

Χάρος αειχώρος

ΚΕΙΜΕΝΑ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΤΕΥΧΟΣ
ISSUE

14

ΕΤΟΣ
YEAR

2010



ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
*Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης*

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
ΣΚΑΓΙΑΝΝΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ
ΓΟΣΠΟΔΙΝΗ ΑΣΠΑ
ΔΕΦΝΕΡ ΑΛΕΞΗΣ
ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΟΛΓΑ
ΨΥΧΑΡΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ
ΣΤΑΘΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΣΥΝΤΑΞΗΣ

Αραβαντινός Αθανάσιος	- ΕΜΠ
Ανδρικόπουλος Ανδρέας	- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Βασενχόβεν Λουδοβίκος	- ΕΜΠ
Γιαννακούρου Τζίνα	- Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Γιαννιάς Δημήτρης	- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δελλαδέτσημας Παύλος	- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Δεμαθάς Ζαχαρίας	- Πάντειο Πανεπιστήμιο
Ιωαννίδης Γιάννης	- Tufts University, USA
Καλογήρου Νίκος	- ΑΠΘ
Καρύδης Δημήτρης	- ΕΜΠ
Κοσμόπουλος Πάνος	- ΔΠΘ
Κουκλέλη Ελένη	- University of California, USA
Λαμπριανίδης Λόης	- Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Λουκάκης Παύλος	- Πάντειο Πανεπιστήμιο
Λουρή Ελένη	- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Μαλούτας Θωμάς	- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Μαντουβάλου Μαρία	- ΕΜΠ
Μελαχροινός Κώστας	- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Μοδινός Μιχάλης	- Εθν. Κέντρο Περιβ. και Αειφ. Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ)
Μπριασούλη Ελένη	- Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Παπαθεοδώρου Ανδρέας	- Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Πρεβελάκης Γεώργιος-Στυλ.	- Universite de Paris I, France
Φωτόπουλος Γιώργος	- Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Χαστάογλου Βίλμα	- ΑΠΘ

Διεύθυνση:
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας
και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Περιοδικό ΔΕΙΧΩΡΟΣ
Πεδίο Άρεως, 383 34 ΒΟΛΟΣ
<http://www.aeihoros.gr>, e-mail: aeihoros@prd.uth.gr
τηλ.: 24210 – 74456 fax: 24210 – 74388



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Ειδικό τεύχος – Αφιέρωμα
Special Issue

**Εφαρμογές
Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών**

Επιμέλεια

Βασίλης Παππάς
Δημήτρης Κοτζίνος
Δημήτρης Σταθάκης

Επιστημονικό Περιοδικό

αειχώρος

Ανακοίνωση

Από το τεύχος 12 άλλαξε η αρίθμηση του περιοδικού αειχώρος. Καταργείται η αναφορά σε τόμο και τεύχος τόμου, και καθιερώνεται η αναφορά σε αύξοντα αριθμό τεύχους (από την αρχή της έκδοσης του περιοδικού).

Επιμέλεια έκδοσης: Άννα Σαμαρίνα — Παναγιώτης Πανταζής

Λαγού: Παναγιώτης Πανταζής

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Γιώργος Παρασκευάς — Παναγιώτης Πανταζής

Εκτύπωση: Ευαγγελία Ξουράφα

Κεντρική διάθεση: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

Παπάς Β., Κοτζίνος Δ., Σταθάκης Δ.	4
Εισαγωγή	
Μαυρίδης Α.	6
Γεωπληροφοριακή διαχείριση και ενίσχυση της αειφορίας του αγροτοπεριβάλλοντος μέσα από το μοντέλο της Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας (Precision Organic Agriculture)	
Αρβανίτης Α., Λαφαζάνη Π., Μισιρλόγλου Σ.	30
Μοντέλο διαχείρισης δημοτικού κτηματολογίου σε περιβαλλοντογεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών με την βοήθεια στατιστικής ανάλυσης	
Κούναδη Ου., Μπασιούκα Σ.	64
Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στα χέρια εθελοντών. Το παράδειγμα του OpenStreetMap στο Λονδίνο και την Αθήνα	
Τσιωνάς Ι., Μπαλτζοπούλου Αικ., Τσιούκας Β., Καραμπίνης Α.	94
Οι πολεοδομικές συνιστώσες της σεισμικής διακινδύνευσης	
Σιμώνη Ε., Παπάς Β.	116
Μέθοδος για την αξιολόγηση της αρχαιολογικής πληροφορίας που προέρχεται από την υλοποίηση οικοδομικών αδειών	
ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	
Σταθάκης Δ., Κοτζίνος Δ.	138
Για μια ενδεικτική δομή προγραμμάτων μεταπτυχιακών σπουδών Συστημάτων και Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών	

Γεωπληροφοριακή διαχείριση και ενίσχυση της αειφορίας του αγροτοπεριβάλλοντος μέσα από το μοντέλο της βιολογικής γεωργίας ακριβείας (precision organic agriculture)

Αβραάμ Μαυρίδης

Δρ. Γεωπόνος/Αναλυτής GIS, ΑΤΕΙΘ-ΑΠΘ

Περίληψη

Η γεωργία, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα, εξελίχθηκε μέσα από πρωτοβουλίες και δραστηριότητες σε ατομικό, συλλογικό και θεσμικό επίπεδο παγκοσμίως. Κάνοντας εφαρμογή των ερευνητικών αποτελεσμάτων και της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας οδηγήθηκε σε ανισοροπίες της παραγωγής και των στρατηγικών ανάπτυξης, σε υποβάθμιση του αγροτοπεριβάλλοντος, αλλά ακόμη και σε επιβάρυνση της υγείας των καταναλωτών. Η Βιολογική Γεωργία (Organic Agriculture – OA), κάνοντας χρήση διαφόρων εναλλακτικών μεθόδων γεωργικής παραγωγής αναπτύχθηκε σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες πετυχαίνοντας να συνδυάσει την προσοδοφόρα παραγωγή ποιοτικών προϊόντων με την προστασία και διατήρηση των φυσικών πόρων του οικοσυστήματος και της υγείας των καταναλωτών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το μοντέλο της Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας – ΒΓΑ (Precision Organic Agriculture – POA) κάνοντας χρήση εφαρμογών Γεωπληροφορικής και Μαθηματικών με χρήση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Multicriterial Analysis) και της Μεθόδου Ιεραρχικής Ανάλυσης (Analytical Hierarchy Process). Ο συνδυασμός των μεθόδων αυτών επιτυγχάνει να αξιοποιήσει την Τεχνολογία της Πληροφορικής ενισχύοντας ενεργητικά το μοντέλο της Βιολογικής Γεωργίας και συγχρόνως, την αειφορική διαχείριση των βιολογικά καλλιεργούμενων αγροτεμαχίων, αλλά και του ευρύτερου αγροτοπεριβάλλοντος προς όφελος του κοινωνικού συνόλου.

Λέξεις κλειδιά

Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), γεωγραφικά δεδομένα, βιολογική γεωργία, Βιολογική Γεωργία Ακριβείας, βιοποικιλότητα, αειφορία.

Geoinformational management and enhancement of the sustainability of agro-environment through the model of precision organic agriculture

Agriculture, as we know it today, evolved through initiatives and activities at individual, collective and institutional level worldwide. The application of research results and the advancing technology led to inequalities of production and strategic development towards degradation of the agroenvironment in overall, as well as in charge of consumer's health. Organic Agriculture (OA), using various alternative methods of agricultural production has grown considerably in recent decades succeeding to combine the profitable production of quality products for the protection and conservation of natural resources of the ecosystem and health of consumers.

This paper presents the model of Precision Organic Agriculture – POA using applications of Geoinformatics and Mathematics by applying Multicriterial Analysis and Analytical Hierarchy Process. POA manages to utilize information technology supporting actively the model of Organic Agriculture and, at the same time, the sustainable management of organic agricultural plots and of the adjacent agroenvironment for the benefit of the society.

