

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ LANDSAT-TM, IRS-1C/PAN ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (G.I.S.), ΣΤΟΝ ΑΚΡΙΒΕΣΤΕΡΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΕΝΔΡΟΠΟΤΑΜΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.¹

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ² ΚΑΙ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο χείμαρρος του Δενδροποτάμου είναι γνωστός στους Θεσσαλονικείς, γιατί στη λεκάνη απορροής του έχουν σημειωθεί κατά καιρούς πλημμύρες, ως αποτέλεσμα της άναρχης δόμησης στα κατάντη της λεκάνης απορροής του. Στην παρούσα εργασία, επιχειρείται μία μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του Δενδροποτάμου, με την βοήθεια μιας εικόνας του Ινδικού δορυφόρου IRS-1C (παγχρωματική εικόνα, διακριτικής ικανότητας 5 μέτρων) και των τριών πρώτων φασματικών ζωνών LANDSAT-5/TM (διακριτικής ικανότητας 30 μέτρων) που έχουν «συγχωνευθεί» (merged) με την παραπάνω παγχρωματική εικόνα. Σε συνδυασμό με επίπεδα γεωγραφικών πληροφοριών που ψηφιοποιήθηκαν (υδρογραφικό δίκτυο, υδροκρίτης, ισούψεις καμπύλες), η εικόνα IRS-1C, βοήθησε στον εντοπισμό κλάδων του υδρογραφικού δικτύου (ρέματα 1^{ης} τάξης) οι οποίοι δεν ήταν καταγεγραμμένοι σε κανέναν τοπογραφικό χάρτη. Τα αποτελέσματα αυτά, μπορούν να χρησιμεύσουν σε υδρογεωλόγους και γεωμορφολόγους, στον ακριβέστερο υπολογισμό της υδατοπαροχής και των στερεών υλικών που θα προκύψουν σε μελλοντικές πλημμύρες.

ABSTRACT

The last years, the improvement of the spatial resolution of satellite images, allowed scientists to study, with better accuracy geomorphological features. The city of Thessaloniki (Macedonia area, Northern Greece), faced an increase of its' population the last decades, especially in the western parts.

During this study, for the delineation of the drainage network of Dendropotamos, topographic maps of HAGS (Hellenic Army Geographical Service) were used, in order to locate branches of the drainage network, which were not mapped on the above maps. The drainage network, the contours and the watershed line of the drainage basin, were digitized with the help of ArcGIS software. Also, in the present study, the following images were used: the Indian satellite image IRS-1C (panchromatic, 5.8 metres resolution, acquisition date 29/06/1996) merged with the False Colour Composite (R,G,B/3,2,1) resulted from the first three Thematic Mapper (TM) bands of the LANDSAT-5 satellite (30 metres resolution, acquisition date 29/06/1991). The EASI/PACE software was used for the digital image processing of the above images. From the combined digital processing and analysis, many new branches of the drainage network were located and delineated. These 1st order drainage lines (channels) were not delineated in any topographic map, old or modern. The above findings, could be proved a useful tool to Hydrogeologists and Physical-Geographers, for their more accurate calculations of the water supply and the solid materials that the stream will discharge during future potential floods. These results can also contribute to the upgrade (correction) of the present topographic maps, which are useful to geoscientists and surveyors, for their more detailed thematic mapping.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τηλεπισκόπηση, δορυφόροι IRS-1C και LANDSAT-TM, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ρέματα/κοίτες, λεκάνη απορροής, Δενδροπόταμος.

KEY-WORDS: Remote Sensing, satellites IRS-1C and LANDSAT, GIS, streams/channels Dendropotamos.

1: THE USE OF LANDSAT-TM, IRS-1C/PAN IMAGES AND GIS IN THE STUDY OF DRAINAGE NETWORKS. AN EXAMPLE FROM DENDROPOTAMOS STREAM, THESSALONIKI AREA.

2: Prof. of Geology, Dept. of Physical And Environmental Geography, 54006, Thessaloniki, Greece (astaras@geo.auth.gr)

3: Dr. of Geology, Dept. of Physical And Environmental Geography, 54006, Thessaloniki, Greece

1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η ακριβέστερη χάραξη υδρογραφικών δικτύων σε μια λεκάνη απορροής, με τη βοήθεια δορυφορικών εικόνων, μέσης και υψηλής διακριτικής ικανότητας. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε η λεκάνη απορροής του Δενδροποτάμου.

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης είναι η λεκάνη απορροής του υδρογραφικού δικτύου του Δενδροποτάμου, που εκτείνεται γύρω από την πόλη της Θεσσαλονίκης, αλλά και εντός των ορίων του πολεοδομικού συγκροτήματός της. Το ανάγλυφο της περιοχής αυτής είναι πεδινό, λοφώδες και ορεινό.

Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου του Δενδροποτάμου, καταλαμβάνει έκταση 116,716 στρεμμάτων, και αποστραγγίζεται από το υποδενδριτικής μορφής (Howard, 1967) υδρογραφικό δίκτυο, κυρίως περιοδικής ροής.

Από τον χάρτη χρήσεων γης του Δασαρχείου Θεσσαλονίκης, προκύπτει ο Πιν. 1, (Θεοδωρούδης, 1994), από όπου φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της λεκάνης απορροής καλλιεργείται ή καλύπτεται από οικισμούς.

A/A	Χρήση Γης	Μερική Επιφάνεια	Ολική Επιφάνεια	Ποσοστό (%)
1	Δάση Κωνοφόρων (Πεύκη-Κυπάρισσος)	5,555	5,555	4.7
2	Δάση Πλατυφύλλων Α. Δρυός Β. Υδροχαρή	564 640	1204	1.0
3	Θαμνώνες συμπαγείς	2,494	2,494	2.1
4	Θαμνώνες αραιοί	23,067	23,067	19.8
5	Χορτολιβαδικά μη αλπικά	10,104	10,104	8.7
6	Γεωργικές καλλιέργειες	43,902	43,902	37.6
7	Οικισμοί	28,214	28,214	24.2
8	Πλήρως αποψιλωθείσες εκτάσεις	2,176	2,176	1.9
	Σύνολο	116,716	116,716	100.0

Πίνακας 1: Κατηγορίες χρήσης Γης της λεκάνης απορροής του χειμάρρου του Δενδροποτάμου.

Table 1: Land use of the Dendropotamos drainage basin.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαθέσιμα δεδομένα: α) δορυφορικές εικόνες μέσης και υψηλής διακριτικής ικανότητας, β) τοπογραφικός χάρτης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) : Φύλλο Θεσσαλονίκη, 1:50.000 (1982) και γ) λογισμικά ψηφιακής ανάλυσης εικόνων και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π./G.I.S.).

Συγκεκριμένα, οι διαθέσιμες εικόνες ήταν μια εικόνα του Ινδικού δορυφόρου (παγχρωματική) IRS-1C/PAN, εύρους φάσματος 0.50-0.75μm, υψηλής διακριτικής ικανότητας 5.8 μέτρων, λήψης 29/06/1996 και μία εικόνα «συγχώνευσης» (merging), των τριών πρώτων φασματικών ζωνών του δορυφόρου Landsat-5/TM (εύρους φάσματος 0.45-0.69 μm, λήψης 29/06/1991 και μέσης διακριτικής ικανότητας 30 μέτρων) με την παγχρωματική εικόνα του IRS-1C.

Εδώ κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι κατά την περίοδο απόκτησης της εικόνας IRS-1C/PAN (1998) δεν είχαν εκτοξευθεί ακόμη ο δορυφόρος IKONOS (1999), διακριτικής ικανότητας 1 μ. στο παγχρωματικό και 4 μ. στο πολυφασματικό και ο δορυφόρος QuickBird, (2001), διακριτικής ικανότητας 0.7 μ. στο παγχρωματικό και 2.8 μ. στο πολυφασματικό.

Η ψηφιακή επεξεργασία των παραπάνω εικόνων και GIS επιπέδων έγινε σε υπολογιστικό σύστημα Pentium III, χρησιμοποιώντας το λογισμικό α) ψηφιακής ανάλυσης εικόνας EASI/PACE v. 6.1 και β) Γ.Σ.Π. ArcGIS v. 8.1.2.

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας περιλάμβανε ποικίλες τεχνικές ενίσχυσης της εικόνας, έτσι ώστε αυτή να βελτιωθεί και να είναι κατάλληλη για οπτική ανάλυση. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν την γραμμική ενίσχυση της αντίθεσης, λόγους φασματικών ζωνών, ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Principal Component Analysis/PCA), χρησιμοποίηση φίλτρων, και σύνθεση ψευδοέγχρωμων εικόνων (False Colour Component/FCC) (Gupta, 1991, Drury, 1993, Sabins, 1997).

