

Η συμβολή των αναλογικών και των ψηφιακών τηλεπισκοπικών μεθόδων στη διερεύνηση, απογραφή, χαρτογράφηση και παρακολούθηση των φυσικών διαθεσίμων και του περιβάλλοντος 1995

Περίληψη

Η εισήγηση αυτή αποσκοπεί στην κριτική παρουσίαση της συμβολής των Αναλογικών και των Ψηφιακών Μεθόδων και Τεχνικών της Φωτοερμηνείας/Τηλεπισκόπησης καθώς και της Ολοκλήρωσής τους με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών (Γεωγραφικών/Κτηματολογικών) Γης και Περιβάλλοντος, στη συστηματική διερεύνηση, απογραφή, χαρτογράφηση και παρακολούθηση των Φυσικών Διαθεσίμων και του Περιβάλλοντος.

Δίνεται έμφαση όχι μόνο στις συγκεκριμένες δυνατότητες αλλά και στους αντικειμενικούς περιορισμούς των σχετικών μεθοδολογιών και τεχνικών και για λόγους παιδαγωγικούς η λειτουργικότητα αυτού του κειμένου ενισχύεται ουσιαστικά για όσους αναγνώστες του παρακολούθησαν και την παρουσίασή του με το σχετικό εποπτικό υλικό.

Εισαγωγή. Φυσικά και Ανθρώπινα Διαθέσιμα, Ανάπτυξη και Περιβάλλον

Φυσικά Διαθέσιμα είναι, εκείνοι οι χρήσιμοι για το ανθρώπινο γένος πόροι που υπάρχουν στη γη, στην ατμόσφαιρα, στο υπέδαφος και τους ωκεανούς, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων και των κάθε φύσης παρεμβάσεων του ανθρώπου κατά τη διάρκεια της ιστορίας του πλανήτη μας. (Ρόκος 1981).

Έτσι τα Φυσικά Διαθέσιμα μιας περιοχής συναρτώνται για αντικειμενικούς λόγους:

- (α) με την γεωγραφική θέση, την τοπογραφική μορφή τη γεωλογική δομή, το κλίμα και τη γενική ποιότητα του περιβάλλοντος της περιοχής,
- (β) με τις βασικές πολιτικές επιλογές των κυρίαρχων κάθε φορά κοινωνικών ομάδων, οι οποίες καθορίζουν τις αξίες αλλά και τους συγκεκριμένους τρόπους παραγωγής, κοινωνικής οργάνωσης και τα συνακόλουθα μοντέλα Ανάπτυξης και
- (γ) με τα Ανθρώπινα Διαθέσιμα γενικότερα, τις εκπαιδευτικές, θεσμικές, οργανωτικές, διοικητικές συνθήκες και δυνατότητες κάθε χώρας και το επίπεδο εκπαιδευτικής, επιστημονικής και τεχνολογικής υποδομής της.

Η διερεύνηση, η αξιόπιστη γνώση, η πλήρης και ακριβής απογραφή, η χαρτογράφηση και η παρακολούθηση των Φυσικών Διαθεσίμων αποτελούν φανερά, θεμελιώδη υποδομή για την σωστή διαχείριση και αξιοποίησή τους αλλά και για κάθε σχεδιασμό και πρόγραμμα Ανάπτυξης και Προστασίας του Περιβάλλοντος.

Σε μια γενική θεώρηση των Φυσικών Διαθεσίμων του πλανήτη μας θα μπορούσαμε σήμερα να συμπεριλάβουμε, πέρα απ' τους παραδοσιακά αναφερόμενους ως φυσικούς πόρους στην κλασική βιβλιογραφία (όπως π.χ. εκείνους του εδάφους, του υπεδάφους, της χλωρίδας και της πανίδας, των θαλασσών και των ωκεανών), τόσο τη Γη, ως πεδίο άσκησης πολυδιάστατων και όχι μόνο παραγωγικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου, όσο και το κλίμα ως ένα πολυσύνθετο, δυναμικού χαρακτήρα καταλύτη ύπαρξης και ουσιαστικού επηρεασμού της κατάστασης και της ποιότητας μιας σειράς βασικών Φυσικών Διαθεσίμων. (Ρόκος 1981).

Θα επιχειρήσουμε στη συνέχεια, να ορίσουμε τις θεμελιώδεις σχέσεις αλληλεξάρτησης, των Φυσικών Διαθεσίμων, όπως αυτές προσδιορίζονται στις συγκεκριμένες συνθήκες της κάθε φορά διαλεκτικής σχέσης της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, των πολυδιάστατων μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και αλληλεξαρτήσεων και της δυναμικής τους εξέλιξης δια μέσου του χρόνου ειδικολογώντας ως παράδειγμα τη Γη.

Βασικότερης σημασίας, μη ανανεώσιμο και γι' αυτό πολύτιμο Φυσικό Διαθέσιμο για τον άνθρωπο, τη ζωή, και τη διαδικασία παραγωγής είναι φανερά και πριν απ' όλα, αυτή η ίδια η ΓΗ.

Συνάρτηση μιας σειράς από παράγοντες, όπως π.χ. της γεωγραφικής της θέσης, της φυσικής της πραγματικότητας (μορφολογία, κλίμα κλπ.), της γεωπολιτικής της θέσης και του κοινωνικοοικονομικού συστήματος που προσδιορίζει το καθεστώς των άνω σ' αυτή ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων και περιορισμών, η ΓΗ αποτελεί ταυτόχρονα:

- πεδίο με φυσική, οικονομική, κοινωνική ή και άλλη "αξία", (σύμφωνα με το σύστημα αξιών της κάθε κοινωνικής οργάνωσης),
- πεδίο άσκησης ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, (σύμφωνα με τα ισχύοντα σε κάθε κοινωνική οργάνωση θεσμικά κλπ. πλαίσια και περιορισμούς),
- πεδίο ικανοποίησης ανθρωπίνων αναγκών ζωής, κατοικίας κλπ. (σύμφωνα με την επικρατούσα σε κάθε κοινωνική οργάνωση αντίληψη για την ιεράρχηση των σχετικών προτεραιοτήτων),
- πεδίο υλοποίησης οικονομικοκοινωνικής πολιτικής, (σύμφωνα με τις βασικές επιλογές της κυρίαρχης ομάδας της κάθε κοινωνικής οργάνωσης),
- πεδίο ατομικής, κρατικής, κοινωνικής ή συλλογικής ιδιοκτησίας.

Κάτω απ' αυτές τις σχέσεις το Φυσικό Διαθέσιμο Γη μπορεί ν' αποτελεί (και αποτελεί δια μέσου του χρόνου), πεδίο:

Χρήσης, Αξιοποίησης, Εκμετάλλευσης, Απομύζησης, Διασπάθισης, Εξάρτησης, Οικειοποίησης, Επέμβασης ή και Κατάκτησης, και η Ιστορία αλλά και η καθημερινή εμπειρία είναι αντικειμενικοί και αδιάψευστοι μάρτυρες αυτής της αλήθειας, που απογράφει αξιόπιστα και το μέτρο της ΑΞΙΑΣ του. (Ρόκος 1981).

Έτσι η σημερινή π.χ. Χρήση Γης, μιας περιοχής, είναι το αποτέλεσμα μιας εξαιρετικά μακρόχρονης αλληλεπίδρασης φυσικών αλλά και ιστορικών, κοινωνικών, και οικονομικών παραγόντων, που ο βαθμός έντασης της παρέμβασής τους, απογράφεται με διαφορετικό τρόπο: στην Ελλάδα π.χ. με την ιστορία χιλιετηρίδων, στις Η.Π.Α. νέα καπιταλιστική - καταναλωτική βιομηχανική κοινωνία, στην Ινδία, χώρα με βασικότατο το πρόβλημα του υπερπληθυσμού και της στενότητας δυνατοτήτων διατροφής, στις παρθένες και αραιοκατοικημένες περιοχές του Αμαζονίου, (όπου η φύση αποτελεί τον κυρίαρχο παράγοντα της συγκεκριμένης εξέλιξης της Χρήσης Γης) κλπ.

