιβλιοθήκη του Orfeo, στο απλό πακέτο χαρακτηριστικών υφής, περιλαμβάνονται 8 τοπικά χαρακτηριστικά υφής: η Ενέργεια (Energy) η οποία αφορά την ομοιομορφία της υφής, η Εντροπία (Entropy) η οποία μετρά την τυχαιότητα της έντασης της εικόνας, η Συσχέτιση (Correlation) η οποία απεικονίζει το πόσο συσχετισμένο είναι ένα εικονοστοιχείο με το γειτονικό του, η Αντίστροφη Διαφορά Στιγμής (Inverse Difference Moment) η οποία μετρά την ομοιογένεια της υφής, η Αδράνεια (Inertia) η οποία απεικονίζει την ένταση της αντίθεσης μεταξύ ενός εικονοστοιχείου και των γειτονικών του, η Συστάδα Σκίασης (Cluster Shade), η Συστάδα Προεξοχής (Cluster Prominence), και η Συσχέτιση Haralick (Haralick Correlation).

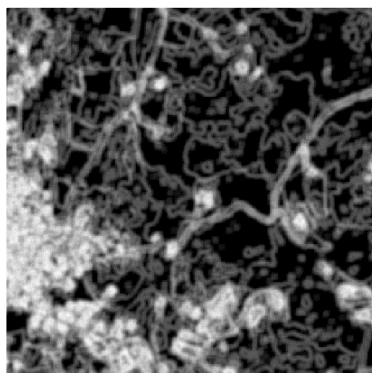
Για την επιλογή των παραμέτρων της διεύθυνσης και του μεγέθους του κινούμενου παραθύρου για τον υπολογισμό της μήτρας συνεμφάνισης πραγματοποιήθηκαν διάφορες

δοκιμές. Διαπιστώθηκε ότι οι διαφορετικοί συνδυασμοί είχαν επίδραση στο αποτέλεσμα της κάθε εικόνας. Τελικά το μέγεθος του κινούμενου παραθύρου που χρησιμοποιήθηκε είναι για την εικόνα του 2011, είναι 3 x 3 και διεύθυνση 0°, ενώ για την εικόνα του 2018 είναι 5 x 5 εικονοστοιχεία για διεύθυνση 45 μοιρών. Παρατηρήθηκε πως για την εικόνα χαμηλότερης χωρικής ανάλυσης, η σάρωση με κινούμενο παράθυρο μικρότερων διαστάσεων απέδωσε καλύτερα.

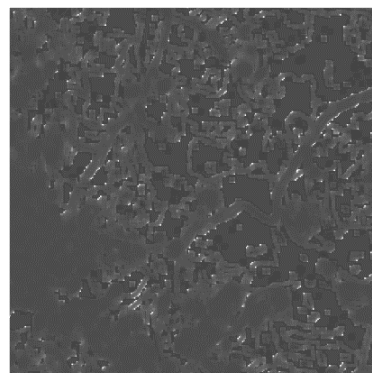
Energy



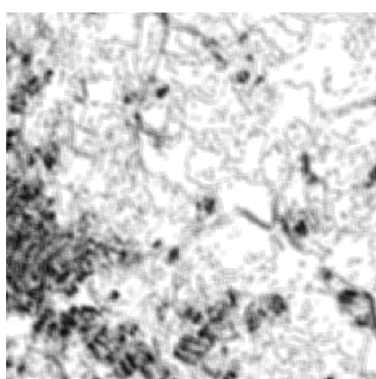
Entropy



Correlation



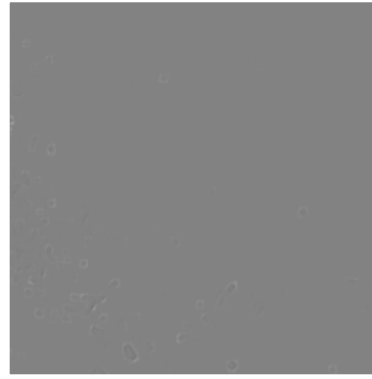
Inverse Different Moment



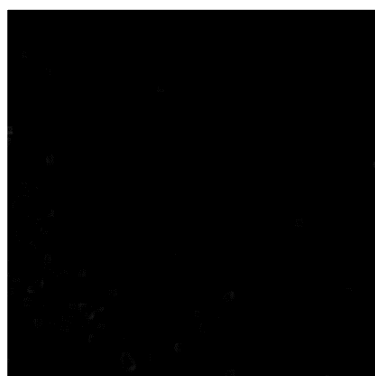
Inertia



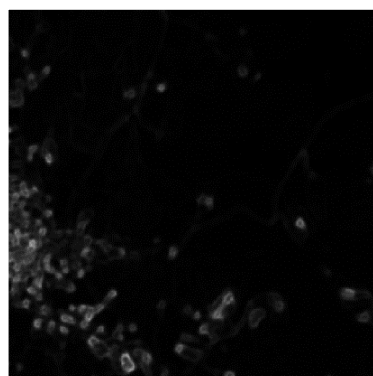
Cluster Shade



Cluster Prominence



Haralick Correlation



Εικόνα 6: Οπτική απεικόνιση της δορυφορικής εικόνας του 2018 για κάθε κατηγορία υφής

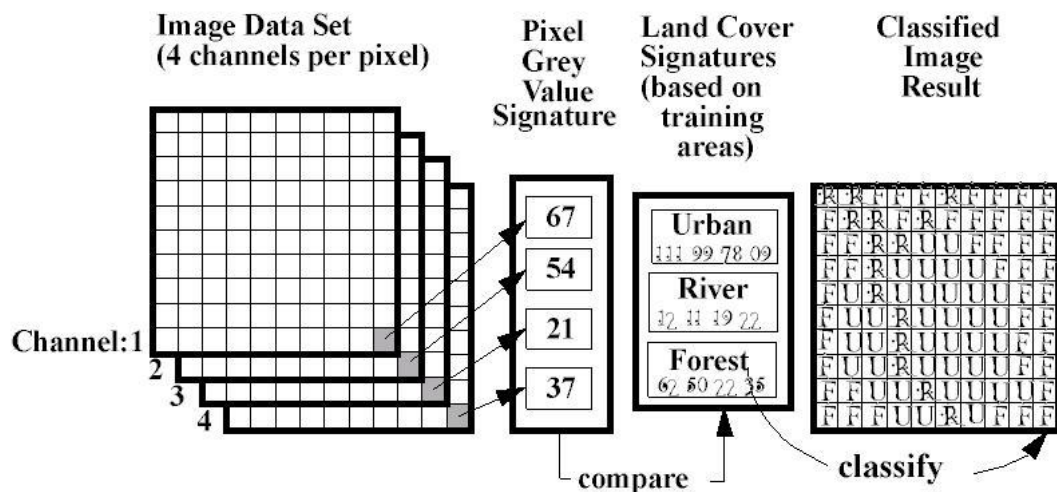
5. 4 Ταξινόμηση εικόνας

Η ταξινόμηση θεωρείται μία από τις πιο αποδοτικές και αυτοματοποιημένες τεχνικές ερμηνείας εικόνων (Campbell 1996). Με την χρήση της διαδικασίας της ταξινόμησης ο χρήστης έχει ως στόχο να αναγνωρίσει όλα τα χαρακτηριστικά της εικόνας ως προς το είδος της εδαφοκάλυψης, θέλοντας στην ουσία να κατανοήσει την κατάσταση της περιοχής στην πραγματικότητα (Gebbinck 1998).

Σε μια εικόνα το κάθε pixel που την αποτελεί χαρακτηρίζεται από τη χωρική του θέση και από τις ραδιομετρικές του τιμές. Ο αριθμός των ραδιομετρικών τιμών που έχει ένα εικονοστοιχείο εξαρτάται από τον αριθμό των φασματικών καναλιών (spectral bands) που έχει η εικόνα. Αυτές οι τιμές δομούν τη φασματική πληροφορία του κάθε εικονοστοιχείου, η οποία αξιοποιείται για την κατηγοριοποίηση του pixel σε μια τις καλύψεις γης που ορίζει ο ερευνητής για την ταξινόμηση.

Με τον όρο ταξινόμηση εννοείται η διαδικασία αντιστοίχισης κάθε εικονοστοιχείου της εικόνας σε κάποιο βιοφυσικό στοιχείο (π.χ. κάλυψη γης). Στην ουσία η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται έτσι ώστε τα εικονοστοιχεία μιας ψηφιακής εικόνας να κατηγοριοποιηθούν σε μία από τις κατηγορίες κάλυψης γης. Με αυτό τον τρόπο παράγονται θεματικοί χάρτες που απεικονίζουν την κάλυψη γης που παρουσιάζεται στην εικόνα.

Οι ψηφίδες μιας ψηφιακής εικόνας ταξινομούνται σε ένα ορισμένο πλήθος ατομικών τάξεων ή κατηγοριών που βασίζεται στις φασματικές τιμές των δεδομένων. Εάν μια ψηφίδα ικανοποιεί ένα ορισμένο σύνολο κριτηρίων, τότε η ψηφίδα καταχωρείται στην τάξη που αντιστοιχεί στα κριτήρια αυτά (Εικόνα 7). Η απόφαση σχετικά με την τάξη στην οποία θα καταχωρηθεί τελικά η ψηφίδα, είναι μια στατιστική υπόθεση που έχει πιθανότητες σφάλματος.



Εικόνα 7: Ταξινόμηση εικόνας,

Πηγή: <http://www.sc.chula.ac.th/courseware/2309507/Lecture/remote18.htm>

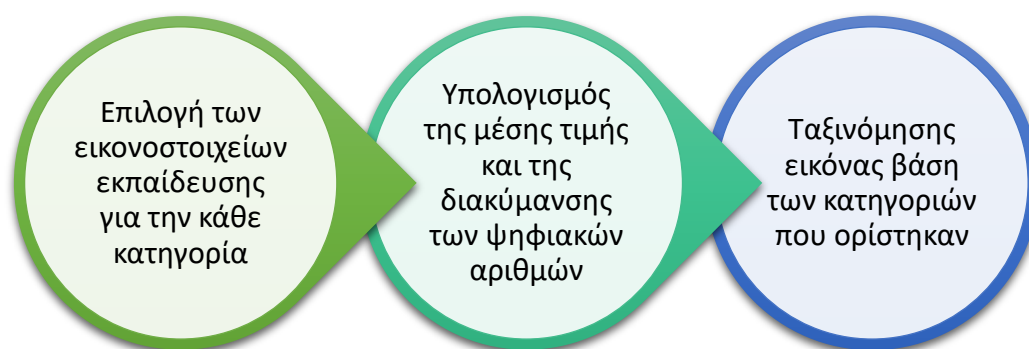
Η διαδικασία της ταξινόμησης, σε πολλές εφαρμογές, μπορεί να παρουσιάσει ένα βαθμό δυσκολίας. Αυτός ο βαθμός εξαρτάται από το πόσο ποικίλουν οι φασματικές τιμές των χαρακτηριστικών της ίδιας κατηγορίας, αλλά και πόσο διαφέρουν οι φασματικές υπογραφές αντικειμένων διαφορετικών κατηγοριών. Οι διαφορές μεταξύ των φασματικών τιμών των αντικειμένων είναι η αιτία η διαδικασία να γίνεται πολύπλοκη καθώς και για την παρουσία θορύβου στο σύστημα.

Σε πολλές περιπτώσεις όμως εντοπίζονται φασματικές κατηγορίες οι οποίες δεν αντιστοιχούν κατά ανάγκη με τις πραγματικές κατηγορίες που έχει ορίσει ο ερευνητής, έτσι ώστε να τις χρησιμοποιήσει ο αναλυτής. Μια ευρεία ενημερωτική κατηγορία (πχ δάσος) μπορεί να περιέχει μια σειρά από φασματικές υπό-κατηγορίες με ξεχωριστές φασματικές διακυμάνσεις. Για παράδειγμα, οι φασματικές υπό-κατηγορίες στο δάσος δημιουργούνται λόγω τους είδους και της πυκνότητας, ή ίσως είναι αποτέλεσμα της σκίασης ή διακυμάνσεις στο φωτισμό της εικόνας.

Η τεχνική της ταξινόμησης χωρίζεται σε δύο προσεγγίσεις: την επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification) και τη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification). Διαφέρουν ως προς την διαδικασία εκτέλεσης της ταξινόμησης. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι μια πιο αυτοματοποιημένη διαδικασία στην οποία ο ερευνητής δεν έχει ιδιαίτερο έλεγχο της ταξινόμησης και δεν εισάγει κάποια δεδομένα. Η επιβλεπόμενη προϋποθέτει την εισαγωγή δεδομένων και παραμέτρων από τον ερευνητή, από τα οποία εξαρτάται το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Στην παρούσα εργασία οι θεματικοί χάρτες θα προκύψουν από διαδικασίες επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

5.4.1 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση

Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση η κατηγοριοποίηση των εικονοστοιχείων γίνονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης. Η κατηγοριοποίηση αυτή γίνεται με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων αλλά και με τη χρήση δεδομένων εκπαίδευσης που επιλέγονται από το χρήστη (Maulik & Saha, 2009). Πρόκειται για μια πολύ ακριβή διαδικασία, όσον αφορά την χαρτογράφηση των τύπων εδαφοκάλυψης, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις γνώσεις και τις δεξιότητες του αναλυτή (Θέμελης Αθανάσιος, 2010).



Εικόνα 8: Τα στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης , Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στα πλαίσια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης γίνεται χρήση γνωστών δειγμάτων εδαφικής κάλυψης στην εικόνα με σκοπό να ταξινομηθούν οι υπόλοιπες ψηφίδες της εικόνας. Αρχικά καθορίζονται περιοχές για «εκπαίδευση» (training fields) του αλγορίθμου ταξινόμησης, οι οποίες ευκρινώς απεικονίζουν περιοχές γνωστής εδαφικής κάλυψης. Με τη χρήση αυτών των δεδομένων ο χρήστης «εκπαιδεύει» τον αλγόριθμο, που έχει επιλεγεί, έτσι ώστε να αναγνωρίζει τα φασματικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας κατά την ταξινόμηση.

Η καταγραφή των περιοχών εκπαίδευσης αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Οι περιοχές αυτές πρέπει να αποτελούν τυπικά δείγματα των φασματικών ιδιοτήτων των ομάδων των εικονοστοιχείων που αντιπροσωπεύουν, οι οποίες φυσικά πρέπει να είναι ομοιογενείς εφόσον αντιστοιχούν στην ίδια εδαφική κάλυψη. Αν η τηλεπισκοπική απεικόνιση διαθέτει αρκετά ευδιάκριτες περιοχές, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εικονοστοιχεία μέσω οπτικής επιθεώρησης.

Οι πρώτες δοκιμαστικές εφαρμογές έκαναν γρήγορα κατανοητό το γεγονός πως η επιλογή του μεγέθους του δείγματος επηρεάζει την ποιότητα του αποτελέσματος της ταξινόμησης. Το συγκεκριμένο θέμα έχει απασχολήσει τη διεθνή βιβλιογραφία, στην οποία έχουν διαμορφωθεί κάποιοι κατευθυντήριοι κανόνες, ωστόσο για τους περισσότερους ερευνητές είναι αποτέλεσμα συνδυασμού αυτών των κανόνων, της παραμέτρου της έκτασης της περιοχής και τέλος, δοκιμαστικών εφαρμογών.

Οι Rosenfield et al. (1982) καθόρισαν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή του ελάχιστου αριθμού των εικονοστοιχείων για τις περιοχές εκπαίδευσης. Η προσέγγιση τους βασίστηκε στο ότι ο αριθμός των εικονοστοιχείων έπρεπε να διασφαλίζει ότι ο μέσος όρος των εικονοστοιχείων (ο αριθμός των ορθών ταξινομήσεων διαιρούμενος με το συνολικό αριθμό των εικονοστοιχείων ανά κατηγορία) είναι στο 10% του μέσου όρου όλων των εικονοστοιχείων σε ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Η λογική ουσιαστικά, είναι πως η ακρίβεια των εικονοστοιχείων είναι μια λογική προσέγγιση της ακρίβειας του θεματικού χάρτη.

Οι Van Genderen et al. (1978) από την άλλη, υποστήριξαν μια προσέγγιση προσανατολισμένη στη διασφάλιση ενός σετ εικονοστοιχείων όσο πιο αντιπροσωπευτικού γίνεται με την πραγματικότητα. Οι παραπάνω πλέον «κλασσικές» προσεγγίσεις εάν συνδυαστούν σε μια πρακτική μέθοδο, προκύπτει πως ο ιδανικός αριθμός δειγμάτων ανά κατηγορία κυμαίνεται μεταξύ 30 και 60 δειγμάτων ανά κατηγορία (Richards & Xiuping, 2006).

Στην παρούσα εργασία υιοθετήθηκε η παραπάνω προσέγγιση για την δημιουργία των περιοχών εκπαίδευσης των κατηγοριών κάλυψης (κλάσεων) της ταξινόμησης. Πιο συγκεκριμένα, για τις εικόνες του 2011 και 2018 δημιουργήθηκαν σετ με 500-600 σημεία συνολικά. Δηλαδή, 40-60 σημεία για κάθε κλάση της ταξινόμησης στην κάθε εικόνα.

Για να βελτιωθεί η απεικόνιση της πληροφορίας, κατά τη διάρκεια της συλλογής των περιοχών εκπαίδευσης, δημιουργήθηκαν έγχρωμα σύνθετα των εικόνων. Το έγχρωμο σύνθετο αποτελεί μια έγχρωμη απεικόνιση που προκύπτει με υπέρθεση τριών μονόχρωμων απεικονίσεων, μεταξύ τριών φασματικών καναλιών ενός δορυφόρου. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται πολλοί συνδυασμοί μεταξύ αυτών των τριών καναλιών, με αποτέλεσμα να μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα, για τη καλύτερη μελέτη των κατηγοριών κάλυψης της περιοχής.

Αξιοποιώντας λοιπόν, την πληροφορία που προκύπτει από την ανακλαστικότητα της κάθε ύλης στο αντίστοιχο φάσμα εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τα ποιοτικά

χαρακτηριστικά των στοιχείων της περιοχής μελέτης. Στο επόμενο υποκεφάλαιο γίνεται παράθεση διαφόρων έγχρωμων συνθέτων της περιοχής μελέτης και παρουσίαση μέσω απεικονίσεων των κατηγοριών που κάθε ένα από αυτά αναδεικνύει καλύτερα

5.4.2 Ο προσδιορισμός των κατηγοριών καλύψεων γης

Ένα κρίσιμο κομμάτι στη διαδικασία της ταξινόμησης είναι η ορθή επιλογή των κλάσεων της ταξινόμησης. Ο προφανής λόγος είναι ότι οι κλάσεις πρέπει να αντιστοιχούν στις κατηγορίες καλύψεων γης που αφορούν το σκοπό της εργασίας. Το άλλο ζήτημα που προκύπτει είναι ότι οι κατηγορίες των κλάσεων θα πρέπει να είναι εκείνες που εξασφαλίζουν πως δεν θα υπάρχει φασματική πληροφορία η οποία δεν θα έχει αντιστοιχηθεί με κάποια κλάση.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ικανοποιείται με τον προσδιορισμό της επέκτασης των ανθρωπογενών εκτάσεων έναντι των άλλων φυσικών αλλά και γεωργικών εκτάσεων της περιοχής. Επειδή όμως, το κάθε τοπίο χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερες ποικιλομορφίες υπάρχει η ανάγκη αποτύπωσης των διαφορετικών στοιχείων που το απαρτίζουν. Ο προσδιορισμός αυτών των κατηγοριών (όπως φαίνονται στους Πίνακες 9-11) έγινε με τη συνδυαστική γνώση πληροφορία που υπάρχει για την περιοχή από τις καλύψεις γης του Corine 2012, οπτική επιθεώρηση της περιοχής μελέτης και άλλων ερευνών για την περιοχή του νησιού.

