

**Σαρρής Απόστολος<sup>1</sup>, Βαλλιανάτος Φίλιππος<sup>2</sup>, Γεωργιά Κλεοπάτρα<sup>8</sup>,  
Ιωαννίδου Στέλλα<sup>3</sup>, Καλογριάς Βάϊος<sup>5</sup>, Καραθανάση Βασιλεία<sup>3</sup>,  
Κοκκινάκη Μαριλένα<sup>1</sup>, Λαζαρίδου Ολυμπία<sup>1</sup>, Μανιαδάκης Μιχάλης<sup>1</sup>,  
Μερτίκας Στέλιος<sup>4</sup>, Μπαριοτάκης Μιχάλης<sup>5</sup>, Παπαδάκης Γιώργος<sup>1</sup>,  
Παπαδάκη Ειρήνη<sup>4</sup>, Παπαδόπουλος Νίκος<sup>1</sup>, Παπάζογλου Μιχάλης<sup>1</sup>,  
Σαββαΐδης Αλέξανδρος<sup>6</sup>, Σουπιός Παντελής<sup>7</sup>, Τρίγκας Βασίλης<sup>1</sup>,  
Φασούλας Χαράλαμπος<sup>8</sup>, Πυρίντσος Στέργιος<sup>5</sup>**

1. Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος, Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, Ίδρυμα Τεχνολογίας & Έρευνας (I.T.E.), Μελλισηνού & Νικηφόρου Φωκά 130, Ρέθυμνο 74100, asaris@ret.forthnet.gr
2. Ερευνητικός Τομέας Φυσικών Πόρων & Καταστροφών, Ρωμανού 3, Χαλέπα, 73133 Χανιά Κρήτη, fvallian@chania.teicrete.gr
3. Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, karathan@survey.ntua.gr
4. Εργαστήριο Γεωδαισίας & Γεωπληροφορικής, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 73100, Κρήτη, mertikas@mred.tuc.gr
5. Εργαστήριο Οικολογίας Φυτών κα Διαχείρισης Χερσαίων Οικοσυστημάτων, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τ.Θ. 2208, 714 09 Ηράκλειο Κρήτης, pirintsos@biology.uoc.gr
6. Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας & Αντισεισμικών Κατασκευών (ΙΤΣΑΚ), Γεωργικής Σχολής 46, Φοίνικας Θεσσαλονίκης, alekos@itsak.gr
7. Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης, Ρωμανού 3, Χαλέπα, 73133 Χανιά Κρήτη, soupios@chania.teicrete.gr
8. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Λεωφ. Κνωσσού, Ηράκλειο 71409, fassoulas@nhmc.uoc.gr, klairi@nhmc.uoc.gr

### Περίληψη

Η κατασκευή ενός σύνθετου και πολυδιάστατου γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης & δικτύωσης πληροφοριών που σχετίζονται με τους φυσικούς και περιβαλλοντικούς πόρους της Κρήτης επιβάλλεται από την ανάγκη ανάδειξης, αξιολόγησης και προστασίας του περιβάλλοντος και για τη λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια κατασκευής και υλοποίησης αναπτυξιακών έργων, συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό στην αειφόρο ανάπτυξη της περιοχής. Λαμβάνοντας υπόψη την απουσία ψηφιακών υποβάθρων που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον και τη δυσκολία άμεσης πρόσβασης σε αυτά από το ευρύτερο κοινό, έγινε μία πρώτη προσπάθεια δημιουργίας ενός πληροφοριακού συστήματος που βασίζεται στον συνδυασμό της τεχνολογίας της Πληροφορικής και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών με πολυμεσικά συστήματα προβολής.

Τα γεωγραφικά δεδομένα προέρχονται από επεξεργασία χαρτογραφικού υλικού, δο-

ρυφορικών απεικονίσεων (SPOT, ASTER, LANDSAT & QUICKBIRD), καθώς και πρωτογενών και δευτερογενών γεωφυσικών και περιβαλλοντικών μετρήσεων και μοντέλων και επεκτείνονται τόσο στο αγροτικό όσο και στο δομημένο χώρο της Κρήτης. Το πληροφοριακό σύστημα αποτελείται από βάσεις δεδομένων (γεωπεριβαλλοντικά, μετεωρολογικά, στατιστικά στοιχεία), τεχνικές εκθέσεις γεωφυσικών ερευνών, μεθοδολογικά εργαλεία και χαρτογραφικά υπόβαθρα όπως δορυφορικές εικόνες, ψηφιακό ανάγλυφο, επίκεντρα σεισμών, κατανομή βλάστησης, ιστορικά στοιχεία πυρκαγιών, χρήσεις γης, ενοποιημένο γεωλογικό χάρτη, ταξινόμηση ρηγμάτων, χάρτες μετεωρολογικών παραμέτρων, ιστορικά πληθυσμιακά στοιχεία, κ.α. Τόσο οι βάσεις πληροφοριών όσο και οι διαφορετικές θεματικές χαρτο-συνθέσεις είναι διαθέσιμες από το διαδίκτυο, ([http://www.ims.forth.gr/joint\\_projects/emeric/emeric-gr.html](http://www.ims.forth.gr/joint_projects/emeric/emeric-gr.html)).

Ειδικά διαμορφωμένες ιστοσελίδες σε περιβάλλον WEB\_GIS παρέχουν την δυνατότητα διαδραστικής διαχείρισης των διαφορετικών επιπέδων πληροφοριών και υπέρθεσης πολλαπλών περιβαλλοντικών και στατιστικών παραμέτρων.

Τα παραπάνω αποτελούν αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος EMERIC I («Ανάπτυξη ενός Έμπειρου Συστήματος για την Παρακολούθηση, Διαχείριση και Προστασία του Φυσικού Τοπίου και του Περιβάλλοντος της Κρήτης»), που χρηματοδοτήθηκε από την Περιφέρεια Κρήτης (πρόγραμμα «Κρήτη Καινοτόμος Περιφέρεια - CRINNO») και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

## Abstract

The construction of an integrated and multi-dimensional geographical context information system for the management and promotion of information related with the natural and environmental resources of the island of Crete is imposed by the accelerated needs of dissemination, evaluation, monitoring and protection of the environment and by the need of decision making process during large scale development works. Because of a lack in digital cartographic products for Crete and particularly those related to the natural environment as well as the difficult access of them by the wider public, a campaign was initiated for constructing an inventory system to cover that data void. The produced system was based on the fusion of different technologies from informatics and Geographic Information Systems (GIS), coupled with multimedia.

Geographic data which resulted by processing cartographic material, satellite imagery (SPOT, ASTER, LANDSAT & QUICKBIRD) and other original geophysical and environmental measurements and models were analysed and produced different datasets covering both the urban and agricultural environmental context of the island of Crete. Field measurements (seismic and Electrical Resistivity Tomography, geophysical techniques, microtremor, electromagnetics, a.o.) were carried out to define geological characteristics of the urban centres and to correlate the morphometric units of the island with faults. A combination of fieldwork observations, processing and classification of the spectral characteristics of a time series Landsat images and spatial multivariate analysis were employed to provide a measure of the spatial complexity of the land uses and a better understanding of the temporal changes of land use patterns. A wide range of geo-environmental

data including geological, hydro-geological, hydrological, geophysical, meteorological and energy data, originated from maps, technical reports, research projects, bibliographic references, catalogues, and other conventional formats were collected and entered into different relational databases which support a link with the geographic context of Crete, in terms of topographic, land-use and geological maps. Quantitative estimates are also provided for climatic, population and forest fire historical data.

The construction of digital geographic information of the island of Crete and a new generation of cartographic material of the major cities of the island (through the use of high analysis satellite imagery), the development of an environmental, geological, geomorphologic, climatic and statistic information database, the creation of thematic environmental maps (faults, fires, seismic activity, etc), the modelling of the environmental parameters and the risk assessment of the environmental and natural resources constituted the major modules of the project. The public/free release of the above information, through the help of GIS and WEB\_GIS platforms ([http://www.ims.forth.gr/joint\\_projects/emeric/emeric-gr.html](http://www.ims.forth.gr/joint_projects/emeric/emeric-gr.html)), can guarantee the high impact level to the end-users, enhancing also the potential use of the above data to a wide range of applications such as the management of the natural resources or the geological hazards of the urbanized environments.

