

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

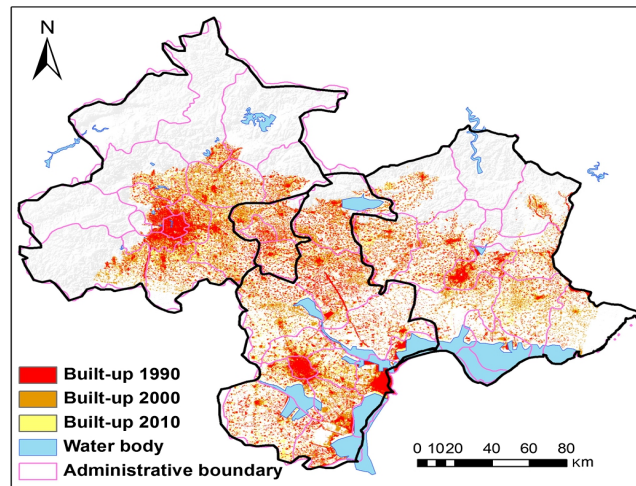
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



Πτυχιακή Εργασία

Θέμα: “Παρακολούθηση αστικής εξάπλωσης: Μεσόγεια Αττικής”

Συγγραφή/Επιμέλεια: Βέλλιος Γεώργιος (Α.Μ.:1612013014)



Επιβλέπων Καθηγητής : Κουκούλας Σωτήριος
Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής: Τσιλιμίγκας Γεώργιος
Χωριανόπουλος Ιωάννης

Μυτιλήνη, Οκτώβριος 2017

Ευχαριστίες:

Για την διεκπαιρέωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Κουκούλα Σ., για την συνεργασία που είχαμε καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, τα μέλη της επιτροπής, κύριο Τσιλιμίγκα Γ. και κύριο Χωριανόπουλο Ι., που μου επίλυσαν όποιες απορίες είχα, σχετικές με το αντικείμενο έρευνάς τους.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστώ τους καθηγητές του Προπτυχιακού του Τμήματος Γεωγραφίας, για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν, όλα αυτά τα χρόνια σπουδών μου, και συγκεκριμένα τους καθηγητές των κατευθύνσεων Γεωπληροφορικής και Ανθρωπογεωγραφίας.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και του φίλους μου, για την στήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια σπουδών μου.

Περιεχόμενα:

1 Περίληψη

2 Εισαγωγή

- 2.1 *Επιβλεπόμενη ταξινόμηση*
- 2.2 *Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας*
- 2.3 *Πεδία εκπαίδευσης*
- 2.4 *Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης*
- 2.5 *Δομημένο Περιβάλλον*

3 Κυρίως Θέμα

- 3.1 *Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης*
- 3.2 *Συλλογή Δεδομένων*
 - 3.2.1 *Δορυφορικές Εικόνες*
 - 3.2.2 *Διανυσματικά Δεδομένα*
- 3.3 *Δορυφόροι Landsat 5 & 8*
- 3.4 *Μεθοδολογία*
 - 3.4.1 *Μετατροπή Ψηφιακών Τιμών DN*
 - 3.4.2 *Δημιουργία Φασματικών Υπογραφών*
 - 3.4.3 *Δημιουργία Σημείων Ελέγχου Ακριβείας Ταξινόμησης*

4 Αποτελέσματα & Συζήτηση

5 Συμπεράσματα

6 Βιβλιογραφία

- 6.1 *Επιστημονικά Άρθρα*
- 6.2 *Διαδικτυακές Πηγές*

1. Περίληψη:

Όπως όλες οι αλλαγές στην εδαφοκάλυψη, που προκαλούνται από τον άνθρωπο, έτσι και η αστικοποίηση αποτελεί απάντηση σε συγκεκριμένα οικονομικά, δημογραφικά και περιβαλλοντικά φαινόμενα. Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης εφαρμόζεται στην μελέτη της αστικής εξάπλωσης και της πρόβλεψης αυτής, των αλλαγών καλύψεων γης και στην μελέτη και παρατήρηση της ποιότητας ζωής εντός των πόλεων. Έτσι λόγω των τηλεσκοπικών δεδομένων που από την φύση τους είναι κατάλληλα στο να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της εδαφοκάλυψης που σχετίζονται με οικολογικά, δημογραφικά, κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες.

Οι περισσότεροι ερευνητές προσπαθούν να χαρτογραφήσουν-εντοπίσουν την αστική εξάπλωση μέσω συνδυασμών δεικτών που έχουν δημιουργηθεί (NDVI, NDBI, NDBal, NDWI), όπου ο καθένας εντοπίζει και κάποιον διαφορετικό τύπο εδαφοκάλυψης.

Η παρούσα πτυχιακή, μελετά την αστική εξάπλωση των οικιστικών ιστών των Μεσογείων, Αττικής, με χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων από τους δορυφόρους Landsat 5 και 8, με επιβλεπόμενη ταξινόμηση και την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, ενώ έγινε εντοπισμός των μεταβολών χρήσεων γης με σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων.

Η επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων, δορυφορικές εικόνες, έγινε μέσω του προγράμματος Erdas Imagine 2014. Για την τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, χάρτες, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcMap και για την παραγωγή των απαραίτητων πινάκων το πρόγραμμα OpenOffice.

Abstract:

Like all changes in land cover, caused by humans, urbanization is a response to specific economic, demographic and environmental phenomena. The science of remote sensing is applied to the study of urban sprawl and its prediction, changes in land cover, and the study and observation of the quality of life within cities. This is due to telescopic data that is by nature appropriate to provide information on ground cover features related to ecological, demographic, socioeconomic characteristics at various times and space ranges. Most researchers are trying to map/locate urban spread through established indicators (NDVI, NDBI, NDBal, NDWI) resulting each one to identify a different type of land cover.

The present study is an analysis concerning the urban distribution of the residential fabrics at the Region of Mesogeia, Attikis, using remote sensing data from Landsat 5 and 8, using supervised classification with maximum likelihood method and change detection with post-classification comparison.

The processing of remote sensing data, satellite images, was done through Erdas Imagine 2014. For the final presentation of the results and the presented maps, ArcMap program were used. Finally, the OpenOffice program was used to produce the necessary tables.

Λέξεις κλειδιά: αστική εξάπλωση, μέγιστη πιθανοφάνεια, Μεσόγεια Αττικής, τηλεπισκόπηση, Landsat 5&8

Keywords: urban sprawl, maximum likelihood, Mesogia Attikh, remote sensing, Landsat 5 & 8

2. Εισαγωγή:

Αρκετοί προσπάθησαν να χαρτογραφήσουν και να εντοπίσουν το αστικό περιβάλλον. Μάλιστα χρησιμοποιήθηκε και ο δείκτης NDBI (Normalized Difference Built -up Index), Κανονικοποιημένος Δείκτης Αστικής Ανάπτυξης, με ακρίβεια 92,6%, αλλά χωρίς να υπάρχουν ευδιάκριτα όρια για το τι τιμή παίρνει ο Δείκτης όταν εντοπίζει αστικό περιβάλλον ή οποιαδήποτε άλλη εδαφοκάλυψη, ενώ ταυτόχρονα μπερδεύει το αστικό με το γυμνό έδαφος. Για την παραγωγή του παραπάνω Δείκτη, ο ευρενητής χρησιμοποίησε και τον Δείκτη NDVI. (Zha Y. et al., 2003) Σε άλλη έρευνα μάλιστα χρησιμοποιήθηκε ημιαυτόματη μέθοδος ομαδοποίησης της εικόνας και μαζί με τον δείκτη NDBI αυξήθηκε κατά 20% επιπλέον η ολική ακρίβεια, ενώ πάλι χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης NDVI, για τον διαχωρισμό καλλιέργειας, γυμνού εδάφους και αστικού ιστού. Όμως οι συγγραφείς αναφέρουν και πάλι πως τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την περιοχή μελέτης και με την δυνατότητα και εμπειρία του μελετητή να καταλάβει τις τάξεις της εικόνας. Επίσης πρέπει οι χρήστες του NDBI να επιλέξουν μεταξύ αποτελεσματικότητας και ακρίβειας όταν επιλέγουν μεταξύ του αρχικού NDBI και του NDBI της συγκεκριμένης προσέγγισης (Chunyang He et al, 2010).

Θετικές ήταν οι συσχετίσεις μεταξύ του δείκτη NDBI και της θερμοκρασίας, με συντελεστή συσχέτισης $r=0,9928$ και $R^2=0,9848$, για τον εντοπισμό και συνεπώς την ταξινόμηση του αστικού περιβάλλοντος. (Chen X.-L. et al, 2006)

Με την χρήση της Shannon's Entropy σε άλλη μελέτη βρήκαν την πυκνότητα του αστικού ιστού, δηλαδή πόσο πυκνοδομημένος είναι, με χρήση δορυφορικών εικόνων από τους δορυφόρους Landsat και IRS 1D καθώς και τοπογραφικών χαρτών. Στην συνέχεια έκανε πρόβλεψη για την εξάπλωση του αστικού ιστού μέχρι το έτος 2051, μέσω πολυμεταβλητής παλινδρόμησης. (Jat M.K. et al, 2008)

Ενώ παρατηρούμε πως το πλήθος των μελετητών χρησιμοποιεί τους δείκτες NDVI και NDBI ξεχωριστά, οι Σταθάκης, Περάκης και Savin, με τους παραπάνω δείκτες δημιουργούν έναν καινούριο δείκτη, τον VIBI, όπου είναι σε θέση να εξάγει το δομημένο περιβάλλον, σε σχέση με τους NDVI και NDBI, όπου δεν μπορούν ξεχωριστά να εξάγουν το δομημένο περιβάλλον, καθώς ο δευτερος μπερδεύει το γυμνό έδαφος με το αστικό, και ο NDVI μπορεί να εξάγει το αστικό, μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ανάμειξη εδαφοκαλύψεων. (Stathakis D. et al, 2012)

Άλλοι ερευνητές, με την χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων και χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, ταξινόμησαν τις εδαφοκαλύψεις και υπολόγισαν την οικιστική εξάπλωση της πόλης Αμάν της Ιορδανίας. Χρησιμοποίησαν δεδομένα Landsat, αλλά και IKONOS και αεροφωτογραφίες που τους παρείχαν υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας δεδομένα και πληροφορίες. Μέσω των ΣΓΠ, μετέτρεψαν τις ταξινομημένες εικόνες σε πολύγωνα και εξήγαγαν ποσοστά εξάπλωσης της πόλης. (Rawashdeh S. and Saleh B., 2006)

Σε άλλη έρευνα γίνεται επιβλεπόμενη ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας των δορυφορικών εικόνων Landsat 5,7 και στην συνέχεια με χρήση αεροφωτογραφιών βγάζει ποσοστά ακρίβειας ταξινόμησης από 80% με 86% , δημιουργώντας σε αυτές 250 τυχαία σημεία. Στην συνέχεια προσπάθησε να βρεί σχέσεις μεταξύ αστικής εξάπλωσης και αύξησης του πληθυσμού της μητροπολιτικής πόλης της Κωνσταντινούπολης. (Kaya S., Curran P.J., 2006)

Άλλοι ερευνητές προσπάθησαν να εντοπίσουν και να αποτυπώσουν την αλλαγή κάλυψης γης (change detection analysis). Όπως αναφέρει ο Nelson (1983), ο εντοπισμός αλλαγής κάλυψης γης, χαρακτηρίζεται από 2 μεταβλητές, την διαδικασία μετασχηματισμού των δεδομένων, αν υπάρχει, και τις τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για την οριοθέτηση περιοχών σημαντικών αλλαγών. Οι τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των αλλαγών, καθώς και τα δεδομένα μετασχηματισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μερικές έρευνες, εμφανίζονται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1: Κατηγοριοποίηση της ανάλυσης "αλλαγή κάλυψης γης"

Table 1. Digital change detection research categorized by (1). The data transformation used (if any) and (2) The analysis technique used to detect change (modified from Nelson (1983)).

Analysis technique used to detect change	Raw data	Difference	Ratio	Vegetation index difference	Regression	Principal components	Change vector	Post-classification comparison
Standard deviation threshold		Ingram <i>et al.</i> (1981) Jenson and Toll (1982) Miller <i>et al.</i> (1978) Nelson (1983) Stauffer and McKinney (1978) Toll <i>et al.</i> (1980) Singh (1984, 1986)	Howarth and Wickware (1981) Nelson (1983) Todd (1977) Wilson <i>et al.</i> (1976) Singh (1984, 1986)	Angelici <i>et al.</i> (1977) Banner and Lynham (1981) Howarth and Boasson (1983) Nelson (1983) Singh (1984, 1986)	Ingram <i>et al.</i> (1981) Singh (1984, 1986)	Byrne <i>et al.</i> (1980) Lodwick (1979) Richardson and Milne (1983) Toll <i>et al.</i> (1980) Singh (1984, 1986)		
Supervised	Banner and Lynham (1981) Williams and Hover (1976)	Anuta and Bauer (1973)						Gordon (1980) Howarth and Wickware (1981) Singh (1984, 1986)
Spectral (unsupervised)	Weismiller <i>et al.</i> (1977)	Anuta and Bauer (1973) Weismiller <i>et al.</i> (1977)						Joyce <i>et al.</i> (1980) Riordan (1980) Swain (1978) Weismiller <i>et al.</i> (1977)
Spectral-spatial (unsupervised)							Malila (1980) Colwell and Weber (1981)	
Layered spectral/temporal	Weismiller <i>et al.</i> (1977)							

Digital change detection techniques

Οι Ward, Phinn και Murray, χρησιμοποιώντας εικόνες Landsat TM και κάνοντας επιβλεπόμενη ταξινόμηση με ολική ακρίβεια 88%, και ακρίβεια στον αστικό ιστό 89,9%, παρακολούθησαν την αστική εξάπλωση του Queensland με σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων, βγάζοντας ποσοστά της προσθήκης άλλων εδαφοκαλύψεων στον αστικό ιστό. (Ward et al., 2000)

Σε άλλη έρευνα χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική με την προηγούμενη έρευνα, για την Μιννεσότα, με ολική ακρίβεια της ταξινόμησης από 93,2-95,5%, δημιούργησαν χάρτες αλλαγής εδαφοκάλυψης με μεγάλη ακρίβεια, 81,3%, βγάζοντας ως συμπέρασμα ότι η ταξινόμηση εικόνων Landsat, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθούν ακριβείς χάρτες αλλαγής εδαφοκάλυψης, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρθούν πολιτικές αποφάσεις επί του χώρου. (Yuan et al.,2005)

Σε άλλη έρευνα παρατηρούν την αστική εξάπλωση και τις αλλαγές χρήσης και κάλυψης γης, με επιβλεπόμενη ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας και σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων, της Σανγκάι, ενώ χρησιμοποιούν και φίλτρο 4X4 στην εικόνα για να απαλείψουν το φαινόμενο “αλάτι και πιπέρι” και τον δείκτη AUEΠ ως δείκτη της “ταχύτητας της αστικοποίησης”. (Yin et al.,2010)

Σε άλλη έρευνα για την ίδια περιοχή μελέτης, Μεσόγεια Αττικής, με επιβλεπόμενη ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας και σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων, εντόπισαν τις αλλαγές των εδαφοκαλύψεων σε σχέση με το αστικό, δηλαδή περιοχές που δεν ήταν αστικό και έγιναν, ή που δεν ήταν και δεν έγιναν ή που ήταν αστικές και παρέμειναν. Τα ποσοστά ακρίβειας της ταξινόμησής τους ήταν 93% και 94%, ενώ αφαίρεσαν τα βουνά της περιοχής. Ο τελικός χάρτης αλλαγών είχε 86% ακρίβεια. (Pagonis et al., 2008)

2.1 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση:

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται συχνά για την ποιοτική ανάλυση δεδομένων Τηλεπισκόπησης. Βασίζεται στην επιλογή κατάλληλων αλγορίθμων και της καλής γνώσης της περιοχής μελέτης από τον αναλυτή, για την ομαδοποίηση των ψηφίδων της εικόνας ώστε να αντιπροσωπεύει η κάθε μια ομάδα (τάξη) έναν συγκεκριμένο τύπο εδαφοκάλυψης.

