

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Γιώτη Ευαγγελία

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα γεωγραφίας, Ελ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα-Αθήνα 17671, Τηλ. 210 9549150, Email: gs20505@hua.gr

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η δυνατότητα αναγνώρισης βασικών γεωμορφών από ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας με τη βοήθεια τηλεπισκοπικών τεχνικών και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Η περιοχή μελέτης είναι η νήσος Αντίπαρος, στο Αιγαίο Πέλαγος. Αφού πρώτα παρασκευάστηκε το απαιτούμενο Ψ.Μ.Ε από δύο παγχρωματικές εικόνες με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα του δορυφόρου ALOS PRISM, στη συνέχεια υποβλήθηκε σε ποσοτικό και ποιοτικό έλεγχο ακρίβειας ώστε να διαπιστωθεί η καταλληλότητά του. Παράλληλα με το Ψ.Μ.Ε χρησιμοποιήθηκε και μία εικόνα του δορυφόρου ALOS με υψηλή ανάλυση, ώστε να διευκολυνθεί η φωτοερμηνεία. Με τη βοήθεια συγκεκριμένου λογισμικού, έγινε εξαγωγή των βασικότερων γεωμορφών της Αντιπάρου, οι οποίες ανήκουν στις ενότητες της υδρογραφίας και της μορφολογίας. Τέλος, αναλύονται κάποια βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη.

DETECTING BASIC GEOMORFOLOGICAL FEATURES USING REMOTE SENSED DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS.

Gioti Evangelia

Harokopio University of Athens, Department of Geography 70, El. Venizelou Str, Kallithea- Athens 17671 Greece, Tel. +30 210 9549150, Email: gs20505@hua.gr

Abstract

In this study the possibility of recognizing basic geomorphological features from the Digital Surface Model is examined with the use of Geographic Information Systems. The study area is Antiparos Island, located in the Aegean Sea. The first step is to produce the necessary DSM from two stereoscopic images of ALOS PRISM satellite with spatial resolution 2.5 meters. Secondly, a vertical accuracy of this DSM is controlled in order to justify its proper use. Moreover, a high resolution image from ALOS data was used to facilitate the detection. The main landforms of Antiparos island, concerning the drainage network and the surface morphology were extracted utilizing specific software. The conclusions of the study are discussed at the last part of the paper

Λέξεις Κλειδιά: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας (Ψ.Μ.Ε), δορυφορικά δεδομένα ALOS, γεωμορφές
Key Words: Digital Surface Model (DSM), ALOS data, geomorphological features

1.Εισαγωγή

Για δεκαετίες, τα τηλεπισκοπικά δεδομένα και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π) χρησιμοποιήθηκαν επιτυχώς για τη χαρτογράφηση και την ανάλυση επιφανειών και γι αυτό το λόγο αντιπροσωπεύουν ένα αναπόσπαστο κομμάτι των τεχνικών που χρησιμοποιούνται στην εφαρμοσμένη γεωμορφολογία. Τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανειών και οι δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση γεωμορφολογικών μονάδων και ποικίλων αναγλύφων (Siart et al, 2009). Οι έρευνες πεδίου που έχουν στόχο την κατασκευή λεπτομερών γεωμορφολογικών καταλόγων είναι χρονοβόρες, ειδικά στις απότομες και δυσπρόσιτες δασικές περιοχές. Άλλα μειονεκτήματα τέτοιων προσεγγίσεων είναι οι περιορισμένες δυνατότητες στο να ενημερωθεί ο χάρτης και η υποκειμενικότητα στην επιλογή των εδαφικών ορίων. Αντίθετα, οι αυτοματοποιημένες

