

Ανίχνευση Κτιρίων -ως Συνιστώσα Ανάπτυξης- με Γεωμορφομετρία και Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Εικόνων

Σ. Μπέκα, Διπλωματούχος Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός

Δ. Αργιαλάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Π. Κολοκούσης, Δρ.Μηχ., Ε.ΔΙ.Π. - Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Ο προγραμματισμός της ανάπτυξης μιας περιοχής, αποτελεί βασική διαδικασία για την επίτευξη των στόχων της. Ταυτόχρονα οι ιδιομορφίες των ορεινών και γεωγραφικά απομονωμένων περιοχών, σε συνδυασμό με την εξέλιξη στους τομείς των μέσων απεικόνισης και του λογισμικού επεξεργασίας των εικόνων, καθιστούν τις τηλεπισκοπικές μεθοδολογίες, ως ιδιαίτερα αποτελεσματικά εργαλεία για τον σχεδιασμό και την παρακολούθηση υλοποίησης των στόχων της ανάπτυξης. Με την παρούσα παρουσιάζεται μεθοδολογία αυτοματοποιημένης ανίχνευσης κτιρίων από την ψηφιακή επεξεργασία δεδομένων εικόνων τηλεπισκόπησης. Για την ανίχνευση των κτιρίων, εφαρμόζονται αλγόριθμοι αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και γεωμορφομετρικά φίλτρα-δείκτες. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι πολυφασματικά και υψομετρικά, και εισήχθησαν στο λογισμικό SAGA-GIS προκειμένου να δημιουργηθούν τα αρχικά θεματικά επίπεδα στα οποία εφαρμόστηκαν τα γεωμορφομετρικά φίλτρα. Το προϊόν της επεξεργασίας, μαζί με τα πολυφασματικά δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό eCognition για να υλοποιηθεί η αντικειμενοστρεφής ανάλυση, με την δημιουργία δύο επιπέδων κατάτμησης και δύο επιπέδων ταξινόμησης. Η τελική ταξινόμηση πραγματοποιήθηκε στο δεύτερο επίπεδο, οπότε και εντοπίστηκαν τα κτίρια. Οι ταξινομήσεις αξιολογήθηκαν, μέσω του λογισμικού eCognition, με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα, με τις μεθόδους “καλύτερης ταξινόμησης”, “σταθερότητας” ταξινόμησης και με τη μέθοδο του “πίνακα σύγκυσης βασισμένου σε δείγματα”. Στο τέλος της παρούσας περιγράφονται ενδεικτικά προτάσεις εφαρμογής της, μεθοδολογίας για το σχεδιασμό και την παρακολούθηση ανάπτυξης ορεινών και γεωγραφικά απομονωμένων περιοχών.

Λέξεις Κλειδιά

Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη, Σχεδιασμός και Παρακολούθηση Ανάπτυξης Ορεινών Περιοχών, eCognition, SAGA-GIS, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π), Κατάτμηση, Ταξινόμηση, Δεδομένα LIDAR, Κατάτμηση βάσει Ταξινόμησης, Κλίση (SLOPE), Τοπογραφικός Δείκτης Τραχύτητας του Εδάφους (TRI).

1. Ανάπτυξη και Τηλεπισκόπηση

1.1 Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη

Η ανάπτυξη μιας περιοχής δημιουργεί μια νέα κατάσταση, όπου οι κάτοικοι βιώνουν καλύτερες συνθήκες ζωής και εργασίας, μεγαλύτερη οικονομική άνεση και ευκολότερη πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες. Οι βελτιώσεις αυτές πραγματοποιούνται, μέσα από την θετική αλληλεπίδραση πολλών παραγόντων, όπως είναι η κοινωνική διαστρωμάτωση της περιοχής, η απασχόληση, τα διαθέσιμα κεφάλαια, η επιχειρηματική δραστηριότητα, οι τοπικά διαθέσιμοι φυσικοί πόροι, η επιστημονική και τεχνολογική πρόοδος, οι υποδομές, η χωροταξία, η χρήση της γης, το πολιτιστικό υπόβαθρο, τα αξιοθέατα της περιοχής αλλά και οι ίδιες οι ανάγκες των κατοίκων, σε συνδυασμό με την οικονομική τους κατάσταση.

Για να υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης της ανάπτυξης σε βάθος χρόνου, θα πρέπει να συνδυάζονται οι σημερινές βελτιώσεις, με τη δημιουργία υποδομής και συνείδησης για μία ευαίσθητη στάση απέναντι στο φυσικό περιβάλλον και στα οικολογικά προβλήματα.

Στο πλαίσιο αυτό, έχει διατυπωθεί η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης, η οποία σύμφωνα με την παγκόσμια επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη (1987) ορίζεται σαν: «η ανάπτυξη εκείνη, η οποία καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενιών, να καλύπτουν τις ανάγκες τους» (Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, 1987)

Περαιτέρω, με βάση τα παραπάνω, και με επίκεντρο τον άνθρωπο, έχει καθιερωθεί, η έννοια της *αξιοβίωτης ολοκληρωμένης ανάπτυξης* που προέκυψε από την επιστημονική διερεύνηση, στο πλαίσιο των επιστημονικών δραστηριοτήτων του Διεπιστημονικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» του ΕΜΠ, του Μετσόβιου Κέντρου Διεπιστημονικής Έρευνας (ΜΕ.Κ.Δ.Ε.), καθώς και του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.

Έτσι, ως *ολοκληρωμένη ανάπτυξη* έχει οριστεί, τεκμηριωθεί επιστημονικά και θεωρείται «η ταυτόχρονα στον χώρο και στον χρόνο κατάλληλη οικονομική, κοινωνική, πολιτική, πολιτισμική και τεχνική/τεχνολογική ανάπτυξη, η οποία θα πρέπει να τελείται πάντα σε διαλεκτική αρμονία και με σεβασμό στον άνθρωπο και το φυσικό και πολιτισμικό του περιβάλλον, μέσα στο οποίο αυτός εντάσσεται ειρηνικά και δημιουργικά, ως οργανικό και αναπόσπαστο μέρος του και όχι ως κυρίαρχος, ιδιοκτήτης ή εκμεταλλευτής του». Τελικά, «αξιοβίωτη» είναι εκείνη η μορφή ολοκληρωμένης ανάπτυξης «για την οποία χαιρέται κανείς να ζει», ανεξαρτήτως ηλικίας, φύλου, εθνικότητας και κοινωνικής τάξης στην οποία ανήκει, προκειμένου να απολαύσει όλα τα συστατικά της στοιχεία: το οικονομικό, το κοινωνικό, το πολιτικό, το πολιτισμικό, το τεχνικό και το τεχνολογικό (Ρόκος 2004).

1.2 Σχεδιασμός και Παρακολούθηση Ανάπτυξης Περιοχών

Παραδοσιακά ο οργανωμένος προγραμματισμός ανάπτυξης μιας περιοχής πραγματοποιείται στα παρακάτω τέσσερα βασικά στάδια (Ρόκος 2004)

- **Αποτύπωση της παρούσας κατάστασης** στην περιοχή, που περιλαμβάνει την απογραφή των *Ολοκληρωμένων Αποδόσεων των φυσικών διαθεσίμων της περιοχής* (Ρόκος 2004), δηλαδή των οικονομικών, γεωγραφικών, περιβαλλοντολογικών δεδομένων, των διαθέσιμων υποδομών και πόρων (φυσικών και ανθρώπινων) καθώς και των κοινωνικών-καταναλωτικών δεδομένων της περιοχής. Μετά την αποτύπωση του παρόντος, ακολουθεί η ανάλυση των δεδομένων, με σκοπό να δημιουργηθεί σαφής εικόνα για την σημερινή κατάσταση της περιοχής.

