

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο την χρησιμοποίηση αντικειμενοστραφών μεθόδων ανάλυσης εικόνας και ασαφούς ταξινόμησης για την κατηγοριοποίηση των γεωμορφολογικών σχηματισμών της περιοχής Great Basin της Νεβάδας (ΗΠΑ). Χρησιμοποιήθηκαν κατηγορίες των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών με βάση τις ιδιότητες τόνου, σχήματος και γειτνίασης. Οι τάξεις οργανώθηκαν με τη χρήση βάσης γνώσης και χρησιμοποιήθηκαν στην ταξινόμηση από το λογισμικό eCognition. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η χρήση της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας είναι ικανή να διευκολύνει και να θέσει σε νέα βάση την μελέτη των χαρακτηριστικών των γεωμορφολογικών σχηματισμών.

EXTENDED ABSTRACT

During the last years, the use of object-oriented methods for image analysis and algorithm programming, has had an affect on remote sensing image processing. At the same time, geomorphological problems such as delineation of geomorphological features and classification of geomorphological units from digital elevation data have arised. These problems have been treated with terrain analysis and geomorphometric methods and algorithms without, however, the use of *object-oriented analysis*. The main objective of this research was the use of object-oriented methods and algorithms (as these are available in eCognition), for classifying, using *fuzzy logic*, geomorphological units of the physiographic region of Great Basin (Nevada, USA). Data used included the GTOPO30 DEM, choroplethic elevation maps and a NOAA AVHRR satellite image.

At first, an image segmentation algorithm called *multiresolution segmentation* was used for extracting image primitives. After extracting these primitives, a *class hierarchy* was defined in order to classify the object primitives into semantic image objects. The class definitions were represented in an *object-oriented knowledge base*, followed by fuzzy representation of color, shape and other object features. Thus, each class description consisted of a set of fuzzy expressions allowing the evaluation of specific features and their logical operation. Fuzzy logic classification translated the feature values of arbitrary range into fuzzy values between 0 and 1, indicating the degree of membership of each object to a specific class. Finally, after computing all *membership values*, the classification of image semantics was produced. The use of object-oriented image analysis was succesfull in treating terrain analysis problems at this first effort.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας, Ασαφής ταξινόμηση, Βάση γνώσης, Δείκτες σχήματος

KEY WORDS: Object oriented image analysis, Fuzzy logic, Knowledge base, Shape indexes, Terrain analysis, Feature extraction

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Επισκόπηση επιστημονικού πεδίου

Μέχρι πρόσφατα, προβλήματα ανάλυσης γεωμορφών, αντιμετωπίζονταν με χρήση αλγορίθμων και τεχνικών που περιορίζονταν στο επίπεδο του εικονοστοιχείου εκτός λίγων εξαιρέσεων (Μηλιαρέσης και Αργιαλάς 1998).

Η πρόσφατη ανάπτυξη των αντικειμενοστραφών μεθοδών στον τομέα της ανάλυσης εικόνας και των εμπειρών συστημάτων έθεσε σε νέα βάση τα προβλήματα της υπολογιστικής όρασης και κατ' επέκταση της Τηλεπισκόπησης. Ταυτόχρονα, υπήρξε έντονο ενδιαφέρον για το θέμα της οριοθέτησης και χαρτογράφησης γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών από ψηφιακά τηλεπισκοπικά δεδομένα. Μια πρώτη προσέγγιση στο

¹eCognition: A TOOL FOR GEOMORPHOLOGICAL MAPPING. Argialas D., Tzotsos A., Derzekos P., N.T.U.A. Department of Rural and Surveying Engineering, Remote Sensing Laboratory, Zografou 15780, Athens.

πρόβλημα αυτό είχε γίνει στο παρελθόν (Graff and Usery 1993, Μηλιαρέσης και Αργιαλάς 1999). Συγκεκριμένα, στην έρευνα Μηλιαρέση και Αργιαλάς (1999) είχε εφαρμοστεί αλγόριθμος κατάτμησης Ψφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ) με επαύξηση περιοχών για την οριοθέτηση γεωμορφολογικών σχηματισμών. Ταυτόχρονα είχε γίνει προσπάθεια καθορισμού ποσοτικών χαρακτηριστικών κάποιων γεωμορφών και ταξινόμηση τους με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά.