The above actions are the products from the research program entitled "Development of an Expert System for the Monitoring, Management & Protection of the Natural Landscape & Environmental Resources of the Island of Crete" (EMERIC I). This was funded by the Region of Crete (program CRINNO – Crete Innovative Region) and the European Union

**Key words:** Natural Resources, Natural Resources Management., G.I.S., portal, Crete, WEB\_GIS.



## Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της πληροφορικής έχει συνεισφέρει στη δημιουργία σχεσιακών και χαρτογραφικών βάσεων γεωπληροφοριών. Οι βάσεις αυτές αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο για την παρακολούθηση, προστασία και διαχείριση των φυσικών και περιβαλλοντικών πόρων. Η οργάνωση του υλικού και η εύκολη πρόσβαση αυτού από εμπλεκόμενους φορείς μπορεί να προσφέρει ένα πλήθος πληροφοριών που συντελούν στην ορθολογική αντιμετώπιση προβλημάτων σε σχέση με τη διεξαγωγή τεχνικών έργων, τη μοντελοποίηση του τοπίου με σκοπό την προστασία του από φυσικούς κινδύνους και τη λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπισή τους. Το πρώτο βήμα σε μία τέτοια προσπάθεια αποτελεί η δημιουργία ψηφιακών χαρτογραφικών υποβάθρων και η σύνδεση αυτών με θεματικά, μετρητικά, ποιοτικά, στατιστικά κλπ. δεδομένα που έχουν γεωγραφική συσχέτιση. Αυτός ακριβώς ήταν ο στόχος του προγράμματος EMERIC I. Το πρόγραμμα επικεντρώθηκε στη γεωγραφική ενότητα της Κρήτης προσπαθώντας ταυτόχρονα να διαθέσει τις πολυδιά-

στατες αυτές πληροφορίες ελεύθερα μέσω του διαδικτύου. Οι παρακάτω παράγραφοι αναπτύσσουν τις κυριότερες διαστάσεις του ερευνητικού προγράμματος.

## 2. Ανάπτυξη ενημερωμένου χαρτογραφικού υπόβαθρου

Έγινε ψηφιοποίηση και ανάλυση της πληροφορίας των χαρτών της ΓΥΣ, του ΙΓΜΕ, του Υπουργείου Γεωργίας, της Περιφέρειας Κρήτης και άλλων φορέων, καθώς και επεξεργασία δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με στόχο την παραγωγή ενημερωμένων θεματικών χαρτογραφικών προϊόντων σχετικών με την τοπογραφία, τη γεωλογία τις χρήσεις / καλύψεις γης, τα ρήγματα και άλλα γεωμορφολογικά στοιχεία της νήσου Κρήτης.

Οι τοπογραφικοί χάρτες αφορούν και στους τέσσερις νομούς της Κρήτης (Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο και Λασιθί) και περιλαμβάνουν τις βασικές χρήσεις / καλύψεις γης όπως πόλεις, χωριά, πρωτεύον και δευτερεύον οδικό δίκτυο, λατομεία, λίμνες, ποτάμια καθώς και ισοϋψείς καμπύλες. Συγχρόνως χρησιμοποιήθηκαν στερεοσκοπικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις SPOT για τη δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) καθώς και χαρτών κλίσεων, προσανατολισμού και φωτοσκίασης του αναγλύφου.

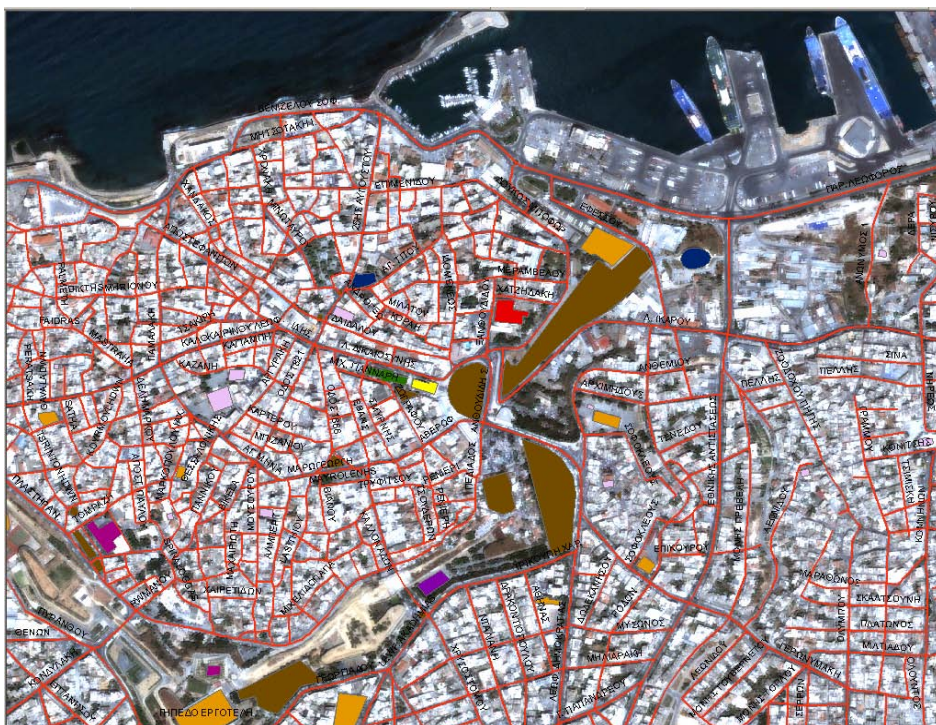
Ειδικότερα για τις τέσσερις μεγάλες πόλεις της νήσου συντάχθηκαν ενημερωμένοι θεματικοί χάρτες χρήσεων / καλύψεων γης χρησιμοποιώντας ως βασικό υπόβαθρο ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις Quickbird.

Ο δορυφόρος Quickbird-2 (DigitalGlobe) παρέχει από το 2000 φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης, 61cm για τις παγχρωματικές απεικονίσεις και 2,4m για τις πολυφασματικές απεικονίσεις (στο nadir). Ο πολυφασματικός δέκτης του δορυφόρου λαμβάνει απεικονίσεις στα μήκη κύματος του ιώδους (0,49-0,52 $\mu$ m), του πράσινου (0,52-0,60 $\mu$ m), του ερυθρού (0,63-0,69 $\mu$ m) καθώς και του εγγύς υπέρυθρου (0,76-0,90 $\mu$ m). Ο παγχρωματικός δέκτης του δορυφόρου καταγράφει στη φασματική ζώνη των 0,45-0,90 $\mu$ m.

Οι δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις Quickbird επεξεργάστηκαν με κατάλληλες μεθοδολογίες και τεχνικές συγχώνευσης με σκοπό τη λεπτομερή χαρτογράφηση των καλύψεων γης των τεσσάρων μεγάλων πόλεων της Κρήτης (Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο και Άγιος Νικόλαος). Αναλυτικότερα, στόχος της συγχώνευσης των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων είναι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων των παγχρωματικών δεκτών υψηλής ευκρίνειας με αυτές των καναλιών των αντίστοιχων πολυφασματικών δεκτών των δορυφόρων. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η διακριτική ικανότητα των έγχρωμων σύνθετων απεικονίσεων των δορυφόρων στο βαθμό ανάλυσης του παγχρωματικού τους καναλιού με στόχο την αποδοτικότερη φωτοερμηνεία τους. Οι κυριότερες μέθοδοι συγχώνευσης στηρίζονται είτε στην ανάλυση κύριων συνιστωσών, ή στον μετασχηματισμό HIS (Hue-Saturation-Intensity), ή σε φίλτρα ενίσχυσης υψηλών συχνοτήτων ή σε απλές αλγεβρικές πράξεις εικόνων (π.χ. μετασχηματισμός του Brovey). Στο συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα εφαρμόστηκαν τεχνικές που βασίζονται στο διακριτό μετασχηματισμό κυματομορφών (wavelets), οι οποίες έχουν το πλεονέκτημα συγχώνευσης απεικονίσεων διαφορετικής διακριτικής ικανότητας με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διατήρηση της αρχικής φασματικής πληροφορίας των συμμετεχόντων καναλιών (Ioannidou, *et al.*, 2005a, 2005b).

Επιπλέον στις συγχωνευμένες / βελτιωμένες απεικονίσεις προσαρτίστηκαν επίπεδα πληροφορίας των χρήσεων γης των πόλεων όπως Δημόσια κτίρια (Δικαστήρια, Αστυνομικά Τμήματα, Νομαρχία, Περιφέρεια, Πυροσβεστική, Λιμεναρχεία, Τροχαία, ΟΤΕ, ΔΕΗ, ΕΛΤΑ, κ.α.), Νεκροταφεία, Νοσοκομεία, Χώρους Στάθμευσης, Αρχαιολογικά Μουσεία και μνημεία, Αεροδρόμια, Στάδια, Εγκαταστάσεις Βιολογικού καθαρισμού, Σταθμούς λεωφορείων, Πάρκα και Πλατείες, Δρόμους, Τράπεζες, Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, Ερευνητικά Ιδρύματα, Εκκλησίες, Μαρίνες, κ.α (Εικόνα 3).