- **Θέσπιση στόχων για τη μελλοντική κατάσταση** της περιοχής. Μετά την αποτύπωση του σήμερα, θεσπίζονται οι στόχοι για την μελλοντική κατάσταση της περιοχής, έχοντας υπόψη τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα, για κάθε μια κατηγορία.

- **Σχεδιασμός υλοποίησης των στόχων.** Κατόπιν, σχεδιάζονται οι δράσεις μετάβασης από το παρόν στο μέλλον. Εδώ εξετάζονται οι διαθέσιμες επιλογές, και καταγράφονται εναλλακτικά σενάρια για τη σειρά που θα ακολουθήσει η εφαρμογή των δράσεων. Μετά τη συγκριτική αξιολόγηση του απαιτούμενου χρόνου και πόρων που σχετίζονται με το κάθε ένα σενάριο, πραγματοποιείται η τελική επιλογή που περιλαμβάνει τα καλύτερα δυνατά (*βέλτιστα*) σενάρια, αλλά και εναλλακτικά, σε περίπτωση που υπάρξουν προβλήματα υλοποίησης των πρώτων.

- **Θέσπιση τρόπων παρακολούθησης της υλοποίησης των στόχων.** Προκειμένου να γίνεται έγκαιρα η αλλαγή σεναρίων, αλλά και για την αξιολόγηση της υλοποίησης των στόχων, θεσπίζονται τόσο οι τρόποι παρακολούθησης των αποτελεσμάτων, όσο και η ανατροφοδότηση του σχεδιασμού υλοποίησης τους. Η θέσπιση αυτή είναι ιδιαίτερα

σημαντική αφού αποτελεί το μόνο μέσο αξιόπιστης μέτρησης των δράσεων και εάν χρειαστεί, οδηγεί έγκαιρα σε εναλλακτικά σενάρια.

1.3 Ανάπτυξη Ορεινών και Γεωγραφικά Απομονωμένων Περιοχών

Εάν ληφθεί υπόψη η επίδραση των γεωγραφικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός τόπου, είναι δεδομένο ότι η σχεδίαση και η παρακολούθηση της ανάπτυξης του δεν μπορούν να είναι ίδιες για όλες τις περιοχές του, αλλά διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με την κοινωνική και οικονομική πραγματικότητα που επικρατεί σε κάθε μια περιοχή.

Ειδικότερα οι ορεινές περιοχές, παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες, που οφείλονται στο ανάγλυφο και τη μορφολογία του εδάφους, στην τοπική χλωρίδα και πανίδα, στην μικρή πληθυσμιακή πυκνότητα, αλλά και τις δυσκολίες δημιουργίας υποδομών (κοινοφελείς υπηρεσίες, συγκοινωνιακά έργα, δίκτυα επικοινωνιών και διανομής νερού και ενέργειας).

Αντίστοιχα, οι γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές, δηλαδή εκείνες που κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η δυσκολία πρόσβασης, παρουσιάζουν επίσης ιδιαίτερη κοινωνική και οικονομική πραγματικότητα, ανεξάρτητα εάν κατατάσσονται στις ορεινές, στις νησιωτικές ή σε ιδιόμορφες χερσαίες περιοχές.

Γενικότερα οι περιοχές αυτές, χρειάζονται συγκριτικά εκτενέστερο σχεδιασμό και στενότερη παρακολούθηση της υλοποίησης των στόχων ανάπτυξης. Η ανάγκη αυτή προκύπτει τόσο από τις ίδιες τις ιδιαιτερότητες τους, όσο και από τις ενδεχόμενες δυσμενείς συνέπειες που μπορούν να προκύψουν, από την εμφάνιση αδυναμίας για την εφαρμογή σεναρίων δράσεων που σχεδιάστηκαν.

Επίσης, θα πρέπει ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση υλοποίησης των στόχων ανάπτυξης να πραγματοποιείται με τρόπο που να εξασφαλίζει την ταχεία συλλογή, παρουσίαση και ανάλυση δεδομένων και αποτελεσμάτων, καθώς και να βασίζεται σε αδιάβλητη και ταχύτατη μεθοδολογία, καθώς και σε πραγματικά στοιχεία ευρύτατης έκτασης, προκειμένου οι διαδικασίες αυτές να μην είναι συγκυριακές – αποσπασματικές και να μην επηρεάζονται από πρόσκαιρα συμφέροντα.

1.4 Η Τηλεπισκόπηση ως Εργαλείο Σχεδιασμού και Παρακολούθησης Ανάπτυξης

Την απάντηση στις παραπάνω απαιτήσεις για αποτελεσματικό σχεδιασμό και παρακολούθηση της ανάπτυξης μιας περιοχής, δίνει η χρήση των τεχνολογικών δυνατοτήτων και των μεθοδολογιών που ανήκουν στα επιστημονικά πεδία της Τηλεπισκόπησης, της Φωτοερμηνείας, των Ψηφιακών Επεξεργασιών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων, της Φωτογραμμετρίας και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ. Σ. Π.), μέσω των οποίων παρέχεται δυνατότητα συστηματικής και ταχύτατης συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων, με τις ελάχιστες δυνατές επισκέψεις στις εξεταζόμενες περιοχές.

Ειδικότερα, για την Τηλεπισκόπηση, η τεχνολογική εξέλιξη στους τομείς των δορυφορικών και των αερομεταφερόμενων αισθητήρων & μέσων απεικόνισης, σε συνδυασμό με την ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής και ιδιαίτερα του λογισμικού επεξεργασίας των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, προσφέρει την δυνατότητα καταγραφής και ανάλυσης, με συστηματικό και επαναληπτικό τρόπο, των φυσικών, τεχνητών, κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων και ιδιαιτεροτήτων μιας περιοχής ενδιαφέροντος, αλλά και τις αλληλεπιδράσεις και τις τάσεις μεταβολών τους με την πάροδο του χρόνου.

Οι διαχρονικές και διεποχικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις του φυσικού και κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος, διαφορετικών κλιμάκων και ακριβειών, αποτελούν πολύτιμα αρχεία δυναμικών δεδομένων, από τα οποία, με κατάλληλες φωτοερμηνευτικές και τηλεπισκοπικές μεθόδους, αναλογικές και ψηφιακές, μπορούν να αντληθούν πολύτιμες πληροφορίες, μετρητικές και ποιοτικές για τα φυσικά και τα ανθρώπινα διαθέσιμα, για τις χρήσεις/καλύψεις γης καθώς και για τις αναπτυξιακές δυνατότητες, τα προβλήματα και τους περιορισμούς της κάθε περιοχής/περιφέρειας (Ρόκος 2004).