μέθοδοι ταξινόμησης του εδάφους, βασισμένες σε αριθμητικά στοιχεία, είναι κατά ένα μεγάλο μέρος πραγματικές και επαναλαμβανόμενες, αν και χρειάζονται και πάλι κάποια υποκειμενική παρέμβαση. Τα τοπογραφικά δεδομένα που προκύπτουν από τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανειών και από τις αυτόματες αναλύσεις τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην εκτίμηση διάφορων γεωμορφολογικών μορφομετρικών παραμέτρων όπως οι διαβαθμίσεις των κλίσεων, η οριοθέτηση των λεκανών απορροής καθώς και η διεύθυνση και η συσσωρευτική ροή του υδρογραφικού δικτύου. (Asselen and Seijmonsbergen, 2006). Τα Ψ.Μ.Ε που χρησιμοποιούνται είναι απαραίτητο να έχουν μεγάλη ακρίβεια και να καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης. Τα στερεοζεύγη εικόνων που προέρχονται από δορυφορικούς δέκτες, διαπιστώνεται ότι παρέχουν αρκετά ακριβή και οικονομικώς εφικτά υψομετρικά δεδομένα. Ένας από τους νεότερους δορυφόρους με ικανότητα στέρεο συλλογής είναι ο ALOS (Advanced Land Observing Satellite). Κατασκευάστηκε από την JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) και εκτοξεύτηκε τον Ιανουάριο του 2006. Είναι σχεδιασμένος να παρέχει πολύτιμη πληροφορία χρήσιμη για χαρτογράφηση, για παρατήρηση της επιφάνειας του εδάφους συγκεκριμένης περιοχής, για ελέγχους επικινδυνότητας και για έρευνα των φυσικών πόρων. Ο ALOS διαθέτει τρεις αισθητήρες, οι οποίοι είναι ευρέως γνωστοί ως 'τα τρία μάτια του ALOS' (Tsombos et al, 2008). Αυτοί είναι ο PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo mapping, ο AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) και ο PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar).

Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση ενός Ψ.Μ.Ε που προέκυψε με τη μέθοδο στέρεο συλλογής από τον δορυφόρο ALOS με σκοπό την αναγνώριση βασικών γεωμορφών στην περιοχή της Αντιπάρου, στο Αιγαίο Πέλαγος. Ύστερα από επεξεργασία του σε περιβάλλον Σ.Γ.Π κατασκευάστηκαν με αυτοματοποιημένη διαδικασία ο χάρτης κλίσεων, οι ισούψεις καμπύλες και τα κοιλαδικά συστήματα ενώ εντοπίστηκαν οι κρημνοί, οι επιφάνειες επιπέδωσης και τα αλλουβιακά ριπίδια.

2. Μεθοδολογία και Δεδομένα

Για τις ανάγκες της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης, αρχικά ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός Ψ.Μ.Ε με μεγάλη ακρίβεια. Αυτό προέκυψε από δύο παγχρωματικές εικόνες χωρικής διακριτικής ικανότητας 2,5 μέτρων του δορυφόρου ALOS PRISM ο οποίος έχει την ικανότητα να λαμβάνει εικόνες από τρεις διαφορετικές γωνίες λήψης Στη συνέχεια, έγινε ένας έλεγχος ακρίβειας για να διαπιστωθεί η καταλληλότητά του. Αφού έγινε επεξεργασία όλων των τηλεπισκοπικών δεδομένων στο λογισμικό Erdas imagine 9.1, χρησιμοποιήθηκε ένα επιπλέον περιβάλλον Σ.Γ.Π το Arc Map 9.2 στο οποίο εντοπίστηκαν με αυτοματοποιημένο τρόπο τα βασικότερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, καθώς και η υδρογραφία. Παράλληλα, στο ίδιο λογισμικό έγινε ο εντοπισμός και η ψηφιοποίηση των υπόλοιπων γεωμορφών που εντοπίστηκαν στο νησί. Για την φωτοερμηνεία χρησιμοποιήθηκε και μία επιπλέον εικόνα, η οποία προέκυψε με συγχώνευση δεδομένων του δορυφόρου ALOS.

Η αποτύπωση των γεωμορφών έγινε σε τοπογραφικό υπόβαθρο 1:25000. Τα δεδομένα που διαθέτουμε στις μέρες μας, όπως οι υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας δορυφορικές εικόνες και τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου, γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή λόγω της πληθώρας πλεονεκτημάτων και ιδιοτήτων που προσφέρουν (π.χ. υψηλού επιπέδου λεπτομέρεια, πολυφασματικά δεδομένα, και αυξανόμενη κάλυψη). Ιδιαίτερα η ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων του ALOS με ανάλυση 2,5 μέτρων επιτρέπει τη χαρτογράφηση σε μεγάλες κλίμακες όπως αυτή του 1:25000 (Siart et al, 2009).

