

## Η συμβολή της Τηλεπισκόπησης στην παρατήρηση, παρακολούθηση και προστασία του Περιβάλλοντος

### 1. Εισαγωγή

Μιλώντας σήμερα για το Περιβάλλον πρέπει να αφήσουμε κατά μέρος τις μερικές, αποσπασματικές και εν πολλοίς, (παρά τις σχετικές καλές προθέσεις), παραπλανητικές γραφικές θεωρήσεις του, οι οποίες σκόπιμα ή μη παραλείπουν τις ιστορικές, κοινωνικές, οικονομικές, πολιτισμικές, αναπτυξιακές και πολιτικές συνθήκες μέσα στις οποίες και από τις οποίες αυτό καταλυτικά καθορίζεται.

Έτσι, μια ειδυλλιακή εικόνα ενός επίγειου παράδεισου κάποιου ηλιόλουστου καταπράσινου νησιού στον Ειρηνικό Ωκεανό, με απέραντες αμμουδιές, κατακάθαρη γαλάζια θάλασσα και ευτυχισμένους κατοίκους, (που αποτελούσε στο παρελθόν δραπέτευση στο όνειρο για εκατομμύρια καταπιεσμένους εργαζομένους και ανέργους σ' όλον τον κόσμο), προϋπέθετε την συνειδητή ή ασυνείδητη άγνοια και/ή αγνόηση:

- των συνεπειών από μια σειρά πιθανές φυσικές καταστροφές (τυφώνες, εκρήξεις ηφαιστειών, καταγίδες, καταρρακτώδεις βροχές και πλημμύρες, σεισμοί κ.λ.π.),

- των πολυδιάστατων συνεπειών από μια σειρά πιθανές τεχνητές καταστροφές, (από το γειτνιάζον πεδίο πυρηνικών δοκιμών κάποιας μεγάλης δύναμης, από το παλιάς τεχνολογίας και μη ασφαλές εργοστάσιο πυρηνικής ενέργειας μιας γειτονικής αναπτυγμένης βιομηχανικά χώρας, από την προσάραξη στους γύρω ύφαλους ή και αρκετά μακρύτερα ενός τεράστιου δεξαμενόπλοιου μεταφοράς πετρελαίου το οποίο με τα ωκεάνια ρεύματα και τους πνέοντες ανέμους θα μπορούσε να καλύψει με πίσσα όλες τις αμμουδιές κ.λ.π.),

των αναπόδραστον βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα συνεπειών και στο περιβάλλον του νησιού, από τις πολυσχιδείς επιχειρηματικές και αναπτυξιακές δραστηριότητες αλλά και από το μοντέλο ζωής, παραγωγής και κατανάλωσης εκατοντάδων εκατομμυρίων κατοίκων της γης, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά, (οι οποίες συμβάλλουν στην ελάττωση του στρώματος του όζοντος, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις ραγδαίες και ανεξέλεγκτες πλέον κλιματικές μεταβολές σε πλανητικό επίπεδο, στην καταστροφή των τροπικών δασών, στην υποβάθμιση των εδαφών, την διάβρωση και την ερημοποίηση κ.λ.π.)

- των συνεπειών από μια ενδεχομένως βάνουση και χωρίς όρια μετατροπή του "ονείρου" σε πράξη, (με την μονοκαλλιέργεια της άμεσης και συνολικής μαζικής του τουριστικής αξιοποίησης),

- των συνεπειών με άλλα λόγια, "εξωτικών" (με την έννοια των εξωτερικών), άσχετων (από πρώτη/μερική/επιπόλαια άποψη) και "μακρινών" παραγόντων, (αλλά και διαδικασιών, δραστηριοτήτων και διεργασιών), οι οποίοι εντούτοις έχουν πλέον, (και αυτό γίνεται μέρα με την ημέρα όλο και πιο φανερό και αντιληπτό), πλανητική εμβέλεια και επιπτώσεις.

Η προσφυγή σ' αυτό το κοινότοπο σήμερα παράδειγμα γίνεται για να τεκμηριωθεί στην λιγότερη δυνατή έκταση κειμένου η πασιδηλη πλέον παραδοχή, ότι όπου παρακάτω αναφερόμαστε στο Περιβάλλον το εννοούμε ως:

(α) την αδιάσπαστη ενότητα της κάθε φορά δυναμικά μεταβαλλόμενης ισορροπίας της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας σε μια περιοχή/περιφέρεια, όπως αυτή πολυδιάστατα επηρεάζεται από εσωτερικά και εξωτερικά αίτια,

(β) το σύνολο του φυσικού και του δομημένου περιβάλλοντος, που συμπεριλαμβάνει τις σχέσεις, τις αλληλεξαρτήσεις και τις αλληλεπιδράσεις του

φυσικού και του κοινωνικοοικονομικού χώρου καθώς επίσης και τις αναπόδραστες μεταβολές τους δια μέσου του χρόνου και ταυτόχρονα ως

(γ) την στιγμιαία κατάσταση της μαχητικής συνύπαρξής του με την αναπτυξιακή διαδικασία στις συγκεκριμένες συνθήκες και σχέσεις: των φυσικών και ανθρώπινων διαθεσίμων στην περιοχή και στον κόσμο και ακόμη των μοντέλων, των στόχων και των αξιών της παραγωγής, της παιδείας, της έρευνας, της τεχνολογίας, της πολιτικής και του πολιτισμού, (Ρόκος, Δ., 1981, 1988, 1992).

Με βάση τα παραπάνω ένα αξιόπιστο εργαλείο ολοκληρωμένης, διεπιστημονικής προσέγγισης των προβλημάτων του Περιβάλλοντος έχει αποδειχθεί ότι είναι η Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση και οι Φωτοερμηνευτικές και Τηλεπισκοπικές μέθοδοι και τεχνικές (Ρόκος, Δ., 1968, 1972, 1976, 1981, 1988, Rokos, D., 1988, Curran, P., 1986, C.N.E.S., 1978).

## **2. Βασικές έννοιες της Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης και λέξεις κλειδιά**

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing), είναι η επιστήμη και τεχνική, που ασχολείται με τις αρχές, τις μεθόδους και τα όργανα, με τα οποία επιτυγχάνεται από μακρυνά, η συλλογή, επεξεργασία και η ανάλυση, πλήθους ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, για τη γη, τους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον γενικότερα, αλλά και για οποιοδήποτε αντικείμενο, φαινόμενο, γεγονός και συμβάν, ή και για οποιαδήποτε διαδικασία μεταβολής τους. (Ρόκος, Δ., Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1988).

Φωτοερμηνεία είναι η μεθοδολογία απόκτησης πληροφοριών από φωτογράμματα ή στερεοράματα. Αναπτύχθηκε παράλληλα με τη Φωτογραμμετρία, και αποτελεί την πρώτη και πλέον οικεία στον άνθρωπο εφαρμογή της Τηλεπισκόπησης, στο βαθμό, που τα φωτογράμματα και τα στερεοράματα που χρησιμοποιεί, συνιστούν ένα αναλογικό οπτικομηχανικό και φωτοχημικό ισοδύναμο με την ευαισθησία του ματιού στο ορατό φως, την οπτική αντίληψη και την διόφθαλμη όραση. (Ρόκος, Δ., όπου παραπάνω)\*.

Φωτογραμμετρία είναι η επιστήμη και τεχνική που ασχολείται με τις αρχές τις μεθόδους και τα όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται η λήψη, η εκμέτρηση και η απόδοση, φωτογραμμάτων αντικειμένων ή συμβάντων (Σώκος, Α., Φωτοτοπογραφία - Αθήνα 1962).

Φωτόγραμμα είναι η για σκοπό μετρητικής και ποιοτικής απόδοσης ειδικά παρμένη φωτογραμμετρική εικόνα, η οποία κατά την εγγύτερη ισοδυναμία αποτελεί την διδιάστατη προοπτική απεικόνιση ενός αντικειμένου, ενός φαινομένου, ή συμβάντος, αλλά και της συγκεκριμένης φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας μιας περιοχής και των αλληλεξαρτήσεων κι αλληλεπιδράσεων τους\*.

Στερεόγραμμα είναι η τρισδιάστατη εικόνα την οποία μας παρέχουν δύο συζυγή φωτογράμματα κατά το επικαλυπτόμενο τμήμα τους, όταν ιδωθούν κατάλληλα διευθετημένα κάτω από ένα απλό, κατοπτρικό ή πρισματικό στερεοσκόπιο, ή κατάλληλα προσανατολισμένα σ' ένα διεικονικό φωτογραμμετρικό αποδοτικό όργανο\*.

Τηλεπισκοπικές απεικονίσεις είναι οι διάφορων τύπων και μορφών καταγραφές της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και του περιβάλλοντος, όπως αυτές προκύπτουν σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή απ' τους αντίστοιχους τηλεπισκοπικούς δέκτες\*.

Φωτοτοπογραφία είναι η κυριότερη εφαρμογή της Φωτογραμμετρίας, η οποία ασχολείται με τη λήψη, την εκμέτρηση και την απόδοση σε ακριβείς χάρτες ή διαγράμματα, στερεοζευγών φωτογραμμάτων τμημάτων της φυσικής γήινης επιφάνειας, που πάρθηκαν, είτε επίγεια, (Γεωφωτοτοπογραφία), ή εναέρια (Αεροφωτοτοπογραφία)\*.

Αναλυτικότερα τώρα και από την σκοπιά της επιστήμης της κυβερνητικής: θα μπορούσαμε να πούμε ότι Τηλεπισκόπηση είναι, η επιστήμη και τεχνική με την οποία, τόσο ο άνθρωπος, (και οι ζώντες οργανισμοί γενικότερα), όσο και οι μηχανές, (φωτογραφικές μηχανές, τηλεπισκοπικοί δέκτες, συστήματα και συνδυασμοί τηλεπισκοπικών δεκτών και συστημάτων αυτόματης/ψηφιακής επεξεργασίας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων), μπορούν:

α) να επικοινωνήσουν από μακριά με τον εξωτερικό κόσμο του φυσικού και του δομημένου (built) περιβάλλοντος, αλλά και με συγκεκριμένα επί μέρους αντικείμενα, φαινόμενα, γεγονότα και συμβάντα, να τα αισθανθούν, να τα παρατηρήσουν συστηματικά, να διακρίνουν, να ανιχνεύσουν, να αναγνωρίσουν, να μετρήσουν, να καταγράψουν, αλλά και να παρακολουθήσουν (monitoring), τις μεταβολές/διαφοροποιήσεις των δομικών και λειτουργικών, φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους στο χώρο και στο χρόνο,

β) να συλλέξουν έτσι, ή/και ν'αποκαλύψουν μια απειρία ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, τόσο για τη συγκεκριμένη φυσική και την κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα και τις αλληλεπιδράσεις τους, όσο και για τις τάσεις μεταβολών τους δια μέσου του χρόνου,

γ) να επεξεργασθούν στη συνέχεια και να συσχετίσουν νοητικά/υπολογιστικά, με κατάλληλο τρόπο, και με βάση την επιστημονική μεθοδολογία, τις πληροφορίες αυτές και να καταλήξουν σε εκτιμήσεις, σε αξιολογήσεις και σε χρήσιμα συμπεράσματα γενικότερα, για μια σειρά εφαρμογών, σε επιμέρους επιστημονοτεχνικές περιοχές, ή και σε Ολοκληρωμένες Αποδόσεις, (Integrated Surveys) των φυσικών και των ανθρωπίνων διαθεσίμων (Natural and Human Resources) μιας χώρας/περιφέρειας, οι οποίες αποτελούν την πολυτιμότερη υποδομή για κάθε σχεδιασμό Ανάπτυξης.

δ) να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν κατάλληλα και αντίστοιχα, συγκεκριμένες αναδράσεις (feed back), σε συγκεκριμένες φάσεις των παραπάνω διαδικασιών αλλά και σε συγκεκριμένα επίπεδα αναφοράς, ώστε να αυξάνεται έτσι προοπτικά και να βελτιστοποιείται η ακρίβεια, η αξιοπιστία, η πληρότητα και η ολοκλήρωση των εκτιμήσεων και των απαντήσεων στα συγκεκριμένα επιμέρους προβλήματα\*.