1. Αστικό	2. Οδικό δίκτυο 1	3. Οδικό δίκτυο 2
		
-συνεχής αστικός ιστός -ασυνεχής αστικός ιστός -μεμονωμένα κτίσματα -τσιμεντένιες επιφάνειες	-κύριο οδικό δίκτυο (ασφαλτοστρωμένο)	-δευτερεύον δημοτικό ή αγροτικό δίκτυο (κατασκευή με επίστρωση σκυροδέματος και συχνότερα με χαλικοστρωση)

Εικόνα 9: Οι καλύψεις γης για τις τεχνητές επιφάνειες

4. Ακτή  -παράκτια ζώνη -βραχώδη τμήματα -σκιάσεις	5. Θαμνώδεις εκτάσεις  -θάμνοι -φρύγανα -ποώδης βλάστηση	6. Χορτολιβαδικές εκτάσεις  -χερσότοποι -ποώδης βλάστηση -αγροστώδη φυτά
--	--	--

Εικόνα 10: Οι καλύψεις γης για τις φυσικές εκτάσεις

7. Μόνιμες καλλιέργειες  -ελαιώνες -οπωρώνες -αμπελώνες	8. Ετερογενής γεωργικές περιοχές  -σύνθετα συστήματα καλλιέργειας -γεωργοδασικές εκτάσεις -φυσική βλάστηση -λιβάδεια	9. Αρόσιμη γη  - καλλιέργειες: -σιτηρών -λαχανικών -κτηνοτροφικών φυτών -θερμοκήπια
---	---	---

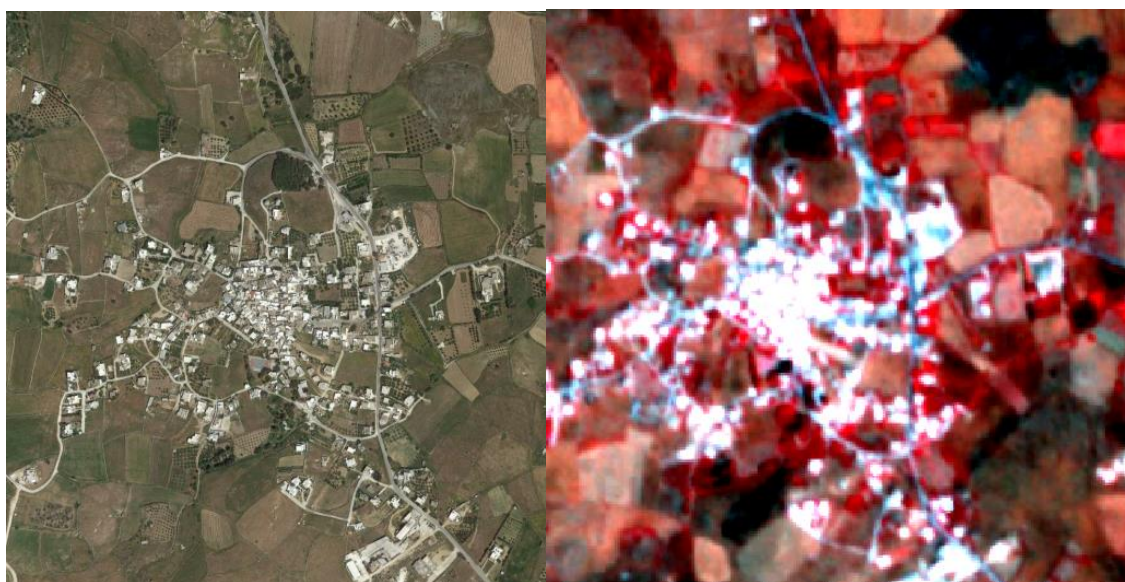
Εικόνα 11: Οι καλύψεις γης για τις γεωργικές εκτάσεις

Οι καλύψεις γης που επιλέχθηκαν βρίσκονται σε συνάρτηση με τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Τον προσδιορισμό δηλαδή, της επέκτασης του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος στο φυσικό (δασικές εκτάσεις) και αγροτικό χώρο της περιοχής. Έτσι, οι κατηγορίες για την

περιγραφή του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος είναι η αστική έκταση και το οδικό δίκτυο (κατηγορία 1,2,3), για τις δασικές ημι-φυσικές περιοχές οι θαμνώδεις (κατηγορία 5) και οι

Η αστική έκταση σύμφωνα με τον ορισμό του Corine αφορά «κτίρια, δρόμοι και ζώνες τεχνητής επιφάνειας καλύπτουν σχεδόν όλο το έδαφος. Οι μη γραμμικές ζώνες βλάστησης και το γυμνό έδαφος αποτελούν εξαίρεση». Σε αγροτικές περιοχές η αστική έκταση περιλαμβάνει συνήθως μεμονωμένα κτίσματα κατοικιών και σε κάποιες περιπτώσεις σύνολα κατοικιών που αποτελούν χωριά, με αραιή δόμηση και ενδιάμεσα τμήματα βλάστησης.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η κατηγορία του αστικού περιλαμβάνει κάθε χτισμένη επιφάνεια στην περιοχή δηλαδή, συνεχή και ασυνεχή αστικό ιστό, δρόμους και πεζοδρόμια, μεμονωμένα κτίσματα και τσιμεντένιες αυλές κτιρίων. Η φασματική απόκριση, για τις παραπάνω επιφάνειες είναι ότι σε μια εικόνα σε έγχρωμο σύνθετο RGB = 432 εμφανίζονται σε φωτεινή άσπρη απόχρωση και ελαφρώς κυανή (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Το αστικό στοιχείο όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432

Όσο αφορά το οδικό δίκτυο, κατά τη διάρκεια της συλλογής των περιοχών εκπαίδευσης, διαπιστώθηκε ότι διέφερε σημαντικά καθώς οι διαφορές των υλικών κατασκευής επηρέαζαν την φασματική απόκριση του κάθε στοιχείου. Οι βασικές κατηγορίες είναι οι ασφαλοστρωμένοι δρόμοι με επισφράγιση βαμμένου χαλικιού και πίσσας, οι οποίοι έχουν ακριβότερο κόστος και καλύπτουν το πρωτεύον οδικό δίκτυο. Η απόκριση αυτού του υλικού στο υπέρυθρο δημιουργεί ένα πιο σκούρο κυανό χρώμα (Εικόνα 13).

Η πλειοψηφία του οδικού δικτύου στον εξωαστικό χώρο απαρτίζεται από δευτερεύοντες και αγροτικούς δρόμους οι οποίοι συχνά έχουν επίστρωση από σκυρόδεμα ή

λευκό χαλίκι το οποίο έχει υψηλή ανακλαστικότητα και εμφανίζεται έντονο άσπρο, όπως ακριβώς και η δόμηση (Εικόνα 12). Επιπλέον, υπάρχουν πολλοί χωματοόδρομοι οι οποίοι εξυπηρετούν την πρόσβαση στα χωράφια και άλλα μικρά μονοπάτια. Η συγκεκριμένη κατηγορία θεωρώντας πως είναι αναπόσπαστο κομμάτι του αγροτικού τοπίου και δεν συμπεριλήφθηκε στην ευρύτερη κάλυψη του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.



Εικόνα 13: Το στοιχείο του οδικού δικτύου όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432

Για την ορθή εκτέλεση της ταξινόμησης δημιουργήθηκε μια κατηγορία η οποία αφορά το τμήμα της ακτογραμμής που ουσιαστικά βρέχεται από νερό και αποτελείται συνήθως από βραχώδη τμήματα (κατηγορία 4). Επίσης, η υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας είναι πιθανό να εμφανίζει σκιάσεις στις περιοχές αυτές.

Όσο αφορά τις δασικές ημιφυσικές εκτάσεις η διάκριση έγινε σε θαμνώδεις (Εικόνες 13,14) και χορτολιβαδικές εκτάσεις (Εικόνες 13,14). Οι θαμνώδεις εκτάσεις περιλαμβάνουν βλάστηση με χαμηλή και κλειστή εδαφοκάλυψη, όπου κυριαρχούν οι θάμνοι, τα φρύγανα και η ποώδης βλάστηση. Οι θαμνώδεις εκτάσεις είναι καθαρά δασικές περιοχές, ενώ οι χορτολιβαδικές αντιστοιχούν στην κατηγορία των φυσικών βοσκότοπων. Σύμφωνα με τον ορισμό του Corine οι φυσικοί βοσκότοποι είναι «χαμηλής παραγωγικότητας και συχνά βρίσκονται σε περιοχές με ανώμαλο, ανισόπεδο έδαφος. Συχνά περιλαμβάνουν βραχώδεις περιοχές, φρύγανα και χερσότοπους».



Εικόνα 14: Οι θαμνώδεις-ημιφυσικές εκτάσεις όπως εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432

Οι θαμνώδεις περιοχές εμφανίζονται με σκούρες κόκκινες (μπορντώ) αποχρώσεις επειδή ακριβώς, η βλάστηση παρουσιάζει ισχυρή ανάκλαση στο υπέρυθρο. Οι βοσκότοποι λόγω της μεγαλύτερης ανομοιογένειας της βλάστησης (διάχυση της ακτινοβολίας άρα μειωμένες τιμές στο κανάλι 4 έχουν διαφορετική φασματική υπογραφή από τις αρόσιμες εκτάσεις (ετήσιες καλλιέργειες), την ίδια φασματική υπογραφή, όμως, με τις αγροναπαύσεις. Αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία χρήσης γης αλλά όχι κάλυψης γης, γεγονός που δυσκολεύει πολύ τον εντοπισμό τους. Η μόνη διαφορά είναι ότι συνήθως εντοπίζονται σε πιο υψηλά υψόμετρα από τις αγροναπαύσεις, χωρίς όμως να αποκλείεται και το αντίθετο (Μιχαηλίδου, 2001).

Τα χωράφια που εμφανίζονται κόκκινα (υψηλή ανάκλαση στο εγγύς υπέρυθρο) είναι γεμάτα βλάστηση, ενώ αυτά που εμφανίζονται ροζ και πράσινα είτε έχουν πολύ λίγη βλάστηση ή καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, το σήμα που καταγράφεται προέρχεται ουσιαστικά από το έδαφος. Ειδικότερα τα τμήματα που εμφανίζονται πράσινα συνήθως απαρτίζουν αρόσιμη γη η οποία έχει οργωθεί (Εικόνα 15). Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να γίνει διακριτή η αρόσιμη γη ανάλογα με το είδος της και η δυνατότητα προσδιορισμού εξαρτάται και από την εποχή λήψης της εικόνας. Ανάλογα δηλαδή με την εποχή αλλάζει και το στάδιο καλλιέργειας ή μη που βρίσκονται οι γεωργικές εκτάσεις.

Οι τρεις τελευταίες κλάσεις (κατηγορία 7, 8, 9) αφορούν και οι τρεις αυτό που ευρύτερα αποκαλούμε γεωργικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, η κατηγορία 7 αφορά τις μόνιμες καλλιέργειες. Σύμφωνα με τον ορισμό του Corine οι μόνιμες καλλιέργειες είναι «εκείνες οι καλλιέργειες χωρίς σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας που παρέχουν

επαναλαμβανόμενη συγκομιδή και καταλαμβάνουν το έδαφος για μια μεγάλη περίοδο, προτού οργωθεί και ξαναφυτευτεί. Περιλαμβάνει κυρίς ως φυτείες ξυλωδών ειδών, αμπελώνες, σπρωρώνες και ελαιώνες. Εξαιρούνται τα λιβάδια, οι βοσκότοποι και τα δάση». Όπως φαίνεται παρακάτω οι συγκεκριμένες επιφάνειες φαίνονται με έντονο κόκκινο καθώς είναι αρδευόμενα και άρα έχουν υψηλή ανάκλαση στο εγγύς υπέρυθρο.



Εικόνα 15: Αγροτεμάχια αρόσιμης γης όπως εμφανίζονται σε έγχρωμο σύνθετο RGB=432

Ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης καλύπτεται από ετερογενείς γεωργικές περιοχές (κατηγορία 8). Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες, σύνθετα συστήματα καλλιέργειας, γεωργικές περιοχές με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης και γεωργοδασικές περιοχές. Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν:

- Προσωρινές καλλιέργειες (αρόσιμη γη ή λιβάδια) που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες σε μια και την αυτή έκταση.
- Σύνθεση μικρών αγροτεμαχίων διαφόρων ετήσιων καλλιεργειών, βοσκότοπων και μόνιμων καλλιεργειών.
- Περιοχές, κυρίως, γεωργικές, που διακόπτονται από φυσική ή δασική βλάστηση.

Η αρόσιμη γη (κατηγορία 9), σε ένα γενικευμένο ορισμό, αφορά καλλιεργήσιμες εκτάσεις τακτικά αρόσιμες και γενικά υπό ένα σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας. Περιλαμβάνονται εκτάσεις που καλλιεργούνται για την παραγωγή σιτηρών, οσπρίων, βιομηχανικών φυτών, φυτά με ριζώματα, βολβών και κονδύλων (πατάτες, τεύτλα, ζαχαρότευτλα κλπ.), λαχανικών, τα θερμοκήπια, οι ετήσιες ή πολυετείς καλλιέργειες (1-5 έτη) κτηνοτροφικών φυτών ξηράς ζωοτροφής, που συγκομίζονται ή/ και καταναλώνονται χλωρά.

Τέλος, για τις ιδιαίτερες ανάγκες της εικόνας του 2012 δημιουργήθηκε μία επιπλέον κατηγορία κάλυψης που αφορούσε τις καθαρά βραχώδεις εκτάσεις, η οποία ωστόσο δεν χρειάστηκε στην εικόνα του 2018. Επειδή, η χωρική ανάλυση της εικόνας του 2018 είναι πολύ υψηλότερη αποτυπώνονται οι σκιές στο παράκτιο τμήμα, ενώ το βραχώδες σε πολλά τμήματα αναμιγνύεται με άλλες καλύψεις όπως θαμνώδες, χορτολιβαδικό, κτλ. Επιπλέον, επειδή ακριβώς η εικόνα του 2018 έχει ληφθεί το Μάιο, όπου το τοπίο είναι ξερό, η προσθήκη αυτής της επιπλέον κλάσης δημιουργούσε χειρότερα αποτελέσματα, επειδή ακριβώς το δείγμα ήταν δύσκολο να είναι ξεκάθαρο.

5.4.3 Ο αλγόριθμος Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines-SVM)

Όταν η συλλογή των περιοχών εκπαίδευσης για την κάθε κατηγορίας κάλυψης γης έχει ολοκληρωθεί, χρησιμοποιείται κάποιος αλγόριθμος εκπαίδευσης ώστε τα εικονοστοιχεία της εικόνας να ταξινομηθούν σε μια από τις κλάσεις. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται από το σύστημα, προκειμένου να αποφασιστούν οι αριθμητικές φασματικές υπογραφές που ανήκουν σε κάθε κατηγορία. Μόλις όλες οι υπογραφές της κάθε κατηγορίας έχουν ταξινομηθεί, το κάθε

εικονοστοιχείο της εικόνας συγκρίνεται με αυτές και ταξινομείται ανάλογα με το ποια φασματική υπογραφή πλησιάζει περισσότερο.

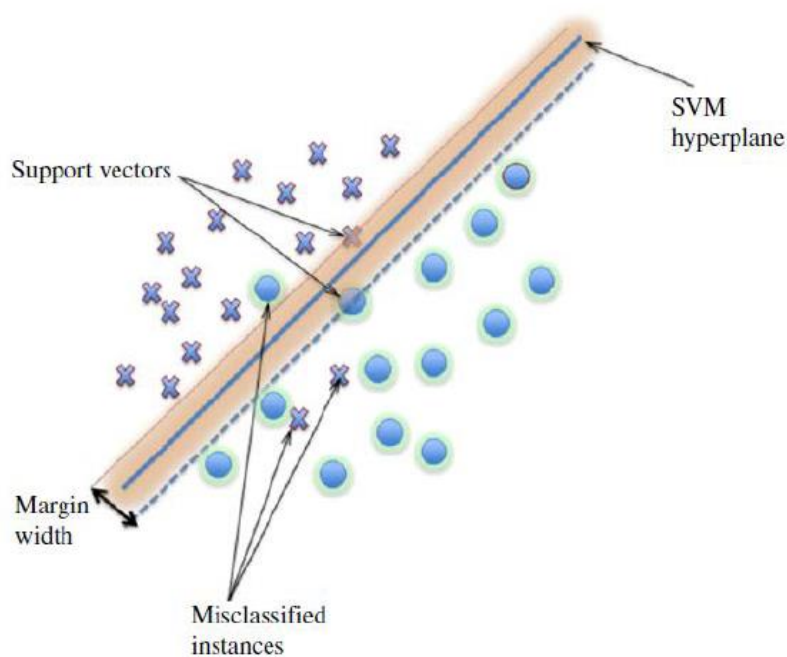
Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί πλήθος αλγόριθμων οι οποίοι υποστηρίζουν τη διαδικασία της ταξινόμησης εικόνων. Στην παρούσα εργασία μετά από κάποιες δοκιμές επιλέχτηκε ο αλγόριθμος Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (SVM). Οι μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων είναι μια επιβλεπόμενη μη παραμετρική στατιστική μάθησης. Στην αρχική του σύνθεση, ο αλγόριθμος SVM χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εκπαίδευσης στοχεύει στο να βρει ένα υπερεπίπεδο (hyperplane) που χωρίζει το σύνολο των δεδομένων σε ένα διακριτό προκαθορισμένο αριθμό κατηγοριών με τέτοιο τρόπο ώστε τα δεδομένα που ανήκουν στην ίδια κατηγορία να είναι στη ίδια πλευρά του υπερεπιπέδου (Vapnik 1979).

Ο όρος βέλτιστο διαχωριστικό υπερεπίπεδο χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στο όριο απόφασης που ελαχιστοποιεί τα εικονοστοιχεία που δεν έχουν ταξινομηθεί σωστά κατά το στάδιο της κατάρτισης (Mountrakis et. al. 2010). Μεταξύ όλων των πιθανών υπερεπιπέδων αναζητά εκείνο για το οποίο η απόσταση από το κοντινότερο παράδειγμα είναι μέγιστη, δηλ. αναζητά υπερεπίπεδο μέγιστου περιθωρίου (maximal margin hyperplane) (Kononenko et. al. 2007; Tan et al. 2005).

Η τεχνική SVM είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε εφαρμογές της τηλεπισκόπησης, λόγω της ικανότητας της να χειρίζεται επιτυχώς μικρά σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης, και συχνά παράγει υψηλότερες ακρίβειες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους (Mantero et al. 2005). Οι περισσότερες παραδοσιακές στατιστικές τεχνικές, όπως αυτή της μέγιστης πιθανοφάνειας, συνήθως υποθέτουν ότι η κατανομή των δεδομένων είναι γνωστή εκ των προτέρων.

Η τεχνική SVM από την άλλη, ελαχιστοποιεί το σφάλμα ταξινόμησης, χωρίς εκ των προτέρων παραδοχές σχετικά με την πιθανότητα κατανομή των δεδομένων (Mountrakis et. al. 2010). Αυτό οφείλεται σε μια βασική αρχή της, τη διαδικασία μάθησης, η οποία ακολουθεί αυτό που είναι γνωστό ως δομική ελαχιστοποίηση κινδύνου (structural risk minimization). Ο όρος «μάθηση» αναφέρεται στην επαναληπτική διαδικασία η οποία έχει ως στόχο την εύρεση ενός ταξινομητή με βέλτιστο όριο αποφάσεων που θα διαχωρίσει τα πρότυπα κατάρτισης (training patterns) (σε δυνητικά μεγάλων διαστάσεων χώρο) και, στη συνέχεια, να διαχωρίσει τα δεδομένα προσομοίωσης υπό τις ίδιες διαστάσεις (Zhu and Blumberg 2002).

Στην Εικόνα 16 απεικονίζεται ένα απλό σενάριο ταξινόμησης με δύο διαχωρισμένες κατηγορίες σε ένα δυσδιάστατο χώρο. Μια σημαντική γενικευμένη πτυχή είναι ότι συχνά ο εν λόγω ταξινομητής δεν χρησιμοποιεί όλα τα δεδομένα εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται στην περιγραφή του διαχωριστικού υπερεπιπέδου. Το υποσύνολο των σημείων που βρίσκονται στο περιθώριο, ονομάζονται διανύσματα υποστήριξης και καθορίζουν το μέγιστο πλάτος του υπερεπιπέδου (Mountrakis et. al. 2010).



Εικόνα 16: Παράδειγμα γραμμικής SVM (Πηγή: Burges ,1998)

Ο αλγόριθμος εμφανίζεται με τη μορφή τεσσάρων διαφορετικών τύπων συναρτήσεων: γραμμικός (linear function), πολυωνμικός (polynomial function), σιγμοειδής (sigmoid function) και ακτινοειδής (radial basis function-RBF). Για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο γραμμικός τύπος συνάρτησης.

