

Τυποποίηση της Φωτοερμηνευτικής Γνώσης για την Ερμηνεία Γεωμορφών σε Φυσιογραφική Κλίμακα

Δημήτρης Π. Αργιαλάς¹, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
(argialas@central.ntua.gr)

Γιώργος Χ. Μηλιαρέσης
(gmiliar@central.ntua.gr ή miliaresis@email.com)

¹Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων, Εθνικό Μετσόβειο
Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφος 15780

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται η ανάγκη για την καταγραφή και τυποποίηση της γνώσης που αφορά την φωτοερμηνεία μικρής κλίμακας προκειμένου να επαυξηθούν οι δυνατότητες των σημερινών εμπειρών συστημάτων για την ερμηνεία γεωμορφών. Η προσπάθεια εξειδικεύεται στην φυσιογραφική περιφέρεια Basin and Range και πιο συγκεκριμένα στις υποδιαίρεσεις Sonora Desert και Great Basin. Ο προσδιορισμός της γνώσης για την φωτοερμηνεία των φυσιογραφικών περιφερειών βασίστηκε στις αρχές της φωτοερμηνείας, στη θεωρία της γεωταξινόμησης αλλά και στη γεωμορφολογική-γεωλογική θεώρηση των γεωμορφών. Η συλλογή της γνώσης γίνεται από ειδικές βιβλιογραφικές αναφορές. Η αναπαράσταση του εννοιολογικού πλαισίου για την φωτοερμηνεία των γεωμορφών έγινε με την ανάπτυξη, α) ιεραρχιών τάξεων και αντικειμένων και β) κανόνων παραγωγής οι οποίοι δρουν επαναληπτικά και μέχρι να ολοκληρώσει ο χρήστης την ερμηνεία του συνόλου των γεωμορφών της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκε ένα αντικειμενοστραφές μοντέλο για την αναπαράσταση της περιγραφικής γνώσης το οποίο περιλαμβάνει τις τάξεις των φυσιογραφικών περιφερειών και των υποδιαίρεσεών τους. Η αναπαράσταση της διαδικαστικής γνώσης υλοποιείται με δομές κανόνων παραγωγής που επιτρέπουν τον προσδιορισμό της φυσιογραφικής περιφέρειας και των φυσιογραφικών ενοτήτων. Η ερευνητική προσπάθεια αυτή οδήγησε στον προσδιορισμό νέων και πιο εξειδικευμένων φωτοερμηνευτικών χαρακτηριστικών και των τιμών τους για τις γεωμορφές με τάξη μεγέθους μεγαλύτερη ή ίση με 2 (φυσιογραφική περιφέρεια, φυσιογραφική ενότητα.). Η προτεινόμενη μεθοδολογία επαυξάνει τις δυνατότητες των σημερινών εμπειρών συστημάτων για την ερμηνεία γεωμορφών αφού ενσωματώνει δομές που επιτρέπουν την αναγνώριση γεωμορφών σε σχέση με το φυσιογραφικό περιβάλλον.

Physiographic Knowledge Acquisition: Identification, Conceptualization, and Representation

Demetre P. Argialas¹, Assoc. Professor
(argialas@central.ntua.gr)

George C. Miliareisis,
(gmiliar@central.ntua.gr or miliareisis@email.com)

¹Remote Sensing Laboratory, Dept. Rural & Surveying Engineering, National Technical University of Athens, 9 Heron Polytechniou St., Zographos 15780, Greece.

Abstract

In all earlier efforts in constructing prototype expert terrain-related systems, knowledge related to the physiographic region of a site was not explicitly represented and used. In this research we have identified, named, described and organized detailed, “book-level” knowledge pertaining to physiographic regions (provinces and sections). We have developed an object-oriented model for the structural representation of the relevant domain knowledge. We have also developed a rule-base for representing the strategic knowledge needed for inferring a physiographic region from its own indicators. The presented case study concerns typical terrain of the Basin and Range Province of Southwest USA. The knowledge representation encompasses the typical physiographic sections of the Basin and Range province (Great Basin and Sonoran Desert). This conceptual scheme will lead to the Terrain Analysis eXpert (TAX-4) system. Formalizing and implementing these knowledge-based representations will result in an expert system for physiographic region identification so that the user will be guided to establish tentative hypotheses about the type of physiographic regions based on observed evidences of their indicators.

Τυποποίηση της Φωτοερμηνευτικής Γνώσης για την Ερμηνεία Γεωμορφών σε Φυσιογραφική Κλίμακα

Δημήτρης Π. Αργιαλάς¹, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
(argialas@central.ntua.gr)

Γιώργος Χ. Μηλιαρέσης,
(gmiliar@central.ntua.gr ή miliaresis@email.com)

¹Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων, Εθνικό Μετσόβειο
Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφος 15780

1. Εισαγωγή

1.1 Ανάλυση Πεδίου

Η ανάλυση πεδίου είναι η συστηματική μελέτη των φωτοερμηνευτικών προτύπων που συνδέονται με την προέλευση, την μορφολογία και την σύσταση των διακριτών μονάδων που ονομάζονται γεωμορφές, όπως επίσης και της σημασίας τους (από την πλευρά του μηχανικού) στο προσδιορισμό των εδαφών και των πετρωμάτων (Way 1978, Lillesand & Kiefer 1979, Mintzer 1983, Mintzer & Messmore 1984, Rinker & Corl 1984).