Keywords

Multicriterial analysis, Geographical Information Systems (GIS), geodata, Precision Organic Agriculture, biodiversity, sustainability.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φύση των αγροτοπεριβαλλοντικών ζητημάτων και μελετών και η αλληλεπίδρασή τους με το φυσικό περιβάλλον είναι διαρκής και πολύτροπη. Τα γεωργικά συστήματα διαφοροποιούνται συνεχώς σε ανταπόκριση των οικονομικών, τεχνολογικών και κοινωνικών τάσεων (Goddard κ.ά., 1996) παρουσιάζοντας θετικές και αρνητικές πτυχές που τροποποιούνται συνεχώς μέσα στο πέρασμα των αιώνων. Στη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αγροτικών προϊόντων με τη βοήθεια των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, των χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, των νέων, υβριδικών ποικιλιών, της άρδευσης και της εκμηχάνισης οδήγησε σε αρνητικές επιπτώσεις που ήταν

ιδιαίτερα εμφανείς τα τελευταία χρόνια για το περιβάλλον, το κλίμα, τη βιοποικιλότητα, την άγρια ζωή (πανίδα και χλωρίδα), τους φυσικούς πόρους και την υγεία. Ορισμένα γενεσιουργά αίτια αυτών των αρνητικών μεταβολών, πέρα από τα προφανή, αποτελούν:

- Η έλλειψη σχεδιασμού στρατηγικής και εφαρμογής μακρόχρονης πολιτικής και χωροταξικού σχεδιασμού της γεωργίας για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών και υδάτινων πόρων τις προηγούμενες δεκαετίες,
- Η άγνοια, ή/και παραπληροφόρηση μεγάλων πολυεθνικών εταιριών με συνθετικά αγροχημικά σκευάσματα ως προς τις συνέπειες εφαρμογής τους στο εγγύς φυσικό περιβάλλον και στον υδροφόρο ορίζοντα,
- Η μη συμμόρφωση παραγωγών και θεσμικών φορέων με τις διατάξεις και κανονισμούς της κοινοτικής και εθνικής νομοθεσίας για το φυσικό περιβάλλον,
- Η έλλειψη αξιόπιστων και αποτελεσματικών ελεγκτικών μηχανισμών για την ορθότητα των μέτρων παρέμβασης σε θέματα χωροταξικού σχεδιασμού και,
- Η έλλειψη της οργανωτικής υποδομής και υποστήριξης διαχειριστικών μέτρων λόγω της μη ολοκλήρωσης του κτηματολογίου η οποία διευρύνει ακόμη περισσότερο την πολυπλοκότητα των προβλημάτων.

Διάφορες εναλλακτικές μορφές γεωργίας προέκυψαν με σκοπό τη διόρθωση παρόμοιων προβλημάτων τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά και την ανάπτυξη μιας αειφορικής-περισσότερο ολοκληρωτικής (integrated) διαχείρισης του αγροτικού τομέα συνδυάζοντας τις μεθόδους καλλιέργειας είτε με παραγωγικά οφέλη, είτε με στοιχεία αειφορικής διαχείρισης του φυσικού περιβάλλοντος. Σ' αυτές ξεχωρίζουν δυο βασικές κατηγορίες:

- α. η **Συμβατική** (γνωστή επίσης και ως **Σύγχρονη, Κλασσική, Επιστημονική** ή **Χημική**, που βασίζονται σε τεχνικές υψηλής έντασης παραγωγής και τεχνολογίας, ευρεία χρήση αγροχημικών (λιπασμάτων και εντομοκτόνων), έλλειψη σχεδιασμού για τη βιοποικιλότητα της περιοχής, χρήση ενεργοβόρων μηχανημάτων, χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών κ.ά., και,
- β. η **Αειφορική** (που περιλαμβάνει τη **Βιολογική (Οργανική, ή Οικολογική)** και την **Ολοκληρωμένη** η οποία εγκρίνει υπό περιορισμούς οικολογικής άποψης τη χρήση αγροχημικών, ή ακόμη και γενετικά τροποποιημένων φυτών.

Η Βιολογική Γεωργία (ΒΓ) προσφέρει σήμερα τις καλύτερες προοπτικές για παραγωγή ποιοτικών προϊόντων υπό αυστηρά ελεγχόμενες φροντίδες. Στις αρχές του 2009, οι βιολογικές εκτάσεις στην Ελλάδα ήταν περίπου 3 εκατ. στρέμματα.

Η αξιοποίηση της χωρικής κατανομής των αγροτεμαχίων της ΒΓ και ο ορθολογικός, χωροταξικά, σχεδιασμός ανάπτυξης των βιοεκμεταλλεύσεων μπορούν ν' αποτελέσουν πυλώνα ενίσχυσης της αειφορικής διαχείρισης και επανασύστασης του φυσικού περιβάλ-

λοντος στο μέλλον. Συγχρόνως, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην οικονομική ενδυνάμωση των απασχολούμενων φορέων με την παραγωγή ανταγωνιστικού, ποιοτικού προϊόντος για την εγχώρια και διεθνή αγορά.

Η ολοκληρωμένη επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων αυτών απαιτεί ένα συνδυασμό λογισμικών, στατιστικών και μαθηματικών τεχνικών που ενσωματώνονται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems – GIS) δημιουργώντας το μοντέλο της **Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας – ΒΓΑ (Precision Organic Agriculture – POA)** (Μαυρίδης, 2008).

Η ΒΓΑ διαχωρίζεται πλήρως από τη Γεωργία Ακριβείας – ΓΑ (Precision Agriculture – PA) βάσει διαφορετικής μεθοδολογίας ανάπτυξης, αλλά κυρίως, λόγω αποφυγής χρήσης αγροχημικών, στοιχείο που αποτελεί βασικό αντικείμενο μελέτης και διαχείρισης στη Γεωργία Ακριβείας.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Οργάνωση και συλλογή δεδομένων

Οι διαδικασίες που αναπτύχθηκαν για τη συλλογή και διαχείριση των γεωχωρικών δεδομένων για το σχεδιασμό και δημιουργία της Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων σε περιβάλλον GIS περιλάμβαναν:

- A.** Συλλογή πρωτογενών χαρτογραφικών και γεωχωρικών δεδομένων που αποτελούνταν από:
1. Συλλογή τοπογραφικών χαρτών της ΓΥΣ¹ σε κλίμακες 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του τοπογραφικού υποβάθρου των περιοχών μελέτης.
 2. Συλλογή δασικών χαρτών από τα Δασαρχεία και τις Διευθύνσεις Δασών με τις χρήσεις γης και εδαφοκάλυψης στα Βαρδούσια Όρη.
 3. Δασικοί χάρτες από τα Δασαρχεία και τις Διευθύνσεις Δασών με τα μέτρα διαχείρισης και τα καθεστώτα –υφιστάμενα και προτεινόμενα– νομοθεσίας και διαχείρισης για τις περιοχές αυτές σε κλίμακα 1:50.000 (χάρτες πρόσφατα ενημερωμένοι που παρουσιάζουν την περιβαλλοντική διαχείριση των περιοχών υπό εθνικά και διεθνή μέτρα διαχείρισης όπως: Δίκτυο Φύση 2000 (NATURA 2000), Δίκτυο Σημαντικών Περιοχών για τα Πουλιά (Important Bird Areas – IBA), Χωρικές Κατανομές Μεγάλων Θηλαστικών, όπως της Καφέ Αρκούδας (*Ursus arctos*, L.) και

¹ ΓΥΣ: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού.

του Λύκου (*Canis lupus*) από την Μη Κυβερνητική Οργάνωση (ΜΚΟ) του Αρκτούρου (Μερτζάνης, 2003).