3. Περιοχή Μελέτης

Η Αντίπαρος βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων, ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια του Νοτίου Αιγαίου και εντοπίζεται 0,8 ναυτικά μίλια νοτιοδυτικά της Πάρου (Σχήμα 1). Η έκτασή της φτάνει τα 34,8τ.χλμ ενώ οι μόνιμοι κάτοικοί της ανέρχονται στους 1.037, με βάση την απογραφή του 2001. Η Αντίπαρος έχει ηφαιστιογενές πέτρωμα και ξηρό κλίμα με πολύ υγρασία, γι αυτό διαθέτει και χαμηλή βλάστηση. Η μορφολογία της, που ευνοεί την ανάπτυξη ισχυρών ανέμων, χαρακτηρίζεται κατά βάση πεδινή με πολλές λοφώδεις εξάρσεις. Το ανάγλυφο και η γεωλογικοί σχηματισμοί που περιλαμβάνονται στο νησί διαμορφώθηκαν σε διάφορες γεωλογικές περιόδους. Συγκεκριμένα, κατά το Πέρμιο σχηματίστηκαν οι γνεύσιοι, οι σχιστολιθικοί

γνεύσιοι και τα μάρμαρα που εντοπίζονται στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού. Ακολούθως κατά το Πλειστόκαινο παρατηρούνται οι Ανω- Πλειστοκαινικές θαλάσσιες και χερσαίες αποθέσεις (παλιά αλλουβιακά ριπίδια). Οι πρώτες εντοπίζονται σε ένα μικρό τμήμα στα ανατολικά ενώ οι δεύτερες κεντρικά και νότια. Τέλος κατά το Ολόκαινο χρονολογούνται οι αλλουβιακοί σχηματισμοί που εντοπίζονται κεντρικά και βόρεια. Η Αντίπαρος περιλαμβάνει επίσης εκρηξιγενή πετρώματα και συγκεκριμένα λάβες και τόφφους τα οποία βρίσκονται στο νότιο μέρος του νησιού (Αναστόπουλος, 1963).



Σχήμα 1: Γεωγραφική θέση της νήσου Αντιπάρου
Πηγή: maps.google.com

4. Επεξεργασία Δορυφορικών δεδομένων

4.1 Δημιουργία Ψ.Μ.Ε

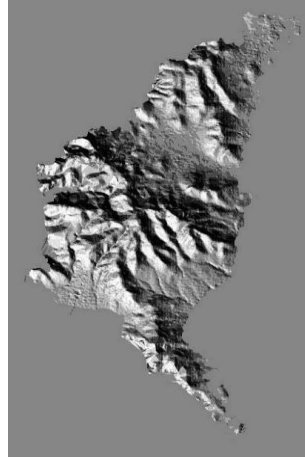
Όπως ειπώθηκε και παραπάνω το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη προέρχεται από τον δορυφόρο ALOS PRISM. Ο δέκτης PRISM είναι ένα παγχρωματικό ραδιόμετρο με χωρική διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα. Τα δεδομένα που προέρχονται από αυτό παρέχουν ένα πολύ ακριβές Ψ.Μ.Ε. Ο δέκτης PRISM διαθέτει τρία ανεξάρτητα οπτικά συστήματα για να λαμβάνει λήψεις κάθετα προς τα μπρος και προς τα πίσω (nadir-forward-backward), παράγοντας έτσι μια στερεοσκοπική εικόνα κατά μήκος της διαδρομής του (Tadono et al, 2004). Στη συγκεκριμένη περίπτωση εργαστήκαμε με τις λήψεις προς τα μπρος και προς τα πίσω (forward-backward). Σαν πρώτο βήμα ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα νέο project στο λογισμικό ERDAS 9,1 και να καθορισθεί το προβολικό σύστημα που είναι το ΕΓΣΑ '87. Στη συνέχεια έγινε συλλογή σημείων εδαφικού ελέγχου με χαμηλό σφάλμα (RMS error) και κοινών σημείων μεταξύ των δύο εικόνων. Έτσι παρασκευάστηκε ένα Ψ.Μ.Ε με χωρική διακριτική ικανότητα 7,5 μέτρα. Τέλος εφαρμόστηκε ένα χωρικό φίλτρο το οποίο εντόπισε όλες τις αρνητικές τιμές και τις μετέτρεψε σε 0, καταλήγοντας σε ένα Ψ.Μ.Ε με λιγότερο θόρυβο (Σχήμα 2).