Οι νέες εξελίξεις στον τομέα ανάλυσης εικόνας, και συνάμα η παρουσίαση ενός νέου λογισμικού (*eCognition*) που ολοκλήρωνε αυτές τις εξελίξεις, οδήγησε πρόσφατα τους Αργιαλά και Τζώτσο (2002) στην διερεύνηση του προβλήματος οριοθέτησης γεωμορφών από ΨΜΕ με τη χρήση αντικειμενοστραφών μεθόδων (Αργιαλάς και Τζώτσο, 2002). Πιο συγκεκριμένα, έγινε χρήση αλγορίθμων χαμηλού, μέσου και υψηλού επιπέδου σε αντικειμενοστραφές περιβάλλον προγραμματισμού. Εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος κατάτμησης σε ένα ΨΜΕ και στη συνέχεια με ταξινόμηση μέσω ασαφούς λογικής, οριοθετήθηκαν οι γεωμορφές της περιοχής μελέτης (οροσειρές, λεκάνες και πρόποδες βουνών).

1.2 Η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας στο eCognition

Το κύριο χαρακτηριστικό του λογισμικού *eCognition*, είναι ότι εμπεριέχει μια εντελώς νέα μέθοδο κατάτμησης εικόνας, την *κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης*. Επίσης το λογισμικό προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας μια *ιεραρχίας πολλαπλών επιπέδων* από ομοιογενή ως προς το τόνο και σχήμα αντικείμενα της εικόνας, τα οποία κάθε στιγμή γνωρίζουν τόσο τους γείτονες τους στο ίδιο επίπεδο, αλλά και τα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω ή κάτω από αυτά. Ταυτόχρονα γίνεται υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων που αφορούν στις τιμές χρώματος των αντικειμένων (μέσες τιμές τόνου, τυπικές αποκλίσεις, υφή κ.α.), αλλά και ιδιοτήτων που αφορούν στο σχήμα των αντικειμένων (προσανατολισμός, μήκος, πλάτος, επιμήκυνση, καμπυλότητα, συμπαγότητα κ.α.). Μέσω (α) αυτών των στατιστικών μεγεθών, (β) της *ιεραρχίας κλάσεων/υποκλάσεων* που ορίζει ο χρήστης με βάση τόσο τις εννοιολογικές όσο και τις φασματικές δομές που επιδιώκει να ταξινομήσει, αλλά και (γ) των χωρικών – φασματικών σχέσεων των κλάσεων μεταξύ τους, πραγματοποιείται η ταξινόμηση των αντικειμένων. Η ταξινόμηση στο *eCognition* πραγματοποιείται με *ασαφή λογική*. Η ταξινόμηση των κατηγοριών γίνεται είτε με μια ασαφή εκδοχή του αλγορίθμου του *Εγγύτερου Γείτονα* είτε με ένα σύνολο ασαφών προσδιορισμών των ιδιοτήτων των αντικειμένων, που εκφράζονται από *συναρτήσεις συμμετοχής*. Η τιμή συμμετοχής υπολογίζεται κάθε φορά από τον αντίστοιχο ταξινομητή που χρησιμοποιείται. Οι ταξινομητές μπορούν να συνυπάρχουν κατά τη διάρκεια της ταξινόμησης μέσω *τελεστών της ασαφούς λογικής* όπως οι AND, OR, MEAN κ.α. (*eCognition User Guide* 2001).

1.3 Στόχος της έρευνας – Περιοχή μελέτης – Ψφιακά δεδομένα

Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της χρήσης της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας στην ταξινόμηση των γεωμορφών από ψηφιακά τηλεπισκοπικά δεδομένα με βάση ποσοτικά χαρακτηριστικά τους που αφορούν στο τόνο και στο σχήμα τους. Ταυτόχρονα έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με παλιότερες σχετικές μελέτες.

Η έρευνα αφορούσε την περιοχή Great Basin και πιο συγκεκριμένα, το κεντρικό τμήμα της πολιτείας Νεβάδα (ΗΠΑ), στο οποίο εντοπίζονται ιδιαίτεροι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί δηλαδή επιμήκεις ορεινοί όγκοι, με παρόμοιο ύψος και σχεδόν σταθερό προσανατολισμό. Η παρουσία λεκανών ανάμεσά τους τονίζει την παραλληλία τους και τους καθιστά ακόμα πιο εύκολα αναγνωρίσιμους.