4. Συλλογή χαρτών διοικητικής διαίρεσης της χώρας με τα όρια των Περιφερειών, Νομών, Δημοτικών Διαμερισμάτων (ΔΔ) και των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) βάσει του προγράμματος "Καποδίστριας".
- Β.** Συλλογή πρωτογενών περιγραφικών και στατιστικών δεδομένων που αποτελούνταν από:
1. Την καταγραφή αρδευομένων εκτάσεων και καλλιεργειών, την απασχόληση και τα μεγέθη πληθυσμών που αντιστοιχούν στους οικισμούς της χώρας από τους Δήμους και την ΕΛ.ΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή).
 2. Συλλογή κλιματολογικών στοιχείων στις ευρύτερες περιοχές έρευνας από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ).
 3. Συλλογή περιγραφικών και στατιστικών δεδομένων που αφορούν τους τομείς της Βιολογικής Γεωργίας (φυτική παραγωγή, ζωική παραγωγή, επιχειρηματική δραστηριότητα και μεταποίηση) από την Διεύθυνση Βιολογικής Γεωργίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
- Γ.** Συλλογή και επεξεργασία ψηφιακών γεωγραφικών δεδομένων της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (European Environmental Agency – ΕΕΑ) καθώς και δεδομένων που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια προγραμμάτων LIFE² της ΕΕ (Ευρωπαϊκής Ένωσης) από την Μη Κυβερνητική Οργάνωση (ΜΚΟ) του Αρκτούρου. Στο σύνολό τους τα δεδομένα αυτά αποτελούνταν από:
1. Ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα κατανομών βιοτόπων και καταγραφών μεγάλων θηλαστικών στην Ελλάδα.
 2. Ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα που έχουν σχέση με τα μέτρα προστασίας και διαχείρισης του φυσικού περιβάλλοντος και αφορούν:
 - Την χαρτογράφηση των τύπων οικοτόπων προτεραιότητας της ΕΕ.
 - Την πολιτιστική και περιβαλλοντική κληρονομιά των περιοχών μελέτης (π.χ. πετρωτά γεφύρια, μνημεία της φύσης και αρχαιολογικά ευρήματα).
 3. Διανυσματικά (vector) αρχεία σε μορφή *.eoo (coverages), *.shp (shapefiles), *.mxd (ArcMap documents).
 4. CAD³ αρχεία τοπογραφικού υποβάθρου σε format *.dwg και *.dxf.

² LIFE99NAT/GR/006498 & LIFE NAT/GR/004249.

³ CAD: Computer Animated Design.

5. Ψηφιακό υλικό με την μορφή εικόνων σε format *.jpeg⁴, *.tiff⁵, *.gif⁶,
6. Αριθμητικά και στατιστικά στοιχεία σε ASCII⁷ format που αφορούν την εδαφοκάλυψη και τις χρήσεις γης και καταγραφές με GPS (Global Positioning System) έτσι ώστε να ενταχθούν ως ψηφιακές εγγραφές στη γεωβάση δεδομένων με σκοπό να είναι εύκολα διαθέσιμα και αξιοποιήσιμα από τον κάθε χρήστη.

2.2. Γενικές πληροφορίες της περιοχής έρευνας

Η περιοχή μελέτης (Σχήμα 1α) που εφαρμόζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία χωροθετείται στο κέντρο της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας και, πιο συγκεκριμένα, στο βόρειο τμήμα του νομού Φωκίδας όπου και συνορεύει με το νότιο τμήμα του νομού Φθιώτιδας. με έκταση αναγλύφου περίπου 150,283 τ.χλμ. και με περίμετρο 72,158 χλμ. (Σχήμα 1β).

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έρευνας έγινε καθώς αποτελεί μια καθαρά ορεινή περιοχή όπου η χλωρίδα της είναι πλούσια σε δάση ελάτης, κέδρους, σφένδαμους, βελανιδιές. Συγχρόνως, με τα άφθονα νερά των πηγών που σχηματίζουν τον ποταμό Μόρνο, το τοπίο αποκτά ιδιαίτερη φυσική ομορφιά. Οι κλιματολογικές συνθήκες παρουσιάζουν όλα τα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών της χώρας με σαφή διάκριση των δύο εποχών, θερινή ή ξηρή και χειμερινή ή υγρή. Τα υψόμετρα εντός της περιοχής μελέτης κυμαίνονται από 580 μ. έως 2.460 μ. (Σχήμα 1γ). Ολόκληρη η περιοχή έρευνας περικλείεται εντός του δήμου Καλλιέων (Σχήμα 1δ) περιλαμβάνοντας 5 Δημοτικά Διαμερίσματα (Δ.Δ.) και είναι τα Δ.Δ. της Κάτω Μουσουνίτσας, του Αθανασίου Διάκου (Ανω Μουσουνίτσας) που είναι και η έδρα του Δ. Καλλιέων, του Μαυρολιθαρίου, της Καστριώτισσας και της Πυράς, μεταξύ των γεωγραφικών μηκών [22° 05' 33,989' ''] και [22° 18' 52,294' ''] και μεταξύ των γεωγραφικών πλατών [38° 38' 57,44' ''] και [38° 48' 18,35' ''].

Οι κάτοικοι της περιοχής έρευνας ανέρχονται σε 2.328 (ΕΣΥΕ, Απογραφή 2001) με το μόνιμο ενεργό πληθυσμό να αντιστοιχεί στο 52,78 %, ενώ οι άντρες αντιστοιχούν σε 27,83 %. Όπως προκύπτει, λιγότερο από το 1/3 του πληθυσμού μπορεί πραγματικά να συνεισφέρει ουσιαστικά στις ανάγκες και στο φόρτο εργασίας που απαιτεί μια βιολογική καλλιέργεια με αποτέλεσμα οι περισσότεροι αγρότες να προσφεύγουν σε εφαρμογές συμβατικής γεωργίας.

⁴ JPEG: Joint Photographic Experts Group.

⁵ TIFF: Tagged Image File Format.

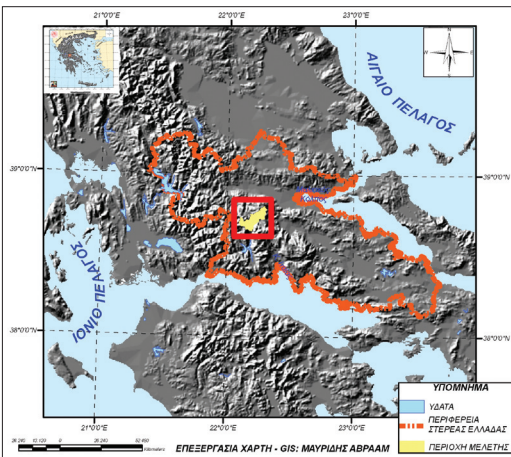
⁶ GIF: Graphics Interchange Format.

⁷ ASCII: American Standard Code for Information Interchange.

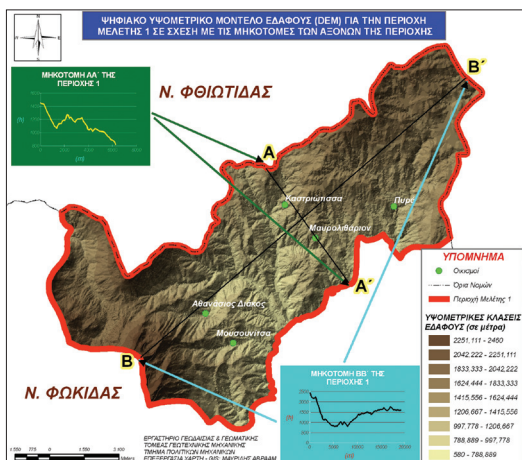
Σχήμα 1α. Περιοχή έρευνας στα Βαρδούσια Όρη (κόκκινο χρώμα)



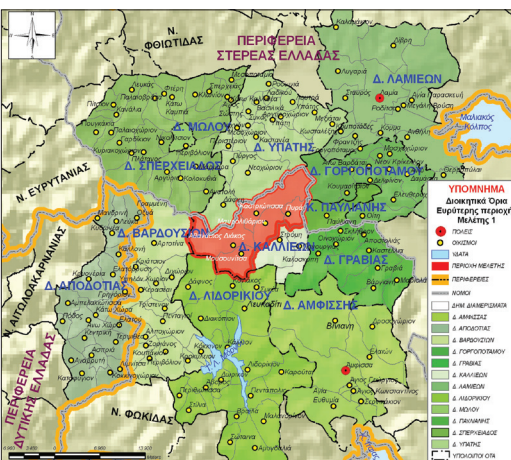
Σχήμα 1β. Ευρύτερη περιοχή έρευνας



Σχήμα 1γ. Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο της περιοχής σε σχέση με τις μηκοτομές εδάφους



Σχήμα 1δ. Διοικητική χωροθέτηση της περιοχής



2.3. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία για να καλύψει τις διαφορετικές γεωμετρικές μορφές των βιοεκμεταλλεύσεων (εκτός από τις βιολογικές ιχθυοκαλλιέργειες) βασίστηκε στη δημιουργία τριών (3) γεωχωρικών προτύπων αναφοράς για να εντάξει ως οντότητες την κάθε βιολογική εκμετάλλευση:

1. **τα Σημειακά (points) βιολογικά γεωχωρικά πρότυπα**, στα οποία αντιστοιχούν τα μελίσσια⁸ βιολογικής παραγωγής (βιομελίσις),
2. **τα Πολυγωνικά (polygons) βιολογικά γεωχωρικά πρότυπα Α' επιπέδου**, στα οποία αντιστοιχούν όλες οι βιοκαλλιέργειες φυτικής παραγωγής (δενδρώδεις, ποώδεις, ετήσιες και πολυετείς), οι εκτάσεις με αγρανάπαυση και τα σπορεία υπαίθρου. Συνήθως, τέτοιες μορφές βιοκαλλιέργειας καταλαμβάνουν έκταση που ποικίλλει από μερικά τετραγωνικά μέτρα έως και μερικές εκατοντάδες στρέμματα και,
3. **τα Πολυγωνικά (multi-polygons) βιολογικά γεωχωρικά πρότυπα Β' επιπέδου**, στα οποία αντιστοιχούν όλες οι βιολογικές εκμεταλλεύσεις που σχετίζονται με τους βοσκότοπους (ιδιωτικούς και δημόσιους) και τους λειμώνες, που ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν και τα αριθμητικά επίπεδα των βιολογικά εκτρεφόμενων ζώων στην Ελλάδα (Παζαρακιώτης, 2006).