4.2 Έλεγχος Ακρίβειας του Ψ.Μ.Ε

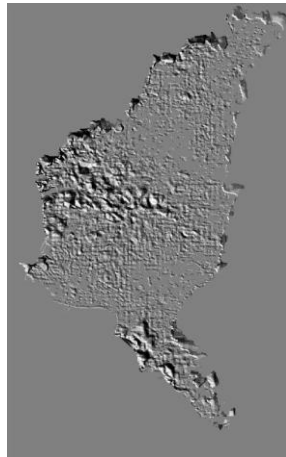
Για να διαπιστωθεί η εγκυρότητα του Ψ.Μ.Ε που δημιουργήσαμε, θεωρήθηκε σημαντικός ένας έλεγχος για την ακρίβειά του. Συγκεκριμένα αφαιρέσαμε το Ψ.Μ.Ε του ALOS από ένα Ψ.Μ.Ε που προήλθε από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών του Υπουργείου Γεωργίας (Σχήμα 3). Το Υπουργείο Γεωργίας και η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού είναι οι δύο αποκλειστικές πηγές στην Ελλάδα οι οποίες διαθέτουν επίσημα υψομετρικά δεδομένα, γι' αυτό και θεωρήθηκε σημαντική μια τέτοια σύγκριση. Παράλληλα έγινε έλεγχος υψομετρικών τιμών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες

χρησιμοποιώντας μία βάση δεδομένων με 44 σημεία εδαφικού ελέγχου, τα οποία καλύπτουν όλη τη περιοχή μελέτης (Nikolakourou and Gioti, 2010).

Παρατηρώντας τον Πίνακα 1 διαπιστώνεται ότι το Ψ.Μ.Ε του δορυφόρου ALOS δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η τιμή του 2DRMSE (2-Dimensional Distance Root Mean Squared Error) είναι 7,763 για το Ψ.Μ.Ε του ALOS και 3,108 για αυτό του Υπ. Γεωργίας, δηλαδή η υψομετρική τους διαφορά είναι μόλις 4,6 μέτρα. Με βάση και τα υπόλοιπα στατιστικά οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το Ψ.Μ.Ε που μελετάται αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα.



Σχήμα 2. Ψ.Μ.Ε του ALOS με μέγεθος pixel 7,5



Σχήμα 3. Διαφορά του Ψ.Μ.Ε του ALOS απ' αυτό που προέκυψε από τα στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών

Πίνακας 1 Υψομετρική Διαφορά μεταξύ σημείων με συγκεκριμένο υψόμετρο και των αντίστοιχων ρίχελ του Ψ.Μ.Ε του ALOS.

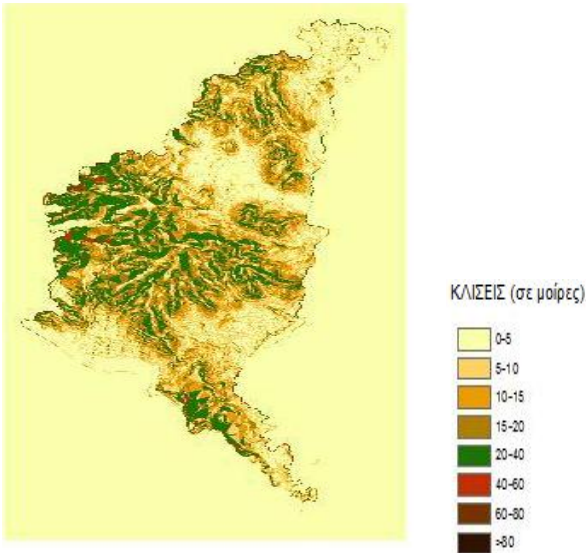
	PERCENTILE	AVERAGE	MAX	MIN	2DRMSE
Ψ.Μ.Ε του ALOS (συνδυασμός κάθετης και προς τα πίσω λήψης)	8,032	0,906	11,496	-5,306	7,763
Ψ.Μ.Ε από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών	3,550	0,737	3,599	-2,976	3,108