### **3. Η Φωτοερμηνευτική - Τηλεπισκοπική Μεθοδολογία και η συμβολή της στην αντιμετώπιση των προβλημάτων του Περιβάλλοντος**

Η Φωτοερμηνευτική - Τηλεπισκοπική Μεθοδολογία, τώρα, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε, ότι έχει ως πυρήνα της την οργανική σύνθεση του "αισθητού" με το "λογικό", με βάση την επιστημονική μεθοδολογία, και έτσι ώστε να είμαστε σε θέση πάντα με διαλεχτικό τρόπο, να προσεγγίζουμε το διαλεχτικό χαρακτήρα της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, αλλά και των αλληλεπιδράσεων, των αλληλεξαρτήσεων και των μεταβολών τους δια μέσου του χρόνου.

Συνεπώς θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε την Τηλεπισκοπική Μεθοδολογία, ως την αναγκαία ολοκλήρωση της "εμπειρίας", της "λογικής" και της επιστημονικής γνώσης στην διαδικασία διερεύνησης των προβλημάτων του εξωτερικού κόσμου, (του περιβάλλοντος γενικότερα) και αυτό γιατί:

(α) Ούτε μόνο ο "εμπειρισμός", στη μονοδιάστατη αντίληψη του δόγματος ότι "η πείρα των αισθήσεων αποτελεί την μοναδική πηγή της γνώσης".

(β) Ούτε μόνο ο "ορθολογισμός", στην εξίσου μονοδιάστατη αντίληψη, ότι "η λογική είναι η μοναδική πηγή της γνώσης", έξω και πέρα απ' τις αμοιβαίες σχέσεις, εξαρτήσεις κι αλληλεπιδράσεις των πραγμάτων, αλλά και

(γ) Ούτε μόνη η επιστημονική γνώση, σε ένα, ή περισσότερα επιστημονοτεχνικά πεδία, αρκούν για να ενεργοποιήσουν στο σύνολο τους και στο μέγιστο βαθμό, τις αντικειμενικές δυνατότητες του Ανθρώπου, τόσο ως αυτοδύναμο, (αναλογικά), τηλεπισκοπικού, (λόγω όρασης, αφής κ.λ.π.) δέκτη/συστήματος, όσο και ως σχεδιαστή και εφαρμοστή της τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας, (με την αξιοποίηση των κατάλληλων κάθε φορά μηχανών, τηλεπισκοπικών συστημάτων, ηλεκτρονικών υπολογιστών), στην προσπάθειά του να συλλάβει και να εκτιμήσει τη σημασία της αντικειμενικής πραγματικότητας η οποία τον περιβάλλει και με την οποία, πολυδιάστατα συναλλάσσεται και αλληλεπιδρά, σε φυσικό, τεχνικό, οικονομικό, κοινωνικό και πολιτισμικό επίπεδο\*.

Περισσότερα (α) για τις προϋποθέσεις και την υποδομή στήριξης της Φωτοερμηνευτικής - Τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας,

(β) για τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του ανθρώπου ως φωτοερμηνευτή,

(γ) για τα δομικά στοιχεία βελτιστοποίησης της Φωτοερμηνευτικής - Τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας και

(δ) για τα βήματα της τεχνικής της προσέγγισης, μπορεί να βρει ο ενδιαφερόμενος μελετητής στο βιβλίο Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση (Ρόκος, Δ., 1988 και υπό νέα έκδοση, 1993).

### 3.1. Έμβια και τεχνητά συστήματα φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης του Περιβάλλοντος

Κάθε άνθρωπος τη στιγμή κατά την οποία παρατηρεί είτε το περιβάλλον του ή μια ερασιτεχνική αναμνηστική φωτογραφία ενός τοπίου, ενός αντικείμενου ή ενός συμβάντος, αξιοποιεί σ' εμβρυακό επίπεδο στοιχεία της φωτοερμηνευτικής μεθοδολογίας, στο βαθμό που αναγνωρίζει αμέσως γνωστές μορφές, που διακρίνει συγκεκριμένα αντικείμενα, που αναπλάθει στη μνήμη του ή συνάγει από κάποια στοιχεία τον τόπο και τον χρόνο της λήψης της και που ολοκληρώνει το αντικείμενο της πρώτης του αντίληψης με μια σειρά από λεπτομερέστερες αναλυτικές προσεγγίσεις και εκτιμήσεις με βάση τη στοιχειώδη νοητική επεξεργασία της λογικής.

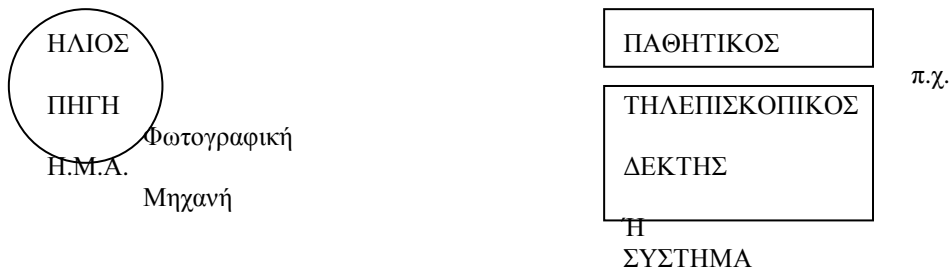
Το ανώτερο δυνατό αυτό έμβιο σύστημα φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης του περιβάλλοντος στηρίζει τη λειτουργία του στο επίπεδο "αίσθησης" τουλάχιστον του εξωτερικού του κόσμου μέσω της όρασης, στην ευαισθητοποίηση των οφθαλμών του στην ανακλώμενη από το περιβάλλον του ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, στην περιοχή του ορατού φωτός (με μήκη κύματος  $\lambda=0,4-0,7\mu\text{m}$ ).

Ένα τεχνητό τώρα σύστημα φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης του περιβάλλοντος θα μπορούσε θεωρητικά (και μπορεί σήμερα στην πράξη με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας), να ευαισθητοποιείται και πέρα απ' την περιοχή του ορατού φωτός:

- (α) στην περιοχή του υπεριώδους φωτός (με μήκη κύματος  $\lambda=0,3-0,4\mu\text{m}$ ),
- (β) στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου (με μήκη κύματος  $\lambda=0,7-1,3\mu\text{m}$ ),
- (γ) στην περιοχή του μέσου υπέρυθρου (με μήκη κύματος  $\lambda=1,3-3,0\mu\text{m}$ ),
- (δ) στην περιοχή του θερμικού υπέρυθρου (με μήκη κύματος  $\lambda=3,0-14,0\mu\text{m}$ ) και
- (ε) στην περιοχή της μικροκυματικής ακτινοβολίας (με μήκη κύματος  $\lambda=5-500\text{mm}$ ),

δίνοντας τη δυνατότητα οπτικής παρατήρησης των αντίστοιχων τηλεπισκοπικών απεικονίσεων στο οπτικό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από 0,3-15,0 $\mu\text{m}$ .

Η δομή και λειτουργία ενός τεχνητού συστήματος φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης παρουσιάζεται στα σχήματα 1,2,3 που ακολουθούν:



(ΦΥΣΙΚΗ + ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ)  
 ή  
 (ΦΥΣΙΚΟ + ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ)  
 ή  
 (ΦΥΣΙΚΟΣ + ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ)  
 ή  
 (ΑΝΑΠΤΥΞΗ + ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ)  
Σχήμα 1

1. ΤΕΧΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΗΨΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ (Φωτογραφική και Πολυφασματική Φωτογραφική Μηχανή), ΨΗΦΙΑΚΩΝ (Ραδιομετρητής και Πολυφασματικός Σαρωτής). ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΩΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (Η.Μ.Α.) (Σχήμα 1)

Συγκροτείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- α. Από την φυσική πηγή της ΗΜΑ τον Ηλιο. (1)
- β. Από την αλληλεπίδραση της εκπεμπόμενης απ' αυτόν ΗΜΑ στο μονοπάτι μετάδοσής της προς την στόχο (3) της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας και της αντίστοιχα ανακλώμενης απ' αυτή ΗΜΑ, με την Ατμόσφαιρα (2).

γ. Από την αλληλεπίδραση της εκπεμπόμενης από την πηγή (1) Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας (μετά την αλληλεπίδρασή της με την ατμόσφαιρα), με την Φυσική Γήινη Επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.) (3).

δ. Από τον παθητικό τηλεπισκοπικό δέκτη/σύστημα (4) ο οποίος ευαισθητοποιείται από την ανακλώμενη από την Φυσική Γήινη Επιφάνεια Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία (μετά την αλληλεπίδραση της με την ατμόσφαιρα) και την καταγράφει σε αναλογική μορφή (φωτογραφική μηχανή) ή σε ψηφιακή μορφή (ραδιομετρητής, σαρωτής), σε αντίστοιχες τηλεπισκοπικές απεικονίσεις. Τα μήκη κύματος της ανακλώμενης ακτινοβολίας τα οποία ευαισθητοποιούν τον τηλεπισκοπικό δέκτη/σύστημα είναι  $\lambda=0,3-3,0\mu\text{m}$ .

## Σχήμα 2

### 2. ΤΕΧΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΗΨΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΗΣ (ΘΕΡΜΙΚΗΣ) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (Σχήμα 2)

Συγκροτείται από τα παρακάτω στοιχεία:

α. Από την Φ.Γ.Ε. ως πηγή (3) εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας (η οποία είτε έχει απορροφηθεί από τον ήλιο, ή προέρχεται από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες του εσωτερικού και/ή της επιφάνειας της γης καθώς και από τις συνέπειες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων), στα μήκη κύματος  $\lambda=3,0-14,0\mu\text{m}$ .

β. Από την αλληλεπίδραση της εκπεμπόμενης από την Φυσική Γήινη Επιφάνεια θερμικής ακτινοβολίας με την Ατμόσφαιρα (2) στο μονοπάτι μετάδοσής της προς τον τηλεπισκοπικό δέκτη/σύστημα (4) ο οποίος ευαισθητοποιείται από την εκπεμπόμενη από την Φ.Γ.Ε. Θερμική Ακτινοβολία και την καταγράφει.

γ. Από τον τηλεπισκοπικό δέκτη/σύστημα (4) ο οποίος ευαισθητοποιείται από την εκπεμπόμενη από την Φ.Γ.Ε. θερμική ακτινοβολία (μετά την αλληλεπίδρασή της με την Ατμόσφαιρα).

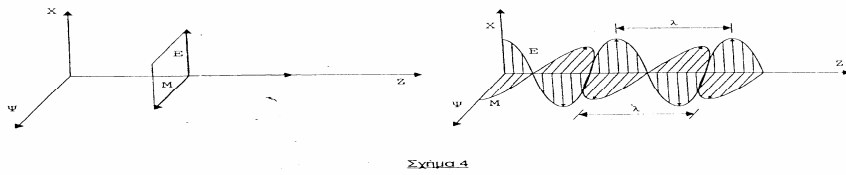
Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι ένας τηλεπισκοπικός δέκτης/σύστημα (πολυφασματικός σαρωτής) μπορεί να ευαισθητοποιείται ταυτόχρονα στην ανακλώμενη και την εκπεμπόμενη από την Φυσική Γήινη Επιφάνεια Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία, (Συνδυασμός των Σχημάτων 1 και 2), την οποία και μπορεί να καταγράφει σε διακριτές χαρακτηριστικές ζώνες συγκεκριμένων διαστημάτων μήκους κύματος μέσω των αντίστοιχων καναλιών του. (π.χ. Ο Θεματικός Χαρτογράφος TM του δορυφορικού τηλεπισκοπικού προγράμματος των ΗΠΑ LANDSAT καταγράφει την ΗΜΑ σε τρεις περιοχές του ορατού φωτός, μια του εγγύς υπέρυθρου, δύο του μέσου υπέρυθρου και μια του θερμικού).