Συγχρόνως στηρίχτηκε σε ένα συνδυασμό προσεγγίσεων μέσα από:

- i. Τη συμμετοχή σχετικών φορέων και ειδικών εμπειρογνομόνων (επιστημόνων της Μη Κυβερνητικής Οργάνωσης ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ, της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρίας, καθηγητών του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Γεωματικής, της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ, επιστημόνων του φορέα πιστοποίησης οργανικών προϊόντων ΔΗΩ,
- ii. Τη χρήση GIS για επεξεργασία, ανάλυση, απεικόνιση των γεωδομημένων, αλλά και για την ενσωμάτωση πρόσθετων εργαλείων λογισμικού Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και,
- iii. Πολυκριτηριακή Ανάλυση του συνόλου των κριτηρίων που διαμορφώνουν την τελική επιλογή για τη βέλτιστη απόφαση

Η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την πολυκριτηριακή ανάλυση ενός χωρικού προβλήματος σε σχέση με τη γεωχωρική κατανομή των βιολογικών καλλιεργειών στον ευρύτερο αγροτοπεριβαλλοντικό χώρο, είναι μια καινοτόμος εφαρμογή και απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό για τη συστηματική και μαθηματική προσέγγιση των κριτηρίων που συμμετέχουν στην ορθή αξιολόγηση. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται ακόμη περισσότερο η αξιοπιστία του συγκεκριμένου γεωχωρικού μοντέλου.

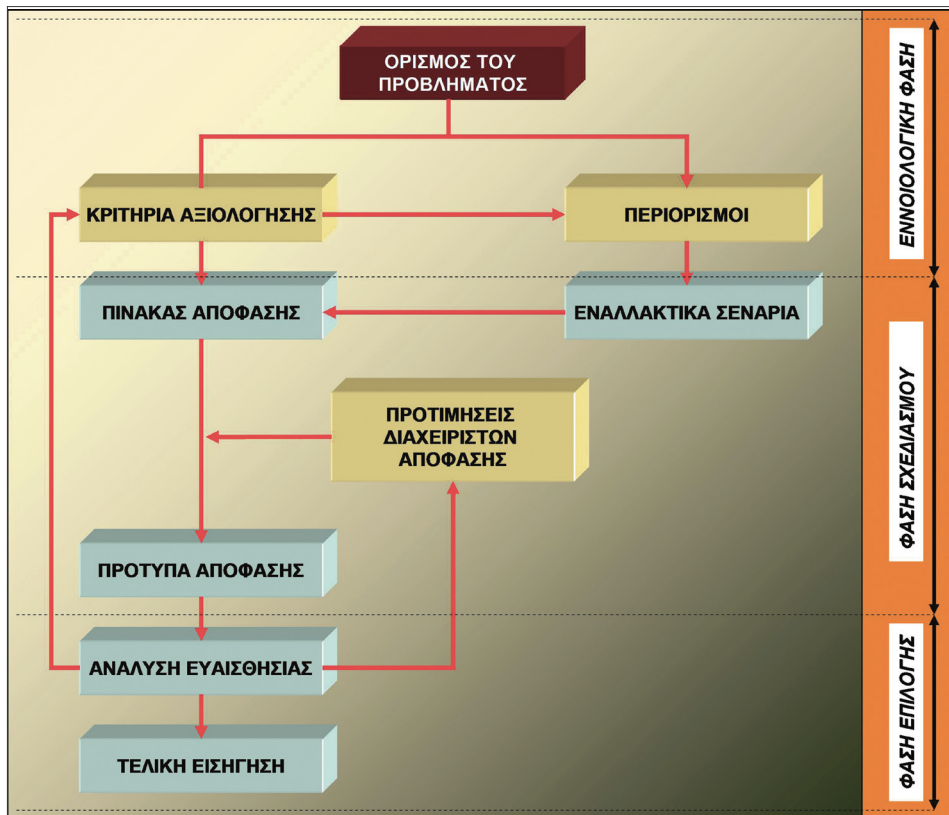
Με τη διαδικασία που θ' αναπτυχθεί στη συνέχεια θα έχουν πλέον σημαντική υποστήριξη οι διαχειριστές λήψης αποφάσεων έτσι ώστε να μπορέσουν να περιγράψουν, να αξιολογήσουν, να ιεραρχήσουν και να επιλέξουν εναλλακτικές λύσεις για την ορθολογικότερη χωροθέτηση βιοκαλλιεργειών, σε σχέση με την ανταπόκρισή τους σε συνδυασμό

⁸ Μελίσσι: Πρόκειται για μια κοινωνία ατόμων με μέλισσες και αποτελεί έναν υπεροργανισμό για την παραγωγή μελιού και παραγώγων π.χ., κερύ. (Υφαντίδης, 1987).

με τη χρήση βαθμονομημένων κριτηρίων. Η ιεραρχική δομή για τη συγκεκριμένη χωροθέτηση αναπτύσσεται (Malczewski, 1999) σε τρεις διαφορετικές ενότητες (Σχήμα 2):

- I. Στην πρώτη, **εγνωσιολογική φάση (Intelligence Phase)** γίνεται ο προσδιορισμός των χρησιμοποιούμενων κριτηρίων και των περιορισμών τους,
- II. Στην δεύτερη **φάση του σχεδιασμού (Design Phase)**, όπου τα προσδιοριζόμενα εναλλακτικά σενάρια απόφασης αξιολογούνται σύμφωνα με τις προτιμήσεις των εμπλεκομένων φορέων.
- III. Στην τρίτη **φάση της επιλογής (Choice Phase)**, όπου καταγράφεται η απόδοση των τελικών προτεραιοτήτων, η επιλογή των βέλτιστων εναλλακτικών λύσεων και πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας της μεθόδου (Αναγνωστόπουλος κ.ά., 2006).

Σχήμα 2. Διάγραμμα Ροής Χωρικής Πολυκριτηριακής Μεθόδου Στήριξης Απόφασης



Πηγή: Malczewski (1999).

2.4. Επιλογή κριτηρίων αξιολόγησης και καθορισμός ιεραρχικής δομής του χωροθετικού προβλήματος

Η παρούσα φάση αποτελεί συνέχιση της προηγούμενης με σκοπό την ανάπτυξη της διαδικασίας χωρικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης και στήριξης αποφάσεων σε μορφή ιεραρχημένων κριτηρίων προτεραιότητας σε περιβάλλον GIS. Η διαδικασία αυτή βασιζέται στα ακόλουθα βήματα ανάλυσης (Eastman κ.ά., 2000):

- α. στον προσδιορισμό των γενικά αποδεκτών περιοχών με την χρήση τιμών-κατωφλίου (**thresholds**) για την εφαρμογή των συμμετεχόντων κριτηρίων.
- β. στον προσδιορισμό σχετικών συντελεστών προτεραιότητας (βαρύτητας) των κριτηρίων απόφασης στην τελική ανάλυση και,
- γ. στην προτυποποίηση των θεματικών χαρτών βάσει των κριτηρίων (**standardization**), έτσι ώστε να συνδυαστούν σε κοινή κλίμακα για να είναι εφικτή η άθροιση των σταθμισμένων αποτελεσμάτων τους για την τελική χαρτοσύνθεση βάσει του δείκτη καταλληλότητας.