Οι γεωμορφές είναι φυσικές ενότητες του πεδίου, συνήθως τρίτης τάξης ανάγλυφου οι οποίες όταν αναπτύσσονται κάτω από όμοιες συνθήκες κλίματος, αποσάθρωσης και διάβρωσης παρουσιάζουν διακριτές και προβλέψιμες οπτικές και φυσικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Δύο γεωμορφές οι οποίες έχουν προέλθει από το ίδιο έδαφος και πέτρωμα, και έχουν αποτεθεί διαμέσου της ίδιας φυσικής διεργασίας και κάτω από τις ίδιες κλιματολογικές συνθήκες, παρουσιάζουν όμοια φυσικά και οπτικά χαρακτηριστικά στις αεροφωτογραφίες τα οποία ονομάζονται φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά. Οι γεωμορφές προσδιορίζονται από την ερμηνεία και τον εντοπισμό των παρατηρούμενων φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών σε αεροφωτογραφίες της περιοχής και από την συσχέτιση αυτών των στοιχείων με αντίστοιχες νοητικές εικόνες και πρότυπα.

Η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων στην φωτοερμηνεία είναι ακόμη τέχνη χωρίς επιστημονική και θεωρητική τεκμηρίωση (Argialas & Mintzer 1992). Το διαδικαστικό πλαίσιο για την επίλυση ενός προβλήματος με φωτοερμηνεία, ακόμη λείπει και τα βιβλία δεν αναπτύσσουν τις απαραίτητες θεωρίες και στρατηγικές που είναι απαραίτητες προκειμένου να καθοδηγηθούν οι αρχάριοι στην διαδικασία του προσδιορισμού των γεωμορφών με φωτοερμηνεία. Έτσι, η στρατηγική επίλυσης του προβλήματος της ερμηνείας γεωμορφών δεν είναι ξεκάθαρη, άμεση και μονοσήμαντη. Επιπλέον δεν μπορεί να διδαχθεί εύκολα, να επεκταθεί, να διατηρηθεί, να μεταδοθεί, να αναπαραχθεί και να γίνει αντικείμενο κριτικής, όπως θα ήταν δυνατόν εάν ήταν τυποποιημένη με την μορφή μίας βάσης γνώσης. Επιπροσθέτως, η ερμηνεία των γεωμορφών είναι χρονοβόρα διαδικασία, προϋποθέτει ένταση εργασίας και έχει υψηλό κόστος. Το αποτέλεσμα είναι η ικανότητα στην ανάλυση πεδίου να είναι συνάρτηση μίας μακράς και υψηλού κόστους εκπαίδευσης.

Δημιουργείται έτσι η ανάγκη να μελετηθεί συστηματικά η διαδικασία του προσδιορισμού συμπερασμάτων στην ανάλυση πεδίου, προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα και να τυποποιηθεί αυτή η διαδικασία, και να αναπτυχθεί ένα συστηματικό πλαίσιο

για την αναγνώριση των γεωμορφών από αεροφωτογραφίες (Leighty 1973, 1979, Argialas & Narasimhan 1988a and 1988b). Τα έμπειρα συστήματα που αναπαριστούν την γνώση με συστήματα παραγωγής προσφέρουν μεθόδους και εργαλεία για την αναπαράσταση τόσο των γεγονότων (δεδομένα, υποθέσεις, αντικείμενα), όσο και της διαδικασίας επίλυσης του προβλήματος (κανόνες παραγωγής) διαμέσου κατάλληλα προσαρμοσμένων προγραμμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών και έτσι μπορούν να βοηθήσουν στην ανακάλυψη και τυποποίηση των δένδρων απόφασης για την φωτοερμηνεία γεωμορφών.

1.2 Ερμηνεία Γεωμορφών με Συστήματα Παραγωγής

Τα έμπειρα συστήματα με συστήματα παραγωγής είναι ένα πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης που αντιμετωπίζει σύνθετες και εξειδικευμένες ως προς το πεδίο εφαρμογής, διαδικασίες επίλυσης οι οποίες απαιτούν μοναδική εμπειρία (Hayes-Roth et al. 1983, Jackson 1986). Η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται κύρια από τα γεγονότα και τις υποθέσεις που χρησιμοποιεί ο έμπειρος. Η επιτυχία τους σε μεγάλο βαθμό καθορίζεται από την αποτελεσματική αναπαράσταση στον υπολογιστή της γνώσης στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Η αναπαράσταση της γνώσης λαμβάνει χώρα με την εφαρμογή γεγονότων, αντικειμένων, πλαισίων, κανόνων παραγωγής και μεθόδων αβέβαιης συλλογιστικής. Τα τελευταία 25 χρόνια, επιστήμονες που εργάζονται για την ανάπτυξη συστημάτων για την ερμηνεία γεωμορφών με κανόνες παραγωγής έχουν υλοποιήσει πειραματικά έμπειρα συστήματα για την ανάλυση πεδίου (Leighty 1973, Leighty 1979, Rinker & Corl 1984, Argialas & Narasimhan 1988a, 1988b, Mintzer 1988, Argialas 1989, Narasimhan & Argialas 1989).