### Σχήμα 3

3. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ ΤΕΧΝΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΗΨΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΚΠΟΜΠΗ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΗΜΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΥΣΑΣ (BACK SCATTERED) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (Σχήμα 3)

Συγκροτείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- α. Από μια τεχνητή πηγή εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (π.χ. μικροκυματικό ραντάρ πλευρικής σάρωσης - Side Looking Airborne Radar) (1) και τον αντίστοιχο τηλεπισκοπικό δέκτη/σύστημα υποδοχής και καταγραφής της επιστρέφουσας ακτινοβολίας, (μετά την αλληλεπίδρασή της με την ατμόσφαιρα) (4).
- β. Από την αλληλεπίδραση της εκπεμπόμενης Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας με την Ατμόσφαιρα (2) στο μονοπάτι μετάδοσής της κατά την διαδικασία τόσο της εκπομπής από την πηγή (1) όσο και της επιστροφής του σήματος στον δέκτη (4) στο ενιαίο σύστημα (1)+(4).
- γ. Από την αλληλεπίδραση της εκπεμπόμενης Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας με την Φυσική Γήινη Επιφάνεια (3).



Σχήμα 4

Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι ένας τυπικός ενεργητικός δέκτης/σύστημα εκπομπής ραδιοκυμάτων στα μήκη κύματος  $\lambda=0,8\text{cm}-100,0\text{cm}$  λειτουργεί ανεξάρτητα από το φως και τις καιρικές συνθήκες.

### 3.2 Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία. (ΗΜΑ). Η σημασία της στην φωτοερμηνεία και την τηλεπισκόπηση του Περιβάλλοντος

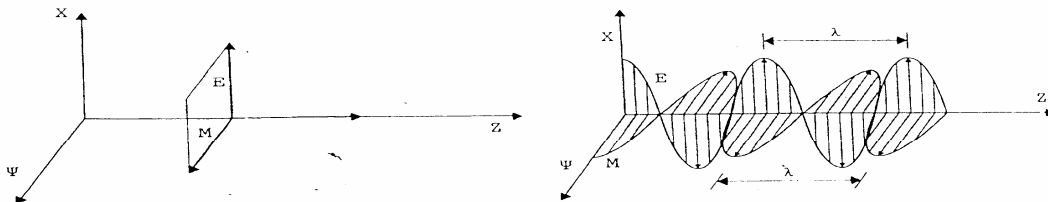
Σύμφωνα με τα παραπάνω, κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας μιας συγκεκριμένης περιοχής, την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε, να μελετήσουμε και γενικότερα να αναλύσουμε, πρακτικά έχει προκύψει με την κατάλληλη καταγραφή ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών που μεταφέρονται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, μετά την αλληλεπίδραση της με την Ατμόσφαιρα και την Φυσική Γήινη Επιφάνεια.

Η δυνατότητα του ανθρώπου να "βλέπει" αυτές τις απεικονίσεις και συνεπώς το θεμέλιο της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας (φτμ) για τον επιστήμονα φωτοερμηνευτή, (ο οποίος μέσω των διαδικασιών της φτμ μπορεί να προσεγγίσει τις πληροφορίες τους και να τις αναλύσει κάτω απ' την επιστημονική οπτική της ειδικότητάς του), οφείλεται στο ότι τα μάτια του είναι ευαίσθητα στο (πολύ μικρό) πεδίο του ορατού τμήματος του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκη κύματος  $\lambda=0,4\mu\text{m} - 0,7\mu\text{m}$ .

Κρίνεται σκόπιμο στη θέση αυτή να δώσουμε συνοπτικά τα βασικά στοιχεία τα σχετικά με την ΗΜΑ με τέτοιο τρόπο ώστε να αναδειχθεί η σημασία της στην φωτοερμηνεία και τηλεπισκόπηση του περιβάλλοντος, τόσο από τους ειδικούς επιστήμονες και μηχανικούς για ειδικές εφαρμογές, όσο και από διεπιστημονικές ομάδες για την έρευνα των πολυδιάστατων προβλημάτων της ανάπτυξης και του Περιβάλλοντος.

Στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η ενέργεια μεταφέρεται με τη διάδοση (propagation) διαταραχών (disturbances) στο ηλεκτρικό (E) και το μαγνητικό (M) πεδίο, τα οποία είναι πάντα κάθετα μεταξύ τους σε κάθε χρονική στιγμή και ποικίλουν στη φάση τους, στη μορφή κίνησης του κύματος κάθετης στη διεύθυνση της μετάδοσης του (Open University, Remote Sensing, Course book, London, 1989).





Σχήμα 4

Στο σχήμα 4: E είναι διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου και M η διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σ' ένα σημείο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κινείται κατά την διεύθυνση του άξονα z και τα κάθε στιγμή μεγέθη του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου φαίνονται στα επίπεδα xz και ψz αντίστοιχα.

Από την εγκύκλια φυσική μας γνωρίζουμε ότι:

- τα κύματα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ταξιδεύουν κατά τη διεύθυνση του άξονα z με την ταχύτητα του φωτός  $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$  (στο κενό)
- το διάστημα μεταξύ διαδοχικών κορυφών τους (είτε στο ηλεκτρικό ή στο μαγνητικό πεδίο) είναι το μήκος κύματος  $\lambda$  (σχήμα 4) και ότι
- ο αριθμός των κορυφών τους (είτε στο ηλεκτρικό ή στο μαγνητικό πεδίο) που διέρχονται από ένα σημείο ανά δευτερόλεπτο είναι η συχνότητα  $\nu$ .

Ισχύει συνεπώς η σχέση:

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (1)$$

Από την κβαντική θεωρία τώρα, γνωρίζουμε ότι για ορισμένα φαινόμενα είναι καλύτερα να θεωρήσουμε το φως και γενικότερα την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ότι συνίστανται από ένα ρεύμα σωματιδίων, των "quanta" ή φωτονίων κατά τον Max Planck και όχι κάτω απ' την οπτική της κυματικής.

Ένα φωτόνιο εκφράζει την ελάχιστη ποσότητα ενέργειας E που υπάρχει ή εκπέμπεται με τη μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ισχύει η σχέση:

$$E = h \cdot \nu \quad (2)$$

όπου h είναι η σταθερά του Planck ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ ) και συνεπώς με βάση την (1) η (2) μπορεί να γραφεί:

$$E = h \cdot c / \lambda \quad (3)$$

Το εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, του πεδίου μ' άλλα λόγια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μπορεί να ορισθεί,

- (α) σε όρους μήκους κύματος  $\lambda$ :  
 από μήκη κύματος  $\lambda \sim 10^{-6} \mu\text{m}$  (ακτίνες γ)  
 μέχρι μήκη κύματος  $\lambda \sim 10^9 \mu\text{m}$  (πολύ μεγάλου μήκους ραδιοκύματα)
- (β) σε όρους συχνότητας  $\nu$ :  
 από  $\nu \sim 10^{22} \text{ MHz}$  (ακτίνες γ)  
 μέχρι  $\nu \sim 10^2 \text{ MHz}$  (πολύ μεγάλου μήκους ραδιοκύματα, π.χ. Ζώνη P με  $\nu = 1000\text{-}300 \text{ MHz}$ )
- (γ) σε όρους επιμέρους πεδίων της ΗΜΑ, με ειδικά χαρακτηριστικά σε:  
 πεδίο ακτίνων γ (γ rays)  
 πεδίο ακτίνων x (x rays)

πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet)

πεδίο ορατού φωτός (visible light)

πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared)

πεδίο μικροκυμάτων (microwaves)

πεδίο ραδιοκυμάτων (radiowaves)

σύμφωνα με την συνήθη συμβατική σχετική ονοματολογία της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Στο σχήμα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αντιστοιχίες των πεδίων αυτών με τα μήκη κύματος, τις συχνότητές τους και τις μονάδες μήκους στις οποίες εκφράζονται τα λ κάθε πεδίου.

Μονάδες μηκών κύματος HMA

Μήκη κύματος HMA σε m

Συχνότητες HMA σε MHz

Σχήμα 5: Ονομασία και κατά προσέγγιση εύρος επιμέρους πεδίων της ΗΜΑ.

Από το συνολικό πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η φωτοερμηνεία και η τηλεπισκόπηση αξιοποιούν κυρίως την περιοχή με μήκη κύματος:  $100\text{nm} < \lambda < 1\text{m}$

για την καταγραφή "από μακρυνά" και την ανάλυση πληροφοριών για την φυσική και την κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα και το Περιβάλλον γενικότερα.  
 Στο σχήμα 6 που ακολουθεί παρουσιάζεται αναλυτικά η περιοχή αυτή με την διεθνή σχετική συμβατική ονοματολογία και τις ειδικότερες σχέσεις και αναφορές των επί μέρους τμημάτων της.

**Σχήμα 6:** (Πηγή: OPEN UNIVERSITY: Remote Sensing, 1989)

1 υπεριώδες	7 μικροκύματα
2 ορατό φως	8 ραδιοκύματα
3 ανακλώμενο υπέρυθρο	9 ζώνη K (radar)
4 θερμικό υπέρυθρο	10 πολύ εγγύς υπέρυθρο
5 μέσο υπέρυθρο	11 βραχέως μήκος κύματος υπέρυθρο
6 μακρό υπέρυθρο	12 εγγύς υπέρυθρο
	13 φωτογραφικό υπεριώδες
	14 φωτογραφικό υπέρυθρο

### 3.3 Βασικές έννοιες, μεγέθη και μονάδες μέτρησης της ΗΜΑ. Λέξεις κλειδιά

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως είδαμε ήδη αποτελεί την υλική βάση της Φωτοερμηνείας-Τηλεπισκόπησης, στο βαθμό που η συχνότητα ανίχνευσης, καταγραφής και μέτρησης της μορφής αυτής ενέργειας, (φυσικής ή τεχνητής) η οποία εγκαταλείπει (ανακλώμενη ή εκπεμπόμενη από) μια ενδιαφέρουσα επιφάνεια/περιοχή, προσδιορίζει και το μέγεθος, την ακρίβεια και την πληρότητα των πληροφοριών που μπορούμε από μακρυνά ν' αποκτήσουμε γι' αυτή προσεγγίζοντας και μελετώντας κατάλληλα βασικές φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητές της καθώς και τα "ίχνη" των πολυδιάστατων παρεμβάσεων του ανθρώπου στη γη και τα εδάφη, στη βλάστηση, στα νερά και το δομημένο περιβάλλον.

Ροή Ακτινοβολίας (Radiant flux): Είναι η ενέργεια που προσπίπτει σε (ή εκπέμπεται από / εγκαταλείπει) ένα σώμα με τη μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Δίνεται σε Watt από τον τύπο  $\Phi = dQ/dt$ , ένθα Q η ακτινοβολούμενη ενέργεια σε Joule (J) και t ο χρόνος.

Πυκνότητα Ροής Ακτινοβολίας (Radiant flux density): Είναι η ενέργεια που προσπίπτει σε (ή εκπέμπεται από / εγκαταλείπει) ένα σώμα με τη μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας. Εκφράζεται σε W (watt) ανά  $m^2$  δηλαδή σε  $Wm^{-2}$ .

Προσπίπτουσα Ακτινοβολία (Irradiance): Είναι η πυκνότητα ροής ακτινοβολίας (radiant flux density) που προσπίπτει σε μια επιφάνεια/περιοχή.

Δίνεται από τον τύπο  $E = d\Phi/dA$ , ένθα A η επιφάνεια σε  $m^2$  και εκφράζεται σε  $Wm^{-2}$ .

Ισχύς Εκπομπής Ακτινοβολίας (Radiant Exitance ή Emittance παλιότερα). Είναι η πυκνότητα ροής ακτινοβολίας που εγκαταλείπει μια επιφάνεια.

Δίνεται από τον τύπο  $M = d\Phi/dA$  και εκφράζεται σε  $Wm^{-2}$ .

Η Λαμβανόμενη από τον Δέκτη Ροή Ακτινοβολίας (Radiance): Είναι η πυκνότητα ροής (radiant flux density) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνειά του μετρούμενη σε στερεά γωνία. Αποτελεί μια από τις σημαντικότερες έννοιες της HMA για την τηλεπισκόπηση. Δίνεται από τον τύπο

$$L = d^2\Phi/d\Omega(dA\cos\Theta), \quad \text{ένθα } \Omega = A_s/r^2, \quad A_s \text{ η υποτεινόμενη επιφάνεια πάνω σε}$$

μια σφαίρα ακτίνας r μιας στερεάς γωνίας και  $\Theta$  η γωνία ως προς την κατακόρυφο του άξονα της στερεάς γωνίας της ροής ακτινοβολίας από μια επιφάνεια dA της προς απεικόνιση περιοχής προς τον δέκτη/σύστημα και εκφράζεται σε Watt ανά  $m^2$  ανά steradian. (Curran, P., 1986).