Κάθε προσπάθεια προγραμματισμού Ανάπτυξης μιας περιοχής, με στόχο την ορθολογικότερη αξιοποίησή της, που θα συνεπάγεται αναντίρρητα και μια νέα κατανομή στο χώρο των Χρήσεων Γης, προϋποθέτει, στη συγκεκριμένη κάθε φορά κτηματική / ιδιοκτησιακή διάρθρωση της συγκεκριμένης χώρας / περιοχής:

- α) διερεύνηση, αποτύπωση, απόδοση και κατάλληλη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης Χρήσης Γης αλλά και των Φυσικών και Ανθρωπίνων Διαθεσίμων της, καθώς και
- β) τη συστηματική ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης Χρήσης Γης, των αιτίων της και των τάσεων μεταβολών της δια μέσου του χρόνου, σε συνάρτηση με την κατάσταση και την ποιότητα των συγκεκριμένων Φυσικών και Ανθρωπίνων Διαθεσίμων της, ως απαραίτητο θεμέλιο για την τεκμηρίωση πάνω στις αντικειμενικές συνθήκες της συγκεκριμένης φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και την δυναμική τους, κάθε σχεδίου και προγράμματος Ανάπτυξης και Προστασίας του Περιβάλλοντος.

Οι αναλογικές και ψηφιακές μέθοδοι και τεχνικές φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης αποτελούν έτσι θεμελιακής σημασίας επιστημονοτεχνικό εργαλείο δημιουργίας της απαραίτητης πληροφοριακής (μετρητικής και ποιοτικής) υποδομής αναπτυξιακών σχεδιασμών.

1. Εισαγωγή στις Αναλογικές και τις Ψηφιακές Μεθόδους και Τεχνικές της Τηλεπισκόπησης

Ο άνθρωπος, ως το τελειότερο ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα κατά τη διαδικασία αντίληψης, κατανόησης, ανάλυσης και έρευνας του εξωτερικού κόσμου, όπως τον προσλαμβάνει οπτικά, αμέσως ή μέσω αναλογικών απεικονίσεών του, λειτουργεί αφετηριακά με βάση την ψυχολογική διέγερσή του.

Η ψυχολογική διέγερση του φωτοερμηνευτή πραγματοποιείται:

- α. Με την απόκριση / αντίδρασή του στα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία μιας ή ενός ζεύγους τηλεπισκοπικών απεικονίσεων
 - ΤΟΝΟΣ / ΑΠΟΧΡΩΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
 - ΣΧΗΜΑ / ΜΟΡΦΗ
 - ΜΕΓΕΘΟΣ
 - ΠΡΟΤΥΠΟ

- ΥΦΗ
- ΣΚΙΑ
- ΔΙΣΘΗΣΗ / ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ 3ης ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ
- ΘΕΣΗ / ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
- ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

β. με την προοδευτική βήμα προς βήμα αξιοποίησή τους, απ' τα απλούστερα κατανοητά (τόνος/απόχρωση χρώματος), ως τα αντικειμενικά πιο σύνθετα, (σχέση με το περιβάλλον), για την εξαγωγή μονοσήμαντων ή πιθανολογικών συμπερασμάτων και πληροφοριών. (Ρόκος, 1988).

Είναι φανερό ότι οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις μιας συγκεκριμένης περιοχής / περιφέρειας μπορεί να είναι:

1. σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή, (αεροφωτογραφίες ή δισκέτες / ταινίες / κασέτες / οπτικοί δίσκοι κλπ.)
2. της ίδιας ή διαφορετικών κλιμάκων, (λόγω μεταβολής του ύψους πτήσης ή της εστιακής απόστασης του τηλεπισκοπικού δέκτη),
3. της ίδιας ή διαφορετικής διαχωριστικής/διακριτικής ικανότητας / δυνατότητας (ΔΔ/ΔΙ),
4. μονοεικονικές ή σε μορφή στερεοζευγών,
5. της ίδιας ή διαφορετικών χρονολογιών,
6. της ίδιας ή διαφορετικών εποχών του χρόνου,
7. της ίδιας ή διαφορετικών ωρών λήψης,
8. κάτω απ' τις ίδιες, ή διαφορετικές ατμοσφαιρικές / μετεωρολογικές συνθήκες,
9. ευαισθητοποιημένες στην ίδια, ή σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος,
10. με τον ίδιο ή διαφορετικούς προσανατολισμούς του άξονα πτήσης,
11. παρμένες με τον ίδιο ή διαφορετικούς τηλεπισκοπικούς δέκτες/συστήματα,
12. κάτω απ' τις ίδιες / ή διαφορετικές / ειδικές (τεχνικές) συνθήκες λήψης (π.χ. άξονας λήψης κατακόρυφος/κεκλιμένος, πόλωση σε radar λήψεις οριζόντια ή κατακόρυφη κλπ.)

Και οι τηλεπισκοπικές αυτές απεικονίσεις είναι δυνατόν ν' αναλυθούν απ' τον φωτοερμηνευτή, είτε με την παραδοσιακή αναλογική φωτοερμηνευτική μέθοδο, η οποία αποτελεί την οικειότερη στον άνθρωπο (ως το πιο ολοκληρωμένο δυνατό τηλεπισκοπικό σύστημα) διαδικασία, ή με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών και αλγορίθμων ψηφιακών επεξεργασιών ή τέλος με μεικτές υβριδικές μεθόδους ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων των αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών της τηλεπισκόπησης με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος (Γεωγραφικών / Κτηματολογικών).

Ενώ λοιπόν τα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία αποτελούν την κοινή αναφορά των αναλογικών και των ψηφιακών διαδικασιών, αποκάλυψης/εξακρίβωσης ταυτοτήτων αντικειμένων/φαινομένων και λύσης σχετικών προβλημάτων, ο τρόπος αξιοποίησής τους αυτονόητα επηρεάζεται απ' τις αντικειμενικές δυνατότητες και τους περιορισμούς των αντιστοίχων μεθόδων και τεχνικών και των διατιθέμενων στοιχείων υποδομής / στήριξης της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας.

1.1 Αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Έτσι, οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης, βασίζονται στον έλεγχο αληθοφανών υποθέσεων και στην αρχή των συγκλινουσών ενδείξεων.

Οι διαδικασίες αυτές αξιοποιούν τις δυνατότητες του φωτοερμηνευτή να συγκροτεί αληθοφανείς υποθέσεις για αντικείμενα / φαινόμενα / εμφανίσεις / χαρακτηριστικά στον υπό διερεύνηση χώρο, συνθέτοντας στοιχεία της εμπειρίας του και της ειδικότερης επιστημονικής του γνώσης, σε σχέση με τις απεικονίσεις τους ως συνδυασμών φωτοαναγνωριστικών στοιχείων στις τηλεπισκοπικές εικόνες και να ελέγχει στη συνέχεια την πιθανοφάνεια / αξιοπιστία τους, με βάση επαγωγικούς και απαγωγικούς συλλογισμούς και την ολοκληρωμένη προσέγγιση όλων των διαστάσεων του κάθε προβλήματος.

Ο άνθρωπος φωτοερμηνευτής, όντας το τελειότερο και αντικειμενικά ανυπέβλητο ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα, με το κυριότερο μέσο της πειραματικής μεθόδου την Επαγωγή, μπορεί :

- απ' την παρατήρηση ενός φαινομένου να συμπεραίνει (με αλληπάλληλες αναδράσεις / συσχετισμούς και διορθώσεις) τον νόμο που διέπει το φαινόμενο αυτό,
- από το είδος, να μεταβαίνει στο γένος και
- από μερικά δεδομένα να συνάγει καθολικά συμπεράσματα, ανιχνεύοντας, ομαδοποιώντας, συσχετίζοντας και αξιολογώντας ομοιότητες, αντιστοιχίες και διαφορές αντικειμένων / εμφανίσεων / χαρακτηριστικών / συνθηκών και προτύπων.

