

ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΩΡΩΝ 1<sup>ΗΣ</sup> ΚΑΙ 2<sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΕΑΣ  
ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ερευνητικοί δορυφόροι της Γης (δορυφόροι ονίχνευσης των φυσικών διαθεσίμων της Γης) αρχικά με το όνομα ERTS (Earth Resources Technology Satellites) που είναι σήμερα γνωστοί ως LAND SATELLITES (LANDSAT)-1,-2,-3 (δορυφόροι 1<sup>ΗΣ</sup> γενεάς), τέθηκαν σε τροχιά γύρω από τη Γη, από τη NASA, τον Ιούλιο 1972, Ιανουάριο 1975 και Μάρτιο 1978 αντίστοιχα (σχ. 1).

Οι δορυφόροι LANDSAT-1 και LANDSAT-2 λειτούργησαν επιτυχώς μέχρι 6-1-78 και 27-7-83 αντίστοιχα και έδωσαν χιλιάδες δορυφορικές εικόνες που κατέγραψαν τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της Γης και που χρησιμοποιήθηκαν από εκατοντάδες επιστήμονες, κυρίως γεωεπιστήμονες, σ' όλο τον κόσμο.

Ο δορυφόρος LANDSAT-3 επίσης λειτούργησε με επιτυχία, εκτός από τη θερμική φασματική ζώνη (μπάντα) (10,4-12,6 μm), η οποία έποψε να λειτουργεί (λόγω έλλειψης τροφοδοσίας) λίγους μήνες μετά την εκτόξευσή του (σχ. 2).

Στην Ελλάδα, οι LANDSAT-1,-2,-3 αναφέρθηκαν για πρώτη φορά από τους Μυριάνθη και Χαλκιάδκη (1981).

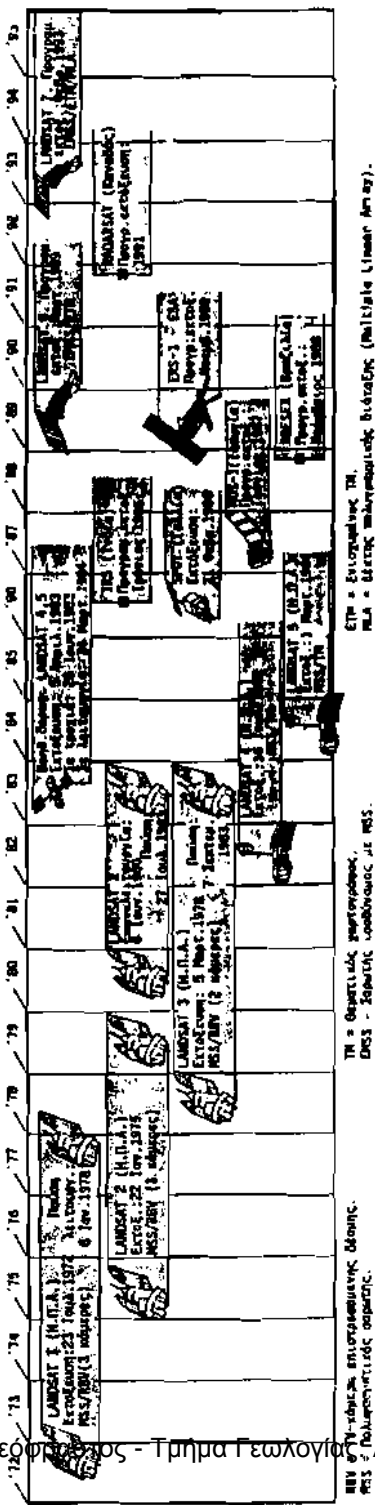
Στη δεκαετία του '80 σημειώθηκε ραγδαία εξέλιξη των δορυφόρων LANDSAT που οφείλεται στις εμπειρίες που αποκτήθηκαν μετά την επιτυχία των δορυφόρων 1<sup>ΗΣ</sup> γενεάς και άλλων διαστημοπλοίων, όπως είναι τα διαστημικά λεωφορεία (space shuttles). Οι εμπειρίες αυτές βοήθησαν τους ερευνητές της NASA να βελτιώσουν τα συστήματα "καταγραφής" ή "απεικόνισης" δεδομένων (απεικονιστές: imaging sensors) που τοποθετήθηκαν στους δορυφόρους 2<sup>ΗΣ</sup> γενεάς, όπως είναι οι δορυφόροι LANDSAT-4,-5 των ΗΠΑ και ο γαλλικός δορυφόρος SPOT. Επίσης βρήκαν στη βελτίωση των μέσων (πλατφόρμες κ.λπ.) εκτόξευσης των δορυφόρων LANDSAT, που οδήγησαν φυσικά και στη μείωση του κόστους εκτόξευσής τους.

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ 1<sup>ΗΣ</sup> ΓΕΝΕΑΣ

Οι δορυφόροι LANDSAT 1<sup>ΗΣ</sup> γενεάς περιτρέπονταν σε σύγχρονη με τον Ήλιο, σχεδόν πολική τροχιά, ύψους 919 Km και κατέγραφαν κάθε σημεία της επιφάνειας της Γης που βρίσκονταν μεταξύ του 82° Βορείου και 82° Νοτίου παραλλήλου σε 18 ημέρες. Κάθε 9 ημέρες, όταν πάρουμε υπόψη μας τη σύγχρονη περιτροπή δυο δορυφόρων LANDSAT 1<sup>ΗΣ</sup> γενεάς που περιτρέπονταν γύρω από τη Γη με διαφορά φάσης 180°.

THE USE OF THE FIRST AND SECOND GENERATION UNMANNED EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITES TO GEOSCIENCES - EXAMPLES FROM GREECE.

Δρ. Θεόδωρος Αστάρης. Επίκουρος Καθηγητής Γεωλογικού Τμήματος του Α.Π.Θ. Τομέας Γεωλογίας-Φυσικής Γεωγραφίας. Ειδικότητα: Φυσική Γεωγραφία, Προστασία του Περιβάλλοντος & Τηλεπισκόπηση. Αθήνα, 1981. Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

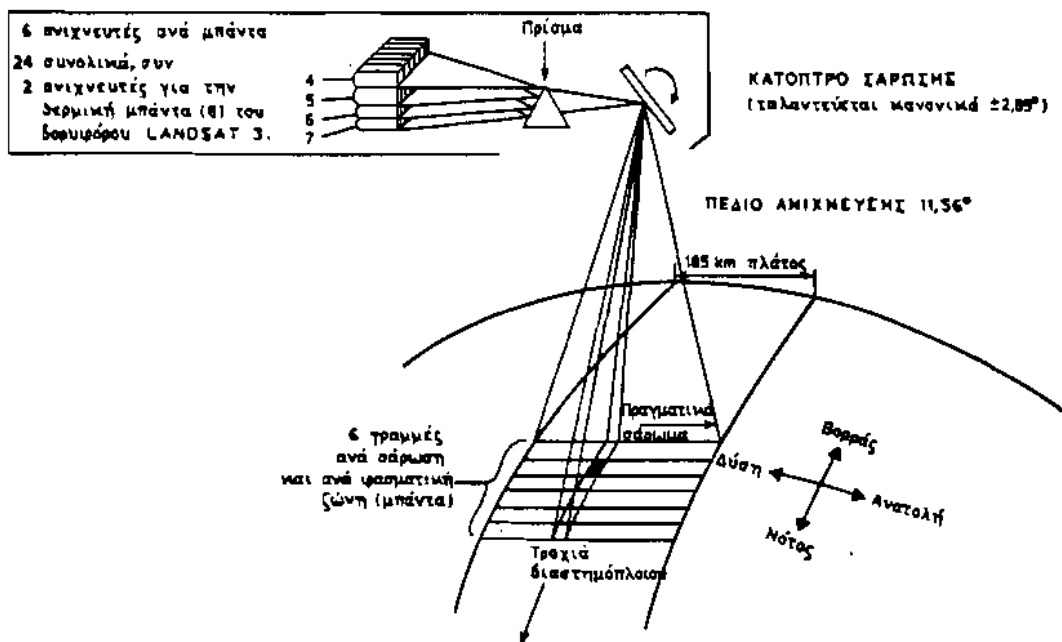


Σχ. 1. Δορυφόροι της σειράς LANDSAT (1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> γενιάς: LANDSAT 1-5). Άλλες μελλοντικές-βελτιωμένες πτήσεις δορυφόρων των ΗΠΑ (3<sup>η</sup> γενιά: LANDSAT-6,-7) και άλλων χωρών ή οργανισμών. (Από: LANDSAT DATA USERS NOTES, No 35, 1986).

Σε κάθε τροχιά του δορυφόρου σαρώνονταν ζώνη πλάτους 185 Km X 185 Km (115 miles). Έτσι οι δορυφόροι "έδωσαν" εικόνες (scenes) διαστάσεων 185 Km X 185 Km με πλάγια επικάλυψη (εικόνων) σε δυο διπλανές τροχιές στον Ισημερινό 14%, στον 20° παράλληλο 19%, στον 40° παράλληλο 34% και στον 80° παράλληλο 85%. Η επικάλυψη των εικόνων κατά τη φορά κίνησης του δορυφόρου ήταν 10%.

Οι LANDSAT-1,-2 μετέφεραν τα εξής δυο συστήματα σπεικάνησης που κατέγραφαν τα διάφορα χαρακτηριστικά του αναγλύφου της Γης και τα φαινόμενα που συμβαίνουν πάνω σ' αυτό: 1) Ένα πολυφασματικό σαρωτή M.S.S. (Multispectral Scanning System) (σχ. 2) και 2) Τρεις κάμερες τηλεράσεως τύπου R.B.V. (κόμερες επιστροφόμενης δέσμης: Return Beam Vidicon cameras). Επίσης οι LANDSAT μετέφεραν και τα τηλεμετρικά συστήματα μετάδοσης των δεδομένων στους επίγειους σταθμούς λήψης (δεδομένων) LANDSAT (βλ. Μυριάνθης και Χαλκιάδακης, 1981).

Ο πολυφασματικός σαρωτής-MSS ήταν ένα ραδιόμετρο τεσσάρων φασματικών ζωνών (μπάντες/κανάλια), τα οποία σάρωναν τη γήινη επιφάνεια και κατέγραφαν την ένταση της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας (πράσινη, κόκκινη και δυο κοντινές υπέρυθρες ζώνες, από 0,5 μm μέχρι 1,1 μm). Οι σαρωτές M.S.S. έδωσαν εικόνες που παρουσιάζουν "χωρική διακριτική ικανότητα" (spatial resolution) 79 m X 79 m (0,1 εκτάριο). Η "στιγμιαία παρατηρούμενη επιφάνεια" της Γης (IFOV: Instant Field Of View) των 79 m X 79 m, που μπορεί να αναγνωρισθεί (καταγραφεί) από τους δέκτες (π.χ. σαρωτές M.S.S.) των δορυφόρων, καλείται "στοιχείο εικόνας" (pixel: Picture element). Επομένως κάθε "στοιχείο εικόνας"



Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωγραφίας Α.Π.Θ. Εικόνας (pixel)

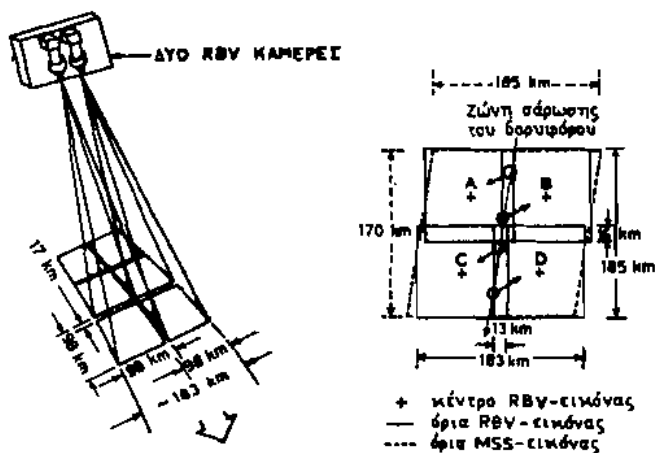
Σχ. 2. Διάγραμμα που δείχνει την τρόπο λειτουργίας-σάρωσης του πολυφασματικού σαρωτή (M.S.S.) των LANDSAT 1ης γενεάς. (Από Αστάρτα, 1986).

(ρίxel) είναι το μέτρο της διακριτικής ικανότητας μιας εικόνας. Κάθε πλήρης εικόνα M.S.S. αποτελείται από 7.500.000 ρίξεις τοποθετημένα σε κανονικές γραμμές και στήλες, δηλαδή σε μορφή πίνακα. Κάθε ρίxel προσδιορίζεται μ' ένα σύστημα συντεταγμένων  $x, y$  με αρχή την πάνω αριστερή γωνία της εικόνας (Τσακίρη, 1984). Κάθε ρίxel έχει 64 στόθμες πυκνότητας (διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος). Από 0 (λευκό) μέχρι 63 (μαύρο). Το ανθρώπινο μάτι έχει την ικανότητα να διακρίνει 10-15 διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος.