Για το στάδιο του σχεδιασμού ανάπτυξης περιοχών, και ειδικότερα για την καταγραφή των Ολοκληρωμένων Αποδόσεων των φυσικών διαθεσίμων της κάθε ορεινής περιοχής με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης απαιτούνται: τηλεπισκοπικές απεικονίσεις υψηλών Διαχωριστικών & Διακριτικών Ικανοτήτων (spatial resolution) που να έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονολογίες και εποχές λήψης. Η γνώση των επιμέρους ποσοτικών και ποιοτικών πληροφοριών που θα αποκτηθεί από την επεξεργασία των υπόψη απεικονίσεων, θα διευκολύνει τη δημιουργία βάσεων δεδομένων με τα στοιχεία που καταγράφηκαν και αναλύθηκαν, τη χωρική επεξεργασία και το ψηφιακό σχεδιασμό σε κατάλληλο λογισμικό, έτσι ώστε τελικά η ανάπτυξη των περιοχών να σχεδιάζεται με βάση τις ιδιαιτερότητες τους, όπως π.χ. την υψομετρική ζώνη, το είδος της βλάστησης, το είδος της πανίδας, τη γεωλογία του εδάφους, την υφιστάμενη κτιριακή κατανομή, τη διάρθρωση των δικτύων υποδομών, τον αριθμό των κατοίκων των οικισμών, κτλ. Ταυτόχρονα η δυνατότητα για συνεχή και αξιόπιστη καταγραφή των στοιχείων αυτών, αποτελεί μοναδικό εργαλείο λήψης ορθολογικών αποφάσεων κατά την παρακολούθηση υλοποίησης του σχεδιασμού και εφαρμογής διορθωτικών παρεμβάσεων όπου απαιτείται.

Επιπρόσθετα με την εφαρμογή τηλεπισκοπικών μεθόδων καταγραφής και ανάλυσης των δεδομένων της περιοχής ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση της ανάπτυξης περιοχών πραγματοποιείται **απρόσκοπτα, με ακρίβεια και ταχύτητα** αποφεύγοντας εμπλοκές με θέματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, ενώ ειδικά για τις ορεινές και τις γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές αποτελεί ίσως το μοναδικό εργαλείο σχεδιασμού αναπτυξιακών πρωτοβουλιών, όταν οι περιοχές αυτές είτε είναι δυσπρόσιτες, ή η πρόσβασή σ' αυτές για σκοπούς σχεδίασης, θα συνεπάγεται υψηλό κόστος.

2. Μεθοδολογία Αυτοματοποιημένης Ανίχνευσης Κτιρίων

2.1 Αντικείμενο και Δεδομένα

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό η ταχεία, ακριβής και απρόσκοπτη απόκτηση πραγματικής εικόνας της οικιστικής κατάστασης μιας περιοχής είναι καθοριστική τόσο για σκοπούς σχεδιασμού, όσο και παρακολούθησης της ανάπτυξης της, με εφαρμογές κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντολογικού ενδιαφέροντος, που συνοψίζονται στη συνέχεια σε αντίστοιχη παράγραφο. Με λίγα λόγια δηλαδή, η απόκτηση της εικόνας των κτιρίων μιας περιοχής θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν αυτοματοποιημένη.

Ο αυτοματοποιημένος εντοπισμός κτιρίων από την επεξεργασία τηλεπισκοπικών εικόνων υψηλής χωρικής ανάλυσης έχει ευνοηθεί ιδιαίτερα από την τεχνολογική εξέλιξη στους τομείς της πληροφορικής και των μέσων τηλεπισκόπησης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι, όπως η τοπογραφία και η φωτοερμηνεία, μερικές φορές δεν μπορούν να ικανοποιήσουν πλήρως ιδιαίτερα εξειδικευμένες ανάγκες, μεταξύ άλλων και στον τομέα του εντοπισμού κτιρίων, κυρίως επειδή τα φασματικά χαρακτηριστικά των κτιρίων είναι παρόμοια με αντίστοιχα στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου.

Σήμερα η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών, όπως πχ. η τεχνολογία Light Detection And Ranging (LiDAR), επιτρέπει τη γρήγορη, αξιόπιστη και αυτοματοποιημένη καταγραφή τρισδιάστατων (3D) αντικειμένων με μεγάλη λεπτομέρεια, λόγω της εγγενούς δυνατότητας της να καταγράφει πολύπλοκα και ακανόνιστα μοντέλα.

Έχει αναπτυχθεί πλήθος μεθόδων για την ανίχνευση κτιρίων, όπως η χρήση δεδομένων LiDAR, η χρήση μορφολογίας (Cho et al., 2004), η κατάτμηση εικόνας (Rottensteiner και Briese, 2003; Cho et al, 2004), η κατάτμηση και ταξινόμηση (Forlani et al., 2006), καθώς και μέθοδοι με βάση τους δείκτες βλάστησης (Sohn και Dowman, 2003 και 2007; Rottensteiner et al., 2003). Πλην όμως, ακόμη και με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, παραμένουν οι δυσκολίες στον τομέα του εντοπισμού κτιρίων κυρίως λόγω της δυσκολίας που αντιμετωπίζεται για την πλήρη αφαίρεση της βλάστησης.

Έτσι, στα πλαίσια της διερεύνησης των δυνατοτήτων που παρέχονται στον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της ανάπτυξης μιας περιοχής, από την εφαρμογή προηγμένων μεθόδων ανάλυσης, παρουσιάζεται μεθοδολογία αυτοματοποιημένης ανίχνευσης κτιρίων από την ψηφιακή επεξεργασία δεδομένων εικόνων που έχουν ληφθεί από μέσα τηλεπισκόπησης. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιεί ψηφιακούς αλγορίθμους αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης (object based image analysis) και (γεω)μορφομετρικά φίλτρα-δείκτες, οπότε συνδυάζει τη μορφομετρία με την αντικειμενοστρεφή ανάλυση και αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν.

Τα διαθέσιμα δεδομένα καταγράφηκαν σε περιοχή της Γερμανίας. Η περιοχή μελέτης αφορά σε εικόνα μεγέθους 7640 x 4440 εικονοστοιχείων (pixels), ανάλυσης (resolution) 0,5μέτρων, η οποία για την ευχερέστερη επεξεργασία της, διαιρέθηκε σε τρεις μικρότερες περιοχές με εικόνες μεγέθους 2565 x 4440 pixels η κάθε μια (Εικόνα 1). Διευκρινίζεται ότι οι περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν τα βασικά είδη εκτάσεων που μπορούν να εντοπιστούν σε μία εικόνα.



Εικόνα 1. Διαχωρισμός αρχικής Εικόνας (7640 x 4440 pixels), σε τρεις Περιοχές μελέτης (2565 x 4440 pixels η κάθε μια)

Τα δεδομένα μελέτης προήλθαν από την εταιρεία **TopoSys**, που πραγματοποίησε μετρήσεις μέσω του συστήματος FALCON II, το οποίο συνδυάζει τη χρήση αισθητήρα λέιζερ (LiDAR) και γραμμικού σαρωτή RGB/NIR τεχνολογίας CCD. Από τον υπόψη

συνδυασμό προκύπτουν τα ακόλουθα υψομετρικά και πολυφασματικά δεδομένα καθώς και δεδομένα έντασης:

- Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο επιφανείας πρώτου παλμού μεγίστων τιμών (DSM FE Highest values).
- Ψηφιακό μοντέλο εδάφους DTM (Digital Terrain Model)
- Ψηφιακό μοντέλο διαφορών DSM_FE-DSM_LE
- Ψηφιακά δεδομένα εικόνων στα τέσσερα φασματικά κανάλια Red, Green Blue, Infrared

2.2 Εφαρμογή Μεθοδολογίας-Αποτελέσματα

Για την εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο κύριες προσεγγίσεις, αφενός μεν της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνων μέσω του λογισμικού **eCognition (9.0)** και αφετέρου δε της γεωμορφομετρίας, μέσω του λογισμικού **System for Automated Geoscientific Analyses -SAGA-GIS (2.0.8)**, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της προεπεξεργασίας- δημιουργίας παραγώγων της υψομετρικής πληροφορίας. Το λογισμικό **eCognition (9.0)**, αναπτύχθηκε από την **DEFINIENS Imaging GmbH** (πλέον **Trimble Navigation Ltd**), ενώ το λογισμικό **SAGA-GIS (2.0.8)** ανήκει στην κατηγορία ψηφιακών αλγορίθμων ανοικτής πηγής (**Free Open Source Software -FOSS**) και αναπτύσσεται πλέον με μέριμνα ομάδας επιστημονικού προσωπικού του Department of Physical Geography, Hamburg.