Στην τηλεπισκόπηση η έννοια της Λαμβανόμενης από τον Δέκτη Ροής Ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και ουσιαστική γιατί πρακτικά ποτέ δεν μας ενδιαφέρει (εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων) η πυκνότητα ροής ακτινοβολίας που εγκαταλείπει μια επιφάνεια προς όλες τις κατευθύνσεις, ενώ αντίθετα μας ενδιαφέρει η ανιχνευόμενη/καταγραφόμενη από ένα τηλεπισκοπικό δέκτη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από την συγκεκριμένη πεπερασμένη στερεά γωνία του κάθε φορά στιγμιαίου πεδίου όρασής του (Instantaneous field of view IFOV).

Μια έννοια σχετική (όχι αυστηρά επιστημονική) με την Λαμβανόμενη από τον Τηλεπισκοπικό Δέκτη/Σύστημα Ροή Ακτινοβολίας που την χρησιμοποιούμε αντί γι' αυτή συχνότατα στην καθημερινή πρακτική είναι η φωτεινότητα (brightness).

Ο άνθρωπος, ως ολοκληρωμένο έμβιο τηλεπισκοπικό σύστημα μπορεί ν' αντιληφθεί τόσο αμέσως, (παρατηρώντας κατακόρυφα ή κεκλιμένα π.χ. μια περιοχή της φυσικής γήινης επιφάνειας), όσο και εμμέσως, (παρατηρώντας μια αεροφωτογραφία ή μια άλλη τηλεπισκοπική απεικόνισή της) και να διακρίνει μια φωτεινότερη από μια λιγότερο φωτεινή επιφάνεια / εμφάνιση ακόμη κι αν δεν γνωρίζει τα ακριβή μεγέθη της Λαμβανόμενης από τον Δέκτη Ακτινοβολίας.

Ένταση της Ακτινοβολίας (Radiant Intensity): Είναι η συνολική ακτινοβολούμενη ενέργεια ανά στερεά γωνία μέτρησης.

Δίνεται από τον τύπο  $I = d\Phi/d\Omega$  και εκφράζεται σε Watt ανά steradian ( $Wsr^{-1}$ ).

Τόσο η Ένταση της Ακτινοβολίας, όσο και η Λαμβανόμενη από τον Δέκτη Ακτινοβολία αναφέρονται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία τον ευαισθητοποιεί σε μια συγκεκριμένη γωνία παρατήρησης. Έτσι κάτω από διαφορετικές γωνίες παρατήρησης είναι αυτονόητο ότι ακόμη και ίδια στοιχεία/χαρακτηριστικά/εμφανίσεις του Περιβάλλοντος μπορούν να έχουν διαφορετική τηλεπισκοπική απεικόνιση.

Επειδή η διαδικασία αλληλεπίδρασης κάθε στοιχείου, χαρακτηριστικού και εμφάνισης της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας με την ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαρτάται αυτονόητως από τα μεγέθη της προσπίπτουσας ακτινοβολίας αλλά και της θερμοκρασίας, οι έννοιες της ακτινοβολουμένης ενέργειας και της θερμικής εκπομπής δεν μπορούν να "καθορίσουν" με ασφάλεια τα χαρακτηριστικά της ταυτότητας και της κατάστασης ενός αντικειμένου με την ερμηνεία μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης στην οποία αυτό έχει καταγραφεί.

Έτσι πιο βασικές για την τηλεπισκόπηση του περιβάλλοντος είναι οι σχετικές έννοιες:

Ανακλαστικότητα (Reflectance)  
 Ικανότητα Μετάδοσης (Transmittance)  
 Ικανότητα Απορρόφησης (Absorbance)  
 Ικανότητα Εκπομπής (Emissivity).

Ανακλαστικότητα είναι ο λόγος της ανακλώμενης από ένα σώμα ροής ακτινοβολίας ως προς την προσπίπτουσα σ'αυτό και δίνεται από τον τύπο

$$R = \Phi_R / \Phi_I$$

Ικανότητα Μετάδοσης είναι ο λόγος της μεταδιδόμενης δια μέσου ενός σώματος ροή ακτινοβολίας ως προς την προσπίπτουσα σ'αυτό και δίνεται από τον τύπο

$$A = \Phi_T / \Phi_I$$

Ικανότητα Απορρόφησης είναι ο λόγος της απορροφόμενης από ένα σώμα ακτινοβολίας ως προς την προσπίπτουσα σ'αυτό και δίνεται από τον τύπο

$$A = \Phi_A / \Phi_I$$

Ικανότητα Εκπομπής είναι ο λόγος της εκπεμπόμενης ροής ακτινοβολίας από ένα σώμα ως προς την εκπεμπόμενη από ένα μέλαν σώμα (μ.σ.) της αυτής θερμοκρασίας και δίνεται από τον τύπο

$$E = M / M_{\mu.σ.}$$

Στο βαθμό που ένας τηλεπισκοπικός/δέκτης/σύστημα διευρύνει την δυνατότητα του ανθρώπου να παρατηρεί, να διερευνά, να μελετά και να παρακολουθεί στοιχεία, χαρακτηριστικά και εμφανίσεις του περιβάλλοντος, (καθώς και τις μεταβολές της κατάστασης, της συμπεριφοράς και της ποιότητας τους δια μέσου του χρόνου), τα οποία σχετίζονται αμέσως με συγκεκριμένες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητές τους, είναι χρήσιμο να ανάγουμε τις παραπάνω έννοιες και στις επιμέρους φασματικές περιοχές, τόσο του ορατού φωτός, όσο και του υπόλοιπου τμήματος του φάσματος της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας το οποίο αξιοποιούν οι τηλεπισκοπικές μέθοδοι και τεχνικές.

Έτσι θα πρέπει ν' αναφερθούμε και στις έννοιες:

της Φασματικής Ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας,  
 της Φασματικής Ανακλαστικότητας ενός υλικού,  
 της Φασματικής Ικανότητας Μετάδοσης  
 της Φασματικής Ικανότητας Απορρόφησης και  
 της Φασματικής Ικανότητας Εκπομπής

ειδικολογώντας ως παράδειγμα μόνον αυτή της Φασματικής Ανακλαστικότητας.

Φασματική Ανακλαστικότητα λοιπόν μιας επιφάνειας (Spectral Reflectance):

Είναι ο λόγος της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από μια επιφάνεια ως προς την προσπίπτουσα πάνω σ' αυτή και αφορά σε ιδιότητα της συγκεκριμένης επιφάνειας, σ'ένα συγκεκριμένο περιορισμένο εύρος μηκών κύματος της ΗΜΑ.

Φασματική Ανακλαστικότητα ενός υλικού (Spectral Reflectivity): Είναι ο λόγος της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από την επιφάνεια ενός συγκεκριμένου υλικού ως προς την προσπίπτουσα πάνω σ' αυτή και αφορά σε ιδιότητα του συγκεκριμένου υλικού, σ'ένα συγκεκριμένο περιορισμένο εύρος μηκών κύματος της ΗΜΑ.

Αν θυμηθούμε την βασική για την τηλεπισκόπηση έννοια της λαμβανόμενης από τον δέκτη ακτινοβολίας (Radiance) σύμφωνα με το σχήμα 7, η γωνία  $\theta$  παίζει επίσης σημαντικό ρόλο και στο μέγεθος της φασματικής ανακλαστικότητας.

#### Σχήμα 7. Λαμβανόμενη από τον Δέκτη ΗΜΑ

Ανάλογες χρήσιμες έννοιες για την διεπιστημονική φωτοερμηνεία και τηλεπισκόπηση του Περιβάλλοντος είναι και οι παρακάτω :

Φασματική Ισχύς Εκπομπής (Spectral Radiant Exitance):

Δίνεται από τον τύπο  $M_\lambda = dM/d\lambda$  (ανάλογη της φασματικής ανακλαστικότητας) και εκφράζεται σε  $Wm^{-2}\mu m^{-1}$  (εκπομπή ΗΜΑ).

Φασματική Προσπίπτουσα Ακτινοβολία (Spectral Irradiance):

Δίνεται από τον τύπο  $E_\lambda = dE/d\lambda$  και εκφράζεται σε  $Wm^{-2}\mu m^{-1}$  (πρόσπτωση ΗΜΑ).

Φασματική Λαμβανόμενη από τον Δέκτη Ακτινοβολία (Spectral Radiance):

Δίνεται από τον τύπο  $L_\lambda = dL/d\lambda$  και εκφράζεται σε  $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ .

Στο σχήμα 8 που ακολουθεί φαίνεται η Φασματική Ισχύς Εκπομπής (Spectral Radiant Exitance) μιας επιφάνειας η οποία αποτελεί τέλειο πομπό θερμικής ακτινοβολίας σε διαφορετικές θερμοκρασίες και μήκη κύματος (Πηγή: Open University, 1989).

Φασματική Ισχύς Εκπομπής

Θερμοκρασία ήλιου

Θερμοκρασία λάμπας πυράκτωσης

Θερμοκρασία Φ.Γ.Ε.

μήκος κύματος σε  $\mu\text{m}$

Σχήμα 8: Φασματική Ισχύς Εκπομπής.

Βασική έννοια όμως για την καλύτερη κατανόηση της ειδικότερης λειτουργίας και των δυνατοτήτων φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης του Περιβάλλοντος στην περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι η έννοια της Θερμικής Ταλάντωσης.

Θερμική Ταλάντωση (Thermal Vibration): Είναι η ταλάντωση των ατόμων και των μορίων ενός σώματος η οποία προκύπτει ως συνέπεια της θερμοκρασίας τους. Μέσω της θερμικής ταλάντωσης των ατόμων και των μορίων (τα οποία περιέχουν κινούμενα ηλεκτρικά φορτία) και κυρίως λόγω αυτής παράγεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (θερμική εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας).

Επειδή η δονητική κίνηση (vibrational motion) των ατόμων και των μορίων είναι ανάλογη της θερμοκρασίας τους ένα άτομο με μηδενική δονητική κίνηση θα πρέπει να έχει τη θερμοκρασία του απολύτου μηδενός ( $-273^{\circ}\text{C}$ ).

Οι θερμικές ταλαντώσεις προκαλούν τη μεταβολή των ηλεκτρικών και των μαγνητικών πεδίων και συνεπώς κάθε σώμα εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία τα "μεγέθη" της οποίας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του.

Το μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας οφείλεται συνεπώς στις τυχαίες ατομικές και μοριακές ταλαντώσεις ως συνέπεια της θερμοκρασίας τους. (Open University, 1989).

Έτσι οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις που παράγονται από την ευαισθητοποίηση του κατάλληλου τηλεπισκοπικού δέκτη στην περιοχή του υπέρυθρου μπορούν να καταγράψουν διαφοροποιημένες τις συνέπειες, ή αυτή καθ' εαυτή την έκφραση φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών της κατάστασης της φυσικής γήινης επιφάνειας, τόσο με βάση τις δυνατότητες ανάκλασης (ανακλώμενη υπέρυθρη ΗΜΑ) όσο και με εκείνες της θερμικής εκπομπής (θερμική υπέρυθρη ΗΜΑ).

Για να ολοκληρώσουμε μια πρώτη σε ικανοποιητικό βαθμό ανάλυση των βασικών για την φωτοερμηνεία-τηλεπισκόπηση του Περιβάλλοντος εννοιών οι οποίες αναφέρονται στη δομή και λειτουργία των τηλεπισκοπικών δεκτών/συστημάτων (σχήματα 1,2,3) που αξιοποιούν την αλληλεπίδραση της ΗΜΑ με τα προς έρευνα αντικείμενα (σώματα, στοιχεία, χαρακτηριστικά) και φαινόμενα (συμβάντα, γεγονότα) θα πρέπει ν' αναφερθούμε λίγο περισσότερο και στην διαδικασία μετάδοσής της δια μέσου της Ατμόσφαιρας τόσο κατά την φάση πρόσπτωσής της π.χ. στη Φ.Γ.Ε. όσο και κατά την εκπομπή ή ανάκλασή της απ' αυτήν.