Η χρήση των Γ.Σ.Π. περιελάμβανε την ψηφιοποίηση, διόρθωση και επεξεργασία των επιπέδων Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως ισοϋψείς, υδρογραφικό δίκτυο, υδροκρίτης, τα οποία εξήχθησαν από τον προαναφερόμενο χάρτη της Γ.Υ.Σ.. Στη συνέχεια, τα επίπεδα αυτά, χρησιμοποιήθηκαν είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με τις δορυφορικές εικόνες. Για την ψηφιοποίηση των παραπάνω επιπέδων γεωγραφικών πληροφοριών, χρησιμοποιήθηκε ψηφιοποιητής ALTEC, μεγέθους A1.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των επεξεργασμένων δορυφορικών εικόνων, και τη σύγκρισή τους με τα επίπεδα Γ.Σ.Π. προέκυψαν τα εξής:

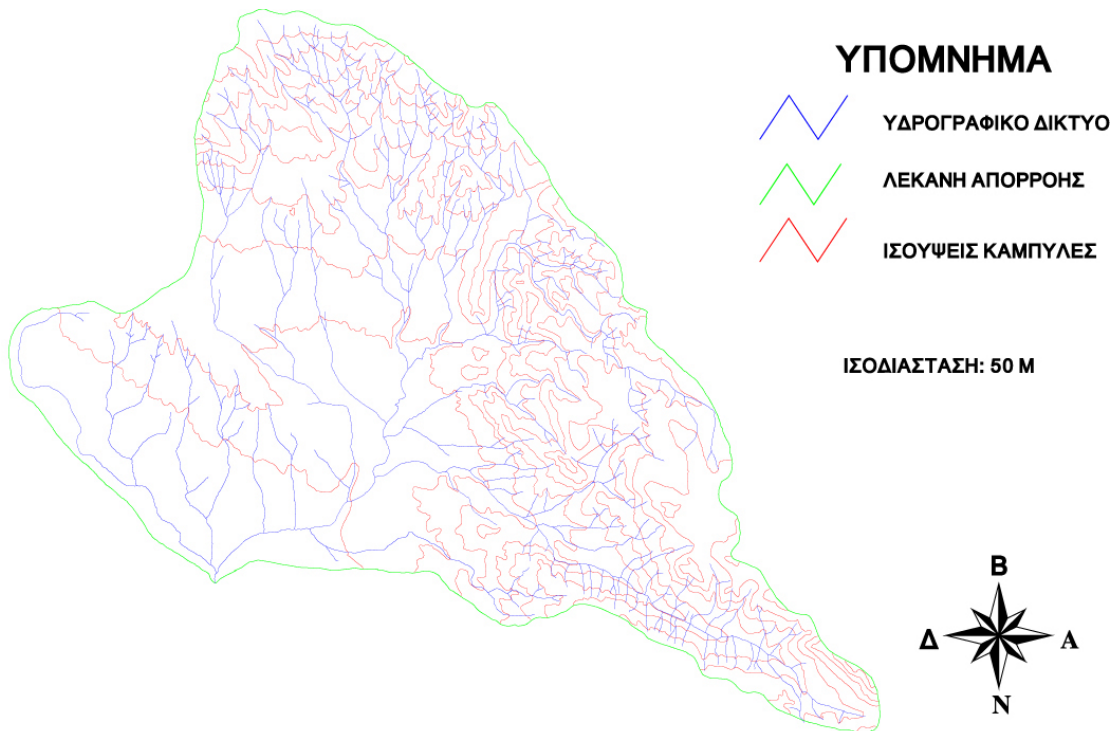
1) Η σύνθεση της ψευδοέγχρωμης εικόνας 1, που προήλθε από την «συγχώνευση» των TM-φασματικών ζωνών 1,2 και 3 (μπλε, πράσινη και ερυθρή), με την παγχρωματική φασματική ζώνη του IRS-1C. Στην εικόνα αυτή, διατηρείται η υψηλή διακριτική ικανότητα της παγχρωματικής εικόνας (5.8 μ.) και η πολυφασματική ικανότητα των τριών φασματικών ζωνών TM3, TM2 και TM1 προβαλλόμενων, στο ερυθρό, πράσινο και μπλε αντίστοιχα, προκειμένου να επιτευχθεί προσομοίωση του «φυσικού» χρώματος (όπως αυτό παρουσιάζεται σε κανονικές έγχρωμες α/φίες).



Εικόνα 1: Ψευδοέγχρωμη εικόνα "merging" του δορυφόρου Landsat-5/TM (λήψεως 29/06/1991) με την παγχρωματική εικόνα του IRS-1C (λήψεως 29/06/1996).