Οι κάμερες RBV κατέγραψαν συγχρόνως την ίδια επιφάνεια της Γης σε τρεις διαφορετικές φασματικές ζώνες, μεταξύ 0,48 και 0,83  $\mu\text{m}$ . Οι κάμερες αυτές, μέχρι τότε που λειτούργησαν (κάποτε διακόπηκε η λειτουργία τους) έδωσαν εικόνες σχήματος τετραγώνου 185 Km X 185 Km με επικάλυψη (μεταξύ δυο γειτονικών εικόνων) 18,5 Km και παρουσιάζουν διακριτική ικανότητα 80 m.

Ο M.S.S.-σρωτής του LANDSAT-3, σε αντίθεση με τους αντίστοιχους των LANDSAT-1, -2, έφερε και πέμπτη φασματική ζώνη, τη ζώνη 8 (σχ. 2) που κατέγραψε για ένα χρονικό διάστημα και την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία, (10,4-12,6  $\mu\text{m}$ ) και έδωσε εικόνες με διακριτική ικανότητα περίπου 240 m, με θερμοκρασιακή ευαισθησία 0,5<sup>o</sup> C.

Ο LANDSAT-3 έφερε δυο όμοιες RBV πανχρωματικές κάμερες που λειτουργούσαν στη φασματική ζώνη 0,505-0,750  $\mu\text{m}$  και που έδωσαν εικόνες με διακριτική ικανότητα 25-30 m. Οι εικόνες RBV καλύπτουν έκταση 98 Km X 98 Km. Έτσι τέσσερες εικόνες RBV του LANDSAT-3 καλύπτουν μια εικόνα M.S.S. των LANDSAT-1, -2, -3 (σχ. 3).



Σχ. 3. Οι δυο κάμερες RBV που χρησιμοποιήθηκαν στο δορυφόρο LANDSAT-3. (Από Αστάρη, 1986).

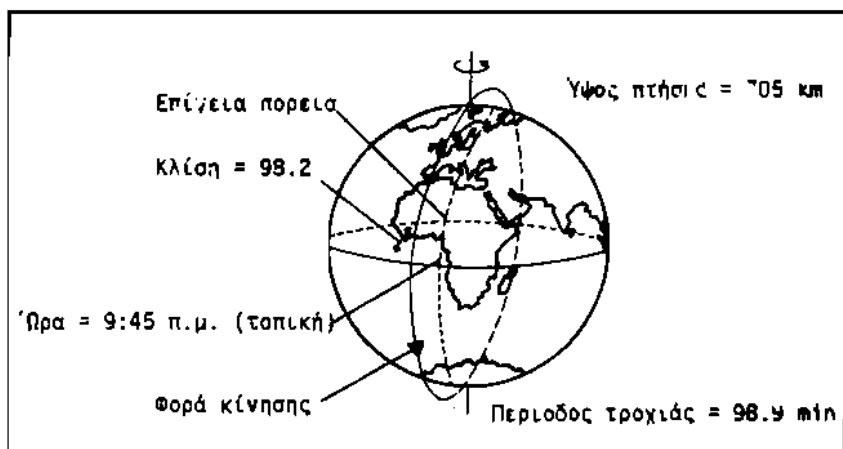
Οι εικόνες M.S.S. και R.B.V. των LANDSAT έχουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς έρευνας, όπως είναι η γεωμορφολογία, γεωλογία, υδρολογία, γεωπονία, δασοπονία, ωκεανογραφία, χρήση γης, περιοδική ανίχνευση των υδατινών και χερσαίων οικοσυστημάτων κ.ά. Κάθε μια από τις τέσσερες φασματικές ζώνες των M.S.S. εικόνων είναι κατάλληλη για την καταγραφή συγκεκριμένων επίγειων αντικειμένων και φαινομένων. Λεπτομέρειες για την εφαρμογή κάθε φασματικής ζώνης των LANDSAT 1-3 γίνεσαι από τους χρήστες περιγράψακαν το 1981

από τους Μυριάνθη και Χαλκιάδακη.

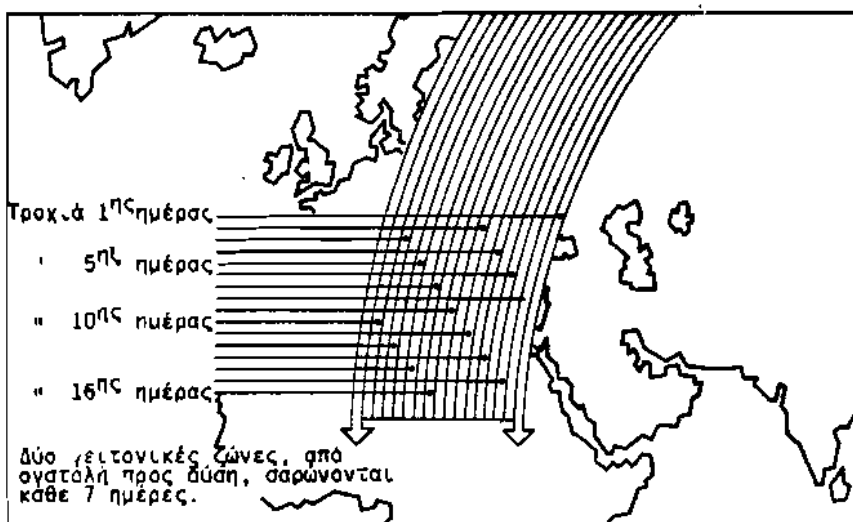
## ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ 2<sup>ης</sup> ΓΕΝΕΑΣ

Οι δορυφόροι LANDSAT-4,-5 αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ των παλαιών (1<sup>η</sup> γενεά) και των νέων (3<sup>η</sup> γενεά) δορυφόρων που θα εκτοξευθούν τα επόμενα 5 χρόνια. Τα χαρακτηριστικά των τροχιών των δορυφόρων LANDSAT-4,-5 είναι διαφορετικά από εκείνα των δορυφόρων LANDSAT-1,-2,-3.

Ο δορυφόρος LANDSAT-4 εκτοξεύθηκε στις 16/7/82, σε σχεδόν πολική τροχιά γύρω από τη Γη, ύψους 705 km (σχ. 4) και καταγράφει (σάρωνει) την επιφάνεια της Γης σε μικρότερη χρονική διάρκεια (16 ημέρες) (σχ. 5) απ'ότι οι προηγούμενοι δορυφόροι (18 ημέρες).



Σχ. 4. Στοιχεία της τροχιάς του δορυφόρου LANDSAT-5. (Από φυλλάδιο του ESA-Earthnet Programme Office User Services, Frascati, ITALY).



Σχ. 5. Τροχιές του δορυφόρου LANDSAT-5. Κάθε σημείο της Γης "σάρωνεται" κάθε 16 ημέρες. (Από φυλλάδιο του Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.)

Η καταγραφόμενη επιφάνεια σε κάθε εικόνα παραμένει η ίδια (185 Km X 185 Km) για να υπάρχει ομοιότητα με τις προηγούμενες εικόνες των δορυφόρων 1<sup>ης</sup> γενιάς. Οι δυο δορυφόροι LANDSAT-4,-5 έχουν διαφορά πτήσης 180°. Έτσι κάθε σημείο της Γης που βρίσκεται μεταξύ του 82° Β και 82° Ν παράλληλου, "σαρώνεται" κάθε 8 ημέρες από ένα από τους δυο δορυφόρους.

Ο LANDSAT-4 φέρει βελτιωμένα συστήματα απεικόνισης σε σύγκριση με αυτά των δορυφόρων LANDSAT-1,-2,-3. Συγκεκριμένα φέρει:

1) Ένα πολυφασματικό σαρωτή M.S.S. τεσσάρων φασματικών ζωνών, όπως και οι προηγούμενοι M.S.S.-σαρωτές των δορυφόρων LANDSAT-1,-2,-3. Ο σαρωτής αυτός υπάρχει για να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες των M.S.S.-εικόνων να συνεχίσουν τις ερευνητικές τους εργασίες. Ιδιαίτερα σε όσους θέλουν να ελέγξουν διαχρονικά το περιβάλλον ενός τμήματος της γήινης επιφάνειας (σύγκριση M.S.S.-εικόνων των δορυφόρων 1<sup>ης</sup> γενιάς (1972-1983) με αντίστοιχες εικόνες των δορυφόρων 2<sup>ης</sup> γενιάς (1983-1988)).

2) Ένα θεματικό χαρτογράφο (T.M.: Thematic mapper) ή απεικονιστή-T.M.. Αυτός είναι ένας προηγμένης τεχνολογίας σαρωτής με περισσότερες φασματικές ζώνες και καλύτερη γεωμετρική και ραδιομετρική ευαισθησία απ'ότι οι M.S.S.-σαρωτές.

Οι τέσσερες φασματικές ζώνες του M.S.S.-σαρωτή των LANDSAT-4,-5 είναι ακριβώς οι ίδιες σε θέση και πλάτος στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και δίδουν διακριτική ικανότητα όπως και οι M.S.S.-σαρωτές των LANDSAT-1,-2,-3. Οι ζώνες αυτές κωδικογραφήθηκαν με νέους αριθμούς. Έτσι στους LANDSAT-4,-5 διακρίνουμε τις εξής φασματικές ζώνες (bands): band1, band2, band3 και band4, αντί των φασματικών ζωνών: band4 (0,05 - 0,6 μμ, πράσινη), band5 (0,6 - 0,7 μμ, ερυθρή), band6 (0,7-0,8 μμ, ανασκλώμενη ή ηλιακή υπέρυθρη) και band7 (0,8 - 1,11 μμ, ονοκλώμενη υπέρυθρη), που χρησιμοποιήθηκαν στους δορυφόρους LANDSAT-1,-2,-3.

Ο απεικονιστής-T.M. του LANDSAT-4 παρουσίασε προβλήματα λίγους μήνες μετά την έναρξη της λειτουργίας του (Φεβρουάριος, 1983) και έτσι έπαιξε να δίνει εικόνες-T.M. στους επίγειους σταθμούς. Επειδή δε η προγραμματισθείσα διόρθωση του T.M.-σαρωτή με τη βοήθεια ενός διορθωτικού λεωφορείου της NASA κοβιστέρησε ορκετούς μήνες, η NASA, σε συνεργασία με τη NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), έθεσε σε τροχιά την 1/3/84 ένα όμοιο εφεδρικό δορυφόρο, τον LANDSAT-5 για να καλύψει τις ανάγκες των γεωεπιστημόνων. Οι δυο σαρωτές (T.M. και M.S.S.) του LANDSAT-5 λειτουργούν ανελλιπώς μέχρι σήμερα.

Ο T.M.-σαρωτής φέρει επτά φασματικές ζώνες (band1-band7) από τις οποίες οι τρεις ανήκουν στο ανασκλώμενο τμήμα των M.S.S. (από πρόοιο μέχρι ανασκλώμενο υπέρυθρο). Οι νέες φασματικές ζώνες είναι οι εξής: η μπλε (0,45 - 0,52 μμ), οι δυο "λαχυρά" ανασκλώμενες υπέρυθρες (1,55 - 1,75 μμ και 2,08 - 2,35 μμ) και η θερμική υπέρυθρη (10,40 - 12,50 μμ). Οι τρεις φασματικές ζώνες του T.M.-σαρωτή που συμπίπτουν με τις τέσσερις ζώνες του M.S.S.-σαρωτή, είναι οι εξής: 0,52 - 0,60 μμ (πράσινη), 0,63 - 0,69 μμ (ερυθρή) και 0,76 - 0,90 μμ (ονοκλώμενη υπέρυθρη). Η πράσινη και η ερυθρή ζώνη είναι λίγο πιο "στενές" από τις αντίστοιχες φασματικές ζώνες του M.S.S.-σαρωτή.

βελτιωθεί η ευαισθησία των φασματικών αλλαγών προερχόμενων από τις εναλλαγές των γεωργικών εκτάσεων (χρήση των ζωνών αυτών στη γεωργία). Η ανακλώμενη υπέρυθρη είναι πιο στενή από τις αντίστοιχες ζώνες των Μ.Σ.Σ.-σαρωτών, α' αυτή τη φασματική περιοχή. Αυτή η ζώνη έχει το κέντρα της στη φασματική περιοχή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στην υγιή βλάστηση. Η φασματική ζώνη 6 (θερμική υπέρυθρη) του Τ.Μ.-σαρωτή είναι όμοια με τη φασματική ζώνη θ του Μ.Σ.Σ.-σαρωτή του LANDSAT-3.