Η επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης, αν και είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχή έκβαση της πολυκριτηριακής ανάλυσης, δεν γίνεται βάσει κάποιας καθορισμένης μεθοδολογίας. Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί από τους Saaty (1980), Roy (1985) και άλλους ερευνητές, ορισμένες τεχνικές που συμβάλλουν στην ορθότερη και αποτελεσματικότερη επιλογή τους.

Κοινό πεδίο όλων είναι η επίτευξη του τελικού στόχου: την βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσα από την βελτίωση και την αειφορική διαχείριση του φυσικού περιβάλλοντος κάνοντας χρήση της χωροθέτησης των βιοεκμεταλλεύσεων, όπως πραγματεύεται και η παρούσα εργασία. Στην πραγματοποίηση αυτού του σκοπού ιδιαίτερη συμβολή έχουν οι εξής παράγοντες:

- η οικονομική ανάπτυξη σε τοπικό και εθνικό επίπεδο,
- η ποιότητα του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και,
- τα κοινωνικά ωφέλη.

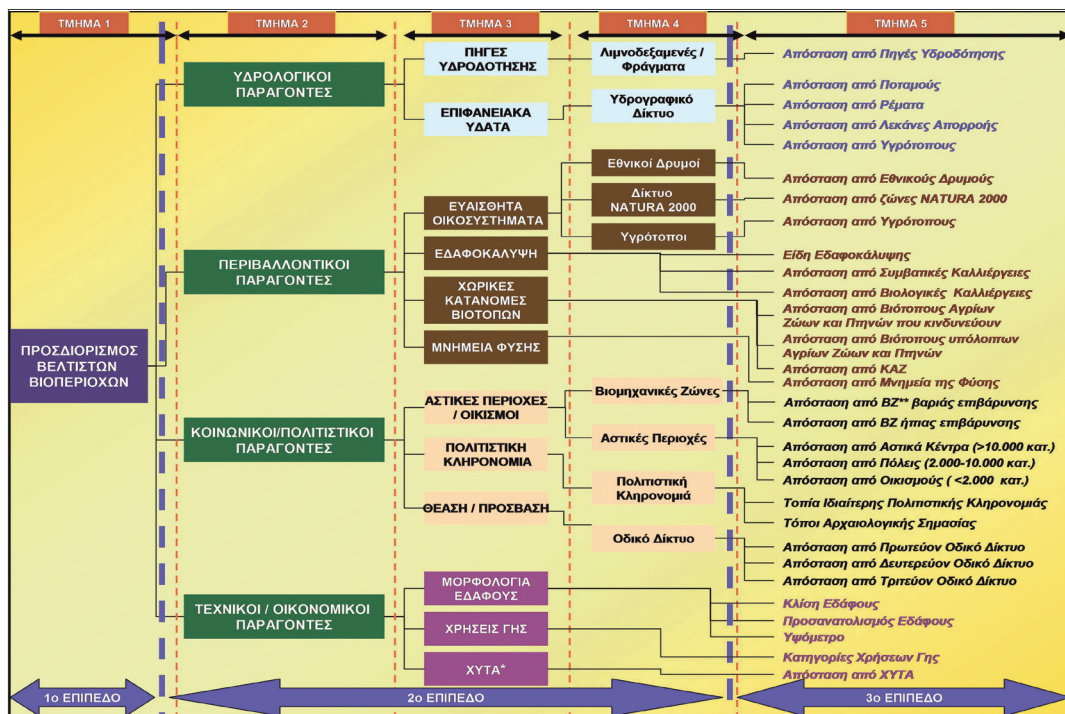
Σύμφωνα με την μέθοδο AHP (Analytic Hierarchy Process) για την ορθή στάθμιση των κριτηρίων αξιολόγησης απαιτείται το χωρικό πρόβλημα ν' αναλύεται στα συστατικά του μέρη με τη χρήση δομών προτεραιότητας ιεράρχησης.

Στο πρώτο, ανώτερο επίπεδο της ιεραρχίας (**Κριτήριο Στόχος**) θα πρέπει να τοποθετείται ο αντικειμενικός στόχος του προβλήματος που στο συγκεκριμένο τμήμα της εργασίας είναι **ο χωροταξικός προσδιορισμός των βέλτιστων περιοχών εγκατάστασης βιολογικών εκμεταλλεύσεων** ή αλλιώς, **των βέλτιστων βιοπεριοχών στο φυσικό περιβάλλον**.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο επίπεδο ορίζονται τα **Κύρια Κριτήρια Αξιολόγησης** που συμμετέχουν και επηρεάζουν σημαντικά τον τελικό στόχο ανάλυσης.

Στο τρίτο και τελευταίο επίπεδο της διαδικασίας έχουμε τα σενάρια προς αξιολόγηση (**Επιμέρους Κριτήρια Αξιολόγησης**) που δίνουν τα τελικά **Υποκριτήρια Αξιολόγησης** δηλ., τα περιγραφικά δεδομένα (χωρικά ή μη χωρικά) που αναλύονται πιο πριν και εξάγεται ο ΔΚΒπ (Δείκτης Καταλληλότητας Βιοπεριοχών).

Σχήμα 3. Πλαίσιο Ιεραρχικής Δομής Πολυκριτηριακής Χωροθέτησης Βιοπεριοχών



*ΧΥΤΑ: Χώρος Υγιεινομικής Ταφής Απορριμμάτων, **ΒΖ: Βιομηχανικές Ζώνες

Οι παράγοντες εκείνοι που είναι απαραίτητοι για την πληρέστερη τεκμηρίωση της χωροθέτησης μιας βιολογικής εκμετάλλευσης θα πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά από τα κέντρα λήψης αποφάσεων. Βασικός στόχος για την επιλογή τους είναι η μεγιστοποίηση των ωφελειών που θα προκύψουν από τη χωροθέτηση των βιοκαλλιεργειών σε μια περιοχή μελέτης και στη συνέχεια θ' αποτελέσουν με τη σειρά τους τα βασικά κριτήρια ανάπτυξης της διαδικασίας επίτευξης αυτού του σκοπού. Στην προκειμένη περίπτωση τέτοιοι παράγοντες ίσης σημασίας θεωρούνται οι εξής:

1. **Περιβαλλοντικοί** παράγοντες (Π),
2. **Υδρολογικοί** παράγοντες (Υ)
3. **Κοινωνικοί / Πολιτιστικοί** παράγοντες (ΚΠ) και,
4. **Τεχνικοί / Οικονομικοί** παράγοντες (ΤΟ).

Ο ισόποσος καταμερισμός της αξίας τους αποτελεί βασικό κομμάτι της όλης διαδικασίας. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται, θεωρεί όλη την περιοχή μελέτης κατάλληλη για τη χωροθέτηση βιολογικών εκμεταλλεύσεων.

Συνοψίζοντας, καταλήγουμε (Σχήμα 3) σε μια ιεραρχημένη δόμηση της χωρικής πολυκριτηριακής αξιολόγησης η οποία πραγματοποιείται σε 5 τμήματα, λόγω της πολυεπίπεδης φύσης του συγκεκριμένου θέματος, δημιουργώντας 3 επίπεδα κριτηρίων, υποκριτηρίων και δεδομένων.