Τα ψηφιακά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: ένας ψηφιακός διανυσματικός θεματικός χάρτης που είχε προκύψει μετά από αυτόματη οριοθέτηση των γεωμορφολογικών σχηματισμών από το Ψφιακό Μοντέλο Εδάφους (Αργιαλάς και Τζώτσο, 2002) του Παγκόσμιου Μοντέλου Εδάφους GTOPO30 (USGS 1997), μια εικόνα NOAA AVHRR καθώς και ένας χωροπληθής υψομετρικός χάρτης.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της έρευνας Αργιαλά και Τζώτσου (2002) για την οριοθέτηση γεωμορφολογικών σχηματισμών από ΨΜΕ που απέδωσε ικανοποιητικά τους ορεινούς όγκους της περιοχής Great Basin, κρίθηκε απαραίτητη η προσπάθεια κατηγοριοποίησης τους με βάση κάποια ποσοτικά χαρακτηριστικά τους. Όπως και στο παρελθόν (Μηλιαρέσης και Αργιαλάς, 1998), έγινε μια προσπάθεια να οριστούν αυτές

οι ποσοτικές εκφράσεις στηριζόμενοι σε παλιότερους ποιοτικούς προσδιορισμούς των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών (Fenneman, 1931) και να διερευνηθούν ως προς τα αποτελέσματα που δίνουν.

2.1 Κατάτμηση και ταξινόμηση εικόνας NOAA AVHRR

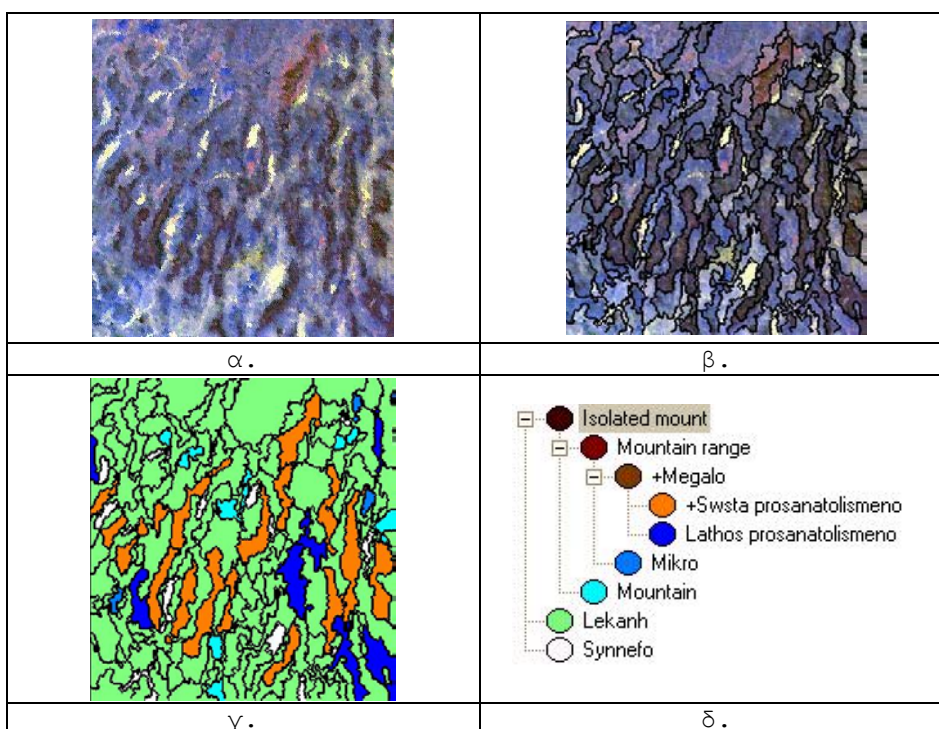
Η πρώτη εικόνα που χρησιμοποιήθηκε είναι τμήμα μίας εικόνας NOAA AVHRR στην οποία διακρίνονται ευκρινώς οι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί που εξετάζονται. Η εικόνα κατατμήθηκε, μετά από αλληπάλληλες δοκιμές, με παράμετρο κλίμακας 40, φασματικό κριτήριο 0,6 και κριτήριο σχήματος 0,4, συμπαγότητα 0,5 και ομαλότητα οριογραμμής 0,5. Η αρχική εικόνα και η κατάτμησή της σε ορεινούς όγκους παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 α και 1β.