Η μπλε ζώνη (ζώνη 1) συμπεριλήφθηκε για να επεκτείνει τη χρήση των εικόνων LANDSAT για βυθομετρήσεις (bathymetry) θαλασσών-λιμνών και τον εντοπισμό υποβθισμαμένων (μαραμένων ή ασθενικών) φυτών. Η "ισχυρά" ανακλώμενη υπέρυθρη ζώνη (ζώνη 7) συμπεριλήφθηκε για να βοηθήσει: 1) τους γεωπόνους, να εντοπίζουν γεωργικές εκτάσεις που υποφέρουν από ξηρασία (στερούνται ύδατος) και 2) τους γεωλόγους, για να εντοπίζουν-οριοθετούν τους διαφόρους τύπους (ενότητες) πετρωμάτων που απαντούν σε μια περιοχή. Ιδιαίτερα για τη χαρτογράφηση περιοχών της Γης που καλύπτονται από πετρώματα που είναι πλούσια σε ορυκτά της αργίλλου (ορυκτά που φέρουν ιόντα υδροξυλίου) (Carter, 1980). Επίσης η ζώνη 1,55 - 1,75 μm βοηθάει τους γεωεπιστήμονες να ξεχωρίσουν το χιόνι από τα σύννεφα.

Η διακριτική ικανότητα των Τ.Μ.-εικόνων είναι περίπου 2,6 φορές καλύτερη από την αντίστοιχη των Μ.Σ.Σ.-εικόνων. Αυτή είναι 30 m X 30 m ανά ρίχει στις έξι φασματικές ζώνες του ορατού φάσματος (band1-5, band7) και 120 m X 120 m στη θερμική υπέρυθρη φασματική ζώνη (band6). Η διακριτική ικανότητα των Μ.Σ.Σ.-εικόνων από τους δορυφόρους LANDSAT-4,-5 είναι 82 m X 82 m. Η καλύτερη διακριτική ικανότητα των Τ.Μ.-εικόνων επιτρέπει στους χρήστες να παρατηρούν μικρότερα αντικείμενα στη γήινη επιφάνεια (όπως είναι τα μικρά αγροκτήματα στην Ελλάδα), να εντοπίζουν με ακρίβεια κοίτες ποταμών πλάτους ίσου ή μεγαλύτερου από 30 m, καθώς και άλλες λεπτομέρειες του αναγλύφου, μεγαλύτερες από 30 m.

Οι Τ.Μ.-εικόνες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ραδιομετρική ευαισθησία από τις αντίστοιχες Μ.Σ.Σ.-εικόνες. Έτσι στις Τ.Μ.-εικόνες, οι 64 στάθμες πυκνότητας (λαμπρότητας/διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος) που απαντούν στις Μ.Σ.Σ.-εικόνες, έχουν αυξηθεί στις 256. Η στάθμη πυκνότητας 0 αντιστοιχεί στη μηδενική ανάκλαση (λαμπρότητα), όπως είναι ακούρες επιφάνειες της θάλασσας και η στάθμη πυκνότητας 255 αντιστοιχεί στη μέγιστη (υψηλή) ανακλαστικότητα των παγωμένων ή λευκών εκτάσεων (χιόνι κ.λπ.).

Οι επτά φασματικές ζώνες (bands) του θεματικού χαρτογράφου (Τ.Μ.) και οι εφαρμογές κάθε ζώνης σε επίγεια αντικείμενα ή φαινόμενα είναι οι εξής: (Ασάρας, 1986).

1) Band 1 (μπλε-πράσινη, 0,45 - 0,52 μm): Η μπάντα 1 είναι κατάλληλη να διεισδύει μέσα στις υδάτινες μάζες και να δίδει πληροφορίες για τη βολότητα τους. Έτσι χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση ποτακτιών περιοχών, τη διάκριση της βλάστησης από τα έδαφος και τη διάκριση μεταξύ κωνοφόρων και φυλλοβόλων δένδρων.

2) Band 2 (πράσινη, 0,52 - 0,60 μm): Η μπάντα 2 είναι κατάλληλη για τη μέτρηση της ορατής πράσινης ανακλώμενης ακτινοβολίας που χαρακτηρίζει την υγιή βλάστηση.

3) Band 3 (ερυθράκι, 0,63-0,69 μm): Η μπάντα 3 είναι κατάλληλη για τη διάκριση με-

ταξύ διαφόρων ειδών βλάστησης λόγω διαφορετικής απορρόφησης της από τη χλωροφύλλη των διαφόρων φυτών.

4) Band 4 (ηλιακή υπέρυθρη, 0,76 - 0,90  $\mu\text{m}$ ): Η μπάντα 4 είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό της βιομάζας και την ακριβή οριοθέτηση των υδάτινων μαζών.

5) Band 5 (ηλιακή υπέρυθρη, 1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ): Η μπάντα 5 είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό της υγρασίας στα φυτά και το έδαφος. Για το διοχρωρισμό των σύννεφων από τα χιόνια.

6) Band 6 (θερμική υπέρυθρη, 10,40 - 12,50  $\mu\text{m}$ ): Η μπάντα 6 είναι κατάλληλη για τη συλλογή θερμικών στοιχείων (θερμική χαρτογράφηση) στους γεωλογικούς σχηματισμούς. Για τη χαρτογράφηση περιοχών με διαφορετική υγρασία εδάφους, καθώς και για τη συλλογή πληροφοριών στις υποβαθμισμένες φωτοκοινωνίες. Η ζώνη αυτή αν και παρουσιάζει διακριτική ικανότητα 120 m συμπληρώνει τις πληροφορίες που παίρνουμε από τις άλλες φασματικές ζώνες.

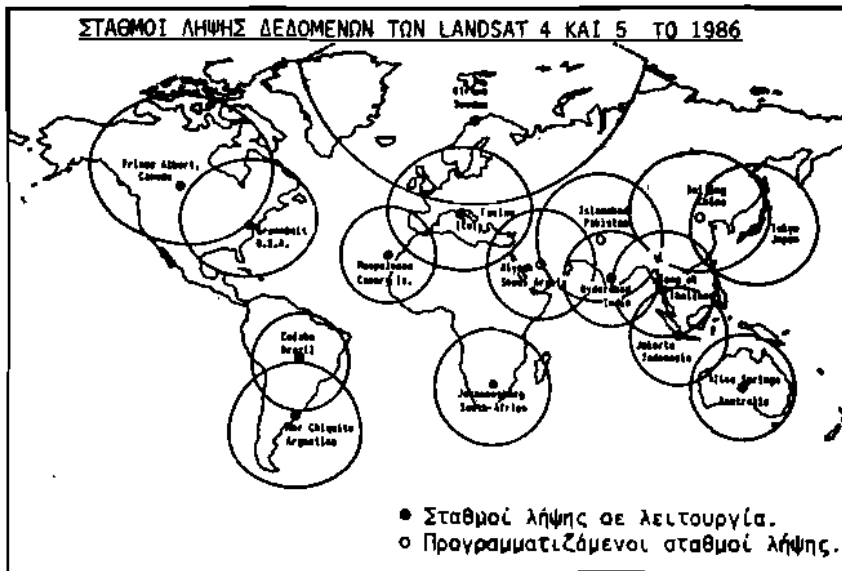
7) Band 7 (ηλιακή υπέρυθρη, 2,08 - 2,35  $\mu\text{m}$ ): Η μπάντα 7 είναι κατάλληλη για τη διάκριση των διαφόρων τύπων πετρωμάτων και για υδροθερμική χαρτογράφηση (hydrothermal mapping).

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω περιγραφές, ο "θεματικός χαρτογράφος" προσφέρει σήμερα περισσότερες πληροφορίες στους γεωεπιστήμονες απ'ότι ο M.S.S.-σαρωτής.

Η βελτίωση των συστημάτων σπεικόνισης (σαρωτές) των LANDSAT-4,-5, που είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των φασματικών ζωνών, τη βελτίωση της γεωμετρικής και ραδιομετρικής ευαισθησίας και την αύξηση της διακριτικής ικανότητάς των εικόνων, συνοδεύτηκε και από τη βελτίωση του συστήματος μετάδοσης των δεδομένων από τους δορυφόρους στους επίγειους σταθμούς λήψης. Έτσι για την πιο γρήγορη μετάδοση περισσότερων δεδομένων M.S.S. και T.M. (σε ψηφιακή μορφή) προς τους επίγειους σταθμούς και τη διάθεσή τους σε περισσότερους χρήστες σ'όλο τον κόσμο, τέθηκε σε τροχιά ο βοηθητικός δορυφόρος αναμετάδοσης των δεδομένων LANDSAT, T.D.R.S.S.-A (σχ. 1), και αυξήθηκε ο αριθμός των επίγειων σταθμών λήψης (σχ. 6). Επί πλέον προγραμματίστηκαν πτήσεις άλλων δυο δορυφόρων της σειράς T.D.R.S.S. για αναμετάδοση δεδομένων σχεδόν σε όλα τα μήκη και πλάτη της Γης.

Ο T.D.R.S.S.-A είναι ένας γεωσύγχρονος δορυφόρος πάνω από τον Ισημερινό σε γεωγραφικό μήκος μεταξύ του  $41^{\circ}$  Δ και  $171^{\circ}$  Δ μεσημβρινού. Αυτός αναμεταδίδει σήμερα, M.S.S. δεδομένα των LANDSAT-4,-5 και T.M.-δεδομένα του LANDSAT-5, σε όλους τους επίγειους σταθμούς που περιλαμβάνονται μεταξύ  $81^{\circ}$  Β και  $81^{\circ}$  Ν γεωγραφικό πλάτος, εκτός από τη ζώνη του Δυτικού Ειρηνικού, που περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Ασίας, Αυστραλίας, Χαβόης και Δυτικής Αλάσκας. Αυτή η ζώνη προγραμματίστηκε να καλυφθεί στις αρχές του 1986 με το δορυφόρο T.D.R.S.S.-B, ο οποίος καταστράφηκε στο ατύχημα του διαστημικού λεωφορείου Challenger (51-L). Έτσι η "απώλεια" του Challenger επηρέασε τη λήψη δεδομένων LANDSAT-4,-5. Σήμερα μόνο οι επίγειοι σταθμοί του Καναδά, Βραζιλίας, Σουηδίας, Ιταλίας, Ινδίας, Ταϊλάνδης και Ισπανίας (σχ. 6) λαμβάνουν δεδομένα των LANDSAT-4,-5. (LANDSAT data users notes, Issue No 35, 1986). Οι υπόλοιποι σταθμοί λήψης (του Ειρηνικού) θα αρχίσουν να πέρνουν δεδομένα LANDSAT μετά την εκτόξευση ενός δορυφόρου της σειράς T.D.R.S.S. (T.D.R.S.S.-C και T.D.R.S.S.-D) που προγραμματίστηκε να τεθεί





Σχ. 6. Σταθμοί λήψης δεδομένων από τους δορυφόρους LANDSAT 2<sup>ης</sup> γενεάς. (Από NRSC, Newsletter, No 6, 1986).

σε τροχιά (πιθανόν με την πτήση ενός από τα διαστημικά λεωφορεία της NASA, που οι διαστημικές τους αποστολές τους προς τα παρόν αναβλήθηκαν μετά από το τραγικό δυστύχημα του Challenger στις 28 Ιανουαρίου 1986).

#### ΔΕΔΟΜΕΝΑ LANDSAT-ΣΤΑΘΜΟΙ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα LANDSAT (M.S.S., R.B.V. και T.M.) σε ψηφιακή ή αναλογική μορφή, προσφέρονται σήμερα από την Αμερικανική Εταιρεία EOSAT (Earth Observation Satellite Corporation) γιατί η NASA και η NOAA που την αντικατέστησε (Σεπτέμβριος 1982), έδωσαν τα δικαιώματα εκμετάλλευσης των δορυφόρων της σειράς LANDSAT(1-5) στην EOSAT. Η EOSAT είναι εμπορική επιχείρηση που προήλθε από τη συνεργασία των εταιρειών: Hughes Aircraft Company και R.C.A. Corporation. Στις υποχρεώσεις προς την Κυβέρνηση των ΗΠΑ, η EOSAT, εκτός των άλλων, ανέλαβε να κατασκευάσει και θέση σε τροχιά δυο δορυφόρους, τους LANDSAT-6, -7, καθώς και τη βελτίωση-επέκταση των επίγειων σταθμών λήψης, σ' όλη την υδρόγειο, για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιστημόνων που ασχολούνται με την τηλεπισκόπηση.