2.2.1 Γεωμορφομετρία

Για να υπολογιστούν τα γεωμορφομετρικά φίλτρα-δείκτες, από τα αρχικά δεδομένα, τα πρώτα τρία (DSM FE Highest values, DTM και DSM_FE-DSM_LE) εισήχθησαν στο λογισμικό **SAGA-GIS**, αφού πρώτα εφαρμόστηκε, στο καθένα από αυτά, φίλτρο διαμέσου (**Median Filter**), προκειμένου να περιοριστεί ή και να εξαλειφθεί ο θόρυβος που περιείχαν. Τα παράγωγα της επεξεργασίας ήταν τα παρακάτω θεματικά επίπεδα με τους αντίστοιχους για κάθε περίπτωση σκοπούς:

- Για τον σκοπό της διάκρισης των υπέργειων αντικειμένων:
Προέκυψε το **θεματικό επίπεδο** διαφοράς του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Digital Terrain Model, DTM) από το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας πρώτου παλμού μεγίστων τιμών (DSM First Echo Highest Values) **DIFF (FEH-DTM)**
- Για τον σκοπό της ανίχνευσης των ακμών:
 - Προέκυψε το **θεματικό επίπεδο** κλίσης (**SLOPE**) της διαφοράς του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας τελευταίου παλμού (DSM_LE) από το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας του πρώτου παλμού (DSM_FE), σε συνδυασμό με το:
 - **Θεματικό επίπεδο** του Τοπογραφικού δείκτη τραχύτητας του εδάφους (**TRI**), της διαφοράς του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας τελευταίου παλμού (DSM_LE) από το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας του πρώτου παλμού (DSM_FE).

Τα παραπάνω θεματικά επίπεδα φαίνονται στην Εικόνα 2. Για το θεματικό επίπεδο **DIFF (FEH-DTM)** τα υπέργεια αντικείμενα εμφανίζονταν με γκρι και άσπρο χρώμα και η επιφάνεια της γης με μαύρο. Για το επίπεδο **SLOPE** οι περιοχές με έντονες κλίσεις, παρουσιάζονται με ανοιχτούς τόνους του γκρι και με άσπρο. Τέλος για το θεματικό επίπεδο **TRI**, στην εικόνα, με ανοιχτούς τόνους του γκρι απεικονίζονται οι περιοχές με μεγάλο δείκτη **TRI**.

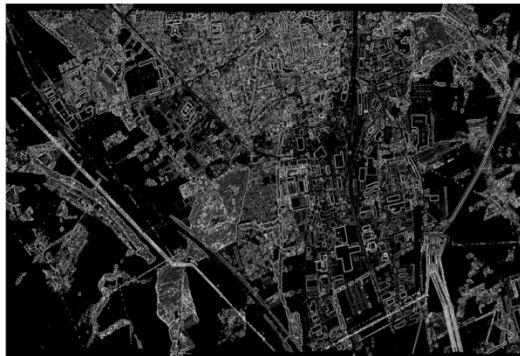
Διευκρινίζεται ότι τα θεματικά επίπεδα της Κλίσης (SLOPE) και του Τοπογραφικού δείκτη τραχύτητας του εδάφους (TRI), δημιουργήθηκαν για τον εντοπισμό των ακμών. Ακμή θεωρείται το όριο μεταξύ δύο ομογενών περιοχών μιας εικόνας που έχουν διαφορετικές εντάσεις φωτεινότητας, με άλλα λόγια αντιπροσωπεύει μια τοπική μεταβολή της φωτεινότητας. Οι ακμές βρίσκονται σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κλίση και έντονη ετερογένεια εδάφους. Έτσι, οι περιοχές εκείνες, όπου ο ρυθμός μεταβολής του υψομέτρου (κλίση) παρουσιάζει μεγάλες τιμές, είναι πιθανά σημεία ύπαρξης ακμών. Επίσης, σε περιοχές όπου η μεταβολή του υψομέτρου μεταξύ γειτονικών εικονοστοιχείων είναι μεγάλη (μεγάλη ετερογένεια εδάφους), είναι επίσης πιθανό να περιέχονται ακμές.

Ο εντοπισμός των ακμών βοήθησε στη συνέχεια στην ανίχνευση των κτιρίων, αφού τα υπόψη αντικείμενα, στο όριο των επιφανειών τους, (τομή οριζόντιων και κάθετων επιφανειών), παρουσιάζουν επίσης ακμές.

Υπολογισμός DIFF (FEH-DTM) με σκοπό τη διάκριση των υπέργειων **Υπολογισμός SLOPE** με σκοπό την ανίχνευση των ακμών (ορίων) των αντικειμένων.



Υπολογισμός TRI με σκοπό την ανίχνευση των ακμών (ορίων) των αντικειμένων.



Εικόνα 2. Θεματικά επίπεδα μετά την εφαρμογή Γεωμορφομετρικών Φίλτρων

2.2.2 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση

Τα παραπάνω θεματικά επίπεδα, μαζί με τα αρχικά ψηφιακά δεδομένα εικόνας στα τέσσερα φασματικά κανάλια Red, Green Blue & Infrared, εισήχθησαν στο λογισμικό **eCognition**, προκειμένου να υλοποιηθεί η αντικειμενοστρεφής ανάλυση.

Σε όλες τις υπό επεξεργασία περιοχές στις οποίες χωρίστηκε η αρχική εικόνα ακολουθήθηκαν παρόμοιες διαδικασίες αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης, με λίγες μόνο τροποποιήσεις, στα όρια των πεδίων τιμών των ιδιοτήτων των κατηγοριών, που δημιουργήθηκαν στο στάδιο της ταξινόμησης.

Συνοπτικά, οι επεξεργασίες που ακολουθήθηκαν κατά την αντικειμενοστρεφή ανάλυση ήταν οι ακόλουθες:

- **Κατάτμηση** Πολλαπλών Επιπέδων και δημιουργία του Επιπέδου 1 (Level 1). Σκοπός της επεξεργασίας ήταν ο διαχωρισμός των αντικειμένων σε ψηλά και χαμηλά, η

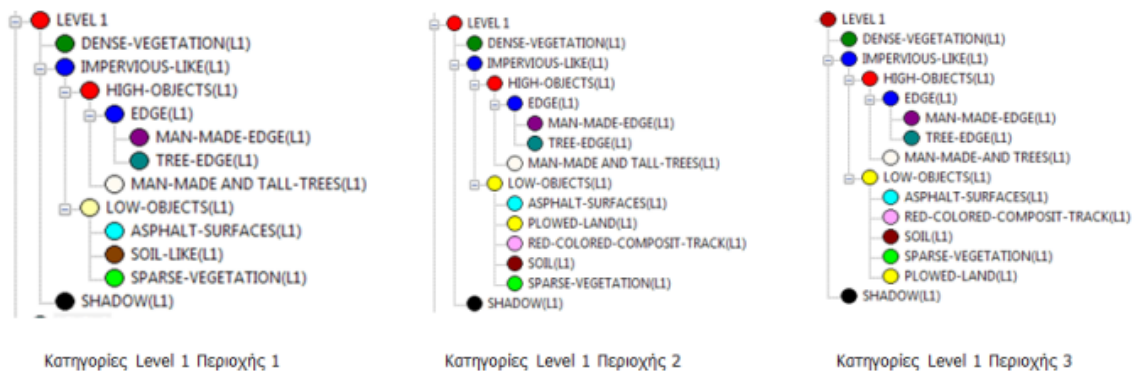
περαιτέρω διαίρεση τους σε άλλες κατηγορίες ((π.χ ASPHALT, DENSE-VEGETATION, SOIL, IMPERVIOUS κ.τ.λ.) και η εύρεση των ακμών των ψηλών αντικειμένων.