Ακολούθησε το στάδιο της ταξινόμησης για τον διαχωρισμό των λεκανών από τους ορεινούς όγκους. Έτσι, δημιουργήθηκαν στην ιεραρχία τάξεων (Σχήμα 1 δ) οι κατηγορίες "Lekanh", "Isolated mount" και "Synnefo", με την τελευταία να περιλαμβάνει τις νεφώσεις που παρουσιάζονται στην εικόνα. Για την ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εγγύτερης γειτνίασης και δηλώθηκαν αντιπροσωπευτικά δείγματα για όλες τις κατηγορίες.

Τα χαρακτηριστικά μορφής που δημιουργήθηκαν για την περαιτέρω ταξινόμηση των ορεινών όγκων, ήταν:

- Η ασυμμετρία k που περιγράφει το επίμηκες των αντικειμένων. Χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση συμμετοχής μορφής S και τιμές ασυμμετρίας από 0,65 έως 0,75 που ορίζουν το διάστημα στο οποίο ένα αντικείμενο, ταξινομημένο ήδη ως "Isolated mount", θα επαναταξινομηθεί ως "Mountain" ή "Mountain range".
- Το εμβαδό A , που μετράται σε εικονοστοιχεία. Χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση συμμετοχής S και τα ταξινομημένα ήδη ως "Mountain range" αντικείμενα θα επαναταξινομηθούν ως "Mikro" ή "+Megalo" στο διάστημα τιμών 150-200.
- Ο κύριος προσανατολισμός, που μετράται σε μοίρες ως προς το Βορρά. Η συνάρτηση συμμετοχής που δημιουργήθηκε είναι η απλοποιημένη τραπεζοειδής με κατακόρυφα πλαϊνά σκέλη και διάστημα τιμών 0-50. Τα τμήματα που προκρίθηκαν από το προηγούμενο στάδιο ("+Megalo") θα επαναταξινομηθούν ως "+Swsta prosanatolismeno" ή "Lathos prosanatolismeno".

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται εξελικτικά τα στάδια της κατάτμησης και ταξινόμησης, από την αρχική εικόνα έως το τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 1: Τα στάδια της ταξινόμησης, από την αρχική εικόνα έως το τελικό αποτέλεσμα: α) Αρχική εικόνα β) Εικόνα κατάτμησης γ) Τελική ταξινόμηση δ) Ιεραρχία τάξεων

Figure 1: The classification process: a. Original image b. Segmented image c. Image classification d. Class hierarchy used in classification process.

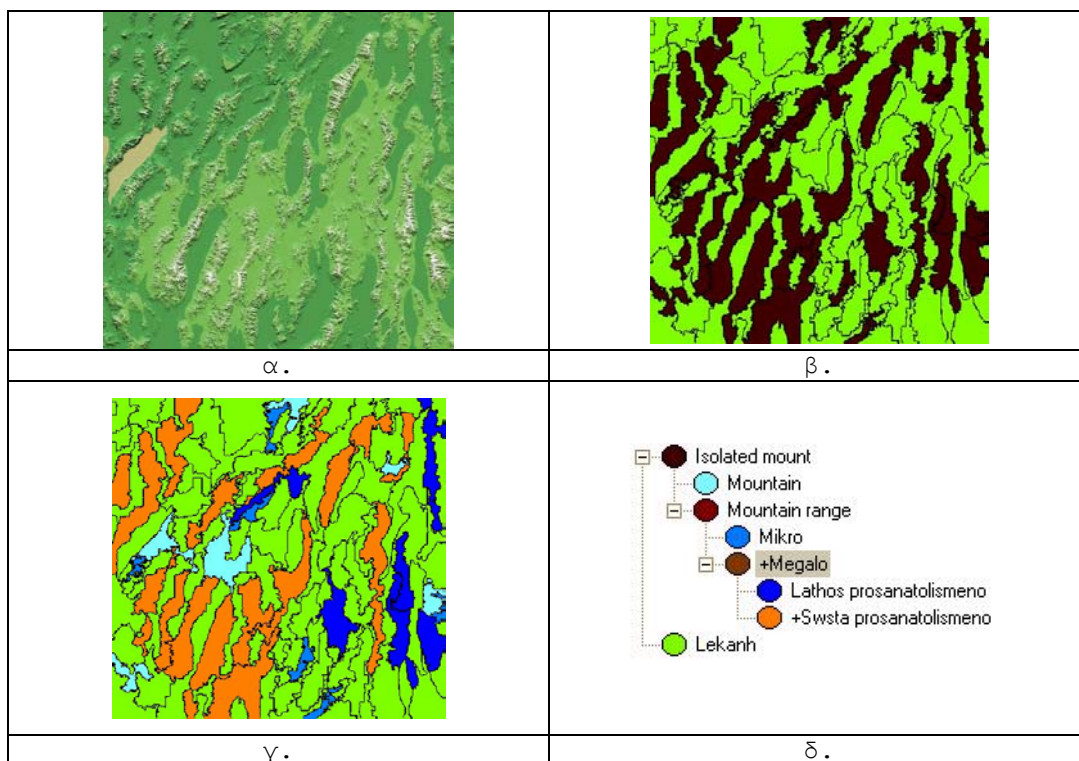
2.2 Κατάτμηση και ταξινόμηση χωροπληθούς υψομετρικού χάρτη.