Τα σημειακά, γραμμικά, επιφανειακά και χωρικά στοιχεία τα οποία συγκροτούν ως εικόνες της πραγματικότητας την τηλεπισκοπική απεικόνιση μιας συγκεκριμένης περιοχής / περιφέρειας κάτω από γνωστές συνθήκες λήψης, αποτελούν ταυτόχρονα και έκφραση των αμοιβαίων σχέσεων, εξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πραγματικών αντικειμένων, φαινομένων, εμφανίσεων και χαρακτηριστικών, οι οποίες προϋπήρξαν, υπάρχουν, τελούνται ή εξελίσσονται στο χώρο του υπό μελέτη αντικειμένου, φαινομένου ή προβλήματος.

Ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής αντιλαμβάνεται αμέσως και μπορεί να μετρά, να εκτιμά, να συσχετίζει με εμπειρικές κλίμακες και μεγέθη αναφοράς (φωτοερμηνευτικά κλειδιά, προηγούμενες προσλαμβάνουσες παραστάσεις καταχωρισμένες στη μνήμη του, κανόνες, νόμοι, φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες αντικειμένων και σχέσεις, μεταξύ τους και με τις αντίστοιχες ιδιότητες του περιβάλλοντος χώρου κλπ.), αλλά και να αξιολογεί τη σημασία όλων ανεξαιρέτως των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων.

Έτσι μπορεί:

- (I) να εξάγει αμέσως πληροφορίες, μετρητικές και ποιοτικές από μια κατάλληλη τηλεπισκοπική απεικόνιση ή από στερεοσκοπικό ζεύγος τους που να αφορούν:
- α) στις οριζοντιογραφικές και υψομετρικές συντεταγμένες x , y και z της θέσης οποιουδήποτε ενδιαφέροντος σημείου, και συνεπώς και στα γραμμικά στοιχεία, τα σχήματα και τις διατάξεις τους (πρότυπα),
 - β) στην διαβάθμιση τόνου ή στην απόχρωση χρώματος της ορατής επιφάνειας ενός αντικειμένου ή χωρικού στοιχείου και συνεπώς και στην συχνότητα εναλλαγής τους (υφή / επιφανειακή τραχύτητα),
 - γ) στην περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία,
 - δ) στην θερμοκρασία σημειακών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων, (όταν χρησιμοποιούμε τηλεπισκοπικό δέκτη που ευαισθητοποιείται στην περιοχή του θερμικού υπέρυθρου του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας),
 - ε) στην περιεχόμενη στη βλάστηση υγρασία,
 - ς) στην βιομάζα της βλάστησης και
 - η) στα χαρακτηριστικά απορρόφησης της χλωροφύλλης της βλάστησης,

αλλά και

- (II) εμμέσως, από συνδυασμούς των παραπάνω μεταβλητών, (π.χ. ανίχνευση συγκεκριμένων φυσικών διαθεσίμων και της κατάστασής τους: νερά, δάση, αλλά και καμένο ή προσβεβλημένο από έντομα ή ασθένειες δάσος, χρήσεις γης, γεωλογικά ρήγματα, εμφανίσεις συγκεκριμένων πετρωμάτων, μεταλλευτικά διαθέσιμα κλπ.)

Ο J.Jensen (1986) σχετικά, αναφέρεται σε 9 ανεξάρτητες βασικές / πρωτογενείς "βιοφυσικές" μεταβλητές:

την οριζοντιογραφική θέση, το υψόμετρο/βαθύμετρο, το χρώμα αντικειμένου, τα χαρακτηριστικά απορρόφησης της χλωροφύλλης της βλάστησης, την βιομάζα της βλάστησης, την περιεχόμενη στη βλάστηση υγρασία, την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία, την θερμοκρασία και την υφή ή επιφανειακή τραχύτητα.

1.2 Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Αναπτύχθηκαν παράλληλα με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και έχουν ως στόχο να αξιοποιήσουν τις συνεχώς επεκτεινόμενες δυνατότητές τους στην ταχύτατη εκτέλεση μεγάλου όγκου αριθμητικών πράξεων, πάνω στις ψηφιακές τιμές των πινάκων n γραμμών και m στηλών οι οποίες συγκροτούν μια ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση και αποτελούν αριθμητική έκφραση του απλούστερου φωτοαναγνωριστικού στοιχείου, του τόνου.

Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης υστερούν αντικειμενικά σε θέματα λογικής διαδικασίας, αναγνώρισης, διαλεκτικής προσέγγισης, αντίληψης και κατανόησης (π.χ.

σχημάτων και μορφών) και εκτίμησης της σημασίας τους, από τον άνθρωπο-φωτοερμηνευτή, και οι σχετικές βελτιώσεις τους θα οριοθετηθούν απ' την έρευνα και τις σχετικές εξελίξεις στα πεδία της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) και της κατανόησης εικόνων (Image Understanding).

Οι ψηφιακές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης στηρίζονται:

- στην στατιστική και συντακτική αναγνώριση προτύπων, (statistical and syntactical pattern recognition)
- στην θεωρητική μέθοδο αποφάσεων (decision theoretic approach) και
- στη συμβολική λογική συνεπαγωγή, (symbolic reasoning) (Jensen, 1986).

Οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης υστερούν με τη σειρά τους έναντι των ψηφιακών γιατί ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής

- αντιλαμβάνεται μόνον τα φυσικά μεγέθη που απεικονίζονται από τηλεπισκοπικούς δέκτες οι οποίοι ευαισθητοποιούνται στις περιοχές του ορατού φωτός και
- μπορεί να αναλύει στις παραπάνω περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος μια τηλεπισκοπική απεικόνιση (ή ένα στερεοζεύγος), κάθε φορά.

Έτσι οι αναλογικές μέθοδοι φωτοερμηνευτικής ανάλυσης αποτελούν επιστημονοτεχνικό αντικείμενο έντασης εργασίας, ενώ οι ψηφιακές μέθοδοι αποτελούν αντικείμενο έντασης κεφαλαίου, γιατί απαιτούν τη χρήση πολύπλοκων και δαπανηρότατων οργάνων και συστημάτων, τόσο τηλεπισκοπικών λήψεων, όσο και τηλεπισκοπικών ψηφιακών επεξεργασιών και αποδόσεων.

Είναι φανερό ότι το μέλλον της τηλεπισκόπησης βρίσκεται στην ανάπτυξη υβριδικών μεθόδων βελτιστοποίησης και δημιουργικής σύνθεσης των δυνατοτήτων και μείωσης / υπέρβασης των αντικειμενικών (μέχρι στιγμής) περιορισμών των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης.

1.3. Τεχνικές και στοιχεία υποδομής / στήριξης των Αναλογικών και των Ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Οι προϋποθέσεις και τα στοιχεία υποδομής/στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας συζητήθηκαν αναλυτικά (Δ.Ρόκος: "Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση" Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1988) και ισχύουν "αναλογικά", τόσο για τις αναλογικές, όσο και για τις ψηφιακές μεθόδους φωτοερμηνευτικής ανάλυσης.

Η δυνατότητα στερεοσκοπικής όρασης και αντίληψης και μέτρησης παραλλάξεων για υπολογισμό υψομετρικών διαφορών και υψομέτρων που εξασφαλίζεται με τη χρήση των απλών και των κατοπτρικών / πρισματικών στερεοσκοπιών και των παραλλακτικών ράβδων, αποτελεί, (μαζί βέβαια και με τις απλές μετρήσεις μηκών και επιφανειών στις αεροφωτογραφίες και τις λοιπές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις), την κύρια τεχνική της αναλογικής μεθόδου φωτοερμηνευτικής ανάλυσης που συμπληρώνει την πρωτογενή μονοεικονική παρατήρηση.