Ως επιβλεπόμενη ταξινόμηση (ή αλλιώς καθοδηγούμενη ταξινόμηση) μπορεί να οριστεί η διαδικασία χρήση γνωστών δειγμάτων εδαφοκάλυψης, πεδίων εκπαίδευσης δηλαδή, με σκοπό την ταξινόμηση των υπόλοιπων ψηφίδων.

Ο αναλυτής της εικόνας πρέπει να καθορίσει τα πεδία εκπαίδευσης για τον αλγόριθμο ταξινόμησης οι οποίες παρουσιάζουν ομοιόμορφες περιοχές γνωστής εδαφοκάλυψης, ενώ η διαδικασία εντοπισμού και δημιουργίας πεδίων εκπαίδευσης είναι από τα κρίσιμα στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Τα πλεονεκτήματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι ότι ο αναλυτής ελέγχει τον αριθμό των τάξεων και το είδος των εδαφοκαλύψεων που θα ταξινομηθεί, γνωρίζει εκ των προτέρων την αντιστοίχιση των φασματικών υπογραφών, πεδίων εκπαίδευσης, με τις τάξεις της ταξινόμησης που θα προκύψουν στο τέλος και είναι ταυτόχρονα σε θέση να αναγνωρίσει σφάλματα στην ταξινόμηση, εξετάζοντας τα πεδία εκπαίδευσης.

Τα μειονεκτήματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι ότι τα πεδία εκπαίδευσης δεν ταυτίζονται πάντα με τις φασματικές ιδιότητες των στόχων, αλλά με το επίπεδο πληροφορίας, δηλαδή ένα πεδίο εκπαίδευσης “δάσος”, μπορεί να είναι 100% δάσος, αλλά να διαφέρει από ένα άλλο “δάσος” της ίδια εικόνας, ως προς την πυκνότητα της βλάστησης, την ηλικία, την υγεία αλλά ακόμη και το είδος βλάστησης (π.χ. μαύρη και τραχεία πεύκη). Άλλο ένα μειονέκτημα, είναι ότι τα πεδία εκπαίδευσης μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικά όλης της εικόνας.

Η δημιουργία πεδίων εκπαίδευσης όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα από τα κρίσιμα στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, αλλά και χρονοβόρα διαδικασία. Τέλος δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσει και να αντιπροσωπεύσει ιδιομορφίες της περιοχής μελέτης που δεν τις έχει αποκαλύψει ο αναλυτής μέσω των πεδίων εκπαίδευσης, πιθανός γιατί δεν τις γνωρίζει, ή δεν είναι ευδιάκριτες στις δορυφορικές εικόνες. (Μερτίκας 2009,385)

2.2 Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας:

Η τεχνική μέγιστης πιθανοφάνειας, είναι αυτή όπου επιλέγουμε σε ποια τάξη ανήκει μία ψηφίδα (pixel) της εικόνας, δεδομένης της πληροφορίας που έχουμε από τα πεδία εκπαίδευσης και με βάση την μεγιστοποίηση της πιθανοφάνειας της συγκεκριμένης τάξης.

Για να καθορίσουμε την τάξη Z , που ανήκει μία ψηφίδα x , ενδιαφερόμαστε για την δεσμευμένη πιθανότητα

$$P(Z_i|x), \text{ με } i=1,2,\dots,N. \quad (1.1)$$

Έτσι για να αποφασίσουμε ότι μια ψηφίδα x , ανήκει στην κλάση A και όχι στην B , πρέπει:

$$x \in A \text{ αν, } P(A|x) > P(B|x), \text{ για όλα τα } A \neq B \quad (1.2)$$

Σύμφωνα με το θεώρημα του Bayes της Στατιστικής, και έχοντας ως γνωστό την πιθανότητα εμφάνισης της κλάσης A στην περιοχή μελέτης μας, $P(A)$, και γνωστή λόγω των πεδίων εκπαίδευσης την πιθανότητα να βρεθεί στην κλάση A , η ψηφίδα x , $P(x|A)$, προκύπτει:

$$P(A|x) = P(x|A)P(A)/P(x) \quad (1.3),$$

με $P(\mathbf{x})$ την πιθανότητα να βρεθεί η ψηφίδα \mathbf{x} στην κλάση A , συν την πιθανότητα να βρεθεί στην κλάση B .

Οι πιθανότητες $P(A)$, $P(B)$, ονομάζονται πιθανότητες a priori, επειδή οι πιθανότητες εμφάνισης των κλάσεων στην περιοχή μελέτης είναι γνωστές εκ των προτέρων, ενώ οι πιθανότητες $P(A|\mathbf{x})$, $P(B|\mathbf{x})$ ονομάζονται πιθανότητες a posteriori και πρέπει να προσδιοριστούν.

Από τους τύπους (1.2) και την σχέση Bayes (1.3), έχουμε:

$$\mathbf{x} \in A \text{ αν } P(\mathbf{x}|A)P(A) > P(\mathbf{x}|B)P(B), \text{ για όλα τα } A \neq B \quad (1.4)$$

όπου η $P(\mathbf{x})$ έχει απαλειφθεί. Η τελευταία εξίσωση (1.4) είναι πιο λογική, αφού οι πιθανότητες $P(\mathbf{x}|A)$ και $P(\mathbf{x}|B)$ μπορούν να προσδιοριστούν από τα δεδομένα εκπαίδευσης, και οι πιθανότητες $P(A)$, $P(B)$ είναι γνωστές ήδη για τον αναλυτή.

Με τον λογάριθμο της σχέσης (1.4) προκύπτει:

$$\delta_A(\mathbf{x}) = \ln[P(\mathbf{x}|A)P(A)] = \ln[P(\mathbf{x}|A)] + \ln[P(A)] \quad (1.5)$$

Άρα τελικά ο κανόνας ταξινόμησης μπορεί να εκφραστεί ως:

$$\mathbf{x} \in A \text{ αν } \delta_A(\mathbf{x}) > \delta_B(\mathbf{x}), \text{ για όλα τα } A \neq B. \quad (1.6)$$

Σε αυτή τη φάση, θεωρούμε ότι οι συναρτήσεις των ψηφίδων \mathbf{x} που ανήκουν στην κλάση A , είναι κανονικές κατανομές του Gauss σε \mathbf{p} διαστάσεις, όπου \mathbf{p} ο αριθμός των καναλιών που χρησιμοποιούνται, και είναι της μορφής

$$P(\mathbf{x}|A) = \exp[-1/2(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)^T/\boldsymbol{\Sigma}_A(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)] / (2\pi)^{p/2} |\boldsymbol{\Sigma}_A|^{1/2} \quad (1.7)$$

με $\boldsymbol{\mu}_A$ και $\boldsymbol{\Sigma}_A$, η μέση τιμή και ο πίνακας διασποράς δεδομένων στη τάξη A αντίστοιχα. Άρα, ο τύπος της διακρίνουσας συνάρτησης για την περίπτωση της κανονικής κατανομής είναι:

$$\delta_A(\mathbf{x}) = \ln[P(A)] - 1/2 \ln[|\boldsymbol{\Sigma}_A| - 1/2(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)^T/\boldsymbol{\Sigma}_A(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)] \quad (1.8)$$

Όταν ο αναλυτής δεν διαθέτει αρκετές πληροφορίες για την πιθανότητα της κλάσης A στην εικόνα, θεωρούμε ότι η πιθανότητα εμφάνισης της κάθε κλάσης είναι ίδια. Έτσι ο παράγοντας $\ln[P(A)]$, εξαλείφεται για κάθε A στην σχέση (1.7). Άρα η διακρίνουσα γίνεται:

$$\delta_A(\mathbf{x}) = -1/2 \ln[|\boldsymbol{\Sigma}_A| - 1/2(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)^T/\boldsymbol{\Sigma}_A(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu}_A)] \quad (1.9)$$

Συνεπώς όταν χρησιμοποιούμε την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, εφαρμόζουμε τις σχέσεις (1.8) και (1.9). (Μερτίκας, 2009, 391-394)

2.3 Πεδία Εκπαίδευσης:

Ως πεδία εκπαίδευσης θεωρούνται περιοχές γνωστής φασματικής ταυτότητας (π.χ. νερό, δάσος, καλλιέργειες κτλ.) που αποκαλύπτονται στην δορυφορική εικόνα. Συνήθως περιγράφονται από ένα πολύγωνο, αν και το σχήμα δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο (Campbell J.B., Wynne R.H. 2011, 352), που δημιουργεί ο αναλυτής στην εικόνα.

Στόχος είναι να δημιουργηθεί μια φασματική υπογραφή, όπου θα περιγράψει επακριβώς την συγκεκριμένη φασματική τάξη που παρουσιάζεται στην συγκεκριμένη δορυφορική εικόνα. Ο αναλυτής φυσικά και θα πρέπει να γνωρίζει την φασματική τάξη που αντιπροσωπεύεται από το πολύγωνο του πεδίου εκπαίδευσης. (Μερτίκας 2009, 396-398)

Ο αριθμός και η τοποθεσία των πεδίων εκπαίδευσης παίζει σημαντικό ρόλο. Τα πεδία εκπαίδευσης πρέπει να βρίσκονται σε όλη την περιοχή που εξετάζουμε, και όχι συγκεντρωμένα σε κάποιες περιοχές. Επίσης θα πρέπει να έχουμε 5-10 πεδία εκπαίδευσης, το ελάχιστο, για κάθε τύπο εδαφοκάλυψης, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι κάθε ιδιότητα του κάθε τύπου εδαφοκάλυψης αντιπροσωπεύεται από κάποιο πεδίο εκπαίδευσης. Τέλος στα πεδία εκπαίδευσης, πρέπει τα όριά τους να είναι μακριά από όρια αλλαγής τύπου κάλυψης γης, ενώ είναι προτιμητέο να δημιουργήσει ο αναλυτής πολλά μικρά πεδία εκπαίδευσης παρά λίγα μεγάλα. (Campbell J.B., Wynne R.H. 2011, 352)

2.4 Έλεγχος Ακρίβειας Ταξινόμησης:

Ο έλεγχος ακρίβειας της ταξινόμησης γίνεται αφού έχει γίνει η επιλογή πεδίων εκπαίδευσης από τον αναλυτή, και έχει γίνει η ταξινόμηση. Στην συνέχεια ο αναλυτής πρέπει να πάρει σημεία ελέγχου (ground truth data), είτε βγαίνοντας στο πεδίο, είτε μέσω αεροφωτογραφιών, είτε από χάρτες εδαφοκάλυψης, που παρέχουν πληροφορία κοντινή σε αυτή της λήψης των δορυφορικών εικόνων. Τα σημεία ελέγχου ακρίβειας, μπορεί να είναι από σημεία μέχρι πολύγωνα, ακόμη και περιοχές, ενώ δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας για το τι "σχήμα" πρέπει να έχουν. (Πίνακας 1, Stehman S.V., Czaplewski R.L. 1998)

Πίνακας 1: Τύποι σημείων ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν σε άλλες έρευνες

Project	Sampling Unit
Bauer et al. (1994)	88-Acre unit (psu), pixel(ssu)
Cibula and Nyquist (1987)	3x3 pixel block
Clerke et al. (1996)	400 ha (psu), polygon (ssu)
Conese and Maselli (1992)	Pixel
Congalton et al. (1993)	Polygon (aerial photograph)
Dicks and Lo (1990)	5-Acre grid cell
Edwards et al. (1998)	1 ha plot within psu
Felix and Binney (1989)	Polygon (map)
Fenstermaker (1991)	3x3 pixel block
Fiorella and Ripple (1993)	Pixel
Fitzpatrick-Lins (1981)	Point
Franklin et al. (1991)	3x3 pixel block
Fung and LeDrew (1988)	Pixel
George (1986)	Polygon (map)
Hord and Brooner (1976)	1-Acre plot
Knick et al. (1997)	Pixel
Lauer and Whistler (1993)	Polygon (grassland)
Martin (1989)	3x3 cluster for psu, individual pixel for ssu
Martin and Howarth (1989)	3x3 pixel blocks (psu), pixel (ssu)
McGwire et al. (1996)	Pixel
Riley et al. (1997)	Pixel
San Miguel_Ayanz and Biging (1996)	4x4 pixel block
San Miguel_Ayanz and Biging (1997)	4x4 pixel block for TM, 6x6 pixel block for SPOT
Senseman et al. (1995)	Pixel
Stenback and Congalton (1990)	3x3 pixel block
Stoms (1996)	Maplet
Todd et al. (1980)	9x9 cluster for psu, 3x3 pixel block for ssu
Vujakovic (1987)	2x2 pixel block
Walsh et al. (1987)	2.5-and 10-acre cells
Warren et al. (1990)	Polygon (aerial photograph)
Wickware and Howarth (1981)	Pixel
Zhu et al. (1996)	1 km ²
Zhuang et al. (1995)	Pixel

psu=primary sampling unit; ssu=secondary sampling unit

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν σημεία για τον έλεγχο ακρίβειας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος κανόνας για τον ελάχιστο αριθμό σημείων ελέγχου ακρίβειας που πρέπει να λάβει ένας αναλυτής. Υπάρχουν επιστήμονες που υποστηρίζουν ότι ο αριθμός σημείων ελέγχου που πρέπει να λαμβάνει ένας μελετητής, έχει σχέση με το πλήθος των κλάσεων εδαφοκάλυψης που συναντά, ή με το μέγεθος της περιοχής μελέτης ή με βάση την ακρίβεια που θέλει ο τελικός χάρτης (Congalton 1991, Fitzpatrick-Lins 1981). Έτσι ο Congalton (1991), αναφέρει πως πρέπει να βρεθεί μία ισορροπία μεταξύ του τι είναι στατιστικά σημαντικό και τι είναι εφικτό. Επίσης προτείνει από την εμπειρία του να έχουμε το ελάχιστο 50 σημεία για κάθε τύπο εδαφοκάλυψης, ή 75 με 100 σημεία αν έχουμε πάνω από 12 κατηγορίες εδαφοκάλυψης ή περιοχή μεγαλύτερη από 1 εκατομμύριο στρέμματα.