Διευκρινίζεται ότι στο 1^ο επίπεδο κατάτμησης, η παράμετρος κλίμακας τέθηκε ίση με **8**, το κριτήριο σχήματος (shape) τέθηκε ίσο με **0,1**, το κριτήριο του χρώματος που είναι ανταγωνιστικό του σχήματος, τέθηκε ίσο με 0,9. Επίσης, το κριτήριο συμπαγούς σχήματος (compactness) τέθηκε ίσο με **0,1** και το κριτήριο λείου της οριογραμμής τέθηκε ίσο με **0,9**

- **Ταξινόμηση** αντικειμένων στις κατηγορίες του Level 1 όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3*.
- **Κατάτμηση** βάσει ταξινόμησης (classification-based segmentation) και δημιουργία του Επιπέδου 2 (Level 2).
- **Ταξινόμηση** στα ενοποιημένα αντικείμενα που αντιπροσώπευαν τις διάφορες κατηγορίες του Level 2.

Αναλυτικότερα, και στις 3 περιοχές, δημιουργήθηκαν δύο επίπεδα κατάτμησης και δύο επίπεδα ταξινόμησης. όπου το Level 2 ήταν το ανώτερο. Αρχικά δημιουργήθηκε το **1^ο επίπεδο κατάτμησης (Level 1)**, όπου επιτεύχθηκε ο διαχωρισμός των αντικειμένων σε ψηλά και χαμηλά. Αυτά στην συνέχεια διαιρέθηκαν περαιτέρω σε άλλες κατηγορίες (π.χ ASPHALT, DENSE-VEGETATION, SOIL, IMPERVIOUS κ.τ.λ.) και εντοπίστηκαν οι ακμές των ψηλών αντικειμένων.

Ταξινόμηση για δημιουργία του **Level 1**



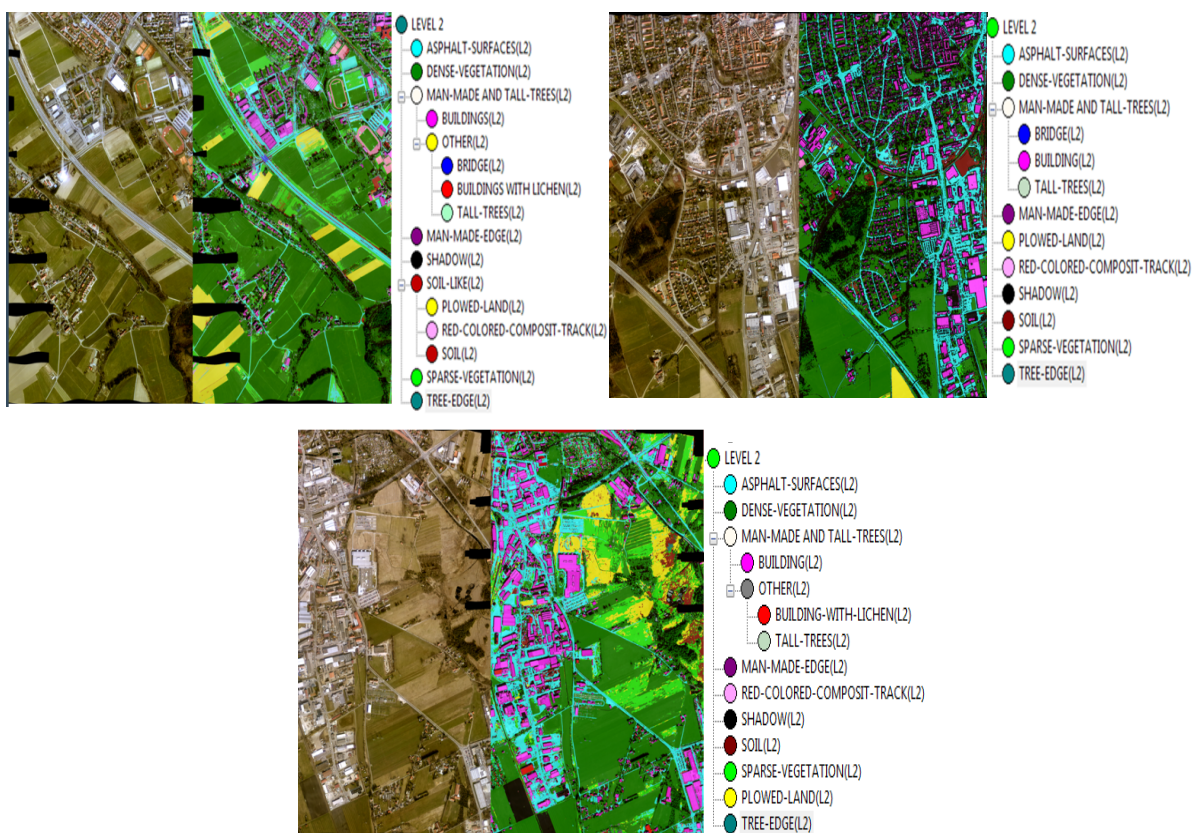
Εικόνα 3. Κατηγορίες Level-1 των Τριών Περιοχών

Στο **1^ο επίπεδο κατάτμησης**, η παράμετρος κλίμακας ήταν ίση με **8**, με σκοπό τη δημιουργία μικρών αντικειμένων Το κριτήριο σχήματος (shape) έναντι χρώματος (color), τέθηκε ίσο με **0,1**, επειδή δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στα φασματικά δεδομένα σε ότι αφορά τον διαχωρισμό της βλάστησης από τα άλλα αντικείμενα. Για την διάκριση μεταξύ των οδών, επειδή οι ακμές στην εικόνα διαθέτουν επίμηκες σχήμα, δόθηκε βαρύτητα στο κριτήριο του λείου των ορίων των τεμαχίων (smoothness) και το κριτήριο συμπαγούς σχήματος (compactness) τέθηκε ίσο με **0,1**.

Μετά την κατάτμηση, πραγματοποιήθηκε η **ταξινόμηση** των αντικειμένων στις κατηγορίες. Διευκρινίζεται ότι η ταξινόμηση στις περιοχές ήταν σχεδόν ίδια. Οι τυχόν διαφορές που προέκυψαν αφορούν στην περαιτέρω ταξινόμηση των LOW-OBJECTS στο Level 1 και όχι στο Level 2, στην αλλαγή διαστημάτων ασάφειας και στην προσθήκη ή αντικατάσταση κάποιων χαρακτηριστικών των κατηγοριών.