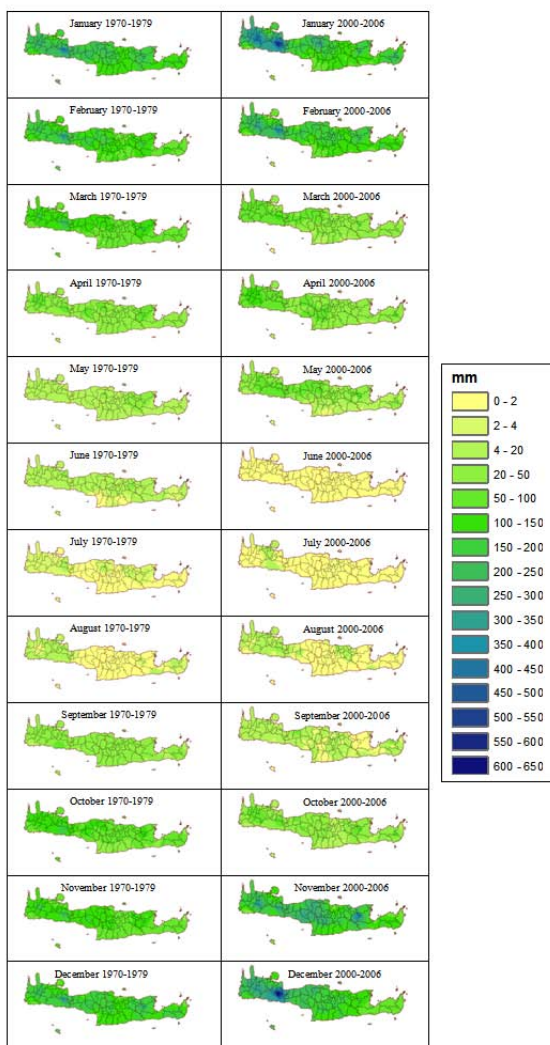
Τα παραπάνω επίπεδα πληροφορίας συλλέχθηκαν από τοπογραφικούς και πολεοδομικούς χάρτες καθώς και από εργασίες πεδίου. Η σύνθεση των παραπάνω πληροφοριών έγινε στο ArcGIS, ενώ η διάθεση των δεδομένων έγινε μέσω του λογισμικού ARCIMS μέσω ενός HTML viewer. Για την καλύτερη πλοήγηση στο χαρτογραφικό περιβάλλον των πόλεων, οι δορυφορικές εικόνες συμπιέστηκαν με το λογισμικό MrSID και έγινε η τμηματοποίηση αυτών σε tiles.



*Εικόνα 3. Λεπτομέρειες από την χαρτοσύνθεση του θεματικού χάρτη του Ηρακλείου.*

### 3. Ανάπτυξη βάσης γεωπληροφοριών

Στον διαδικτυακό τόπο του προγράμματος δημιουργήθηκε βάση πληροφοριών σχετικών με γεωτεχνικές μελέτες, γεωστατιστικά στοιχεία, γεωφυσικές έρευνες, υδρολογικές



**Εικόνα 1.** Η χαρτογράφηση των μετεωρολογικών δεδομένων περιλαμβάνει την αποτύπωση των δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ σε αντίστοιχους χάρτες που έχουν προκύψει από μεθόδους παρεμβολής για τη χαρτογράφηση της χρονοσειράς των μέσων τιμών μετεωρολογικών μεταβλητών. Στην εικόνα παρουσιάζεται ο μέσος μηνιαίος όρος του συνολικού ποσοστού του νετού για τα διαστήματα 1970-79 και 2000-2006.

μελέτες, ενεργειακά στοιχεία και άλλες πληροφορίες που αφορούν στον ευρύτερο χώρο της Κρήτης (Soupios *et al.*, 2005). Ο σχεδιασμός των σχεσιακών βάσεων των γεωπληροφοριών υλοποιήθηκε σε MySQL database server, προσφέρει δε δυνατότητες αναζήτησης των πληροφοριών σε σχέση με το έτος, τον φορέα υλοποίησης, τη γεωγραφική περιοχή

Εργαστήριο Γεωγραφικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιογεωγραφίας

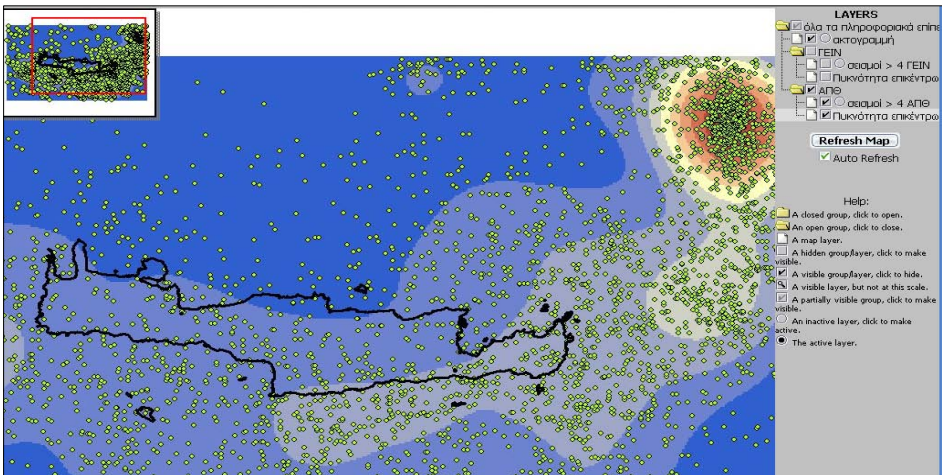
EMERIC

Πάω στην αρχική σελίδα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ 1-7 από 7 Σελίδα 1 από 1  
Αποτελέσματα ανά σελίδα: 5 | 10 | 20 | 50 | Όλα

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΒΑΘΟΣ (km)	ΕΝΤΑΣΗ (ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΗ)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
1	28-4-1992	11 44 40	6.1Μw (Μίνιμος Σοσιμηής Ρυθμός)	-	-	35.1	26.0	ΑΡΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
2	21-11-1992	05 07 19	6.2Μw (Μίνιμος Σοσιμηής Ρυθμός)	-	-	35.65	22.39	ΑΡΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
3	23-5-1994	06 46 12	6.1Μw (Μίνιμος Σοσιμηής Ρυθμός)	-	-	35	24.9	ΑΡΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
4	28-7-1995	00 00 39	6.2Μw (Μίνιμος Σοσιμηής Ρυθμός)	-	-	36.07	27 459	ΑΡΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
5	22-1-2002	04 53 49	6.2Μw (Μίνιμος Σοσιμηής Ρυθμός)	33	-	35.667	26 5276	ΑΡΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
6	22-1-2002	04 53 04	6.1Μw (Μίνιμος Διάρκειας)	104	-	35.56	26.73	ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
7	17-3-2004	05 20 58	6Μw (Μίνιμος Ρυθμός)	24	-	34.46	23.26	ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



**Εικόνα 2.** Αποτελέσματα αναζήτησης από την βάση δεδομένων των σεισμολογικών στοιχείων (πάνω) και κατανομή των επικέντρων των σεισμών για την ευρύτερη περιοχή της Κρήτης (κάτω).

στην οποία εστιάζεται η κάθε μελέτη και ένα συνοπτικό κατάλογο περιεχομένων των μελετών. Η συλλογή της πλειονότητας των πληροφοριών έγινε από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών), το ΤΕΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος), τον ΟΑΔΥΚ (Οργανισμός Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης), τον ΟΑΝΑΚ (Οργανισμός Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης), την ΥΕΒ, το Υπουργείο Γεωργίας, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, την Περιφέρεια Κρήτης, το ΥΠΕΧΩΔΕ, τις Νομαρχίες και τους Δήμους της Κρήτης και άλλους ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς.

Σε περίπτωση που υπήρχαν παρόμοιες πληροφορίες από περισσότερους από έναν φορέα, οι πληροφορίες ομαδοποιήθηκαν τόσο στην αντίστοιχη βάση δεδομένων όσο και στην αντίστοιχη χαρτοσύνθεση. Για παράδειγμα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρατηρεί στατιστικά στοιχεία (σε μορφή πινάκων ή διαγραμμάτων ανά έτος, μήνα, πόλη, δήμο ή νομό) για την βροχόπτωση ή την μέγιστη θερμοκρασία από δεδομένα των σταθμών της ΥΕΒ και της ΕΜΥ (Εικόνα 1). Για τα σεισμολογικά δεδομένα έγινε αποδελτίωση των επικέντρων, του μεγέθους, των συντεταγμένων, του βάθους και άλλων παραμέτρων της σεισμικής ιστορικότητας της Κρήτης από τις αντίστοιχες βάσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και του Σεισμολογικού Σταθμού του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωφυσικής). Τα αντίστοιχα δεδομένα είναι διαθέσιμα στους χρήστες με τη μορφή πινάκων των βάσεων πληροφοριών καθώς και μέσω χαρτοσυνθέσεων που απεικονίζουν τα επίκεντρα των σεισμών μεγέθους μεγαλύτερου των 4R (ταξινομημένα σε 8 επιμέρους κατηγορίες 4.5 - 4.9 R, 5 - 5.4 R, 5.5 - 5.9 R, 6 - 6.4 R, 6.5 - 6.9 R, 7 - 7.4 R, 7.5 - 7.9 R and >7.9 R) και την πυκνότητα αυτών (Εικόνα 2).

#### 4. Χαρτογράφηση της βλάστησης

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση συμβάλει στην ανάκτηση πληροφοριών που σχετίζονται με την επιφανειακή κάλυψη της γης, την χρήση γης και την κατηγοριοποίηση της βλάστησης. Πολλές φορές όμως η διαδικασία αυτή δυσχεραίνεται από το έντονο ανάγλυφο, την ανομοιογένεια του τοπίου και την υψηλή χωρική διαφοροποίηση που επικρατεί σε διάφορα σημεία, όπως συμβαίνει και με την περίπτωση της Μεσογειακής λεκάνης.