Ακόμη, ο Congalton (1991), αναφέρει πως δεν είναι πανάκεια οι παραπάνω αριθμοί σημείων ελέγχου, αλλά μπορούμε να μειώσουμε τα σημεία ελέγχου σε κάποιους τύπους εδαφοκάλυψης που δεν έχουν μεγάλη μεταβλητότητα, όπως το νερό, και να αυξήσουμε σε αυτές που έχουν μεγάλη μεταβλητότητα, όπως ο αστικός ιστός, πυκνό-αραιός, ή τα δάση, υγιές- μη υγιές.

Αφού συλλέξουμε τα σημεία ελέγχου τα οποία γνωρίζουμε σε ποια κλάση ανήκουν, χρησιμοποιούμε τα σημεία αυτά ως σημεία αναφοράς για τον έλεγχο ακρίβειας της ταξινόμησης που έχουμε κάνει. Για την αξιολόγηση της ταξινόμησης δημιουργείται ένας πίνακας ενδεχομένων, όπου για κάθε σημείο αναφοράς που έχουμε βάλει, μας εμφανίζει σε ποια κλάση έχει ταξινομηθεί τελικά.

Έτσι εμφανίζονται τα σφάλματα παρερμηνείας (commission errors) και τα σφάλματα παράβλεψης (omission errors). Τα σφάλματα παρερμηνείας παρουσιάζονται στον πίνακα ενδεχομένων ως ακρίβεια χρήστη, ενώ τα σφάλματα παράβλεψης, ως ακρίβεια του αναλυτή. (Stehman S.V., Czaplewski R.L. 1998)

Τέλος στον πίνακα ενδεχομένων εμφανίζεται η ολική ακρίβεια της ταξινόμησης και ο συντελεστής K. Κάποιοι από τους ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ολική ακρίβεια της ταξινόμησης είναι πιο αντιπροσωπευτική της ταξινόμησης, ενώ άλλοι υποστηρίζουν πως ο συντελεστής K είναι πιο αντιπροσωπευτικός. (Foody G.M. 2002)

2.5 Δομημένο Περιβάλλον:

Ως δομημένο περιβάλλον, σύμφωνα με την ορολογία που μας παρέχεται από την ιστοσελίδα του IATE (InterActive Terminology for Europe), ορίζεται το τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος που έχει φτιαχτεί ή οργανωθεί από ανθρώπους, όπως τα κτήρια και άλλες μεγάλες κατασκευές, δρόμοι, γέφυρες και παρόμοια, μέχρι και μικρότερες κατασκευές όπως τα φανάρια οδικής σήμανσης, οι τηλεφωνικοί θάλαμοι και οι κολόνες ηλεκτροδότησης. (IATE, 2017)

Χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη ορολογία και όχι αυτή του αστικού ιστού, που θα ήταν πιο λογικοφανής αφού μελετάμε την αστική εξάπλωση, καθώς η αστική εξάπλωση, διάχυση, αναφέρει ο Σιδηρόπουλος (2014), είναι η αναπτυξη της πόλης με την μορφή διασποράς που λαμβάνει χώρα στην αγροτική ζώνη γύρω από την πόλη και πάνω στους οδικούς άξονες. Χαρακτηρίζεται δε από χαμηλή πυκνότητα, χωρίς δημόσιο προγραμματισμό και σχεδιασμό χρήσεων γης και από μεγάλες ιδιοκτησίες, περισσότερα τετραγωνικά μέτρα και εντός και εκτός της οικίας. Επίσης χαρακτηρίζεται από κατακερματισμό των ελεύθερων χώρων, εξάρτηση των κατοίκων από το αυτοκίνητο, λόγω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ οικίας-εργασίας-ψυχαγωγίας και έλλειψη δημόσιων χώρων και κοινοτικών κέντρων. Έτσι παρατηρήσαμε μελετώντας την περιοχή μελέτης, πως δεν θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε τις Βιομηχανικές Ζώνες, όπου είναι οργανωμένες, αλλά και την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών εντός του αγροτικού τοπίου στην μελέτη που κάναμε.

3 Κυρίως Θέμα:

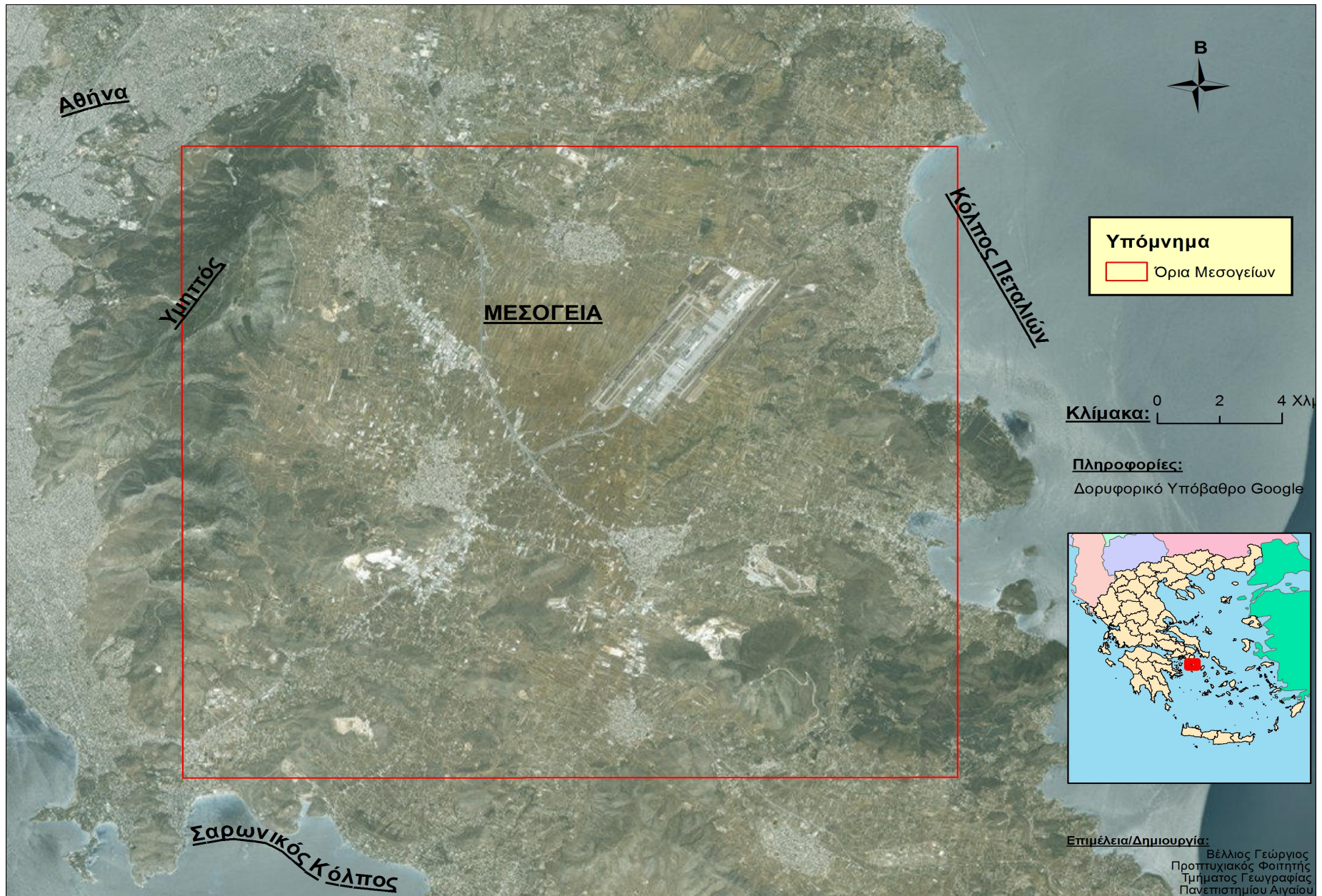
3.1 Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης:

Τα Μεσόγεια βρίσκονται στις ανατολικές ακτές της Αττικής, Κόλπος Πεταλιών, ενώ χωρίζονται από την Μητρόπολη, από το όρος του Υμηττού (Εικόνα 2), όπου και την προστατεύει από τα κύματα αστικοποίησης καθόλη την διάρκεια του Μεσοπολέμου. Ακόμη στην περιοχή λάμβαναν χώρα κυρίως δραστηριότητες πρωτογενούς (γεωργία, κτηνοτροφία) και δευτερογενούς (βιοτεχνία και βιομηχανία) τομέα δραστηριότητες, όπου κατά κύριο λόγο τροφοδοτούσαν την αθηναϊκή αγορά.

Με την αναγγελία της φιλοξενίας των Ολυμπιακών Αγώνων από την Ελλάδα το 2004, άρχισαν τα έργα στην Μητρόπολη καθώς και στις περιοχές που θα φιλοξενούσαν τους αθλητές, τους δημοσιογράφους αλλά και η δημιουργία βασικών αθλητικών εγκαταστάσεων. Μία από τις περιοχές αυτές ήταν και τα Μεσόγεια, όπου κατασκευάστηκε κέντρο σκοποβολής και ιπποδρομίας. Ακόμη έγιναν και έργα υποδομών μεταφοράς, όπως το διεθνές αεροδρόμιο, ο προαστιακός και η περιφερειακή οδός.

Για να κατανοήσουμε το μέγεθος της αύξησης του δομημένου περιβάλλοντος, μεταξύ 1983 και 2003, οι αστικές χρήσεις των Μεσογείων αυξήθηκαν κατά 177% καλύπτοντας το 12% της περιοχής που ήταν κατά κύριο λόγο καλλιεργήσιμες εκτάσεις. (Chorianopoulos et al., 2010)

Ακόμη σε άλλη έρευνα βρέθηκε ότι μετά το 2004, και έως το 2010, άνοιξαν στην περιοχή 1302 νέες επιχειρήσεις, εκ των οποίων 23,1% άνοιξαν σε προστατευόμενες περιοχές, ενώ οι υπόλοιπες, 76,9%, προτίμησαν να ανοίξουν σε ζώνες συμβατές με τις δραστηριότητές τους. (Chorianopoulos et al., 2014)



Εικόνα 2: Χάρτης Περιοχής Μελέτης

3.2 Συλλογή Δεδομένων:

3.2.1 Δορυφορικές Εικόνες:

Η πηγή της συλλογής των εικόνων για την περιοχή των Μεσογείων, από τον δορυφόρο Landsat 5 & 8, ήταν το αρχείο δεδομένων Landsat της USGS, ύστερα από ειδική αναζήτηση στην ιστοσελίδα της USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Όλα τα δεδομένα του Landsat δίνονται με μέγιστη χωρική διακριτική ικανότητα τα 30 μέτρα και με προβολή UTM και datum WGS84.

Η περίοδος που αφορά την λήψη των δορυφορικών εικόνων αποτέλεσε σημαντική παράμετρο. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν εικόνες που βρίσκονταν εντός των ορίων του καλοκαιριού του 2006, 2011 και 2016 και συγκεκριμένα από 1η Μαΐου έως 31 Αυγούστου, όπου υπάρχουν και οι λιγότερες σκιάσεις λόγω της γεωμετρίας στόχου-ήλιου.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά δορυφορικών εικόνων περιοχής μελέτης

	Date	Path	Row	Cloud Cover (%)	Sun Azimuth (°)	Sun Elevation (°)	Time (UTC)
1	29/05/06	183	34	0	123,94	65,37	08:57:25
2	11/05/11	183	34	15	129,04	62,29	08:54:43
3	12/08/16	183	34	0,07	133,75	60,2	09:05:10

3.2.2 Διανυσματικά Δεδομένα:

Τα διανυσματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα ανοικτών δεδομένων (<http://geodata.gov.gr/>), ενώ για την ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά διανυσματικά αρχεία από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Corine του έτους 2012, που ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα του προγράμματος (<http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>), καθώς και το δορυφορικό υπόβαθρο της Google με χρήση των χρονοσειρών εικόνων, από το πρόγραμμα Google Earth.

3.3 Δορυφόροι Landsat 5 & 8:

Ο Landsat 5 αποτελεί την 5η αποστολή του προγράμματος Landsat, που ξεκίνησε το 1972 και μετράει 8 εκτοξεύσεις. Από εκείνη την εποχή οι δορυφόροι παρέχουν μια τεράστια πληθώρα πληροφοριών, μέσω του τεράστιου αριθμού πολυφασματικών εικόνων. Η συνεργασία της NASA με την Αμερικανική Γεωλογική Υπηρεσία (USGS), έκανε το πρόγραμμα Landsat το μακροβιότερο πρόγραμμα συλλογής μέτριας διακριτικής ικανότητας τηλεπισκοπικών δεδομένων. Οι εικόνες παρέχουν πληροφορίες σε όσους ασχολούνται με την γεωργία, τη γεωλογία, τη δασοκομία, την εκπαίδευση, τις φυσικές καταστροφές, το χωροταξικό σχεδιασμό και την έρευνα παγκόσμιων αλλαγών. Ο Landsat 5 εκτοξεύθηκε στις 1/3/1984 και σταμάτησε την αποστολή δεδομένων τον Ιανουάριο του 2013. Είναι ο δορυφόρος με την μεγαλύτερη διάρκεια παροχής δορυφορικών δεδομένων και βρισκόταν σε ύψος 705 χιλιομέτρων και ήταν ηλιοσύγχρονης τροχιάς. Είχε δύο αισθητήρες, ένα πολυφασματικό (MSS) και έναν θεματικό (TM) (30 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα για το ορατό και μέσο και κοντινό υπέρυθρο και 120μ για το θερμικό κανάλι). Ακολουθούσε μια σειρά σταθερών εδαφικών σημείων (path) που ορίζονταν από το δεύτερο Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς (WRS- 2), όπως όλοι οι δορυφόροι Landsat.