4.3 Συγχώνευση Δορυφορικών εικόνων

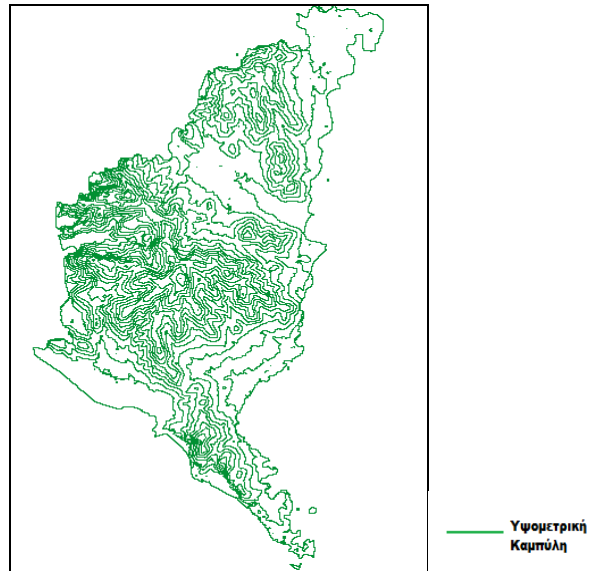
Η πλειοψηφία των δορυφόρων παρακολούθησης της γήινης επιφάνειας συλλέγουν ταυτόχρονα μία παγχρωματική εικόνα με υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα και ποικίλα πολυφασματικά κανάλια με χαμηλότερη χωρική διακριτική ικανότητα. Αυτό οφείλεται σε τεχνικά προβλήματα όπως ο περιορισμένος χώρος αποθήκευσης, ο χαμηλός ρυθμός που μεταφέρονται τα δεδομένα σε συνδυασμό με την περιορισμένη ενεργειακή αυτονομία των περισσότερων δορυφόρων (Nikolaikou et al, 2010). Μία λύση για το πρόβλημα αυτό είναι η συγχώνευση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας με δεδομένα χαμηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας η οποία μπορεί να εντείνει σημαντικά τη χωρική λεπτομέρεια σε μια εικόνα και να ενισχύσει τη (διαφοροποίηση) μεταξύ των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (Καρτάλης, 2006). Στην περίπτωση της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης της Αντιπάρου, έγινε συγχώνευση δυο εικόνων με διαφορετικές ιδιότητες η καθεμία, με σκοπό την παραγωγή μιας νέας με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και βελτιωμένη ποιότητα. Οι δυο εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τον δορυφόρο ALOS. Η μία είναι παγχρωματική, δηλαδή έχει ένα φασματικό κανάλι με 2,5 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα, ενώ η άλλη είναι πολυφασματική με 4 φασματικά κανάλια και 10 μέτρα χωρική διακριτική ικανότητα. Το τελικό προϊόν είναι μία εικόνα με μέγεθος ρίχελ 2,5 και 4 φασματικά κανάλια, η οποία θα βοηθήσει στη φωτοερμηνεία.

5. Αναγνώριση Γεωμορφών

Οι γεωμορφές που εντοπίστηκαν στην περιοχή της Αντιπάρου περιλαμβάνουν τα υδρογραφικά και επιφανειακά μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου. Για να αναγνωριστούν είναι σημαντική η δημιουργία εργαλείων που προέρχονται από το Ψ.Μ.Ε. Συγκεκριμένα, μεταφέρεται στο λογισμικό arc map το Ψ.Μ.Ε του ALOS και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης, αρχικά δημιουργείται ο χάρτης κλίσεων σημαντικός για την αναγνώριση γεωμορφών όπως οι κρημνοί και οι επιφάνειες επιπέδωσης (Σχήμα 4). Γενικά, με κίτρινες αποχρώσεις παρατηρούνται οι χαμηλές κλίσεις από 0 έως 20 μοίρες οι οποίες καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του νησιού. Συγκεκριμένα το πολύ ανοιχτό κίτρινο περιλαμβάνει κλίσεις από 0-5 μοίρες, όπου εντοπίζονται περιοχές που καταλαμβάνονται από αλλουβιακές αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας. Με πράσινο απεικονίζονται οι μεσαίες κλίσεις οι οποίες συναντώνται στα μεγαλύτερα υψόμετρα και τέλος με κόκκινο φαίνονται οι μεγάλες κλίσεις οι οποίες καλύπτουν ένα πολύ μικρό μέρος της ανατολικής πλευράς της Αντιπάρου, όπου βρίσκεται και το πιο έντονο ανάγλυφο στις περιοχές εμφάνισης των σχηματισμών του Περίου.