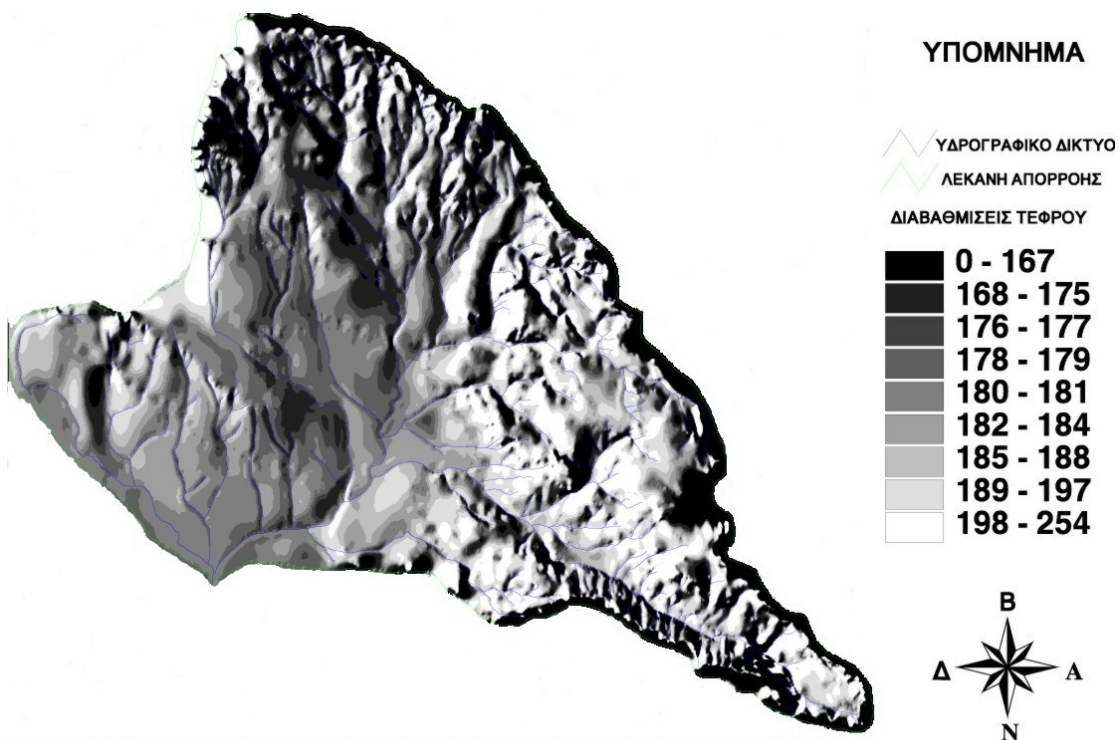
Image 1: False Colour Composite (FCC) image, which resulted from the merging of the Landsat-5/TM image (acquisition date 29/06/1991) with the IRS-1C panchromatic image (acquisition date 29/06/1996).

2. Οι χάρτες των σχημάτων 1 και 2 οι οποίοι προήλθαν από την ψηφιοποίηση και επεξεργασία του υδρογραφικού δικτύου, του υδροκρίτη καθώς και των ισοϋψών καμπυλών εντός της λεκάνης του Δενδροποτάμου.



ΣΧΗΜΑ 1: ΚΟΙΝΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΥΣΟΥΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

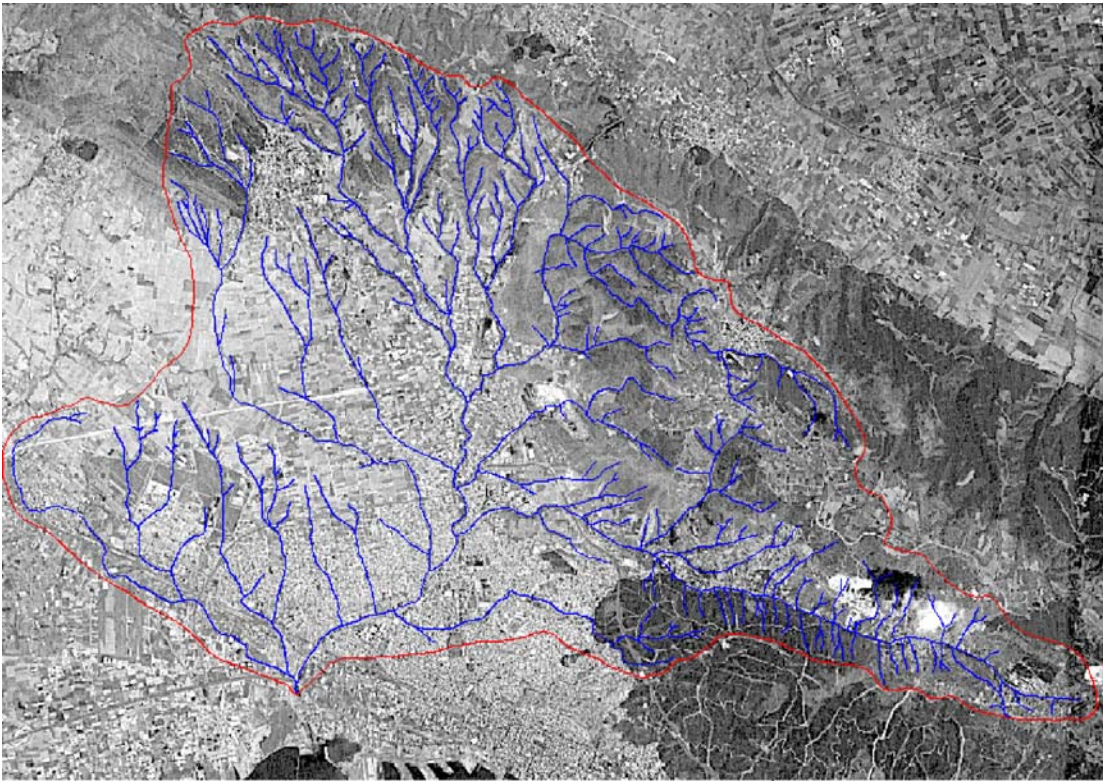
Fig.1: Common map of drainage network and contour lines of the study area.