Ο Landsat 8 αποτελεί την όγδοη αποστολή του προγράμματος Landsat. Βρίσκεται, και αυτός σε ύψος 705 χιλιομέτρων και έχει ηλιοσύγχρονη τροχιά. Ο Landsat 8 εκτοξεύθηκε στις 11 Φεβρουαρίου του 2013.

Ο Landsat 8 φέρει 2 εργαλεία σάρωσης. Το σύστημα OLI περιλαμβάνει πολύ πιο αναπτυγμένη τεχνολογία σε σύγκριση με το Enhanced Thematic Mapper (ETM+) του Landsat 7. Συλλέγει δεδομένα σε εννιά φασματικά κανάλια με χωρική ικανότητα 30 μέτρα για όλα τα κανάλια εκτός από το παγχρωματικό κανάλι που έχει χωρική ικανότητα 15 μέτρα. Το εύρος των καναλιών του αισθητήρα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποφεύγονται τα φαινόμενα ατμοσφαιρικών απορροφήσεων. Το παγχρωματικό κανάλι του OLI είναι επίσης πιο ανεπτυγμένο από αυτό του ETM+ με σκοπό τον καλύτερο διαχωρισμό της βλάστησης από το έδαφος μιας εικόνας. Υπάρχουν επίσης και δύο καινούργια κανάλια το Coastal/Aerosol (κανάλι 1), σημαντικό για παράκτιες παρατηρήσεις και το Citrus (κανάλι 9) με στόχο την ανίχνευση των λεπτών σύννεφων.

Σε αντίθεση με τον Landsat 7 ο Landsat 8 έχει δύο θερμικά υπέρυθρα (κανάλια 10, 11) Τα δύο θερμικά κανάλια ακολουθούν την ίδια τεχνολογία με το σύστημα OLI και σκοπός τους είναι να μετράνε τη θερμική

ενέργεια που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης. Είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους. Ο σένσορας, λόγω των διπλών θερμικών καναλιών, υπερέχει του ενός που έχει ο ETM+ αν και έχουν χωρική διακριτική ικανότητα 100 μέτρα. (USGS, 8/10/2017)

3.4 Μεθοδολογία:

Η βασική μελέτη της εργασίας περιλαμβάνει τον εντοπισμό του δομημένου περιβάλλοντος με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με μέγιστη πιθανοφάνεια.

Αρχικά έπρεπε να επιλέξουμε ποια από τα κανάλια θα χρησιμοποιήσουμε. Τελικά δεν χρησιμοποιήθηκαν όλα τα κανάλια των δορυφορικών εικόνων, καθώς τα θερμικά κανάλια παρείχαν πληροφορία που δεν μας χρειαζόταν, παροχή πληροφορίας για την θερμοκρασία των επιφανειών και όχι με φασματικά χαρακτηριστικά τους (Καρτάλης Κ., Φείδας Χ., 194-195, 2013) ενώ έχουν μικρότερη χωρική διακριτική ικανότητα από τα πολυφασματικά και αυτά του ορατού φωτός, με αποτέλεσμα να μας παραμορφώνουν τα αποτελέσματα της τελικής ταξινόμησης. Στην συνέχεια έπρεπε να μετατραπούν οι ψηφιακές τιμές, DN, σε ανακλαστικότητα, έπειτα να μείνει μόνο η περιοχή που μας ενδιέφερε, περιοχή μελέτης.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν φασματικές υπογραφές για όλες τις αναγνωρίσιμες εδαφοκαλύψεις, που υπήρχαν στην περιοχή μελέτης. Ύστερα οι εικόνες που απεικονίζουν μόνο την περιοχή μελέτης ταξινομήθηκαν με την μέθοδο που προαναφέραμε, και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν φασματικές υπογραφές για όλες τις αναγνωρίσιμες κλάσεις και έπειτα ελέγχθηκε η ακρίβεια της ταξινόμησης. Στο τέλος δημιουργήσαμε πίνακες που απεικονίζουν τα ποσοστά των pixel που έγιναν δομημένο περιβάλλον από άλλες τάξεις στην διάρκεια των ετών μελέτης.

3.4.1 Μετατροπή ψηφιακών τιμών DN:

Αρχικά πρέπει να μετατραπούν οι ψηφιακές τιμές σε ακτίνια. Η μετατροπή αυτή για τους δορυφόρους Landsat 4,5 και 7 γίνεται με τον τύπο $L\lambda = G_{rescale} \times Q_{cal} + B_{rescale}$, με $G_{rescale} = \dots$, $Q_{cal} =$ οι τιμές DN της αντίστοιχης μπάντας του δορυφόρου και $B_{rescale} = \dots$. Στην συνέχεια πρέπει να μετατραπούν τα ακτίνια σε ανακλαστικότητα χωρίς τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας με βάση τον τύπο $\rho\lambda = (\pi \times L\lambda \times d^2) / (ESUN\lambda \times \cos \theta_s)$, με $\pi = 3,14$. $L\lambda =$ η φασματική ακτινοβολία που φτάνει στον δέκτη, $d^2 =$ η απόσταση γης, ήλιου σε αστρονομικές μονάδες, $ESUN\lambda =$ η μέση εξωατμοσφαιρική ακτινοβολία και $\cos \theta_s =$ η γωνία του ήλιου στο ζενίθ σε μοίρες, ενώ για τα θερμικά κανάλια χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $T = K2 / (\ln(K1/L\lambda) + 1)$, με $K2 =$ σταθερά βαθμονόμησης 2, $K1 =$ σταθερά βαθμονόμησης 1 και $L\lambda =$ η φασματική ακτινοβολία που φτάνει στον δέκτη. (Chander G. et al, 2009)

Για τον Landsat 8 ισχύουν οι τύποι : 1) $L\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L$, με $L\lambda =$ να είναι η φασματική ακτινοβολία χωρίς τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας, $M_L =$ ειδικός πολλαπλασιαστής συντελεστής αντιστάθμισης για κάθε μπάντα από τα μεταδεδομένα, $Q_{cal} =$ οι τιμές DN της αντίστοιχης μπάντας του δορυφόρου και $A_L =$ ειδικός προσθετικός συντελεστής για κάθε μπάντα από τα μεταδεδομένα και

$$2) \quad \rho\lambda' = M_p \times Q_{cal} + A_p,$$

με $\rho\lambda' =$ η ανάκλαση, χωρίς διόρθωση για την ηλιακή γωνία, χωρίς τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας, $M_p =$ ειδικός πολλαπλασιαστής συντελεστής αντιστάθμισης για κάθε μπάντα από τα μεταδεδομένα, $Q_{cal} =$ οι τιμές DN της αντίστοιχης μπάντας του δορυφόρου και $A_p =$ ειδικός προσθετικός συντελεστής για κάθε μπάντα από τα μεταδεδομένα, ενώ με διόρθωση για την ηλιακή γωνία ο τύπος γίνεται $\rho\lambda = (\rho\lambda' / \cos(\theta_{sz})) = (\rho\lambda' / \sin(\theta_{se}))$, με $\rho\lambda' =$ η ανάκλαση χωρίς τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας, $\theta_{se} =$ η γωνία ανύψωσης του ήλιου και $\theta_{sz} =$ η γωνία του ήλιου στο ζενίθ, και για τα θερμικά κανάλια είναι:

$$3) \quad T = K2 / \ln((K1/L\lambda) + 1)$$

με $K2$, $K1 =$ ειδική σταθερά μετατροπής θερμότητας για τα θερμικά κανάλια από τα μεταδεδομένα και $L\lambda =$ φασματική ακτινοβολία χωρίς τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας. (USGS, 8/10/2017)

3.4.2 Δημιουργία Φασματικών Υπογραφών:

Για την δημιουργία φασματικών υπογραφών, χρησιμοποιήθηκε υπόβαθρο της Google, όπου μας δίνει την δυνατότητα χρήσης υποβάθρου μεγάλης χωρικής διακριτικής ικανότητας, και στην συνέχεια επιλέχθηκαν ομοιογενείς περιοχές στις δορυφορικές εικόνες και ψηφιοποιήθηκαν τμήματα αυτών με βάση τις κλάσεις που αναγνωρίζαμε.

Συγκεκριμένα για την ταξινόμηση του 2016 χρησιμοποιήθηκαν 43 φασματικές υπογραφές εκ των οποίων

15 στόχοι ήταν δομημένο περιβάλλον, 3 υδάτινοι πόροι, 8 καλλιέργειες, 12 δασικές εκτάσεις, 4 γυμνό έδαφος και 3 αραιή βλάστηση.

Για την ταξινόμηση του 2011 χρησιμοποιήθηκαν 39 φασματικές υπογραφές, εκ των οποίων 11 στόχοι ήταν δομημένο περιβάλλον, 4 υδάτινοι πόροι, 9 καλλιέργειες, 8 δασικές εκτάσεις, 4 γυμνό έδαφος και 3 αραιή βλάστηση.

Για την ταξινόμηση του 2006 χρησιμοποιήθηκαν 38 φασματικές υπογραφές, εκ των οποίων 9 στόχοι ήταν δομημένο περιβάλλον, 4 υδάτινοι πόροι, 9 καλλιέργειες, 9 δασικές εκτάσεις, 3 γυμνό έδαφος και 4 αραιή βλάστηση.

3.4.3 Δημιουργία Σημείων Ελέγχου Ακρίβειας Ταξινόμησης:

Για την δημιουργία σημείων ελέγχου ακρίβειας της ταξινόμησης που έγινε στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε το υπόβαθρο της Google, από το πρόγραμμα Google Earth, καθώς και χρήση της εμφάνισης ιστορικών εικόνων από αυτό.

Το δορυφορικό υπόβαθρο της Google, μας παρέχει εικόνα με μεγάλη χωρική διακριτική ικανότητα, ενώ η χρήση ιστορικών εικόνων, μας βοήθησε στον έλεγχο των σημείων για χρονιές προγενέστερες του 2016, 2011 και 2006 δηλαδή.

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι για το 2006, έγινε χρήση υποβάθρου του Google του 2008 και 2004, και κάναμε παραδοχές, όπως αν είχε διαφορετική εδαφοκάλυψη το 2004, από ότι το 2008, θέταμε ότι η αλλαγή έγινε το 2006, αν βλέπαμε ίδια εδαφοκάλυψη τότε καταγράφαμε την εδαφοκάλυψη του 2006.

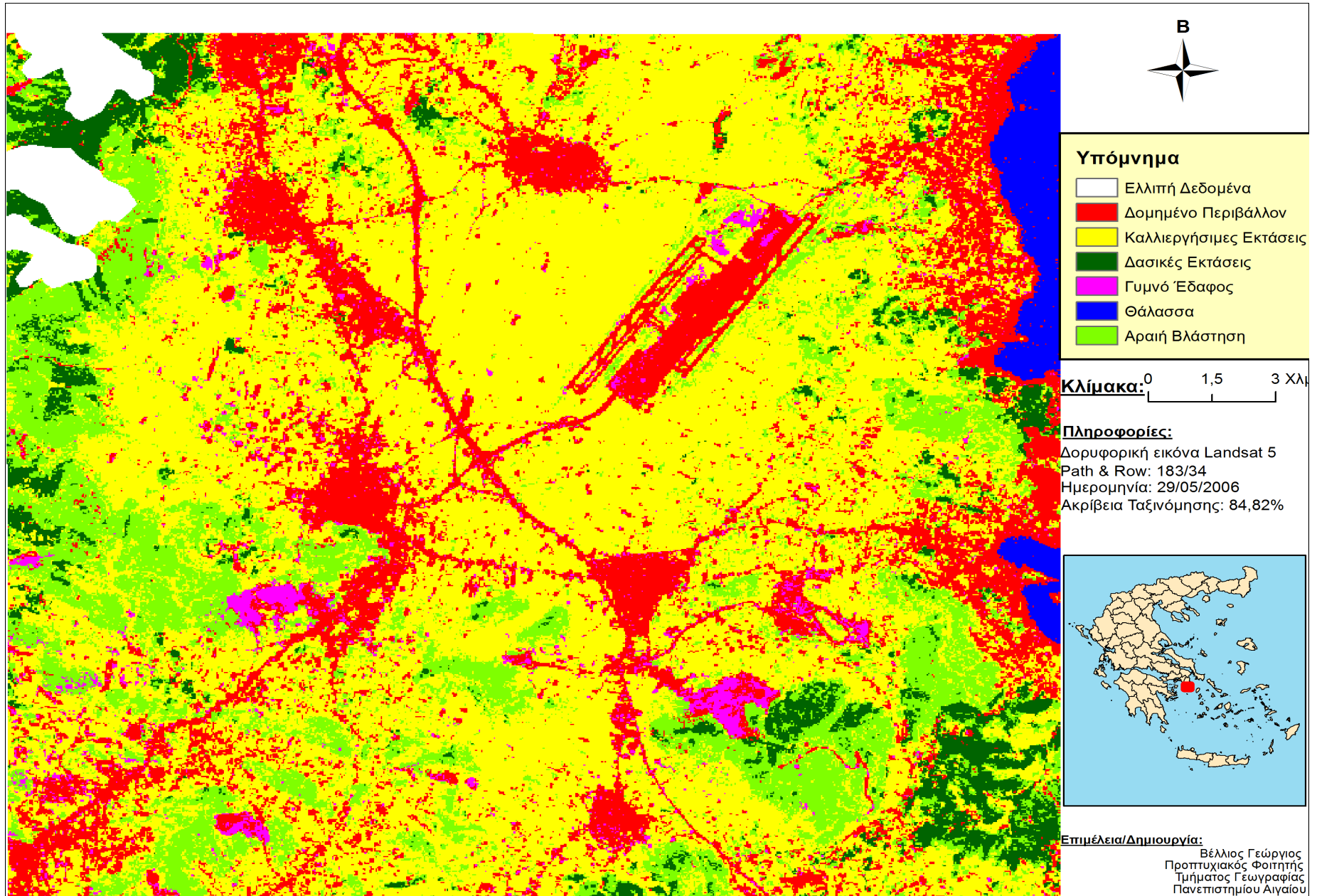
Για τον έλεγχο ακρίβειας της ταξινόμησης του 2016, δημιουργήθηκαν 1557 τυχαία σημεία, εκ των οποίων 700 βρίσκονταν σε δομημένο περιβάλλον, 500 σε καλλιέργειες, 300 σε δασικές εκτάσεις, 2 σε θάλασσα, 40 σε γυμνό έδαφος και 15 σε αραιή βλάστηση.