Η δεύτερη πηγή που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας χωροπληθής υψομετρικός χάρτης, της πολιτείας Νεβάδα (ΗΠΑ), ο οποίος παρείχε ισοπληθείς καμπύλες ανά δύο χιλιάδες πόδια, χρωματισμένες κατάλληλα για να δίνουν την αίσθηση του υψομέτρου. Για την κατάτμηση του, μετά από αλληπάλληλες δοκιμές, ορίστηκε παράμετρος κλίμακας 80, φασματικό κριτήριο 0,8 και κριτήριο σχήματος 0,2, συμπαγότητα 0,5 και ομαλότητα οριογραμμής 0,5. Ο αρχικός χάρτης και η κατάτμησης του σε ορεινούς όγκους παρουσιάζονται στα Σχήματα 2α και 2β.

Ακολούθησε η ταξινόμηση των ορεινών όγκων. Τα χαρακτηριστικά μορφής που εφαρμόστηκαν για την περαιτέρω ταξινόμηση των ορεινών όγκων ήταν τα αυτά με την πρώτη εικόνα, με διαφοροποίηση στα διαστήματα τιμών:

- Για την ασυμμετρία κ χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση συμμετοχής μορφής S και τιμές ασυμμετρίας από 0,45 έως 0,55.
- Για το εμβαδό χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση συμμετοχής S στο διάστημα τιμών 1450-1550.
- Για το κύριο προσανατολισμό η συνάρτηση συμμετοχής που επιλέχθηκε ήταν η απλοποιημένη τραπεζοειδής με κατακόρυφα πλαϊνά σκέλη και διάστημα τιμών 0-50.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται εξελικτικά τα στάδια της ταξινόμησης, από την αρχική εικόνα έως το τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 2: Τα διαδοχικά στάδια της ταξινόμησης, από την αρχική εικόνα έως το τελικό αποτέλεσμα: α. Αρχική εικόνα β. Κατάτμηση γ. Ταξινόμηση δ. Ιεραρχία ταξινόμησης

Figure 2: The classification process: a. Original image b. Segmented image c. Image classification d. Class hierarchy used in classification process.

2.3 Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση ορεινών όγκων από ΨΜΕ

Στους Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998), η εξαγωγή των ορεινών όγκων της συγκεκριμένης περιοχής, είχε ακολουθηθεί από την εφαρμογή μιας στατιστικής μεθόδου, η οποία αποσκοπούσε στην κατηγοριοποίηση των ορεινών όγκων με βάση στατιστικά δεδομένα που προέκυπταν από τα αντικείμενα που είχε αποδώσει ο αλγόριθμος κατάτμησης.

Είχε εφαρμοστεί η μέθοδος ανάλυσης συσσωρεύσεων με τον αλγόριθμο των K-κέντρων για 17 συνολικά χαρακτηριστικά η οποία οδήγησε στην ταξινόμηση τεσσάρων κατηγοριών ορεινών όγκων (όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 3α).

Η ταξινόμηση των ορεινών όγκων της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε με τους δείκτες σχήματος που ορίστηκαν στο λογισμικό eCognition (eCognition User Guide 2001).