5.5 Έλεγχος ακρίβειας της ταξινόμησης

Η εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι μια ιδιαίτερα σημαντική φάση στην διαδικασία παραγωγής ενός θεματικού χάρτη, πόσο μάλλον αν αυτός ο χάρτης πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας της πληροφορίας απαιτεί την προσδιορισμό των πηγών των σφαλμάτων, ώστε να είναι εφικτή η διόρθωσή τους.

Η ακρίβεια της ταξινόμησης συνήθως εκτιμάται με τη σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων με κάποια στοιχεία αναφοράς (reference data) που πιστεύεται ότι αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την πραγματική κάλυψη γης. Υπάρχουν διάφορες πηγές δεδομένων αναφοράς, που κυμαίνονται από επιτόπιες επισκέψεις στη χρήση δορυφορικών εικόνων.

Υπάρχουν αναπόφευκτα σφάλματα στην ταξινόμηση εξαιτίας πολλών προβλημάτων, όπως το ίδιο αντικείμενο με διαφορετικές φασματικές τιμές (spectra), ίδιες φασματικές τιμές για διαφορετικά αντικείμενα, καθώς και ατέλειες των δεδομένων εκπαίδευσης και του ταξινομητή (Foody, 2002). Αυτά τα σφάλματα μπορεί να επηρεάσουν την εφαρμογή και την αξιοπιστία ενός παραγόμενου χάρτη κάλυψης γης.

Η εκτίμηση της ακρίβειας είναι ένας γενικός όρος για τη σύγκριση της ταξινόμησης με γεωγραφικά δεδομένα που υποτίθεται ότι υφίστανται στην πραγματικότητα, προκειμένου να καθοριστεί η ακρίβεια της ταξινόμησης. Τα υποτιθέμενα πραγματικά δεδομένα προκύπτουν συνήθως από τα στοιχεία «υπαίθριας επιβεβαίωσης». Κατά τη διαδικασία της εκτίμησης χρησιμοποιείται ένα σύνολο από pixels αναφοράς (ελέγχου), τα οποία είναι σημεία στην ταξινομημένη εικόνα με γνωστά τα πραγματικά τους στοιχεία και επιλεγμένα τυχαία.

Ο Ginevan (1979) έθεσε τρία κριτήρια για την αξιολόγηση της δειγματοληπτικής διαδικασίας:

- Η διαδικασία θα πρέπει να έχει χαμηλή πιθανότητα αποδοχής ενός χάρτη χαμηλής ακρίβειας.
- Η διαδικασία θα πρέπει να έχει μεγάλη πιθανότητα αποδοχής ενός χάρτη υψηλής ακρίβειας.
- Η διαδικασία θα πρέπει να απαιτεί έναν ελάχιστο αριθμό δειγμάτων εδάφους.

Για την επίτευξη αυτών των κριτηρίων είναι καθοριστικής σημασίας το σχήμα της δειγματοληψίας (sampling design) που θα εφαρμοστεί ώστε να τηρείται το δεύτερο κριτήριο, η ποιότητα των δεδομένων αναφοράς η οποία σχετίζεται με το πρώτο και τέλος ο υπολογισμός του σωστού αριθμού δείγματος. Τα παραπάνω ζητήματα θα αναλυθούν εκτενέστερα στα επόμενα κεφάλαια και η εφαρμογή τους θα οδηγήσει στον υπολογισμό της μήτρας σφάλματος (error matrix) η οποία αποτελεί τον πιο διαδεδομένο και έγκυρο τρόπο εκτίμησης της ακρίβειας μιας ταξινόμησης.

Η ταξινόμηση αναφοράς πρέπει να είναι υψηλότερης ποιότητας σε σύγκριση με την ταξινόμηση των χαρτών. Αυτό σημαίνει πως η πηγή αναφοράς πρέπει να είναι υψηλότερης ποιότητας (π.χ. υψηλότερη χωρική ή ραδιομετρική ανάλυση) από την πηγή για την ταξινόμηση των χαρτών. Επιπλέον, τα δεδομένα αναφοράς θα πρέπει να συμπίπτουν χρονικά με τον χάρτη

που αξιολογείται. Για την αξιολόγηση του δείγματος αναφοράς, χρησιμοποιήθηκαν για το 2018 οι χάρτες Google Earth με ημερομηνία 2017, και για το 2011 μωσαϊκό των ορθοφωτογραφιών του Κτηματολογίου για την Πάρο, με ημερομηνία λήψης το 2011 και ανάλυση 0,25 μ.

5.5.1 Ο σχεδιασμός της δειγματοληψίας των δεδομένων αναφοράς

Ο σχεδιασμός της δειγματοληψίας καθορίζει τον τρόπο επιλογής των υποσύνολων του χάρτη, τα οποία αποτελούν την βάση της διαδικασίας του ελέγχου ακρίβειας. Είναι κρίσιμο να χρησιμοποιείται ένας σχεδιασμός δειγματοληψίας ο οποίος να ενσωματώνει την τυχαιότητα στις πιθανότητες επιλογής του δείγματος. Η δειγματοληψία ορίζεται με όρους συμπερίληψης πιθανοτήτων συμπερίληψης που ποσοτικοποιούν την πιθανότητα μιας δεδομένης μονάδας να συμπεριληφθεί στο σχεδιασμό της δειγματοληψίας. Η πιθανότητα συμπερίληψης πρέπει να είναι γνωστή για κάθε μονάδα που επιλέγεται στο δείγμα και πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μηδέν για όλες τις μονάδες στην περιοχή ενδιαφέροντος (Stevens and Olsen , 2004).

Η αρχική εφαρμογή έγινε με τυχαία δειγματοληψία. Το αποτέλεσμα ήταν πως οι μικρότερες κλάσεις παρουσίαζαν έντονη υποαντιπροσώπηση ενώ η μικρότερη σε μέγεθος κλάση δεν είχε κανένα δείγμα. Επίσης, ένας αξιοσημείωτος αριθμός δειγμάτων είχε πέσει στο όριο των εικονοστοιχείων μεταξύ δύο διαφορετικών κλάσεων. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη για την αναζήτηση επιπλέον μεθόδων οι οποίες να μπορούσαν να εξασφαλίσουν αντιπροσωπευτικότητα όλων των κλάσεων.

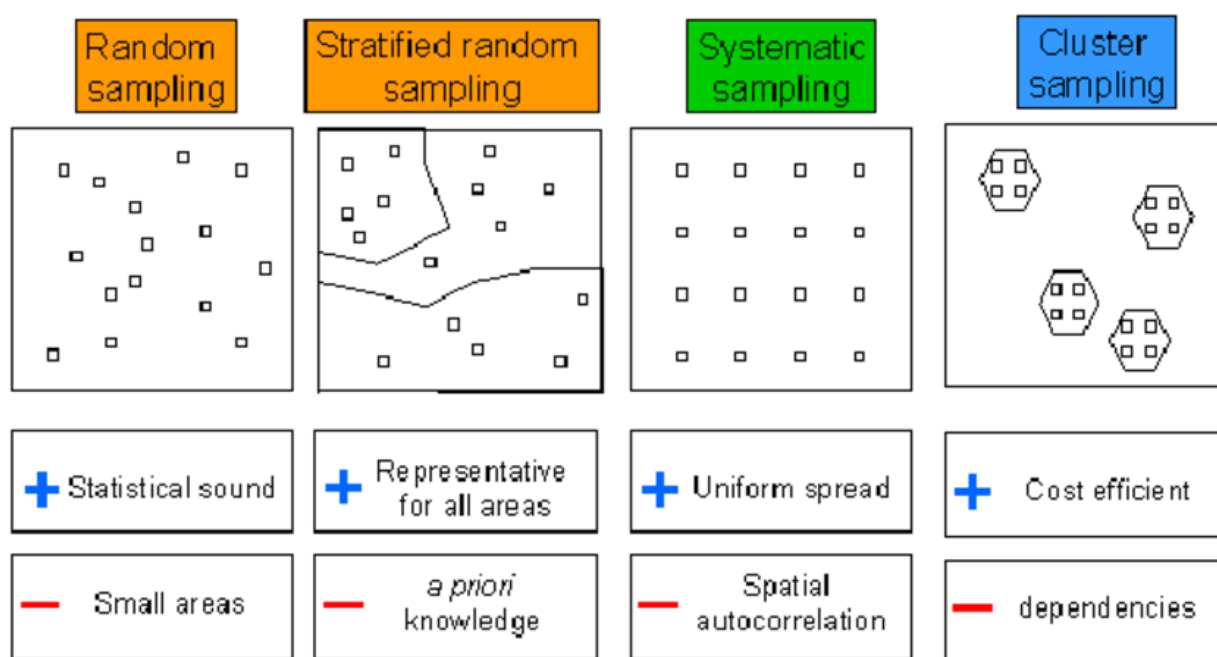
Οι κύριες μέθοδοι με τις οποίες συλλέγονται τα δεδομένα αναφοράς, όπως φαίνεται και παρακάτω στην Εικόνα 17, είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία, η τυχαία στρωματοποιημένη δειγματοληψία, η κατά συστάδες δειγματοληψία και η μη ευθυγραμμισμένη συστηματικά στρωματοποιημένη δειγματοληψία (Congalton και Green, 2008).

Η δειγματοληψία κατά συστάδες περιλαμβάνει τη λήψη ενός αριθμού δειγμάτων από έναν προκαθορισμένο αριθμό τυχαίων θέσεων. Η δημιουργία συστάδων μπορεί να είναι χωρική ή χρονική. Ωστόσο, επειδή αυτή η διαδικασία μπορεί να πολώσει τα αποτελέσματα, τα δεδομένα μπορεί να πρέπει να αξιολογηθούν κατάλληλα πριν την ανάλυσή τους, για την αποφυγή διάσπασης των συστάδων (declustering) (Holmes et al. 2006).

Εάν χρησιμοποιείτε απλή συστηματική δειγματοληψία, μπορεί να είναι δύσκολο να καταγραφούν μικρές σε μέγεθος κλάσεις, ιδιαίτερα κατηγορίες αλλαγών. Επομένως, κατά τη

διενέργεια αξιολόγησης ακριβείας με στόχο την ανίχνευση αλλαγών στις καλύψεις γης, συνιστάται η χρήση μιας διαστρωματικής προσέγγισης της δειγματοληψίας.

Η μέθοδος δειγματοληψίας της διαστρωμάτωσης (stratification) είναι η κατανομή της περιοχής ενδιαφέροντος σε μικρότερες περιοχές (strata), στις οποίες κάθε ενότητα αξιολόγησης αντιστοιχεί σε ένα ενιαίο στρώμα. Η διαστρωμάτωση μπορεί να γίνει είτε σύμφωνα με τις διαιρέσεις των διαφορετικών κλάσεων του χάρτη είτε με τη διαίρεση σε υπο-περιοχές (δηλ. διοικητικά όρια, πληθυσμιακά, κ.α.).



Εικόνα 17: Σχέδια δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ακρίβειας (Πηγή: Banko, 1998)

Η επιλογή της εφαρμογής της διαστρωμάτωσης της δειγματοληψίας, στα πλαίσια ενός ελέγχου ακρίβειας, σχετίζεται κυρίως με την τελική χρήση του παραγόμενου χάρτη και με τη βελτίωση της ακρίβειας του ελέγχου. Για πολλές έρευνες η γνώση των αποτελεσμάτων που αφορούν υπο-περιοχές καλύψεων γης (συρρίκνωση δασικών περιοχών ή αγροτικών περιοχών, επέκταση αστικών, κ.α.) ή άλλων κατηγοριών υποδιαίρεσεων είναι απαραίτητη. Το ίδιο ισχύει και για την δυνατότητα υπολογισμού της ακρίβειας της κάθε υπο-περιοχής μεμονωμένα, για να θεωρούνται τα αποτελέσματα αξιόπιστα.

Για το λόγο αυτό, η διαστρωμάτωση σε αυτή τη μελέτη βασίζεται στις κλάσεις των καλύψεων γης που επιλέχθηκαν και έτσι θα πραγματοποιηθεί ανεξάρτητα δειγματοληψία για κάθε τάξη κάλυψης γης.

5.5.2 Το μέγεθος της δειγματοληψίας

Η αξιολόγηση της ακρίβειας αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι στη διαδικασία παραγωγής ενός θεματικού χάρτη, από τη χρήση δορυφορικών δεδομένων. Επειδή ακριβώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και εμπεριέχει αρκετές προκλήσεις, τις τελευταίες δεκαετίες έχουν διαμορφωθεί διάφορες προσεγγίσεις. Η επιλογή του μεγέθους της δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί, αποτελεί κρίσιμο τμήμα του σχεδιασμού της δειγματοληψίας.

Το μέγεθος του δείγματος θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά και σε συνάρτηση με τους σκοπούς της κάθε έρευνας. Η ενδεχόμενη επιλογή ενός υπερβολικά μεγάλου δείγματος αλλά και ενός υπερβολικά μικρότερου, μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες σε μια μελέτη. Για παράδειγμα, η χρήση ενός υπερβολικά μεγάλου δείγματος μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι οποιαδήποτε μη μηδενική διαφορά, στην ακρίβεια που παρατηρείται, είναι στατιστικά σημαντική (Fleiss et al., 2003, Martinez-Abraín 2007). Από την άλλη, ένα πολύ μικρό δείγμα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία ανίχνευσης μιας διαφοράς η οποία στην πραγματικότητα να είναι σημαντική και μεγάλη σε έκταση.

Διαχρονικά πολλοί ερευνητές (Hay 1979, Rosenfield et al. 1982, Congalton 1988, et al.) έχουν δημοσιεύσει εξισώσεις και οδηγίες για την επιλογή του κατάλληλου μεγέθους δείγματος. Η πλειοψηφία των ερευνητών έχουν χρησιμοποιήσει μια εξίσωση που βασίζεται στην διωνυμική κατανομή ή την κανονική προσέγγιση προς την διωνυμική κατανομή για να υπολογιστεί το απαιτούμενο μέγεθος δείγματος.

Συγκεκριμένα, αν N είναι το πλήθος των δειγμάτων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης, τότε από τη συνάρτηση της διωνυμικής πιθανότητας είναι:

$$N = [Z^2 (p) (q)] / E^2$$

Όπου p = αναμενόμενη % ακρίβεια

$$q = 100 - p$$

E = το επιτρεπόμενο σφάλμα και

$Z = 2$ από την τυπική απόκλιση κανονικής κατανομής (1.96 για το 95%).

Για παράδειγμα, αν για ένα δείγμα αναμένεται ακρίβεια $p = 85\%$ και το επιτρεπόμενο σφάλμα είναι $E = 5\%$, το πλήθος των σημείων που απαιτούνται είναι:

$$N = [2^2 (85) (15)] / 5^2 = 204 \text{ σημεία το ελάχιστο.}$$

Για την ίδια περίπτωση με επιτρεπόμενο σφάλμα 10%, ο αριθμός των σημείων που προκύπτει είναι 51 σημεία κατ'ελάχιστο. Παρατηρείται ότι για μεγαλύτερο επιτρεπόμενο σφάλμα, επομένως μικρότερη ακρίβεια, απαιτούνται λιγότερα σημεία ελέγχου στην εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης (Τσακίρη, 2004).

$$N = z_{\alpha/2}^2 P (1-P) / h^2$$

Όπου N είναι το μέγεθος του δείγματος

$z_{\alpha/2}$ η κρίσιμη τιμή της κανονικής κατανομής για το επίπεδο δυο ουράς α ,

P είναι μια τιμή σχεδιασμού της αναλογίας πληθυσμού για τις σωστά κατανεμημένες περιπτώσεις και

h το μισό πλάτος του επιθυμητού διαστήματος εμπιστοσύνης.

Εδώ, ελήφθη υπόψη ένα τυπικά υιοθετημένο επίπεδο σημασίας 0,05, δίνοντας ένα $z / 2$ ίσο με 1,96. Χρησιμοποιήθηκε μια μεγάλη συντηρητική τιμή για P του 0,5 και το διάστημα εμπιστοσύνης στόχου ορίστηκε μεταξύ $\pm 4\%$ έως $\pm 5\%$. Για ένα h 0,04 εφαρμόζοντας την εξίσωση προκύπτει μια εκτίμηση του μεγέθους δείγματος των 601 δειγμάτων και για την τιμή 0,05, μία εκτίμηση 385.

Ένας γενικός κανόνας, που αναπτύχθηκε από πολλά έργα, είναι δείγματα μεγέθους από 50 έως 100 για κάθε κλάση (κατηγορία του χάρτη), έτσι ώστε κάθε κατηγορία να μπορεί να αξιολογηθεί μεμονωμένα (Hay 1979, Congalton and Green 1999). Όταν η περιοχή ξεπερνά τα 404.685 εκτάρια (1.000.000 acres), ή όταν οι κλάσεις της ταξινόμησης είναι περισσότερες από δέκα, απαιτούνται 75-100 δείγματα από κάθε κλάση (Δημητρακόπουλος, 2010).

Όσον αφορά την απόφαση για το μέγεθος του δείγματος που αποτελεί το σύνολο του δοκιμαστικού σετ, υιοθετήθηκε η βασική θεωρία δειγματοληψίας για να υπολογιστεί το απαιτούμενο μέγεθος δείγματος. Πιο συγκεκριμένα, το συνολικό μέγεθος του δείγματος είναι τα 600 σημεία. Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, η μέθοδος της δειγματοληψίας που υιοθετείται είναι διαστρωματική σύμφωνα με τις διαιρέσεις των κλάσεων του παραγόμενου χάρτη.

Όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 16, 17) υπάρχουν κλάσεις του χάρτη οι οποίες αναλογούν σε καλύψεις γης που καταλαμβάνουν μικρή έκταση στη συνολική επιφάνεια του χάρτη. Θεωρώντας ότι δημιουργείται κίνδυνος υποαντιπροσώπευσης αυτών των κλάσεων ορίζεται ως ελάχιστο δείγμα τα 30 σημεία (για τις κλάσεις με επιφάνειας μικρότερη ή ίση του 5 %). Έτσι, γίνεται μια συνολική αναμόρφωση της κατανομής των σημείων, ώστε να τηρείται η αναλογία που προκύπτει από το μέγεθος των κλάσεων, καθώς και το συνολικό μέγεθος (600 σημεία) του δείγματος που προέκυψε.

ΚΛΑΣΗ	% ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΣΗΜΕΙΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΣΗΜΕΙΩΝ
1	4,21%	25,27	30
2	8,47%	50,84	60
3	8,05%	48,28	60
4	1,40%	8,39	30
5	2,72%	16,33	30
6	11,86%	71,14	60
7	4,23%	25,40	30
8	20,98%	125,90	90
9	33,24%	199,47	180
10	4,83%	29,00	30
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	600	600

Πίνακας 16: Κατανομή των σημείων της διαστρωματικής δειγματοληψίας για την ταξινομημένη εικόνα του 2011

ΚΛΑΣΗ	% ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΣΗΜΕΙΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΣΗΜΕΙΩΝ
1	10,43%	62,61	60
2	5,33%	32,01	30
3	5,97%	35,81	36
4	1,90%	11,42	30
5	2,67%	16,00	30
6	10,11%	60,66	60
7	4,53%	27,19	30
8	20,67%	124,03	124
9	38,38%	230,26	200
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	600	600

Πίνακας 17: Κατανομή των σημείων της διαστρωματικής δειγματοληψίας για την ταξινομημένη εικόνα του 2018

5.5.3 Εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης

Κατά τη διάρκεια μιας ταξινόμησης προκύπτουν σφάλματα διαφορετικής φύσης, τα οποία πρέπει να προσδιοριστούν ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ένας χάρτης αξιόπιστος. Ο πλέον καθιερωμένος τρόπος εκτίμησης της ακρίβειας μια ταξινόμησης γίνεται μέσω του πίνακα εκτίμησης ακρίβειας (Congalton, 1991).

Για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος ακρίβειας της ταξινόμησης χρησιμοποιούνται τα στοιχεία αναφοράς. Αυτά τα σημεία, όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, συλλέχθηκαν με τυχαία στρωματοποιημένη δειγματοληψία και καταχωρήθηκαν στην κάλυψη γης που θεωρείται πως αντικατοπτρίζει την πραγματική κάλυψη γης.