Δεδομένου ότι μία τυπική απεικόνιση του δορυφόρου Landsat καλύπτει περιοχή έκτασης 180km x 185km, χρειάστηκαν δύο (2) συνολικά απεικονίσεις (ανά φασματικό κανάλι) για τη σύνθεση μωσαϊκού που παρουσιάζει την ευρύτερη περιοχή της Κρήτης. Για τη διαχρονική ανάλυση της βλάστησης και των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της Κρήτης απαιτήθηκε η προμήθεια απεικονίσεων σε διαφορετικές περιόδους. Για τη διερεύνηση των αλλαγών της χρήσης γης χρησιμοποιήθηκαν 9 απεικονίσεις Landsat-5 TM και Landsat-7 ETM, περιόδου λήψης 1985-2003. Η γεωαναφορά των απεικονίσεων βασίστηκε σε μία ορθο-φωτογραφία του SPOT PAN με διακριτική ικανότητα των 10m. Η επεξεργασία των απεικονίσεων πραγματοποιήθηκε με φίλτρα εξισορρόπησης του ιστογράμματος, τεχνικές επαναδειγματοληψίας και φίλτρων διέλευσης υψηλών συχνοτήτων. Η πολυπλοκότητα της επιφανειακής κάλυψης της Κρήτης αναλύθηκε μέσω της Θεωρίας των Κλαστικών (fractals), κάνοντας χρήση του λόγου του λογαρίθμου του αθροίσματος των επιφανειών των πολυγώνων ως προς τον λογάριθμο του αθροίσματος των αντίστοιχων περιμέτρων. Ο συντελεστής πολυπλοκότητας που προκύπτει παρουσιάζει μια αυξητική πορεία από το 1988 σε επίπεδο μικρο-κλίμακας, ενώ σε μία πιο γενικευμένη εικόνα (210x210 μέγεθος εικονοστοιχείου) φαίνεται να παρουσιάζει μία σχετικά σταθερή κατανομή των κύριων κατηγοριών χρήσης γης.

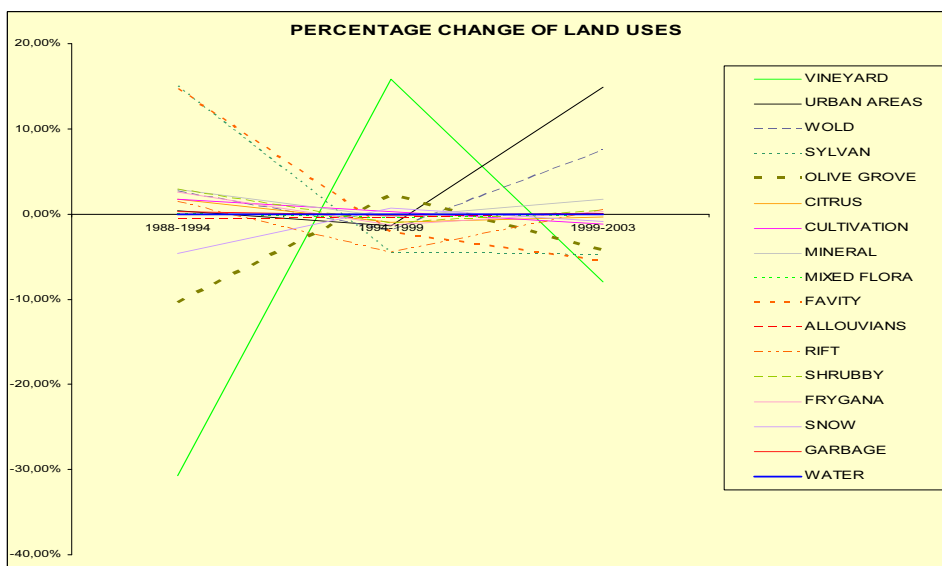
Τεχνικές επιβλεπόμενης ταξινόμησης εικόνας εφαρμόστηκαν σε όλα τα μωσαϊκά των δορυφορικών απεικονίσεων. Η ταξινόμηση βασίστηκε σε πάνω από 1000 θέσεις (στοι-



χεία εκπαίδευσης) που είχαν επιβεβαιωθεί μέσω επιτόπιας έρευνας με συστήματα GPS και από φωτοερμηνεία αεροφωτογραφιών του Υπουργείου Γεωργίας και της Γεωγραφικής Υπηρεσίας του Στρατού. Η ταξινόμηση χρησιμοποίησε τη μέθοδο της Ευκλείδειας απόστασης. Επίσης χρησιμοποιήθηκε μία αντικειμενοστρεφής (object-oriented) ταξινόμηση για την ομαδοποίηση της βλάστησης, με τον ταξινομητή της εγγύτερης απόστασης (Benz *et al*, 2004). Ως σύστημα ταξινόμησης της βλάστησης επελέγη το σύστημα προσδιορισμού των ενδιαιτημάτων σύμφωνα με το Interpretation Manual of European Union Habitats, European Commission (2003), DG Environment Nature and Biodiversity, έτσι ώστε να ικανοποιείται η τυποποίηση των τάξεων και να υπάρχει εναρμόνιση και συμβατότητα με την περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η αρχική ταξινόμηση περιλάμβανε τις 24 κατηγορίες ενδιαιτημάτων του NATURA 2000 (European Commission, 2003, Dafis, *et al*, 1996), καθώς και κάποιες γενικότερες κατηγορίες (καλλιέργειες, αστικό περιβάλλον, υδάτινες μάζες). Για την καλύτερη αποτύπωση των τύπων βλάστησης αποφασίστηκε να διατηρηθούν μόνο 14 τάξεις (*Acero-Cupression*, *Chesnut woods*, *Dehesas*, *Euphorbieto-verbascion phrygana*, *Garrigues*, *Mediterranean pine forests*, *Olea* and *Ceratonia* forests, *Oriental plane woods*, *Oromediterranean phrygana*, *Pinus* reforestations, *Quercus ilex* forests, *Reforestations*, *Sarcopoterium spinosum* phrygana, *Tree spurge formations*) οι οποίες αποτυπώνουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την βλάστηση σε μεσοκλίμακα.

Η ανάλυση των αλλαγών των χρήσεων / καλύψεων γης πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή φίλτρων χρονικών παραγώγων. Η χωρική φασματική συνοχή των τάξεων χρήσης γης βασισμένη στην ανάλυση της κοινής καταστολής των διαφορετικών συνιστωσών των συντελεστών Fourier, απέδειξε ότι υπάρχει ένας μεγαλύτερος βαθμός συνοχής κατη-



**Εικόνα 4.** Αποτύπωση των αλλαγών χρήσης γης για την περίοδο 1988-2003 με βάση των φασματικών υπογραφών των δορυφορικών απεικονίσεων Landsat.

γοριών στα πεδινά και σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν μία σταδιακή αύξηση σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές της ενδοχώρας ως αποτέλεσμα της μετακίνησης του πληθυσμού προς τα παράλια και τις περισσότερο τουριστικές ζώνες. Η σχέση αυτή αντιστοιχεί με τη μείωση της βλάστησης εντός των αστικών και ημιαστικών περιοχών. Παρόμοια μείωση επικρατεί σε δασικές εκτάσεις και εκτάσεις με αυτοφυή βλάστηση (Εικόνα 4) (Sarris, *et al*, 2005a).

## 5. Εκτίμηση επικινδυνότητας για πυρκαγιές

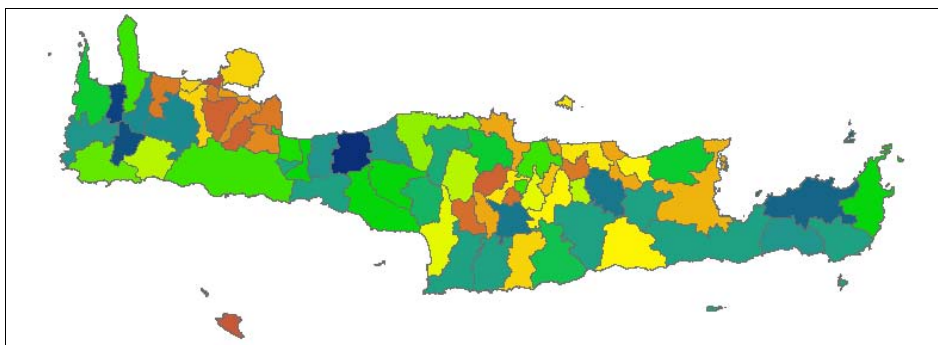
Τα μοντέλα επικινδυνότητας πυρκαγιών αποτελούν ένα δύσκολο πρόβλημα λόγω των διαφορετικών μεταβλητών που υπεισέρχονται στην παραμετροποίηση των μεταβλητών του μοντέλου. Οι παράμετροι αυτοί εξαρτώνται από το μέγεθος εφαρμογής του μοντέλου (τόσο σε τοπική όσο και σε χρονική κλίμακα) και συμπεριλαμβάνουν μεταξύ άλλων τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες (π.χ. βροχόπτωση, υγρασία, ανέμους), το ανάγλυφο (υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμό εδάφους), τις χρήσεις / καλύψεις γης, τη βλάστηση, τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κ.α.