Κατόπιν, το 2^ο επίπεδο κατάτμησης (Level 2) δημιουργήθηκε με τη μέθοδο κατάτμησης βάσει ταξινόμησης (*classification-based segmentation*), όπου όλα τα αντικείμενα που χαρακτηρίζονταν από πανομοιότυπες δομές, συγχωνεύονταν με το εργαλείο merge region. Στη συνέχεια, τα ενοποιημένα αντικείμενα τοποθετούνταν στο Level 2 με κλίμακα ίση με 10. Η τελική ταξινόμηση πραγματοποιήθηκε στο **δεύτερο επίπεδο, αποτέλεσμα της οποίας είναι ο εντοπισμός των κτιρίων (σε όλες τις περιοχές) και των κτιρίων με λειχήνες στις περιοχές 1 και 3.**

Στην *Εικόνα 4*, φαίνονται τα αποτελέσματα της τελικής ταξινόμησης (ταξινόμηση Level 2) των τριών περιοχών μελέτης, και είναι ορατό ότι εντοπίστηκαν τα κτίρια. Και στις 3 περιοχές έχουμε την κατηγορία BUILDINGS (φούξια χρώμα) ενώ στις περιοχές 1 και 3 εντοπίστηκαν και κτίρια με λειχήνες στην οροφή τους BUILDINGS WITH LICHEN (κόκκινο χρώμα).



Εικόνα 4. Ταξινόμηση Level-2 των τριών Περιοχών

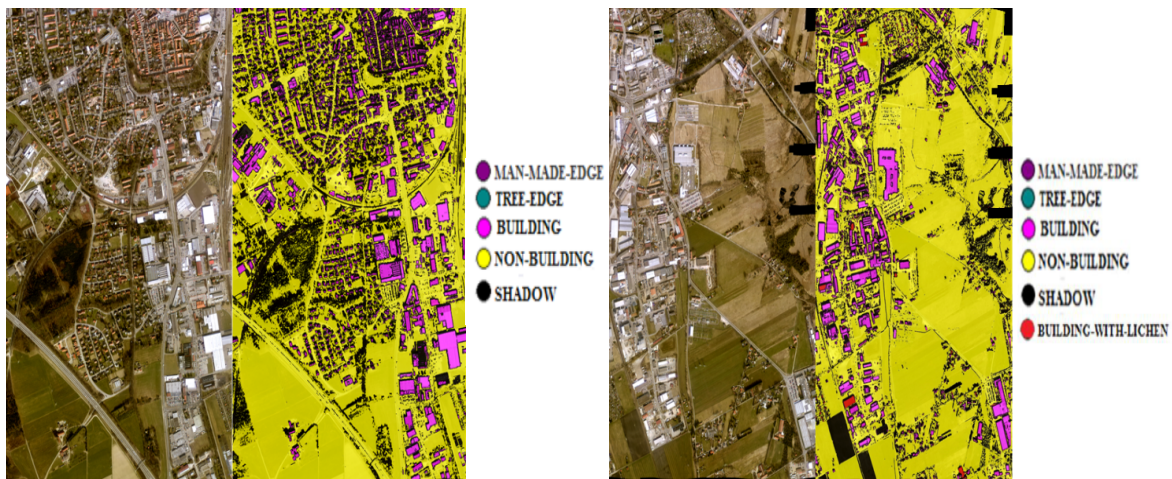
Μετά από τη δημιουργία βάσης γνώσης στο λογισμικό **eCognition 9.0**, για την πρώτη περιοχή, διερευνήθηκε και εφαρμογή της ως ενιαίας βάσης γνώσης, για την αυτοματοποιημένη αναγνώριση κτιρίων από παρόμοια δεδομένα στις δύο άλλες περιοχές.

Πράγματι, από τον έλεγχο αυτό καταλληλότητας της Βάσης Γνώσης της 1^{ης} περιοχής για εφαρμογή στις άλλες δύο προέκυψε ότι: οι κατηγορίες ενδιαφέροντος, δηλαδή τα κτίρια (**BUILDING (L2)** της δεύτερης και τρίτης περιοχής, καθώς και **BUILDING-WITH-LICHEN (L2)** που υπήρχαν μόνο στην τρίτη περιοχή, **ταξινομήθηκαν ορθά**, και παρόμοια με τη μεθοδολογία ανάλυσης κάθε περιοχής ξεχωριστά. Πέραν τούτων ταξινομήθηκαν ορθά και παρόμοια με τη μεθοδολογία ανάλυσης κάθε περιοχής ξεχωριστά και οι κατηγορίες **SHADOW (L1)** και (L2), **EDGE (L1)**, **TREE-EDGE (L1)** και (L2), **MAN-MADE-EDGE (L1)** & (L2)

Στην Εικόνα 5, φαίνονται τα αποτελέσματα εφαρμογής της ενιαίας βάσης γνώσης που δημιουργήθηκε για την πρώτη περιοχή, στις άλλες δύο περιοχές, όπου με φούξια χρώμα φαίνονται τα κτίρια και με κίτρινο οι κατηγορίες που δεν σχετίζονται με αυτά. Και στην περιοχή 3 εκτός από τα κτίρια φαίνονται με κόκκινο χρώμα τα κτίρια με λειχήνες

2.3 Αξιολόγηση Μεθοδολογίας

Η υλοποίηση της μεθοδολογίας ολοκληρώθηκε με την αξιολόγηση των ταξινομήσεων και των δύο προσεγγίσεων που αναπτύχθηκαν, δηλαδή η προσέγγιση της ανάλυσης των τριών περιοχών ξεχωριστά και η προσέγγιση εφαρμογής στις Περιοχές 2 & 3, ενιαίας βάσης γνώσης που προέκυψε από την Περιοχή 1. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση των εργαλείων που ενσωματώνει το λογισμικό **eCognition (9.0)**. Συγκεκριμένα, οι ταξινομήσεις αξιολογήθηκαν με τρεις τρόπους, τη μέθοδο καλύτερης ταξινόμησης (best classification result), τη μέθοδο σταθερότητας ταξινόμησης (classification stability) και τη μέθοδο του πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε δείγματα (error matrix based on samples). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, τα αποτελέσματα και των τριών αξιολογήσεων ήταν απολύτως ικανοποιητικά ανεξάρτητα από την μεθοδολογία ανάλυσης. Οπότε επιβεβαιώνεται ότι οι ταξινομήσεις των εικόνων ήταν επιτυχείς. Διευκρινίζεται ότι από τα αποτελέσματα χρήσης των δύο πρώτων μεθόδων (best classification result και classification stability) προέκυπτε ότι δεν εξασφαλιζόταν σε απόλυτο βαθμό η απαιτούμενη σαφήνεια αξιολόγησης. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης και με τη μέθοδο του πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε δείγματα (error matrix based on samples) με την οποία αξιολογείται η ταξινόμηση μέσω δειγμάτων επιλεγμένων από τα αντικείμενα της εικόνας.