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος αξιολόγησης της ακρίβειας της ταξινόμησης μιας εικόνας είναι ο πίνακας ακρίβειας ή αλλιώς μήτρα σφάλματος (Congalton, 1991). Η παραγωγή της μήτρας σφάλματος (error matrix/confusion matrix) είναι μια αυστηρά στατιστική τεχνική όπου ο αριθμός ή η αξία των pixels που εγγράφονται σωστά σε κάθε κατηγορία ταξινόμησης και αυτά τα οποία εγγράφονται λανθασμένα σε άλλες κατηγορίες, δημιουργούν σειρές και στήλες συνδέοντας τα pixel της ταξινομημένης εικόνας με δεδομένα αναφορά/σημεία εδάφους.

Πιο συγκεκριμένα, οι σειρές του πίνακα αντιστοιχούν στα δεδομένα αναφοράς και οι στήλες στα ταξινομημένα δεδομένα του πίνακα. Τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα δείχνουν τους αριθμούς των δειγμάτων στα οποία τα αποτελέσματα της ταξινόμησης συμφωνούν με τα στοιχεία αναφοράς. Τα στοιχεία του πίνακα που βρίσκονται εκτός της διαγωνίου αντιστοιχούν στους αριθμούς των δειγμάτων που έχουν καταχωρηθεί εσφαλμένα.

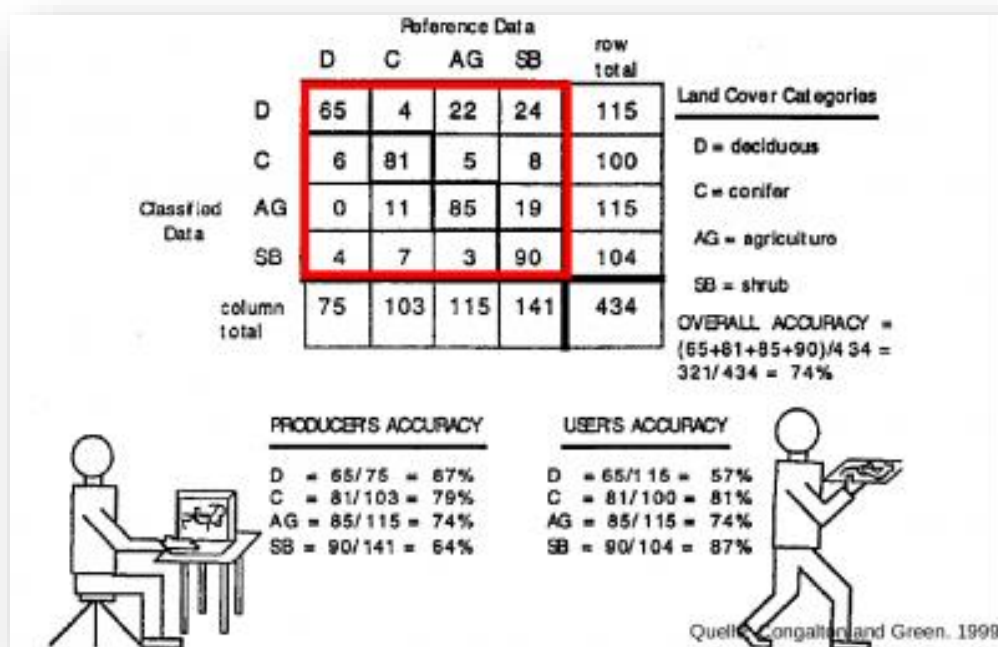
Ειδικότερα, τα εκτός διαγωνίου στοιχεία του πίνακα αντιστοιχούν στους αριθμούς των δειγμάτων που έχουν καταχωρηθεί εσφαλμένα κατά την ταξινόμηση της εικόνας και χωρίζονται σε δύο τύπους, τα σφάλματα παρερμηνείας (commission errors) και τα σφάλματα παράλειψης (omission errors). Τα σφάλματα παρερμηνείας εντοπίζονται στις στήλες των κλάσεων, πάνω και κάτω από τα διαγώνια στοιχεία, ενώ προκύπτουν ουσιαστικά όταν η διαδικασία της ταξινόμησης εγγράφει εικονοστοιχεία σε μια κλάση στην οποία στην πραγματικότητα δεν ανήκει. Τα σφάλματα παράλειψης από την άλλη, εντοπίζονται στις σειρές των κλάσεων, εκατέρωθεν των διαγώνιων στοιχείων και προκύπτουν όταν τα εικονοστοιχεία που στην πραγματικότητα ανήκουν σε μία κλάση ταξινομούνται σε άλλες.

Η μήτρα σφάλματος είναι το σημείο εκκίνησης για μια σειρά από περιγραφικές και αναλυτικές στατιστικές τεχνικές. Η πρωταρχική στατιστική ένδειξη, που εξετάζεται από τον

πίνακα, είναι η συνολική ακρίβειας της ταξινόμησης (overall accuracy). Αντιπροσωπεύει το ποσοστό των σωστά ταξινομημένων εικονοστοιχείων και ισούται με τον συνολικό αριθμό των σωστά ταξινομημένων εικονοστοιχείων κάθε κατηγορίας κάλυψης γης προς το σύνολο των εικονοστοιχείων κάθε κατηγορίας.

Επιπλέον πληροφορίες προκύπτουν από τον υπολογισμό της ακρίβειας του αναλυτή (producer's accuracy) και της ακρίβειας του χρήστη (user's accuracy). Η ακρίβεια του αναλυτή εκτιμά την πιθανότητα επί της εκατό σωστής αντιστοίχισης των δεδομένων αναφοράς, στις κλάσεις της ταξινόμησης. Αφορά ουσιαστικά το πόσο καλά μπορεί μια συγκεκριμένη περιοχή να ταξινομηθεί. Η ακρίβεια χρήστη από την άλλη, δίνει την πιθανότητα επί της εκατό το εικονοστοιχείο που έχει ταξινομηθεί σε μια κλάση στον χάρτη να αντιστοιχεί στην πραγματική κατηγορία στο έδαφος (Story and Congalton, 1986).

Όσο περισσότερα είναι τα σφάλματα παράλειψης τόσο μικρότερη είναι η ακρίβεια του αναλυτή, αφού προκύπτει εάν αφαιρέσεις από το 100 % το ποσοστό των σφαλμάτων παράλειψης ($\text{producer's accuracy}(\%) = 100\% - \text{error of omission}(\%)$). Αντίστοιχα, προκύπτει η ακρίβεια χρήστη, εάν αφαιρεθεί από το 100 % το ποσοστό των σφαλμάτων παρερμηνείας ($\text{user's accuracy}(\%) = 100\% - \text{error of commission}(\%)$).



Εικόνα 18: Εικόνα ενδεικτική της λειτουργίας του πίνακα ακρίβειας (Congalton and Green, 1999)

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ακρίβεια που έχει τη δυνατότητα να επιτύχει ένας αλγόριθμος, είναι ο συντελεστής Kappa (Kappa statistic, k). Ο συντελεστής Kappa είναι ένα μέτρο της συνολικής συμφωνίας μιας μήτρας. Σε αντίθεση με τη συνολική ακρίβεια, το λόγο δηλαδή του αθροίσματος των διαγώνιων τιμών με τον συνολικό αριθμό των εισαγόμενων στοιχείων στη μήτρα, ο συντελεστής Kappa λαμβάνει υπόψη επιπλέον τα μη διαγώνια στοιχεία (Rosenfield and Fitzpatrick, 1986).

Ο συντελεστής Kappa αναπτύχθηκε από τον Cohen (1960) και εισάχθηκε σαν μέτρο στο αντικείμενο της τηλεπισκόπησης στις αρχές του 1980 (Congalton and Mead, 1983; Congalton et al., 1983). Στην συνέχεια, έγινε ένα ευρέως διαδεδομένο μέτρο για την έλεγχο ακρίβειας μιας ταξινόμησης. Ο συγκεκριμένος συντελεστής μετράει το ποσοστό της συμφωνίας των δεδομένων, αφού οι τυχαίες συμφωνίες έχουν αφαιρεθεί από την εκτίμηση. Ο συντελεστής Kappa δηλαδή, κρίνει εάν τα αποτελέσματα στον πίνακα ακρίβειας είναι σημαντικά καλύτερα από τυχαία ή συμπτωματική ταξινόμηση, καταδεικνύοντας μια πιο συντηρητική εκτίμηση από μια απλή ποσοστιαία τιμή. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1, με το 0 να αντιστοιχεί σε πλήρη ασυμφωνία των αποτελεσμάτων με την πραγματικότητα, ενώ το 1 το αντίθετο.

5.6 Το μεθοδολογικό σχήμα στην πράξη

Σύμφωνα με το μεθοδολογικό σχήμα, που προηγήθηκε σε ανάλυση, προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα ροής εργασιών για την εφαρμογή της παρούσας εργασίας (Εικόνα 19). Αρχικά, επειδή ακριβώς στις εικόνες είχαν πραγματοποιηθεί διορθώσεις ήδη, η προεπεξεργασία των εικόνων περιορίστηκε στην περικοπή τους στα όρια της περιοχής μελέτης, όπως αυτή ψηφιοποιήθηκε στα υπόβαθρα LSO.

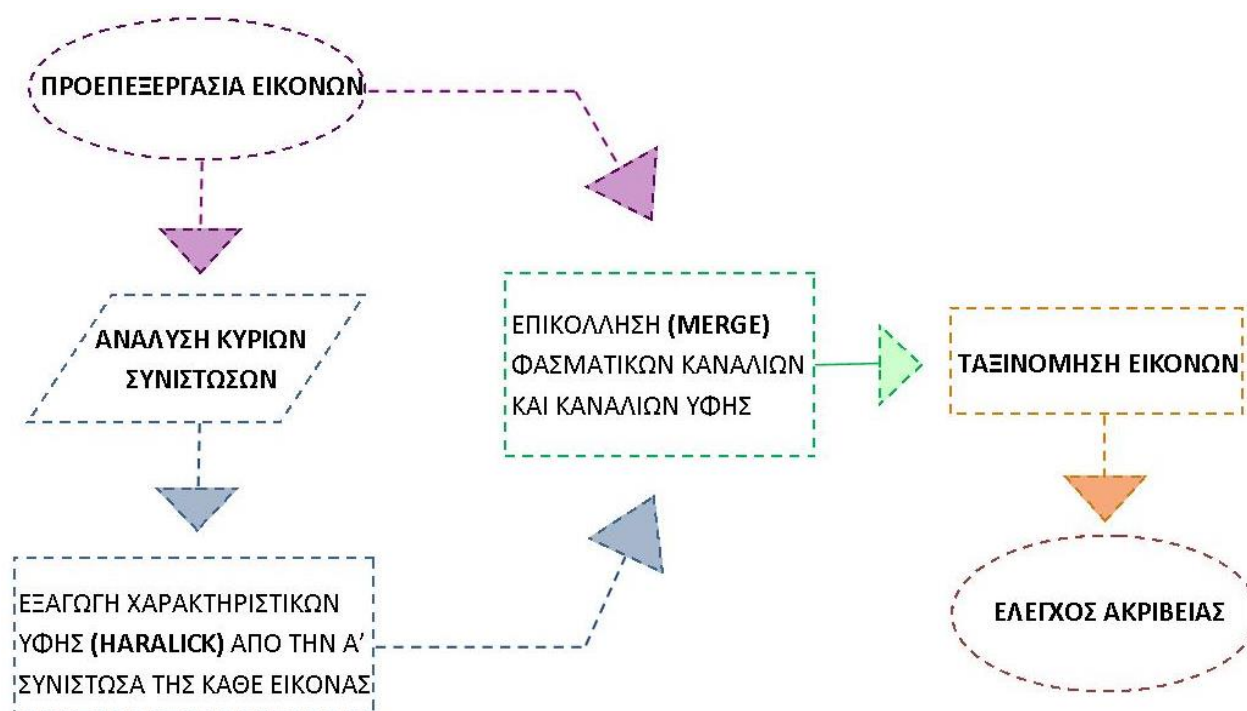
Στην συνέχεια, εφαρμόστηκαν δύο τεχνικές ενίσχυσης εικόνας στις τις αρχικές δορυφορικές εικόνες, στα όρια της περιοχής μελέτης, ώστε να αξιοποιηθεί η φασματική και η χωρική πληροφορία που υπάρχει στις εικόνες, κατά την ταξινόμηση. Σε πρώτο στάδιο εφαρμόστηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών και διαπιστώθηκε πως πάνω από το 95 % της συνολικής πληροφορίας των εικόνων, βρισκόταν στο πρώτο τους κανάλι.

Στην συνέχεια, για το πρώτο κανάλι της κάθε εικόνας εφαρμόστηκε εξαγωγή των χαρακτηριστικών υφής (Haralick and Saprino, 1985) και προέκυψαν 8 διαφορετικά κανάλια υφών. Αυτά τα 8 κανάλια ενσωματώθηκαν στις αρχικές εικόνες, με αποτέλεσμα δύο νέες εικόνες με 12 κανάλια για την εικόνα του 2018 και 13 κανάλια αντίστοιχα για την εικόνα του

2011. Αυτό έγινε ώστε ο ταξινομητής SVM να ταξινομήσει τις εικόνες με ένα συνδυασμό πληροφορίας από τα φασματικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά υφής (Zhang Xin, Jintian Cui, et al., 2017)

Σε αυτές τις δύο νέες εικόνες, για τις οποίες είχαν συλλεχθεί 500-600 περιοχές εκπαίδευσης, ο ταξινομητής SVM εφαρμόστηκε (Mountrakis et. al., 2010 , Zhu and Blumberg, 2002, Foody and Mathur 2004, et al.). Οι εικόνες ταξινομήθηκαν σε 9 (2018) και 10 (2011) κλάσεις αντίστοιχα και στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος ακρίβειας.

Για τον έλεγχο ακρίβειας πραγματοποιήθηκε διαστρωματική δειγματοληψία τυχαίων σημείων με αναφορά την έκταση της κάθε κλάσης. Ωστόσο, ορίστηκαν τα 30 σημεία, ο ελάχιστος αριθμός τυχαίων σημείων για την κάθε κλάση και η αναλογία διαμορφώθηκε ώστε ο συνολικός αριθμός της δειγματοληψίας να είναι τα 600, όπως υπολογίστηκε από τη συνάρτηση της διωνυμικής πιθανότητας (Foody, 2009, Mountrakis et. al., 2010, et al.). Ο έλεγχος ακρίβειας ολοκληρώθηκε με την αξιολόγηση του Πίνακα ακρίβειας (error matrix) και τα στατιστικά μέτρα που προκύπτουν από αυτόν (Congalton, 1991), ώστε να γίνει εκτίμησης της αξιοπιστίας των θεματικών χαρτών που προέκυψαν, με τις καλύψεις γης στην περιοχή μελέτης για τα έτη 2011 και 2018, καθώς και να εκτιμηθεί η αλλαγή που πραγματοποιήθηκε αυτό το διάστημα όσο αφορά την επέκταση των τεχνητών (αστικών) επιφανειών.



Εικόνα 19: Διάγραμμα ροής εφαρμογής του μεθοδολογικού σχήματος της εργασίας, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Για την εφαρμογή της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ανοιχτά λογισμικά/λογισμικά ανοιχτού κώδικα (QGIS, Rstudio), ωστόσο, οι τελικοί χάρτες της εργασίας έγιναν στο εμπορικό ArcGIS. Το QGIS, είναι ένα ελεύθερο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), ανοιχτού κώδικα σε θέση να χειρίζεται γεωχωρική πληροφορία σε διανυσματική (vector) και raster μορφή, τοπολογίες αλλά και να επεξεργάζεται εικόνες και γραφικά δεδομένα. Το R studio είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα για στατιστική επεξεργασία και παραγωγή γραφημάτων. Η R χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των τυχαίων σημείων ανά κλάση, στο κέντρο του κάθε εικονοστοιχείου.

Για τις επιμέρους εφαρμογές χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη λογισμικού Orfeo Toolbox. Η βιβλιοθήκη λογισμικού είναι μια συλλογή από έτοιμα υποπρογράμματα που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη λογισμικού. Οι βιβλιοθήκες περιέχουν υποβοηθητικό κώδικα και δεδομένα, παρέχοντας, με αυτόν τον τρόπο, υπηρεσίες σε προγράμματα. Το Orfeo Toolbox αποτελεί μια βιβλιοθήκη για επεξεργασία εικόνας τηλεπισκόπησης. Ως έργο ξεκίνησε από τη Γαλλική Διαστημική Υπηρεσία και σε αυτό συμμετείχε η κοινότητα ανοικτού κώδικα, με σκοπό την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης βιβλιοθήκης για την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης.

6. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

6.1 Αποτελέσματα του ελέγχου ακρίβειας των εικόνων

Ο έλεγχος ακρίβειας εφαρμόστηκε σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6.5.4 της Μεθοδολογίας. Η πρωταρχική αξιολόγηση της επίδοσης των ταξινομήσεων είναι θετική, καθώς και οι δύο ταξινομημένες εικόνες έχουν ποσοστό συνολικής ακρίβειας μεγαλύτερο του 85 %. Παρ' όλο που μια ακρίβεια στόχου συχνά δεν αναφέρεται ρητά, μια τιμή που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως στόχος, στη θεματική χαρτογράφηση μέσω της ταξινόμησης εικόνων, είναι η επίτευξη ακρίβειας $\geq 85\%$ (McCormick, 1999, Scepan, 1999, Wulder *et al.*, 2006, Ge *et al.*, 2007, *et al.*)

Όσο αφορά τον συντελεστή Kappa και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζει ισχυρή συμφωνία των δεδομένων. Ο συντελεστής Kappa είναι ένα χρήσιμο μέτρο και για την αξιολόγηση της επίδοσης του ταξινομητή μηχανής μάθησης (machine learning classifier) που χρησιμοποιήθηκε, αφού μετρά το βαθμό που ο ταξινομητής αντιστοιχίζει σωστά τις περιπτώσεις στα δεδομένα αναφοράς, ελέγχοντας την ακρίβεια ενός τυχαίου ταξινομητή όπως μετράται με την αναμενόμενη ακρίβεια. Συνοπτικά, με τα δεδομένα του Πίνακα 18, μπορούμε

να υποστηρίξουμε πως και οι δύο ταξινομήσεις είναι ικανοποιητικά αξιόπιστες με την εικόνα του 2018 να έχει ταξινομηθεί καλύτερα.

	Ταξινομημένη εικόνα (2011)	Ταξινομημένη εικόνα (2018)
Συνολική ακρίβεια	86,98%	90,77%
Συντελεστής Kappa	84,47%	88,60%

Πίνακας 18: Μέτρα αξιολόγηση της συνολικής ακρίβειας των ταξινομημένων εικόνων

Ωστόσο, η συνολική ακρίβεια μιας ταξινόμησης μπορεί να είναι παραπλανητική. Μπορεί για παράδειγμα, οι κλάσεις που πραγματικά ενδιαφέρουν την ερευνητή να έχουν πάει άσχημα και ένα άλλος αριθμός δευτερευόντων κλάσεων να έχει επιτύχει πολύ υψηλά ποσοστά, εξισορροπώντας έτσι το συνολικό αποτέλεσμα. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η ακρίβεια της κάθε κλάσης ξεχωριστά.

Η ακρίβεια της κάθε κλάσης αξιολογείται από την ακρίβεια αναλυτή και την ακρίβεια χρήστη. Η ακρίβεια του αναλυτή αποτυπώνει την ακρίβεια της ταξινόμησης και είναι το κλάσμα των σωστά ταξινομημένων εικονοστοιχείων προς το σύνολο των δεδομένων αναφοράς για την συγκεκριμένη κλάση. Η ακρίβεια χρήστη από την άλλη, αποτυπώνει την αξιοπιστία του παραγόμενου θεματικού χάρτη και είναι το κλάσμα των σωστά ταξινομημένων εικονοστοιχείων προς το σύνολο των στοιχείων που ταξινομήθηκαν σε αυτή την κλάση.