Η προκαταρκτική εκτίμηση επικινδυνότητας για πυρκαγιές βλάστησης βασίστηκε σε μη τυποποιημένη (informal) ταξινόμηση του κινδύνου που προέκυπτε από αξιολόγηση συγκεκριμένων κριτηρίων. Στα κριτήρια δεν συμπεριλαμβάνονται εκείνα που αφορούν ανθρωπογενείς δραστηριότητες και που επηρεάζουν τη συχνότητα και την έκταση των πυρκαγιών βλάστησης. Το αποτέλεσμα της μη τυποποιημένης ταξινόμησης του κινδύνου χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικής απεικόνισης LANDSAT 5 TM του 1999 με τελικό στόχο τη χωρική αποτύπωση της επικινδυνότητας.

Για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των πυρκαγιών βλάστησης σε συγκεκριμένες περιοχές εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν σε μη τυποποιημένη ταξινόμηση τα ακόλουθα κριτήρια: η ανακλαστικότητα της βλάστησης στο εγγύς υπέρυθρο από 0,76 – 0,90μm, ο τύπος του ενδιαίτηματος με βάση το αποτέλεσμα της χαρτογράφησης, η ευφλεκτικότητα των κυρίαρχων ειδών με βάση βιβλιογραφικές αναφορές, τα ιστορικά δεδομένα φωτιάς και το ανάγλυφο της περιοχής. Έτσι προέκυψαν τρεις κατηγορίες κινδύνου. Εκείνες που αντιστοιχούν σε περιοχές χαμηλού (low), ενδιάμεσου (moderate) και υψηλού (high) κινδύνου. Στη συνέχεια οι θέσεις αυτές εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν για την ψηφιακή επεξεργασία της δορυφορικής απεικόνισης στο δίαυλο του εγγύς υπέρυθρου με τη μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης (supervised classification) και συγκεκριμένα της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης (object oriented classification).

Σε μια κλίμακα μακροσκοπικής μοντελοποίησης της επικινδυνότητας των πυρκαγιών, διερευνήθηκαν οι χρονικοί και εποχιακοί συσχετισμοί των παραπάνω μεταβλητών, καθώς και η συγγραμμικότητα αυτών, μέσω στατιστικών τεχνικών όπως Cluster Analysis, Multidimensional Scaling και Pearson Correlation. Αφού προσδιορίστηκε η μεταβλητότητα και συμεταβλητότητα των διαφορετικών συμμετεχόντων παραμέτρων σε σχέση με την ιστορικότητα των πυρκαγιών που αποδελτιώθηκαν από τη Διεύθυνση Δασών του Υπουργείου Γεωργίας και την Πυροσβεστική Υπηρεσία, το μακροσκοπικό μοντέλο επικινδυνότητας ορίστηκε μέσω των ακόλουθων μεταβλητών: τη λογαριθμική αύξηση του πληθυ-

σμού, την αύξηση των κατηγοριών της χρήσης γης, τα ποσοστά υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους, το συντελεστή συνδιακύμανσης του υψομέτρου και του μέσου όρου κλίσης του εδάφους. Τα ποσοστά της επικινδυνότητας υπολογίστηκαν με βάση τις παραπάνω μεταβλητές για κάθε ΟΤΑ και είχαν ως αποτέλεσμα το χάρτη της Εικόνας 5, που αποτυπώνει την επικινδυνότητα των πυρκαγιών για το έτος 2006, σε επίπεδο ΟΤΑ.



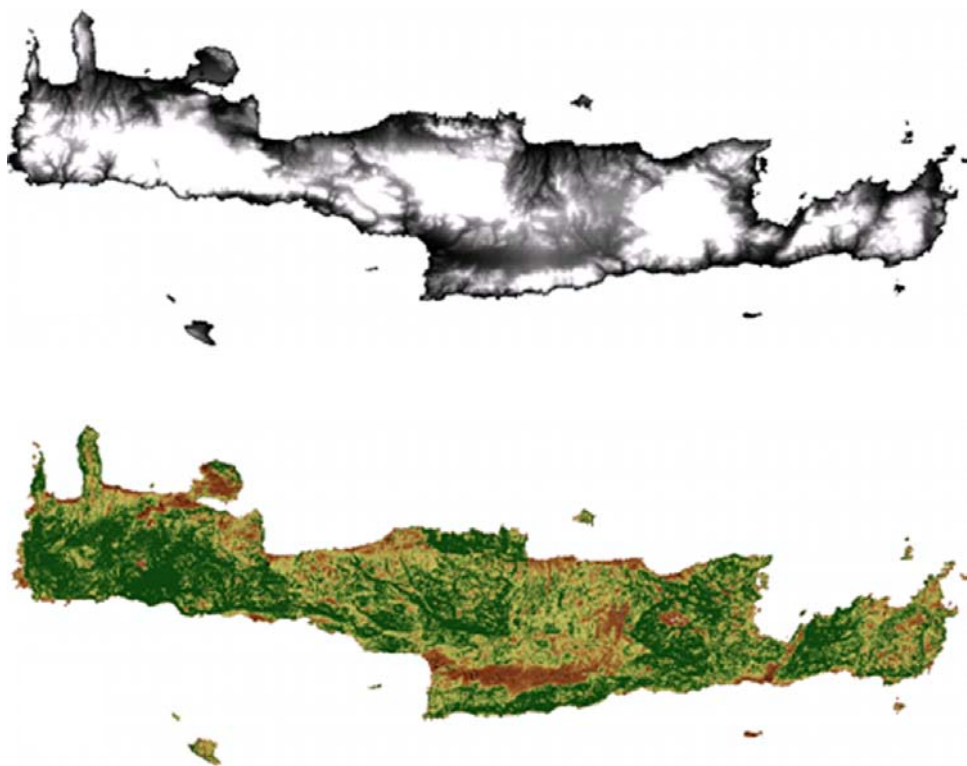
**Εικόνα 5.** Ταξινόμηση των ζωνών επικινδυνότητας των πυρκαγιών σε επίπεδο ΟΤΑ για το 2006. Τα «κρύα» χρώματα (μπλέ αποχρώσεις) αντιστοιχούν σε μικρή επικινδυνότητα, ενώ τα «θερμά» χρώματα (κόκκινες αποχρώσεις) αντιστοιχούν σε μεγαλύτερα ποσοστά επικινδυνότητας.

## 6. Γεωμορφομετρικά στοιχεία της Κρήτης

Η μελέτη των γεωμορφομετρικών ιδιοτήτων του τοπίου έχει αποτελέσει αντικείμενο ερευνών σε μία προσπάθεια συσχέτισης αυτών με τις ιδιότητες της επιφανείας του εδάφους (Horton, 1945, Coates, 1958). Οι έρευνες αυτές έχουν κυρίως βασιστεί σε αναλύσεις του μοντέλου ψηφιακού εδάφους (DEM) μέσω της κατηγοριοποίησης του αναγλύφου, της κλίσης, των συσχετίσεων αυτών με χρήσεις γης, των λιθολογικών ενοτήτων, κ.ά. (Onorati *et al.*, 1992, Hutchinson και Gallant, 2000, Skidmore 1990, Giles και Franklin, 1998, Adediran, *et al.*, 2004). Στη συγκεκριμένη περίπτωση αναλύθηκαν οι μορφομετρικές ιδιότητες του DEM με στόχο τη διερεύνηση της συσχέτισης αυτών με την γεωλογία της περιοχής.

Το μοντέλο ψηφιακού εδάφους δημιουργήθηκε από στερεοζεύγη του δορυφόρου SPOT4. Συγχρόνως έγινε ψηφιοποίηση των γεωλογικών φύλλων του ΙΓΜΕ με παράλληλη διόρθωση και ομογενοποίηση των γεωλογικών ορίων στα σημεία συνένωσης των γειτονικών φύλλων (ΙΓΜΕ 1959-2005), καθώς και των χαρτών χρήσης γης και γεωϊκανότητας του Υπουργείου Γεωργίας μέσω του λογισμικού ArcGIS 9.1. Τα λογισμικά ERDAS Imagine 8.7. και Idrisi Killimanjaro χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του DEM μέσω της εφαρμογής παραγώγων διευθύνσεων, την δημιουργία χαρτών κλίσης και προσανατολισμού (Εικόνα 6).