Το σχήμα 9 που ακολουθεί (πηγή: Open University, 1989) παρουσιάζει αλλά και ερμηνεύει τις δυνατότητες αλλά και τους περιορισμούς της φωτοερμηνευτικής/ τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας στην διερεύνηση των προβλημάτων του Περιβάλλοντος.



Σχήμα 9. Φασματική Ικανότητα Μετάδοσης της ΗΜΑ

Ο άξονας των  $\psi$  απεικονίζει την μετάδοση (επί τοις εκατό) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατακορύφως δια μέσου της ατμόσφαιρας της γης

(α) στα πεδία της υπεριώδους, ορατής, ανακλώμενης υπέρυθρης και θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας και

(β) στο πεδίο των μικροκυμάτων.

Σημειώνονται οι περιοχές της μείζονος απορρόφησης και οι αιτίες τους ( $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ) καθώς επίσης και τα ατμοσφαιρικά παράθυρα της καλύτερης μετάδοσής της. (Ο άξονας των  $x$  - μήκη κύματος της Η.Μ.Α. - σε λογαριθμική κλίμακα)

Πεδία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας:

1: υπεριώδεις, 2: ορατού φωτός, 3: ανακλώμενου υπέρυθρου,

4: θερμικού υπέρυθρου, 5: μικροκυμάτων

Στο πεδίο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από 30 $\mu$ m έως 0,3mm υπάρχει πλήρης απορρόφησή της από την ατμόσφαιρα η οποία είναι πλήρως αδιαφανής για αυτά τα μήκη κύματος και συνεπώς δεν επιτρέπει τηλεπισκοπικές εφαρμογές.

Τέλος οι "απώλειες" της προσπίπτουσας ΗΜΑ στο μονοπάτι μετάδοσής της δια μέσου της Ατμόσφαιρας και η σχέση τους με τις φασματικές περιοχές/ζώνες περιορισμένου εύρους μηκών κυμάτων παρουσιάζονται στο σχήμα 10 (Πηγή: Open University, 1989) όπου:

- (α) η καμπύλη της Φασματικής Προσπίπτουσας Ηλιακής Ακτινοβολίας (ΦΠΗΑ) έξω και πάνω από την Ατμόσφαιρα και
- (β) η καμπύλη της ΦΠΗΑ στο επίπεδο της Θάλασσας

Φασματική Προσπίπτουσα Ηλιακή  
Ακτινοβολία (Solar Spectral Irradiance)  
σε  $\text{KWm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$

μήκος κύματος σε  $\mu\text{m}$

Σχήμα 10. Φασματική Προσπίπτουσα Ηλιακή Ακτινοβολία (Solar Spectral Ir radiance)

(α) έξω από την ατμόσφαιρα και (β) στο επίπεδο της θάλασσας

Οι τηλεπισκοπικές δυνατότητες ειδικότερα στα πεδία του θερμικού υπέρυθρου και των μικροκυμάτων για την διεπιστημονική έρευνα και μελέτη των προβλημάτων του περιβάλλοντος σχετίζονται αμέσως με αντίστοιχες ιδιότητες των υλικών που συγκροτούν την Φυσική Γήινη Επιφάνεια στην συγκεκριμένη κάθε φορά ισορροπία της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας σε μια περιοχή. Έτσι για θέματα που αναφέρονται στη Γη και τα Εδάφη, τις Υδάτινες Μάζες, τη Βλάστηση και το Δομημένο Περιβάλλον οι θερμικές ιδιότητες:

- της Θερμικής Χωρητικότητας
- της Θερμικής Ικανότητας Διάχυσης
- της Θερμικής Αγωγιμότητας και
- της Θερμικής Αδράνειας των σωμάτων

καθώς και οι ιδιότητες των σωμάτων οι οποίες σχετίζονται με τα μεγέθη "απόκρισής" τους στην τεχνητή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των μικροκυμάτων όπως

- ο συντελεστής σκέδασης (ο λόγος της πραγματικά επιστρέφουσας σ' ένα ραντάρ ακτινοβολίας ως προς την επιφάνεια του σώματος που δέχθηκε αυτή την ακτινοβολία) και
  - η παράμετρος επιστροφής (ο λόγος της πραγματικά επιστρέφουσας σ' ένα ραντάρ ακτινοβολίας ως προς την επιφάνεια της δέσμης του),
- επηρεάζουν τις αντίστοιχες τηλεπισκοπικές απεικονίσεις και συνεπώς η διεξοδική διερεύνησή τους κάτω από την ειδικότερη επιστημονική οπτική του κάθε μέλους της

διεπιστημονικής ομάδας παρατήρησης, μελέτης και παρακολούθησης του περιβάλλοντος, μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά στην ανάλυση και ερμηνεία τους.

#### **3.4. Η διεπιστημονικότητα στην φωτοερμηνεία-τηλεπισκόπηση του Περιβάλλοντος**

Από την ανάλυση η οποία προηγήθηκε γίνονται φανερές οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις της ΗΜΑ - φυσικής και τεχνητής - με την Ατμόσφαιρα και την Φυσική Γήινη Επιφάνεια, όπως αυτές, ως "ολότητες" στοιχείων, διαδικασιών, διεργασιών και φαινομένων τα οποία αναφέρονται στα Εδάφη, τις Υδάτινες μάζες, τη Βλάστηση και το Δομημένο Περιβάλλον, ισορροπούν, μεταβάλλονται και/ή διαταράσσονται βίαια στις συγκεκριμένες κάθε φορά συνθήκες της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας.

Ο διαφορετικός τρόπος με τον οποίον καταγράφονται από τους τηλεπισκοπικούς δέκτες/συστήματα, οι εντάσεις της ανακλώμενης, της εκπεμπόμενης και/ή της επιστρέφουσας ΗΜΑ από τα διάφορα σώματα (και τις ειδικότερες "ποιότητες" και "καταστάσεις" τους):

- (α) στα κανάλια διαφόρων μηκών κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας,
- (β) στις διάφορες περιοχές του φάσματος,
- (γ) στις διαφορετικές ώρες της ημέρας (και της νύχτας όπου αυτό γίνεται), εποχές και χρονολογίες λήψης των εικόνων,
- (δ) με διαφορετικών αποκλίσεων από την κατακόρυφο λήψεις,
- (ε) με διαφορετικών διευθύνσεων άξονες πτήσης και σάρωσης,
- (στ) σε περιοχές με διάφορα γεωγραφικά πλάτη και μήκη,
- (ζ) σε διαφορετικές συνθήκες πόλωσης της ΗΜΑ κ.λ.π.

έχει άμεση ή έμμεση σχέση με μια σειρά "ομοιοτήτες" και "διαφορετικότητες" οι οποίες και χαρακτηρίζουν την κατάσταση, την ποιότητα και τις τάσεις μεταβολής του Φυσικού και Δομημένου Περιβάλλοντος όπως π.χ.:

- (α) Οι χρήσεις γης μιας περιοχής και οι σταδιακές/βίαιες/αυθαίρετες μεταβολές τους,
- (β) Η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία,
- (γ) Η περιεχόμενη στη βλάστηση υγρασία,
- (δ) Η υγεία του φυλλώματος δασών,
- (ε) Η επιφανειακή τραχύτητα του εδάφους,
- (στ) Η περιεκτικότητα και η κίνηση υδάτινων μαζών,
- (ζ) Οι θερμικές ανωμαλίες εδαφών, υδάτινων μαζών και φυσικών αποδεκτών, κ.λ.π.,
- (η) Οι συνέπειες μιας δασικής πυρκαϊάς,
- (θ) Η σχέση και αλληλεπίδραση ξηράς-θάλασσας στην ακτογραμμή,
- (ι) Η υποβάθμιση των εδαφών (διάβρωση, αποσάθρωση, αποθέσεις),
- (κ) Η απόρριψη ρυπαντών στους υδάτινους αποδέκτες (θερμικά και βιολογικά απόβλητα, πετρελαιοκηλίδες κ.λ.π.),
- (λ) Οι συνέπειες ενός σεισμού, της έκρηξης ενός ηφαιστείου, των πλημμυρών κ.λ.π. φυσικών αλλά και τεχνητών καταστροφών,
- (μ) Η διαφορετική περιεκτικότητα της Ατμόσφαιρας σε σώματα, αέρια και aerosols κ.λ.π.

Τα βασικά κριτήρια και τα αντίστοιχα εργαλεία στα χέρια των μελών της διεπιστημονικής ομάδας μπορούν να αναχθούν στην βέλτιστη δυνατή κατανόηση π.χ. της σχέσης της Ανακλαστικότητας, της Ικανότητας Απορρόφησης και της Ικανότητας Μετάδοσης της ΗΜΑ από ένα σώμα, σε διαφορετικά μήκη κύματος ανάλογα με τις παραμέτρους οι οποίες τις ελέγχουν σε μια φυσική, χημική ή βιολογική λειτουργία/διεργασία.

Έτσι π.χ. η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, (χαρακτηριστική της υγείας της βλάστησης και συνεπώς και της ποιότητας του περιβάλλοντος και όχι μόνο), μπορεί να

αξιολογηθεί από τους ειδικούς επιστήμονες οι οποίοι γνωρίζουν ότι οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις:

- (α) στο ορατό τμήμα της ΗΜΑ ( $\lambda=0,4-0,7\mu\text{m}$ ), παρουσιάζουν (λόγω της χρωστικής του φύλλου) μικρή Ανακλαστικότητα και Ικανότητα Μετάδοσής της και μεγάλη Ικανότητα Απορρόφησης,
- (β) στο εγγύς υπέρυθρο ( $\lambda=0,7-1,3\mu\text{m}$ ), παρουσιάζουν (λόγω της φυσιολογικής δομής του φύλλου) σχετικά μεγάλη Ανακλαστικότητα, σχετικά μικρή Ικανότητα Μετάδοσης και μικρή Ικανότητα Απορρόφησης της ΗΜΑ, και
- (γ) στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου και του μέσου υπέρυθρου ( $\lambda=0,9-2,6\mu\text{m}$ ), παρουσιάζουν (λόγω της περιεχόμενης υγρασίας) σχετικά μικρή Ανακλαστικότητα, μικρή Ικανότητα Μετάδοσης και σχετικά μεγάλη Ικανότητα Απορρόφησης. (Jensen, J., 1983, Ρόκος, Δ., 1992).

Περισσότερα σχετικά, ο ενδιαφερόμενος μελετητής μπορεί να βρει στον P. Curran (1986) και στον Δ. Ρόκο (1981, 1988, 1992) αλλά και να διατυπώσει ο ίδιος τεκμηριωμένα στο πεδίο του, με βάση τα ειδικά επιστημονοτεχνικά μεθοδολογικά του εργαλεία, αξιοποιώντας την φιλοσοφία της Φωτοερμηνευτικής - Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας (Ρόκος Δ., 1988, 1992, 1993) και των Ολοκληρωμένων Αποδόσεων (Ρόκος Δ., 1981).

#### 4. Η συμβολή της Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης στην Περιβαλλοντική Παιδεία

Όπως φάνηκε από τα παραπάνω η Φωτοερμηνευτική/Τηλεπισκοπική Μεθοδολογία και οι αντίστοιχες τεχνικές λήψης, επεξεργασίας, ανάλυσης και ερμηνείας αναλογικών (φωτογραφικών) και ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, συγκροτούν σε αλληλεπίδραση με τους αντίστοιχους ειδικούς επιστήμονες, ένα ολοκληρωμένο σύστημα διεπιστημονικής προσέγγισης, παρατήρησης, παρακολούθησης, μελέτης και έρευνας, άρα ΓΝΩΣΗΣ, του "εξωτερικού κόσμου".

Αποτελούν μ' άλλα λόγια ένα πολυδύναμο εργαλείο συλλογής, ανάλυσης, εκτίμησης και αξιολόγησης πληθώρας ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών για το φυσικό και το δομημένο περιβάλλον, στην κάθε φορά δυναμική "αναπτυξιακή" τους ισορροπία, η οποία καθορίζεται και καθορίζει με τη σειρά της τις πολυδιάστατες σχέσεις, αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής, της πολιτικής και της πολιτιστικής πραγματικότητας.