Όπως φαίνεται στους Πίνακες 19 και 20, οι κλάσεις των οποίων οι επιδόσεις είναι χαμηλότερες είναι και για τους δύο ταξινομημένους χάρτες οι κλάσεις της αστικής έκτασης, του οδικού δικτύου και της ακτής. Η κατηγορία της αστικής έκτασης, ειδικότερα παρουσιάζει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο τύπων ακρίβειας. Όπως φαίνεται και παρακάτω, η συγκεκριμένη κλάση μπερδεύεται πολύ με εκείνη του οδικού δικτύου και συγκεκριμένα της σκυρόχρωμης ασφάλτου (Πίνακας 21) με αποτέλεσμα να έχει αποτυπώσει ένα τμήμα μόνο της πραγματικής αστικής έκτασης. Επειδή ακριβώς, αυτή η έκταση είναι μικρή είναι αρκετά ακριβής στις ταξινομημένες περιοχές (ακρίβεια αναλυτή), ωστόσο δεν είναι αξιόπιστη ως προς το σύνολο της περιοχής που θα έπρεπε να έχει αποτυπωθεί ως αστική έκταση (ακρίβεια χρήστη).

Ακρίβεια κλάσεων ταξινομημένης εικόνας (2011)			
A/A	Κλάση	Ακρίβεια αναλυτή	Ακρίβεια χρήστη
1	Αστική έκταση	90,00%	52,94%
2	Οδικό δίκτυο-1	71,19%	95,45%
3	Οδικό δίκτυο-2	70,00%	89,36%

4	Ακτή	70,00%	95,45%
5	Θαμνώδεις εκτάσεις	86,67%	89,66%
6	Χορτολιβαδικές εκτάσεις	86,67%	85,25%
7	Μόνιμες Καλλιέργειες	86,67%	96,30%
8	Ετερογενής γεωργικές περιοχές	95,56%	94,51%
9	Αρόσιμη γη	97,78%	88,00%
10	Βραχώδεις εκτάσεις	76,67%	85,19%

Πίνακας 19: Η ακρίβεια για την κάθε κλάση της ταξινομημένης εικόνας του 2011

Ακρίβεια κλάσεων ταξινομημένης εικόνας (2018)			
A/A	Κλάση	Ακρίβεια αναλυτή	Ακρίβεια χρήστη
1	Αστική έκταση	83,05%	89,09%
2	Οδικό δίκτυο-1	72,41%	87,50%
3	Οδικό δίκτυο-2	75,00%	90,00%
4	Ακτή	72,41%	87,50%
5	Θαμνώδεις εκτάσεις	90,00%	79,41%
6	Χορτολιβαδικές εκτάσεις	96,67%	85,29%
7	Μόνιμες Καλλιέργειες	90,00%	93,10%
8	Ετερογενής γεωργικές περιοχές	99,19%	90,37%
9	Αρόσιμη γη	94,50%	95,94%

Πίνακας 20: Η ακρίβεια για την κάθε κλάση της ταξινομημένης εικόνας του 2018

Κλάσεις	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σύνολο σειρών
1	27	12	4	5	0	0	1	0	0	2	51
2	2	42	0	0	0	0	0	0	0	0	44
3	1	0	42	0	0	0	1	0	3	0	47
4	0	0	1	21	0	0	0	0	0	0	22
5	0	1	0	0	26	1	0	1	0	0	29
6	0	1	0	0	3	52	2	2	1	0	61
7	0	0	0	0	0	1	26	0	0	0	27
8	0	0	0	0	1	2	0	86	0	2	91
9	0	1	11	4	0	4	0	1	176	3	200
10	0	2	2	0	0	0	0	0	0	23	27
Σύνολο στηλών	30	59	60	30	30	60	30	90	180	30	599

Πίνακας 21: Πίνακας ακρίβειας για την ταξινομημένη εικόνα του 2011

Κλάσεις	1	2	3	5	6	7	8	9	10	Σύνολο σειρών
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------------

1	49	0	0	2	0	0	0	1	3	55
2	0	21	0	1	0	0	0	0	2	24
3	0	0	27	0	0	0	0	0	3	30
5	1	0	0	21	0	0	0	0	2	24
6	1	1	0	1	27	2	2	0	0	34
7	2	3	0	2	2	58	0	0	1	68
8	0	1	0	1	0	0	27	0	0	29
9	2	2	8	0	1	0	0	122	0	135
10	4	1	1	1	0	0	1	0	189	197
Σύνολο στηλών	59	29	36	29	30	60	30	123	200	596

Πίνακας 22: Πίνακας ακρίβειας για την ταξινομημένη εικόνα του 2018

Να σημειωθεί πως στην πρώτη κατηγορία, για τη χτισμένη περιοχή, περιμετρικά των κτιρίων υπάρχουν διάδρομοι και αυλές με τσιμεντένια βάση. Αυτές οι περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια φασματική πληροφορία με αυτή του οδικού δικτύου σε κάποιες περιπτώσεις δημιουργώντας σφάλματα. Επιπλέον σφάλματα δημιουργούνται εξαιτίας του είδους των πετρωμάτων που υπάρχουν στην Πάρο. Πιο συγκεκριμένα, το νησί της Πάρου αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα τα έχουν παρόμοια φασματική απόκριση με τις τεχνητές επιφάνειες (κλάσεις 1, 2 και 3).

Η κλάση με τις θαμνώδεις εκτάσεις είχε αρκετά καλή επίδοση και στις δύο ταξινομήσεις εξαιτίας της αρκετά ξεκάθαρης φασματικής απόκρισης της βλάστησης στο υπέρυθρο. Όσο αφορά την κατηγορία των χορτολιβαδικών εκτάσεων παρατηρείται πως οι περιπτώσεις σφάλματος οφείλονται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη κάλυψη εμφανίζεται να συνορεύει μαζί με άλλες καλύψεις γης, όπως το θαμνώδες και το γυμνό έδαφος, με ασυνεχή τρόπο. Έτσι, προκύπτουν περιοχές με υψηλή ανομοιογένεια στις οποίες η ταξινόμηση δεν αποτυπώνει με ακρίβεια τα όρια της κάθε διαφορετικής κάλυψης.

Τα σφάλματα που προέκυψαν στις κατηγορίες των αγροτικών εκτάσεων (μόνιμες καλλιέργειες, αρόσιμη γη) είναι αρκετά περιορισμένα. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει η διαφορετική ημερομηνία λήψης των εικόνων. Η εικόνα του 2011 έχει ληφθεί το Μάρτιο, ενώ το 2018 το Μάιο επηρεάζοντας έτσι την όψη των οικοπέδων και των καλλιεργειών. Στην πρώτη περίπτωση τα σιτηρά βρίσκονται σε ανάπτυξη και είναι πράσινα, ενώ τα περισσότερα μη

αρδευόμενα χωράφια μοιάζουν με τα χορτολιβαδικά. Από την άλλη, το Μάιο αρκετές καλλιέργειες έχουν θεριστεί, ενώ το τοπίο είναι πιο ξερό.

Άλλα σφάλματα που παρουσιάζονται κυρίως στην ταξινόμηση της εικόνας του 2011 είναι, τα σημεία που έχουν καταχωρηθεί εσφαλμένα ως οδικό δίκτυο (κλάση 3). Τις περισσότερες φορές βρίσκονται σε καλλιεργήσιμη γη (αναβαθμίδες και περιφράξεις) με αποτέλεσμα να αποτυπώνεται ως κατηγορία οδικού το περίγραμμα διάφορων οικοπέδων, καθώς και σε δασικό (βραχώδες).

Να σημειωθεί πως από το σύνολο της δειγματοληψίας για την εικόνα του 2011 αφαιρέθηκαν τέσσερα σημεία, ενώ από την δειγματοληψία για την εικόνα του 2018 έχει αφαιρεθεί ένα σημείο λόγω τυχαίων σφαλμάτων στην παραγωγή των τυχαίων σημείων.

6.2 Αποτελέσματα της ταξινόμησης των εικόνων

Ο έλεγχος ακρίβειας στο προηγούμενο κεφάλαιο εμφάνισε διάφορες προβληματικές και σφάλματα που προέκυψαν στην ταξινόμηση των εικόνων. Τα αποτελέσματα θα παρουσιάσουν αναλυτικά την διάρθρωση των διαφορετικών καλύψεων γης που εκτιμήθηκαν από τον ταξινομητή SVM. Ωστόσο, η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την αποτύπωση των εκτάσεων των τεχνητών επιφανειών στην περιοχή, καθώς και την ανίχνευση των αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 2011-2018. Έτσι, οι καλύψεις γης θα ομαδοποιηθούν σε τρεις νέες κατηγορίες: τεχνητές επιφάνειες, φυσικές εκτάσεις και γεωργικές εκτάσεις.

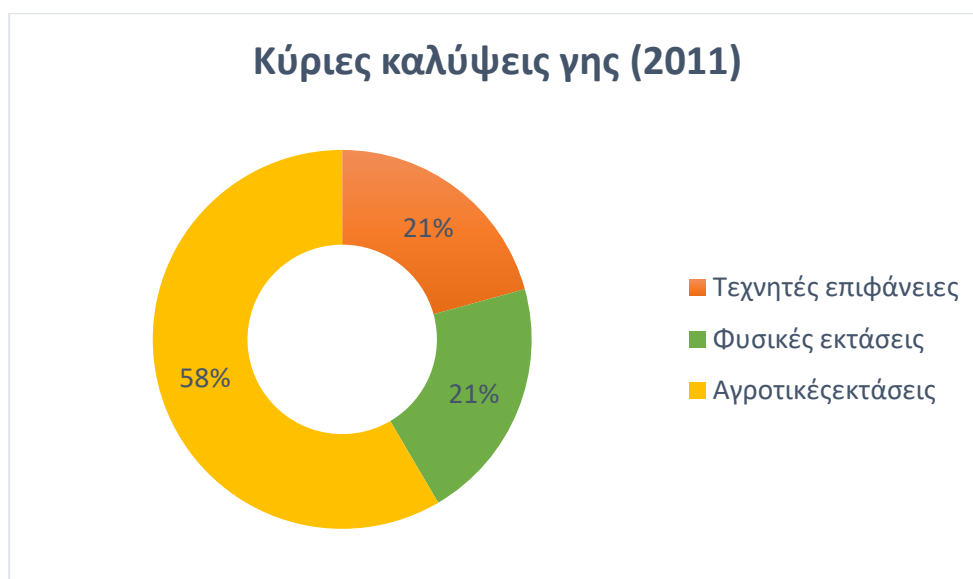
Εκτάσεις θεματικού χάρτη για το 2011		
Κάλυψη γης	Έκταση (τ.μ.)	% επί της συνολικής έκτασης
Αστική έκταση	810600	4,21%
Οδικό-κατηγορία 1	1630700	8,47%
Οδικό-κατηγορία 2	1548680	8,05%
Ακτογραμμή	268975	1,40%
Θαμνώδεις εκτάσεις	523800	2,72%
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	2281900	11,86%
Βραχώδεις-μεταβατικές εκτάσεις	930150	4,83%
Μόνιμες καλλιέργειες	814875	4,23%
Ετερογενής γεωργικές περιοχές	4038580	20,98%
Αρόσιμη γη	6398400	33,24%
Σύνολο:	19246660	100,00%

Πίνακας 23: Εκτάσεις των καλύψεων γης για τον θεματικό χάρτη του 2011

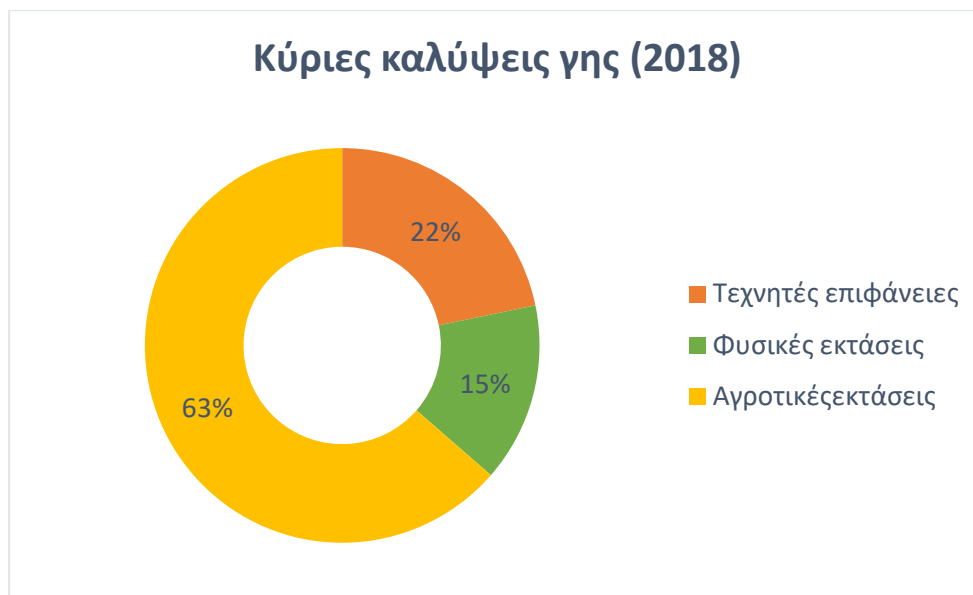
Εκτάσεις θεματικού χάρτη για το 2018		
Κάλυψη γης	Έκταση (τ.μ.)	% επί της συνολικής έκτασης
Αστική έκταση	2011620	10,43%
Οδικό-κατηγορία 1	1028360	5,33%
Οδικό-κατηγορία 2	1150740	5,97%
Ακτογραμμή	366895	1,90%
Θαμνώδεις εκτάσεις	514131	2,67%
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	1949090	10,11%
Μόνιμες καλλιέργειες	873604	4,53%
Ετερογενής γεωργικές περιοχές	3985240	20,67%
Αρόσιμη γη	7398480	38,38%
Σύνολο:	19278160	100,00%

Πίνακας 24: Εκτάσεις των καλύψεων γης για τον θεματικό χάρτη του 2018

Όπως δείχνουν οι Πίνακες 23 και 24, το κυρίαρχο πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι η διαφορά της αστικής έκτασης μεταξύ 2011 και 2018. Στην εικόνα του 2011 ο ταξινομητής καταχώρησε τις φασματικές υπογραφές πολλών κτιρίων στο οδικό δίκτυο. Ωστόσο, όπως δείχνει το Διάγραμμα 11 αλλά και ο Χάρτης 7, συνολικά η τεχνητή επιφάνεια έχει αποτυπωθεί σωστά με εξαίρεση συγκριμένες προβληματικές περιοχές. Συνολικά η διαφορά που παρουσιάζει η δομημένη επιφάνεια στην περιοχή μας είναι 200.740 τ.μ. ή 200,74 στρέμματα. Η τιμή είναι ρεαλιστική συνυπολογίζοντας την μικρή περίοδο διερεύνησης (7 χρόνια) και το γεγονός ότι αυτή η περίοδος αντιστοιχεί στην περίοδο της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης.



Διάγραμμα 11: Η διάρθρωση των κύριων καλύψεων γης στο θεματικό χάρτη του 2011



Διάγραμμα 12: Η διάρθρωση των κύριων καλύψεων γης στο θεματικό χάρτη του 2018

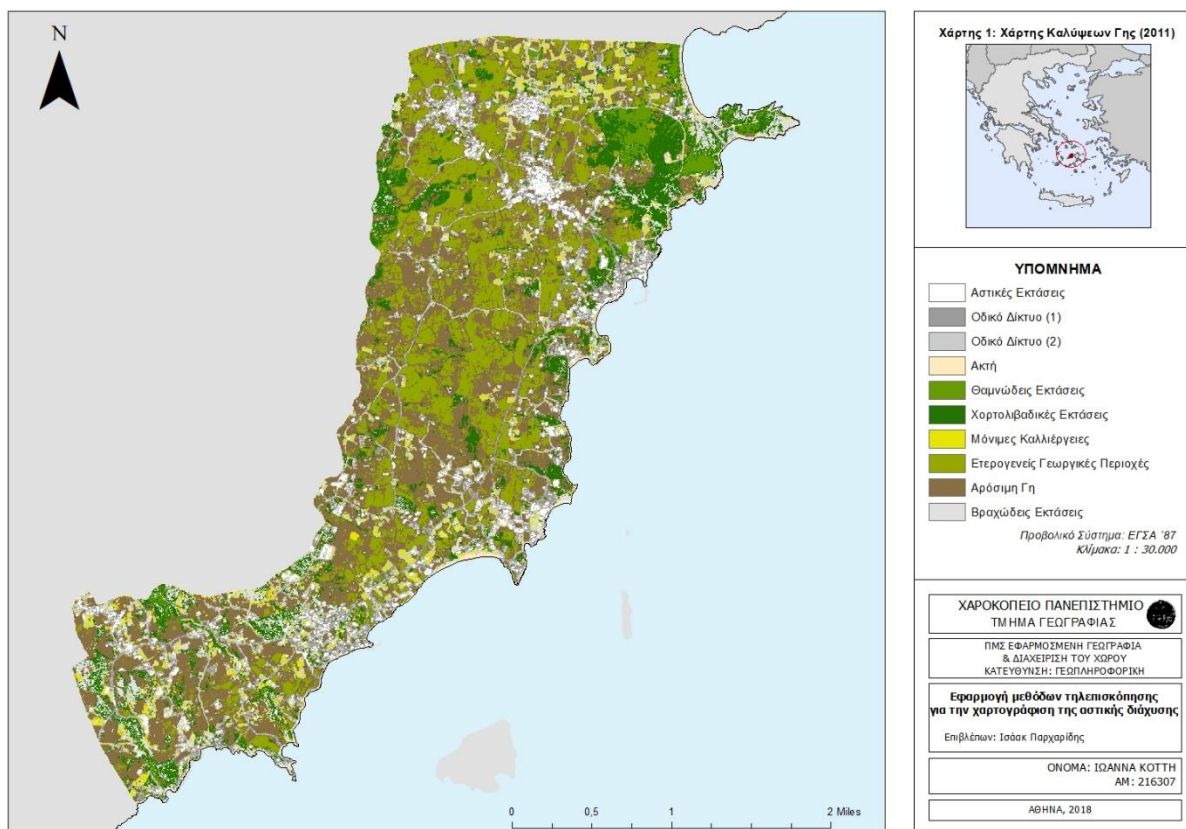
Τα μοναδικά ποσοτικά στοιχεία που υπάρχουν για τις εκτάσεις της οικοδομικής δραστηριότητας σε μια περιοχή, είναι εκτάσεις που έχουν αδειοδοτηθεί (νέες οικοδομικές άδειες και προσθήκες) της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Ωστόσο, πρέπει να πούμε πως τα στοιχεία αυτά είναι ενδεικτικά καθώς οι οικοδομές αυτές αποπερατώνεται κατά μέσο όρο σε 2-3 χρόνια από την αδειοδότηση τους, μπορεί να μην χτίζονται ή μπορεί στην περιοχή να πραγματοποιείται αυθαίρετη δόμηση. Την περίοδο 1997-2006 η σχεδιαζόμενη δόμηση σύμφωνα με τις άδειες ήταν 82.333 τ.μ. (το 19,8 % του συνόλου για την περιοχή των Κυκλάδων, ενώ για την επόμενη δεκαετία που ακολουθεί (2007-2017) η έκταση είναι σχεδόν πενταπλάσια (481.840 τ.μ.).

Οι κλάσεις οι οποίες παρουσιάζουν την μικρότερη έκταση και όπως είναι λογικό δεν παρουσιάζουν κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή είναι η κλάση της ακτής και οι θαμνώδεις περιοχές. Οι χορτολιβαδικές εκτάσεις παρουσιάζουν μια μικρή μείωση της τάξης του 1,75% , ενώ οι μόνιμες και οι ετερογενείς καλλιέργειες παραμένουν σταθερές. Η αρόσιμη γη παρουσιάζει αύξηση της τάξης του 5%. Γνωρίζοντας ότι στην αρόσιμη γη έχουν καταχωρηθεί τόσο η αρδευόμενη όσο και η μη αρδευόμενη γη, αλλά και τα οικόπεδα σε αγρανάπαυση τα σφάλματα που προκύπτουν είναι δυνατόν να επηρεάζονται από την περίοδο λήψης της εικόνας.