Με τη βοήθεια βέβαια της στερεοσκοπικής παρατήρησης και των στοιχείων / προϋποθέσεων στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας, (γενική γνώση της περιοχής, ειδική γνώση των ειδικών χαρακτηριστικών/συνθηκών της περιοχής, ειδική γνώση των δυνατοτήτων ειδικών τηλεπισκοπικών δεκτών / συστημάτων, ειδική γνώση του επιστημονοτεχνικού πεδίου της σχετικής μελέτης), τα οποία ολοκληρώνονται με την κατάλληλη διεπιστημονική συνεργασία, την ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος, τους κατάλληλους επίγειους ελέγχους και τα απαραίτητα φωτοερμηνευτικά κλειδιά, ο άνθρωπος - φωτοερμηνευτής συγκροτεί Μοντέλα Αντίληψης / Κατανόησης των στοιχείων της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, αλλά και Βάσεις Γνώσης (αναλογικές), με τα οποία ελέγχει τις υποθέσεις του.

Ο φωτοερμηνευτής στην αναλογική μέθοδο φωτοερμηνευτικής ανάλυσης αξιοποιεί τις τυχόν προϋπάρχουσες πληροφορίες, σε αναλογική ή και εικονιστική / χαρτογραφική / θεματική μορφή όπως:

- χάρτες και τοπογραφικά διαγράμματα διαφόρων κλιμάκων,
- κτηματολογικά διαγράμματα και χάρτες εγγείων διαρθρώσεων,
- χάρτες χρήσεων / καλύψεων γης,
- βιβλιογραφικά στοιχεία,
- στατιστικά στοιχεία,
- μετεωρολογικά στοιχεία,
- γεωμορφολογικά στοιχεία,

- κλιματολογικά στοιχεία,
- θεματικούς χάρτες της περιοχής,
- πάσης φύσης καταγραφές πληροφοριών για την περιοχή,
- αεροφωτογραφίες κλπ. τηλεπισκοπικές απεικονίσεις κλπ.

Όπως είναι φυσικό, στην ψηφιακή μέθοδο φωτοερμηνευτικής ανάλυσης, οι τεχνικές και τα στοιχεία στήριξης της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας πρέπει να συμβαδίζουν με τον αντικειμενικά στατιστικής / πιθανολογικής φύσης χαρακτήρα της μεθόδου και να έχουν την μορφή, είτε γνωστών εκ των προτέρων πιθανοτήτων εμφάνισης ενός αντικειμένου / χαρακτηριστικού, το οποίο σχετίζεται αμέσως ή εμμέσως με συγκεκριμένο φυσικό διαθέσιμο, ή μπορεί να οδηγήσει στην ανίχνευσή του, ή /και άλλων χρήσιμων κατά περίπτωση γενικών και ειδικών ψηφιακών πληροφοριών.

Έτσι π.χ. στη διαδικασία ταξινόμησης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, βασική για τις διερευνήσεις φυσικών διαθεσίμων:

- (α) διαμορφώνονται πεδία ελέγχου / αναφοράς και "εξάσκησης" (training sites) που ορίζονται από το άνω και κάτω πέρας των ψηφιακών τιμών, οι οποίες - κάτω από ορισμένες συγκεκριμένες συνθήκες - αντιστοιχούν σε ένα ορισμένο συγκεκριμένο αντικείμενο / χαρακτηριστικό της τηλεπισκοπικής απεικόνισης, το οποίο σχετίζεται ποικιλότροπα με ένα συγκεκριμένο φυσικό διαθέσιμο, και

- (β) συγκροτούνται τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση μαθηματικά μοντέλα.

Παρά το γεγονός ότι τα πεδία ελέγχου / αναφοράς και "εξάσκησης", για τις μη επιβλεπόμενες ταξινομήσεις υποκαθιστούν τον ρόλο των κατάλληλων επίγειων ελέγχων, οι επιβλεπόμενες ταξινομήσεις απαιτούν, στην πιο αξιόπιστη δυνατή εκδοχή τους τον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση των κατάλληλων επίγειων ελέγχων.

Οι ψηφιακής μορφής Βάσεις Γνώσης οι οποίες μπορούν να καλύπτουν συγκεκριμένα ειδικά επιστημονοτεχνικά πεδία μπορούν στην προοπτική ανάπτυξης εμπειρών συστημάτων (expert systems) ν'αξιοποιηθούν με κατάλληλο λογισμικό, για συγκρίσεις, συσχετίσεις, αναφορές και ταυτοποιήσεις σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, χωρικών και φασματικών στοιχείων και χαρακτηριστικών μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης με γνωστές σταθερές, ή με τις πιθανότερες δυνατές εναλλακτικές αντιστοιχίσεις τους με αντικείμενα / χαρακτηριστικά / εμφανίσεις / φαινόμενα του πραγματικού φυσικού και κοινωνικοοικονομικού χώρου τα οποία σχετίζονται αμέσως ή εμμέσως με συγκεκριμένα φυσικά διαθέσιμα αλλά και με τις διάφορες "καταστάσεις" και "ποιότητες" τους, σε συγκεκριμένο χρόνο.

1.4. Κριτήρια επιλογής αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων φωτοερμηνευτικής ανάλυσης

Η αναλογική μέθοδος φωτοερμηνευτικής ανάλυσης και στη διαδικασία διερεύνησης φυσικών διαθεσίμων ενδείκνυται:

- (α) όταν η υπό διερεύνηση περιοχή είναι σχετικά μικρή και δεν υπερβαίνει τα όρια ενός μεγάλου δήμου, ενός συνδέσμου κοινοτήτων, μιας επαρχίας, ή ενός τμήματος νομού,
- (β) όταν στο προς διερεύνηση πρόβλημα έχει ιδιαίτερη σημασία η αναγνώριση και η εξακρίβωση της ταυτότητας συγκεκριμένων σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων και χαρακτηριστικών,
- (γ) όταν οι φασματικές υπογραφές των αντικειμένων / εμφανίσεων / χαρακτηριστικών της υπό μελέτη περιοχής είναι πολλές και προκαλούν με την σύγχυσή τους δυσκολία στην ειδικολόγηση και αποκάλυψη των αντίστοιχων συγκεκριμένων μεμονωμένων ειδών,
- (δ) όταν είναι απαραίτητη η χρήση της αρχής των συγκλινουσών ενδείξεων για την διακρίβωση συγκεκριμένων σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων και χαρακτηριστικών στην υπό μελέτη περιοχή,
- (ε) όταν απαιτείται υψηλή Διαχωριστική / Διακριτική Δυνατότητα / Ικανότητα για την διάκριση εκείνων των ενδιαφερόντων χαρακτηριστικών τα οποία έχουν ουσιαστική σημασία για την συγκεκριμένη κάθε φορά μελέτη.