Μέχρι να δημιουργήσει το δικό της κέντρο λήψης επεξεργασίας και διανομής των δεδομένων LANDSAT, στα Lanham της Πολιτείας Maryland, η EOSAT θα προσφέρει στους χρήστες της (κυρίως στις ΗΠΑ) τα δεδομένα LANDSAT μέσω του κέντρου EROS DATA Center, Sioux Fall, S. Dakota και Goddard Space Flight Center, Maryland. Οι άλλοι χρήστες, εκτός των ΗΠΑ, θα προμηθεύονται τα δεδομένα LANDSAT από τα πλησιέστερα Κέντρα διανομής δεδομένων LANDSAT ή τα διαστημικά κέντρα των χωρών τους, αν υπάρχουν και που συνδέονται με επίγειους σταθμούς λήψης δεδομένων LANDSAT. Ένα τέτοιο κέντρο, το "ESA - Earthnet Users Service", υπάρχει στην Ευρώπη και ανήκει στο "Κέντρο (Υπηρεσία) Διαστημικών Ε-

ρευτών της Ευρώπης" (ESA: European Space Agency) και που έχει την έδρα του στο Frascati (Roma) της Ιταλίας. Το κέντρο της ESA πέρνει τα δεδομένα από τους επίγειους σταθμούς λήψης δεδομένων του Fusino (Ιταλίας) και Kiruna Σουηδίας (σχ. 6) και τα διοχετεύει στα κράτη μέλη που το απαρτίζουν και φυσικά σε χρήστες άλλων χωρών που δεν είναι μέλη του ESA, όπως είναι η Ελλάδα.

Τα δεδομένα M.S.S., R.B.V. και T.M., των δορυφόρων 1<sup>ης</sup> γενεάς (που λειτούργησαν στο παρελθόν) και 2<sup>ης</sup> γενεάς που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη (LANDSAT-4,-5), διατίθενται στους χρήστες από τα Κέντρα διανομής δεδομένων LANDSAT που αναφέρθηκαν, στην ψηφιακή τους ή αναλογική τους μορφή, ως εξής:

α) Σε μορφή αρνητικών ή διαθετικών φιλμ (διαφάνειες) κλίμακας 1:3.360.000 (quick-look), 1:1.000.000, 1:500.000 και 1:250.000 (μόνο για T.M.-φιλμ).

β) Σε μορφή εικόνων τυπωμένων σε φωτογραφικό χαρτί, κλίμακας 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000 και 1:125.000 (μόνο για T.M.-εικόνες).

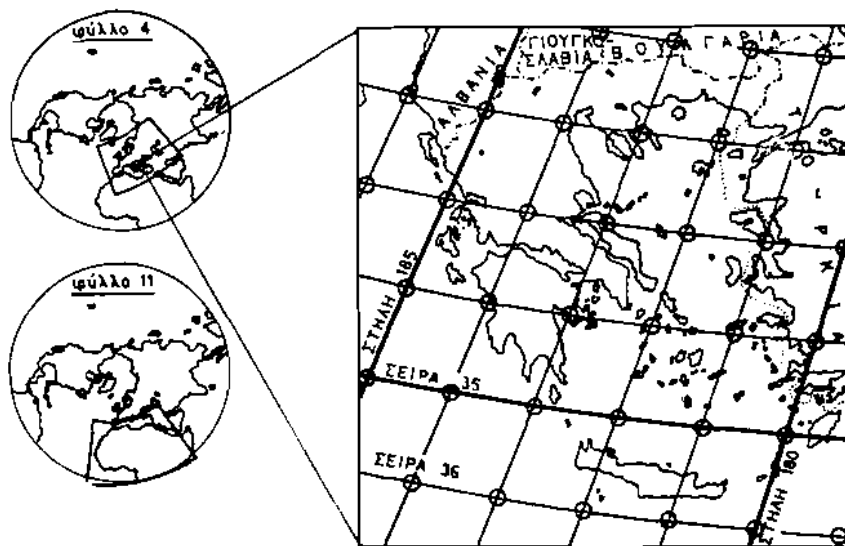
γ) σε μορφή μαγνητοταινιών (CCTs: Computer Compatible Tapes) 0,5 ιντσών, 800 ή 1600 BPI ή σε μαλακές διακέτες (floppy disks) 8 ιντσών.

Οι T.M.-εικόνες προσφέρονται σε μεγαλύτερη κλίμακα, 1:125.000 απ'ότι οι M.S.S. και R.B.V.-εικόνες, γιατί η σύξηση της διακριτικής ικανότητας επιτρέπει την εκτύπωση μιας πλήρους εικόνας 185 Km x 185 Km, σε τέσσερις επιμέρους εικόνες (subscenes) (σχ.3).

Οι εικόνες LANDSAT, σε φωτογραφικό χαρτί ή φιλμ, διατίθενται ως πανχρωματικές ή μονοφασματικές ή πολυφασματικές (ψευδοέγχρωμες/false colour composite images) εικόνες. Οι ψευδοέγχρωμες σύνθετες εικόνες προστέθηκαν με το σκεπτικό ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί να διακρίνει περισσότερα χρώματα (εκατοντάδες) απ'ότι οι 10-15 διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος στις ασπρόμυρες εικόνες.

Η διεργασία σχηματισμού μιας σύνθετης έγχρωμης υπέρυθρης εικόνας (ψευδοέγχρωμης) γίνεται με τη σύνθεση τριών μονοφασματικών εικόνων (φιλμς), συνήθως των φασματικών ζωνών 4,5,6/7 των M.S.S. και των καταλλήλων φίλτρων απορρόφησης προσαρμοσμένων στα αντίστοιχα ασπρόμυρα θετικά φιλμς. Μια ψευδοέγχρωμη εικόνα μπορεί να σχηματισθεί επίσης με τη μέθοδο OIAZO (Αστάρης 1986, Καρτέρης 1985) που γίνεται με τη βοήθεια τριών μονοφασματικών διαθετικών φιλμς (κίτρινα, ματζέντα, κυανό), που αντιστοιχούν αντίστοιχα στις φασματικές ζώνες 4 (πράσινη), 5 (ερυθρή) και 6/7 (υπέρυθρη).

Η παραγγελία των δεδομένων LANDSAT από τους χρήστες προς ένα από τους σταθμούς (κέντρα) λήψης δεδομένων LANDSAT (όπως είναι το κέντρο ESRIN της ESA στη Ρώμη (Fusino), γίνεται με τη βοήθεια διαγραμμάτων (φύλλων) χαρτών της υδρογείου στα οποία αναπαρίστανται οι στήλες (ζώνες σάρωσης των δορυφόρων LANDSAT/paths) και οι σειρές (rows) των εικόνων LANDSAT που καλύπτουν περιοχές της υδρογείου από 82° Β παράλληλο μέχρι 82° Ν παράλληλο. Ένα τμήμα του φύλλου χάρτου Νο 4 (Ευρώπη) που δείχνει τις σειρές και τις στήλες ("συντεταγμένες") των εικόνων LANDSAT-4,-5 (The Earthnet LANDSAT-4,-5 T.M. and M.S.S. coverage index-path/row World Reference System (Sheet 4)), της περιοχής της Ελλάδας, φημιεκάκι Βελιγράδι 70επρασος σχήματος Έστωνας. Το φύλλο 11 που καλύπτει επίσης το μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας).



Σχ. 7. Διάγραμμα χάρτου (από το φύλλο χάρτου Νο 4 (Ευρώπη) της NOAA) που δείχνει τις "συντεταγμένες" (σειρές και στήλες) των εικόνων LANDSAT-4,-5 που καλύπτουν τον Ελληνικό χώρο. (Από: U.S. Geol. Surv., NOAA, 1982).

Στα σχήμα 7 βλέπουμε ότι η περιοχή της Θεσ/νίκης και τα περίχωρά της καλύπτονται από την M.S.S.-εικόνα (185 Km X 185 Km) που έχει "συντεταγμένες" 184/32 (184<sup>η</sup> στήλη και 32<sup>η</sup> σειρά).

Οι "συντεταγμένες" της εικόνας LANDSAT που καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή της Γης, πρέπει να είναι γνωστές στο χρήστη πριν δώσει την παραγγελία του σ'ένα από τα κέντρα διανομής δεδομένων (εικόνων) LANDSAT, για να πληροφορηθεί από αυτό (κέντρο) τα πλήρη στοιχεία (χαρακτηριστικά) της εικόνας που πρόκειται να αγοράσει μελλοντικά. Αυτά είναι τα εξής: Ο τύπος του δαρυφόρου και απεικονιστή (Sensor) απόπου πάρθηκε η εικόνα, η ημερομηνία λήψης της εικόνας, η ποιότητα της εικόνας (ποσοστό νεφοκάλυψης ή χιονοκάλυψης), η φασματική ζώνη της εικόνας, το ύψος και το αζιμούθιο του Ηλίου (sun elevation and azimuth) κατά την ώρα λήψης της εικόνας, ο επίγειος σταθμός λήψης, οι γεωγραφικές συντεταγμένες κ.ά.

#### ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ LANDSAT

Οι εικόνες M.S.S., R.B.V. και T.M., σε φωτογραφικά χαρτί ή διοξειδικό φιλμ, αναλύονται οπτικά με τη ννωστή μεθοδολογία φωτοερμηνείας των συμβατικών αεροφωτογραφιών που περιγράφεται σε όλα τα βιβλία οπτικής ανάλυσης εικόνων (φωτοερμηνείας) (Avery (1977), Zuidam (1979), Colwell (1984), Συλλαίος (1985), Αοτάρας (1986), Καρτέρης (1986)).

Η οπτική ανάλυση δορυφορικών εικόνων, είτε μονοσκοπικά, είτε στερεοσκοπικά (σε τμήματα εικόνων LANDSAT που παρουσιάζουν πλάγια επικάλυψη) διαφέρει μερικώς, από κρήστη (φωτοερμηνευτή) σε χρήση. Γιατί επεξεργάζεται η προσωπική του εκτίμηση. Έτσι η ανάλυση των εικόνων με την ψηφιακή τους μορφή (μαγνητοταινίες και δισκέτες), πλεονε-

κτεί απέναντι της οπτικής ανάλυσης (τουλάχιστον της μονοσκοπικής) γιατί, από τη μια μεριά, εξαλείφεται ο ανθρώπινος παράγων (προσωπική εκτίμηση του χρήστη) και από την άλλη, γιατί δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να διορθώσει ή να βελτιώσει την εικόνα στην ψηφιακή της μορφή.

Οι μαγνητοταινίες περιέχουν πληροφορίες, σε ψηφιακή μορφή, για μια εικόνα (scene) 185 Km X 185 Km και προσφέρονται στους χρήστες για ψηφιακή ανάλυση (image analysis) με ή χωρίς διορθώσεις, όπως γεωμετρικές και ραδιομετρικές διορθώσεις και διορθώσεις καταγραφής (Μυριλάνθης και Χαλκλαδάκης (1981), Τσούκρη (1984), Συλλαίος (1985), Αστάρας (1986)).

Από το 1982 και μετά, η NASA και NOAA και πρόσφατα η EOSAT, προσφέρουν στους χρήστες δεδομένα LANDSAT σε μορφή δισκετών, γιατί το κόστος των μαγνητοταινιών είναι πολύ μεγάλο. Οι δισκέτες 8 ιντσών περιέχουν πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή, μόνο ενός μικρού τμήματος της πλήρους εικόνας των 185 Km X 185 Km. Συγκεκριμένα περιέχουν ένα τμήμα 240 X 256 pixels, δηλαδή έκταση 19 Km X 20 Km περίπου.