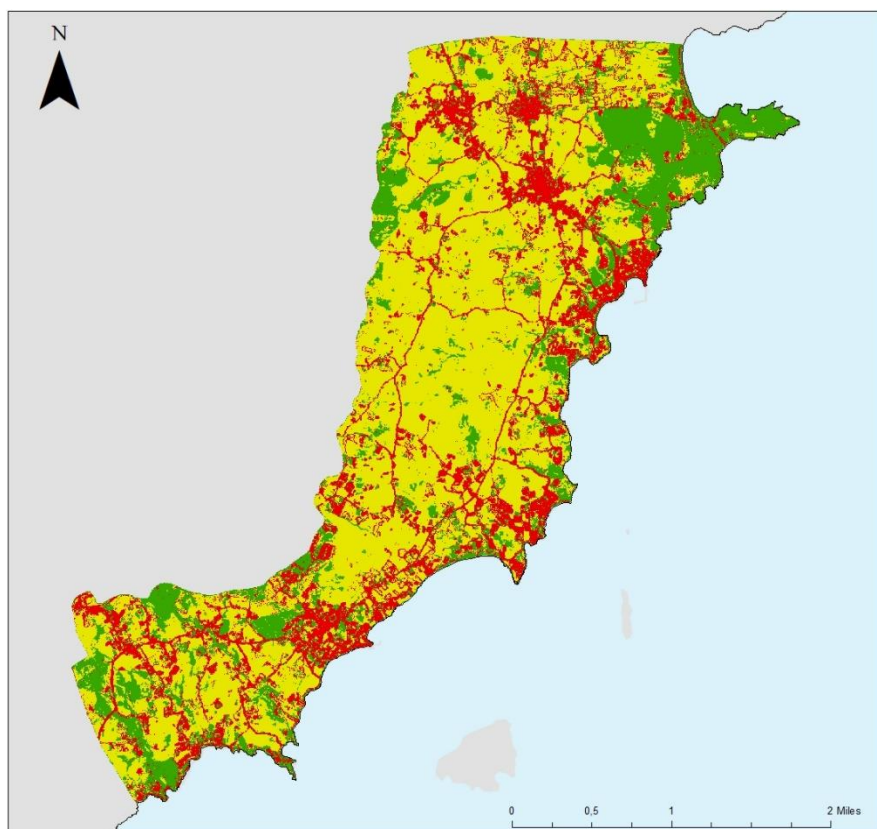
Σύμφωνα με τους χάρτες, δεν παρατηρείται σημαντική αύξηση των τεχνητών επιφανειών σε διάσπαρτα σημεία του εξωαστικού χώρου. Ωστόσο, αστική χρήση φαίνεται να πυκνώνει περιμετρικά των οικισμών. Στο βαθμό που το 2012 είναι η χρονιά εφαρμογής του ΓΠΣ Πάρου ρυθμίζοντας το καθεστώς δόμησης στις εκτός σχεδίου περιοχές, αλλά

δημιουργώντας και καθεστώς προστασίας στους παράκτιους υδροβιότοπους της περιοχής είναι λογικό να μην παρουσιάζονται νέες δομημένες επιφάνειες.

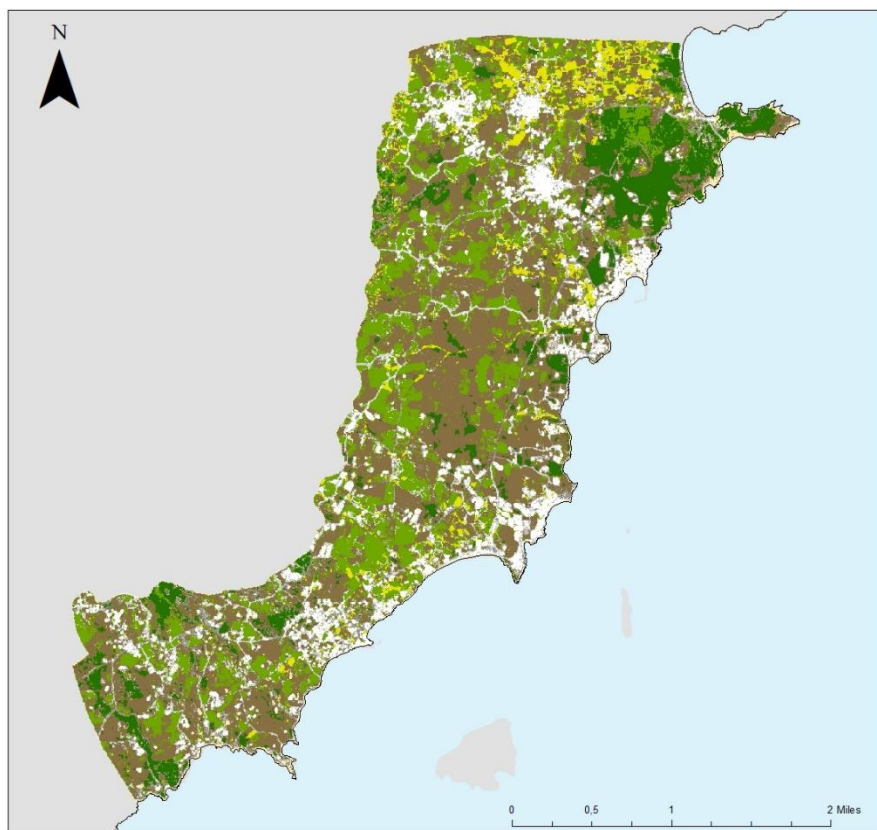
Τα πιο προφανή σφάλματα παρουσιάζονται στο βόρειο τμήμα της εικόνας όπου σαν δομημένη επιφάνεια έχουν αποτυπωθεί τα περιγράμματα των οικοπέδων. Επιπλέον, η κλάση της ακτής δεν έχει καταφέρει να αποτυπώσει το σύνολο της αμμουδιάς, και εξαιτίας της φασματικής απόκρισης της άμμου, τμήματα αυτών έχουν ταξινομηθεί ως τεχνητές επιφάνειες. Ωστόσο, οι αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί σε παρόδια οικόπεδα έχουν αποτυπωθεί με επιτυχία. Τέτοια εμφανίζονται σε λίγες περιπτώσεις περιμετρικά του οικισμού Μάρπησσα και αρκετά περισσότερες περιμετρικά της Χρυσής Ακτής, εντός του οικισμού του Δρυού και στην περιοχή του Άσπρου Χωριού στο τμήμα που βρίσκεται κοντά στη θάλασσα.



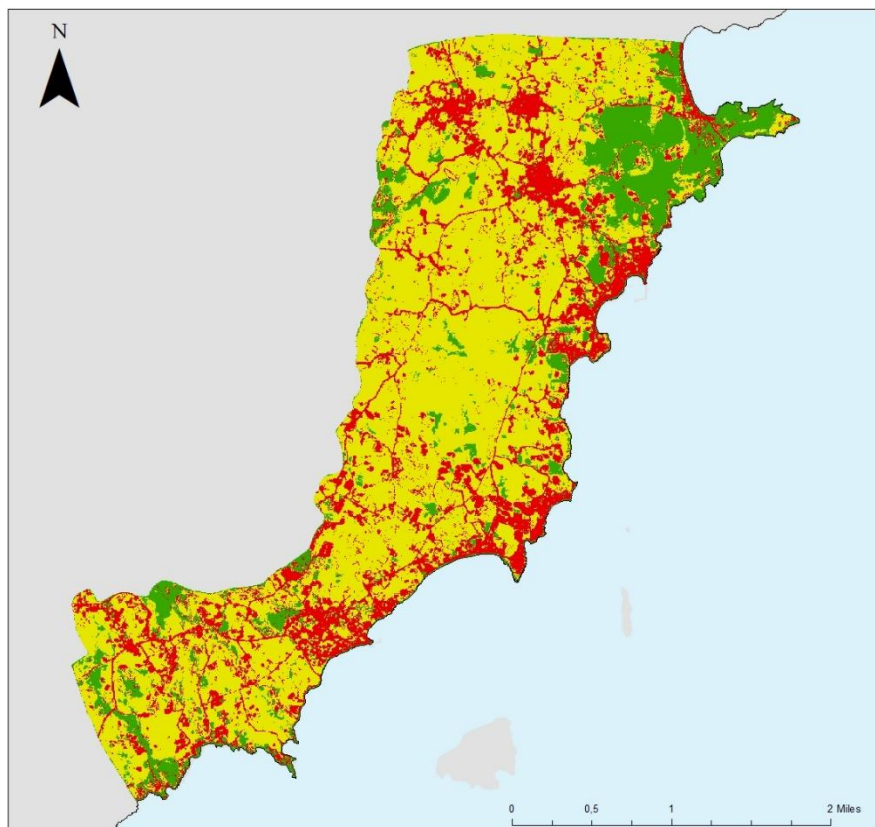
Χάρτης 4: Χάρτης καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2011



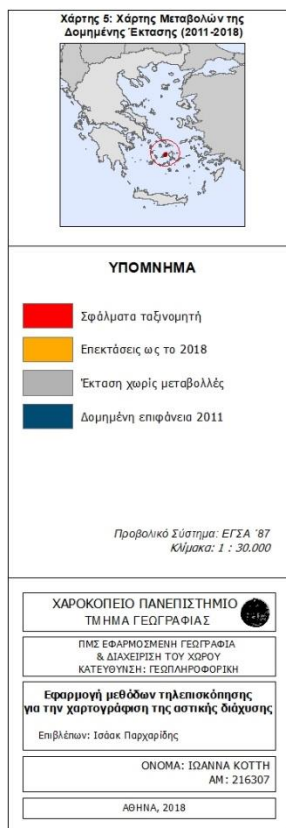
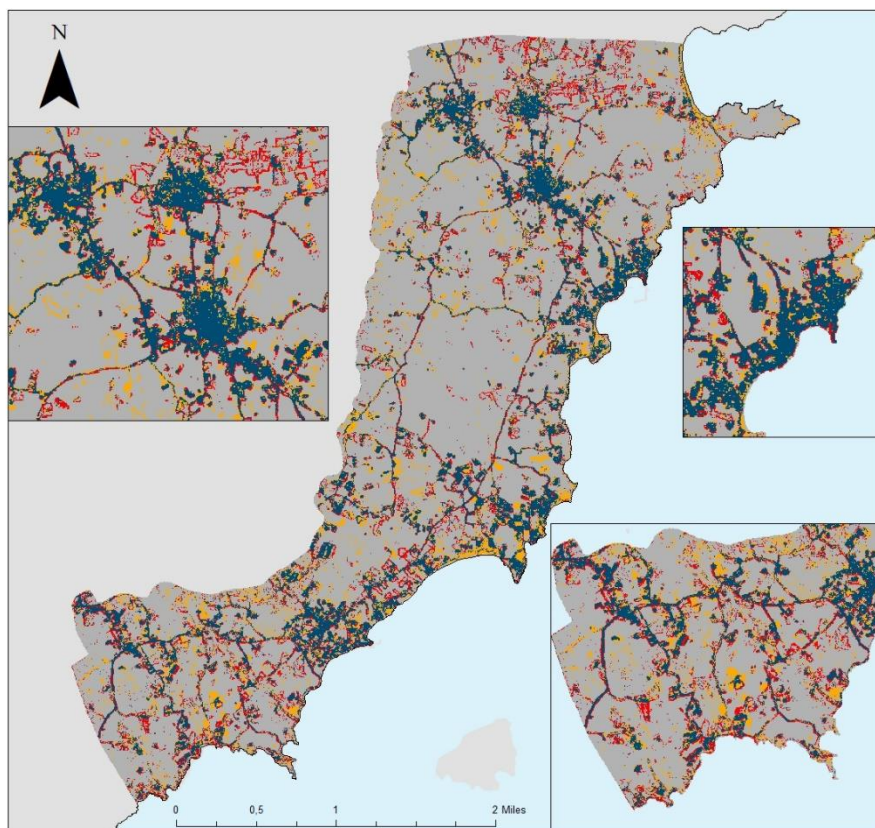
Χάρτης 5: Χάρτης κύριων καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2011



Χάρτης 6: Χάρτης καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2018



Χάρτης 7: Χάρτης κύριων καλύψεων γης της Οικιστικής Ενότητας Μάρπησσας για το 2018



Χάρτης 8: Χάρτης μεταβολών της δομημένης έκτασης (2011-2018)

7. Συζήτηση-συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα και οι τεχνολογίες Τηλεπισκόπησης παρουσιάζουν ραγδαία εξέλιξη βρίσκοντας ευρεία εφαρμογή σε ένα πλήθος από πεδία χάραξης πολιτικής και ειδικότερα σε αυτό του αστικού και αναπτυξιακού σχεδιασμού. Τεχνικές και αλγόριθμοι αναπτύσσονται συνεχώς με βάση εικόνες υψηλής ανάλυσης, δημιουργώντας ολοένα και πιο ισχυρές μεθόδους για την παραγωγής θεματικών χαρτών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επέκτασης των τεχνικών επιφανειών στον ευρύτερο παράκτιο χώρο της ΝΑ Πάρου, ενός ταχέως αναπτυσσόμενου τουριστικού νησιού, μέσω της αξιοποίησης τεχνικών και μεθόδων της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ, ώστε να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία ικανή να εκτιμήσει τις αλλαγές στις καλύψεις γης μέσα από την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η διαφορά που παρουσιάζει η δομημένη επιφάνεια στην περιοχή μελέτης είναι 200.740 τ.μ. ή 200,74 στρέμματα και αποτελεί αύξηση κατά 1 % της συνολικής τεχνητής επιφάνειας στην περιοχή μελέτης. Αφαιρώντας τα προφανή σφάλματα (Χάρτης 8) η τελική έκταση των επεκτάσεων στην πραγματικότητα είναι 158 στρεμ.. Ωστόσο, τα αποτελέσματα των επιμέρους κλάσεων της τεχνητής επιφάνειας (αστική έκταση, οδικό δίκτυο), όπου οι εκτάσεις του αστικού εμφανίζονται μεγαλύτερες το 2011 απ' ό τι το 2018, δείχνουν πως δεν ταξινομήθηκαν αποτελεσματικά.

Όσο αφορά τα γενικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν για την κατάσταση της δόμησης στην Πάρο, πρέπει να πούμε αρχικά πως η χρονική περίοδος στην οποία εξετάστηκαν οι αλλαγές είναι μικρή και επιπλέον, μέσα στην περίοδο της οικονομικής κρίσης όταν η οικοδομική δραστηριότητα παρουσίασε ύφεση. Επίσης, το 2012 είναι η χρονιά εφαρμογής του ΓΠΣ Πάρου, σύμφωνα με το οποίο οι όροι δόμησης στις εκτός σχεδίου περιοχές αυστηροποιούνται σχετικά (απαγόρευση υπογείων, μέγιστο όριο δόμησης, τουριστικές χρήσεις). Επίσης, η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τρεις παράκτιους υδροβιότοπους στους οποίους απαγορεύεται εξ ολοκλήρου η δόμηση. Σε γενικές γραμμές φάνηκε πως εκτός από τις συνεκτικές οικιστικές ενότητες, υπάρχει η διάσπαρτη εκτός σχεδίου δόμηση, η οποία εντοπίζεται κυρίως κατά μήκος του βασικού οδικού δικτύου και κατά μήκος της ακτογραμμής σε μικρή απόσταση από τους υφιστάμενους οικισμούς, στις περισσότερες περιπτώσεις.

Όπως φάνηκε και από τις δοκιμαστικές ταξινομήσεις που έγιναν οι υφές βελτίωσαν αισθητά το αποτέλεσμα, κυρίως στις τεχνητές επιφάνειες (σπίτια, οδικό δίκτυο). Επίσης, μετά

την εφαρμογή της PCA οι χρόνοι επεξεργασίας μειώθηκαν αισθητά. Τα αποτελέσματα όσο αφορά την αξιοπιστία των εικόνων ήταν θετικά, εφόσον και οι δύο ταξινομήσεις πέτυχαν συνολική ακρίβεια πάνω από 85%. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αφορούν συνολικά την ταξινόμηση, με αποτέλεσμα τα χαμηλότερα επίπεδα ακρίβειας των τεχνητών επιφανειών να αντισταθμίζονται από τα αρκετά υψηλά επίπεδα των φυσικών και γεωργικών καλύψεων γης. Ωστόσο, οι κλάσεις (καλύψεις γης) που φαίνεται να είναι οι λιγότερο αξιόπιστες σαν αποτέλεσμα είναι οι τεχνητές επιφάνειες (αστικό, οδικό δίκτυο). Παρατηρείται πως στην Rapideye εικόνα η οποία είναι χαμηλότερης ανάλυσης από την PlanetScope, οι οροφές των σπιτιών ταξινομούνται λανθασμένα στο οδικό δίκτυο σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό.

Η πρωταρχική δυσκολία αυτής της εργασίας, είναι πάνω κάτω η ίδια που αντιμετωπίζουν οι περισσότεροι μελετητές. Η δυσκολία εύρεσης διαχρονικών δεδομένων δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης για μεγάλο χρονικό εύρος. Γι' αυτό το λόγο η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε εικόνες κοντινές μεταξύ τους χρονικά και μόνο δύο. Άλλα ζητήματα που προέκυψαν, αφορούν την φύση των δεδομένων και ειδικότερα αυτών που προκύπτουν από τη διαφορά της χωρικής ανάλυσης των δύο δορυφορικών εικόνων. Οι εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης εμφανίζουν σκιές και πολύ πιο έντονες διαφοροποιήσεις. Επιπλέον, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των δορυφόρων επιδρούν στην φασματική απόκριση που έχουν τα αντικείμενα.

Δυσκολίες κατά την εφαρμογή, παρουσιάστηκαν και εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Το νησιωτικό τοπίο γενικότερα, αλλά και το παράκτιο τμήμα εξωαστικού χώρου που περιλαμβάνει η περιοχή μελέτης, χαρακτηρίζεται από έντονη μίξη χρήσεων. Η διάσπαρτη οικοδομική δραστηριότητα και ο μεγάλος αριθμός επαρχιακών οδών εναλλάσσεται με την αρόσιμη γη και τις αναβαθμίδες, ενώ οι θαμνώδεις και λιβαδικές εκτάσεις αναμιγνύονται με τις βραχώδεις εκτάσεις από ασβεστόλιθο και τις αμμουδιές.

Τα διαφορετικά στοιχεία του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος, συχνά παρουσιάζουν ομοιογένεια στην φασματική τους απόκριση με κάποια άλλα. Για παράδειγμα, η σχεδόν άσπρη αστική έκταση παρουσιάζει μεγάλη ομοιογένεια με τα ασβεστολιθικά εδάφη και την άμμο, ενώ αντίστοιχα εύκολα μπερδεύονται οι χωματόδρομοι με την μη αρδευόμενη γη. Ο Χάρτης 5 του Παραρτήματος, δείχνει μεγάλο πλήθος σφαλμάτων στο περίγραμμα των χωραφιών σε έντονα αγροτικά τμήματα, από λανθασμένη ταξινόμηση της εικόνας Rapideye.

Εφόσον, ο κυρίαρχος λόγος των σφαλμάτων που προέκυψαν προέρχονται από τη φασματική απόκριση των ποικίλων καλύψεων που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, οι

ενέργειες που θα μπορούσαν να βελτιώσουν τα αποτελέσματα είναι προσανατολισμένες στην βελτίωση της φασματικής διακριτότητας των διαφορετικών κλάσεων (ROI Separability).

Η διακριτότητα των φασματικών υπογραφών αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο της απόστασης αυτών των δυο υπογραφών στο φασματικό χώρο (Καρτάλης Κ. κ.α., 2006). Η διακριτότητα υπολογίζεται για κάθε δυνατό συνδυασμό των περιοχών εκπαίδευσης ανά ζεύγη που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση και δίνει τη δυνατότητα να εντοπίσουμε τα ζεύγη εκείνα που δεν είναι διακριτά μεταξύ τους στην ταξινόμηση.

Ένας άλλος τρόπος βελτίωσης της φασματικής διακριτότητας, που εμφανίζει η διεθνής βιβλιογραφία είναι η χρήση δεικτών (indices) και αναλογιών των φασματικών καναλιών (band ratios) που όταν συμμετέχουν στην σύνθεση της προς ταξινόμηση εικόνας ενισχύουν σημαντικά τη φασματική διακριτότητα των ζευγών των επιλεγμένων κλάσεων (Inzana J. Et al 2003, Krishna Bahadur K.C. 2009, Κούτσιας Ν κ.α. 2002).

Όπως έγινε κατανοητό μέχρι στιγμής, το αστικό περιβάλλον αποτελείται από πολύπλοκα δομικά χαρακτηριστικά με μεγάλη ετερογένεια υλικών και σχημάτων, καθιστώντας πρόκληση την ορθή τους χαρτογράφηση μέσω ταξινόμησης. Τα τελευταία χρόνια πολλές μελέτες επικεντρώνονται στις τεχνικές αντικειμενοστραφούς (object-oriented) ταξινόμησης συμπεριλαμβάνοντας πληροφορίες σχετικά με τα γεωμετρικά στοιχεία των αντικειμένων (Blaschke, 2010, Huang and Zhang, 2012, et al.). Στα πλαίσια αυτής της τεχνικής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ένα σύνολο δεικτών (π.χ. NDVI, GNDVI, MCARI, TCARI κ.α.) και χαρακτηριστικών υψή (Peña Barragán, 2011, et al.).