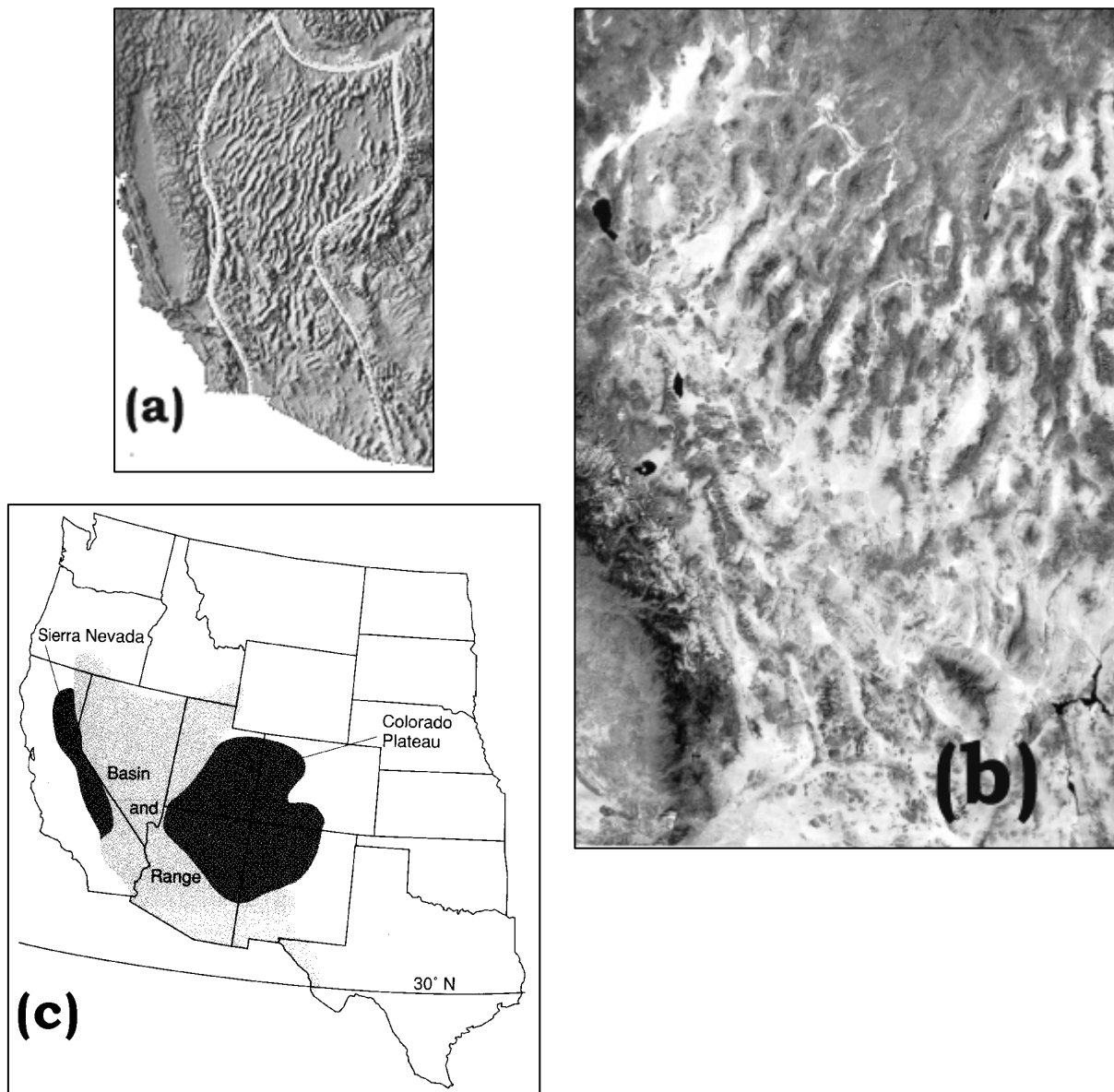
Στην προσέγγιση του Αργιαλά και των συνεργατών του, γίνεται χρήση διαφορετικών μεθόδων αναπαράστασης της γνώσης όπως κανόνες, πλαίσια και διαδικασίες αβέβαιης συλλογιστικής που προσομοιάζουν το θεώρημα του Bayes και μέθοδοι ασαφούς λογικής προκειμένου να προσεγγισθεί η αναπαράσταση της γεωμορφολογικής γνώσης διαμέσου της προσέγγισης των φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των γεωμορφών και να δημιουργηθεί ένα πειραματικό έμπειρο σύστημα για την αναζήτηση και τον προσδιορισμό της γεωμορφής διαμέσου παρατήρησης και διάγνωσης των φωτογεωμορφολογικών χαρακτηριστικών από τον χρήστη. Τα συστήματα που αναπτύχθηκαν κάτω από αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο ονομάζονται Έμπειρος Αναλυτής Πεδίου 1, 2 και 3 (TAX-1, 2, 3).

Η φωτοερμηνεία γεωμορφών με συστήματα παραγωγής συμπεριλαμβάνει την ανάπτυξη των παρακάτω πέντε αλληλο-εξαρτώμενων και επικαλυπτόμενων τυπικών στόχων για την ανάπτυξη των συστημάτων Έμπειρος Αναλυτής Πεδίου: (1) Τοποθέτηση του προβλήματος, (2) Σύλληψη του προβλήματος και αναπαράσταση του στις αρμόζουσες δομές γνώσης (3) Φορμαλισμό ή Τυποποίηση του Προβλήματος, (4) Υλοποίηση (προγραμματισμός) σε κατάλληλο λογισμικό εργαλείο και (5) Έλεγχο και αξιολόγηση του συστήματος.

1.3 Στόχοι

Σε αυτή την εργασία περιγράφονται τα βήματα (1) έως (3). Η τοποθέτηση του προβλήματος αφορά τα δεδομένα, τις υποθέσεις, τους στόχους και τις διαδικασίες επίλυσης του TAX. Τα στάδια της τοποθέτησης του προβλήματος του TAX 1,2 και 3 περιγράφηκαν νωρίτερα

(Argialas & Narasimhan 1988a, 1988b, Argialas 1989). Το πρόβλημα επικεντρώνεται στην ονοματολογία, στην περιγραφή και στην οργάνωση, λεπτομερούς, βιβλιογραφικής γνώσης, που αφορά τις φυσιογραφικές περιοχές και τις υποδιαίρεσεις τους (provinces and sections).