Ο μαθηματικός ορισμός των δεικτών σχήματος στο λογισμικό eCognition δεν ήταν στις περισσότερες φορές ο ίδιος με τον ορισμό των δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν από τους Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998) στη μέθοδο των K κέντρων. Για το λόγο αυτό, δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι αυτές τιμές δεικτών. Εννοιολογικά, όμως υπήρχε αντιστοιχία μεταξύ ορισμένων δεικτών σχήματος και των δύο εργασιών. Στην εργασία Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998), χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες του εμβαδού, του μήκους και του πλάτους που υπάρχουν και στην παρούσα εργασία. Αντιστοιχία με λίγο διαφορετικό μαθηματικό ορισμό υπάρχει ανάμεσα: (α) στον δείκτη στρογγυλότητας με τον δείκτη πυκνότητας της παρούσας εργασίας, (β) στον δείκτη εκκεντρότητας E με τον δείκτη ασυμμετρίας της παρούσας εργασίας και (γ) στον δείκτη προσανατολισμού Φ με τον δείκτη προσανατολισμού της παρούσας εργασίας. Ο δείκτης μήκους προς πλάτος και ο δείκτης σχήματος της παρούσας εργασίας δεν ορίστηκαν από τους Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998). Ο πολιτικός δείκτης, το ανάγλυφο και το κέντρο μάζας των Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998), δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Δεδομένης της εννοιολογικής σχέσης μεταξύ των δεικτών σχήματος που αναφέρθηκε παραπάνω, μόνο έμεσα χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές που ορίστηκαν από τους Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998) στον ορισμό των τιμών των δεικτών της παρούσας εργασίας.

Ακολούθησε η ταξινόμηση των ορεινών όγκων σε 4 κατηγορίες όπως αυτές ορίστηκαν από τους Μηλιαρέση και Αργιαλά (1998) ώστε το αποτέλεσμα που προκύπτει να μπορεί να συγκριθεί με το αντίστοιχο αποτέλεσμα των K κέντρων.

Για την ταξινόμηση της τάξης 1 χρησιμοποιήθηκαν οι συναρτήσεις συμμετοχής μήκους προς πλάτος (που εκφράζει την επιμήκυνση), πυκνότητας, μήκους, εμβαδού και ασυμμετρίας. Η συνάρτηση πυκνότητας χρησιμοποιήθηκε με ασαφή όρια που πήραν τις τιμές 1,6 και 1,65 αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν με το γραφικό εργαλείο επισκόπησης χαρακτηριστικών αντικειμένων. Η συνάρτηση μήκους καθορίστηκε να έχει ακραίες τιμές 65,5 Km και 66Km με συνάρτηση συμμετοχής τύπου Z. Η συνάρτηση εμβαδού ορίστηκε να λαμβάνει τιμές μεταξύ $6 \cdot 10^8$ και $1,9 \cdot 10^9$. Τέλος, η συνάρτηση ασυμμετρίας είχε όρια τις τιμές 0,85 έως 0,9 σε συνάρτηση τύπου S.

Ο ασαφής προσδιορισμός της 2^{ης} τάξης έγινε μέσω των χαρακτηριστικών μήκους, εμβαδού και κύριας διεύθυνσης (προσανατολισμού) που σύμφωνα με τα παραπάνω επιλέχθηκε μεταξύ των τιμών 10 – 50 μόιρες σε συνάρτηση της μορφής Π.