Για τον έλεγχο ακρίβειας του 2011, χρησιμοποιήθηκαν τα σημεία του 2016, αλλά αφαιρούσαμε κάθε φορά τα σημεία που δεν βρίσκονταν στην κατάσταση που είχαν το 2016. Έτσι προέκυψαν 1553 σημεία εκ των οποίων 684 βρίσκονταν σε δομημένο περιβάλλον, 500 σε καλλιέργειες, 300 σε δασικές εκτάσεις, 2 σε θάλασσα, 32 σε γυμνό έδαφος και 15 σε αραιή βλάστηση.

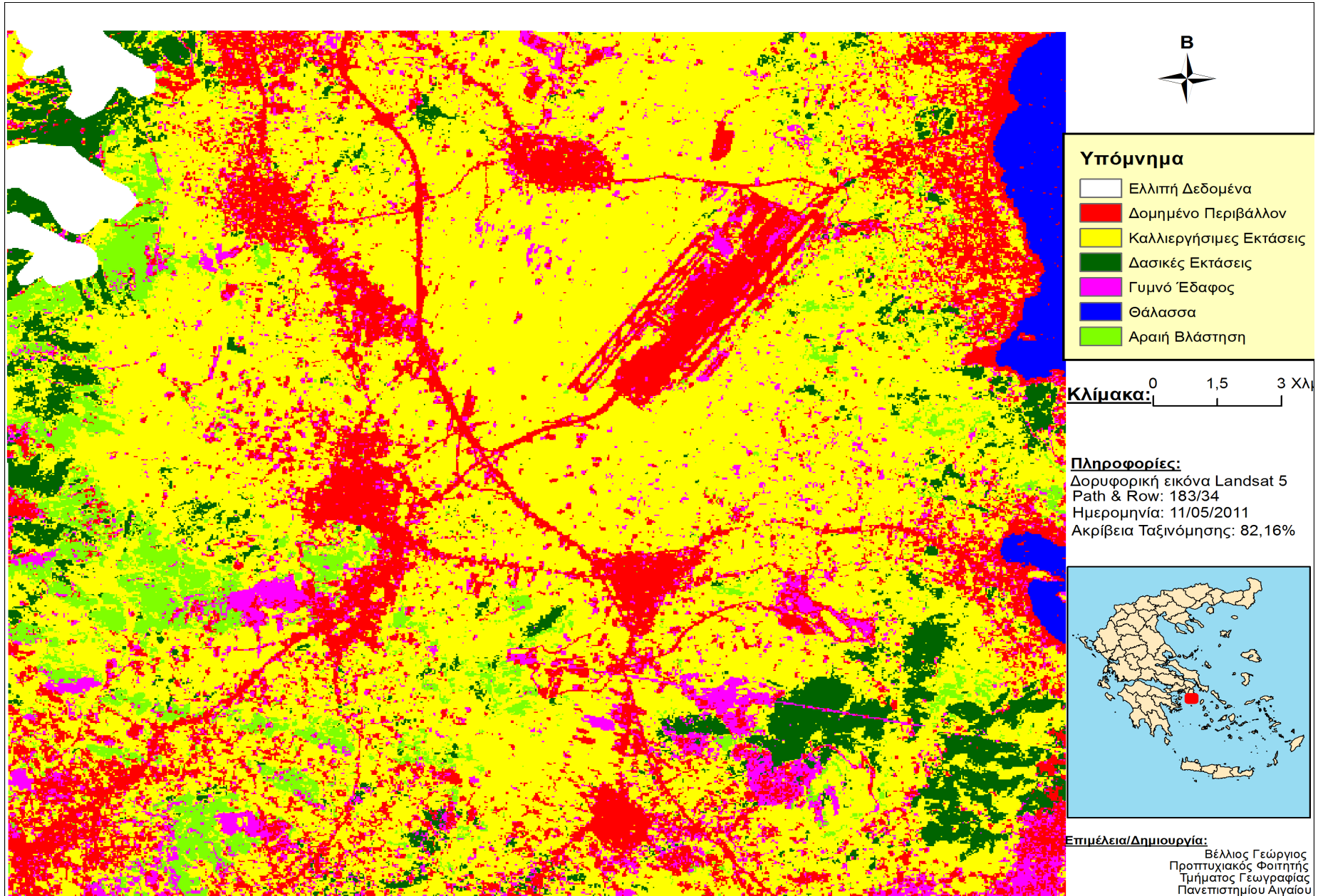
Για τον έλεγχο ακρίβειας της ταξινόμησης του 2006, χρησιμοποιήθηκαν τα σημεία του 2011 και ενεργήσαμε όπως και στην περίπτωση του 2011. Έτσι προέκυψαν 1466 σημεία, εκ των οποίων 628 βρίσκονταν σε δομημένο περιβάλλον, 500 σε καλλιέργειες, 293 σε δασικές εκτάσεις, 28 σε γυμνό έδαφος, 2 σε θάλασσα και 15 σε αραιή βλάστηση.

4 Αποτελέσματα & Συζήτηση:

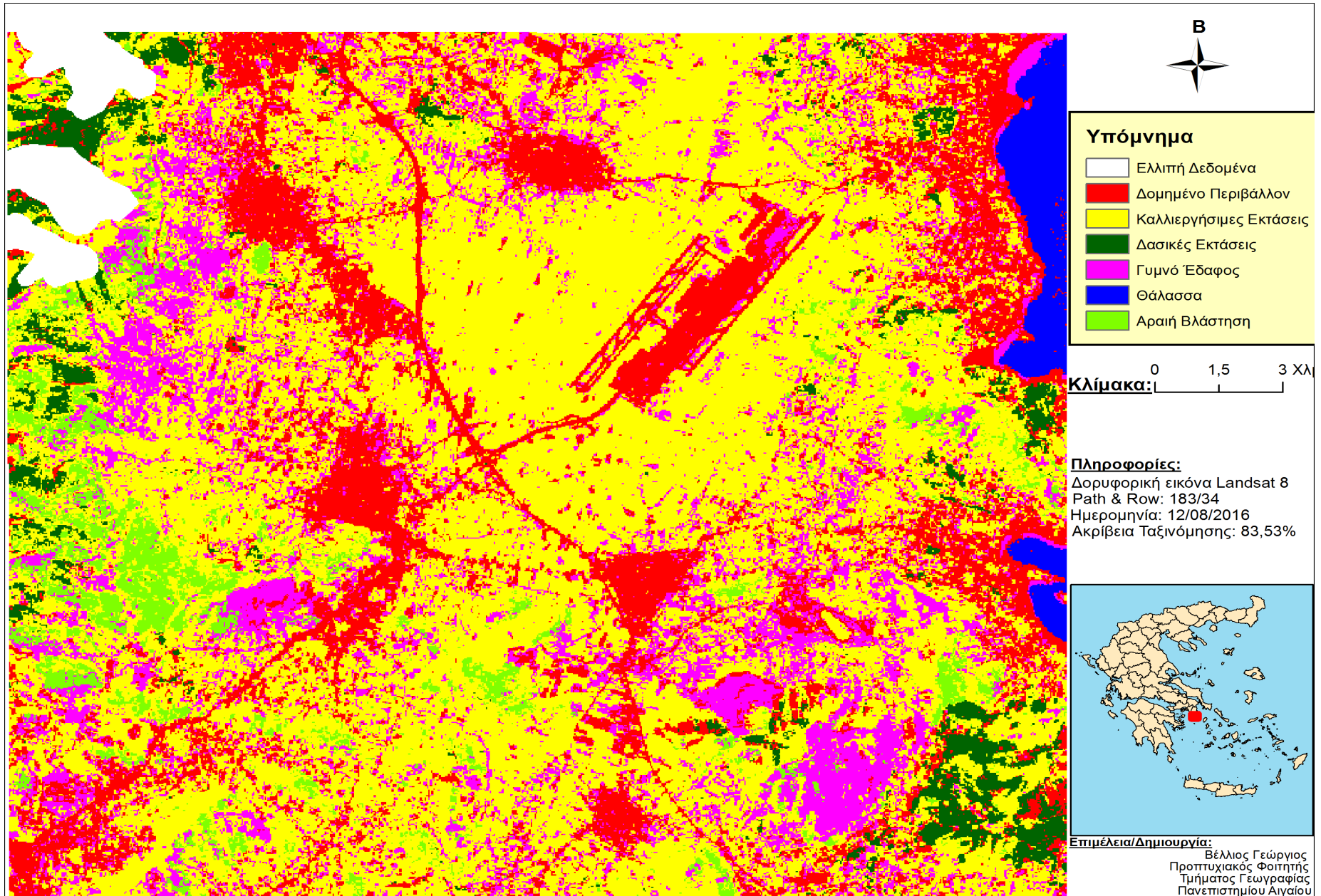
Οι παρακάτω εικόνες (Εικόνες 3, 4, 5) παρουσιάζουν τις ταξινομημένες εικόνες με βάση τις κλάσεις που εντοπίστηκαν. Οι κλάσεις αυτές είναι : 1) δομημένο περιβάλλον, 2) καλλιεργήσιμες εκτάσεις, 3) δασικές εκτάσεις, 4) γυμνό έδαφος, 5) θάλασσα και 6) αραιή βλάστηση. Η παλέτα χρωμάτων που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή που χρησιμοποιείται στο Corine με κάποιες αλλαγές που έγιναν από τον μελετητή.



Εικόνα 3: Επιβλεπόμενη ταξινόμηση Μεσογείων Αττικής, 2006



Εικόνα 4: Επιβλεπόμενη ταξινόμηση Μεσογείων Αττικής, 2011



Εικόνα 5: Επιβλεπόμενη ταξινόμηση Μεσόγειων Αττικής, 2016

Όπως παρατηρούμε από τις ταξινομημένες εικόνες, οι κύριες αστικές μάζες που εντοπίζονται και στις τρεις χρονικές περιόδους, είναι στα βορειοδυτικά η Παιανία, στα βόρεια τα Σπάτα, στα βορειοανατολικά η Άρτεμις, το Κορωπί νοτιοδυτικά του Διεθνούς Αερολιμένα “Ελ.Βενιζέλος”, νότια του “Ελ.Βενιζέλος το Μαρκόπουλο Μεσογαίας, νοτιοανατολικά το Πόρτο Ράφτη, ενώ νοτιοδυτικά των Μεσογαίων εμφανίζεται τμήμα της Βάρης και νότια τα Καλύβια Θορικού. Επίσης ενδιάμεσα της Βάρης και του Κορωπίου, στον ομώνυμο δρόμο, παρατηρείται η Βιομηχανική Περιοχή του Κορωπίου, και μεταξύ Κορωπίου και Παιανίας παρατηρείται η Βιομηχανική Περιοχή Παιανίας. Επιπροσθέτως παρατηρούμε μια αλλαγή μεγάλης έκτασης σε εδαφοκάλυψης στην περιοχή κοντά στα Καλύβια Θορικού, όπου από δασικές εκτάσεις και αραιή βλάστηση το 2006 και 2011, το 2016 μετατρέπεται σε γυμνό έδαφος, όπου αυτό μπορεί να οφείλεται σε πυρκαγιές που είχαν γίνει την στην συγκεκριμένη περιοχή πριν την λήψη της συγκεκριμένης δορυφορικής εικόνας.(newsbomb, 8/10/2017)

Τέλος παρατηρούμε πως στην δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης, εμφανίζεται μια αλλαγή κάλυψης γης, από καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε γυμνό έδαφος. Αυτό συμβαίνει, πιθανόν, λόγω των καλλιεργειών που βρίσκονται στην συγκεκριμένη περιοχή, καθώς οι δορυφορικές εικόνες του 2006 και 2011 είναι τον Μάιο τραβηγμένες, ενώ του 2016 είναι τον Αύγουστο, που πιθανόν να καθαρίζονται τα χωράφια μετά την συγκομιδή (π.χ. κριθάρι).

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικοί πίνακες ακρίβειας της ταξινόμησης (Πίνακας 3,4,5), των ετών 2006, 2011, 2016.

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας ακρίβειας ταξινόμησης 2006

Τάξεις κάλυψης γης	Εικονοστοιχεία αναφοράς	Ταξινομημένα εικονοστοιχεία	Αριθμός ταυτίσεων	Ακρίβεια παραγωγού (%)	Ακρίβεια χρήστη (%)
Δομημένο περιβάλλον	628	584	532	84,71	91,1
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	500	565	456	91,2	80,71
Δασικές εκτάσεις	291	229	229	78,69	100
Γυμνό έδαφος	27	28	9	33,33	32,14
Θάλασσα	2	2	2	100	100
Αραιή βλάστηση	14	54	12	85,71	22,22
Σύνολο	1462	1462	1240		84,82

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας ακρίβειας ταξινόμησης 2011

Τάξεις κάλυψης γης	Εικονοστοιχεία αναφοράς	Ταξινομημένα εικονοστοιχεία	Αριθμός ταυτίσεων	Ακρίβεια παραγωγού (%)	Ακρίβεια χρήστη (%)
Δομημένο περιβάλλον	684	607	555	81,14	91,43
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	500	608	447	89,4	73,52
Δασικές εκτάσεις	299	239	232	77,59	97,07
Γυμνό έδαφος	31	67	14	45,16	20,9
Θάλασσα	2	2	2	100	100
Αραιή βλάστηση	14	7	7	50	100
Σύνολο	1530	1530	1257		82,16

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας ταξινόμησης 2016

Τάξεις κάλυψης γης	Εικονοστοιχεία αναφοράς	Ταξινομημένα εικονοστοιχεία	Αριθμός ταυτίσεων	Ακρίβεια παραγωγού (%)	Ακρίβεια χρήστη (%)
Δομημένο περιβάλλον	700	683	632	90,29	92,53
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	500	504	405	81	80,36
Δασικές εκτάσεις	298	231	231	77,52	100
Γυμνό έδαφος	40	132	26	65	19,7
Θάλασσα	2	2	2	100	100
Αραιή βλάστηση	14	2	2	14,29	100
Σύνολο	1554	1554	1298		83,53

Οι παραπάνω πίνακες (Πίνακας 3, 4, 5), όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζουν την ακρίβεια της ταξινόμησης, όπου μας ενδιέφερε να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στο σύνολο της ταξινόμησης, αλλά και συγκεκριμένα στην τάξη εδαφοκάλυψης “Δομημένο περιβάλλον” καθώς αυτή είναι η κλάση που μας ενδιαφέρει για να μελετήσουμε την αστική εξάπλωση στην περιοχή μελέτης. Για τον έλεγχο ακρίβειας χρησιμοποιήθηκαν τυχαία σημεία που γνωρίζαμε εκ των προτέρων σε ποια κλάση ανήκουν, με βάση την ταξινόμηση του Corine και του δορυφορικού υποβάθρου που μας παρέχεται από την Google, η θέση των οποίων εμφανίζεται στους επόμενους χάρτες (Εικόνα 6,7,8).