Στο βαθμό που ο κάθε άνθρωπος με τις αισθήσεις (και κυρίως την όραση) και τη λογική του αποτελεί εκ γενετής και από μόνος του, ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο και βελτιούμενο αυτοτελές σύστημα:

- (α) "φωτογράφισης" του "εξωτερικού κόσμου", (με τα φυσικά του χρώματα, στις τρεις διαστάσεις του, από οποιαδήποτε θέση και με οποιαδήποτε κλίση του άξονα "φωτογράφισης", σε διάφορες χρονολογίες, εποχές, ημερομηνίες και ώρες κ.λ.π),
- (β) λογικής συσχέτισης των "στατικών" ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων και χαρακτηριστικών του, (του "εξωτερικού κόσμου"), με όλες τις προϋπάρχουσες προσλαμβάνουσες παραστάσεις, εμπειρίες, γνώσεις, ευαισθησίες και μνήμες του, αλλά και με νόμους και κανόνες ειδικών πεδίων της επιστήμης και τεχνικής στα οποία ενδεχομένως είναι (ή μπορεί να γίνει) ειδικός,
- (γ) συλλογής των αντίστοιχων πληροφοριών και
- (δ) λογικής εκτίμησης και στάθμισης της αξίας και της σημασίας των πληροφοριών αυτών για τη διερεύνηση και την απογραφή της κατάστασης και της ποιότητας του φυσικού και του κοινωνικοοικονομικού του περιβάλλοντος,

γίνεται εύκολα κατανοητό, ότι η πολυτιμότερη αυτή εγγενής ικανότητα, δεξιότητα και δυνατότητά του, η οποία θα τον συνοδεύει σ' όλη του τη ζωή, κατάλληλα αναπτυσσόμενη μέσα από το εκπαιδευτικό σύστημα σ' όλες τις βαθμίδες του αλλά και από την γενικότερη παιδεία και τον πολιτισμό που αυτή - υπό κανονικές συνθήκες - συνεπάγεται, μπορεί να τον εξοικειώσει καλύτερα κι αποτελεσματικότερα από οποιαδήποτε άλλη μαθησιακή διαδικασία με το περιβάλλον και τα προβλήματά του, με τις μεθόδους και τεχνικές έρευνας και παρακολούθησής του και με τις πολιτικές προστασίας του.

Έτσι θα μπορούσαμε βάσιμα να υποστηρίξουμε ότι η περιβαλλοντική εκπαίδευση μπορεί να δομηθεί με συνέχεια και συνέπεια σ' ολόκληρο το εκπαιδευτικό σύστημα πάνω στις βασικές γνώσεις των αρχών, των μεθόδων και των τεχνικών της Φωτοερμηνείας και της Τηλεπισκόπησης, όχι μόνο όπως αυτές και οι εφαρμογές τους αντικειμενικά υποβοηθούν υπάρχοντα σχετικά μαθήματα, (Φυσική, Χημεία, Γεωγραφία, Περιβάλλον, Ιστορία, Κοινωνιολογία, Οικονομία, Πληροφορική, Μαθηματικά, αλλά και υποβοηθούνται απ' αυτά), αλλά και στο πλαίσιο ενός νέου, αυτοτελούς μαθήματος ή αυτοτελούς κύκλου γνώσεων στο νηπιαγωγείο, στο δημοτικό, στο γυμνάσιο, στο λύκειο, στην μεταλυκειακή επαγγελματική και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Στη θέση αυτή θεωρώ σκόπιμη μια συστηματικότερη συνοπτική αναφορά σχετικών μου προτάσεων από το 1963 που με διάφορους τρόπους (δημοσιεύσεις, διαλέξεις, εισηγήσεις, πορίσματα συλλογικών επεξεργασιών, σεμινάρια και διδασκαλία), είδαν το φως της δημοσιότητας.

#### **4.1. Νηπιαγωγείο: "Βλέποντας και εξηγώντας όψεις του εξωτερικού κόσμου "με φωτογραφίες"**

Είναι γνωστό κι αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα και όχι μόνο, ότι οι προσλαμβάνουσες παραστάσεις των παιδιών από τη γέννησή τους ως την εισαγωγή τους στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι εξαιρετικά περισσότερες απ' όσες θ' αποκτηθούν στη διάρκεια όλης της υπόλοιπης ζωής τους συμπεριλαμβανομένων και όλων των βαθμίδων της παιδείας (για όσα απ' αυτά θα σπουδάσουν).

Μέσα στο πλαίσιο του σχεδιασμένου παιγνιδίου που ανοίγει τα παράθυρα της μαθησιακής διαδικασίας στα παιδιά του νηπιαγωγείου, ο δάσκαλος εφοδιασμένος με κατάλληλες σειρές φωτογραφιών και υπεύθυνες οδηγίες και κείμενα, τα εξοικειώνει:

- (α) με τις μορφές, τα σχήματα και τα μεγέθη γνωστών στοιχείων, εμφανίσεων και χαρακτηριστικών του "εξωτερικού κόσμου" όπως και από όπου τον βλέπουν και τον αντιλαμβάνονται τα παιδικά μάτια.

Τα ενδεικτικά δίπολα	παιδί-παιδιά, αγόρι-κορίτσι, παιδί-γονιός, γονιός-παππούς, πεδιάδα-λόφος, λόφος-βουνό, γλάστρα-κήπος, κήπος-
καλλιέργεια,	λουλούδι-δένδρο, δένδρο-
οπωρόνας/δάσος	νερό-βροχή, λίμνη-θάλασσα, δωμάτιο-σπίτι, μονοκατοικία-
πολυκατοικία,	χωριό-πόλη,

μπορούν να τεκμηριωθούν και να εξηγηθούν με φωτογραφίες αλλά και επισκέψεις όπου αυτό είναι δυνατό.

Ο δάσκαλος αυτενεργεί και επεκτείνει δημιουργικά το βασικό πακέτο του σχετικού επίσημου παιδαγωγικού εποπτικού υλικού.

- (β) με τις μεταβολές/εξελιξίσεις γνωστών στοιχείων εμφανίσεων και χαρακτηριστικών του εξωτερικού κόσμου" των παιδιών π.χ.:  
 νέος-μεγάλος, πρωί-μεσημέρι,  
 ηλιοφάνεια-νέφωση, φως-σκοτάδι,  
 βροχή-χιόνι, ξηρασία-υγρασία,  
 ζέστη-κρύο, θέρμανση-ψύξη,  
 σπόρος-φύτρα, φυτό με άνθη-φυτό με καρπούς
- (γ) με τα διάφορα φαινόμενα, συμβάντα και καταστάσεις του περιβάλλοντος που μπορεί ν' αντιληφθεί το παιδί π.χ.:  
 βροχή-πλημμύρα, αραιή-πυκνή κυκλοφορία,  
 μόνωση-συγκέντρωση, δουλειά-παιγνίδι,  
 κίνηση ανθρώπου-ακινησία, σεισμός/πυρκαϊά-καταστροφή,  
 ατομική-μαζική μετακίνηση, νηνεμία-τρικυμία,
- (δ) με διάφορες "ποιότητες" που μπορεί ν' αντιληφθεί το παιδί π.χ.:  
 χαρά-λύπη, γέλιο-κλάμα,  
 αραιή-πυκνή δόμηση, σπίτια-πόλη,  
 στενοί-φαρδιοί δρόμοι, γειτονιά χωρίς-γειτονιά με πάρκο,  
 καθαρή-βρώμικη λίμνη, ζωντανό-νεκρό δένδρο,

Ο δάσκαλος μπορεί να παρακινήσει τα παιδιά να "ψάξουν" και να βρουν στο σπίτι τους παραδειγματικές φωτογραφίες σχετικές με τα παραπάνω και να τις "δείξουν" στο παιγνίδι με τ' άλλα παιδιά, βρίσκοντας τις "όμοιες" και τις "διαφορετικές" απ' αυτές και ομαδοποιώντας τες με όσα από τα κριτήρια μπορούν να κατανοηθούν ή να κατανοούνται απ' αυτά όσο περνάει ο καιρός.

Ακόμη ο δάσκαλος μπορεί με εποπτικό μέσο μια φθηνή φωτογραφική μηχανή άμεσης εμφάνισης να παίζει με τα παιδιά αξιοποιώντας με ευρηματικότητα τα "όμοια" και τα "διαφορετικά" στοιχεία της καθημερινότητας του εξωτερικού χώρου / περιβάλλοντος όπως αυτά μπορούν να "παγιδευθούν" και ν' αποτυπωθούν φωτογραφικά τη στιγμή της εμφάνισής τους.

Τέλος ο δάσκαλος κάτω από προϋποθέσεις μπορεί να παίζει με τα παιδιά δείχνοντας τους πως φαίνεται το σχολείο τους και η γειτονιά τους από διαφορετικές αποστάσεις, από ψηλά ή από πλάγια, για ν' αρχίσουν να εξοικειώνονται στις "διαφορετικές" πολλές φορές όψεις της ίδιας πραγματικότητας και τις "αιτίες" τους.

#### 4.2. Δημοτικό: "Αναγνώριση Αεροφωτογραφιών".

Στο δημοτικό σχολείο με θεμέλιο την πολυτιμότετη υποδομή της προσχολικής, εντός κι εκτός νηπιαγωγείου, αγωγής, τα παιδιά, χρόνο με το χρόνο αυξάνουν τις γνώσεις τους για τον "εξωτερικό κόσμο" με τα διαρκώς και πιο ειδικά μαθήματα στα οποία προσεγγίζουν για πρώτη φορά τις πιο βασικές φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες και "συμπεριφορές" των στοιχείων, των χαρακτηριστικών και των εμφανίσεων του περιβάλλοντος.

Παράλληλα οξύνουν όλο και πιο πολύ την λογική τους, την κριτική και την μετρητική τους δυνατότητα, μαθαίνουν να παρατηρούν, να αναγνωρίζουν, να συσχετίζουν και να εκτιμούν αντικείμενα, ενότιες ομοίων και διαφορετικών αντικειμένων, αλλά και "ποσότητες" και "ποιότητες" γενικότερα.

Ο κατάλληλα ενημερωμένος δάσκαλος, ο επιφορτισμένος με τον κύκλο γνώσεων για την γνωριμία με τη Φωτοερμηνεία, την Τηλεπισκόπηση και το Περιβάλλον, (που θα πρέπει να είναι ο ίδιος για όλο το Δημοτικό), οργανώνει 6 εξάωρα (ένα για κάθε τάξη) μαθήματα τα οποία δομούνται με τον ίδιο τρόπο αλλά λειτουργούν

και αναπτύσσονται σε βάθος και έκταση αύξουσα απ' την πρώτη ως την έκτη τάξη, ανάλογα με τις μεγαλύτερες αντικειμενικά δυνατότητες των παιδιών.

Το πρώτο εξάωρο, (το εξάωρο της πρώτης τάξης), είναι μια συστηματικότερη οργάνωση των εννοιών, των παραδειγμάτων και του παιγνιδιού "Βλέποντας και εξηγώντας όψεις του "εξωτερικού κόσμου" με φωτογραφίες".

Το τελευταίο εξάωρο (το εξάωρο της έκτης τάξης), θα αναλυθεί παρακάτω, ενώ τα ενδιάμεσα εξάωρα, (της δεύτερης, τρίτης, τετάρτης και πέμπτης τάξης), με κατάλληλες παιδαγωγικές οδηγίες, κείμενα και εποπτικό υλικό, αξιοποιούνται από τον δάσκαλο για την μεθοδική και συστηματική μετάβαση από την δυνατότητα φωτογραφικής "αίσθησης" οικείων κυρίως μορφών και καταστάσεων του "εξωτερικού κόσμου" στην δυνατότητα "αναγνώρισης" των πιο απλών δομικών στοιχείων, χαρακτηριστικών και εμφανίσεων του περιβάλλοντος, των βασικών σχέσεων που τα συνδέουν και των μεταβολών τους οι οποίες συμβαίνουν ή τελούνται με την δραστηριότητα του ανθρώπου ή και χωρίς αυτήν, πάνω σε αεροφωτογραφίες και διαστημικές τηλεπισκοπικές λήψεις οικείων ή γνωστών περιοχών.