Σχήμα 1. Η θέση της περιοχής μελέτης σε (α) χάρτη σκιασμένου αναγλύφου (Thompson and Turk 1993), (β) σε δορυφορική εικόνα (Short and Blair 1986) και (γ) σε χάρτη των Η.Π.Α (Helms 1986)

Προκειμένου να παρουσιαστεί πρακτικά το νοητικό σχήμα που αναπτύχθηκε θα δώσουμε παραδείγματα που αντανακλούν τις γεωμορφές της φυσιογραφικής περιφέρειας Basin & Range (Σχήμα 1), και ειδικότερα των υποδιαρέσεων Great Basin, και Sonoran Desert στις Νοτιοδυτικές Η.Π.Α. Παρακάτω αναπτύσσουμε τις λόγους που μας εξανάγκασαν στην ανάληψη της παρούσης ερευνητικής προσπάθειας (TAX-4) και την νέα τοποθέτηση και σύλληψη του προβλήματος καθώς τα σχήματα αναπαράστασης της γνώσης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Τοποθέτηση του Προβλήματος

Σε όλες τις προηγούμενες προσπάθειες για την δημιουργία πειραματικών εμπειρών συστημάτων ανάλυσης πεδίου, η γεωμορφή του πεδίου προσδιορίζονταν με βάση τα φωτογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά μόνο, χωρίς να λαμβάνετε υπόψη το φυσιογραφικό περιβάλλον. Δηλαδή η γνώση της ύπαρξης μίας συγκεκριμένης φυσιογραφίας θεωρείτο δεδομένη και δεν χρησιμοποιείτο προκειμένου να υποβοηθηθεί η αναγνώριση άλλων γειτονικών γεωμορφών και ανάστροφα. Από την άλλη πλευρά στην ίδια φυσιογραφική περιοχή, οι γειτονικές γεωμορφές συνδέονται ή συσχετίζονται με γεωμορφολογικά κριτήρια. Αυτό σημαίνει ότι σε μία δεδομένη φυσιογραφική περιοχή συγκεκριμένες γεωμορφές ή ομάδες γεωμορφών εμφανίζουν μία προβλέψιμη σχετική κατανομή στο τοπογραφικό και γεωμορφολογικό περιβάλλον. Παράδειγμα, στην φυσιογραφική περιφέρεια Basin & Range, οι γεωμορφές που συναντώνται είναι επιφανειακές αποθέσεις εβαποριτών, αλλουβιακά ριπίδια, αλλουβιακές προσχώσεις και επικλινή πεδία. Η θέση μίας γεωμορφής σε ένα φυσιογραφικό πεδίο και η συσχέτιση της με άλλες γεωμορφές μπορεί να τυποποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί σε ένα συμβουλευτικό σύστημα παραγωγής που θα υποβοηθά τους χρήστες στον προσδιορισμό των γεωμορφών.

Η γνώση αποκτήθηκε και συνετέθη από μια διαδικασία πειραματισμών και αναζητήσεων σε παραδείγματα και αναφορές που βρέθηκαν σε γεωμορφολογικά και φυσιογραφικά βιβλία και τεχνικές εκθέσεις. Οι κύριες πηγές ήταν Fenneman (1931), Lueder (1959), Peterson (1981), McGearry and Plummer (1994) και Ritter et al. (1995). Αυτή η γνώση δεν είναι καταγεγραμμένη σε συγκεκριμένη πηγή με άμεσο τρόπο. Τα φυσιογραφικά φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά και σχέσεις είναι συνήθως έμμεσα ενσωματωμένες σε περιγραφές που αφορούν τις γεωμορφολογικές διεργασίες και η βήμα προς βήμα διαδικασία επίλυσης που απαιτείται για να προσδιορισθεί και να χρησιμοποιηθεί σωστά αυτή ή γνώση λείπει από την βιβλιογραφία.