Η ψηφιακή μέθοδος φωτοερμηνευτικής ανάλυσης απ' την άλλη μεριά ενδείκνυται:

- (α) όταν η περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η διερεύνηση φυσικών διαθεσίμων, ή η περιοχή στα όρια της οποίας τελείται ή εξελίσσεται ένα ενδιαφέρον φυσικό ή άλλο φαινόμενο, το

- οποίο σχετίζεται αμέσως ή εμμέσως με την παρουσία ενός φυσικού διαθεσίμου, είναι εξαιρετικά εκτεταμένη και υπερβαίνει τα όρια ενός νομού, μιας περιφέρειας ή και ενός κράτους ακόμη,
- (β) όταν η ανίχνευση λεπτομερειακών σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών και χωρικών στοιχείων δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας για το υπό διερεύνηση πρόβλημα, ή για την συγκεκριμένη μελέτη,
 - (γ) όταν τα επιμέρους τμήματα, είδη, ζώνες και περιφέρειες της υπό διερεύνηση περιοχής είναι σε μεγάλο βαθμό ομοιογενή και συνεπώς συντελούν σε λίγες, σαφείς και διακριτές μεταξύ τους φασματικές υπογραφές οι οποίες διευκολύνουν την διακρίβωση της ταυτότητας των αντίστοιχων συγκεκριμένων μεμονωμένων εμφανίσεων,
 - (δ) όταν η υψηλή Διαχωριστική / Διακριτική Δυνατότητα / Ικανότητα του τηλεπισκοπικού δέκτη δεν είναι ιδιαίτερης σημασίας για το είδος της συγκεκριμένης μελέτης / διερεύνησης.

Σε κάθε περίπτωση όμως, η ολοκλήρωση των δυνατοτήτων των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών (η οποία πραγματοποιείται προφανώς κατ' εξακολούθηση όταν ο φωτοερμηνευτής επιχειρεί να αναλύσει πάνω στην οθόνη του συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων τις απεικονίσεις συγκεκριμένων ψηφιακών επεξεργασιών) και με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος, αξιοποιούν με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο την θεμελιακή υπόσταση της Φωτοερμηνευτικής/Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας ως "της διαλεκτικής και διεπιστημονικής ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων της πείρας των αισθήσεων (εμπειρίας), της λογικής, της ειδικής επιστημονικής γνώσης (κάτω από την οπτική της οποίας γίνεται η συγκεκριμένη διερεύνηση) και των απαραίτητων επίγειων ελέγχων, στην έρευνα και την γνώση του εξωτερικού κόσμου" (Ρόκος 1980, 1988).

2. Προεπεξεργασίες/Διορθώσεις Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων

Κατά τη διαδικασία λήψης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μια σειρά από σφάλματα, "ενδογενή" και "εξωγενή", επηρεάζουν την ποιότητά τους και κατά προέκταση, την ακρίβεια, την πληρότητα και την αξιοπιστία της φωτοερμηνευτικής ανάλυσης που θα ακολουθήσει.

Τα "ενδογενή" σφάλματα οφείλονται στους τηλεπισκοπικούς δέκτες / συστήματα, είναι συστηματικού χαρακτήρα και σταθερά και μπορούν να προσδιορισθούν με μετρήσεις, διαμετρήσεις (calibration) πριν ή κατά την πτήση.

Τα "εξωγενή" σφάλματα οφείλονται σε ποικίλες, διαφορετικής φύσης ανωμαλίες που επηρεάζουν με μη συστηματικό τρόπο τον φορέα / πλατφόρμα εναέριας ή διαστημικής τηλεπισκοπικής λήψης και συνεπώς την διαμόρφωση των χαρακτηριστικών των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

Τα μη συστηματικά αυτά "εξωγενή" σφάλματα μπορούν να προσδιορισθούν με την χρησιμοποίηση σημείων επιγείου ελέγχου, (τα οποία είναι γνωστά με τις γεωδαιτικές τους συντεταγμένες) και τη μαθηματική συσχέτισή τους με τις ευδιάκριτες στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις θέσεις τους.

Τα βασικά σφάλματα της διαδικασίας λήψης τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητά τους και συνεπώς θέτουν συγκεκριμένους περιορισμούς στις δυνατότητες των Ψηφιακών Μεθόδων Διερεύνησης των Φυσικών Διαθεσίμων, είναι ραδιομετρικής και γεωμετρικής φύσης.

Έτσι, πριν την φωτοερμηνευτική ανάλυση και γενικότερα την αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, απαιτούνται, ανάλογα με τα προβλήματα που πρόκειται να αντιμετωπισθούν, είτε μόνο ραδιομετρικές, ή μόνο γεωμετρικές και το συνηθέστερο ραδιομετρικές και γεωμετρικές διορθώσεις τους.

2.1. Ραδιομετρικές Διορθώσεις

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων των πολυφασματικών σαρωτών, (MSS των LANDSAT, SPOT, MOS κλπ., TM του LANDSAT) αναφέρονται στη συσχέτιση της εισόδου της ανακλώμενης / εκπεμπόμενης από το χώρο του προς διερεύνηση προβλήματος ακτινοβολίας, η οποία ευαισθητοποιεί τις κατάλληλες διατάξεις ανίχνευσης (detectors) των τηλεπισκοπικών δεκτών, με αυτή καθ' εαυτή την έξοδο της από την κάθε διάταξη

ανίχνευσης και την στη συνέχεια διόρθωση των ραδιομετρικών τιμών από κάθε φύσης δυσλειτουργίες ή διαστροφές (Jensen 1986).

Οι συνήθεις ραδιομετρικές διορθώσεις των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι:

- (α) η αποκατάσταση του σφάλματος από το κενό της βης γραμμής,
- (β) η αποκατάσταση του σφάλματος από την διαστροφή έντασης της βης γραμμής,
- (γ) η αποκατάσταση του σφάλματος από την οριζόντια μετατόπιση τμημάτων γραμμών,
- (δ) η αποκατάσταση του σφάλματος από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής διάχυσης και απορρόφησης, οι οποίες μπορούν ακόμα και να μηδενίσουν σε ορισμένες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος την δυνατότητα εξαγωγής πληροφοριών για τον υπό διερεύνηση χώρο. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι οι απεικονίσεις που σχηματίζονται από ακτινοβολίες με μήκη κύματος $\lambda > 0.7 \mu\text{m}$ (υπέρυθρες) είναι πρακτικά απαλλαγμένες από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής διάχυσης. (Ρόκος 1989, όπου και αναλυτική παρουσίαση των σχετικών διορθώσεων).

2.2. Γεωμετρικές διορθώσεις ψηφιακών πολυφασματικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων

Κατά τη διάρκεια λήψης ψηφιακών πολυφασματικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, μια σειρά από συστηματικά και μη συστηματικά σφάλματα επηρεάζουν την γεωμετρική τους ποιότητα.

Για μεν τα συστηματικά απ' αυτά, οι αντίστοιχες γεωμετρικές διορθώσεις μπορούν να γίνουν με βάση τη γνώση:

- (α) των στοιχείων της τροχιάς και της κίνησης του αερομεταφερόμενου ή διαστημικού φορέα του τηλεπισκοπικού συστήματος και
- (β) των στοιχείων που αφορούν τα βασικά χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες, τη διαμέτρηση και τις διαστροφές του συγκεκριμένου τηλεπισκοπικού συστήματος.

Για τα μη συστηματικά απ' αυτά, όπως είναι :

- (α) τα σφάλματα τα οποία προκύπτουν απ' την τυχαία καθ' ύψος απόκλιση του φορέα του τηλεπισκοπικού συστήματος από την προσδιορισμένη τροχιά του (και προκαλούν μεταβολή της κλίμακας των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων) και
- (β) τα σφάλματα τα οποία προκύπτουν από τυχαίες αποκλίσεις των αξόνων του τηλεπισκοπικού συστήματος από τις προδιαγραμμένες θέσεις αναφοράς τους, (που είναι συνήθως, ο μεν ένας να είναι κατακόρυφος, ο άλλος παράλληλος προς τον άξονα πτήσης και ο τρίτος κάθετος στους δύο προηγούμενους):

απαιτείται η γνώση των γεωδαιτικών συντεταγμένων επιγείων σημείων ελέγχου, τα οποία είναι ταυτόχρονα ευδιάκριτα στις τηλεπισκοπικές απεικονίσεις και συνεπώς μπορούν να μετρηθούν οι εικονοσυντεταγμένες τους, σε γραμμές και στήλες pixels. (Ρόκος 1989, όπου και αναλυτικότερη αναφορά στις διαδικασίες των σχετικών διορθώσεων).