Τις μαγνητοταινίες και τις δισκέτες μπορεί να τις επεξεργασθούν οι χρήστες σε ειδικά συστήματα ψηφιακής ανάλυσης εικόνων (Digital Image Processing Systems) που συνδέονται με H/Y (Main-Frame, Mini-computer ή Microcomputer). Κατά την επεξεργασία των μαγνητοταινιών και των δισκετών, που γίνεται με τη βοήθεια συγκεκριμένων τεχνικών (μεθοδολογίες), επιτυγχάνεται η μετατροπή των σποθηκευμένων δεδομένων στις μαγνητοταινίες (ψηφιακή μορφή) σε εικόνες (αναλογική μορφή) και μάλιστα στις πιο επιθυμητές (βελτιωμένες) στο χρήστη εικόνες. Κατά τη βελτίωση (ενίσχυση) της εικόνας, ενισχύονται ορισμένες ιδιότητες της εικόνας, έτσι ώστε να αποκτηθεί μια εικόνα με σημαντική διαφορά στον τόνο μεταξύ των διαφόρων επίγειων χαρακτηριστικών (καθαρότερη εικόνα). Δηλαδή αποκτάται (μετασχηματίζεται) μια εικόνα που θα δίνει καλύτερες δυνατότητες ερμηνείας και ταξινόμησης των διαφόρων γήινων αντικειμένων, είτε αυτά είναι στατικά, είτε διαχρονικό μεταβλητά. Στη διεργασία αυτή γίνεται μια ταξινόμηση των διαφόρων επίγειων χαρακτηριστικών, έτσι ώστε οι 64 διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος, της αρχικής εικόνας στο ασπρόμαυρο φιλμ, να μετατραπούν σε 10-15 (διαβαθμίσεις), που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι. Οι διαβαθμίσεις του τεφρού χρώματος για κάθε είδος γήινου αντικειμένου, στις διάφορες μονοφασματικές εικόνες (π.χ. στις τέσσερις (4) M.S.S.-εικόνες και τις επτά (7) T.M.-εικόνες), διαφέρουν μεταξύ τους. Η βλάστηση (π.χ. η χλόη των χορτών) έχει φωτεινό τεφρό χρώμα στη φασματική ζώνη 7 (υπέρυθρο) και σκούρο χρώμα στη φασματική ζώνη 5, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με το έδαφος (soil). Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε επίγειο αντικείμενο αντανακλά διαφορετικό ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας ή εκπέμπει διαφορετικό ποσοστό υπέρυθρης θερμικής ακτινοβολίας στις διάφορες φασματικές περιοχές. Αυτές οι φασματικές διαφορές μεταξύ των επίγειων χαρακτηριστικών αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως "φασματικές ταυτότητες" (spectral signatures) ή "φασματικές αποκρίσεις" (spectral responses) (Αστάρας, 1986).

Το τελευταίο χρόνο η ψηφιακή ανάλυση εικόνων δεν γίνεται μόνο με τη βοήθεια μαγνητοταινιών και δισκετών, αλλά και από εικόνες (σε φωτογραφικό χαρτί ή σε διαθετικό

φιλμ) με τη βοήθεια Video digitising cameras.

Η ταξινόμηση των διαφόρων νήινων χαρακτηριστικών με τη βοήθεια ψηφιακής ανάλυσης μπορεί να είναι: α) "κατευθυνόμενη" (supervised), όταν δίδονται στο Η/Υ δεδομένα από άλλες πηγές (επίγειες ή όχι), β) "μη κατευθυνόμενη" (unsupervised), όταν γίνεται αυτόματα, στον Η/Υ του συστήματος ανάλυσης εικόνων, η ταξινόμηση μόνον με τα M.S.S. ή T.M. δεδομένο (μοννητοταινίες, δισκέτες). Τα χαρακτηριστικό του αναγλύφου ταξινομούνται σε κλάσεις, κάθε μια με ίδιες ιδιότητες, όπως είναι: α) η ίδια "φασματική απόκριση" των διαφόρων επίγειων αντικειμένων (φασματική ταξινόμηση), β) τα ίδια χωρικά (spatial) χαρακτηριστικά (η ίδια θέση) κάθε ρίχελ (χωρική ταξινόμηση) και γ) ο διαφορετικός χρόνος λήψης των εικόνων (temporal classification: διαχρονική ταξινόμηση) (Τσακίρη, 1984). Η διαχρονική ταξινόμηση χρησιμοποιείται πάρα πολύ από τους περιβαλλοντολόγους-φυσικογεωγράφους: α) Για τη χαρτογράφηση των χερσαίων περιοχών (οικοσυστημάτων) που πλήττονται από σπογυμνώσεις εδαφών (προερχόμενες από πυρκαγιές, ληοτρικές υλοτομίες, υπερβροσκήσεις, εκχερσώσεις κ.λπ.) και επακόλουθη "επιταχυνόμενη" διάβρωση, όπως είναι οι μικρασυλακώσεις (fills) και χοραδρώσεις (gullies) του αναγλύφου. Επίσης περιοχών που "μολύνονται" από τα διάφορα τοξικά απόβλητα των μεταλλείων και ορυχείων. β) Για την ανίχνευση του δυναμικού περιβάλλοντος των υδατινών συστημάτων, όπως είναι η θάλασσα, οι λίμνες και οι ποταμοί (Αλμπανόκης και Αστάρης, 1985). γ) Από τους οικολόγους (βοτανικούς-βασολόγους) για την οριοθέτηση των διαφορών φυτοκοινωνιών που απαντούν σε μια περιοχή.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ LANDSAT ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ Α/ΦΙΕΣ

Τα πλεονεκτήματα των εικόνων LANDSAT σε σχέση με τις "ουμβατικές" αεροφωτογραφίες (κυρίως τις ασπρόμαυρες πανχρωματικές, που χρησιμοποιούνται από τη Γ.Υ.Σ. και άλλους κρατικούς φορείς) είναι τα εξής: (Karteris (1983), Astaras (1985), Αστάρης (1986)).

- 1) Η συνοπτική κάλυψη περιοχών της επιφάνειας της Γης εκτάσεως 185 Km X 185 Km για τις M.S.S.-εικόνες και 98Km X 98 Km για τις R.B.V. και T.M.-εικόνες.
- 2) Η επαναλαμβανόμενη καταγραφή (σάρωση) μιας περιοχής του αναγλύφου κάθε 16 (8) ημέρες από τους δορυφόρους LANDSAT-4,-5 και κάθε 18(9) ημέρες από τους LANDSAT-1,-2,-3.
- 3) Η σχεδόν ορθογραφική προβολή των εικόνων.
- 4) Η δυνατότητα λήψης των εικόνων LANDSAT σε ψηφιακή μορφή.
- 5) Η πολυφασματική ικανότητα των εικόνων (επτά (7) φασματικές ζώνες για τον T.M.-σαρπη και τέσσερις (4) φασματικές ζώνες για τον M.S.S.-σαρπη).

Με τη χρήση "συνοπτικών" εικόνων LANDSAT, που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της γήινης επιφάνειας, αποφεύγεται η χρήση πολλών αεροφωτογραφιών και μειώνεται το κόστος για την κατασκευή μεγάλης κλίμακας ορθο-φωτομωσαϊκών. Επίσης επιτυγχάνονται πιο γρήγορα οι διάφορες χαρτογραφήσεις (π.χ. γεωμορφολογικές, γεωλογικές, εδαφολογικές κ.λπ.).

Η σχεδόν ορθογραφική προβολή της νήινης επιφάνειας στις εικόνες LANDSAT δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται, οι εικόνες αυτές, για χαρτογραφήσεις κλίμακας μέχρι 1:100.000.

Η σχεδόν κατακόρυφη και ομοιόμορφη προβολή των εικόνων LANDSAT ταιριάζει με τις αντίστοιχες κλίμακες τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ. (1:250.000 και 1:100.000). Αυτό βοηθάει τον χρήστη στη γρήγορη μεταφορά στοιχείων από τις εικόνες στους χάρτες και αντίστροφα.

Η προμήθεια δεδομένων LANDSAT σε ψηφιακή μορφή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να βελτιώσει τις εικόνες, με τη βοήθεια ενός συστήματος ανάλυσης εικόνων συνδεδεμένου με Η/Υ, στην επιθυμητή μορφή πριν ακόμη τις τυπώσει σε τυπογραφικό χαρτί.

Τέλος, οι εικόνες LANDSAT, στις διάφορες φασματικές ζώνες, μπορούν να συνδισασθούν για την "καταγραφή" συγκεκριμένων γήινων αντικειμένων και φαινομένων, τα οποία δεν φαίνονται καθαρά μόνο σε μια φασματική ζώνη. Η επαναλαμβανόμενη "καταγραφή" ενός συγκεκριμένου τμήματος της γήινης επιφάνειας κάθε 16 (18) ημέρες δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να διαλέξει τις πιο κατάλληλες για την έρευνά του εικόνες. Π.χ. τις εικόνες που είναι ελεύθερες ή έχουν λίγα σύννεφα (χιόνι) και που έχουν ληφθεί με το πιο κατάλληλο για το χρήστη ηλιακό αζιμούθιο και ύψος ηλίου (Astaras, 1985).

Το μειονέκτημα των εικόνων LANDSAT είναι η απουσία της στερεοσκοπικής κάλυψης (αυτή υπάρχει, όπως προαναφέρθηκε, μόνο στα περιθώρια των εικόνων LANDSAT, λόγω πλευρικών επικαλύψεων μεταξύ δύο γειτονικών στηλών (τροχιών) εικόνων). Το μειονέκτημα αυτό ώθησε τους Γάλλους ερευνητές να θέσουν σε τροχιά το δορυφόρο SPOT, το Φεβρουάριο του 1986, ο οποίος δίνει εικόνες με στερεοσκοπική κάλυψη και με διακριτική ικανότητα 10-20 m (βλ. παρακάτω)

#### ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ

Εκτός από τους δορυφόρους LANDSAT 2<sup>ης</sup> γενεάς, βρίσκονται σε τροχιά και οι εξής μη επανδρωμένοι δορυφόροι ανίχνευσης της Γης: 1) Ο δορυφόρος SPOT που εκτοξεύθηκε από τους Γάλλους το Φεβρουάριο 1986 και 2) οι Σοβιετικοί δορυφόροι της σειράς COSMOS, Molniya και Meteor-Prironta.

Οι δορυφόροι της ΕΣΣΔ έδωσαν πολλές μονοφασματικές και πολυφασματικές εικόνες στους Σοβιετικούς γεωπλοτήμονες για γεωλογικές, εδαφολογικές, δασολογικές και ωκεανογραφικές έρευνες (Curran (1984), Νοβόσι (1986)). Πληροφορίες για τη διακριτική ικανότητα, τις φασματικές ζώνες και άλλες πληροφορίες για τις εικόνες των Σοβιετικών δορυφόρων, δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία της Δύσης, έτσι δεν ονομάζονται και στην παρούσα εργασία.

Σχετικό με το δορυφόρο SPOT (Satellite Probatoire pour l'Observation Terestre), ο δορυφόρος αυτός φέρει δυο συστήματα κατογραφής (κάτοπτρα) το HRV<sub>1</sub> και HRV<sub>2</sub> (Haute Resolution Visible), τα οποία εκτός από το ότι δίνουν εικόνες με διακριτική ικανότητα 10-20 m, έχουν και την ικανότητα να περιστρέφονται μέχρι 27° Α-Δ, γύρω από κατακόρυφο άξονα και να καταγράφουν (σαρώνουν) επίγειους στόχους από πολλές οπτικές γωνίες (τροχιές). Έτσι επιτυγχάνεται η λήψη στερεοζεύγους εικόνων εμβαδού μέχρι 60 Km X 80 Km (με οπτική γωνία ±27°). Η προσφορά της τρίτης διάστασης στις εικόνες SPOT είναι πολύ σημαντική για την κατασκευή ή ανασυμπίεση χαρτών, όπως επίσης και για τοπογραφικά, γεωλογικά,

κοί, γεωμορφολογικοί και άλλοι θεματικοί χάρτες, που είναι χρήσιμοι στους γεωπλοιστή-  
μονες (NRSC, SPOT news, 1986).

#### ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΕΣ ΠΤΗΣΕΙΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ LANDSAT. ΑΛΛΕΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΤΗΣΕΙΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Σύμφωνα με τη NOAA (LANDSAT data users notes, No 35, 1986) το πρόγραμμα εκτόξευ-  
σης δορυφόρων της σειράς LANDSAT από τις ΗΠΑ, έχει ως εξής (σχ. 1):

Ο LANDSAT-6 προγραμματίστηκε να εκτοξευθεί στις αρχές του 1989. Ο δορυφόρος αυτός  
πρόκειται να φέρει ένα "ενισχυμένο θεματικό χαρτογράφο" (E.T.M.: Enhanced T.M.) με  
πανχρωματική φασματική ζώνη 15 μέτρων και ένα πολυφασματικό σαρωτή εφάμιλλο (ισοδύνα-  
μο με τους M.S.S. (E.M.S.S.: Emulated M.S.S.) για να επεξεργασθεί και εξομοιώσει πάνω  
στο δορυφόρο τα T.M.-δεδομένα σε M.S.S.-δεδομένα, πριν αυτά σταλούν τηλεμετρικά στη Γη.

Οι εικόνες-T.M. θα παρουσιάζουν διακριτική ικανότητα 30 m σε έξι (6) φασματικές  
ζώνες (bands 1-5 και 7) και 120 m στην εκπεμπόμενη ή υπέρυθρη φασματική ζώνη (band 6).  
Ο σαρωτής-E.M.S.S. θα δίνει εικόνες με διακριτική ικανότητα 60 m σε τέσσερις (4) φα-  
σματικές ζώνες, 1-4, του T.M.-σαρωτή. Αν και δεν θα καλύπτονται οι ζώνες αυτές το εύρος  
φάσματος του πανχρωματικού φιλμ που χρησιμοποιείται στις αεροφωτογραφίες, η πανχρωμα-  
τική ζώνη θα υπερκαλύπτει το εύρος φάσματος των ζωνών 1-4 του T.M.-σαρωτή.