Παρατηρούμε πως το ποσοστό ακρίβειας στο σύνολο της ταξινόμησης είναι μεταξύ 85% και 82%, ενώ για την τάξη “Δομημένο περιβάλλον” είναι από 91,1% έως 92,5%. Συγκεκριμένα για το έτος 2016, παρατηρούμε πως περίπου 7,5% των pixel της τάξης “Δομημένο περιβάλλον” έχει ταξινομηθεί σε άλλες κλάσεις, συγκεκριμένα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις και γυμνό έδαφος.

Αυτό συμβαίνει λόγω της ιδιαιτερότητας της περιοχής, όπου παρατηρούνται μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και ενδιάμεσά τους μικρά σπίτια, στα οποία έχουμε σημείο ελέγχου, δομημένο περιβάλλον. Όμως λόγω του μεγέθους του pixel των δορυφορικών εικόνων μπορεί να μην παίρνει τιμή ως δομημένο περιβάλλον, αλλά ως καλλιεργήσιμη έκταση, αν το οικόμα είναι μικρότερο του μεγέθους του pixel.

Παράλληλα, σχεδόν το 10% των pixel της συγκεκριμένης τάξης, δομημένο περιβάλλον, ανήκουν σε άλλες τάξεις εδαφοκάλυψης, συγκεκριμένα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, σε δασικές εκτάσεις και ελάχιστα σε γυμνό έδαφος.

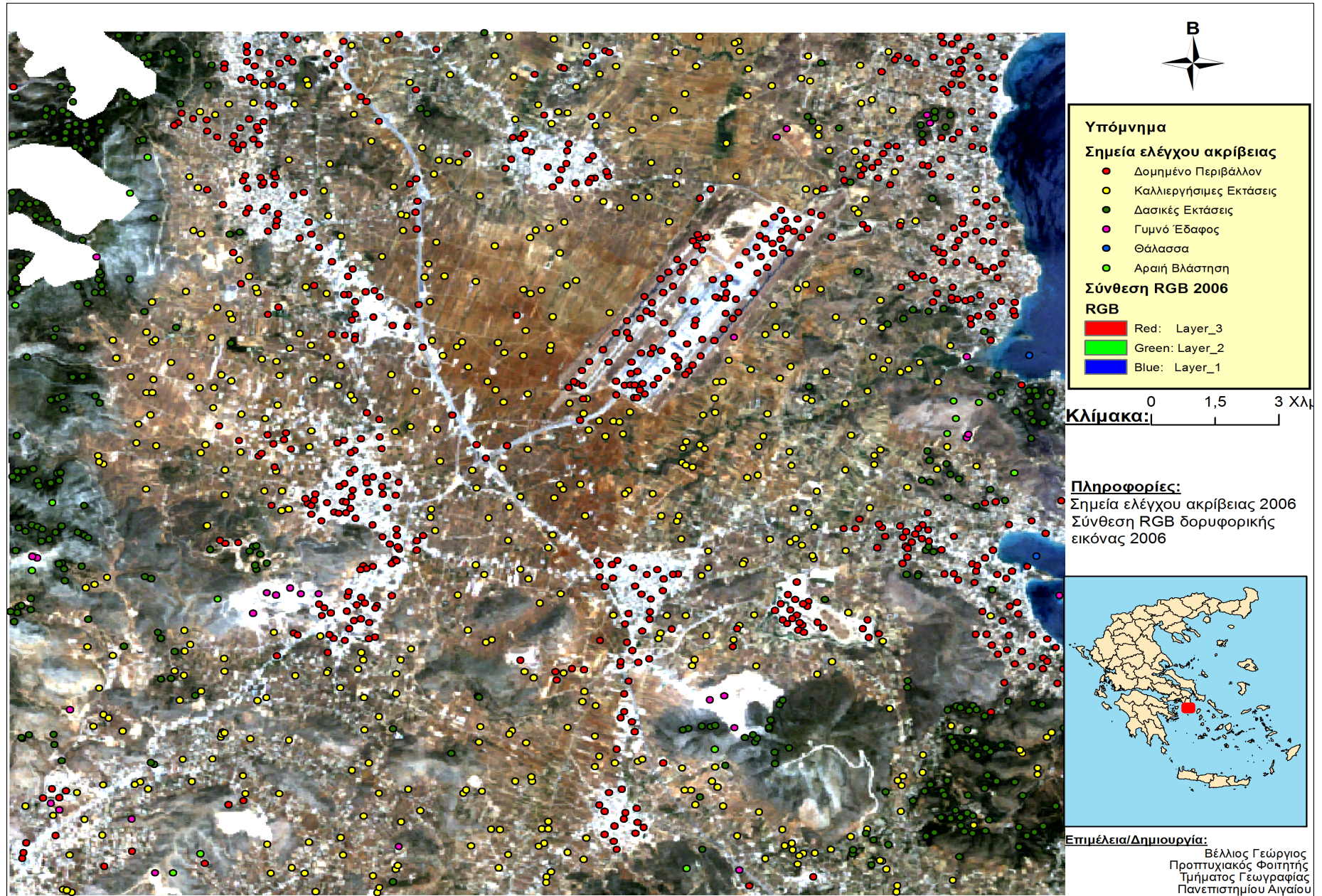
Η ταξινόμηση γυμνού εδάφους ως δομημένο περιβάλλον είναι συνηθισμένο σφάλμα, καθώς έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές, δυσκολεύοντας των διαχωρισμό τους. Η ταξινόμηση καλλιεργήσιμων εκτάσεων ως δομημένο περιβάλλον, συμβαίνει μόνο όταν οι εκτάσεις αυτές δεν καλλιεργούνται, αλλά και δεν έχει γίνει σπορά, ώστε να αυξηθεί η υγρασία του χώματος. Συνεπώς λόγω της μη καλλιέργειας και της ξηρασίας στο χώμα, οι φασματικές υπογραφές μοιάζουν με αυτές του γυμνού εδάφους και κατ' επέκταση με τις φασματικές υπογραφές του δομημένου περιβάλλοντος.

Για το έτος 2011, 8,5% των pixel του δομημένου περιβάλλοντος, έχει ταξινομηθεί σε άλλες κλάσεις, συγκεκριμένα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις και γυμνό έδαφος, ενώ σχεδόν 9% των pixel της υποεξέταση τάξης, ανήκουν σε άλλες τάξεις και συγκεκριμένα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, λίγα σε δασικές και ελάχιστα σε γυμνό έδαφος και αραιή βλάστηση.

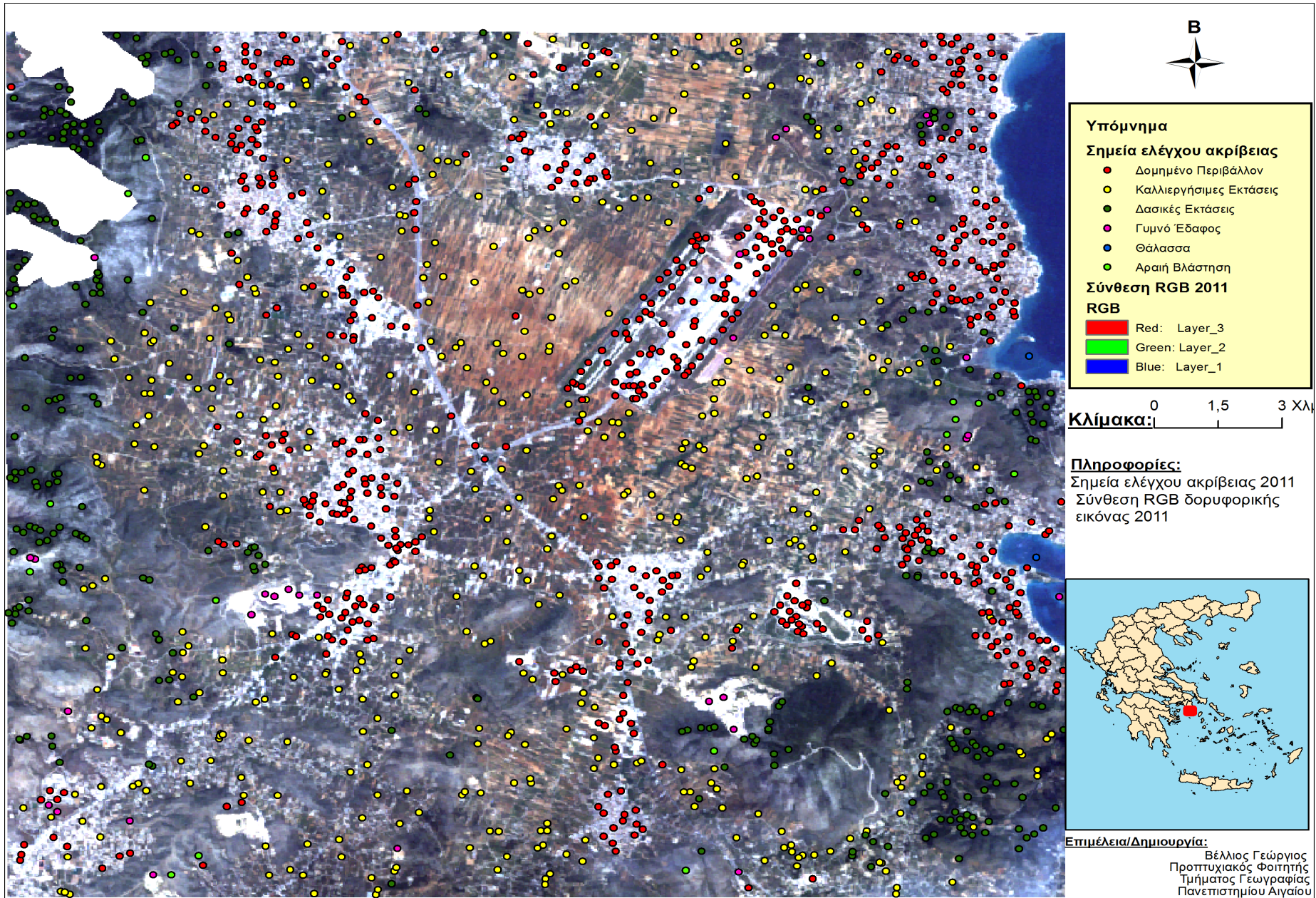
Στην συνέχεια, το 2006 έχουμε περίπου 9% του δομημένου περιβάλλοντος να έχει ταξινομηθεί σε άλλες κλάσεις, συγκεκριμένα σε καλλιέργειες, γυμνό έδαφος και αραιή βλάστηση, ενώ περίπου το 15% των pixel του δομημένου περιβάλλοντος, ανήκουν σε άλλες τάξεις όπως καλλιεργήσιμες εκτάσεις, δασικές εκτάσεις και γυμνό έδαφος.

Συνεπώς για καλύτερα αποτελέσματα, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί υπόβαθρο με ίδια χωρική διακριτική ικανότητα με αυτή των δορυφορικών εικόνων, για την δημιουργία των σημείων ελέγχου, ώστε να έχουμε ακριβέστερη ταξινόμηση, καθώς όπως προαναφέρθηκε καλύψεις γης με μικρότερη επιφάνεια από αυτήν που μπορεί να απεικονίσει μια δορυφορική εικόνα, δεν αποτυπώνονται. Έτσι αν διαγράφαμε τα σημεία τα οποία βρίσκονταν σε καλύψεις γης που δεν μπορούσαν να αποτυπωθούν στην δορυφορική εικόνα λόγω του μεγέθους της επιφάνειάς τους, θα επιρεάζαμε την τυχαιότητα των σημείων.

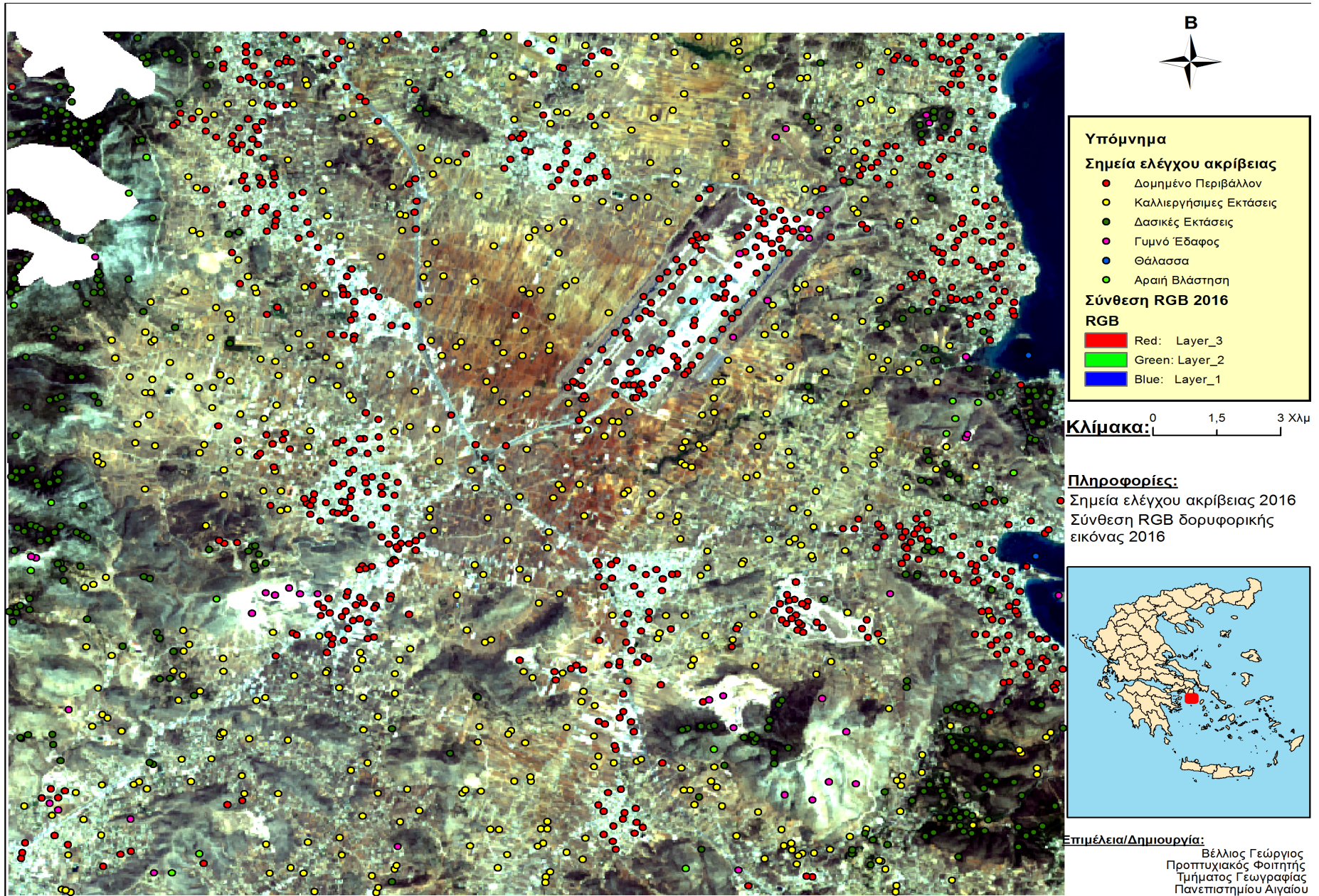
Ακόμη παρατηρήσαμε πως στον έλεγχο των σημείων ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης, το υπόβαθρο της Google, παρουσίαζε μετατοπίσεις στη χρήση ιστορικών εικόνων, δυσχαιρένοντας τον έλεγχο των σημείων.