3. Η συμβολή της ολοκλήρωσης των Αναλογικών και Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών μεθόδων στη διερεύνηση των Φυσικών Διαθεσίμων

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ουσιαστική προϋπόθεση εφαρμογής της Φωτοερμηνευτικής Μεθοδολογίας γενικότερα είναι:

- (α) Η γενική γνώση της υπό μελέτη περιοχής,
- (β) Η γενική γνώση των υφιστάμενων χαρτογραφικών, βιβλιογραφικών, στατιστικών, αεροφωτογραφικών, τηλεπισκοπικών κλπ. στοιχείων,
- (γ) Η ειδική γνώση των συγκεκριμένων, για την κάθε φορά ειδική έρευνα, συνθηκών της περιοχής,
- (δ) Η ειδική γνώση των δυνατοτήτων των τηλεπισκοπικών δεκτών,
- (ε) Η ειδική γνώση του επιστημονικού πεδίου της ειδικής διερεύνησης και
- (στ) Η δυνατότητα προγραμματισμού και υλοποίησης ειδικών επίγειων ελέγχων.

Ειδικολογώντας εδώ τη σημασία της γενικής γνώσης της υπό μελέτη περιοχής και ειδικότερα της γεωμορφολογίας και της βλάστησής της, στη διαδικασία διερεύνησης των Φυσικών Διαθεσίμων, θα μπορούσαμε ανάλογα να τεκμηριώσουμε και τη σημασία των άλλων

προϋποθέσεων στη μεθοδολογία έρευνας των μεταλλευτικών, υδατικών, εδαφικών και οικολογικών διαθεσίμων της και τον προγραμματισμό και υλοποίηση σχεδίων αξιοποίησής τους.

Πιο συγκεκριμένα, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι από τα 25 μοναδιαία φωτοαναγνωριστικά στοιχεία με τα οποία μπορούμε να προσεγγίσουμε τον εξωτερικό κόσμο από τις απεικονίσεις του, τα 9 είναι γεωμορφικού χαρακτήρα και τα 3 στοιχεία βλάστησης.

Είναι φανερό λοιπόν ότι η γνώση της γεωμορφολογίας και των συνθηκών βλάστησης, μιας περιοχής δημιουργεί καλύτερο επίπεδο αφετηρίας της μεθοδολογίας Διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων:

- (α) Για το *γεωλόγο*, γιατί μη ορατά (άμεσα) στοιχεία, (τύποι πετρωμάτων, γεωλογική δομή κλπ.) μπορούν να συναχθούν κύρια - (και πέρα απ' την αξιοποίηση των διαβαθμίσεων του γκρίζου και χαρακτηριστικών εμφανίσεων βλάστησης), απ' τα σχετικά γεωμορφολογικά φαινόμενα και διαδικασίες που εικονογραφούνται αξιόπιστα με το τοπογραφικό ανάγλυφο και τα επιφανειακά δίκτυα αποστράγγισης.
- (β) Για τον *υδρολόγο*, γιατί η γεωμορφολογία και η τοπογραφία της περιοχής και οι διαδικασίες εξέλιξής της, παίζουν σημαντικό ρόλο, (μαζί με ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως π.χ. η υδατοπερατότητα), για τη μελέτη και εκτίμηση των υδατικών διαθεσίμων της.
- (γ) Για τον *εδαφολόγο*, γιατί αν και τα εδάφη στις απεικονίσεις της φυσικής γήινης επιφάνειας καλύπτονται συνήθως με βλάστηση, έτσι ώστε να μην είναι εύκολο να διαπιστώνεται η μορφή της τομής τους, συχνότατα τα όρια εμφανίσεων εδαφών, συμπίπτουν ή έχουν συγκεκριμένη σχέση με γεωμορφολογικά όρια και έτσι μαζί με την αξιοποίησή και άλλων αναγνωριστικών στοιχείων, (τόνοι, βλάστηση, χρήση γης και μεταβολή της) και επιγείων δειγμάτων, ολοκληρώνεται η διαδικασία διερεύνησης εδαφικών διαθεσίμων.
- (δ) Για το *γεωπόνο*, γιατί η σχέση των διαφόρων μορφών γης με την αγροτική / καλλιεργητική χρήση της, τον βοηθάει (μαζί με τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία), στην ορθολογικότερη χρήση της, αλλά και στην αποδοτικότερη (με αναδιάρθρωση καλλιεργειών) αξιοποίηση των εδαφών της.
- (ε) Για τον *μηχανικό*, (μελετητή ή κατασκευαστή), γιατί η γνώση της γεωμορφολογίας μιας περιοχής τον βοηθάει, στη γνώση των ιδιοτήτων των υλικών των διαφόρων μορφών της και συνακόλουθα σε σωστές επιλογές σχετικά με τη καλύτερη δυνατή χρήση τους, και τους αντικειμενικούς περιορισμούς και δυνατότητες που προκύπτουν στη μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων.

Όπως πιο πέρα θα δούμε, ή έστω και με μηχανιστική άθροιση των πλεονεκτημάτων απ' τη γνώση των γεωμορφολογικών συνθηκών και των συνθηκών βλάστησης, πραγματική βελτίωση του επιπέδου αναφοράς της μεθοδολογίας διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων, μπορεί να ολοκληρωθεί, μόνο μέσα απ' τη συστηματική διακλαδική συνεργασία των παραπάνω (ή και άλλων κατά περίπτωση ειδικοτήτων), σύμφωνα με τη διαδικασία των "Ολοκληρωμένων Αποδόσεων" των στοιχείων της Φυσικής και Κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας. (Ρόκος 1980).

Έτσι, με διασφαλισμένα τα επίπεδα αναφοράς της μεθοδολογίας διερεύνησης Φυσικών Διαθεσίμων που προαναφέραμε, τα συγκεκριμένα βήματα της τεχνικής προσέγγισης της είναι :

- (α) Η αναγνώριση στοιχείων,
- (β) Η ανάλυση των διαφορών / μεταβολών / αλληλεξαρτήσεων των στοιχείων και η εκτίμηση της σημασίας τους,
- (γ) Οι κατάλληλοι συσχετισμοί με το περιβάλλον, οι παραβολές με "κλείδες" και με τα πορίσματα ελέγχων και των τεχνικών δειγματοληψιών,
- (δ) Η σύμφωνη, με τις κατάλληλες κάθε φορά προδιαγραφές, ταξινόμηση των ομοιοτήτων και των διαφορών,
- (ε) Οι χαρακτηρισμοί των πορισμάτων σχετικά με τις ενότητες στοιχείων που διακρίθηκαν,
- (στ) Η ανατροφοδότηση με τα πορίσματα αυτά, της αρχικής φάσης και η επανάληψη της όλης διαδικασίας της τεχνικής προσέγγισης, για ειδικότερες ή λεπτομερέστερες διερευνήσεις.

Στα παραπάνω βήματα, βασικής σημασίας νοητικό εργαλείο είναι οι επαγωγικοί (απ' το "ειδικό" στο "γενικό"), και οι απ' το "γενικό" στο "ειδικό" συλλογισμοί.

Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας μεθοδικά, απ' τα πιο οικεία αναγνωριστικά στοιχεία προς τα λιγότερο οικεία, αναλύουμε μία προς μία χαρακτηριστικές για τα συγκεκριμένα κάθε φορά υπό διερεύνηση Φυσικά Διαθέσιμα λεπτομέρειες, μελετούμε σε μικρές κλίμακες τηλεπισκοπικών

απεικονίσεων, ή φωτομωσαϊκά, ή Landsat απεικονίσεις, πρότυπα της ευρύτερης περιοχής, για να προχωρήσουμε στη συνέχεια, σε ειδικότερη ανάλυση, πάνω σε μεγάλων κλιμάκων απεικονίσεις ή και μεγεθύνσεις τους, (προσπαθώντας π.χ. απ' το πρότυπο του αποστραγγιστικού δικτύου να συνάγουμε στοιχεία για τα εδαφικά διαθέσιμα, και αντίστροφα, απ' τη μορφή της διατομής και το μήκος μιας ρεματιάς, να συνάγουμε στοιχεία για ολόκληρη την περιοχή στην οποία εμφανίζονται όμοιες ρεματιές).