Ο LANDSAT-7 προγραμματίστηκε να εκτοξευθεί το 1993 και θα φέρει ένα E.T.M.-σαρω-  
τή περίπου όμοιο με εκείνο του LANDSAT-6. Προβλέπεται να υπάρξει μια βελτίωση στο θερ-  
μικό υπέρυθρο φάσμα. Αντί μιας θερμικής φασματικής ζώνης με διακριτική ικανότητα 120 m,  
προγραμματίστηκαν μέχρι και τέσσερις (4) φασματικές ζώνες στην περιοχή 8-11,6 μm, με  
διακριτική ικανότητα 60 m.

Για να εξασφαλισθεί παγκόσμια κάλυψη δεδομένων LANDSAT-6,-7, προγραμματίστηκε να  
λειτουργήσουν, στους δορυφόρους, μαγνητόφωνα (tape recorders) υψηλής (μεγάλης) χωρητι-  
κάτητας και όχι οι βοηθητικοί δορυφόροι TORSS. Έτσι η μετάδοση των δεδομένων LANDSAT  
στους επίγειους σταθμούς λήψης των ΗΠΑ και των άλλων χωρών (σχ. 6) θα γίνεται απευθεί-  
ας από τους δορυφόρους LANDSAT-6,-7 με τη βοήθεια ειδικού πομπού προηγμένης τεχνολογίας.

Τα κόστη εκτόξευσης των προγραμματιζόμενων δορυφόρων LANDSAT-6,-7 θα μειωθεί ση-  
μαντικά γιατί η EOSAT σκοπεύει να χρησιμοποιήσει την πολλών χρήσεων πλατφόρμα εκτόξευ-  
σης "OMNISTAR", η οποία θα τοποθετείται κάθε φορά σ'ένα από τα διαστημικά λεωφορεία  
(της NASA). Η νέα πλατφόρμα προγραμματίστηκε να λειτουργήσει για 20 χρόνια.

Σχετικά με το χρονικό κενό (2 ετών) που υπάρχει μετοξύ του Δεκεμβρίου 1987, ημε-  
ρομηνία πιθανής παύσης του LANDSAT-5 και των πρώτων μηνών του 1989, η EOSAT προσπάθη-  
σε να το ανασπλώσει. Έτσι προγραμμάτισε να παύσει προσωρινά και τμηματικά τη λει-  
τουργία του LANDSAT-4 (μόνο M.S.S.-σαρωτής) και να τον επαναφέρει αργότερα, μετά την  
αναγκαστική παύση του LANDSAT-5 (μέσα του 1988). Μια άλλη πρόθεση της EOSAT είναι να  
αγοράσει προσωρινά δεδομένα εικόνων από άλλους δορυφόρους, π.χ. από τα δορυφόρα SPOT  
(NRSC, Newsletter, 1987). Ψηφιακή Επεξεργασία Φωτογραφιών  
Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Εκτός από τις ΗΠΑ και τις ΕΣΣΔ και άλλα κράτη ή ομάδες κρατών σχεδιάζουν να εκτο-

ξεύσουν μη επανδρωμένους δορυφόρους ανίχνευσης της Γης για τις επιστημονικές τους ανάγκες.

Η Γαλλία συνεχίζοντας το διαστημικό της πρόγραμμα SPOT, μετά την εκτόξευση του SPOT-1 το Φεβρουάριο 1986, που θα έχει διάρκεια ζωής δύο περίπου ετών, θα εκτοξεύσει το 1988 ένα ακόμη όμοιο δορυφόρο, το SPOT-2. Ο SPOT-3 θα εκτοξευθεί το 1990 και ο SPOT-4 την περίοδο 1994-1998. Οι δυο τελευταίοι δορυφόροι θα φέρουν πιο βελτιωμένα συστήματα καταγραφής απ'ότι οι δυο πρώτοι δορυφόροι (NRSC, SPOT news, 1986).

Το Κέντρο Διαστημικών Έρευνών της Ευρώπης (E.S.A.) προγραμμάτισε να εκτοξεύσει το 1989 το δικό της δορυφόρο ERS-1 (ESA Resources Satellite), ο οποίος θα περιφέρεται σε κυκλική, σύγχρονη με τον Ήλιο τροχιά, σε ύψος 777 Km, θα έχει περίοδο περιστροφής 3 ημέρες και θα δίνει εικόνες ραντάρ πλάτους 99 Km. Ο ERS-1 ορχικά θα χρησιμοποιηθεί για ωκεανογραφικές παρατηρήσεις και θα φέρει εκτός των άλλων δεκτών τηλεπισκόπησης (όπως είναι οι απεικονιστές για τη μέτρηση των ανέμων και κυμάτων) και ένα οπικονιστή SAR (Synthetic Aperture Radar: Ραντάρ συνθετικής κεραίας) για τη συλλογή εικόνων ραντάρ (SAR). Οι εικόνες ERS-1, στη C-μπάντα, με όμοια κατακόρυφη πόλωση (V.V) και διακριτική ικανότητα 30 m, θα συμπληρώνουν τις πληροφορίες που δίνουν οι εικόνες των LANDSAT-4,-5 και SPOT, για τις παράκτιες περιοχές. Όπως είναι γνωστά, οι απεικονιστές ραντάρ καταγράφουν το ανάγλυφο της Γης με σύννεφα, ημέρα και νύχτα, και σε περιοχές δύσκολες για τους απεικονιστές LANDSAT και SPOT, όπως είναι οι ερημικές-αμμώδεις περιοχές και οι πυκνές δασώδεις περιοχές.

Η Ιαπωνία θα εκτοξεύσει τους δικούς της δορυφόρους των σειρών MOS και LOS για τη ανίχνευση της θάλασσας και της χέρσου αντίστοιχα. Ο δορυφόρος MOS-1 προγραμματίστηκε να εκτοξευθεί μέσα στο 1987 και ο LOS-1 αργότερα. Το ESA διαπραγματεύεται τη χρήση των εικόνων που θα ληφθούν από τους Ιαπωνικούς δορυφόρους.

Η Βραζιλία επίσης προγραμμάτισε να εκτοξεύσει το δικό της δορυφόρο BRESEX για το 1988.

Ο Καναδάς προγραμμάτισε να εκτοξεύσει το 1991, σε πολική τροχιά, το δικό του δορυφόρο RADARSAT με απεικονιστή ένα SAR. Ο δορυφόρος αυτός θα χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση των παρακτίων περιοχών του Καναδά.

Τέλος η Ινδία προγραμμάτισε στο μέλλον να εκτοξεύσει το δικό της δορυφόρο IRS-1. (Περισσότερες πληροφορίες για τις μελλοντικές βελτιωμένες πτήσεις δορυφόρων αναφέρονται σε διάφορα φυλλάδια Newsletters του NRSC και LANDSAT data users notes του 1986).

## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Αν και πέρασαν δεκατέσσερα χρόνια από τότε που εκτοξεύθηκε ο πρώτος δορυφόρος LANDSAT (σχ. 1), στη χώρα μας δεν έχουν γίνει αρκετές έρευνες σχετικές με τη χρήση των εικόνων LANDSAT στις γεωπιστώσεις. Η μη συχνή χρησιμοποίηση δορυφορικών εικόνων από τους Έλληνες ερευνητές το πιθανότερο να οφείλεται, από τη μια μεριά στην ελλιπή ενημέρωση του γνησίου Εθνικού Θεσμού της Τηλεπισκόπησης και των γεωπιστώσεων και από την άλλη, στην όχι και τόσο ενεργή δραστηριότητα της "Ελληνικής Εταιρείας Φωτο-



γρομετρίος και Τηλεπισκόπησης" (Αθήνα) και του "Κέντρου Διαοημικών Ερευνών της Ελλάδας" (Ελληνικόν, Αθήνα). Έτσι μόνο μεμονωμένες εργασίες τηλεσκόπησης έχουν γίνει, χωρίς την ενθάρυνση ή συμπαράσταση κάποιου κρατικού φορέα ή επιστημονικής εταιρείας.

Με την παρούσα εργασία, εκτός των άλλων, γίνεται μια πρώτη προσπάθεια συγκέντρωσης και αναφοράς εργασιών τηλεπισκόπησης, που έγιναν από Έλληνες (και ξένους) ερευνητές για τον Ελληνικό χώρο, με σκοπό να πληροφορήσει και να κινήσει το ενδιαφέρον και άλλων συναδέλφων γεωεπιστημόνων ώστε να ανταλλάξουν τις γνώσεις και εμπειρίες τους σχετικά με την τηλεπισκόπηση και τις εφαρμογές της στις γεωεπιστήμες.

Πιθανόν να υπάρχουν και άλλες εργασίες, άγνωστες στον συγγραφέα, η μή πραγματοποίηση όμως, μέχρι τώρα στην Ελλάδα, μιας επιστημονικής συνάντησης σχετικά με την τηλεπισκόπηση και τις εφαρμογές της, δεν επέτρεψε την πλήρη ενημέρωση του συγγραφέα. Μια τέτοια επιστημονική συνάντηση-αλληλοενημέρωση είχε προγραμματισθεί να γίνει κατά τη διάρκεια ενός Διεθνούς Σεμιναρίου Τηλεπισκόπησης που οργανώθηκε από την Ελλάδα, ΟΗΕ και FAO στο Μετσόβειο Πολυτεχνείο, τον Οκτώβριο 1980 και το οποίο παρακολούθησαν αρκετοί Έλληνες φωτογραμμέτρεις και φωτοανασυτές (φωτοερμηνευτές). Δυστυχώς αυτή η πρώτη Ελληνική επιστημονική συνάντηση των παραπάνω ερευνητών δεν επαναλήφθηκε μετέπειτα, για άγνωστους στο συγγραφέα λόγους.

Σχετικά με τις διάφορες εργασίες τηλεπισκόπησης που έγιναν στην Ελλάδα αναφέρονται τα εξής:

Μια πρώτη προσπάθεια χρήσης των εικόνων LANDSAT-1, για την κατασκευή εδαφολογικών χαρτών, χαρτών χρήσης γης και πυκνότητας δασών, έγινε από τους Vassoglou και τους συνεργάτες του, το 1973, στην αρεινή περιοχή της Ανατολικής Πελοποννήσου με τη βοήθεια οπτικής ανάλυσης εικόνων M.S.S. του LANDSAT-1.

Το 1984, οι Astaras and Silleos ταξινόμησαν ένα μεγάλο τμήμα της Κεντρικής Μακεδονίας σε γεωμορφολογικά συμπλέγματα (land complexes: ενότητες με επανασομβανόμενη τοπογραφία, βλάστηση και εδάφους) με τη βοήθεια της οπτικής ανάλυσης εικόνων M.S.S. των LANDSAT-2, -3 κλίμακας 1:250.000. Οι χάρτες αυτοί έγιναν με σκοπό να αποτελέσουν τη βάση για τη μετέπειτα κατασκευή γεωμορφολογικών-εδαφολογικών χαρτών και χαρτών χρήσης γης. Στη χαρτογράφηση αυτή συναντήθηκαν δυσκολίες σχετικά με την οριοθέτηση των γεωμορφολογικών συμπλεγμάτων που απαντούν σε πεδινές περιλαχές (με ήπιο ανάγλυφο).

Οι Stefouli and Osmaston το 1984, μελέτησαν γεωλογικές φωτογραμμώσεις στην Κρήτη με τη βοήθεια ψηφιακής ανάλυσης εικόνων M.S.S. των LANDSAT 1-3. Οι φωτογραμμώσεις αυτές μπορούν να βοηθήσουν σε μελλοντικές γεωλογικές, υδρολογικές, τεκτονικές και σεισμολογικές μελέτες της περιοχής.

Ο Dalias το 1984, με ψηφιακή ανάλυση εικόνων M.S.S. των LANDSAT 1-3, που έκανε στις ΗΠΑ και που καλύπτουν την περιοχή της ΒΑ Πίνδου, εντόπισε και χαρτογράφησε τα εξής: Τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών, ευθύγραμμες φωτογραμμώσεις, οι οποίες επιβεβαίωσαν υποθετικά ρήγματα που ανσπαρίοσανται στους υπάρχοντες γεωλογικούς χάρτες. Κυκλικές φωτογραμμώσεις, που έχουν σχέση με πιθανούς δόμους άλατος και εμφανίσεις κοιτασμάτων πετρελαίου. Επίσης χαρτογράφησε πιθανές ζώνες κοιτασμάτων (π.χ. φωσφορίτη).