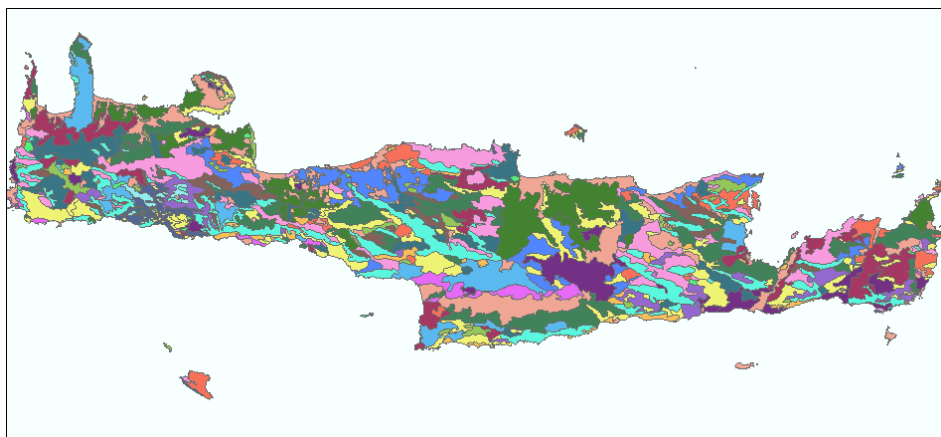
Οι παράγωγοι διευθύνσεων εφαρμόστηκαν σε 8 διαφορετικές διευθύνσεις και τα απο-



**Εικόνα 6.** Χάρτες αποτύπωσης του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (A) και της κλίσης αυτού (B).

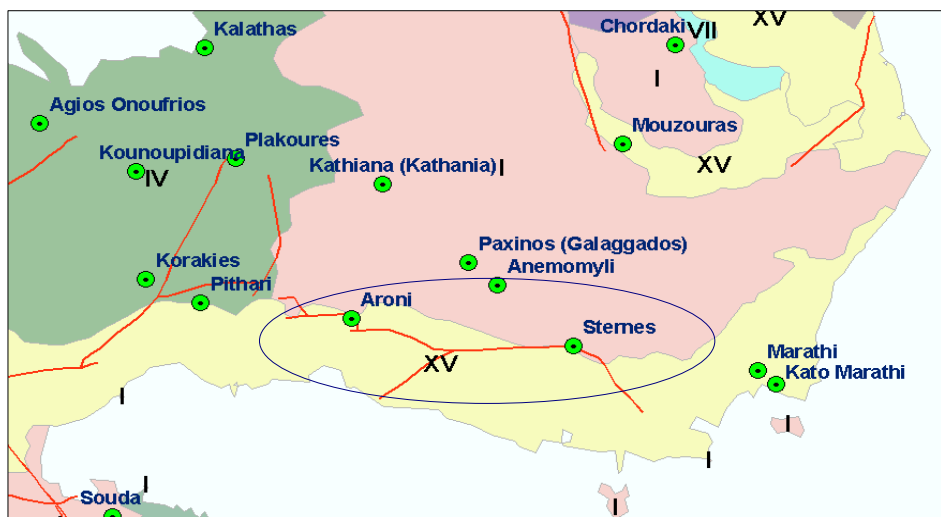
τελέσματα αυτών εισήχθησαν στη διαδικασία μή-επιβλεπόμενης ταξινόμησης (ISO-DATA), από την οποία προέκυψαν 10 διαφορετικές τάξεις των μορφομετρικών στοιχείων. Για την καλύτερη αποτύπωση των κατηγοριών εφαρμόστηκε φίλτρο γενίκευσης των τάξεων (φίλτρο πλειοψηφίας). Τα τελικά δεδομένα μετασχηματίστηκαν σε πολύγωνα και συνδέθηκαν με τις κατηγορίες του γεωλογικού χάρτη για περαιτέρω στατιστική ανάλυση. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν περίπου 21 κατηγορίες μορφομετρικών μονάδων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με το υψόμετρο, την κλίση, τον προσανατολισμό και τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής. Επίσης, οι συγκεκριμένες μορφομετρικές μονάδες συνδέθηκαν με μια πιο γενικευμένη μορφή των γεωλογικών σχηματισμών μετά από μία ταξινόμηση που έδωσε τρεις κατηγορίες γεωλογικών μονάδων: ιζηματογενείς αποθέσεις, μικτοί ιζηματογενείς και βραχώδεις σχηματισμοί, βραχώδεις σχηματισμοί. Η διάκριση αυτή βοήθησε στην ταξινόμηση των μορφομετρικών μονάδων (Εικόνα 7).

Επίσης παρατηρήθηκε μία συσχέτιση μεταξύ της διεπαφής ορισμένων μορφομετρικών μονάδων και των ρηγμάτων όπως αυτά απεικονίζονται στους χάρτες του ΙΓΜΕ. Η συσχέτιση αυτή ήταν αρκετά καλή μεταξύ γεωμορφομετρικών μονάδων που σχετίζονται με αποθέσεις και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς (Εικόνα 8). Για την επιβεβαίωση των



**Εικόνα 7.** Συνθετικός χάρτης των γεωμορφομετρικών στοιχείων της Κρήτης.

τεκτονικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν γεωφυσικές τεχνικές (ηλεκτρομαγνητικές διασκοπήσεις – VLF) σε επιλεγμένα σημεία (Στέρνες και Μουρνιές) του νομού Χανίων. Τόσο οι γεωφυσικές διασκοπήσεις όσο και μακροσκοπικές γεωλογικές παρατηρήσεις επιβεβαίωσαν την ύπαρξη των τεκτονικών στοιχείων μεταξύ των συγκεκριμένων μορφομετρικών μονάδων (Εικόνα 9) (Sarris *et al.*, 2005b).



**Εικόνα 8.** Χάρτης των μορφομετρικών μονάδων για την περιοχή του Ακρωτηρίου, Χανίων. Η επίτοπα γεωλογική έρευνα επιβεβαίωσε την ύπαρξη τεκτονικών ρηγμάτων σε συμφωνία με αυτά των χαρτών του ΙΓΜΕ. Η γεωλογική έρευνα επικεντρώθηκε στην περιοχή γύρω από το χωριό Στέρνες.

Μία παρόμοια προσπάθεια εντολισμού τεκτονικών χαρακτηριστικών μέσω δορυφορικής τηλεπισκόπησης έγινε μέσω της χρήσης απεικονίσεων ASTER και της συσχέτισης αυτών με τη βλάστηση (συγκράτηση υγρασίας) και τις γραμμώσεις του αναγλύφου. Δεδομένου ότι μία τυπική απεικόνιση του δορυφόρου ASTER καλύπτει περιοχή έκτασης 60km x 60km, χρειάστηκαν δώδεκα (12) συνολικά εικόνες (ανά φασματικό κανάλι) για τη σύνθεση μίας εικόνας (μωσαϊκού) της ευρύτερης περιοχής της Κρήτης. Έμφαση δόθηκε κυρίως στα κανάλια του ορατού και του υπέρυθρου, μέσω της επεξεργασίας με τεχνικές λόγων καναλιών, ανάλυση Βασικών Αξόνων, εφαρμογή φίλτρων ενίσχυσης ακμών (Laplacian filtering) και φωτοερμηνείας μέσω της συσχέτισης των εικόνων με τους ψηφιοποιημένους χάρτες του ΙΓΜΕ (Παπαδάκη, 2005, Sarris et al., 2006a).



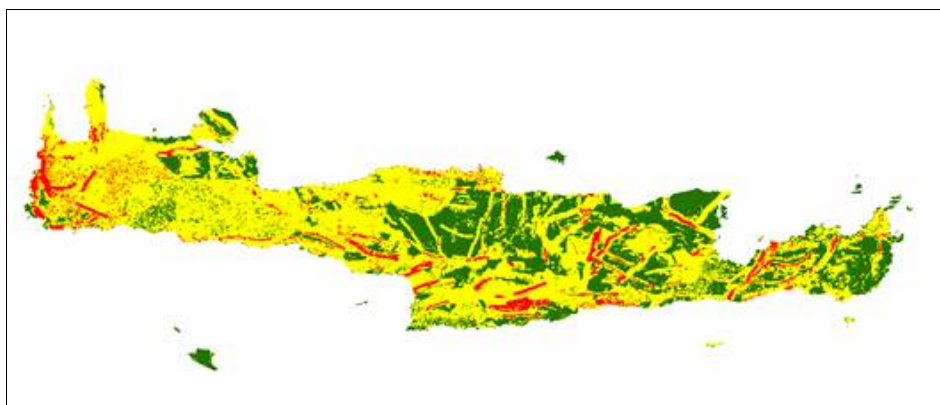
**Εικόνα 9.** Λεπτομέρειες από την διαδρομή του δρόμου Αρώνι-Στέρνες, όπου διακρίνεται η τεκτονική επαφή μεταξύ των διαφορετικών μορφομετρικών μονάδων (κατηγορίες XV & I).