Εικόνα 5. Εφαρμογή Ενιαίας Βάσης Γνώσης στις Περιοχές 2 και 3

Συγκεκριμένα, από τα δείγματα προκύπτει ο πίνακας σύγκρισης, στον οποίο, στην πρώτη στήλη εμφανίζονται οι κατηγορίες των δειγμάτων, στη δεύτερη το πλήθος των ληφθέντων δειγμάτων για κάθε κατηγορία και στις υπόλοιπες ο λόγος των δειγμάτων που καταχωρήθηκαν σε αυτήν την κατηγορία. Η τιμή μηδέν (0), σημαίνει ότι κανένα από τα δείγματα της κατηγορίας δεν ταξινομήθηκε σε αυτήν και η τιμή ένα (1), σημαίνει ότι όλα τα δείγματά της καταχωρήθηκαν σε αυτήν. Από την τρίτη στήλη του Πίνακα 1 όπου συνοψίζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης και με τις τρεις μεθόδους, φαίνεται για την τρίτη και πλέον αδιαμφισβήτητη μέθοδο ότι, τόσο η τιμή του «Δείκτης Συμφωνίας Κάπα» (Kappa Index of Agreement, KIA), όσο και η τιμή της «συνολικής ακρίβειας» (overall accuracy) βρίσκονται πολύ κοντά στην τιμή (1,0) γεγονός που υποδεικνύει ότι γενικότερα η ταξινόμηση ήταν αξιόπιστη, οι κατηγορίες της περιγράφηκαν επαρκώς και ειδικότερα η ταξινόμηση των κτιρίων έγινε με επιτυχία.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ:

Περιοχή	Αξιολόγηση με τη Μέθοδο Καλύτερης Ταξινόμησης (Best Classification Result)				Αξιολόγηση με τη Μέθοδο Σταθερότητας της Ταξινόμησης (Classification Stability)				Αξιολόγηση με τη Μέθοδο του Πίνακα Σύγχυσης Βασισμένου σε Δείγματα (Error Matrix Based on Samples)			
	Level 1		Level 2		Level 1		Level 2		Level 1		Level 2	
	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Overall Accuracy	KIA	Overall Accuracy	KIA
1	0,972	± 0,084	0,995	± 0,025	0,949	± 0,154	0,930	± 0,027	0,910	0,894	0,892	0,878
2	0,994	± 0,029	0,997	± 0,009	0,903	± 0,112	0,928	± 9,12*10 ⁻³	0,988	0,986	0,983	0,979
3	0,997	± 0,044	0,999	± 0,007	0,843	± 0,172	0,933	± 5,32*10 ⁻³	0,986	0,983	0,977	0,974

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΙΑΙΑΣ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ:

Περιοχή	Αξιολόγηση με τη Μέθοδο Καλύτερης Ταξινόμησης (Best Classification Result)		Αξιολόγηση με τη Μέθοδο Σταθερότητας της Ταξινόμησης (Classification Stability)		Αξιολόγηση με τη Μέθοδο του Πίνακα Σύγχυσης Βασισμένου σε Δείγματα (Error Matrix Based on Samples)	
	Level 2		Level 2		Level 2	
	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Βαθμός Συμμετοχής	Τυπική Απόκλιση	Overall Accuracy	KIA
2	1	± 1,18*10 ⁻²	0,833	± 0,006	0,896	0,889
3	0,857	± 3,93*10 ⁻³	0,857	± 4,63*10 ⁻³	0,949	0,956

Πίνακας 1. Αξιολόγηση Ταξινομήσεων

2.4 Συμπεράσματα

Από την ανάπτυξη της μεθοδολογίας αυτοματοποιημένης ανίχνευσης κτιρίων σε τηλεπισκοπικές εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης, με συνδυασμό χρήσης γεωμορφομετρίας και αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης προέκυψαν τα παρακάτω κύρια συμπεράσματα:

- Πιστοποιήθηκε ότι η χρήση της μεθοδολογίας αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τον αυτοματοποιημένο εντοπισμό κτιρίων και αποδίδει αξιόπιστα αποτελέσματα, που μπορούν να υποκαταστήσουν τις παραδοσιακές μεθόδους τοπογραφίας και φωτοερμηνείας.
- Το έργο της ταξινόμησης των αντικειμένων (objects) σε κατηγορίες δυσχεραίνεται όταν υπάρχει μεγάλο εύρος φασματικής πληροφορίας, ακόμη και στην ίδια θεματική κατηγορία (πχ βλάστηση), λόγω της μεγάλης χωρικής και φασματικής ανάλυσης.
- Το έργο της ταξινόμησης των αντικειμένων (objects) σε κατηγορίες επιταχύνεται, όταν χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά των κατηγοριών που είναι αδιαμφισβήτητα. (π.χ. μεγάλες τιμές δείκτη NDVI για περιγραφή της βλάστησης)
- Παρά το γεγονός ότι τα δεδομένα περιείχαν πολύ λεπτομερή χωρική ανάλυση, επειδή υπήρχε ευρύ φάσμα εδαφοκαλύψεων καθώς και έντονη συγγενεία μεταξύ τους, η αναγνώριση των κτιρίων, όταν τίθεντο φασματικοί περιορισμοί ήταν ιδιαίτερα δύσκολη. Η λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, είναι η χρησιμοποίηση υψομετρικών και σχηματικών χαρακτηριστικών.
- Η σύνταξη κανόνων ασαφούς λογικής, επιτρέπει την αναγνώριση περισσότερων αντικειμένων και τη δυνατότητα διάκρισης των σφαλμάτων ταξινόμησης, επειδή για

το κάθε αντικείμενο, υπολογίζεται ο βαθμός συμμετοχής του σε κάθε διατιθέμενη κατηγορία.

- Στην διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε, η βάση γνώσης που δημιουργήθηκε για την κατηγορία των κτιρίων της πρώτης περιοχής, είναι κατάλληλη και για την ανίχνευση των κτιρίων της δεύτερης και τρίτης περιοχής.
- Επειδή κατά την υλοποίηση της μεθοδολογίας καταβλήθηκε προσπάθεια γενικού ορισμού της περιγραφής των κατηγοριών, βασισμένης σε κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όλων των τύπων τους, είναι δυνατό να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε δεδομένα ακόμα και από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (ίδιας όμως ακρίβειας), με λίγες τροποποιήσεις στα όρια των πεδίων τιμών των ιδιοτήτων και τα αντικείμενα να ταξινομούνται ορθά, αφού οι περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν τα βασικά είδη εκτάσεων που μπορούν να εντοπιστούν σε μία εικόνα.
- Γενικότερα, επειδή το σύνολο κανόνων που σχεδιάστηκαν για τις κατατμήσεις και ταξινομήσεις της περιοχής μελέτης, μπορεί να εξαχθεί και να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε συλλογή δεδομένων που διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά και να οδηγήσει σε μια ταξινόμηση ικανοποιητικής ακρίβειας, η μεθοδολογία της παρούσας είναι χρήσιμη για οποιονδήποτε εφαρμογή προγράμματος δορυφορικής επισκόπησης (πχ. εξέλιξη του Google Earth, με τυχόν αναβάθμιση του έτσι ώστε να περιέχει δεδομένα υπέρυθρης ακτινοβολίας και υψομετρικά δεδομένα), δημιουργώντας έτσι επιπλέον θεματικά επίπεδα στην περιοχή επιλογής του. Η δυνατότητα αυτή θα μπορούσε να βοηθήσει σημαντικά σε μελέτες ανάπτυξης, με ελαχιστοποίηση του κόστους απόκτησης των δορυφορικών τηλεσκοπικών εικόνων και έτσι θα καταστήσει την Τηλεπισκόπηση, εκτός από εργαλείο έρευνας και πρωτεύον χρηστικό εργαλείο σχεδίασης και παρακολούθησης της ανάπτυξης περιοχών.

2.5 Προτάσεις Εφαρμογής Μεθοδολογίας

Μετά την συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας που προηγήθηκε, στη συνέχεια περιγράφονται ενδεικτικά προτάσεις εφαρμογής της, για το σχεδιασμό και την παρακολούθηση ανάπτυξης ορεινών και γεωγραφικά απομονωμένων περιοχών. Επισημαίνεται αφενός ότι οι προτάσεις που διατυπώνονται δεν εξαντλούν τις δυνατότητες εφαρμογής της μεθοδολογίας και αφετέρου ότι διατυπώνονται έχοντας υπόψη ότι για τους παραπάνω σκοπούς, μπορούν να εξασφαλισθούν εικόνες και δεδομένα που περιέχουν περισσότερες πληροφορίες από εκείνες που ήταν διαθέσιμες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας που περιγράφηκε.