Με βάση τα στοιχεία που επιβεβαιώθηκαν με την παραπάνω πορεία και αποτελούν πια "γνωστά" στοιχεία, μπορούμε με σύγκριση - παραβολή να προσπελάσουμε στον προσδιορισμό της ταυτότητας κάποιων απ' τα εναπομένοντα άγνωστα στοιχεία, και τέλος, έχοντας πάντα υπ' όψη τις δοσμένες ιδιότητες και δυνατότητες των διαφόρων τηλεπισκοπικών δεκτών, (που κάτω από διαφορετικές συνθήκες λήψης, μπορούν να κρύψουν ή ν'αποκαλύψουν κάποιες ενότητες, κάθε φορά, πληροφοριών), εφαρμόζοντας τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων / αποκλεισμών, μπορούμε να καταλήξουμε είτε σε μονοσήμαντους - συγκεκριμένους ή σε πολυσήμαντους - συγκεκριμένους χαρακτηρισμούς, ενότητας ή ενοτήτων Φυσικών Διαθεσίμων, ή ακόμα και να ζητήσουμε μια λεπτομερέστερη διαδικασία διερευνήσεων.

Στο βαθμό που συγκεκριμένα Φυσικά Διαθέσιμα συναρτώνται με τη διαδικασία γένεσης, ή την ίδια τη δομή ενός γεωμορφολογικού τοπίου, η Μέθοδος Φωτοερμηνείας Τοπίου απ' το "γενικό" στο "ειδικό" (σε συνδυασμό όπου απαιτείται με μετάβαση απ' το "ειδικό" στο "γενικό"), έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διερεύνηση και απογραφή τους.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή (Komarov 1978):

Με αξιοποίηση του διατιθεμένου χαρτογραφικού κλπ. γεωμορφολογικού, γεωλογικού κλπ. υλικού για την περιοχή προβαίνουμε:

1. Στη Διάκριση (πάνω σε φωτομωσαϊκό, ή σήμερα σε απεικονίσεις από δορυφόρους) των περιφερειών που φαίνονται "φωτογραφικά" ομοιογενείς (σε σχέση με την ομοιογένεια της δομής τοπίων).
2. Στη Διάκριση τοποθεσιών και μονάδων, ή συστημάτων μονάδων γης, στον Προσδιορισμό του τύπου τους μέσα σε συγκεκριμένα όρια τοπίου, στον Προσδιορισμό του τύπου της σχέσης τους μέσα σ' αυτά τα όρια, και με βάση αυτό, στην Ειδικοποίηση του τύπου τοπίου.
3. Στην Ανάλυση της φωτογραφικής απεικόνισης των στοιχείων του τοπίου, τον Χαρακτηρισμό τους για κάθε τύπο μονάδας γης που διακρίναμε στη δεύτερη φάση, (ανάγλυφο, δίκτυο διάβρωσης, γεωλογική δομή, εδάφη, βλάστηση, χαρακτηριστικά επέμβασης του ανθρώπου), την Περιγραφή τους και την Καταγραφή των αλληλεξαρτήσεων τους, με βάση τα στοιχεία της φωτοερμηνείας (με χρήση όλου του διατιθεμένου βιβλιογραφικού και χαρτογραφικού υλικού για την περιοχή).
4. Στην Αποκάλυψη των "δεικτών" των υπό διερεύνηση αντικειμένων (θεωρουμένων ως στοιχείων του τοπίου) και την επεξεργασία κριτηρίων για την ερμηνεία αυτών των δεικτών.
5. Στην Ερμηνεία του αντικειμένου της μελέτης, στη βάση των παραπάνω κριτηρίων, πάνω στο σύνολο της έκτασης της εμφάνισης τους χρησιμοποιώντας παράλληλα επιγείους ελέγχους και παραβολές με φωτοερμηνευτικές κλειδές.

Από μια άλλη οπτική τώρα, για να κατανοήσουμε καλύτερα τα σχετικά φυσικά μεγέθη αλλά και να επιλέξουμε τις βέλτιστες κατά περίπτωση ψηφιακές τηλεπισκοπικές τεχνικές για τη διερεύνηση συγκεκριμένων φυσικών διαθεσίμων θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την βασική παρατήρηση ότι:

"Η ανακάλυψη φυσικών διαθεσίμων μπορεί να βασισθεί κυρίως στο γεγονός ότι αυτά αποτελούν ΑΣΥΝΗΘΕΙΣ ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ, ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ, ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΕΙΣ σε συγκεκριμένη ή συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, σημειακών, γραμμικών, επιφανειακών, χωρικών και φασματικών χαρακτηριστικών και στοιχείων, τα οποία και συμβάλλουν στην διάκρισή τους από το περιβάλλον τους". (Ρόκος, 1988).

Οι ασυνήθειες π.χ. Εμφάνισεις / Συγκεντρώσεις / Συσσωρεύσεις υλικών τα οποία βρίσκονται σε συνήθη πετρώματα και τα οποία περιέχουν χρήσιμα μεταλλεύματα, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως το αποτέλεσμα συγκεκριμένων γεωλογικών διαδικασιών οι οποίες τελούνται ή τελέστηκαν με ένα ακραίο τρόπο. (Drury 1990).

Έτσι, κατά την διαδικασία διερεύνησης μεταλλευτικών διαθεσίμων με ψηφιακές τηλεπισκοπικές μεθόδους θα μπορούσαμε π.χ. ν' αναζητήσουμε αναγνωρίσιμα "ίχνη" ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ:

- ◆ στη χημική σύσταση των πετρωμάτων η οποία σχετίζεται με τη συγκέντρωση μετάλλων,
- ◆ στις φυσικές τους ιδιότητες που οφείλονται:
 - στις ενώσεις στις οποίες βρίσκονται τα μέταλλα αυτά,
 - στη δομή τους, η οποία π.χ. μπορεί να έχει συντελέσει στην εναπόθεση μεταλλικών ενώσεων ή την "μετανάστευση" και παγίδευση υγρών και αερίων υδρογονανθράκων

Στη διαδικασία αυτής της αναζήτησης χρησιμοποιούμε μια ευρεία σειρά από ειδικά όργανα και τηλεπισκοπικούς δέκτες τα οποία αποσκοπούν στην παρακολούθηση εκείνων των ιδιοτήτων των πετρωμάτων οι οποίες είναι κριτικής σημασίας για την παρουσία ή απουσία συγκεκριμένων εναποθέσεων.

Μια άλλη προσέγγιση του προβλήματος θα απαιτούσε την ανάλυση των γεωλογικών σχέσεων και της εξέλιξης των γνωστών εναποθέσεων για να αντιληφθούμε τις διαδικασίες οι οποίες συντέλεσαν στο σχηματισμό τους. αυτές οι "ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ" και τα αντίστοιχα "ΜΟΝΤΕΛΑ" τα οποία μπορούν ν' αναπτυχθούν στο γενικό πλαίσιο της γενικής γεωλογικής γνώσης για τη συγκεκριμένη περιοχή μπορούν μετά να χρησιμοποιηθούν μ' ένα τρόπο "προφητικό" για να "καθορίσουν" συγκεκριμένα είδη πετρωμάτων ή δομών στα οποία τέτοιες διαδικασίες μπορεί να τελούνται.. (Drury 1990).