Οι νέες τεχνικές που αναπτύχθηκαν δίνουν τη δυνατότητα στους ερευνητές να αξιοποιήσουν για την παραγωγή ενός αξιόπιστου θεματικού χάρτη την πληροφορία από χάρτες που προέκυψαν από διαφορετικές τεχνικές ταξινόμησης με τα ίδια δεδομένα, αλλά και από χάρτες ταξινομήσεων που προέρχονται από διαφορετικά δεδομένα (Σιαχάλου, 2016). Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται τεχνικές σύνθεσης απόφασης (decision fusion).

Θα παρουσίαζε λοιπόν, μεγάλο ενδιαφέρον σε μια μελλοντική δουλειά η ταξινόμηση των εικόνων σε δεύτερη φάση να γίνει με αντικειμενοστραφή μέθοδο ώστε κατ' αρχάς να συγκριθούν τα αποτελέσματα ακρίβειας στις επίμαχες καλύψεις γης στην περιοχή μελέτης από τις δύο μεθοδολογίες. Στην συνέχεια, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η ταξινόμηση με τις τεχνικές σύνθεσης απόφασης, ώστε να παραχθεί ένας ακριβέστερος χάρτης. (Doan and Foody 2007; Foody, Boyd, and Sanchez-Hernandez 2007; Huang and Lees 2004; Li, Liu, and Yu 2014).

Στην παρούσα διπλωματική υιοθετήθηκε μια μεθοδολογία με σκοπό την μελέτη της αστικής διάχυσης στον ευρύτερο παράκτιο χώρο ενός ταχαιώς αναπτυσσόμενου τουριστικού νησιού, όπως είναι η Πάρος. Συνολικότερα η εργασία αυτή καταδεικνύει πως:

- ➔ Η δόμηση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης την περίοδο 2011-2018 αυξάνει την τεχνητή επιφάνεια στην περιοχή κατά 1%. Η συγκεκριμένη περίοδος σηματοδοτείται από την οικονομική κρίση και από την εφαρμογή του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου Πάρου, συμβάντα που φαίνεται να αναχαιτίζουν την οικοδομική δραστηριότητα.
- ➔ Η αύξηση της οικοδομικής δραστηριότητας στην περιοχή τροφοδοτείται από τον τουρισμό και στην πραγματικότητα αφορά περισσότερο την ανάπτυξη της παραθεριστικής κατοικίας, παρά την δημιουργία μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων.
- ➔ Το χωρικό πρότυπο της αστικής διάχυσης στην περιοχή μελέτης, καθορίζεται από τους κανονιστικούς όρους που ορίζει το θεσμικό πλαίσιο για την εκτός σχεδίου δόμηση. Πιο συγκεκριμένα, η δόμηση αναπτύσσεται κατά μήκος των οδικών αξόνων και στο παράκτιο τμήμα περιμετρικά των οικισμών.
- ➔ Η έντονη μίξη χρήσεων και καλύψεων που χαρακτηρίζει το νησιωτικό τοπίο δημιουργεί αυξημένες δυσκολίες για την εφαρμογή μιας ταξινόμησης. Η αγροτική γη (σε χρήση και σε εγκατάλλειψη) φαίνεται να αυξάνεται σε έκταση κατά 5 %, ενώ αντίστοιχη είναι η μείωση των φυσικών εκτάσεων (6%). Αν και ο έλεγχος ακρίβειας επιβεβαιώνει το αποτέλεσμα, στην πραγματικότητα αυτή η αλλαγή οφείλεται στην αδυναμία αποτύπωσης σε διακριτή κλάση των περιοχών που είναι βραχώδεις και μεταβατικές θαμνώδεις στην εικόνα του 2018 και στις ημερομηνίες λήψης των εικόνων (Μάρτιος του 2011 όταν ο εξωαστικός χώρος είναι καταπράσινος και Μάϊος του 2018 όταν όλα τα χωράφια είναι χέρσα).
- ➔ Οι καλύψεις της αστικής επιφάνειας (κλάση 1) και του οδικού δικτύου (κλάση 2 και 3) είναι οι λιγότερο αξιόπιστες σύμφωνα με τον έλεγχο ακρίβειας. Η κυρίαρχη δυσκολία που παρουσιάστηκε στην αποτύπωση του αστικού περιβάλλοντος, μέσω ταξινόμησης, είναι οι ομοιότητες των φασματικών τιμών στις συγκεκριμένες καλύψεις γης. Η αξιοποίηση των χαρακτηριστικών υφής αν και βελτίωσε σημαντικά το αποτέλεσμα, δεν πέτυχε τον στόχο μιας αξιόπιστης ταξινόμησης.
- ➔ Η μέτρηση και ο χωρικός εντοπισμός της αστικής διάχυσης σε μια περιοχή, είναι απαραίτητη τόσο για την τροφοδότηση με ποιοτική και ποσοτική πληροφορία των σχεδίων άσκησης πολιτικής, όσο και για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητάς τους.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσσα

Αποστολάκης, Μ. (2012), Προστασία και Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών: Το Διεθνές, Ευρωπαϊκό και Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο, Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Γκίνης, Ι. (2015), Αποτύπωση των επιπτώσεων της οικονομικής κρίσης στην αστική διάχυση και εξάπλωση με χρήση δεδομένων και μεθόδων τηλεπισκόπησης, (Α δημοσίευτη Πτυχιακή εργασία), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (1999). Προς Μια Ολοκληρωμένη Ευρωπαϊκή Στρατηγική των Παράκτιων Ζωνών: Γενικές αρχές και πολιτικές επιλογής, Λουξεμβούργο

Καρτάλης, Κ. και Φειδάς, Χ. (2006), *Αρχές και εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης*. Αθήνα: Εκδόσεις Γκιούρδας

Λιαρίκος, Κ., Μαραγκού, Π. και Παπαγιάννης, Θ. (επιμ. Έκδοσης) (2012), *Η Ελλάδα τότε και τώρα: Διαχρονική Χαρτογράφηση των καλύψεων γης 1987-2007*, WWF Hellas, Αθήνα: Λυχνία Α.Ε.

Μέλισσας, Κ. Δ. (2010), *Οι χρήσεις γης, το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο & η Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου*, Αθήνα, Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Σακκούλα

Μπεριάτος Η. και Παπαγεωργίου Μ. (2010), *Χωροταξία - Πολεοδομία – Περιβάλλον στον 21ο αιώνα: Ελλάδα – Μεσόγειος: Η χωροταξία του θαλάσσιου και παράκτιου χώρου: η περίπτωση της Ελλάδας στη Μεσόγειο*, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

Καλοκάρδου, Ρ. (1995), Δομημένο περιβάλλον και τουρισμός : μια δύσκολη σχέση, *Σύγχρονα θέματα*, Τόμος: 18, Τεύχος 55, σελ.: 81-87

Κιουσόπουλος Ιωάννης (1999), Διερεύνηση των μεταβολών των χρήσεων γης στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδος, Αθήνα: Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών

Μουρμούρη Α. (2010), Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Περιοχών 7 ζητήματα-κλειδιά για την εφαρμογή της, *Τεχνικά Χρονικά*, Αθήνα: ΤΕΕ

Μπεριάτος Η. και Παπαγεωργίου Μ. (2013). Χωροταξικός Σχεδιασμός σε Ευαίσθητες και Κρίσιμες Περιοχές, Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος Στούντιο Χωροταξίας ΙΒ, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

Οικονόμου, Δ. (2000). Σύστημα χωρικού σχεδιασμού: η ελληνική πραγματικότητα και η διεθνής εμπειρία. *Επιθεώρηση Κοινωνικών Ερευνών*, 101(101-102), 3-57. doi:<http://dx.doi.org/10.12681/grsr.993>

Παρχαρίδης, Ι. (2015), *Αρχές δορυφορικής τηλεπισκόπησης*, [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/3960>

Περάκης, Κ., Μωυσιάδης, Α., Φαρασλής, Ι., 2015. Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1840>

Πούλος, Σ.Ε. (1998), Παράκτια ζώνη: φυσικό περιβάλλον, κοινωνικο-οικονομική διάσταση και ανθρώπινη παρέμβαση, *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, Τόμος 9, Τεύχος 3, σελ. 104-109

Σπιλάνης, Γ., Κίζος, Θ. και Καραμπέλα, Σ. (επιμ.), (2015), *Νησιωτικότητα και Βιωσιμότητα: Η περίπτωση των Νησιών του Αιγαίου*, Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Σταματίου Ε. (2003), Εξελίξεις της νομοθεσίας για τον αιγιαλό και την παραλία-Οικιστική ανάπτυξη- Προβλέψεις, παραβλέψεις και επιπτώσεις στον παράκτιο χώρο, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Χριστοφιλόπουλος, Γ. Δημήτρης (2002), 'Πολιτιστικό περιβάλλον-χωρικός σχεδιασμός και βιώσιμη ανάπτυξη', *Διαμόρφωση πολιτιστικού (ανθρωπογενούς) περιβάλλοντος μέσω χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού: Η πόλη του 21ου αιώνα*, Αθήνα: Σάκκουλας Π. Ν.

Σιάχαλου, Σ. (2016), *Επεξεργασία και ανάλυση χρονοσειρών δορυφορικών εικόνων για την ταξινόμηση χρήσεων/καλύψεων γης και τον εντοπισμό διαχρονικών μεταβολών*, (Διατριβή) Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ξενόγλωσση

Allen, P. M. (1997), *Cities and Regions as Self-Organizing Systems: Models of Complexity*, London & New York: Routledge

Anderson, B., McGranahan, G. and Balk, D. (2007), 'The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones', *Sage Journals*, Vol. 19 Issue 1, page(s): 17-37

Ayad, Y. M. (2004), 'Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: a case study of the northwestern arid coast of Egypt', *Elsevier B.V.*, 73(4), pp.307-325.

Barnes, K. B., Morgan, J. M.III, Roberge, M.C., and Lowe S. (2001), *Sprawl Development: Its patterns, Consequences, And Measurement*, Towson University

Blaschke ,T. (2010) Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, p. 2–16

Burges, C.J.C. (1998), A tutorial on support vector machines for pattern recognition, *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 2 (2), 121–167.

Carter, R.W.G. (1988), *Coastal Environments: An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastline*, London: Academic Press, Harcourt Brace & Co.

Coccossis, H. and Constantoglou, M. E. (2008), The use of typologies in tourism planning: Problems and conflicts. In Coccossis, H. and Psycharis, *Regional analysis and policy: The Greek experience* (pp. 273-295), Heidelberg: Physica-Verlag

Congalton, G. R. (1988), A Comparison of Sampling Schemes Used in Generating Error Matrices for Assessing the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed Data, Berkeley: University of California

European Environment Agency, (2006) *Urban sprawl in Europe - The ignored challenge*, Copenhagen: EEA

FIG Congress 2014 Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance Kuala Lumpur, Malaysia 16 – 21 June 2014

Foody, M. G. (2009), 'Sample size determination for image classification accuracy assessment and comparison', *International Journal of Remote Sensing*, 30:20, 5273-5291, DOI: 10.1080/01431160903130937

Foody, G.M. and Mathur, A. (2004), A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 42(6): p. 1335-1343.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016), *Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide*, Rome .

Giannini, B. M., Merola P. and Allegrini A. (2012), 'Texture Analysis for Urban Areas Classification in High Resolution Satellite Imagery', *Applied Remote Sensing Journal*

Gormsen, E. (1997), The impact of tourism on coastal areas , *GeoJournal*, 42.1: 39–54

Haralick, R. M. and Shapiro, L. G. (1985), 'Survey: image segmentation techniques', Computer Vision, *Graphics and Image Processing*, 29 (1), pp. 100-132.

Harvey, D. (1978), The Urban Process under Capitalism: A Framework for Analysis, Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1468-2427.1978.tb00738.x> [Accessed 3/02/2018]

International Institute for Applied Systems Analysis (1998), A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory, Austria

Jaeger, J.A.G., Bertiller R., Schwick C., Cavens D. and Kienast F. (2010), Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl, *Ecological Indicators*, 10(2)

Lavalle, C., Gomes R. C., Baranzelli, C. and Batista e Silva, F. (2011) *Coastal Zones Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050*, Luxembourg: Publications Office of the European Union

Lillesand, T.M. and Kiefer, R. W. (2002), *Remote Sensing and Image Interpretation*, USA: John Wiley and Sons

Liu M, Cao X, Li Y, Chen J, Chen X H. (2016), Method for land cover classification accuracy assessment considering edges, *Science China Earth Sciences*, 59: 2318–2327, doi: 10.1007/s11430-016-5333-5

Manakos, I., Chatzopoulos-Vouzoglanis, K., Gkinis I., Zisis I. Petrou, I.Z., Efstratios E. and Pozoukidou G. (2017), Assessing urban development trends in representative Local Administrative Units before and after the Greek economic crisis, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*

Mountrakis G., Jungho Im and Ogole C. (2011), 'Support vector machines in remote sensing: A review', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Issue 3, Vol. 66, p. 247-259

Nicholas, P. Hughes P. N. and Tarassenko, L. (2003), 'Novel signal shape descriptors through wavelet transforms and dimensionality reduction', Department of Engineering Science, United Kingdom: University of Oxford

Pons, A. and Rullan, O. (2014), 'Artificialization and Islandness on the Spanish Tourist Coast', *Miscellanea Geographica-Regional Studies on Development*, Vol. 18, No. 1, pp. 5-16

Sunday Adefioye (2014), Quantitative Image Classification Accuracy Assessment Program for Sustainable Geospatial Technology Applications, *Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance*, FIG Congress, Kuala Lumpur

Richards, JA (1984), 'Thematic Mapping from multitemporal image data using the principal components transformation', *Remote Sensing of Environment*, 16: 3546

Stehman V. S. (1992), Comparison of Systematic and Random Sampling for Estimating the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed Data, NY: SUNY College of Environmental Science and Forestry

Tan, P.N., Steinbach, M. and Kumar, V. (2005), *Introduction to Data Mining*, USA: Addison Wesley

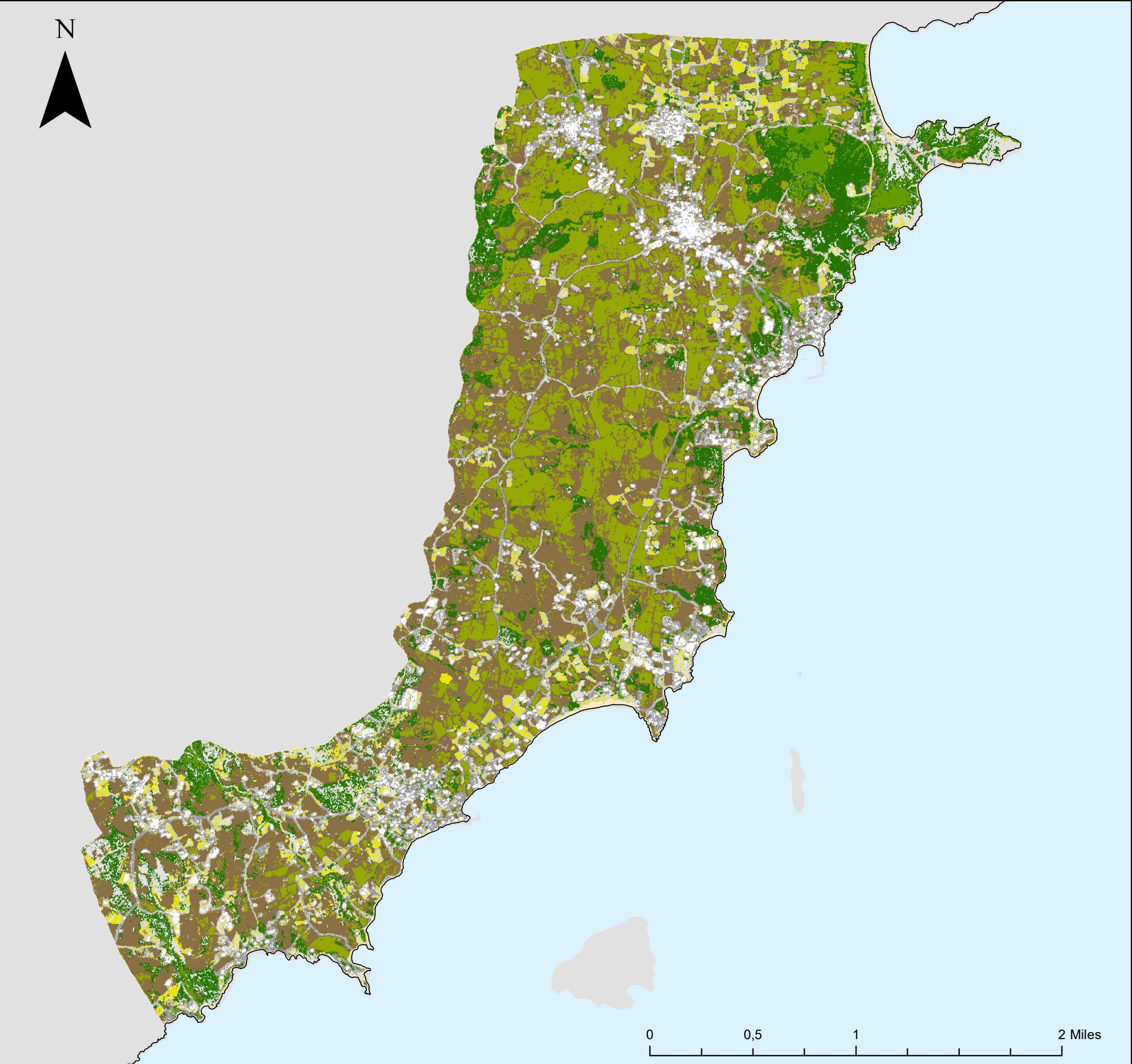
Tuceryan, M. and Jain, A. K. (1998), *Texture Analysis. In The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, World Scientific Publishing Co.

Vapnik, V. (1979), *Estimation of Dependences Based on Empirical Data*, Moscow: Nauka, pp. 5165–5184, 27 (English translation: Springer Verlag, New York, 1982).

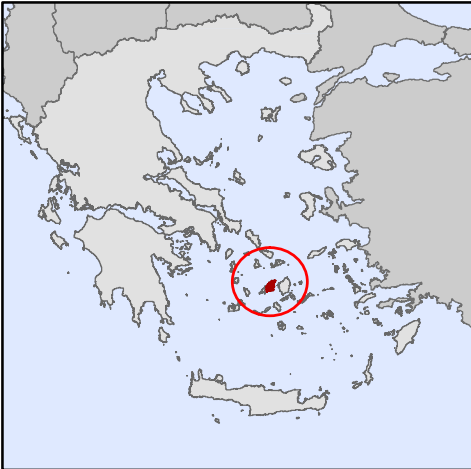
Zhao, W. (2001), Multiscale Analysis for Characterization of Remotely Sensed Images. Ph.D. Dissertation: Louisiana State University

Zhang Xin, Jintian Cui, J., Wang, W. and Chao Lin (2017), 'A Study for Texture Feature Extraction of High-Resolution Satellite Images Based on a Direction Measure and Gray Level Co-Occurrence Matrix Fusion Algorithm', *Sensors*, 17, 1474, MDPI, doi: 10.3390/s17071474

Zhu, G. and Blumberg, D.G. (2002), Classification using ASTER data and SVM algorithms: The case study of Beer Sheva, Israel, *Remote Sensing of Environment* 80 (2), 233–240.