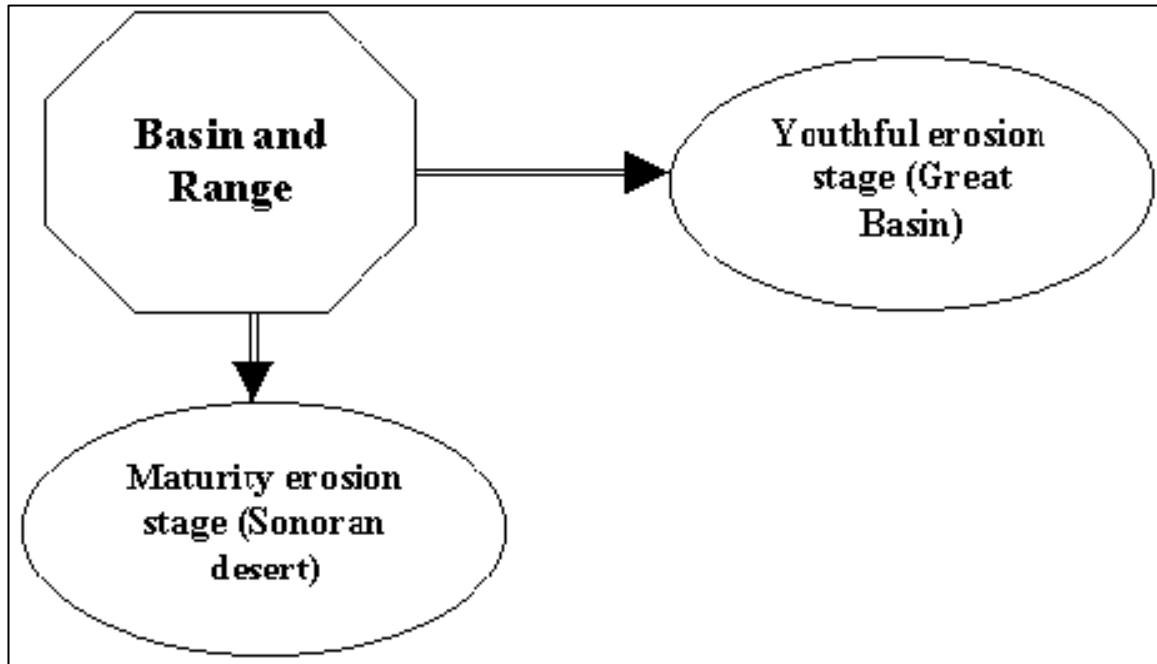
2.2 Σύλληψη του Προβλήματος

Η σύλληψη του προβλήματος στοχεύει α) στην αποκάλυψη των κύριων εννοιών της σχετικής γνώσης, β) των σχέσεων μεταξύ των εννοιών. Η φυσιογραφική περιφέρεια (Province) Basin και Range καλύπτει σχεδόν όλη την Πολιτεία της Νεβάδα και μικρότερα τμήματα άλλων πολιτειών (California, Utah, Arizona, κ.α.) ενώ σε έκταση αντιστοιχεί περίπου στο 10% των Η.Π.Α (Σχήμα 1).

Στην περιφέρεια Basin και Range παρατηρείται μία μοναδική στο είδος φυσιογραφία, από επιμήκης οροσειρές (mountain ranges) μεταξύ των οποίων υπάρχει μία αλληλουχία σχεδόν επίπεδων λεκανών απόθεσης (Fenneman 1931) οι οποίες ονομάζονται τεκτονικές αλλουβιακές λεκάνες (Intermontane Basins). Τα περισσότερα από τα ποτάμια δεν έχουν διέξοδο στην θάλασσα (Fenneman 1931) και ρέουν από τα βουνά προς τις λεκάνες, όπου εξαφανίζονται σε επιφανειακές αποθέσεις εβαποριτών (salt alkali flats, playas) οι οποίες συχνά καλύπτονται από ρηχές εποχικές λίμνες (Playa lakes). Η περιφέρεια Basin και Range διαιρείται σε πέντε ενότητες (sections). Η παρούσα προσπάθεια επικεντρώνεται στην μελέτη των ενότητων Great Basin και Sonoran Desert (Σχήμα 2) ενώ οι άλλες τρεις είναι οι Salton Trough, Mexican Highland και Sacramento Section.

Η περιοχή Great Basin οφείλει το ονομά της στον John Charles Fremont, ο οποίος ηγήθηκε μίας εξερεύνησης το 1843-44 στην περιοχή και την ονόμασε « Great Basin » επειδή
3ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο: Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ, ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ, Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας (ΜΕ.Κ.Δ.Ε.), Μέτσοβο, 7-10 Ιουνίου

τα περισσότερα από τα ποτάμια της δεν έχουν διέξοδο στην θάλασσα. Η Great Basin καλύπτει σχεδόν όλη την Πολιτεία της Νεβάδα και μικρότερα τμήματα της Αν. Καλιφόρνιας, του Ν.Α. Ορεγκον και του Νότιου Αίνταχο. Αυτή η ενότητα ευρίσκεται στο στάδιο νεότητας σε σχέση με την υποδιαίρεση Sonoran Desert νοτιότερα. Στην Sonoran Desert παρατηρούνται οροσειρές με μικρότερα ύψη, η αναλογία της περιοχής που καλύπτεται από λεκάνες απόθεσης σε σχέση με αυτή που καλύπτουν οι οροσειρές είναι μεγαλύτερη, κ.α.



Σχήμα 2. Η σχέση των ενότητων Great Basin και Sonoran Desert της φυσιογραφικής περιφέρειας Basin and Range.