Οι τιμές των συντελεστών βαρύτητας για κάθε κριτήριο και υποκριτήριο υπολογίζονται με συγκρίσεις των κριτηρίων ανά ζεύγη και βαθμονόμησή τους με τη βοήθεια λεκτικών χαρακτηρισμών (Saaty, 1980) όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Κλίμακα αξιολόγησης των συγκρίσεων ανά ζεύγη

Βαθμός Σημαντικότητας (ΒΣ)	Περιγραφή
1	Ισοδύναμη επικράτηση – Ίδια σημαντικότητα μεταξύ δύο κριτηρίων A και B
3	Σχετική επικράτηση - Το κριτήριο A επικρατεί, αλλά είναι λίγο πιο σημαντικό από το κριτήριο B
5	Ισχυρή επικράτηση – Το κριτήριο A επικρατεί, αλλά είναι αρκετά σημαντικότερο από το κριτήριο B
7	Ιδιαίτερα ισχυρή επικράτηση – Το κριτήριο A επικρατεί, αλλά είναι πολύ σημαντικότερο από το κριτήριο B
9	Εξαιρετικά ισχυρή επικράτηση – Το κριτήριο A επικρατεί και είναι απολύτως σημαντικότερο από το κριτήριο B
Ενδιάμεσες Τιμές (2, 4, 6, 8)	Ενδιάμεσες τιμές σημαντικότητας μεταξύ των δύο γειτονικών διαβαθμίσεων
Αντίστροφες Τιμές	Όταν το κριτήριο B που έχει μια από τις προαναφερθείσες τιμές, είναι σημαντικότερο από το κριτήριο A

Χρησιμοποιώντας την κλίμακα αξιολόγησης που φαίνεται στον Πίνακα 1, συγκρίνονται όλα τα κριτήρια ανά ζεύγη και στη συνέχεια ακολουθεί η εξής διαδικασία:

1. Δημιουργείται Αντίστροφος Πίνακας Συγκρίσεων (PCM – reciprocal Pairwise Comparison Matrix) βαρών μορφής $n \times n$ όπου εισάγονται τα κριτήρια και τα

- σχετικά βάρη τους που προκύπτουν από τις "ποσοτικές φράσεις" της θεμελιώδους 9-μελούς κλίμακας (Πίνακας 1) με ιδιότητες $\alpha_{ij} = 1$ και $\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$,
2. Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός του δεξιού ιδιοδιανύσματος \hat{w} από τον πίνακα συγκρίσεων κατά ζεύγη (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Αντίστροφος πίνακας συγκρίσεων των τεσσάρων ανεξάρτητων ειδικών κριτηρίων Βέλτιστης Χωροθέτησης Βιοπεριοχών ανά ζεύγη

Κριτήριο \ Κριτήριο	Υδρολογικοί παράγοντες (Υ)	Περιβαλλοντικοί παράγοντες (Π)	Κοινωνικοί / Πολιτιστικοί παράγοντες (ΚΠ)	Τεχνικοί / Οικονομικοί παράγοντες (ΤΟ)
Υδρολογικοί παράγοντες	1	1/2	3	3
Περιβαλλοντικοί παράγοντες	2	1	3	4
Κοινωνικοί / Πολιτιστικοί παράγοντες	1/3	1/3	1	3
Τεχνικοί / Οικονομικοί παράγοντες	1/3	1/4	1/3	1

Ο Πίνακας 2 στη συνέχεια οδηγεί στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Υπολογισμός βαρών των τεσσάρων ανώτερων κριτηρίων με χρήση της μεθόδου του δεξιού ιδιοδιανύσματος \hat{w} , κατά Saaty (1980)

Κριτήριο \ Κριτήριο	(Υ)	(Π)	(ΚΠ)	(ΤΟ)	Άθροισμα	\hat{w}
Υδρολογικοί παράγοντες	0,273	0,240	0,409	0,273	1,195	0,2988
Περιβαλλοντικοί παράγοντες	0,545	0,480	0,409	0,364	1,798	0,4495
Κοινωνικοί / Πολιτιστικοί παράγοντες	0,091	0,160	0,409	0,273	0,660	0,1650
Τεχνικοί / Οικονομικοί παράγοντες	0,091	0,120	0,136	0,091	0,347	0,0867
Σύνολα	1	1	1	1	4	1

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3, για τα κύρια κριτήρια (Υ, Π, ΚΠ, ΤΟ) που συμμετείχαν στην διαδικασία ιεραρχικής αξιολόγησης για την εύρεση βιοπεριοχών εξήχθησαν οι εξής τιμές βαρύτητας των κριτηρίων αντίστοιχα: 0,2988, 0,4495, 0,1650 και 0,0867. Αυτό σημαίνει ότι στο σύνολο των κριτηρίων λήψης απόφασης της συγκεκριμένης διαδικασίας

το πιο σημαντικό κριτήριο είναι οι Περιβαλλοντικοί παράγοντες, ακολουθούμενοι από τους Υδρολογικούς, τους Κοινωνικούς/Πολιτιστικούς και τέλος, τους Τεχνικούς/Οικονομικούς παράγοντες.

Συγκρίνοντας αρχικά τ' αποτελέσματα με τον στόχο της στρατηγικής της εργασίας για την ενίσχυση του περιβάλλοντος, βλέπουμε ότι ικανοποιείται ο όρος αυτός με την υποστήριξη των Περιβαλλοντικών παραγόντων κατά την διαδικασία ιεραρχικής ανάλυσης προτεραιοτήτων της περιοχής σε σχέση με τους υπόλοιπους βασικούς παράγοντες, καθώς τα περιβαλλοντικά κριτήρια θα συμμετέχουν κατά 44,95% στην διαδικασία λήψης της τελικής απόφασης.

Όμως το συγκεκριμένο αποτέλεσμα για να είναι αποδεκτό θα πρέπει να είναι σύμφωνο με τον έλεγχο αξιοπιστίας του πίνακα συγκρίσεων που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των βαρών προτεραιότητας των κριτηρίων συμμετοχής (Πίνακας 2).

Για τον έλεγχο αξιοπιστίας του πίνακα προτείνεται από τον Saaty (1980) η συνδυασμένη χρήση του Δείκτη Συνάφειας (ή Συνέπειας), **CI (Consistency Index)** και του Λόγου Συνάφειας (ή Συνέπειας), **CR (Consistency Ratio)**.

Ο Δείκτης Συνάφειας CI για ένα πίνακα $n \times n$ υπολογίζεται μέσω της Εξίσωσης 1:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \lambda_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

όπου: λ , η κύρια (μέγιστη) ιδιοτιμή του πίνακα, και n , η τάξη του πίνακα.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο CI, τόσο πιο μικρή είναι η συνάφεια (συνέπεια) του πίνακα με τις επιδιωκόμενες τιμές. Στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται και ο Λόγος Συνάφειας (ή Συνέπειας) CR (Consistency Ratio) ο οποίος προσδιορίζεται από Εξίσωση 2:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

όπου: RI (Random Index), ο Τυχαίος Δείκτης που αντιστοιχεί στον Δείκτη Συνέπειας για ένα τυχαία αναπτυσσόμενο πίνακα συγκρίσεων PCM, με τυχαίες τιμές της θεμελιώδους κλίμακας.

Ο δείκτης RI εξαρτάται από τον πληθυσμό n των στοιχείων που συγκρίνονται και έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να ισχύει για τον Δείκτη Συνέπειας $CR < 0,10$, εφ' όσον χαρακτηρίζει ένα ικανοποιητικό επίπεδο συνέπειας του βασικού πίνακα συγκρίσεων των κριτηρίων αξιολόγησης. Οι τιμές του RI έχουν υπολογιστεί έως ένα αριθμό $n = 15$ κριτηρίων (Saaty, 1980) (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Πίνακας Τυχαίων Δεικτών Ασυνέπειας RI για αριθμό συμμετεχόντων κριτηρίων $n = 1, 2, 3, \dots, 15$ (Saaty, 1980)

n	RI	n	RI	n	RI
1	0,00	6	1,24	11	1,51
2	0,00	7	1,32	12	1,48
3	0,58	8	1,41	13	1,56
4	0,90	9	1,45	14	1,57
5	1,12	10	1,49	15	1,59

Από την εφαρμογή της μεθόδου με βάση τον δείκτη RI, προτείνεται γενικά ότι μπορεί να είναι αποδεκτή η ασυνέπεια μικρότερη του 5% για πίνακες διαστάσεων 3x3, 9% για πίνακες 4x4 και 10% για πίνακες μεγαλύτερων διαστάσεων (Saaty, 1995).