ΣΧΗΜΑ 2: ΚΟΙΝΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΕ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΟΥ ΉΣΚΙΑΣΜΕΝΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ.

Fig. 2: Common map which was resulted from the combination of drainage network and the map of «shaded relief», of the study area.

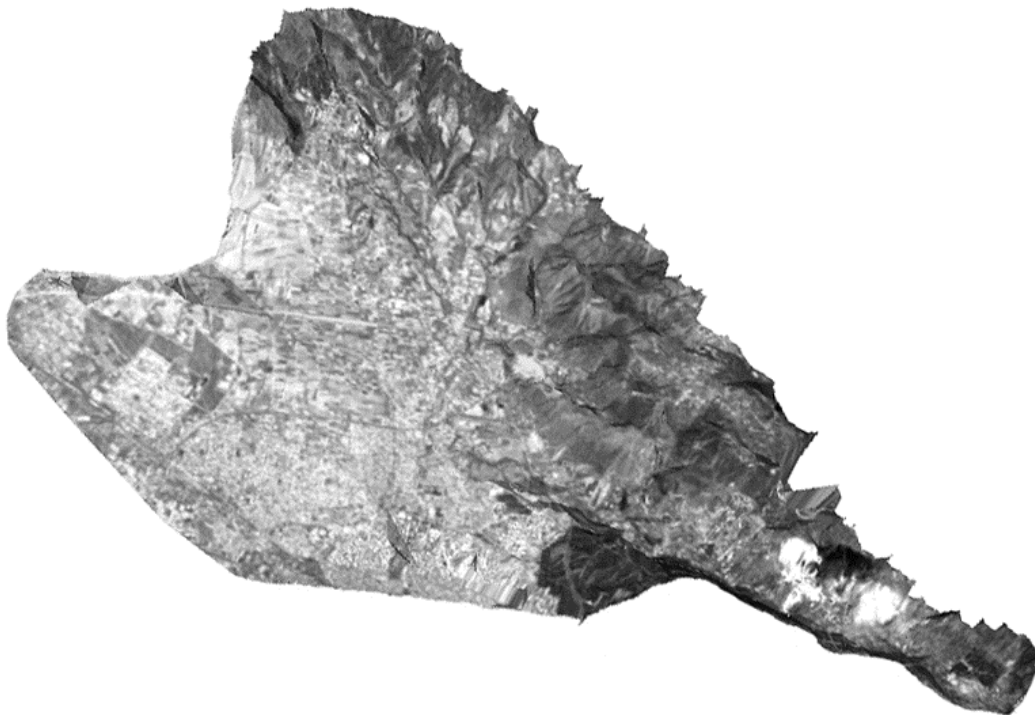
3. Η σύνθετη εικόνα 2, η οποία προέκυψε από την χρησιμοποίηση ενός φίλτρου «ενίσχυσης των άκρων» (edge sharpening filter), 5x5, δηλαδή φίλτρων υψηλής συχνότητας (Gupta 1991, Συλλαίος 2000), πάνω στην παγχρωματική εικόνα, για τον καλύτερο εντοπισμό ρεμάτων, σε συνδυασμό με τα επίπεδα πληροφοριών που ψηφιοποιήθηκαν, (υδροκρίτης και υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης).



Εικόνα 2: «Υπέρθωση» του υδροκρίτη και του υδρογραφικού δικτύου του Δενδροποτάμου πάνω στην ενισχυμένη παγχρωματική εικόνα του δορυφόρου IRS-1C.