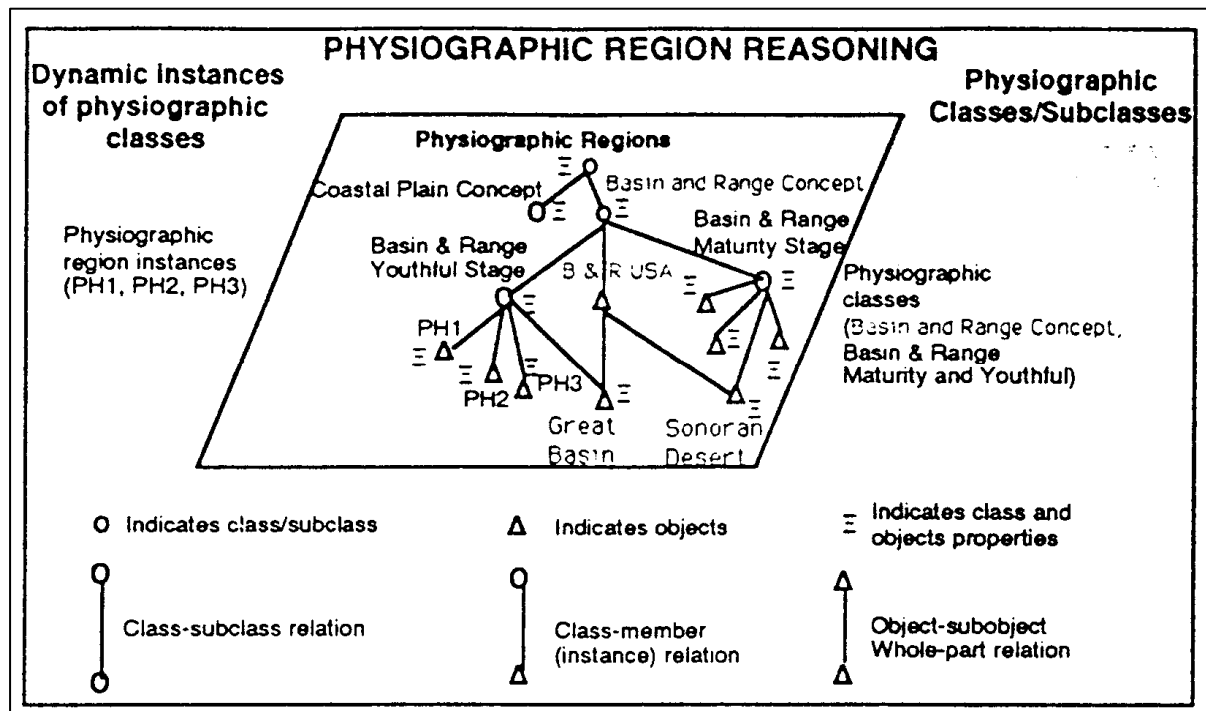
2.3 Αναπαράσταση της Γνώσης

Με βάση την γνώση που προσδιορίστηκε σχετικά με την φυσιογραφία της περιοχής μελέτης προηγουμένως, παρουσιάζεται ένα νοητικό πλαίσιο για την αναπαράσταση των γεγονότων, της δομικής αλλά και της διαδικαστικής γνώσης. Για τα γεγονότα και τις δομές της χωρικής γνώσης των γεωμορφών, αναπτύσσουμε μια αναπαράσταση που χρησιμοποιεί τάξεις και υποτάξεις (subclass), αντικείμενα και υπο-αντικείμενα (sub-objects) και πεδία (slots) σαν ιδιότητες (Σχήμα 3). Η σειρά των ενεργειών είναι η ακόλουθη:

1. Ονομάζουμε τις τάξεις (the Basin and Range concept, the Basin and Range youthful stage, the Basin and Range maturity erosion stage, κ.α.).
2. Οργανώνουμε τις τάξεις σε ιεραρχίες έτσι ώστε τα επιπλέον επίπεδα λεπτομέρειας να περιγράφονται μόνο στις κατώτερες τάξεις (subclass). Οι τάξεις δεικνύονται σαν μικροί κύκλοι στα διάφορα επίπεδα (Σχήμα 3). Παράδειγμα η τάξη Basin και Range Youthful Stage που είναι μέλος της τάξης Basin και Range Concept. Η ιεραρχία φυσιογραφικών περιφερειών εμπεριέχει σαν κορυφαία τάξη την Physiographic Regions (Σχήμα 3), η οποία εξειδικεύεται στις τάξεις Basin and Range Concept, Coastal Plain Concept, κ.α. Η τάξη Basin and Range Concept αναφέρεται στην έννοια (τύπος) που αντιστοιχεί στην φυσιογραφία της περιφέρειας Basin και Range και όχι

στην περιφέρεια Basin και Range των Η.Π.Α. Η τάξη αυτή εξειδικεύεται σε δύο τάξεις που αντιστοιχούν στο στάδιο γήρατος (Basin & Range Maturity Stage) και στο στάδιο νεότητας (Basin & Range Youthful Stage) αντίστοιχα. Στην φυσιογραφική περιφέρεια Basin και Range των Η.Π.Α. τα στάδια γήρατος και νεότητας αντιπροσωπεύονται από τις ενότητες Sonoran Desert και Great Basin αντίστοιχα (Fenneman 1931).

3. Ορίζουμε αντικείμενα (instances) σαν μέλη των τάξεων (classes). Οι τάξεις είναι χρήσιμες στην αναπαράσταση των εννοιών ενώ τα αντικείμενα (στατικά ή δυναμικά) αντιστοιχούν στις γεωμορφές της εικόνας που ερμηνεύουμε. Παράδειγμα το αντικείμενο Great Basin που είναι μέλη της τάξης Basin και Range Youthful Stage (Σχήμα 3).
4. Ορίζουμε μια ιεραρχία αντικειμένων και υπο-αντικειμένων ή μέρους-όλου (whole-part hierarchy). Παράδειγμα τα αντικείμενα Great Basin και Sonoran Desert που είναι μέλη των τάξεων Basin και Range Youthful Stage και Basin και Range Maturity Stage αντίστοιχα, ενώ παράλληλα τα δύο αντικείμενα είναι τμήματα του αντικειμένου B και R USA που ανήκει στην τάξη Basin και Range Concept (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Αντικειμενοστραφής αναπαράσταση των αντικειμένων της φυσιογραφικής περιφέρειας Basin and Range. Παρατηρούμε ότι αντικείμενα είναι μέλη συγκεκριμένων τάξεων (is a kind of relationship) ενώ τα αντικείμενα συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις μέρους-όλου (part of relationship).

5. Ορίζεται ένα σύνολο ιδιοτήτων οι οποίες περιγράφουν κάθε τάξη. Αυτές οι ιδιότητες υποδεικνύονται με το σύμβολο ≡ στο Σχήμα 3. Τα αντικείμενα και οι τάξεις κληρονομούν τις ιδιότητες τους δυναμικά από τις μητρικές τους τάξεις (inheritance). Έτσι, διαμέσου των ιεραρχιών οι ιδιότητες κληρονομούνται από το ανώτερο επίπεδο στο κατώτερο και τελικά στα αντικείμενα. Οι ιδιότητες αυτές χρησιμοποιούνται για την τυποποίηση της φυσιογραφικής γνώσης των