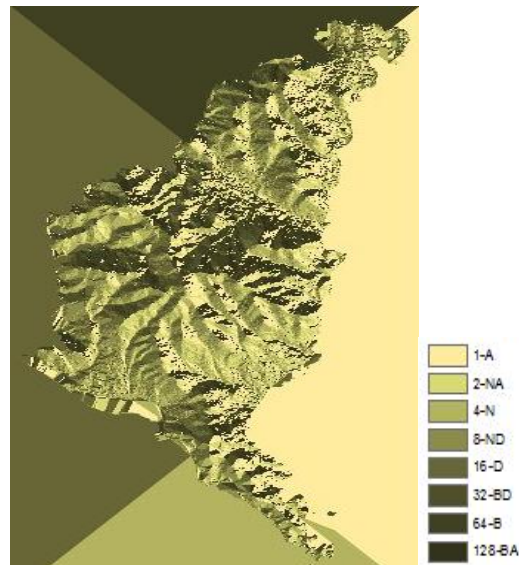


Σχήμα 4. Χάρτης Κλίσεων

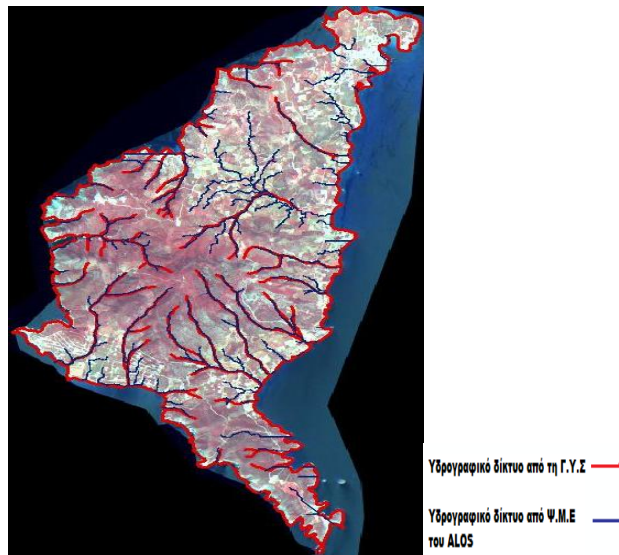


Σχήμα 5. Τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 20 μέτρων.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας πάλι τα εργαλεία χωρικής ανάλυσης, κατασκευάζεται ο τοπογραφικός χάρτης ισοδιάστασης 20 μέτρων (Σχήμα 5) και αποτυπώνεται η διεύθυνση και η συσσωρευτική ροή του υδρογραφικού δικτύου. (Σχήμα 6). Το υδρογραφικό δίκτυο που δημιουργήθηκε (συσσωρευτική ροή) θεωρήθηκε σημαντικό να συγκριθεί με το επίσημο που ψηφιοποιήθηκε από τον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Ως υπόβαθρο στη σύγκριση χρησιμοποιήθηκε η συγχωνευμένη εικόνα του δορυφόρου ALOS με 2,5 μέτρα μέγεθος pixel (Σχήμα 7). Παρατηρώντας τα δύο δίκτυα, διαπιστώνεται ότι στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι παρόμοια. Σημαντική διαφορά παρουσιάζεται στην περιοχή της χώρας του νησιού (κεντρικό και βόρειο τμήμα) όπου το δίκτυο από το Ψ.Μ.Ε του ALOS είναι πιο εκτεταμένο. Γενικότερα για την υδρογραφία, εντοπίστηκαν σε αρκετά σημεία ανάμεσα από τις διακλαδώσεις του δικτύου, κοιλάδες σχήματος V, στενές κοιλάδες οι κοίτες των οποίων η μορφή μοιάζει με το γράμμα «V» (Pavliopoulos et all, 2009).