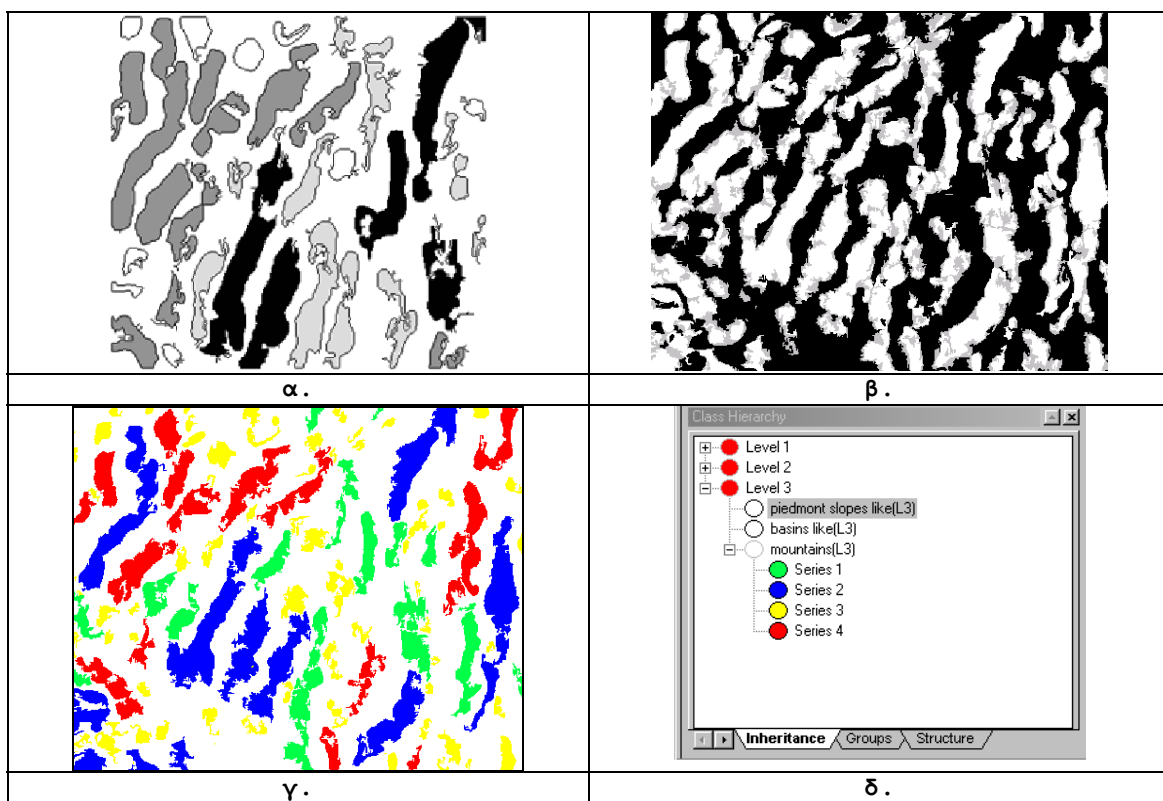
Για την τάξη 3 ο δείκτης της πυκνότητας χρησιμοποιήθηκε κυρίως για το διαχωρισμό της τάξης από τις υπόλοιπες.

Για τον καθορισμό της 4^{ης} τάξης, χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια προσανατολισμού των αντικειμένων και μήκους.

Ταξινομώντας τους ορεινούς όγκους στις 4 αυτές τάξεις προέκυψε το αποτέλεσμα του Σχήματος 3γ.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων ταξινόμησης μέσω των Σχημάτων 3α και 3β, συμπεραίνεται ότι οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι έχουν ταξινομηθεί με παρόμοιο τρόπο. Η κατηγορία 4 παρουσιάζει συγκέντρωση αντικειμένων στα βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης. Στην περιοχή αυτή το υψόμετρο είναι ελαφρώς αυξημένο και το κριτήριο αυτό βοηθά στην διάκριση από την κατηγορία 1 που παρουσιάζει παρόμοιες τιμές σε αρκετούς δείκτες σχήματος (η ομοιότητα είναι διακριτή και φωτοερμηνευτικά λόγω περίπου ίδιου μεγέθους αντικειμένων, παρόμοιου προσανατολισμού και περίπου παρόμοιου μήκους των αντικειμένων των δύο κατηγοριών).

Η κατηγορία 3 χαρακτηρίζεται κυρίως από την μεγάλη πυκνότητα των αντικειμένων (φωτοερμηνευτικά φαίνεται σαν τετραγωνικό και συμπαγές σχήμα). Άξιο αναφοράς είναι το ότι στα αντικείμενα της κατηγορίας 3 είναι δύσκολος ο προσδιορισμός της κύριας διεύθυνσης τόσο φωτοερμηνευτικά, όσο και ποσοτικά. Τέλος, υπάρχουν ορεινοί όγκοι οι οποίοι στο Σχήμα 3α ταξινόμησης (Μιλιαρέσης και Αργιαλάς 1998), εμφανίζονται εν μέρει στην περιοχή μελέτης. Οι αντίστοιχοι όγκοι, παρουσιάζονται ολόκληροι στην παρούσα εργασία λόγω του μεγαλύτερου εύρους της περιοχής μελέτης. Επομένως, η διαφοροποίηση στην ταξινόμηση τέτοιων αντικειμένων είναι εύλογη καθώς η προαναφερθείσα εργασία δεν έλαβε υπόψη την ολόκληρο το σχήμα του εκάστοτε ορεινού όγκου.