γεωμορφών και εκφράζουν φυσιογραφικά φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά όπως αριθμός οροσειρών, ποσοστό του εδαφους που καταλαμβάνεται από οροσειρών σε σχέση με αυτό που καταλαμβάνουν οι λεκάνες απόθεσης, κ.α.. Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων και των τιμών τους έγινε από βιβλιογραφικές αναφορές. Για παράδειγμα η ακόλουθη φράση, «It is estimated that 1/5 is covered by mountains, 2/5 by rock platforms and the remaining 2/5 by deposits of detritus» (Fenneman 1931), οδήγησε στον προσδιορισμό της ιδιότητας-τιμής για την ενότητα Sonoran Desert: proportion_Mountain_Ranges_versus_Piedmont_Plains_versus_Basins=20% - 40% - 40%

2.2.2 Διαδικαστική Γνώση

Για την αναπαράσταση της στρατηγικής επίλυσης αναπτύσσουμε μία τυποποίηση διαμέσου κανόνων παραγωγής. Οι κανόνες επιτρέπουν την ερμηνεία φυσιογραφικών περιφερειών (περιφέρειες και ενότητες) από τα φωτοερμηνευτικά τους χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα οι ακόλουθοι κανόνες επιτρέπουν τον προσδιορισμό της φυσιογραφικής περιφέρειας Basin and Range.

Basin-and_Range_partial_rule_1

IF

frequency_of_mountain_ranges	is "high"
Presence_of_desert_basins	is "high"
shape_of_a_mountain_range	is "assymetric"
relative_spatial_position_of_mountain_ranges	is "rather straight"
overall_direction_of_mountain_ranges	is "roughly parallel"
overall_description	is "basin ranges intervening desert planes"

Then Basin_and_Range is true with **certainty=medium**

Basin-and_Range_partial_rule_2

IF

frequency_of_mountain_ranges and	"high"
Presence_of_desert_basins and	"high"
overall_description	"basin ranges intervening desert planes"

Then HYPOTHESIS Basin_and_Range is true with **certainty=low**

Ο πρώτος κανόνας παραγωγής (**Basin-and_Range_partial_rule_1**) έχει συντελεστή βεβαιότητας medium ενώ ο δεύτερος (**Basin-and_Range_partial_rule_2**) low (προσδιορισμός από μικρότερο αριθμό συνθηκών σε σχέση με τον πρώτο).

Επιπροσθέτως κανόνες παραγωγής σε δενδρική δομή επιτρέπουν την περαιτέρω εξακρίβωση του σταδίου γεωμορφολογικής εξέλιξης (στάδιο γήρατος, στάδιο ωριμότητας) ενός διαπιστωμένου από τους προηγούμενους κανόνες τύπου φυσιογραφικής περιφέρειας. Με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό υποδιαίρεσεων του τύπου Great Basin και Sonora Desert. Παράδειγμα ο ακόλουθος κανόνας παραγωγής που εφόσον οι συνθήκες του αποδειχθούν

αληθής, διακριβώνει υποδιαιρέσεις του τύπου Sonora Desert.

Rule for the Basin and Range-Maturity_Erosion_Stage

IF

relative_relief_of_region	"low"
Relative_size_of_mountains	"small"
slope_change_at_piedmont_angle	"not abrupt"
shape_of_basins	"rather plain than concave"
overall_hypsometric_distribution_within_the_section	"more than 1/2 of the surface is below 2000 ft"
proportion_of_Mountain_Ranges_versus_Piedmont_Plains_versus_Basins	"20% : 40% : 40% "
amount_of_observed_tectonic_evidences_in_mountain_ranges	"low (the minority has a fault origin)"
degree_of_basin_integration	"high"
stage_of_erosion_cycle	"maturity (advanced,late)"
frequency_of_bolsons	"low (less prelevant)"
frequency_of_semi_bolsons	"high (more prelevant)"
Degree_of_integration_of_drainage_pattern	"high"
outlet_of_the_drainage_network	"usually to another drainage basin"

Then Basin_and_Range_Maturity_Stage is true and certainty= medium

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Έγινε τοποθέτηση και η σύλληψη του προβλήματος για την φωτοερμηνεία γεωμορφών 2^{ης} τάξης μεγέθους καθώς και η τυποποίηση σε δομές γνώσης. Η διαδικασία πρόσληψης της γνώσης βασίστηκε σε βιβλιογραφική γνώση και αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια προσέγγισης του προβλήματος.

Η αναπαράσταση του εννοιολογικού πλαισίου για την φωτοερμηνεία των γεωμορφών έγινε με την ανάπτυξη, α) ιεραρχιών τάξεων και αντικειμένων και β) κανόνων παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκε ένα αντικειμενοστραφές μοντέλο για την αναπαράσταση της περιγραφικής γνώσης το οποίο περιλαμβάνει τις τάξεις των φυσιογραφικών περιφερειών και των υποδιαιρέσεων τους.

Η διαδικαστική γνώση υλοποιείται με τις δομές κανόνων παραγωγής που επιτρέπουν τον προσδιορισμό της φυσιογραφικής περιφέρειας και των φυσιογραφικών ενότητων, από νέα εξειδικευμένα φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά. Η υλοποίηση της προσπάθειας αυτής οδήγησε στον προσδιορισμό νέων και πιο εξειδικευμένων φωτοερμηνευτικών χαρακτηριστικών και των τιμών τους για τις γεωμορφές με τάξη μεγέθους μεγαλύτερη ή ίση του 2 (φυσιογραφική περιφέρεια, φυσιογραφική ενότητα.).

Η προτεινόμενη μεθοδολογία επαυξάνει τις δυνατότητες των σημερινών εμπειρών συστημάτων για την ερμηνεία γεωμορφών αφού ενσωματώνει δομές που επιτρέπουν την αναγνώριση γεωμορφών σε σχέση με το φυσιογραφικό περιβάλλον.