Επομένως για την περίπτωση μας ισχύει, σύμφωνα και με τον Πίνακα 4 για $n = 4$, ότι:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,241}{0,9} = 0,059 \quad (3)$$

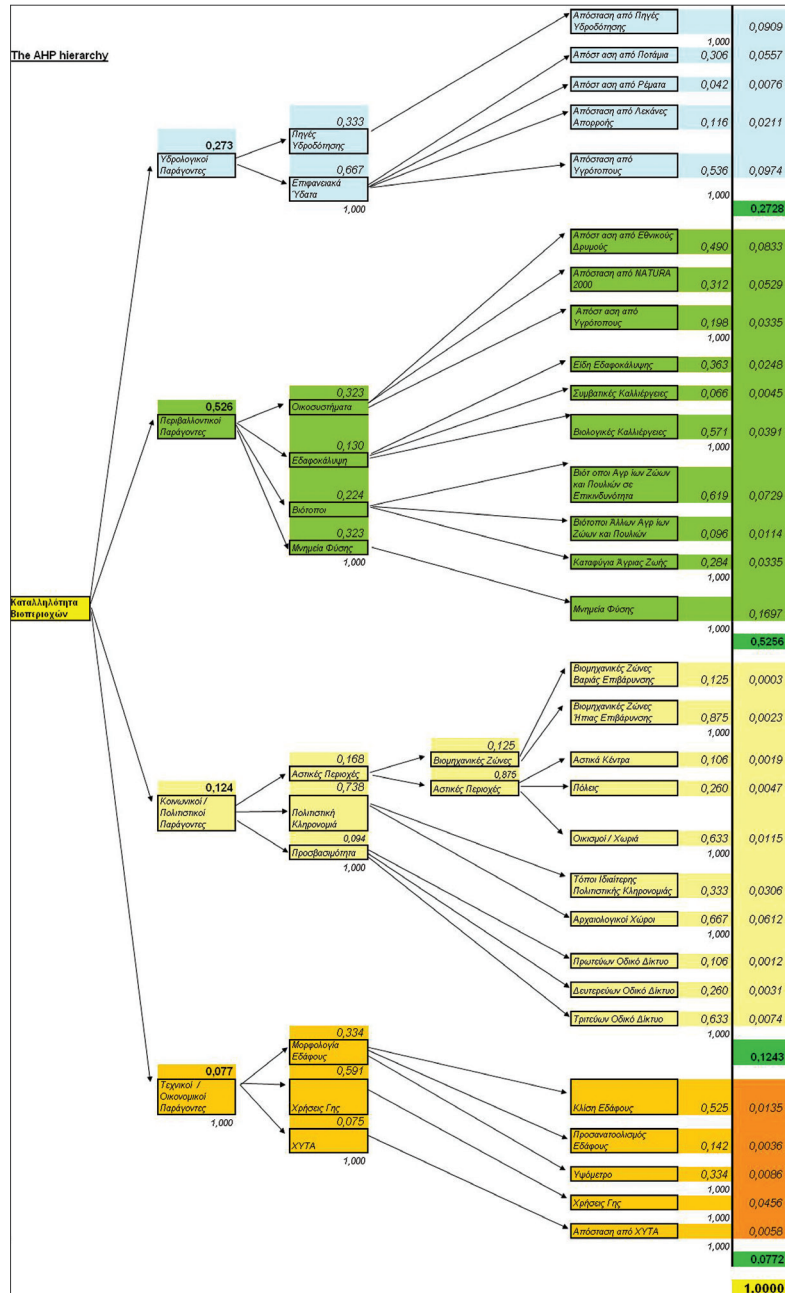
Συνεπώς, επειδή ισχύει ότι $CR < 0,10$ οι τιμές βαρών του Πίνακα 3 γίνονται αποδεκτές για τις αρχικές εκτιμήσεις ιεράρχησης των κυρίων κριτηρίων αξιολόγησης.

Σε περίπτωση που ίσχυε το αντίθετο, δηλαδή $CR \geq 0,10$ θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί αναθεώρηση των αρχικά εκτιμώμενων τιμών του ίδιου πίνακα.

Ολοκληρώνοντας την αρχική διαδικασία απαιτείται να εξάγουμε τον τελικό βαθμό κατανομής της περιοχής μελέτης που είναι υπό εξέταση, σύμφωνα με τους παραγόμενους συντελεστές βαρύτητας. Για την διαδικασία αυτή εφαρμόζουμε τη μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης του Σταθμισμένου Μέσου (SAW – Simple Additive Weighting Method) (Saaty, 1980· Malczewski, 1999).

Ο δείκτης αυτός (SAW) που αναφέρεται σε ένα εύρος τιμών, βασίζεται σε μια κλίμακα αναταξινόμησης (*reclassification*) που ορίζεται από πιο πριν από τον διαχειριστή του συστήματος με σκοπό να ομογενοποιηθούν και να αλληλοσυσχετισθούν τα διαφορετικής ιδιότητας κριτήρια συγκρίσεων σε μια ενιαία γεωχωρική οντότητα.

Σχήμα 4. Ιεραρχική Δομή του Πολυκριτηριακού Προβλήματος (Σχήμα 3) με τα βάρη κριτηρίων



Η μέθοδος του Σταθμισμένου Μέσου που εφαρμόζεται έχει χρησιμοποιηθεί σε πλήθος εφαρμογών για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων και δίνεται από τον τύπο (4):

$$\Delta KB\pi = S_i = \sum_{i=1}^n W_i \cdot V_i = \sum_{i=1}^n w_i \cdot w_{ij} \cdot v_{ij} \quad (4)$$

όπου:

- S_i , Τελικός βαθμός του Επιπέδου 1 = Συντελεστής Καταλληλότητας Πολυκριτηριακής Ανάλυσης = Δείκτης Καταλληλότητας Βιοπεριοχών (**ΔΚΒπ**),
- W_i , Συντελεστής βαρύτητας του κριτηρίου, υποκριτηρίου, ιδιότητας i ,
- w_i , Συντελεστής βαρύτητας του κριτηρίου, ιδιότητας i ,
- w_{ij} , Συντελεστής βαρύτητας του υποκριτηρίου, ιδιότητας i , επιπέδου j ,
- V_i , Βαθμός (τιμή) του κριτηρίου, υποκριτηρίου, ιδιότητας i ,
- v_{ij} , Βαθμός (τιμή) του υποκριτηρίου, ιδιότητας i , επιπέδου j ,
- n , Συνολικός αριθμός των κριτηρίων, υποκριτηρίων και τελικών ιδιοτήτων του δέντρου αξιολόγησης

Η τιμή για τα κριτήρια που βρίσκονται ενδιάμεσα στο δενδρόγραμμα προκύπτει με σταθμισμένη άθροιση των υποκριτηρίων που τα αποτελούν. Για παράδειγμα η τιμή του υδρολογικού κριτηρίου προκύπτει ως εξής:

$$\text{Βαθμολογία Κριτηρίου "Υδρολογικοί Παράγοντες"} (Y) = \beta k1 * Y1 + \beta k2 * Y2 \quad (5)$$

όπου:

- $\beta k1$, το βάρος του κριτηρίου "Πηγές Υδροδότησης" στην διαδικασία υπολογισμού του κριτηρίου "Υδρολογικοί Παράγοντες",
- $Y1$, η τιμή του κριτηρίου "Πηγές Υδροδότησης",
- $\beta k2$, το βάρος του κριτηρίου "Επιφανειακά Ύδατα" στην διαδικασία υπολογισμού του κριτηρίου "Υδρολογικοί Παράγοντες",
- $Y2$, η τιμή του κριτηρίου "Επιφανειακά Ύδατα".

Για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας που μπορεί να προκύψει εφαρμόζουμε τη μέθοδο Ανάλυσης της Ευαισθησίας (Sensitivity Analysis). Για την συγκεκριμένη διαδικασία επιλέχθηκαν 5 ακόμη αριθμητικές κατανομές των συντελεστών βαρύτητας, πέρα από αυτή που προέκυψε από την αναπτυσσόμενη διαδικασία (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Διαφοροποιημένα Σενάρια Συντελεστών Βαρύτητας των Κριτηρίων Αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης	Κατανομές συντ. βαρύτητας	Κατανομή					
		Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6
Υδρολογικοί παράγοντες		0,273	0,250	0,400	0,200	0,200	0,200
Περιβαλλοντικοί παράγοντες		0,526	0,250	0,200	0,400	0,200	0,200
Κοινωνικοί/Πολιτιστικοί παράγοντες		0,124	0,250	0,200	0,200	0,400	0,200
Τεχνικοί/Οικονομικοί παράγοντες		0,077	0,250	0,200	0,200	0,200	0,400