Χάρτης 1: Χάρτης Καλύψεων Γης (2011)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Αστικές Εκτάσεις
- Οδικό Δίκτυο (1)
- Οδικό Δίκτυο (2)
- Ακτή
- Θαμνώδεις Εκτάσεις
- Χορτολιβαδικές Εκτάσεις
- Μόνιμες Καλλιέργειες
- Ετερογενείς Γεωργικές Περιοχές
- Αρόσιμη Γη
- Βραχώδεις Εκτάσεις

Προβολικό Σύστημα: ΕΓΣΑ '87
Κλίμακα: 1 : 30.000

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

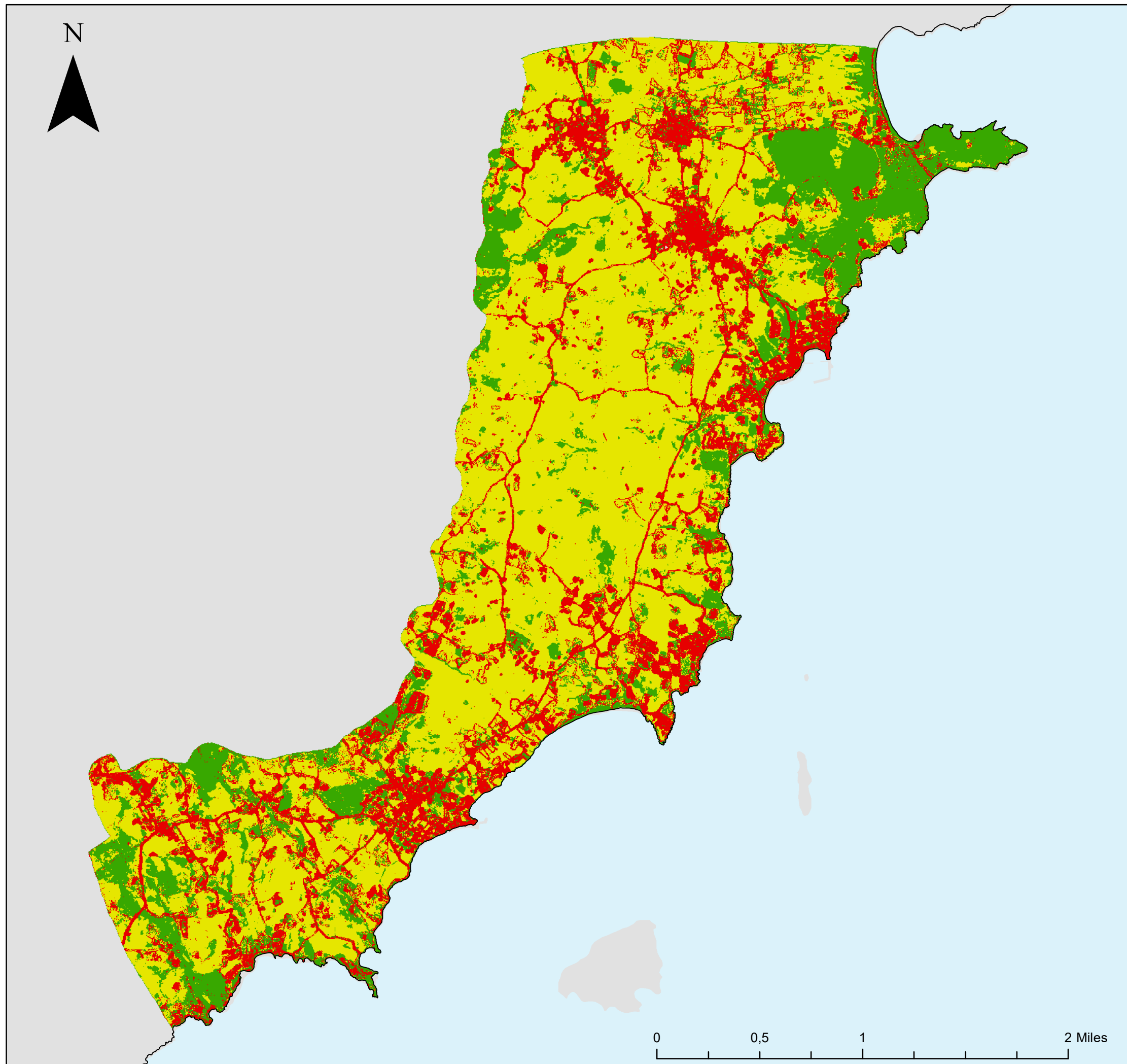
ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**Εφαρμογή μεθόδων τηλεπισκόπησης
για την χαρτογράφηση της αστικής διάχυσης**

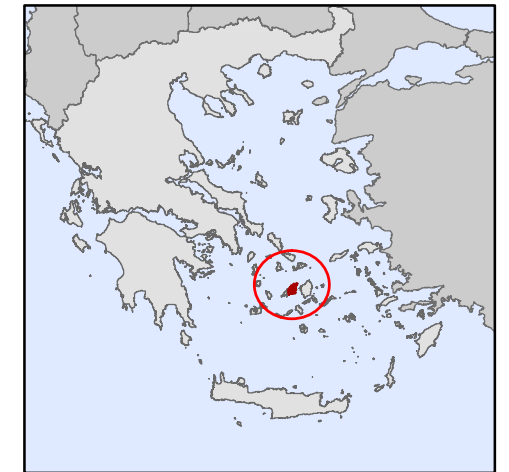
Επιβλέπων: Ισάακ Παρχαρίδης

ΟΝΟΜΑ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ
ΑΜ: 216307

ΑΘΗΝΑ, 2018



Χάρτης 2: Χάρτης Κύριων Καλύψεων Γης (2011)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τεχνητές επιφάνειες
- Φυσικές εκτάσεις
- Αγροτικές εκτάσεις

Προβολικό Σύστημα: ΕΓΣΑ '87
Κλίμακα: 1 : 30.000

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



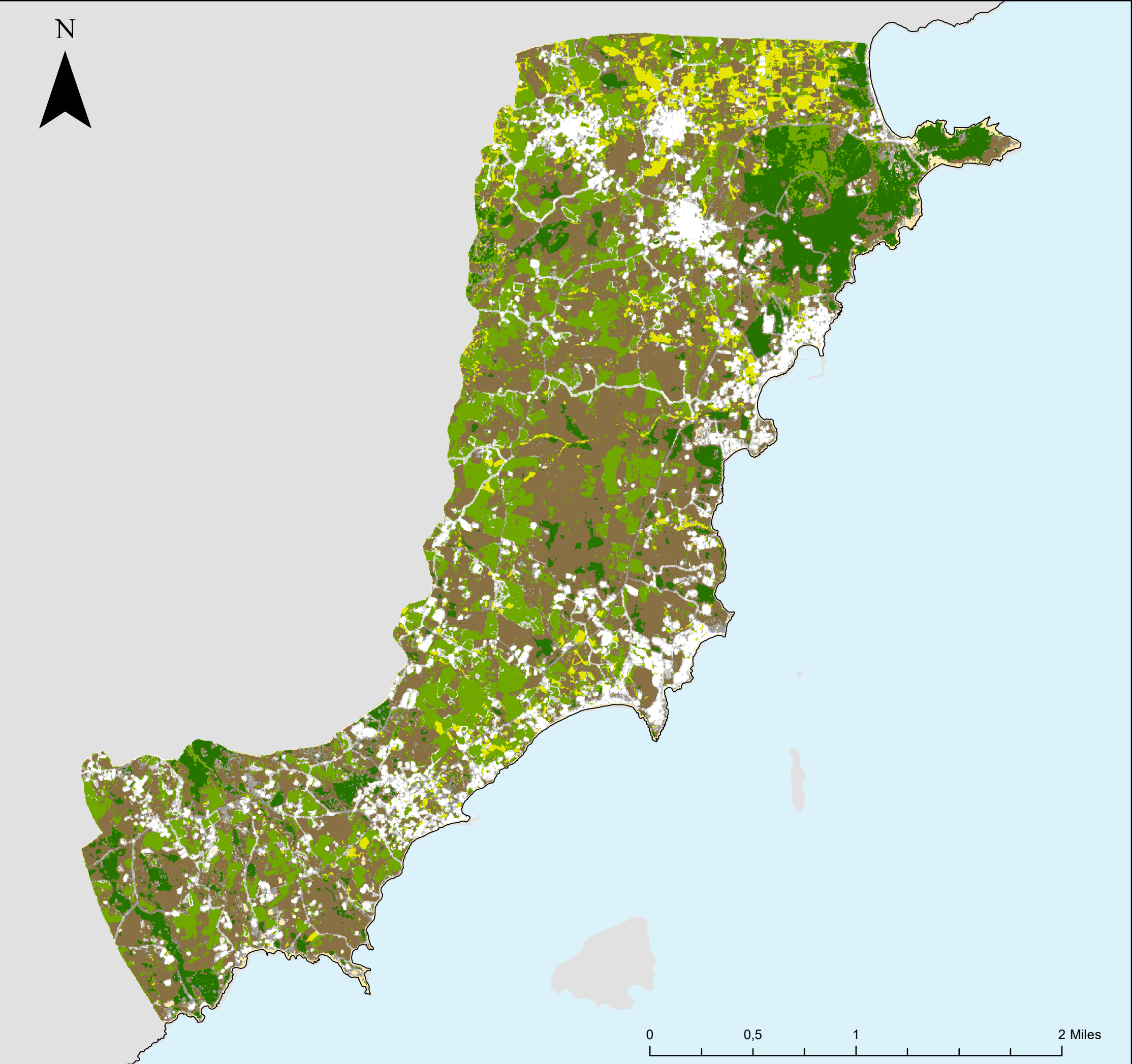
ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**Εφαρμογή μεθόδων τηλεπισκόπησης
για την χαρτογράφηση της αστικής διάχυσης**

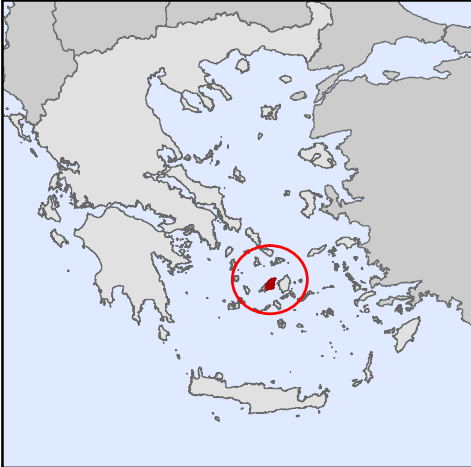
Επιβλέπων: Ισάακ Παρχαρίδης

ΟΝΟΜΑ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ
ΑΜ: 216307

ΑΘΗΝΑ, 2018



Χάρτης 3: Χάρτης Καλύψεων Γης (2018)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Αστικές Εκτάσεις
- Οδικό Δίκτυο (1)
- Οδικό Δίκτυο (2)
- Ακτή
- Θαμνώδεις Εκτάσεις
- Χορτολιβαδικές εκτάσεις
- Μόνιμες Καλλιέργειες
- Ετερογενείς Γεωργικές Περιοχές
- Αρόσιμη Γη

Προβολικό Σύστημα: ΕΓΣΑ '87
Κλίμακα: 1 : 30.000

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

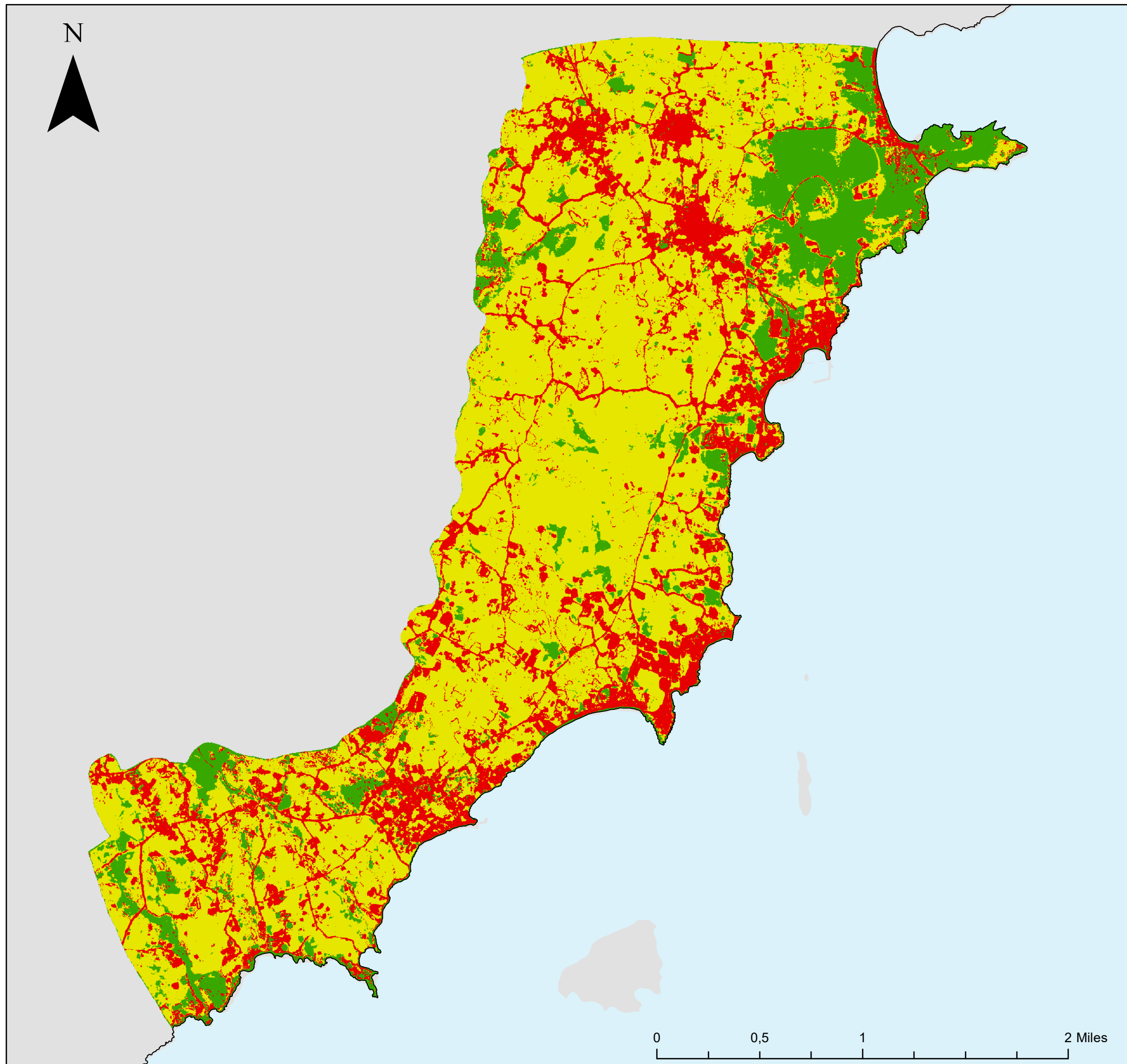
ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**Εφαρμογή μεθόδων τηλεπισκόπησης
για την χαρτογράφηση της αστικής διάχυσης**

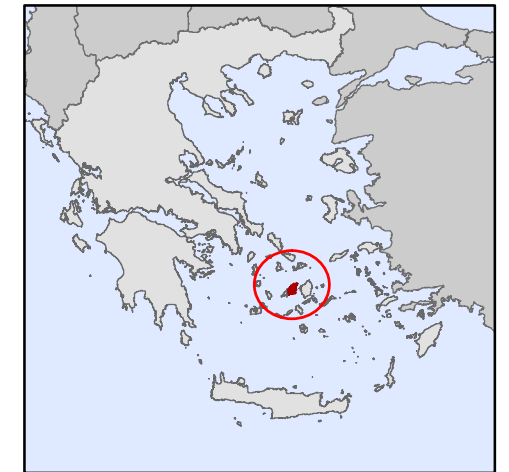
Επιβλέπων: Ισάακ Παρχαρίδης

ΟΝΟΜΑ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ
ΑΜ: 216307

ΑΘΗΝΑ, 2018



Χάρτης 4: Χάρτης Κύριων Καλύψεων Γης (2018)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  Τεχνητές επιφάνειες
-  Φυσικές εκτάσεις
-  Αγροτικές εκτάσεις

Προβολικό Σύστημα: ΕΓΣΑ '87
Κλίμακα: 1 : 30.000

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



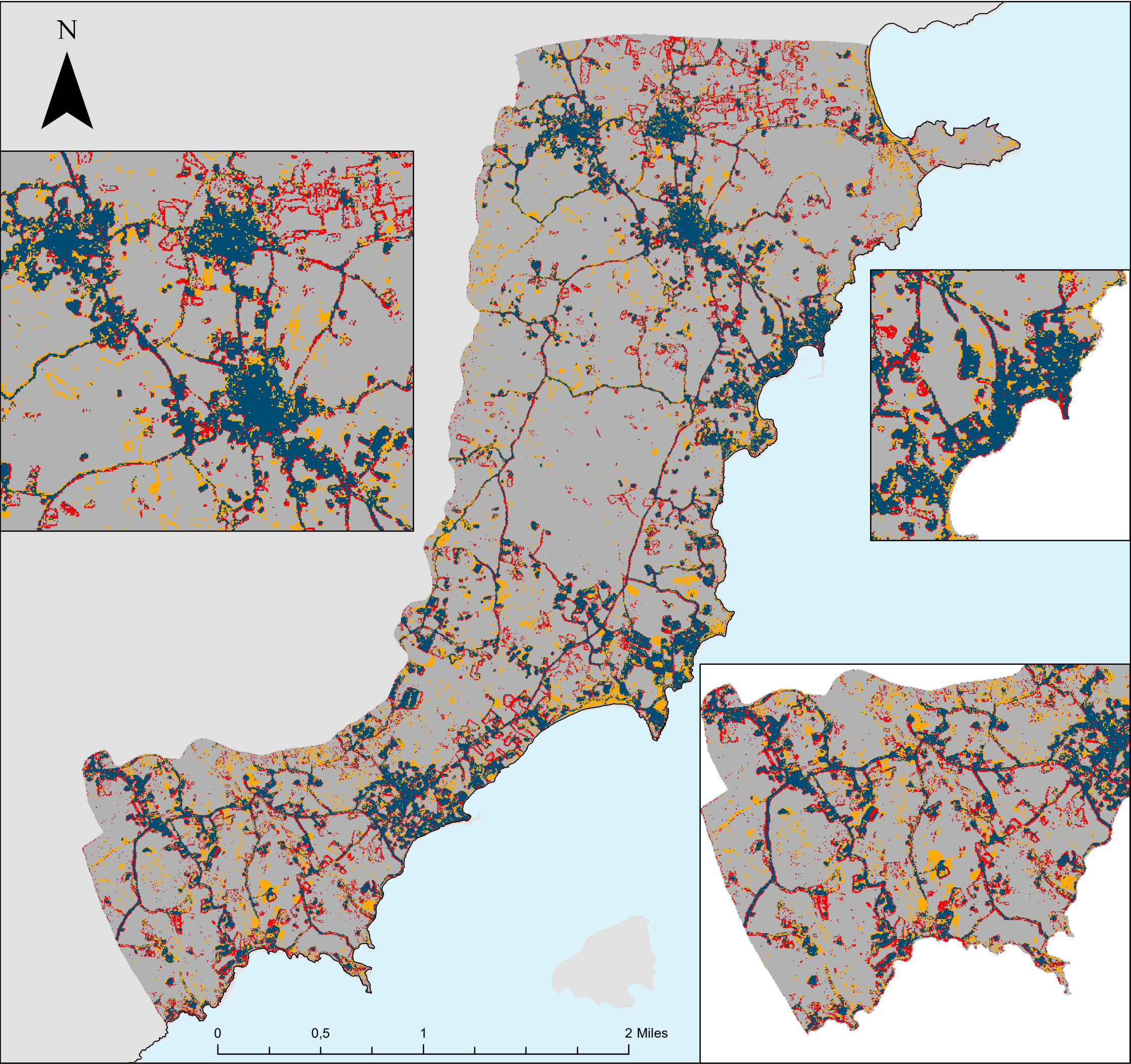
ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**Εφαρμογή μεθόδων τηλεπισκόπησης
για την χαρτογράφηση της αστικής διάχυσης**

Επιβλέπων: Ισάακ Παρχαρίδης

ΟΝΟΜΑ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ
ΑΜ: 216307

ΑΘΗΝΑ, 2018



Χάρτης 5: Χάρτης Μεταβολών της Δομημένης Έκτασης (2011-2018)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Σφάλματα ταξινομητή
- Επεκτάσεις ως το 2018
- Έκταση χωρίς μεταβολές
- Δομημένη επιφάνεια 2011

Προβολικό Σύστημα: ΕΓΣΑ '87
Κλίμακα: 1 : 30.000

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΜΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**Εφαρμογή μεθόδων τηλεπισκόπησης
για την χαρτογράφηση της αστικής διάχυσης**
Επιβλέπων: Ισάακ Παρχαρίδης

ΟΝΟΜΑ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΟΤΤΗ
ΑΜ: 216307

ΑΘΗΝΑ, 2018