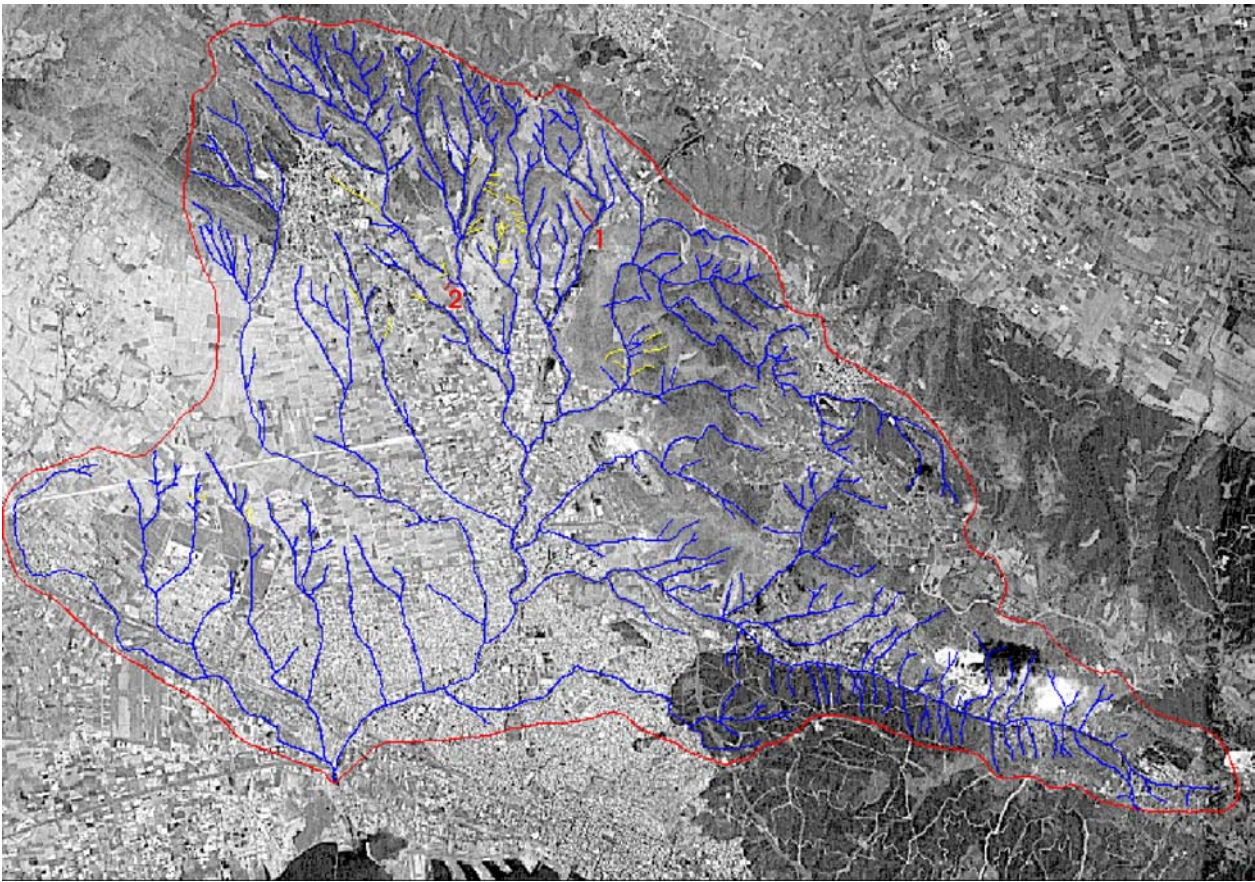
Image 2: Overlay of the drainage basin (drainage network and divide) onto the Panchromatic image of IRS-1C satellite.

4. Με την βοήθεια κατάλληλων υποπρογραμμάτων του ArcGIS, επιτεύχθηκε η επίθεση της επεξεργασμένης δορυφορικής εικόνας IRS-1C, πάνω στο τρισδιάστατο μοντέλο αναγλύφου (εικόνα 3).



Εικόνα 3: «Υπέρθωση» της δορυφορικής εικόνας IRS-1C στο τρισδιάστατο μοντέλο αναγλύφου.

Image 3: Overlay of the IRS-1C satellite image onto the 3-D Elevation Model.



Εικόνα 4: Παγχρωματική εικόνα του δορυφόρου IRS-1C, πάνω στην οποία έχει «υπερτεθεί» ο υδροκρίτης και το υδρογραφικό δίκτυο (βελτιωμένο με τα νεοεντοπισθέντα ρέματα (κίτρινο χρώμα)). Επίσης, στην παρούσα εικόνα, με κόκκινο χρώμα (σημεία 1 και 2) φαίνονται οι θέσεις δύο εκ των νεοεντοπισθέντων κοιτών που απεικονίζονται στις φωτογραφίες 1 και 2.

Image 4: Overlay of the final drainage network onto the IRS-1C/PAN image. This network was drawn from topographic map (blue lines) and from the FCC image (blue and yellow lines). On this image, the sites of the two channels checked on the field (phot. 1 and 2) are shown by red numbers 1 and 2.