Σχήμα 3: α. Ταξινόμηση ορεινών όγκων με τη μέθοδο των K-κέντρων. Με μαύρο χρώμα εμφανίζεται η κατηγορία 2. Με λευκό η κατηγορία 3, ενώ με γκρι ανοιχτό φαίνεται η κατηγορία 1 και με σκούρο η κατηγορία 4. (Miliareisis and Argialas, 1998) β. Οριοθέτηση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών (Αργιαλάς και Τζώτσος, 2002) γ. Ταξινόμηση γεωμορφολογικών σχηματισμών σε 4 κατηγορίες με βάση δείκτες σχήματος δ. Ιεραρχία ταξινόμησης

Figure 3: a. Cluster analysis with K-means clustering. Black color represents class 2, white color represents class 3, light grey represents class 1 and dark grey represents class 4. (Miliareisis and Argialas, 1998). b. Extraction of mountains from Digital Elevation Model GTOPO30 (Argialas and Tzotsos, 2002). c. Classification of mountain regions using shape indices. d. Class hierarchy.

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η εμφάνιση του eCognition έθεσε το πρόβλημα της ταξινόμησης των γεωμορφολογικών σχηματισμών σε μία νέα βάση, κυρίως λόγω της νέας μεθοδολογικής προσέγγισης που συνολικά διέπει το λογισμικό. Η χαρτογραφική του χρήση αποδείχθηκε αποτελεσματική ως προς την πρώτη απόπειρα που διεξήχθη στην εργασία

αυτή. Υπάρχει η προοπτική επέκτασης της αυτόματης οριοθέτησης και ταξινόμησης τέτοιων χαρακτηριστικών, όχι μόνο στο παρών φυσιογραφικό επίπεδο, αλλά και σε άλλες κλίμακες γεωμορφολογικών σχηματισμών. Η φιλοσοφία της μεθοδολογίας δείχνει να επιτρέπει αυτή την προοπτική.

Σχετικά με τη λειτουργικότητα του λογισμικού, οι δυνατότητες που παρέχονται για ταξινόμηση (ιεραρχία τάξεων, ασαφής λογική, γεωμετρικά και χωρικά κριτήρια) προσφέρουν ευελιξία και διευκολύνουν τη δημιουργία σχετικά πολύπλοκων εννοιολογικών περιγραφών για τις θεματικές κατηγορίες. Η εφαρμογή των χαρακτηριστικών μορφής, η χρήση και η αξιολόγηση των οποίων αποτελούσαν τον πρωτεύοντα στόχο της παρούσας εργασίας, αποτέλεσε μία διαδικασία εύκολη, διαφανή και με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο εντοπισμός και η μελέτη, δε, των γεωμορφολογικών σχηματισμών που εξετάστηκαν διευκολύνονται σε σημαντικό βαθμό από τη χρήση των χαρακτηριστικών αυτών.

Πέρα από το συγκεκριμένο λογισμικό, συνδυασμοί μεθόδων όπως αυτές που περιγράφηκαν για την κατάτμηση ή/και την ταξινόμηση ίσως αποτελέσουν στο μέλλον ένα χρήσιμο μέσο για την επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων, αφού προσφέρουν πολλαπλά πλεονεκτήματα.

4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]Αργιαλάς Δ. και Τζώτσος Α., 2002. Η συμβολή του eCognition στην χαρτογραφηση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών από Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Αθήνα, Φεβρουάριος 2002.

[2]eCognition User Guide, 2001, Definiens, Munchen.
<http://www.definiens.com/register/index.html>

[3]Fenneman, N., 1931. Physiography of Western United States, McGraw-Hill book, Co., New York, NY.

[4]Graff L. and Usery, E., 1993. Automated classification of generic terrain features in digital elevation models. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 59 (9), pp. 1409-1417.

[5]Miliaresis, G.Ch. and D.P. Argialas, 1998. Parametric Representation and Classification Of Mountain Objects Extracted From Moderate Resolution Digital Elevation Data. Proceedings, 4th International Conference of the Association for Mathematical Geology (IAMG 98), Ispra-Naples (Italy), October 5 - 9, pp. 892-897.

[6]Μηλιαρέσης Γ., Αργιαλάς Δ., 2001. Παραμετρική αναπαράσταση ορεινών αντικειμένων από το μέτριας διακριτικής ικανότητας ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο GTOPO30. 3^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο: Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ, ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ, Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Ερευνας (ΜΕ.Κ.Δ.Ε.), Μέτσοβο, 7-10 Ιουνίου, 14 σελ.

[7]U.S. Geological Survey, 1997. GTOPO30: Global 30 arc-seconds Digital Elevation Model. <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/README.html>