Εξ ίσου σημαντικό είναι ακόμη το ότι μπορούν να συμβάλουν στον προσδιορισμό εκείνων "των περιβαλλόντων" στα οποία τέτοιες διαδικασίες / διεργασίες είναι απίθανο να έχουν τελεσθεί, ή αν έχουν τελεσθεί δεν είναι ικανές να προκαλέσουν τις αναγκαίες συγκεντρώσεις. Σύμφωνα με τα παραπάνω η διερεύνηση μεταλλευτικών διαθεσίμων μέσω της Τηλεπισκόπησης μπορεί σε μεγάλο βαθμό να υποκαταστήσει τις πολύ χρονοβόρες και δαπανηρές επίγειες γεωλογικές μεθόδους.

Όσο όμως τα ήδη γνωστά, αμέσως προσπελάσιμα, εύκολα ανιχνεύσιμα και αξιοποιήσιμα με μικρό κόστος (π.χ. επιφανειακά, κοντά σε οδικούς, θαλάσσιους ή ποτάμιους άξονες και χαμηλά υψόμετρα) μεταλλεύματα εξαντλούνται, οι μέθοδοι τηλεπισκοπικής διερεύνησης θαμμένων, δυσπρόσιτων, δύσκολα προσπελάσιμων "δυνάμει" κοιτασμάτων, αναγκαστικά γίνονται ιδιαίτερα πολύπλοκες και η σχετική έρευνα απαιτεί την παράλληλη αξιοποίηση πέραν αυτών καθ' εαυτών των βελτιώσεών τους και την ολοκλήρωσή τους με άλλες μεθόδους και τεχνικές όπως π.χ. εκείνων των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος. (Rokos et al 1993).

4. Ενίσχυση/Βελτίωση Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Τ.Α.)

Για να διευκολυνθεί κυρίως η (υποκειμενική) φωτοερμηνευτική ανάλυση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων στην αναλογική τους μορφή, αλλά και ορισμένες φορές η ανάλυσή τους με βάση τις ψηφιακές τεχνικές σε συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Ε.Τ.Α.) χρησιμοποιούμε αλγορίθμους Ενίσχυσης/Βελτίωσης Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (Ψ.Τ.Α.). (Image Enhancement).

Οι αλγόριθμοι αυτοί αξιοποιώντας τις βασικές αρχές της Φωτοερμηνευτικής / Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας αποσκοπούν σε βελτιώσεις της εμφάνισης / παρουσίας σε εκτυπώσεις ή σε οθόνες Η/Υ, στοιχείων, χαρακτηριστικών και προτύπων τα οποία σχετίζονται με οποιοδήποτε τρόπο με τα Φυσικά Διαθέσιμα της περιοχής και είναι:

- σημειακού χαρακτήρα,
- γραμμικού χαρακτήρα,
- επιφανειακού χαρακτήρα,
- χωρικού χαρακτήρα,
- φασματικού χαρακτήρα και
- χρονικού χαρακτήρα

(α) είτε με τροποποιήσεις των Ψηφιακών Τιμών της κάθε στοιχειώδους επιφάνειας εικόνας (pixel) ανεξάρτητα απ' τις Ψηφιακές Τιμές (ΨΤ) της περιβαλλουσών της στοιχειωδών επιφανειών,

(β) ή με τροποποιήσεις των ΨΤ κάθε pixel σε σχέση με τις ΨΤ των περιβαλλόντων τους pixels.

Οι συνήθειες τεχνικές Ενίσχυσης/Βελτίωσης Ψ.Τ.Α. είναι:

- 4.1. Η ενίσχυση/βελτίωση της διαβάθμισης του τόνου μιας Ψ.Τ.Α., (Contrast Enhancement)
- 4.2. Οι ψευδοχρωματικές ενισχύσεις/βελτιώσεις μιας Ψ.Τ.Α. όπως η τεμαχιοποίηση της πυκνότητας (Density Slicing)
- 4.3. Η ενίσχυση/βελτίωση μιας ψ.τ.α. μέσω αριθμητικών πράξεων (πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης Ψ.Τ.Α.)
- 4.4. Η ενίσχυση των ακμών (Edge Enhancement)
- 4.5. Το φιλτράρισμα (Filtering) μιας Ψ.Τ.Α.
- 4.6. Άλλοι ειδικοί μετασχηματισμοί μιας Ψ.Τ.Α. (όπως π.χ. η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών/Principal Component Analysis, ο δείκτης βλάστησης/Vegetation Index, ο μετασχηματισμός Kauth-Thomas/Tasseled Cap, ο μετασχηματισμός πολλαπλής διακριτικής ανάλυσης/Multiple Discriminant Analysis, ο μετασχηματισμός H, S, I/Hue, Saturation, Intensity, ο μετασχηματισμός Fourier, κλπ.)

Ο J. Jensen (1986) περιλαμβάνει στις τεχνικές ενίσχυσης/βελτίωσης μιας Ψ.Τ.Α. και τις διαδικασίες μεγέθυνσης και σμίκρυνσής της, οι οποίες υποβοηθούν στην ειδικότερη λεπτομερειακή προσέγγιση μέρους της, αλλά και στην συνοπτική συνολική θεώρησή της, (που θα ήταν αδύνατη με τις δοσμένες δυνατότητες π.χ. επίδειξής της (display) στο monitor ενός συστήματος Ψ.Ε.Τ.Α.) αντίστοιχα, καθώς επίσης και τον υπολογισμό σε μορφή ιστογράμματος των Ψηφιακών Τιμών των pixels κατά μήκος μιας ενδιαφέρουσας τομής μιας Ψ.Τ.Α.

Αλλά για όλες αυτές τις τεχνικές και για την ταξινόμηση Ψ.Τ.Α. καθώς επίσης και για τις εφαρμογές τους στη διερεύνηση των Φυσικών Διαθεσίμων και την Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος ο ενδιαφερόμενος μελετητής θα πρέπει να ανατρέξει στις λεπτομερέστερες αναλύσεις της ακόλουθης βιβλιογραφίας και βεβαίως όχι μόνον αυτής.

5. Βιβλιογραφία

- Colwell, R. (ed.) «Manual of Remote Sensing» (2 volumes). American Society of Photogrammetry, Falls Church Virginia, 1983.
- Curran, P. «Principles of Remote Sensing». Longman Scientific and Technical, Hong Kong, 1985.
- Drury, S. «A Guide to Remote Sensing». Oxford Science Publications, Oxford, 1990.
- Haralick, R.M. «Automatic Remote Sensor Image Processing». (in Rosenfeld, A. (editor), Digital Picture Analysis), Springer-Verlag, New York, 1976.
- Hartl, P. «Digital Picture Processing». (in Schanda, E. (editor) Remote Sensing for Environmental Sciences), Springer-Verlag, New York, Chapman and Hall, London, 1976.
- Jensen, J. «Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective». Prentice-Hall, 1986.
- Komarov, V. «Aerial Photography in the Investigation of Natural Resources in the U.S.S.R.». Moscow, 1978.
- Mather, P. «Computer Processing of Remotely Sensed Images». John Wiley and Sons, 1987.
- Rokos, D., Theocharopoulos, S., Halaris, G. «Geographic Context of Typical Mediterranean Crops and Vegetation Types as a basis for Image Analysis Expert System Rules». Final Report, Contract No 4569-91-12 ED ISP GR EEC, N.T.U.A., Athens, 1993.
- Ρόκος, Δ. «Αναλογικές Μέθοδοι και Ψηφιακές Επεξεργασίες». Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. «Προεπεξεργασίες Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων». Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. «Ενίσχυση/Βελτίωση Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων». Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1989.
- Ρόκος, Δ. «Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση». Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 1988.
- Ρόκος, Δ. «Φυσικά Διαθέσιμα και Ολοκληρωμένες Αποδόσεις». Εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1981, (ανατύπωση 1985 και 1989), (σελ. 304).