Ο Astaras το 1985, ανέλυσε οπτικά εικόνες M.S.S. του LANDSAT-3 κλίμακας 1:250.000 για τη μελέτη του υδρογραφικού δικτύου της ορεινής περιοχής Ολύμπου-Πιερίων, το οποίο σύγκρινε με χάρτες της Γ.Υ.Σ., της ίδιας κλίμακας. Από τη σύγκριση προέκυψε ότι οι δορυφορικές εικόνες δίνουν περισσότερες γεωμορφολογικές πληροφορίες, απ' ό,τι οι αναφερόμενοι χάρτες. Επί πλέον δε, δίνουν πληροφορίες σχετικά με το ποιά φασματική ζώνη (band) είναι πιο κατάλληλη για τη χάραξη του υδρογραφικού δικτύου μιας συγκεκριμένης γεωμορφολογικής ενότητας (π.χ. πεδινή, ορεινή). Ως γνωστόν η ακριβής και η ταχεία χάραξη ενός υδρογραφικού δικτύου είναι χρήσιμη στους υδρογεωλόγους για την ταχεία συγκέντρωση υδρολογικών παραμέτρων, γιατί συγκεκριμένες μορφομετρικές παράμετροι του δικτύου συνδέονται στενά με συγκεκριμένες υδρολογικές παραμέτρους.

Το 1985, οι Αλμπανάκης και Αστάρας μελέτησαν M.S.S.-εικόνες των LANDSAT-2,-3, με τη βοήθεια συστήματος ψηφιακής ανάλυσης εικόνων (Αλμπανάκης, Αγγλία) και χαρτογράφησαν την κατανομή των αιωρούμενων ποταμίων ιζημάτων του θερμαϊκού κόλπου και του όρμου της Θεσσαλονίκης, για τις περιόδους θέρους και τέλους χειμώνα-αρχή άνοιξης. Από τη χαρτογράφηση αυτή βγήκαν ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με την κυκλοφορία των υδάτων μεταξύ του κόλπου του Θερμοϊκού (καθαρά νερά) και του όρμου της Θεσσαλονίκης (μολυσμένα νερά από τα απόβλητα της πόλης και τις βιομηχανίες της Θεσσαλονίκης).

Το 1986 ο Βαλορούλος και οι συνεργάτες του, έκαναν μια εργασία επίσης στον κόλπο της Θεσ/νίκης. Σ' αυτή ανέλυσαν M.S.S.-εικόνες των LANDSAT-2,-3 της περιοχής του κόλπου και χαρτογράφησαν τα αιωρούμενα ιζήματα διαχρονικά (θέρος, χειμώνας-άνοιξη). Στη συνέχεια συνέκριναν τα αποτελέσματά της με τα αποτελέσματα που έβγαλαν από την κατασκευή διαχρονικών θερμοδυναμικών μοντέλων (κίνησης των θαλασσίων υδάτων) και ενός μοντέλου διασποράς των αιωρούμενων ιζημάτων-οποβλήτων στα νερά. Από τη σύγκριση βγήκαν συμπεράσματα για τις πιθανές κινήσεις των υδάτων του κόλπου και για τις παράκτιες διεργασίες διάβρωσης-απόθεσης που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του κόλπου.

Το 1986(87) οι Silleos and Astaras, προσπάθησαν να αξιοποιήσουν τη στερεοσκοπική κάλυψη τμήματος του Ελληνικού αναγλύφου από τις M.S.S.-εικόνες, κλίμακας 1:250.000. Έτσι, στερεοσκοπικά και μονοσκοπικά, ταξινόμησαν τμήμα της Κεντρικής Πελοποννήσου, το οποίο παρουσιάζει πλευρική επικάλυψη 35% περίπου μεταξύ δύο γειτονικών M.S.S.-εικόνων. Στην εργασία αυτή διαπιστώθηκε η υπεροχή της στερεοσκοπικής εικόνας-M.S.S., απέναντι της αντίστοιχης μονοσκοπικής, για τον ακριβέστερο και πιο γρήγορο εντοπισμό και χάραξη των διαφόρων γεωμορφολογικών ενατήτων της περιοχής μελέτης. Το αποτέλεσμα αυτό είναι πολύ σημαντικό αν λάβουμε υπόψη μας ότι πρόσφατα ο SPOT (Φεβρουάριος 1986) τέθηκε σε τροχιά και άρχισε να δίνει εικόνες 60 Km X 60(80) Km που παρουσιάζουν σημαντική στερεοσκοπική κάλυψη και έχουν διακριτική ικανότητα 10-20 m.

Οι Diamantopoulos and Paraskevopoulos, το 1986, μελέτησαν την "επανάκαμψη" (recovery) της βλάστησης στις Μεσογειακές χώρες, μετά από πυρκαγιές, με τη βοήθεια της οπτικής ανάλυσης εικόνων LANDSAT 1<sup>ης</sup> γενεάς.

Επίσης ο Ψηφιακός Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης, τον Ιανουάριο του 1986, ανέλυσε οπτικά εικόνες M.S.S. του LANDSAT-3 και T.M.-

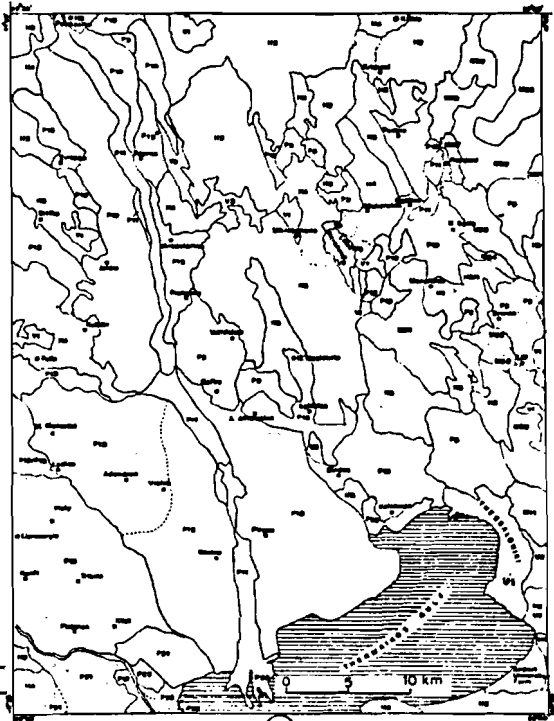
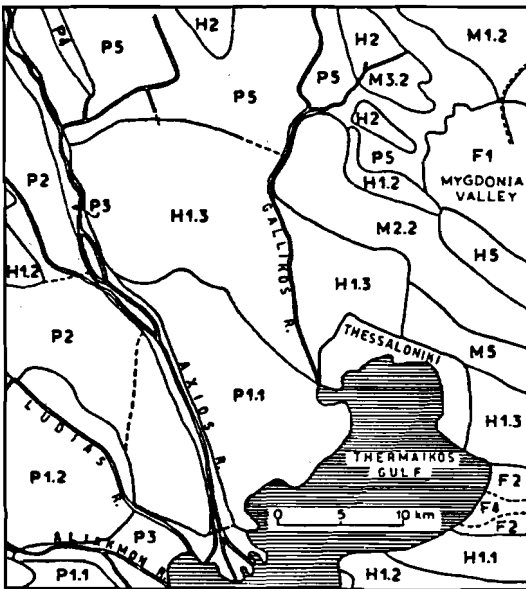
εικόνων του LANDSAT-5, που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή της Θεσ/νίκης, διαπίστωσαν ότι οι T.M.-εικόνες δίνουν περισσότερες γεωλογικές και γεωμορφολογικές πληροφορίες από ότι οι M.S.S.-εικόνες. Συγκεκριμένα στις T.M.-εικόνες (band 7) της περιοχής Θεσ/νίκης οριοθετήθηκαν περισσότερες και με μεγαλύτερη ακρίβεια γεωμορφολογικές ενότητες από ότι στις M.S.S.-εικόνες (bands 5, 7) (σχ. 8, 9). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός ρίχελς ανά μονάδα επιφανείας στις T.M.-εικόνες από ότι στις M.S.S.-εικόνες.

Η εμπειρία που αποκτήθηκε στον τομέα της τηλεπισκόπησης τα τελευταία 6-7 χρόνια από μια ομάδα συναδέλφων του Αριστοτέλειου Παν/μίου Θεσ/νίκης, σε συνδυασμό με τη βελτίωση των δορυφορικών εικόνων και την αντίστοιχη βελτίωση των μεθόδων ψηφιακής ανάλυσης εικόνων, ενθάρρυνε τους ερευνητές της ομάδας αυτής ("Ερευνητική Ομάδα Τηλεπισκόπησης Παν/μίου Θεσ/νίκης") να συζητηθούν συλλογικά στον τομέα αυτό. Κερπός αυτής της συνεργασίας είναι η ανάληψη ενός προγράμματος από την ΕΟΚ (Joint Research Center, Ispra, Italy) που γίνεται σε συνεργασία με τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας της Διεύθυνσης Διεθνούς Συνεργασίας του Υπουργείου Βιομηχανίας, Έρευνας και Τεχνολογίας. Το πρόγραμμα αυτό που έχει τίτλο "Rural land use by the application of SGEOS (Second Generation Observation Satellites) land resources", θα γίνει με τη βοήθεια ψηφιακής ανάλυσης εικόνων T.M. και SPOT στη μείζονα περιοχή της Ανατολικής Θεσ/νίκης.

Το ίδιο ερευνητικό πρόγραμμα τηλεπισκόπησης της ΕΟΚ έχει αναλάβει και η "Ερευνητική Ομάδα Τηλεπισκόπησης του Παν/μίου Αθηνών" για την περιοχή της ΝΔ Πελοποννήσου σε συνεργασία με το Παν/μιο του Reading της Αγγλίας.

Τα τελευταία 3-4 χρόνια το Τμήμα Φωτογεωλογίας του ΙΓΜΕ, αντιλαμβανόμενο την αξία των δορυφορικών εικόνων στη γεωλογία (πετρογραφία και κοιτασματολογία), διεύρυνε τις ερευνητικές του δραστηριότητες και στον τομέα της χρήσης εικόνων LANDSAT για τον εντοπισμό νέων κοιτασμάτων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Πρόσφατα μάλιστα έχει αναλάβει ένα ερευνητικό πρόγραμμα της ΕΟΚ, σε συνεργασία με το N.R.S.C. (National Remote Sensing Centre) της Αγγλίας, το οποίο έχει τίτλο "New concepts in mineral exploration philosophy and their use in the study of different types of Polymetallic mineralization in the Rhodope region, Greece" (N.R.S.C., 1986). Κατά τον Π. Τάμπο (1986), η παραπάνω ερευνητική προσπάθεια συγκεντρώνεται στον εντοπισμό υδροθερμικών κοιτασμάτων (μικτών θειούχων) στην περιοχή της Ροδόπης.

Εκτός από τις παραπάνω εργασίες τηλεπισκόπησης, χρήση εικόνων LANDSAT, έγινε, βασηθητικά, από διαφόρους γεωπιστάθμονες σε εργασίες τους, γεωλογικού, σεισμολογικού ή οικολογικού περιεχομένου (Kronberg and Gunther (1977), Meissner (1977), Polyzos (1977), Fountoulis (1980), Angelier et al. (1982), Mercier et al. (1983), Διαμαντόπουλος (1983), Paulides and Mountrakis (1987)). Σ' αυτές τις εργασίες η ανάλυση των εικόνων LANDSAT επιβεβαίωσε συμπεράσματα των παραπάνω ερευνητών που έβγαλαν με τη βοήθεια άλλων μέσων ή μεθόδων έρευνας.



(A)

(B)

Σχ. 8. Χάρτες (Α,Β) που δείχνουν τις γεωμορφολογικές ενότητες της ευρύτερης περιοχής Θεσ/νίκης-Κιλκίς. Α: Από την οπτική ανάλυση MSS-εικόνων κλίμακας 1:250.000 (Astaras and Silleos, 1984). Β: Από την οπτική ανάλυση TM-εικόνων (Silleos and Astaras, 1986).



Σχ. 9. Α: MSS-εικόνα (band 7, 7 Δεκ.1979) του LANDSAT-3. Β: TM-εικόνα (band 7, Αυγ. 1985) του LANDSAT-5. Οι εικόνες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την οπτική ανάλυση των πάνω γεωμορφολογικών ενότητων (σχ.8).

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι δορυφόροι ανίχνευσης της Γης της σειράς LANDSAT στις γεωεπιστήμες. Συγκεκριμένα, δίδεται έμφαση στα εξής:

1) Στην υπεροχή των εικόνων που λαμβάνονται από τους δορυφόρους 2<sup>ης</sup> γενεάς (LANDSAT-4,-5) σε σχέση με εκείνες των δορυφόρων 1<sup>ης</sup> γενεάς (LANDSAT-1,-2,-3). Η υπεροχή αυτή έχει σχέση με την μεγαλύτερη κλίμακα (1:125.000 στις T.M.-εικόνες (του θεματικού χαρτογράφου) του LANDSAT-5 και 1:250.000 στις M.S.S.-εικόνες των LANDSAT-1,-2,-3), το μεγαλύτερο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (0,45 μm - 12,5 μm στον T.M.-σαρωτή και 0,5 μm - 1,1 μm στον M.S.S.-σαρωτή) και την καλύτερη διακριτική ικανότητα (30 m X 30 m στις T.M.-εικόνες και 79 m X 79 m στις M.S.S.-εικόνες) των T.M.-εικόνων σε σχέση με τις M.S.S.-εικόνες.