Σχήμα 6. Διεύθυνση ροής του Υδρογραφικού

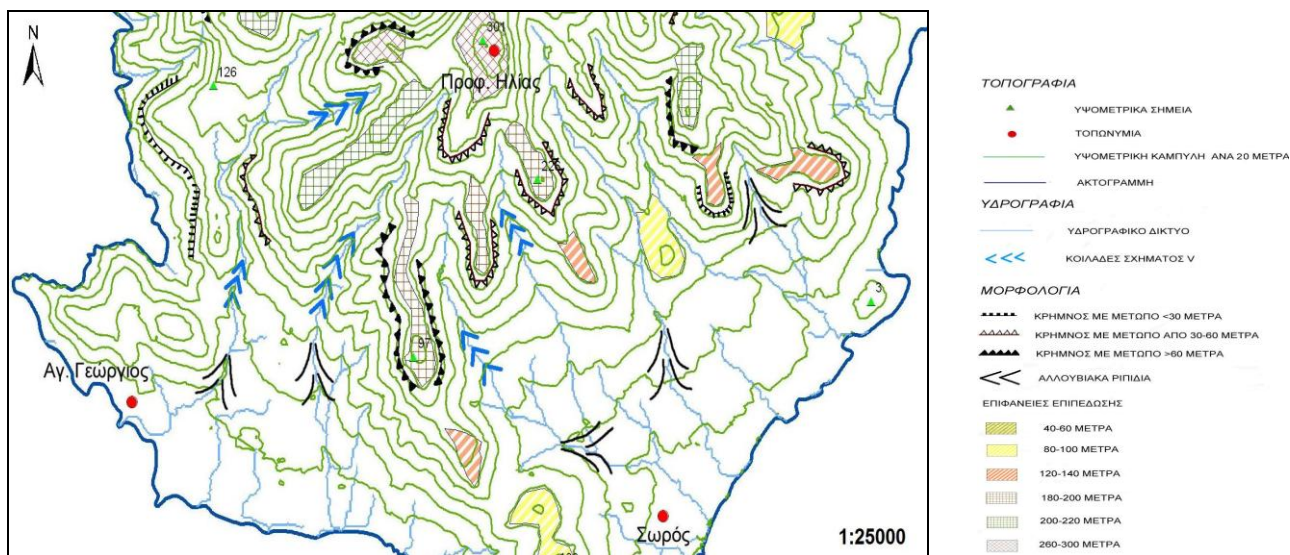


Σχήμα 7. Σύγκριση Υδρογραφικού δικτύου όπως προέκυψε από το Ψ.Μ.Ε. με αυτό των τοπογραφικών χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

Επιπλέον, με βάση τα σχήματα 3 και 4, μελετώντας την εικόνα του δορυφόρου ALOS και λαμβάνοντας υπ όψιν την γεωλογία και την τεκτονική του νησιού, αναγνωρίστηκαν κάποιες βασικές γεωμορφές που αφορούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου. Αρχικά εντοπίστηκαν και ψηφιοποιήθηκαν οι κρημνοί. Για την αναγνώρισή τους, χρειάστηκε να μελετηθεί προσεχτικά ο χάρτης της ισοδιάστασης 20 μέτρων που προήλθε από το Ψ.Μ.Ε του ALOS, ο χάρτης κλίσεων καθώς και η εικόνα υψηλής ανάλυσης του ALOS που είχε δημιουργηθεί για να διευκολυνθεί η φωτοερμηνεία. Οι κρημνοί είναι περιοχές-πλαγιές με μορφολογικές κλίσεις μεγαλύτερες από 30 μοίρες. Εντοπίστηκαν σε λίγες και συγκεκριμένες περιοχές κυρίως στη δυτική ακτή του νησιού όπου η παράκτια γεωμορφολογία παρουσιάζει πολύ έντονο ανάγλυφο καθώς και στην ορεινότερη περιοχή της Αντίπαρου, στον Προφήτη Ηλία (σχήμα 8).

Στη συνέχεια με παρόμοιο τρόπο αναγνωρίστηκαν οι επιφάνειες επιπέδωσης, οι οποίες αποτελούν μορφές διάβρωσης και είναι σχετικά επίπεδες, ομαλές επιφάνειες των οποίων η δημιουργία οφείλεται στη διεργασία της μηχανικής ή χημικής αποσάθρωσης. Οι επιφάνειες επιπέδωσης αποτελούν χαρακτηριστικό του σταδίου ωριμότητας και η δημιουργία τους προϋποθέτει μακρά διάρκεια σε χρονικές περιόδους σχετικής τεκτονικής ηρεμίας (Pavlopoulos et al, 2009). Στην Αντίπαρο οι επιφάνειες επιπέδωσης ταξινομήθηκαν σε 6 υψομετρικές κλάσεις, δηλαδή έγινε μια προσπάθεια ομαδοποίησης τους η οποία βασίστηκε στη μελέτη των Sabot, Riedl, Μαριολάκου και Παπανικολάου (1975) για την εξέλιξη των παλαιών μορφολογικών επιφανειών των Κυκλάδων. Το υψόμετρό τους ξεκινάει από τα 40 μέτρα και φτάνει στα 300μέτρα. Οι επιφάνειες που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο είναι οι νεότερες ενώ αυτές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο είναι παλαιότερες (σχήμα 8).

Τέλος αναγνωρίστηκαν αλλουβιακά ριπίδια, τα οποία είναι αποθέσεις που έχουν το σχήμα «βεντάλιας» έτσι όπως επεκτείνονται οι κώνοι απόθεσης των φερτών υλικών. Σχηματίζονται στη συμβολή των ορεινών κλάδων των υδρογραφικών δικτύων με μεγαλύτερους ήπιας κλίσης κλάδους. Η δημιουργία των σχηματισμών οφείλεται στο γεγονός ότι η προσφορά ιζήματος από το ποτάμι επηρεάζεται από τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο της λεκάνης απορροής (Strahler, 1992, Skinner et al, 2004). Τα αλλουβιακά ριπίδια που εντοπίστηκαν στην Αντίπαρο, βρίσκονται στους πρόποδες του Προφήτη Ηλία, στην περιοχή Σωρό και Αγ. Γιώργιο, νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά της ορεινής περιοχής αντίστοιχα (σχήμα 8).