5. Με την βοήθεια της σύνθετης ψευδοέγχρωμης εικόνας (εικ. 1), εντοπίστηκαν ιδιαίτερα ρέματα (κοίτες) 1^{ης} τάξης (τα οποία δεν ήταν αποτυπωμένα πάνω στον τοπογραφικό χάρτη). Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους: α) στο γεγονός ότι στην ψευδοέγχρωμη εικόνα TM (3,2,1/R,G,B) η διαφορά μεταξύ της θαμνώδους αειθαλούς βλάστησης που αναπτύσσεται κατά μήκος των κοιτών και της καλλιεργούμενης ή λιβαδικής-ποώδους βλάστησης που αναπτύσσεται στις γειτονικές κλιτύες, είναι πιο εμφανής στις ζώνες του ορατού φάσματος, απ'ότι στο υπέρυθρο, και ιδιαίτερα στην φασματική ζώνη 3. Αυτό οφείλεται στο ότι η απορρόφηση της ακτινοβολίας από την χλωροφύλλη (Curran 1985, Io 1986), είναι διαφορετική στους δύο προαναφερόμενους τύπους βλάστησης (κλιτύων και κοιτών) και β) στο γεγονός ότι η παγχρωματική ζώνη 0.50-0.75 μm , προσδίδει σκούρους τόνους του τεφρού χρώματος στην βλάστηση που αναπτύσσεται στους πυθμένες των κοιτών των ρεμάτων και ανοιχτούς τόνους στην βλάστηση που αναπτύσσεται στις προαναφερόμενες γειτονικές κλιτύες.

Τα νεο-εντοπισθέντα ρέματα 1^{ης} τάξης, προστέθηκαν στο υδρογραφικό δίκτυο που προήλθε από τον τοπογραφικό χάρτη και τοποθετήθηκαν στην παγχρωματική εικόνα του IRS-1C (εικόνα 4) και όχι στην προαναφερόμενη σύνθετη ψευδοέγχρωμη εικόνα (TM 3,2,1 και IRS-1C/PAN), για λόγους καλύτερης οπτικής παρουσίασης (αντίθεση/κонтράστ).

6. Το τελευταίο βήμα, στην ολοκλήρωση της έρευνάς μας, ήταν η επίσκεψη στην ύπαιθρο, προκειμένου να επιβεβαιώσουμε τα παραπάνω ευρήματα. Συγκεκριμένα, στην ύπαιθρο, τα ρέματα που εντοπίστηκαν, ήταν κοίτες ρεμάτων 1^{ης} τάξης (Strahler 1952, 1964) οι οποίες σύμφωνα με τους Melton (1957) και Αστάρα (1980) ορίζονται ως «μη διακλαδιζόμενες επιμήκεις εμβαθύνσεις της επιφάνειας της γης, οι οποίες δείχνουν μαρτυρία προϋπάρχουσας ροής ύδατος και οι οποίες περιορίζονται από πλευρές κλιτύς που κλείνουν προς τον άξονα της κοίτης». Οι εκβαθύνσεις αυτές, μαζί με τις γειτονικές τους κλιτύες, αποτελούν ουσιαστικά λεκάνες απορροής 1^{ης} τάξης βάθους 3-5 μέτρων περίπου, στις οποίες η κλίση των πλευρικών κλιτύων είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη μέση κλίση της κοίτης. Δείγματα δύο τέτοιων κοιτών φαίνονται στις φωτογραφίες 1 και 2.



Φωτ. 1: Κοίτη ρέματος 1^{ης} τάξεως (Strahler 1952, 1964) στην Θέση 1 (βλ. εικ. 4).
Phot. 1: 1st order channel (Strahler 1952, 1964) in test area no 1 (see image 4).
Φωτ. 2: Κοίτη ρέματος 1^{ης} τάξεως στην Θέση 2 (βλ. εικ. 4).



Phot. 2: 1st order channel in test area no 2 (see image 4).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παγχρωματική δορυφορική εικόνα IRS-1C απεδείχθη ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των γεωεπιστημόνων για τον εντοπισμό επιπλέον κλάδων (κοιτών) του υδρογραφικού δικτύου. Η έλλειψη χρωμάτων στην παγχρωματική εικόνα, αντισταθμίζεται από την δυνατότητα «συγχώνευσής» της (merging) με τις δορυφορικές πολυφασματικές εικόνες LANDSAT-5/TM, που έχουν την ικανότητα δημιουργίας

συγκεκριμένων ψευδοέγχρωμων εικόνων (FCCs), ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, ο οποίος μπορεί να κάνει τους συνδυασμούς του για τον εντοπισμό συγκεκριμένων γεωμορφολογικών ενοτήτων του αναλύφου.