Στο τελευταίο εξάωρο, (το εξάωρο της έκτης τάξης), οι μαθητές σε συνεργασία με τον δάσκαλο θα πρέπει να μπορούν να αξιοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερα από τα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία:

- τόνος (διαβάθμιση του γκριζου, φωτεινότητα)/χρώμα,
- σχήμα,
- μέγεθος,
- γεωμετρική διάταξη/πρότυπο,
- υφή,
- σκιά,
- θέση - τοποθεσία,
- σχέση με το περιβάλλον,

για την αναγνώριση γνωστών αντικειμένων, ειδών, στοιχείων, χαρακτηριστικών και εμφανίσεων, από την απεικόνισή τους σε αεροφωτογραφίες.

Ο δάσκαλος επιχειρεί ακόμη να εισάγει τα παιδιά στις απλές έννοιες της στερεοσκοπικής όρασης, της ενδεικτικής / μέσης κλίμακας και των στοιχειωδών μετρήσεων αεροφωτογραφιών, οριοθετώντας και εξηγώντας ταυτόχρονα τους σχετικούς περιορισμούς.

Κάθε χρόνο ο δάσκαλος στο αντίστοιχο εξάωρο διερευνά παράλληλα και αξιοποιεί τις αυξημένες δυνατότητες των μαθητών όπως αυτές ανεκτίσονται λόγω τόσο της προόδου της μαθησιακής διαδικασίας σε σχετικά μαθήματα όσο και της διαδοχικά μεγαλύτερης ωριμότητάς τους.

#### **4.3. Γυμνάσιο: "Από την Αναγνώριση στην Ερμηνεία"**

Ο κύκλος γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος των τριών τάξεων του Γυμνασίου (τρία εξάωρα με διευθετημένες κατάλληλα τις ώρες σε κάθε τάξη σε αντιστοιχία και αρμονία με τα σχετικά μαθήματα (φυσική, χημεία, μαθηματικά, γεωλογία, γεωγραφία, κοσμογραφία κ.λ.π.), αποσκοπεί:

- (α) στην συστηματικότερη σε βάθος και έκταση ανέλιξη και ανωγή των αντίστοιχων γνώσεων του προσχολικού και του στοιχειώδους κύκλου σπουδών στα πεδία της Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος στο αντικειμενικά υψηλότερο διαδοχικά επίπεδο των τριών τάξεων του Γυμνασίου.
- (β) στην αναλυτικότερη (σχετικά) εξοικείωση των μαθητών:
  - με την (ενδεικτική) κλίμακα των αεροφωτογραφιών και τις απλές μετρήσεις πάνω σ' αυτές,
  - με τις βασικές έννοιες της προοπτικής αντιστοίχισης σημείων, γραμμών, επιπέδων (και χώρων υπό προϋποθέσεις),

- με τις εισαγωγικές έννοιες της προοπτικής εκτροπής λόγω ανάγλυφου, της διόφθαλμης στερεοσκοπικής όρασης και της παράλλαξης,
  - με την φωτογραφία, την φωτογράφιση, και τις εισαγωγικές έννοιες των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων σε σχέση με τη θεωρία: της φυσικής για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, της χημείας για τις φωτοχημικές αντιδράσεις και των μαθηματικών,
- (γ) στην εισαγωγή στη συστηματική συσχέτιση των ανθρώπινων, οικονομικών, κοινωνικών, παραγωγικών, αναπτυξιακών κ.λ.π. δραστηριοτήτων, επιλογών, στάσεων και συμπεριφορών με τις αναπόδραστες θετικές ή αρνητικές και άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και στη ζωή των ανθρώπων και του πλανήτη μας.
- (δ) στην εποπτική γνωριμία των μαθητών με τα μεγάλα προβλήματα του πλανήτη μας, όπως η αποψίλωση και αποδάσωση, η καταστροφή των δασών (από την όξινη βροχή, τις πυρκαϊές, την διάβρωση και την υπερβόσκηση), η υποβάθμιση των εδαφών, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η προοδευτική ελάττωση του στρώματος του όζοντος, η ερημοποίηση, η λειψυδρία, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ρύπανση των ποταμών, των λιμνών, των θαλασσών και των ωκεανών, τα σκουπίδια, η έλλειψη και η ανισοκατανομή των τροφών, η φτώχεια, η διαφορετική ποιότητα ζωής, παιδείας, υγείας και ανάπτυξης στις προηγμένες χώρες του βιομηχανικού βορρά και τις φτωχές χώρες του νότου κ.λ.π.
- (Ο στόχος αυτός του κύκλου γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος απαιτεί την πιο προσεκτική δυνατή προσέγγιση λόγω των αναπόδραστων εγγενών αναφορών και σχέσεων του με την πολιτική. Τόσο οι οδηγίες, όσο και το εποπτικό υλικό θα πρέπει να παρουσιάζουν με αντικειμενικότητα και συγκεκριμένα παραδείγματα απ' όλο τον κόσμο τα προβλήματα και τις αιτίες τους, αφήνοντας τους μαθητές ν' αποφασίσουν, όταν είναι ωριμότεροι γι' αυτό, πως θα τα αξιολογήσουν).
- (ε) παρουσίαση slides και διαφανειών αεροφωτογραφιών και ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (των διαστημικών προγραμμάτων περιβαλλοντικών εφαρμογών της τηλεπισκόπησης), χαρακτηριστικών περιοχών του πλανήτη γη στις οποίες παρατηρούνται (και παρακολουθούνται) σημαντικές περιβαλλοντικές μεταβολές και συζήτηση με τους μαθητές.

#### 4.4. Λύκειο, Τεχνική και Μεταλυκειακή Επαγγελματική Εκπαίδευση

4.4.1. Στα τρία εξάωρα του κύκλου γνώσεων φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση - Περιβάλλον του Λυκείου μετά από το πρώτο δίωρο στο οποίο γίνεται (α) μια συστηματική συζήτηση - επανάληψη - εμβάθυνση σε όσα προηγήθηκαν σχετικά στις προηγούμενες βαθμίδες για να τεκμηριωθεί η φωτοερμηνευτική - τηλεπισκοπική μεθοδολογία και (β) μια εξάσκηση στην τριδιάστατη παρατήρηση ζευγών αεροφωτογραφιών κάτω από απλά στερεοσκόπια οργανώνεται και εκτελείται ένα πρόγραμμα ασκήσεων:

- (α) απλής διερεύνησης, απογραφής και χαρτογράφησης πάνω σε κατάλληλες μεγεθύνσεις πρόσφατων αεροφωτογραφιών οικείας στους μαθητές περιοχής, των χαρακτηριστικών χρήσεων γης μετά από τους απαραίτητους επίγειους ελέγχους,



- (β) σύγκρισης των χρήσεων γης που διαπιστώθηκαν με την αναγνώριση/στοιχειώδη ερμηνεία των πρόσφατων αεροφωτογραφιών, με τις χρήσεις γης που θα επιχειρηθεί να ερμηνευθούν μετά από εξέταση παλαιότερων αεροφωτογραφιών της ίδιας περιοχής,
- (γ) αξιολόγησης των μεταβολών που θα διαπιστωθούν από την οπτική της εξέτασης των συνεπειών στο περιβάλλον.

4.4.2. Στην Τεχνική και την Μεταλυκειακή Επαγγελματική Εκπαίδευση, πέρα από τα τρία αυτά βασικά εξάωρα, και αναλόγως προς την κυρίως κατεύθυνση της εξειδίκευσης των μαθητών σχεδιάζονται τα καταλληλότερα αντίστοιχα προγράμματα, τα οποία μπορούν ν' αποτελέσουν και ένα ή και περισσότερα σχετικά αυτοτελή μαθήματα (π.χ. στοιχεία αναλογικής και ψηφιακής φωτοερμηνείας και επεξεργασίας εικόνων, εκμάθηση σχετικών λογισμικών πακέτων, εξάσκηση σε σχετικά όργανα/συστήματα κ.λ.π.).

4.4.3. Το καλοκαίρι μετά την τρίτη τάξη του Λυκείου και την ολοκλήρωση των γενικών εξετάσεων, οι Δήμοι και οι Κοινότητες στην περιοχή των οποίων εδρεύουν Λύκεια και Τεχνικές και Μεταλυκειακές Επαγγελματικές Σχολές, μετά από κατάλληλη οργάνωση, μπορούν ν' αξιοποιήσουν τις γνώσεις των αποφοίτων για να καταρτίσουν πρόχειρους - ενδεικτικούς χάρτες χρήσεων γης των εκτάσεών τους.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε κάτω από άλλες συνθήκες πριν από αρκετές δεκαετίες στην Βρετανία (Ρόκος, Δ. 1981) με εξαιρετικά θετικά αποτελέσματα. Οι εκτάσεις των Δήμων και Κοινοτήτων χωρίζονται σε περιοχές ευθύνης συγκεκριμένων σχολείων και οι απόφοιτοί τους υπό την καθοδήγηση των καθηγητών οι οποίοι ήταν υπεύθυνοι για τον κύκλο γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος, εφοδιασμένοι με αεροφωτογραφίες μεγεθύνσεις τους σε φωτοαντίγραφα και χάρτες του τομέα που θα ανατεθεί στον καθένα τους καταγράφουν μετά από επιτόπια εξέταση την συγκεκριμένη χρήση κάθε Μοναδιαίας Ιδιοκτησίας/Χρήσης/Εκμετάλλευσης Γης (ΜΙΧΕΓ). Οι απόφοιτοι αμείβονται και η χρηματοδότηση μπορεί να εξασφαλισθεί τόσο από εθνικούς όσο και από κοινοτικούς πόρους.

Συνοψίζοντας θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι η εφαρμογή των κύκλων γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος με συνέπεια και συνέχεια από την προσχολική ως την επαγγελματική εκπαίδευση πέρα από αυτά καθ' εαυτά τα θετικά της αποτελέσματα στην συγκρότηση του μαθητικού πληθυσμού της χώρας,

- (α) μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην συστηματική δημιουργία υπεύθυνων και ευαίσθητων πολιτών και εργαζομένων με δυνατότητα κριτικής προσέγγισης των πολυδιάστατων προβλημάτων της ανάπτυξης και του περιβάλλοντος στην κρισιμότερη γι' αυτό ηλικία και
- (β) εξασφαλίζει μια αξιόπιστη γνωστική υποδομή διεπιστημονικού χαρακτήρα για όσους θα συνεχίσουν περιβαλλοντικές, τεχνολογικές και παιδαγωγικές σπουδές και θα ενταχθούν στην παραγωγική διαδικασία με σαφή συνείδηση των συνεπειών των επιλογών και των επαγγελματικών γενικότερα δραστηριοτήτων τους.

Ουσιαστική προϋπόθεση για την βέλτιστη δυνατή συμβολή των κύκλων γνώσεων είναι η αντισυμβατική και ελκυστική δομή και λειτουργία τους έτσι ώστε να μη θεωρηθούν ποτέ ως ένα ακόμη υποχρεωτικό και γι' αυτό έως και αποκρουστικό ή αδιάφορο μάθημα.

Αυτό όμως αποτελεί ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον παιδαγωγικό διεπιστημονικό πρόβλημα το οποίο η πολιτεία όσο το δυνατόν πιο έγκαιρα, υπεύθυνα και ολοκληρωμένα θα πρέπει να αντιμετωπίσει.

#### 4.5. Τριτοβάθμια εκπαίδευση και ενδεικτικές προτάσεις αμέσων ενεργειών

Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση τα Πανεπιστήμια και τα Πολυτεχνεία στα αντίστοιχα τμήματά τους παρέχουν στοιχειώδη ως και ολοκληρωμένα προγράμματα μαθημάτων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος.