Τα παραπάνω αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν επίσης για την ταξινόμηση των ρηγμάτων της Κρήτης και τη μοντελοποίηση της επικινδυνότητας των κατολισθήσεων. Ρήγματα εμφανίζονται σε όλη την έκταση της Κρήτης και οφείλονται σε βίαιες γεωδυναμικές διαδικασίες. Τα φαινόμενα αυτά έχουν κατακερματίσει ολόκληρη τη νήσο σχηματίζοντας κοιλάδες και κορυφογραμμές με διαφορετικές διευθύνσεις. Η ταξινόμηση των ρηγμάτων βασίστηκε σε γνωστές πληροφορίες από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και δημοσιευμένα άρθρα και μελέτες (Angelier *et al.*, 1982, Fassoulas 2001). Αρχικά, έγινε η αξιολόγηση των ρηγμάτων με βάση 2 παράγοντες: την ηλικία τους (από τους γεωλογικούς σχηματισμούς) και το μήκος τους, που αποτελεί σημαντική παράμετρο για το μέγεθος ενδεχόμενου σεισμού. Για την περιοχή του Αιγαίου, χρησιμοποιήθηκε η προτεινόμενη

σχέση των Pavlides και Caputo (2003) που συσχετίζει το μήκος των ρηγμάτων με σεισμικούς μεγέθους 6-7,2R. Θέτοντας σαν παράμετρο την πιθανότητα εκδήλωσης σεισμού πάνω από 6R (οι οποίοι έχουν αποδειχθεί πολύ καταστροφικοί στην ελληνική επικράτεια), επελέγησαν τελικά 94 ρήγματα μήκους άνω των 7km. Τα παραπάνω ρήγματα ψηφιοποιήθηκαν και χαρτογραφήθηκαν στα γεωλογικά υπόβαθρα του ΙΓΜΕ. Αυτοψίες που πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένα σημεία βελτίωσαν την παραπάνω πληροφορία, ενώ στη βάση πληροφοριών έγινε συμπλήρωση του κωδικού των ρηγμάτων, καθώς και άλλων στοιχείων, όπως μήκος ρήγματος, τύπος (κανονικό, ανάστροφο και οριζόντιας μετατόπισης), ηλικία, κ.α. Στο τελικό στάδιο έγινε ταξινόμηση των ρηγμάτων σε ενεργά, πιθανά ενεργά, ανενεργά/γεωλογικά, ανάλογα με τη δυνατότητα αυτών να σχετίζονται με σεισμική δραστηριότητα.

Το μοντέλο της επικινδυνότητας των κατολισθήσεων έκανε χρήση μιας πολυπαραμετρικής συνάρτησης η οποία συνδύαζε συντελεστές βαρύτητας από τις μεταβλητές των γεωλογικών, υδρολιθολογικών, μορφομετρικών και κλιματολογικών μεταβλητών. Παρόμοιες πολυπαραμετρικές στατιστικές διαδικασίες έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (Mark & Ellen, 1995, Bernknopf *et al.* 1988, Neuland, 1976). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξετάστηκε η ιεραρχία και η συμεταβλητότητα των διαφορετικών παραμέτρων και έγινε ταξινόμηση των μεταβλητών σε διαφορετικές κατηγορίες με βάση την επιρροή κάθε κατηγορίας στην γένεση του φαινομένου.

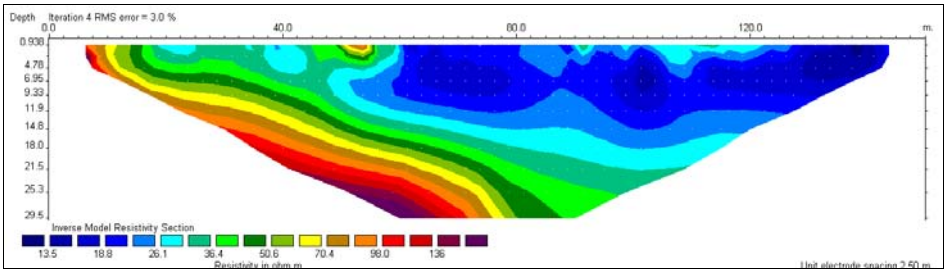
Λόγω του ότι το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη την ιστορικότητα παρόμοιων συμβάντων κατολισθήσεων, το αποτέλεσμα της διαδικασίας παράγει ένα χάρτη σχετικά με την επιδεκτικότητα των περιοχών σε κατολισθήσεις (Εικόνα 10). Όμως ακόμα και αυτό το αποτέλεσμα είναι σημαντικό ιδιαίτερα για την αποφυγή ασταθών περιοχών οι οποίες μπορεί να προξενήσουν προβλήματα σε τεχνικά έργα.



**Εικόνα 10.** Χάρτης επιδεκτικότητας περιοχών σε κατολισθήσεις για την περιοχή της Κρήτης. Οι κόκκινες περιοχές παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο συντελεστή επιδεκτικότητας.

## 7. Διερεύνηση των γεωτεχνικών παραμέτρων σε αστικό δομημένο περιβάλλον

Το πρόγραμμα EMERIC I προχώρησε στην διενέργεια μετρήσεων για τον καθορισμό των γεωλογικών παραμέτρων των αστικών κέντρων της Κρήτης (Sarris, *et al*, 2006b). Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές γεωφυσικές τεχνικές με στόχο την διερεύνηση του υπεδάφους και της σεισμικής επιδεκτικότητας των εδαφών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε χρήση σεισμικών και ηλεκτρομαγνητικών τεχνικών, ηλεκτρικής τομογραφίας (ERT) και μικροθορύβου. Στόχος των πρώτων ήταν η χαρτογράφηση της στρωματογραφίας του εδάφους σε βάθη 10-50m από την σημερινή επιφάνεια του αναγλύφου. Το όργανο Geometrics R-24 Strataview χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των μετρήσεων της σεισμικής διάθλασης. Η ερμηνεία των δεδομένων έγινε σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής. Στόχος των μετρήσεων ήταν η χαρτογράφηση περιοχών με καρστικά χαρακτηριστικά ή σαθρά υπόβαθρα ή ιζηματογενείς αποθέσεις (Εικόνα 11).

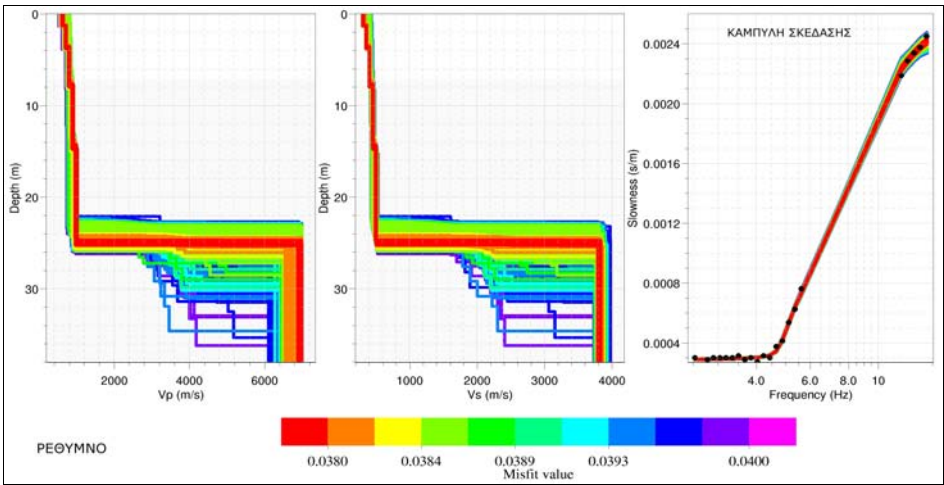


**Εικόνα 11.** Λεπτομέρειες από τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλεκτρικής τομογραφίας στο Ρέθυμνο. Τα κόκκινα χρώματα αντιστοιχούν σε μεγάλες αντιστάσεις, ενώ οι μπλέ αποχρώσεις αντιστοιχούν σε πιο αγώγιμα εδάφη.

Οι μετρήσεις μικροθορύβου χρησιμοποιήθηκαν για το γεωτεχνικό χαρακτηρισμό θέσεων και την εκτίμηση της συμπεριφοράς της μετάδοσης των σεισμικών κυμάτων με το βάθος, κάνοντας χρήση της μεθόδου συχνότητας-κυματάρηθμος (F-k) και της μεθόδου αυτοσυσχέτισης (SPAC) (Aki 1957, Bettig *et al.*, 2001, Wathelet *et al.*, 2004). Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνται από καταγραφικά Reftek 130-01/3 και σεισμόμετρα Guralp CMG40T (1Hz). Ο υπολογισμός της ταχύτητας φάσης των επιφανειακών κυμάτων έγινε από το διάγραμμα φάσματος f-k απ' όπου προέκυψαν οι καμπύλες σκέδασης για κάθε θέση. Μέσω της αντιστροφής δεδομένων καμπύλης σκέδασης έγινε υπολογισμός της μεταβολής της ταχύτητας των ελαστικών κυμάτων με το βάθος για βάθη τουλάχιστον έως 30 μέτρα. Στην Εικόνα 12 δίνεται η μορφή με την οποία παρουσιάζεται το μονοδιάστατο μοντέλο όπου δίνετε η μεταβολή της ταχύτητας των επιμήκων ( $V_p$ ) και εγκαρσίων ( $V_s$ ) ελαστικών κυμάτων με το βάθος.

Τα στοιχεία αυτά χαρακτηρισμού των εδαφικών συνθηκών, συμπεριλαμβανομένης και της μη-γραμμικής απόκρισης, είναι απαραίτητα για την ενσωμάτωση της επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στην περαιτέρω εκτίμηση της γεωγραφικής κατανομής της ισχυρής σεισμικής κίνησης από πιθανούς (αναμενόμενους) ισχυρούς σεισμούς. Η





**Εικόνα 12.** Μονοδιάστατο μοντέλο μεταβολής της ταχύτητας των επιμήκων (αριστερά) και εγκάρσιων (κέντρο) κυμάτων με το βάθος. Στο διάγραμμα δεξιά δίνεται η καμπύλη σκέδασης, με μαύρους κύκλους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των χρονοσειρών.