Εικόνα 6: Χάρτης σημείων ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης, Μεσόγεια Αττικής 2006



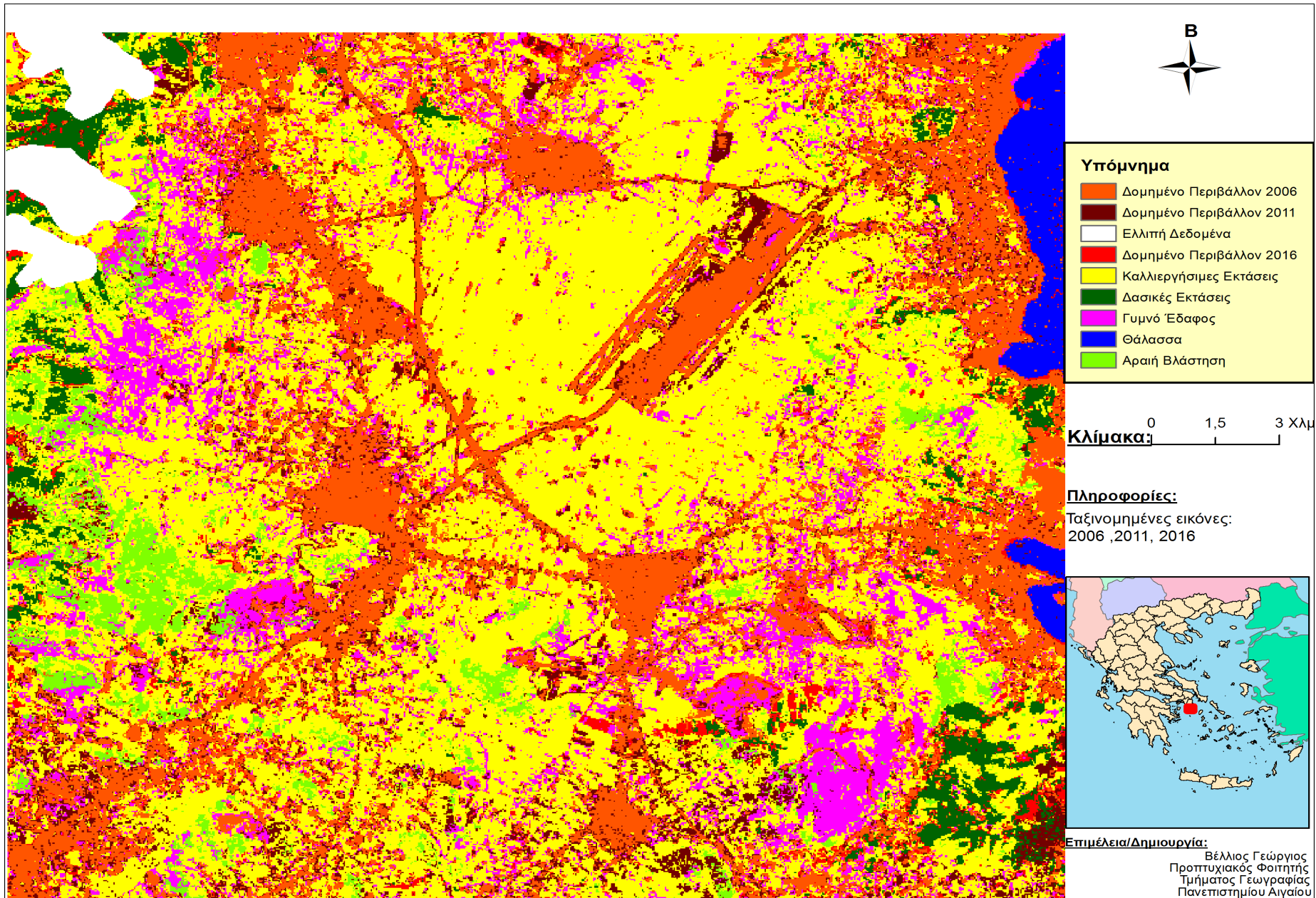
Εικόνα 7: Χάρτης σημείων ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης, Μεσόγεια Αττικής 2011



Εικόνα 8: Χάρτης σημείων ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης, Μεσόγεια Αττικής 2016

Με βάση τις ταξινομημένες εικόνες δημιουργήσαμε χάρτη (Εικόνα 9) που απεικονίζει την αστική εξάπλωση των Μεσογείων Αττικής, από το 2006 έως το 2016, κατηγοριοποιημένο ανά έτος. Με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται το δομημένο περιβάλλον που εντοπίστηκε από την επιβεβλημένη ταξινόμηση του 2006, με σκούρο βυσσινί χρώμα το δομημένο περιβάλλον του 2011 που προστέθηκε στο ήδη υπάρχον του 2006 και με ανοικτό κόκκινο, το δομημένο περιβάλλον του 2016 που προστέθηκε στο ήδη υπάρχον του 2011.

Έτσι παρατηρούμε πως το 2011 δημιουργήθηκε δομημένο περιβάλλον, κυρίως σε Βιομηχανικές Περιοχές και σε περιοχές γύρω από τις υπάρχουσες πόλεις, καθώς και στον διεθνές αερολιμένα “Ελ.Βενιζέλος”, ενώ το 2016 παρατηρείται δημιουργία δομημένου περιβάλλοντος κυρίως στις Βιομηχανικές Περιοχές.



Εικόνα 9:Χάρτης απεικόνισης αστικής εξάπλωσης κατά την περίοδο μελέτης

Ταυτόχρονα δημιουργήσαμε και πίνακα (Πίνακας 6) που απεικονίζει την έκταση, σε στρέμματα, καθώς και το ποσοστό (Πίνακας 7), που προστέθηκε στο δομημένο περιβάλλον, από το 2006 έως το 2016, από τις άλλες εδαφοκαλύψεις. Τέλος δημιουργήσαμε και έναν ακόμη πίνακα (Πίνακας 8), που δείχνει το ποσοστό της κάθε εδαφοκάλυψης του 2006, που άλλαξε σε κάποια άλλη εδαφοκάλυψη το 2016.

Πίνακας 6: Έκταση, σε στρέμματα, που μετατράπηκε από μία εδαφοκάλυψη του 2006, σε άλλη το 2016

2006 \ 2016	Δομημένο Περιβάλλον	Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	Δασικές Εκτάσεις	Γυμνό Έδαφος	Αραιή Βλάστηση
Δομημένο Περιβάλλον	69021,9	-	-	-	-
Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις	22545,9	225666	-	52258,5	4419,9
Δασικές Εκτάσεις	3288,6	9656,1	14767,2	518,4	243
Γυμνό Έδαφος	4459,5	2922,3	-	5998,5	290,7
Αραιή Βλάστηση	4086,9	50539,5	3049,2	13610,7	18367,2

Πίνακας 7: Ποσοστό έκτασης, που μετατράπηκε από μία εδαφοκάλυψη του 2006, σε άλλη το 2016

2006 \ 2016	Δομημένο Περιβάλλον	Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	Δασικές Εκτάσεις	Γυμνό Έδαφος	Αραιή Βλάστηση
Δομημένο Περιβάλλον	66,75	-	-	-	-
Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις	21,8	78,14	-	72,19	18,95
Δασικές Εκτάσεις	3,18	3,34	82,89	0,72	1,04
Γυμνό Έδαφος	4,31	1,01	-	8,29	1,25
Αραιή Βλάστηση	3,95	17,5	17,11	18,8	78,76

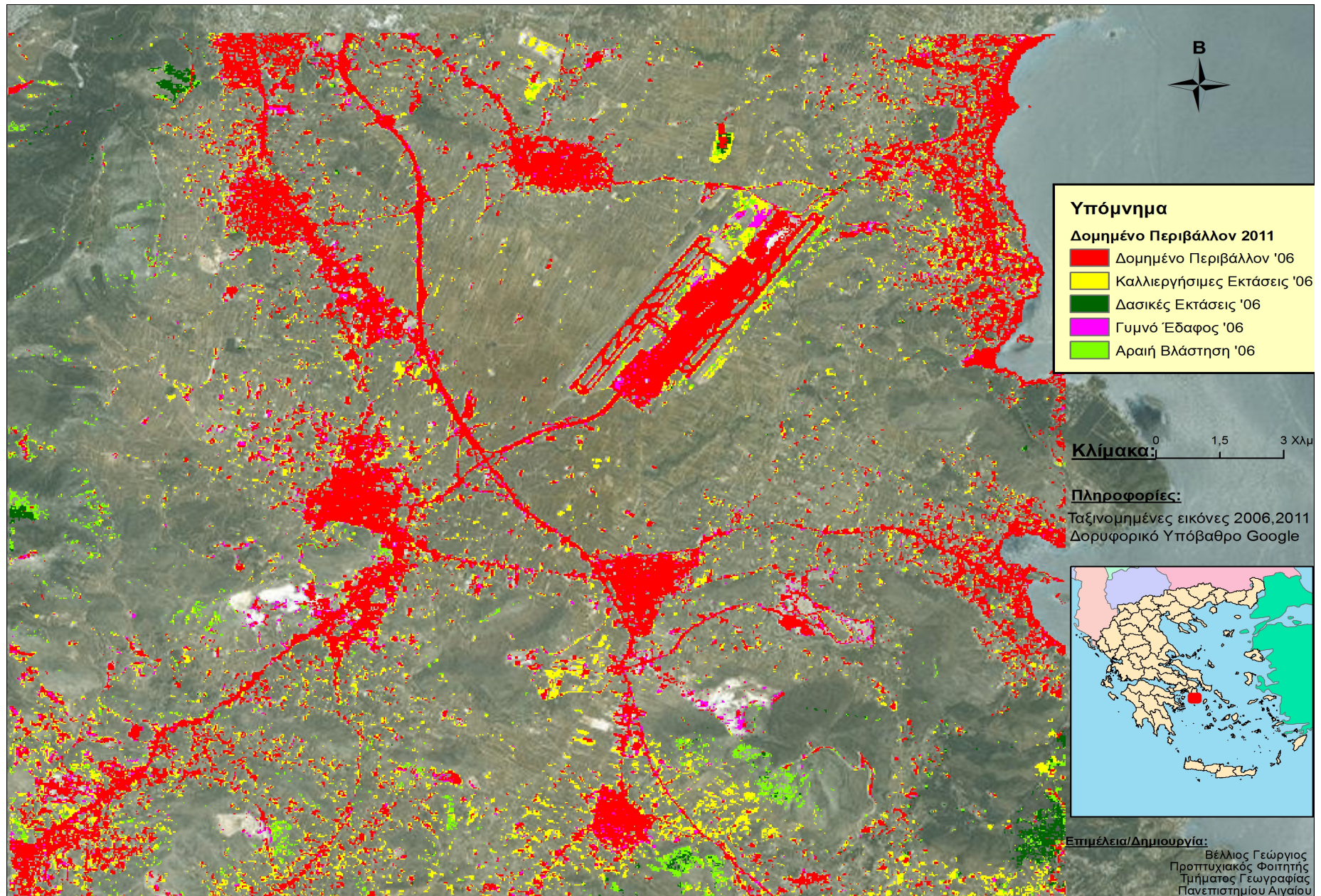
Πίνακας 8: Ποσοστό της κάθε εδαφοκάλυψης του 2006 που μετατράπηκε σε κάποια άλλη το 2016

2006 \ 2016	Δομημένο Περιβάλλον	Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	Δασικές Εκτάσεις	Γυμνό Έδαφος	Αραιή Βλάστηση
Δομημένο Περιβάλλον	100	-	-	-	-
Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις	7,39	74,02	-	17,14	1,45
Δασικές Εκτάσεις	11,55	33,91	51,86	1,82	0,85
Γυμνό Έδαφος	32,62	21,38	-	43,88	2,13
Αραιή Βλάστηση	4,56	56,37	3,4	15,18	20,49