Μερικές ενδεικτικές γενικότερες προτάσεις για την καλύτερη δυνατή και πιο συστηματική συμβολή της Φωτοερμηνείας, Τηλεπισκόπησης στην Περιβαλλοντική Παιδεία ακολουθούν:

- (α) Για την προετοιμασία του διδακτικού προσωπικού της προσχολικής, της στοιχειώδους, της δευτεροβάθμιας και της μεταλυκειακής επαγγελματικής εκπαίδευσης που θα επιφορτισθεί με την διδασκαλία του κύκλου γνώσεων "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση - Περιβάλλον" (Φ.Τ.Π.) πραγματοποιούνται επιδοτούμενα από το Υπουργείο Παιδείας καλοκαιρινά σεμινάρια με ευθύνη των Εργαστηρίων Τηλεπισκόπησης των αντίστοιχων Πανεπιστημιακών Τμημάτων. Στα σεμινάρια αυτά θα πρέπει να συμμετέχει κάθε φορά τουλάχιστον ένας εκπαιδευτικός από κάθε νόμο της χώρας ο οποίος θ' αποτελέσει τον πυρήνα αντίστοιχων τοπικών πρωτοβουλιών.
- (β) Το Υπουργείο Παιδείας σε συνεργασία με τα Εργαστήρια αυτά και τα Πανεπιστημιακά Τμήματα Παιδαγωγικής και Περιβάλλοντος συγκροτεί Ειδική Διεπιστημονική Επιτροπή για την σύνταξη προδιαγραφών, για την κρίση και την επιλογή των κειμένων, των οδηγιών και του απαραίτητου εποπτικού υλικού των κύκλων γνώσεων "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση - Περιβάλλον" με τα οποία θα εφοδιαστούν αντίστοιχα οι εκπαιδευτικές μονάδες της χώρας.
- (γ) Μέχρι την ολοκλήρωση, με συστηματικό τρόπο και ανοιχτές, διαφανείς και αξιόπιστες, (επιστημονικά και παιδαγωγικά), διαδικασίες, της απαραίτητης υποδομής για την εισαγωγή σ' όλη τη χώρα με ενιαίο τρόπο και πρόγραμμα του κύκλου γνώσεων "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση - Περιβάλλον":
  1. Το Υπουργείο Παιδείας ενθαρρύνει κάθε ατομική πρωτοβουλία νηπιαγωγού, δασκάλου ή καθηγητή με ειδικές σχετικές σπουδές και/ή εμπειρία, να εισάγει στο πλαίσιο του σχετικού μαθήματός του τα σχετικά στοιχεία του κύκλου γνώσεων Φ.Τ.Π., (π.χ. Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία, στη Φυσική, ως βάση της Φωτοερμηνευτικής - Τηλεπισκοπικής Μεθοδολογίας κ.λ.π.) και να τα συσχετίσει με τις τεχνικές έρευνας και παρακολούθησης του Περιβάλλοντος.
  2. Τα Υπουργεία Παιδείας, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Βιομηχανίας, Έρευνας και Τεχνολογίας ενθαρρύνουν την συγγραφή βοηθητικών κειμένων και οδηγιών, και την προετοιμασία του κατάλληλου εποπτικού υλικού (σειρές αεροφωτογραφιών, διαστημικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, slides, διαφανειών κ.λ.π. χαρακτηριστικών προβλημάτων του περιβάλλοντος, των αιτίων, των συνεπειών τους και των μεθόδων και τεχνικών μελέτης, έρευνας, παρακολούθησης και αντιμετώπισής τους), για τον κύκλο γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης - Περιβάλλοντος κάθε εκπαιδευτικής βαθμίδας, σε συνάρτηση βέβαια με το επίπεδο, την εμπάθυνση και το εύρος που κάθε μια απ' αυτές επιτρέπει.

Σε κάθε περίπτωση, η εγκαίρως δυνατή, επιστημονικά έγκυρη και ταυτόχρονα ελκυστική και κατάλληλη παιδαγωγικά ευαισθητοποίηση του μαθητικού πληθυσμού γύρω από τα προβλήματα του Περιβάλλοντος, η συνειδητοποίηση των πολυδιάστατων επιπτώσεών τους αλλά και της ευθύνης των πολιτών, των επιχειρήσεων και του κράτους στην πρόληψη και/ή την αντιμετώπισή τους, θ' αποτελέσει θετική προϋπόθεση και υποδομή, τόσο για την καλύτερη δυνατή θεμελίωση του οριστικού σχετικού προγράμματος όταν αυτό συστηματικά διαμορφωθεί, όσο και για μια φιλικότερη προς το

περιβάλλον συμπεριφορά των αυριανών πολιτών, εργαζομένων, παραγωγών και δημιουργών.

3. Τα Πανεπιστήμια, οι επιστημονικοί, ερευνητικοί και κοινωνικοί φορείς και τα ερευνητικά κέντρα, οργανώνουν διεπιστημονικά σεμινάρια κατάρτισης εκπαιδευτικών στελεχών στους κύκλους γνώσεων Φωτοερμηνείας - Τηλεπισκόπησης και Περιβάλλοντος και επιτρέπουν αλλά και ενθαρρύνουν την παρακολούθηση των σχετικών μαθημάτων των αντίστοιχων πανεπιστημιακών τμημάτων και εργαστηρίων, από φοιτητές άλλων τμημάτων και ιδιαίτερα των παιδαγωγικών σχολών.

Οι παραπάνω προτάσεις αμέσων ενεργειών στοιχειοθετούν αυτονότητα μια ενδεικτική και μόνο σχετική κατεύθυνση και δεν φιλοδοξούν να εξαντλήσουν το θέμα.

Και αυτό, γιατί τούτο είναι από τη φύση του πολυδιάστατο, εξόχως πολυπαραμετρικό και δυναμικό, συνδέεται αμέσως με την πολιτική, την οικονομία, την κοινωνία, την παραγωγή, την ανάπτυξη και τον πολιτισμό γενικότερα και επιδέχεται ως αξιόπιστη επιστημονικά, μόνο την Ολοκληρωμένη/Ολιστική, Διεπιστημονική και συλλογική διαλεκτική του προσέγγιση (Ρόκος Δ., 1981, 1986, 1988, 1992).

## 5. Αναφορές και άλλη σχετική βιβλιογραφία

A.S.P.R.S.: "Global Natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21<sup>st</sup> Century", Proceedings, International Conference and Workshop, Venice, 24-30 September, 1989, A.S.P.R.S. Bethesda, 1990.

CNES: "Mathematical and physical principles of Remote Sensing", Notes on the lectures, Summer Scholl of Space Physics, Strasbourg 18.8-15.9.1978, Centre National d' Etudes Spatiales, Toulouse, 1978.

Cracknell, A., Hayes, L., and Wei Gen, H. (Editors): Remote Sensing Yearbook 1990", Taylor and Francis, London, 1990.

Curran, P.: "Principles of Remote Sensing", Longman Scientific and Technical, Hong Kong, 1986.

Eos: "Earth Observing System", Scientific Documents and Reports 1988-1991.

Jensen, J.: Biophysical Remote Sensing", Annals of the Association of American Geographers, 73, 1983.

Open University: "Remote Sensing", Open University, London, 1989.

Restelli G.: Editorial, CEC Environmental Research Newsletter, No 9, June, JRC Ispra, 1992.

Ρόκος, Δ., : "Φυσικά Διαθέσιμα και Ολοκληρωμένες Αποδόσεις." Εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1981. (ανατύπωση 1985 και 1989), (σελ. 304). (α)

Ρόκος, Δ., : "Τηλεπισκόπηση: Ένα μεθοδολογικό εργαλείο παρακολούθησης του περιβάλλοντος." Πρακτικά, Επιστημονικό Δήμερο "Η Προστασία του Περιβάλλοντος" Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1988.

Rokos, D., : "Cybernetics and remote sensing methodology." A dialectic interdisciplinary and integrated approach." Archives XVI International Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 27, Part B7, Commission VII, pp.460-469. I.S.P.R.S., Kyoto, 1988.

Ρόκος, Δ., : "Τηλεπισκόπηση: Ένα μεθοδολογικό εργαλείο παρακολούθησης του περιβάλλοντος." Πρακτικά, Επιστημονικό Δήμερο "Η Προστασία του Περιβάλλοντος" Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1988.

Ρόκος, Δ., : "Η αντικειμενικοποίηση σημαντικών λειτουργιών του κράτους. Αρχές, Μέθοδοι, Μέσα και Πρακτικές." 1ο Επιστημονικό Συνέδριο, "Οι Λειτουργίες του

- Κράτους σε περίοδο κρίσης. Θεωρία και Ελληνική Εμπειρία" Ίδρυμα Σάκη Καράγιωργα Πάντειο Πανεπιστήμιο Πολιτικών και Κοινωνικών Επιστημών 4-6.10.1989, Αθήνα, 1989. Πρακτικά.
- Ρόκος, Δ., : "Το Σύστημα Ολοκληρωμένων Κτηματολογικών Πληροφοριών Γης. (Σ.Ο.Κ.Π.Γ.) Η Συμβολή της Τηλεπισκόπησης." Συνέδριο "Οι προοπτικές του Ελληνικού Κτηματολογίου" Ε.Μ.Π., Τ.Ε.Ε., Ο.Κ.Χ.Ε., Αθήνα, 1989. Πρακτικά.
- Ρόκος, Δ., : "Ο διαλεκτικός χαρακτήρας της ανάπτυξης. Ένα διεπιστημονικό μεθοδολογικό εργαλείο για την προσέγγισή της." Συνέδριο "Η διεπιστημονική προσέγγιση της Ανάπτυξης." Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1988, Επιστημονική Σκέψη, τ.44/1989, και Πρακτικά, Εκδ. Παπαζήση, Αθήνα 1990.
- Rokos, D., Despotakis V.: "The development of an Integrated Cadastral Land Information System for Greece", Colloque de Strasbourg, Novembre 1990, Societe Francaise de Photogrammetrie et Teledetection, Bulletin No 121.
- Ρόκος, Δ., : "Ο ρόλος του Σύγχρονου Διεπιστημονικού Τεχνικού Πανεπιστημίου", Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών, τ. 6, Αθήνα, Δεκέμβριος 1991,β.
- Ρόκος, Δ., : "Πόλεμος και Ειρήνη σήμερα. Συμβολή στην διεπιστημονική ανάλυση των αιτίων και των αποτελεσμάτων τους". Τρίτο Συνέδριο, Φιλοσοφική Σχολή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και Δήμος Χανίων, Χανιά 1991,α. (Πρακτικά υπό δημοσίευση).
- Ρόκος, Δ.,: "Επιστήμες και Περιβάλλον στα τέλη του Αιώνα. Προβλήματα και Προοπτικές". Δεύτερο Διαπανεπιστημιακό Διεπιστημονικό Συνέδριο: Επιστήμες και Περιβάλλον στα τέλη του Αιώνα. ΕΜΠ. Αθήνα 26,27,28/11/1992 (Πρακτικά υπό έκδοση).
- Ρόκος, Δ.,: "Κοινωνία, Τεχνολογία και Παραγωγή. Σχέσεις Αλληλεπιδράσεις και Αλληλοκαθορισμοί. Πολιτικές και Περιβαλλοντικές Διαστάσεις". Προσκεκλημένη εισήγηση. Συμπόσιο "Κοινωνία Σύγχρονη Τεχνολογία και Αναδιάρθρωση της Παραγωγής", Πολυτεχνείο Κρήτης, 1-4 Οκτωβρίου 1992, Πρακτικά, Χανιά, 1992.
- Ρόκος Δ.,: "Ευρωπαϊκή Ενοποίηση. Μια ολιστική προσέγγιση. Ενωσιολογικές Διασαφηνίσεις και Προϋποθέσεις Συνεργασίας και Ολοκλήρωσης". Προσκεκλημένη Εισήγηση, Επιστημονικό Συνέδριο "Ευρώπη, Ιδέες, Συλλογικές Νοοτροπίες και Πραγματικότητες", Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 24-28 Σεπτεμβρίου 1992, (Πρακτικά υπό έκδοση).
- Ρόκος, Δ., : "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση" Εκδόσεις Συμμετρία, (υπό έκδοση), Αθήνα 1993.
- Schumacher, E.,: "Small is beautiful", Abacus, London, 1986.
- Stutz B., : "Cleaning up", The Atlantic Monthly, October, 1990.
- The World Commission on Environment and Development: "Our Common Future", Oxford University Press, Oxford, 1987.