Οι εν λόγω προτάσεις αφορούν στην εφαρμογή και χρήση της μεθοδολογίας για τα παρακάτω:

- Για τον σχεδιασμό δημιουργίας περιοχών καταφυγής, σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όπως π.χ πλημμύρες, σεισμοί, φωτιές, καταιγίδες, τσουνάμι, κ.α, παρέχοντας άμεσες προβλέψεις και επικαιροποιημένους χάρτες για την αντιμετώπιση των δυσμενών αυτών καταστάσεων, με περεταίρω ταξινόμηση ορισμένων κατηγοριών, όπως π.χ ASPHALT-SURFACES και RED-COLORED-COMPOSIT-TRACK.

- Για τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού των σκεπών κτιρίων, για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών Panels. Μετά τον υπολογισμό του συνολικού διαθέσιμου εμβαδού των σκεπών, διευκολύνεται ο υπολογισμός της παραγωγικής δυνατότητας ηλιακής ενέργειας που θα προέκυπτε από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις σκεπές των κτιρίων ολόκληρων περιοχών και διευκολύνεται ο μακροσκοπικός σχεδιασμός εφαρμογής σ' αυτές ηλεκτροδότησης από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
- Για την οργανωμένη σχεδίαση και επισταμένη παρακολούθηση δημιουργίας νέων οικιστικών ζωνών.
- Για τον σχεδιασμό ανάπτυξης υπηρεσιών υγειονομικής κάλυψης κατοίκων (κέντρα υγείας, νοσοκομεία, κλπ) καθώς και εμπορικών δραστηριοτήτων (καταστημάτων, εγκαταστάσεων παροχής υπηρεσιών) και τέλος δικτύων υποδομών (κεραίες τηλεπικοινωνιών, ηλεκτροδότηση, υδροδότηση και αποχετεύσεις) με βάση την δυναμικότητα των οικιστικών ζωνών σε κτίρια που ανιχνεύονται μέσω της μεθοδολογίας
- Για εντοπισμό αυθαιρέτων κτιρίων, παραβάσεις και παραβιάσεις χρήσης γης, εποικισμού δασικών εκτάσεων, ταχείας ανάπτυξης κτηματολογίου, χάραξη συγκοινωνιακών έργων σε αστικές περιοχές.
- Επιπρόσθετα, προτείνεται η χρήση της μεθοδολογίας επί δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από υπερφασματικούς τηλεπισκοπικούς σαρωτές, για:
 - Τη χαρτογράφηση ορυκτού πλούτου. Διευκρινίζεται οι εν λόγω σαρωτές επιτρέπουν τη διάκριση χαρακτηριστικών με στοιχεία απορρόφησης και ανάκλασης, σε πολύ στενά εύρη μήκους κύματος, που είναι αδύνατο να διαχωριστούν από τους πολυφασματικούς σαρωτές.
 - Τον εντοπισμό ασθενούς βλάστησης και την αναδάσωση περιοχών.
 - Τον εντοπισμό οχημάτων και μηχανημάτων και γενικά ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού σε περιοχές που έπρεπε ή δεν έπρεπε να υπάρχουν.

Βιβλιογραφία

- Αργιαλάς, Δ. και Τζώτσος, Α., 2007. «Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση, Θεωρία και Εφαρμογές». Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 22 και 23 Φεβρουαρίου 2007, σελ.8-18.
- Μπέκα, Στ., 2015, EDW «Ανίχνευση Κτιρίων Με Γεωμορφομετρία και Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Εικόνων» Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος, Καθηγητής ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2015.
- Ρόκος, Δ., Καθ ΕΜΠ, 2004. Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη στις Ορεινές Περιοχές. Θεωρία και Πράξη, στα Πρακτικά του 3ου Διεπιστημονικού Διαπανεπιστημιακού Συνεδρίου του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. "Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη στις Ορεινές Περιοχές. Θεωρία και Πράξη", Συνεδριακό Κέντρο Μετσόβου, 7-10 Ιουνίου 2001, σελ. 79-140.
- Ρόκος, Δ., Καθ ΕΜΠ, 2004. Η Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη για ένα Ειρηνικό και Καλύτερο Κόσμο, 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Περιβάλλοντος «Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη και Περιβάλλον», Ένωση Ελλήνων Φυσικών, 9-12 Δεκεμβρίου 2004, Θεσσαλονίκη.

- Baluyan H, Joshi B., Hinai A.A., Woon W.L., 2014. «Automatic Rooftop Detection Using a Two-stage Classification». Department of Electrical Engineering and Computer Science (EECS), UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation, Abu Dhabi, UAE, 2014, pp.285-290
- Carneiro C., Voegtle T., Morello E. and Golay F., 2010. «Digital Urban Morphometrics: Automatic Extraction and Assessment of Morphological Properties of Buildings», Research Article. Blackwell Publishing Ltd, Lausanne, Switzerland, Aug 23 2010, pp.497-531.
- Jin Chen,, Ming Yuan Zhangb, Le Wangc, Hiroto Shimazaki, Masayuki Tamura «A new index for mapping lichen-dominated biological soil crusts in desert areas» Remote Sensing of Environment Vol.96 (2005), pp 165 – 175
- Yuki Hamada, Mark A. Grippo, Karen P.Smith, Argonne National Laboratory –Environmental Science Division “Long Term Monitoring of Utility Scale Solar Energy Development and Application of Remote Sensing Technologies” (Sept 2014) pp 25 & 40-41.
- Meng X., Wang L., and Currit N., 2009. «Morphology-based Building Detection from Airborne Lidar Data». American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 75, No. 4.April 2009, pp. 437–442.

Detection of Buildings -as a Development Component- Using Geomorphometry and Object-Based Image Analysis

S. Beka, Rural and Surveying Engineer

D. Argialas, Professor, School of Rural and Surveying Engineering, NTUA

P. Kolokoussis, Dr.Eng., School of Rural and Surveying Engineering, NTUA

Abstract

The formation of proper planning procedures is a fundamental prerequisite for obtaining regional development goals and comprises the steps of designing and monitoring. At the same time, the peculiarities of the mountainous and the geographically isolated areas, alongside with the technological developments in the scientific sectors of remote sensing and the associated software, give prominence to the use of remote sensing methodologies, as an effective tool for regional growth design and monitoring. Subject of this paper is the brief presentation of an automated methodology for the detection of buildings, by employing Object Based Image Analysis (O.B.I.A) and Morphometrical Analysis Filters-Indices, for processing of remote sensing data. The available elevation data were provided as input to the SAGA-GIS software package for producing the initial layers, which were then processed with the use of the Morphometrical filters. The outcome along with the multispectral data were then provided as input to the eCognition software package for the purpose of developing the Object Based Image Analysis (OBIA), with the creation of two Levels each, at both the segmentation and the classification stages. The final classification took place at the second level, the purpose of which was to identify the buildings. Then, the assessment of the classification accuracy was carried out using the eCognition software’s integral tools. The results of the classification were respectively evaluated by the best “classification result”, the “stability classification” and the “error matrix based on the samples” evaluation methods, obtaining very satisfying assessment results. The paper concludes by stating indicative applications of the conceived methodology in the procedures of regional planning and monitoring of mountainous and geographically isolated regions.