Ο εντοπισμός επιπλέον κλάδων 1^{ης} τάξης του υδρογραφικού δικτύου, με τη βοήθεια, υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας, δορυφορικών εικόνων, όπως εικόνες του δορυφόρου IRS-1C ή άλλων δορυφόρων, όπως IKONOS, QuickBird κ.α., μπορεί να βοηθήσει υδρογεωλόγους και γεωμορφολόγους στον ακριβέστερο υπολογισμό της υδατοπαροχής και των στερεών υλικών που θα προκύψουν σε μελλοντικές πλημμύρες. Αυτό οφείλεται, εκτός των άλλων, στο γεγονός ότι η υδατοπαροχή και η στερεοπαροχή εξαρτώνται από το μήκος των κοιτών των ρεμάτων (Morisawa 1967, Gregory and Walling 1968), ή από τον αριθμό των ρεμάτων, αν η ταξινόμηση των δικτύων γίνεται κατά Shreve (1967) ή Scheidegger (1965) (Gregory and Walling, 1973). Μελλοντικά, η χρήση εικόνων IRS-1C (1995) και IRS-1D (1997) και των δορυφόρων IKONOS και QuickBird, υπό μορφή στερεοζευγών (στερεοσκοπική παρατήρηση), σε συνδυασμό με τα G.I.S., θα δώσει την δυνατότητα στους γεωμορφολόγους να κατασκευάσουν λεπτομερείς γεωμορφολογικούς χάρτες χρήσιμους σε όλες τις γεωεπιστήμες. Επίσης, θα δώσει την δυνατότητα στους γεωεπιστήμονες και τους πολεοδόμους να εντοπίσουν τις κοίτες των ρεμάτων (καλυμένων ή μη), μέσα στις οικιστικές περιοχές, κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί με μονοσκοπική παρατήρηση, όπως στην παρούσα εργασία. Τέλος, θα βοηθήσει την Γ.Υ.Σ. να βελτιώσει-διορθώσει τους τοπογραφικούς χάρτες με πιο γρήγορους ρυθμούς απ' ότι αυτό γίνεται μέχρι σήμερα με τις συμβατικές αεροφωτογραφίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ασιάρας, Θ. 1980: «Ποσοτική Γεωμορφολογική Μελέτη Τμήματος των Δ. Πλευρών του Όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία)» (Με 4 χάρτες εκτός κειμένου). Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 214 σελ.
- [2] Curran, P.J. 1985: «Principles of Remote Sensing», Longman, New York, p.282.
- [3] Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 1982: «Φύλλο Θεσσαλονίκη», κλίμακα 1:50.000.
- [4] Gregory, K.J. and Walling, D.E. 1968: «The variation of drainage density within a catchment». Bull. Int. Assoc. Sci. Hyd. 13, 61-8.
- [5] Gregory, K.J. and Walling, D.E. 1973: «Drainage Basin. Form and Process: A geomorphological approach». Edward Arnold, London, 456 p.
- [6] Gupta, R.P. 1991: «Remote Sensing Geology», Springer-Vorlag, Berlin, 356 p.
- [7] Drury, S.A. 1993: «Image Interpretation in Geology», Chapman & Hall, London, 284p.
- [8] Θεοδώρουδης, Θ. 1994: «Προστασία από πλημμύρες της Θεσσαλονίκης». Ημερίδα του ΤΕΕ/ΤΚΜ, με θέμα: «Τα ρέματα του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης», 15/12/94, Θεσσαλονίκη.
- [9] Lo, C.P. 1986: "Applied Remote Sensing", Longman, New York, pp. 1-393.
- [10] Melton, M. 1957: "An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology". Office of Naval Research, Technical Report 11, Dept. of Geology, Columbia University, New York.
- [11] Morisawa, M.E. 1967: "Relation of discharge and stream length in Eastern United States". Pro. Int. Hyd. Symp., Fort Collins, Colorado, 173-6.
- [12] Sabins, F. 1997: «Remote Sensing, Principles and Interpretation», W.H. Freeman and Co., N.Y., 494 p.
- [13] Scheidegger, A.E. 1965: «The algebra of stream-order numbers». U.S. Geol. Survey Prof. Paper 525B, B187-9.
- [14] Shreve, R.L. 1967: «Infinite topologically random channel networks». J. Geol. 75, 178-86.
- [15] Strahler, A. 1952: "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography". Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 1117-42.
- [16] Strahler, A. 1964: "Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks". In CHOW, V.T.(Ed.) Handbook of Applied Hydrology, Section 14, 54 p., N.Y.
- [17] Ευλλαίος, Ν. 2000: «Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών», Τόμος Α, Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση, Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 205 σελ.