2) Σε μερικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των LANDSAT-εικόνων που τις κάνουν να υπερέχουν σε σχέση με τις "συμβατικές" (πανχρωματικές) αεροφωτογραφίες. Αυτά είναι: η συνοπτική κάλυψη (185 Km X 185 Km), η επαναλαμβανόμενη σάρωση μιας περιοχής (κάθε 16 ημέρες στους LANDSAT-4,-5 και κάθε 18 ημέρες στους LANDSAT-1,-2,-3), η σχεδόν ορθογραφική προβολή και η πολυφασματική ικανότητα (τέσσερις (4) φασματικές ζώνες στους LANDSAT-1,-2,-3 και επτά (7) φασματικές ζώνες στους LANDSAT-4,-5) των εικόνων LANDSAT.

3) Στους μελλοντικούς-βελτιωμένους δορυφόρους ανίχνευσης της Γης (3<sup>ης</sup> γενεάς) που προγραμματίστηκαν να εκτοξευθούν τα επόμενα δέκα χρόνια. Αυτοί είναι: οι δορυφόροι LANDSAT-6,-7 (1989, 1993) των ΗΠΑ, οι γαλλικοί δορυφόροι SPOT-2,-3,-4 (1988, 1990 & 1994-98), ο δορυφόρος ERS-1 του ESA (1989), οι Ιαπωνικοί δορυφόροι MOS (1987) και LOS (για την ανίχνευση της θάλασσας και της χέρσου αντίστοιχα), οι δορυφόροι BRESEX (1988), RADARSAT (1991) και IRS, της Βραζιλίας, Καναδά και Ινδίας αντίστοιχα.

Στο τέλος αναφέρονται μερικά παραδείγματα χρήσης των δεδομένων LANDSAT, σε αναλογική (εικόνες) και ψηφιακή μορφή (C.C.Ts), σε τομείς έρευνας σχετικούς με τη γεωλογία, γεωμορφολογία, εδαφολογία, οικολογία, ανίχνευση και προστασία του περιβάλλοντος, διάφορων περιοχών της Ελλάδας.

## ABSTRACT

The objectives of this report were to describe the use of first (FGEOS: LANDSAT-1,-2,-3) and second generation earth observation (resources) satellites (SGEOS: LANDSAT-4,-5) to geosciences. Especially, to describe and point out the following:

1) The superiority of the SGEOS over FGEOS: This superiority concerns the better scale (1:125.000, of T.M.-images of LANDSAT-5, compared with 1:250.000 of the M.S.S.-images of LANDSAT-1,-2,-3), the wider range of the electromagnetic spectrum (0,45 μm - 12,5 μm, compared with the 0,50 μm - 1,1 μm range of the M.S.S.-images) and the better resolution (30 m X 30 m, compared with 79 m X 79 m of the M.S.S.-images).

2) Some inherent characteristics of LANDSAT images that provide the advantages

over conventional (panchromatic) aerial photographs: These characteristics are the synoptic view (185 Km X 185 Km), repetitive coverage (every 16 days for the SGEOS and 18 days for the FGEOS), the almost orthographic projection and multispectral capabilities (four spectral bands for LANDSAT-1,-2,-3 and seven for LANDSAT-4,-5).

3) The future-improved earth resources satellites (third generation) and sensors planned to be launched, the next ten years, by the USA and other countries and international organizations: These satellites are the USA satellites LANDSAT-6,-7 (1989, 1993), the French SPOT-2,-3,-4 satellites (1988, 1990 and 1994-98), the ERS-1 satellite of the European Space Agency (1989), the two series Japanese satellites: MOS and LOS, for searching sea and land correspondingly (1987), the Brazilian BRESEX (1988), the Canadian RADARSAT (1991) and the Indian IRS satellites.

Finally, some examples of applications of the analog and digital form LANDSAT data to various fields of geosciences, such as geology, geomorphology, edaphology, ecology, monitoring and protecting the environment in the Greek territory, are mentioned as well.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλμπανάκης, Κ., Αστάρας, Θ. (1984): "Εφαρμογή της ανάλυσης των δορυφορικών εικόνων LANDSAT στην περιοδική ανίχνευση του περιβάλλοντος του θερμαϊκού κόλπου. Συμβολή στη λύση του προβλήματος σχετικού με την κατανομή των αιωρούμενων ποτάμιων ιζημάτων στο Θερμαϊκό κόλπο". Πρακτικά του Συνεδρίου Περιβάλλον και Ποιότητα Ζωής στη Θεσ/νίκη, Τόμος Α, σελ. 187-192, Θεσ/νίκη.
- Angelier, J., N. Lyberis, X., Le Pichon, E. Barrier and Ph. Huchon (1982): "The tectonic development of the Hellenic arc and the sea of Crete: A Synthesis". *Tectonophysics*, 86, 159-196.
- Astaras, T. and Silleos, N. (1984): "Land classification of part of central Macedonia (Greece) by the use of remote sensing techniques". *Int. J. Remote Sensing* Vol.5 (1), pp. 289-302.
- Astaras, T. (1985): "Drainage network analysis of LANDSAT images of the Olympus-Pieria mountain area, northern Greece". *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 6(5), pp.673-686.
- Αστάρας, Θ. (1986): "Φωτοερμηνεία (Τηλεπισκόπηση) στις γεωεπιστήμες" (Σημειώσεις) 192 σελ. Γεωλογικό Τμήμα Α.Π.Θ. Θεσ/νίκη.
- Avery, T. (1977): "Interpretation of Aerial Photographs", pp. 392. Third Edition, Burgess Publ. Co, Minneapolis, Minnesota.
- Balopoulos, E., Collins M. and A. James (1986): "Satellite images and their use in the numerical modelling of coastal processes". *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 7 (7), 905-919.
- Carter, W. (1980): Workshop exercise focused on structural geology and mineral resources of Καρπανάκι state, India. Exploratory report. In "Remote Sensing and Mineral Exploration". Edited by W. Carter. L. Rowan and J. Huntington. COSPAR Advances in

- Space Exploration. Vol. 10, Pergamon Press, Oxford.
- Colwell, R. Ed. (1984): "Manual of Remote Sensing" Vol. I, II, pp. 2440. Second Edition Am. Soc. Photogrammetry, Virginia.
- Curran, P. (1984): Remote Sensing from Earth Resources satellites-Review and Preview. In "Satellite Remote Sensing - Review and Preview". Proceedings of the Remote Sensing Society, pp. 1-12, Reading, U.K.
- Dallas, D. (1984): "LANDSAT data processing for geological evaluation of a part of NW Greece." M. Sc. Thesis, University of Missouri-Rolla, Department of Geological Engineering, Missouri, USA.
- Διομαντόπουλος, Ι. (1983): "Δομή και διανομή των Ελληνικών Φυγανικών Οικοσυστημάτων". Διδ. Διατριβή Βιολογικού Τμήματος Α.Π.Θ., Θεσ/νίκη.
- Diamantopoulos, J. and Paraskevoudos (1986): "The use of Remote Sensing Techniques in the study of vegetation recovery after fire in Mediterranean countries (A preliminary study)". Proc. ISLSCP. Conference, Rome, 2-6 Dec. 1985, ESA SP-24B (May 1986).
- Fountoulis, D. (1980): "Etude neotectonique et seismotectonique du bassin de Langadha (Macedoine, Greece)", These 3s cycle. Univ. de Paris-Sud, Paris.
- Karteris, M. (1983): "Some conclusions on the applications of LANDSAT in forestry". South. African. J. of Photogram. Remote Sensing and Cartography, 13, 321-329.
- Karteris, M. (1985): "Mapping of forest resources from a LANDSAT diazo colour composite". Int. J. Remote Sensing, Vol. 6(12), pp. 1797-1811.
- Καρτέσης, Μ. (1986): "Δασική αεροφωτογραμμία", τεύχος 1, 362 σελ. Τμήμα Δασολογίας και Φυοικρύ Περιβάλλοντος. Α.Π.Θ., Θεσ/νίκη.
- Kronberg, P. and R. Günther (1977): "Fracture patterns and principles of crustal fracturing in the Aegean region". VI Colloqu. Geol. of the Aegean Region, Vol. II. op. 907-911.
- LANDSAT DATA USERS NOTES (1986): National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, USA, Issue No 35, Μάρτιος 1986, 20 pages.
- Lyberis, N., Chorowicz et S. Papamarinopoulos (1982): "La paleofaille transformante de Kastaniotikos (Grèce): télédétection, données de terrain et géophysique". Bull. Soc. Geol. France (7), XXIV (1), 73-85.
- Meissner, B. (1977): "The fracture pattern of the Central Aegean Sea. A comparative investigation of LANDSAT-images airphotos, sea maps and field observation". VI Colloqu. Geol. of the Aegean Region. Vol. II. pp. 893-906.
- Mercier, J., Garey-Gailhardis, E., Mouyaris, N., Simeakis, K., Roundoyannis, Th. and Ch. Anghelidis (1983): "Structural analysis of recent and active faults and regional state of stress in the epicentral area of the 1978 Thessaloniki earthquakes (Northern Greece)". Tectonics. Vol. 2(6), pp. 557-600.
- Μυριόνης, Μ. (1986): "Βιβλιοθήκη εδοφόροτος εγρήματα LANDSAT για Α.Π.Θ. του ορυκτού πλούτου (δορυφορνεωλογία)". Ορυκτός Πλούτος, 15, 19-36.

- N.R.S.C. (National Remote Sensing Centre), U.K. (1985/86): Newsletter issues, No 3 - No 6.
- N.R.S.C. (1986): SPOT news, iss. No 1, 8 pages.
- Νόβοσι (1986): "Ο δρόμος προς το όστρα", 48 σελ., Εκδόσεις του Προκτορείου Τύπου Νόβοσι (Ε.Σ.Σ.Α.).
- Paulides, S. and Mountrakis, D. (1987): "Neotectonics of the Florina-Vegoritis-Ptolemais Neogene basin (NW Greece). An example of extensional tectonics of the greater Aegean area" Υπό έκδοση στο Ann. de Pays. Helleniques, Αθήνα.
- Polyzos, N. (1977): Untersuchungen zur geologischen Auswertbarkeit von Satellitenaufnahmen am Beispiel Mittelgriechenlands, Thesis, Geol. Institute, TU Clausthal, F.R.G.
- Stefouli, M. and H. Osmaston (1984): "The remote sensing of geological linear features using LANDSAT: Matching analytical approaches to practical applications". In "Satellite Remote Sensing-Review and Preview." Proceedings of the Remote Sensing Society, pp. 227-236, Reading, U.K.
- Συλλαός, Ν. (1985): "Φωτοερμηνεία", 102 σελ., Γεωπονική Σχολή, Α.Π.Θ., Θεσ/νίκη.
- Silleos, N. and Astaras, T. (1986): "Land classification for terrain resources using SGEOS images. An example from Thessaloniki-Kilkis area (Greece)". Meeting of the I.G.U. Working Group LANDSCAPE SYNTHESIS (Banyoles, August, 1986) Spain (υπό εκτύπωση).
- Silleos, N. and Astaras, T. (1986/87): "Terrain Resources survey by visual monoscopic and stereoscopic interpretation of satellite images". Για δημοσίευση στο περιοδικό Inter. J. Remote Sensing, U.K.
- Τσακίρη-Στρατή, Μ. (1984): "Μια θεώρηση στη ψηφιακή επεξεργασία πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων και ανάλυση πρωτύπου". Πρακτικά Συνεδρίου: "Ολοκληρωμένες Πληροφορίες Γης. Θεμέλιο για Ανάπτυξη", σελ. 569-582. Τομέας Κτηματολογίου Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας, Α.Π.Θ. Θεσ/νίκη.
- Τσόμπος, Π. (1986): Πρασπική συζήτηση, ΙΓΜΕ, Τμήμα Φωτογεωλογίας, Αθήνα.
- U.S. Geological Survey, NOAA (1982): Index to LANDSAT Worldwide Reference Systems (WRS) LANDSAT-4, Sheet 4.
- Zuidam, Van, R. (1979): ITC Textbook of photo-interpretation, Vol. VII. Chapter 6: "Terrain analysis and classification using aerial photographs", pp. 310, Suppl. pp. 24, ITC, Enschede, The Netherlands.