**Εικόνα 13.** Κατανομή των κύριων σεισμικών συχνοτήτων για την πόλη των Χανίων.

χρήση της μεθόδου δικτύου μικροθορύβου τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ιδιαίτερα διεθνώς διότι αποτελεί μία οικονομική παθητική μέθοδο γεωφυσικής διασκόπησης για την εύρεση των γεωφυσικών ιδιοτήτων (ταχύτητες ελαστικών κυμάτων) στα ανώτερα ιζηματογενή στρώματα. Στην Εικόνα 13 παρουσιάζονται οι τιμές της ιδιοσυχνότητας των εδαφικών σχηματισμών για την πόλη των Χανίων όπως αυτή προέκυψε από τους φασματικούς λόγους της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα (H/V) δεδομένων μικροθορύβου στις θέσεις που δίνονται με μαύρους ρόμβους στην ίδια εικόνα.

## 8. Τελικές παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις στο περιβάλλον (φυσικό και πολιτιστικό) και στους φυσικούς πόρους από την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη και ένταση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων αλλά και από την εμφάνιση ακραίων φυσικών φαινομένων, και έχοντας ως κοινό γνώμονα την αξιοβίωτη ανάπτυξη της κοινωνίας, γίνεται αντιληπτό ότι η δημιουργία ενός εργαλείου το οποίο χρησιμεύει ως πόλος καταγραφής, διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης των τιμών των φυσικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών μεταβλητών είναι πλέον απαραίτητο για τη λήψη αποφάσεων και το σχεδιασμό ευρύτερων στρατηγικών στην κατεύθυνση αυτή. Είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι γεωεπιστήμες, τόσο μέσω επίγειων παρατηρήσεων όσο και μέσω δορυφορικών τηλεπισκοπικών τεχνικών, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη ευρείας και ισχυρής βάσης δεδομένων η οποία εξάλλου αποτελεί και τη βασική υποδομή τόσο για την υλοποίηση έργων μεγάλης κλίμακας όσο και τη μοντελοποίηση περιοχών επικινδυνότητας.

Με τη χρήση του παραπάνω εργαλείου η πρόσβαση σε πολύτιμες πληροφορίες που αφορούν στη φυσική κοινωνική και πολιτιστική πραγματικότητα είναι πλέον εφικτή. Η πρόσβαση στις πληροφορίες αυτές είναι πλέον ελεύθερη μέσω της χρήσης τεχνολογιών GIS και WEB\_GIS ([http://www.ims.forth.gr/joint\\_projects/emeric/emeric-gr.html](http://www.ims.forth.gr/joint_projects/emeric/emeric-gr.html)) και για αυτό προσδοκείται ένας υψηλός βαθμός χρήσης και αξιοποίησης των ανωτέρω πληροφοριών σε ευρύ φάσμα εφαρμογών. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου εργαλείου αποτέλεσε και το στόχο του προγράμματος CRINNO-EMERIC I, στο οποίο ως πιλοτική περιοχή εφαρμογής του ήταν το νησί της Κρήτη με απώτερο σκοπό να επεκταθεί το πεδίο εφαρμογής του και στον υπόλοιπο ελλαδικό χώρο.

## Βιβλιογραφία

- Adediran, A. O., Parcharidis, I., Poscolieri, M. and Pavlopoulos, K., 2004, Computer-assisted discrimination of morphological units on north-central Crete (Greece) by applying multivariate statistics to local relief gradients, *Geomorphology* 58, 357-370.
- Aki, K., 1957, Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, *Bull. Earthq. Res. Inst.* v. 35, 415-456.
- Angelier J., Lymberis N., Le Pichon X., Barrier E. & Huchon, P. (1982). The tectonic development of the Hellenic arc and Sea of Crete: A synthesis. *Tectonophysics*, 86, 159-196
- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. and Heyen, M., 2004, Multi-resolution,

- object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58: 239-258.
- Bernknopf, R.L., Campbell, R.H., Brookshire, D.S., and Shapiro, C.D., 1988, A probabilistic approach to landslide mapping in Cincinnati, Ohio, with applications for economic evaluation, *Association of Engineering Geologists Bulletin*, v. 25, n. 1, p. 39-56.
- Bettig, B., Bard, P.-Y., Scherbaum, F., Riepl, J., Cotton, F., Cornou, C. and Hatzfeld, D., 2001, Analysis of dense array noise measurements using the modified spatial auto-correlation method (SPAC). Application to the Grenoble area, *Bollettino Di Geofisica Teorica ed Applicata*, 42, 3-4, 281-304.
- Coates, D.R., 1958. Quantitative Geomorphology of Small Drainage Basins in Southern Indiana. Department of Geology, Columbia University, New York.
- Dafis, S., Papastergiadou, E., Georghiou, K., Babalonas, T., Georgiadis, T., Papageorgiou, M., Lazaridou and Tsiaousi, V., 1996, Directive 92/43/EEC The Greek "Habitat" Project NATURA 2000: An Overview. Life Contract B4-3200/94/756, Commission of the European Communities DG XI, The Goulandris Natural History Museum – Greek Biotope/Wetland Centre.
- European Commission, 2003, Interpretation manual of European Union habitats, DG Environment, Nature and biodiversity.
- Fassoulas C. (2001). The tectonic development of a neogene basin at the leading edge of the European margin. *J. Geodynamics*, 31, 49-70.
- Giles, P.T., Franklin, S.E., 1998. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. *Geomorphology*, v.21, 251– 264.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins. A hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society American Bulletin*, v. 56, 275–370.
- Hutchinson, M.F., Gallant, J.C., 2000. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications*. Wiley, New York, pp. 29– 49.
- ΓΓΜΕ (1959 – 2005). Γεωλογική Χαρτογράφηση της Ελλάδας, Κλίμακα 1:50.000. Αθήνα.
- Ioannidou S., Karathanassi V., Sarris A., 2005a, The optimum wavelet-based fusion method for urban area mapping. *WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development, Venice, Italy, November 2-4, 2005*, ISBN: 960-8457-37-8, pp.249-254.
- Ioannidou S., Karathanassi V., Sarris A., 2005b, Urban area mapping based on wavelet-oriented fusion methods. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, Issue 2, Vol.1, ISSN: 1790-5079, pp.226-233.
- Mark R.K., and Ellen, S.D., 1995 Statistical and Simulation Models for Mapping Debris-Flow Hazard, in *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, A. Carrera and F. Guzzetti, editors, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 93-106.
- Neuland, H., 1976, A prediction model of landslips. *Catena* 7, 205–22
- Onorati, G., Poscolieri, M., Ventura, R., Chiarini, V., Crucilla, U., 1992. Analysis of the digital elevation model of Italy for quantitative geomorphology and structural geology. *Catena*, v. 19, 147– 178.
- Παπαδάκη Ε., 2005, Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER για τον εντοπισμό γραμμώσεων και γεωλογικών ρηγμάτων στην Κρήτη, μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.

- Pavlidis S. & Caputo R., 2003, Magnitude versus faults' surface parameters :quantitative relationships from the Aegean Region. *Tectonophysics*, 380, 159-188.
- Sarris, A., Maniadaakis, M., Lazaridou, O., Kalogrias, V., Bariotakis, M, & Pirintzos, St., 2005a, Studying LandUse Patterns in Crete Island, Greece, Through a Time Sequence of Landsat Images and Mapping Vegetation Patterns, *WSEAS Transactions on Environment and Development*, Issue 2, Vol.1, ISSN: 1790-5079, pp.272-279.
- Sarris, A., Karakoudis, S., Vidaki, Ch. & Soupios, P., 2005b, Study of the Morphological Attributes of Crete through the Use of Remote Sensing Techniques, *IASME Transactions*, Issue 6, volume 2, pp. 1043-1051.
- Sarris, A., Papadaki, I., Mertikas, St., Zervoudakis, M., Fassoulas, Ch., Georgila, K., Kokkinaki, M., Trigkas, V., 2006a, Terrain Mapping of Lineaments, Faults and Landslides of the Island of Crete through GIS and Satellite Remote Sensing Techniques, *ESRI 21<sup>st</sup> European Conference on ArcGIS Users*, Athens, November 7-8.
- Sarris, A., Vallianatos, F., Soupios, P., Papadopoulos, I., Savvaidis, A., 2006b, Application of Geophysical Methods in Urban Areas to Determine the Site Response in Environmental Risks, *WSEAS Transactions on Environment & Development*, Issue 4, Volume 2, ISSN 1790-5079, April 2006, pp. 309-315.
- Skidmore, A.K., 1990. Terrain position as mapped from a gridded digital elevation model. *International Journal of Geographical Information Systems*, v. 4, 33–49.
- Soupios, P., Sarris, A., Papadakis, G., Papazoglou, M., Valliantos, F., Makris, J., 2005, Compilation of a Relational Digital Database for Monitoring and Management of Geo-Environmental Data in Crete Region, *Proceedings of the 2005 IASME / WSEAS International Conference on ENGINEERING EDUCATION*, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 8-10, 2005, pp. 423-430.
- Wathelet, M., Jongmans, D. and Ohrnberger, M., 2004, Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements, *Near surface Geophysics*, v. 2, n. 4, 211-221.