Σχήμα 8. Απεικόνιση των κύριων γεωμορφών τμήματος της Ν. Αντιπάρου αποτυπωμένες σε τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:25000

6. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Με βάση τα παραπάνω, διαπιστώθηκε ότι η πρόοδος των τελευταίων δεκαετιών στον τομέα της Γεωπληροφορικής και συγκεκριμένα στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχει δημιουργήσει γερές βάσεις για την παρακολούθηση και αποτύπωση του γήινου αναγλύφου. Συγκεκριμένα, δορυφόροι όπως ο ALOS με πολύ καλή χωρική και φασματική διακριτική ικανότητα αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αναγνώριση και χαρτογράφηση βασικών γεωμορφών. Η εφαρμογή στην ν. Αντίπαρο έδειξε ότι από ένα Ψ.Μ.Ε και από μία εικόνα υψηλής ανάλυσης, είναι εφικτό να εντοπιστούν σημαντικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά κυρίως αυτά που σχετίζονται με τα υδρογραφικά δίκτυα και με διαβρωτικές ή αποθετικές διεργασίες. Σίγουρα η παραπάνω μέθοδος δεν αντικαθιστά την επιτόπια παρατήρηση, καθώς η ακρίβεια δεν μπορεί πάντα να είναι η μέγιστη δυνατή, παρόλ' αυτά αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ανίχνευση του αναγλύφου σε δυσπρόσιτες περιοχές, ενώ το κόστος και ο χρόνος καταγραφής είναι τις περισσότερες φορές χαμηλότερο.

Βιβλιογραφία

- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), 1963: Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Αντίπαρος, υπό Γ. Αναστόπουλου.
- Καρτάλης Κ., 2006: Αρχές και εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Γκιούρδας Β.
- Asselen S. and A.C. Seijmonsbergen, 2006: Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM. *Geomorphology*, 78, 309–320
- Nikolakopoulos K., Ev. Gioti, G. Skianis, D. Vaiopoulos, 2010: *Ameliorating the spatial resolution of Hyperion Hyperspectral data, The case of Antiparos Island*. 12th International Congress of the Geological Society of Greece, Patra 19-22 May 2010, XLIII, No 3, 1627-1636
- Nikolakopoulos K. and E. Gioti, 2010: *Accuracy Control of ALOS DSM*, 30th EARSeL Symposium: Remote Sensing for Science, Education and Culture, Paris 31 May- 3 June 2010
- Pavlopoulos K., Evelpidou N., Vassilopoulos A., (2009), *Mapping geomorphological environments*, Berlin, Springer- Verlag,
- Riedl H., Μαρσιολάκου Η., Παπανικολάου Δ., Sabot B., (1975): *The morphological evolution of the old surfaces of the Cyclades*, Annales geologiques de pays Hellenique, XXXI, 220-249
- Siart C., O. Bubenzer, E. Eitel, 2009: Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*, 112, 106–121
- Skinner J. Brian, Porter C. Stephen, Park Jeffrey, 2004: *Dynamic Earth; an introduction to physical geology*, USA, John Wiley and sons, Inc, fifth edition
- Strahler H Alan, Strahler N. Arthur, 1992: *Modern physical geography*, United States, John Wiley and sons, Inc, forth edition

- Tadono T., M. Shimada, M. Watanabe, T. Hashimoto and T. Iwata, 2004: Calibration and Validation of PRISM Onboard ALOS, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 35 part B1, 13-18
- Tsombos P., K. Nikolakopoulos and G. Lathourakis, 2008: *DEM From ALOS data and comparison from other sources a case study from Greece*. Proc. Of 'ALOS PI 2008 Symposium', Island Of Rhodes 3-7 November 2008, ESA SP-664

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας με θέμα : «Δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη της νήσου Αντιπάρου με τη συνδυασμένη χρήση τηλεπισκοπικών τεχνικών και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών». Θα ήθελα να ευχαριστήσω γι' αυτό τους επιβλέποντες καθηγητές, Κ. Παυλόπουλο και Ι. Παρχαρίδη για τη βοήθειά τους. Παράλληλα, σημαντική για την επίτευξη της εργασίας ήταν η συμβολή του Κ. Νικολακόπουλου και Π. Τσόμπου από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) τους οποίους ευχαριστώ ιδιαίτερα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη, μου τα διέθεσε το Ι.Γ.Μ.Ε στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης που πραγματοποίησα στο χώρο του.