4. REFERENCES

1. Argialas, D. 1989. A Frame-based Approach to Modeling Terrain Analysis Knowledge. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 3, pp. 311-319, April 2-7, 1989, Baltimore, Maryland.
2. Argialas, D. and Narasimhan, R. 1988a. TAX: A Prototype Expert System for Terrain Analysis. Journal of Aerospace Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 1, No. 3, July, pp. 151-170.
3. Argialas, D. and Narasimhan, R. 1988b. A Production System Model for Terrain Analysis Knowledge Representation. Microcomputers in Civil Engineering, Elsevier Science Pub. Co., Vol. 3, No. 1, June, pp.-55-73.
4. Argialas, D., & O. Mintzer 1992. The potential of hypermedia to photointerpretation education and training. - In: L. Fritz and J. Lucas (eds.): International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XVII ISPRS Congress, Washington DC. August 2-14, 1992, Commission VI, XXIX, part B: 375-381
5. Argialas, D., 1996. Towards Structured Knowledge Models. Zeitschrift für Geomorphologie (accepted, in print).
6. Argialas, D., and C. Harlow, 1990. Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No 6, June, pp. 871-886.
7. Fenneman, N. 1931. Physiography of the Western United States, McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
8. Fenneman, N., 1938. Physiography of the Eastern United States, McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
9. Hammond H., 1954. Small-Scale Continental Landform Maps: Annals of Assoc. of American Geographers. V44, P. 33-42
10. Harmon, P. & King, D. 1985. Expert systems: artificial intelligence in business. - Wiley & Sons, New York.
11. Hayes-Roth, F., Waterman, D. & Lenat, D. 1983. Building expert systems. - Addison-Wesley, Reading, MA.
12. Helms, C. 1986. The Sonoran Desert KC Publications
13. Hoffman, R. & R. Pike 1993. On the specification of the information available for the perception and description of the natural terrain. - In: J. Flash & P. Hancock (eds.): The ecology of human-machine interaction (volume 2). L. Erlbaum Assoc., Hillsdale, NJ.
14. Hoffman, R. 1985. What's a hill? An analysis of the meaning of generic topographic terms. - Final Report, Control No. DAAG-29-D-0100 Scientific Services Program, US Army Research Office, Alexandria, VA.
15. Hoffman, R. 1987. The problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology. - The AI Magazine, 8, (2): 53-67.
16. Hunt B., 1973. Natural Regions of the United States and Canada, W.H. Freeman & Company, 714 p.
17. Hunt, C.B., 1975. Death Valley: Geology Ecology, Archaeology, University of California Press
18. IntelligenceWare 1986. Intelligence/Compiler User's Manual. - Los Angeles.
19. Jackson, P. 1986. Introduction to expert systems. - Addison-Wesley, Reading, MA.
20. Leighty, R. 1979. "Research for information extraction from aerial imagery." in: Remote Sensing Symposium, U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Topographic Laboratory, Reston, VA.
21. Leighty, R., 1973. A Logical Approach Toward Terrain Pattern Recognition for

- Engineering Purposes, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 231 pp.
22. Lillelsand, T., & R. Kiefer 1979. Remote sensing and image processing. - John Wiley and Sons, New York.
 23. Lobeck, A. 1932. Atlas of American Geology. The Geographical Press, Columbia University, New York, NY.
 24. Lueder, D., 1959. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications, McGraw-Hill, New York.
 25. Mark, J. 1976. Computer analysis of photo pattern elements. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 42, No. 4, pp. 545-556.
 26. McGearly D., C. Plummer, 1994. Physical Geology Earth Revealed, Wm. C. Brown Publishers
 27. Minsky, M., 1985. The Society of Mind. Simon and Schuster, N.Y., N.Y., pp. 339
 28. Mintzer, O. & J. Messmore 1984. Terrain analysis procedural guide for surface configuration. - Technical Report ETL-0352, U.S. Army Corps of Engineer, Engineer Topographic Laboratory, Fort Belvoir, Virginia.
 29. Mintzer, O. 1983. Engineering applications. - In: Colwell R. (ed.): Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry. - Falls Church, Virginia.
 30. Mintzer, O. W., 1988. Research in Terrain Knowledge Representation for Image Interpretation and Terrain Analysis, U.S. Army Symposium on Artificial Intelligence Research for Exploitation of Battlefield Environment, Nov 1-16, 1988 El Paso, Texas, pp. 277-293
 31. Narasimhan, R. and Argialas, D. 1989. Computational Approaches for Handling Uncertainties in Terrain Analysis. Technical Paper, Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 3, pp. 302-310, April 2-7, 1989, Baltimore, Maryland.
 32. Pandey S.N., 1987. Principles & Applications of Photogeology, John Wiley & Sons.
 33. Peterson F., 1981. Landforms of the Basin & Range Province defined for soil survey, Technical Bulletin 28, Nevada Agricultural Experiment Station.
 34. Rinker, J. and P. Corl, 1984. Air Photo Analysis, Photo Interpretation Logic, and Feature Extraction, Engineer Topographic Laboratories, U.S. Army Corps of Engineers, June, Report ETL-0329. Fort Belvoir, Virginia.
 35. Ritter D., R. Kochel, J. Miller, 1995. Process Geomorphology, Wm. C. Brown Publishers.
 36. Short, N. and R. Blair, eds., 1986. Geomorphology from Space: A Global Overview of Regional Landforms, NASA SP-486, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
 37. Strahler A.H., A.N. Strahler, 1992. Modern Physical Geography, John Wiley & Sons Inc, 638 p.
 38. Thompson and Turk 1993. Earth Science. Saunders College Pubs.
 39. Townshend, J. (ed) 1981: Terrain Analysis and Remote Sensing. - London, Allen and Unwin, 272pp.
 40. Way, D. 1978. Terrain Analysis. - McGraw-Hill. New York.