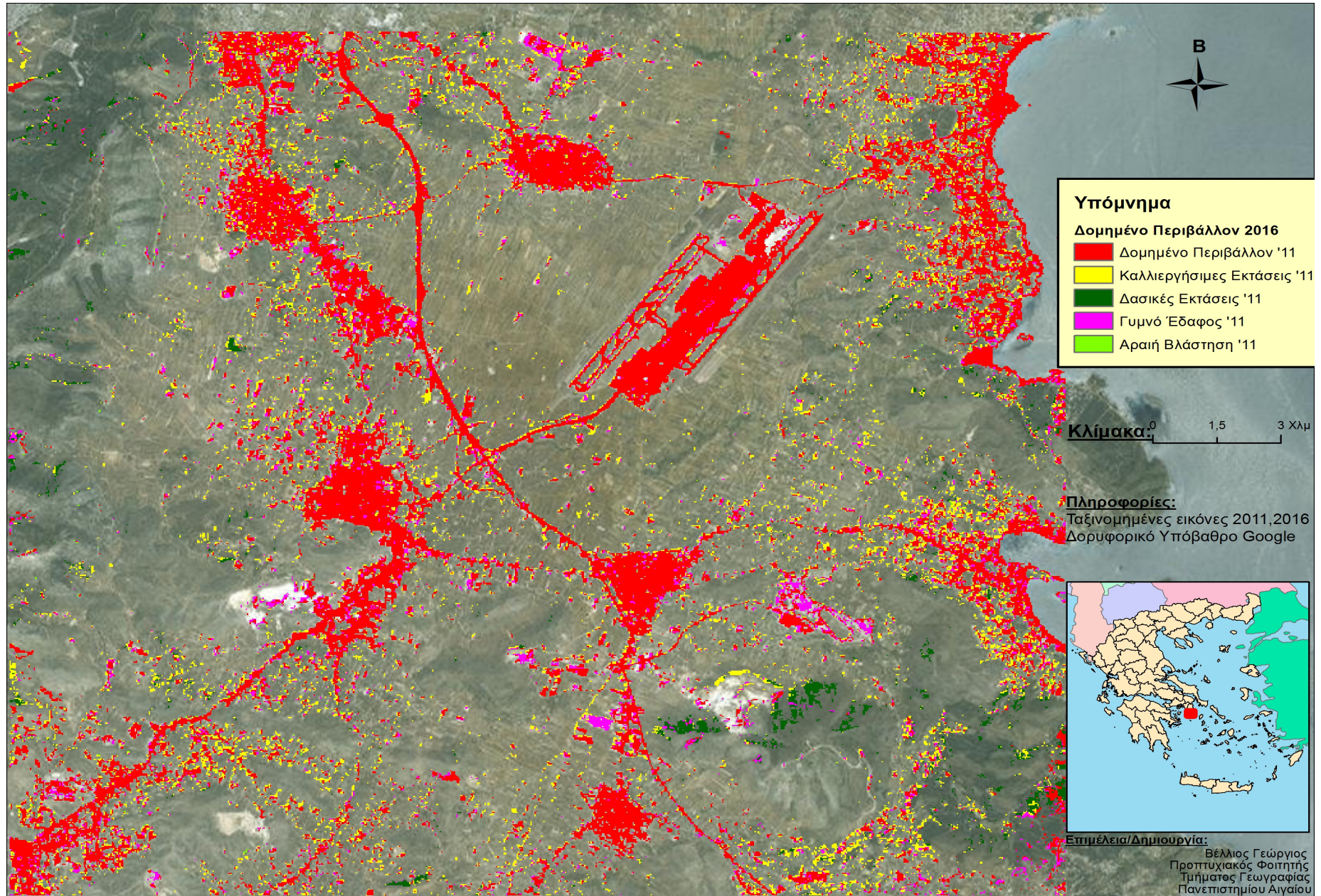
Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε πως στα Μεσόγεια Αττικής οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις είναι σχεδόν διπλάσιες από την έκταση του δομημένου περιβάλλοντος. Επίσης παρατηρούμε πως το 21,8% του υπάρχοντος δομημένου περιβάλλοντος, προήλθε από καλλιεργήσιμες εκτάσεις, που είναι μια συνήθεις πρακτική. Ταυτόχρονα όμως βλέπουμε πως αυτό το 21,8% του δομημένου περιβάλλοντος που προήλθε από καλλιεργήσιμες εκτάσεις, είναι μόλις το 7,39% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπήρχαν το 2006. Ακόμη πρέπει να προσθέσουμε πως όπου βλέπουμε την παύλα (-) στα κελιά, εννοείται πως δεν μπορεί να γίνει λογικά μια αλλαγή από το ένα είδος εδαφοκάλυψης στο άλλο, δηλαδή δεν γίνεται το 2006, παραδείγματος χάριν, να έχουμε τύπο εδαφοκάλυψης δομημένο περιβάλλον και το 2016 να έχουν μετατραπεί σε δασικές εκτάσεις, ή γυμνό έδαφος.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται χάρτες που απεικονίζουν τις περιοχές δομημένου περιβάλλοντος που προέκυψαν το 2011(Εικόνα 10) και το 2016 (Εικόνα 11) σε σχέση με την προηγούμενη εδαφοκάλυψη που βρίσκονταν. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές που ήταν και είναι δομημένο περιβάλλον την

χρονική στιγμή που εξετάζουμε (2011 και 2016 αντίστοιχα), με κίτρινο χρώμα οι περιοχές που ήταν καλλιεργήσιμες εκτάσεις και έγιναν δομημένο περιβάλλον, με πράσινο οι δασικές εκτάσεις που έγιναν δομημένο περιβάλλον, με φούξια οι περιοχές που ήταν γυμνό έδαφος και με ανοιχτό πράσινο οι περιοχές που ήταν αραιή βλάστηση και έγιναν δομημένο περιβάλλον. Τέλος για την απεικόνιση χρησιμοποιήθηκε το δορυφορικό υπόβαθρο της Google.



Εικόνα 10:Χάρτης δομημένου περιβάλλοντος 2011 σε σχέση με προηγούμενες εδαφοκαλύψεις



Εικόνα 11:Χάρτης δομημένου περιβάλλοντος 2016 σε σχέση με προηγούμενες εδαφοκαλύψεις

5 Συμπεράσματα:

Στην παρούσα εργασία, έγινε μια προσπάθεια παρακολούθησης και αποτύπωσης της αστικής εξάπλωσης των Μεσογείων ,για τα έτη 2006, 2011 και 2016, με χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων, δορυφορικές εικόνες Landsat 5 και 8, και χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Έγινε επιβλεπόμενη ταξινόμηση με την μέθοδο της μέγιστη πιθανοφάνειας, με 6 κλάσεις. Η ολική ακρίβεια της ταξινόμησης του 2006 ήταν 84,82%, για το 2011 82,16% και για το 2016 ήταν 83,53%, ενώ για την τάξη του δομημένου περιβάλλοντος ήταν 91,1%, 91,43% και 92,53% αντίστοιχα. Τα σημεία ελέγχου πάρθηκαν με την βοήθεια της ταξινόμησης του Corine και με την χρήση υποβάθρου υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας, από την Google.

Τα αποτελέσματα της εργασίας, συγκεκριμένα για την κλάση δομημένο περιβάλλον, είναι πολύ καλά, καθώς έχουμε πετύχει ακρίβεια ταξινόμησης μεγαλύτερη του 90%, και μας δείχνουν ότι δεν υπήρχε μεγάλη προσθήκη δομημένου περιβάλλοντος σε αυτό του 2006. Στον αντίποδα, παρατηρούμε ότι στις άλλες κλάσεις, υπάρχουν αρκετά σφάλματα, τα οποία θα μπορούσαν να επιλυθούν με αύξηση των πεδίων εκπαίδευσης του αλγορίθμου της μέγιστης πιθανοφάνειας, με αύξηση των αριθμών τάξεων της ταξινόμησης, αλλά και με λήψη των σημείων ελέγχου σε χρονικές στιγμές κοντά σε αυτές της λήψης των δορυφορικών εικόνων, όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία. Αυτήν την δυνατότητα όμως δεν μπορούσε να μας την παρέχει το υπόβαθρο της Google, το οποίο είναι δωρεάν, ενώ ήδη είχαμε κάνει παραδοχές για το έτος 2006 που δεν μας παρέχόταν εικόνα εκείνης της χρονιάς.

Επίσης, ο εντοπισμός αλλαγής εδαφοκάλυψης με σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων, έχει σαν μέθοδος σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς μέσω της ταξινόμησης, ελαχιστοποιούνται στην ανάλυσή μας οι ατμοσφαιρικές επιπτώσεις, οι επιπτώσεις λόγω των αισθητήρων των διαφορετικών δορυφόρων που χρησιμοποιήθηκαν, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεταξύ των εικόνων που χρησιμοποιήσαμε, ενώ ταυτόχρονα μας παρέχει και έναν πλήρη πίνακα πληροφορίας σχετικής με την αλλαγή της εδαφοκάλυψης. Ταυτόχρονα όμως έχει και μερικά πολύ σοβαρά μειονεκτήματα, όπως ότι είναι πολύ χρονοβόρα τεχνική, καθώς πρέπει να γίνει επιβλεπόμενη ταξινόμηση πρώτα, απαιτείται τεχνογνωσία για να γίνει η ταξινόμηση και το σημαντικότερο, η τελική ακρίβεια των αποτελεσμάτων, εξαρτώνται από την ποιότητα της κάθε ταξινομημένης εικόνας. Έτσι, όσο πιο μεγάλη ακρίβεια έχουμε στην ταξινόμησή μας, τόσο πιο ακριβή θα είναι τα αποτελέσματα του εντοπισμού της αλλαγής εδαφοκάλυψης. Συνεπώς για πιο επιτυχημένο, μεγάλη ακρίβεια, εντοπισμό αλλαγής της εδαφοκάλυψης προτείνεται να επιλέγονται επαρκή δεδομένα εκπαίδευσης του αλγορίθμου ταξινόμησης, καθώς και σημεία ελέγχου ακρίβειας της ταξινόμησης. (Lu et al.,2004)

Για να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για την αστική εξάπλωση των Μεσογείων της Αττικής, θα έπρεπε να διευρύνουμε την χρονική περίοδο μελέτης, ενώ θα μπορούσαμε να δούμε και διαχρονικά τα “μέγιστα” της αστικής εξάπλωσης της συγκεκριμένης περιοχής, με χρήση όμως διαφορετικού υποβάθρου για τον έλεγχο ακρίβειας της ταξινόμησης, που θα συνέπεται με την χρονική στιγμή λήψης των δορυφορικών εικόνων που θα χρησιμοποιούνταν.

Τέλος τα αποτελέσματα της εργασίας, θα μπορούσαν να συγκριθούν με τις κατευθύνσεις που δίνονται από το χωροταξικό σχέδιο της περιοχής, για να δούμε αν και κατά πόσο εφαρμόστηκε το σχέδιο.

6. Βιβλιογραφία:

- Καρτάλης Κ., Φείδας Χ. (2013), "Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης", ΤΖΙΟΛΑ, σελ. 194-195
- Μερτίκας Σ.Π. (2009), "Τηλεπισκόπησης και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας", ΙΩΝ, σελ. 385-386, 391-394, 396-398
- Σιδηρόπουλος Γ. (2014), "Ανθρωπογεωγραφίας συνοπτικό λεξικό: Άτακτοι γλώσσα", Αθ. Σταμούλης, σελ.30-31
- Campbell J.B., Wynne R.H. (2011), "Introduction to Remote Sensing", 5th Edition, Guilford Press, pp.352
- 6.1. Επιστημονικά Άρθρα:*
- Chander G., Markham B.L., Helder D.L. (2009) Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), pp.893-903
- Chen X.-L., Zhao H.-M., Li P.-X., Yin Z.-Y. (2006) Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), pp.133-146
- Chorianopoulos I., Pagonis T., Koukoulas S., Drymoniti S. (2010) Planning, competitiveness and sprawl in the Mediterranean city: the case of Athens. *Cities*, 27, pp.249–259
- Chorianopoulos I., Tsilimigkas G., Koukoulas S., Balatsos T. (2014) The shift to competitiveness and a new phase of sprawl in the Mediterranean city: enterprises guiding growth in Messoghia-Athens, *Cities*, 39, pp. 133-143
- Congalton R.G. (1991) A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37, pp.35-46
- Fitzpatrick-Lins K. (1981) Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 47(3) , pp.343-351
- Foody G.M. (2002) Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), pp.185-201
- He Chunyang, Shi Peijun, Xie Dingyong, Zhao Yuanyuan (2010) Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach, *Remote Sensing Letters*, 1:4, 213-221
- Jat M.K., Garg P.K., Kahre D. (2008) Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 10, issue 1, pp.26-43
- Kaya S., Curran P. (2005) Monitoring urban growth on the European side of the Istanbul metropolitan area: a case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(1), pp.18-25
- Lu D., Mausel P., Brondizio E., Moran E. (2004) Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 20(12), pp. 2365-2407
- Nelson R. (1983) Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49:1303-1314.
- Pagonis, T., Chorianopoulos, I., Koukoulas, S., & Drymoniti, S. (2008). Urban competitiveness and sprawl

as conflicting planning priorities: The Olympic legacy of Athens. Paper presented at the 44th ISOCARP congress, Dalian, China. (http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1361.pdf τελευταία είσοδος 16/10/2017)
Rawashdeh S.AI , Saleh B.(2006).Satellite monitoring of urban spatial growth in the Amman area, Jordan. *Journal of Urban Planning and Development*,132, pp.211-216

Stathakis D,Perakis K,Savin I. (2012).Efficient segmentation of urban areas by the VIBI. *Int J Remote Sens.* 33:6361–6377

Stehman S.V., Czaplewski R.L.(1998).Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles,*Remote Sensing of Environment*, 64:331–344.

Using the USGS Landsat 8 Product. Available online: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (τελευταία είσοδος 08/10/2017)

Ward D., Phinn S.R., Murray A.T. (2000) Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data, *Professional Geographer*,52(3), pp. 371-386

Yin J.,Yin Z.,Zhong H., Xu S., Hu X., Wang J., Wu J. (2010) Monitoring urban expansion and land use/land cover changes of Shanghai metropolitan area during the transitional economy (1979–2009) in China, *Environmental Monitoring and Assessment*,177(1), pp. 609-621

Yuan F., Sawaya K.E., Loeffelholz B.C., Bauer M.E. (2005) Land cover mapping and change analysis in the Twin Cities Metropolitan Area with Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 98(2–3), pp.317-328

Zha Y. , Gao J., Ni S. (2003) Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 24:3, 583-594

6.2. Διαδικτυακές Πηγές:

<http://www.newsbomb.gr/ellada/news/story/716673/ektakto-fotia-sta-kalyvia-attikis> (τελευταία είσοδος 08/10/2017)

<http://iate.europa.eu> (τελευταία είσοδος 2/10/2017)

<https://earthexplorer.usgs.gov/> (τελευταία είσοδος 03/05/2017)

<http://geodata.gov.gr/> (τελευταία είσοδος 23/07/2017)

<http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (τελευταία είσοδος 15/05/2017)

<https://landsat.usgs.gov/landsat-5-history> (τελευταία είσοδος 08/10/2017)

<https://landsat.usgs.gov/landsat-8-history> (τελευταία είσοδος 08/10/2017)

Εικόνα εξωφύλλου:

Lu L., Guo H., Wang C., Pesaresi M., Ehrlich D., (2014)“Monitoring bidecadal development of urban agglomeration with remote sensing images in the Jing-Jin-Tang area, china.*J. Appl. Remote Sens.*,8