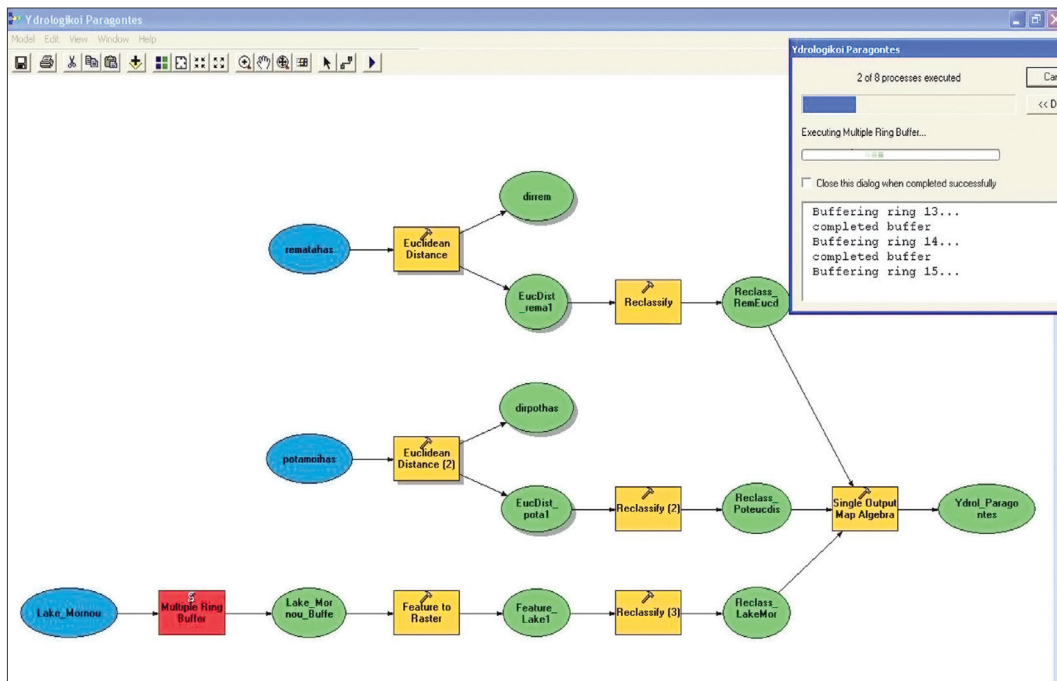
Στην συνέχεια εκτελούμε την Ανάλυση Ευαισθησίας εξάγοντας τους Συντελεστές Συσχέτισης (correlation coefficient) (**R**) και παίρνει τιμές στο διάστημα [-1, 1] και r^2 που αντιστοιχεί στο Συντελεστή Προσδιορισμού (coefficient of determination) και εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό % δίνοντας τον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Συντελεστές Συσχέτισης R των διαφόρων κατανομών των εναλλακτικών σεναρίων συντελεστών βαρύτητας για τους Δείκτες Καταλληλότητας (πάνω από την κύρια διαγώνιο) και των αντίστοιχων Συντελεστών Προσδιορισμού r^2 (κάτω από την κύρια διαγώνιο)

Κατανομές συντ. βαρύτητας	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6
Σ1	1	0,737	0,706	0,919	0,570	0,521
Σ2	54,32	1	0,917	0,918	0,917	0,917
Σ3	49,84	84,09	1	0,793	0,788	0,786
Σ4	84,46	84,27	62,88	1	0,792	0,790
Σ5	32,49	84,09	62,09	62,73	1	0,785
Σ6	27,14	84,09	61,78	62,41	61,62	1

Η συγκεκριμένη μέθοδος ολοκληρώνεται σε περιβάλλον GIS με την δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου γεωεπεξεργασίας (*geocoding model*) με χρήση της εφαρμογής ModelBuilder (Σχήμα 5) σε περιβάλλον ArcInfo του λογισμικού ArcGIS (έκδοση 9.1) εξάγοντας τα επιμέρους, αλλά και τα συνολικά κατηγοριοποιημένα γεωγραφικά δεδομένα.

Σχήμα 5. Τμήμα του διαγράμματος ροής του γεωχωρικού μοντέλου με χρήση του ModelBuilder για την απόδοση του Δείκτη Καταλληλότητας των Βιοπεριοχών (ΔΚΒπ) – Μέσα στο πλαίσιο εμφανίζεται η διαδικασία απόδοσης τιμής για το κριτήριο "Υδρολογικοί Παράγοντες"



3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΓΣΠ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Ο συνδυασμός των επιμέρους χαρτοσυνθέσεων (Σχήμα 6α, 6β, 6γ, 6δ) των κριτηρίων και υποκριτηρίων που θέσαμε στην αρχή της εργασίας μας και η αναταξινόμησή τους σε κλίμακα από το 1 έως το 10 ως προς την καταλληλότητα της περιοχής για την εγκατάσταση βιοεξεμετάλλευσης, μας οδηγούν στη συνδυαστική χαρτοσύνθεσή τους και στην παραγωγή του Δείκτη Καταλληλότητας Βιοπεριοχών (Σχήμα 7).

Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής της συγκεκριμένης γεωχωρικής εφαρμογής για την ανάπτυξη του Τομέα της Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας (ΒΓΑ) ως μια νέα ελπιδοφόρα μεθοδολογία για την μελλοντική ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής. Η ΒΓΑ, κάνοντας χρήση των σύγχρονων συστημάτων υψηλής τεχνολογίας και των επιτευξεων της πληροφορικής, αποφεύγοντας πλήρως τη χρήση αγροχημικών (δηλ., σε αντίθεση με τη Γεωργία Ακριβείας) και έχοντας ως βασικό στοιχείο λειτουργίας και κινητήριο άξονα τα GIS, προσφέρει αξιόπιστα την δυνατότητα για την ανάπτυξη στρατηγικών προς ένα

περισσότερο αειφορικό, και αξιόπιστο μοντέλο ανάπτυξης της αγροτικής δραστηριότητας σε συνδυασμό με την αειφορική διαχείριση του περιβάλλοντος. Για το σκοπό αυτό, η ΒΓΑ πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως ο πυλώνας για την ανάπτυξη ενός μακροχρόνιου, πολυ-επίπεδου ερευνητικού προγράμματος ώστε να αξιολογηθούν στην πράξη, με μετρήσιμα στοιχεία και διεθνείς προδιαγραφές, η αποτελεσματικότητα του μοντέλου και οι ωφέλειές του προς το περιβάλλον και τη γεωργία.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσπάθεια ενίσχυσης της σημασίας της χωροθέτησης των βιοεξευαλλεύσεων στο φυσικό περιβάλλον είναι εφικτή μέσα από εφαρμογές Γεωπληροφορικής παρέχοντας ένα σύγχρονο και αξιόπιστο εργαλείο διαχείρισης: το Δείκτη Καταλληλότητας Βιοπεριοχών (ΔΚΒπ).

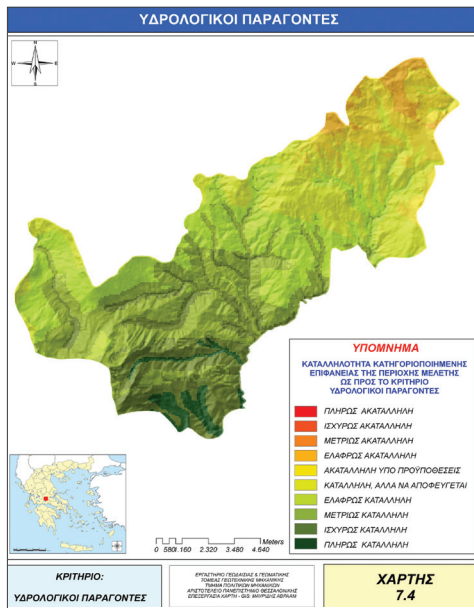
Η ανάλυση ευαισθησίας από τους Πίνακες 5 και 6 μας δείχνει ότι:

- Οι τιμές μεταξύ των προτεινόμενων σεναρίων εκπαίδευσης του μοντέλου δείχνουν ότι υπάρχει θετική γραμμική συσχέτιση, αλλά όχι σταθερή, ούτε επίσης πολύ ισχυρή.
- Η μεταβλητότητα των τιμών του ενός σεναρίου σε σχέση με κάποιο άλλο παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις (από 27,14% ως 84,27%). Για παράδειγμα, για τα σενάρια Σ2 και Σ4.
- Βλέπουμε ότι μεταξύ των σεναρίων Σ2, Σ3, Σ4, Σ5 και Σ6 υπάρχει από μέτρια (62,09) έως ισχυρή συσχέτιση (84,27%).
- Το σενάριο Σ1 διαφοροποιείται σημαντικά από τις υπόλοιπες κατανομές, εκτός από την Σ4 όπου και εκεί χρησιμοποιείται ως επιλογή έμφασης το κριτήριο των Περιβαλλοντικών παραγόντων.

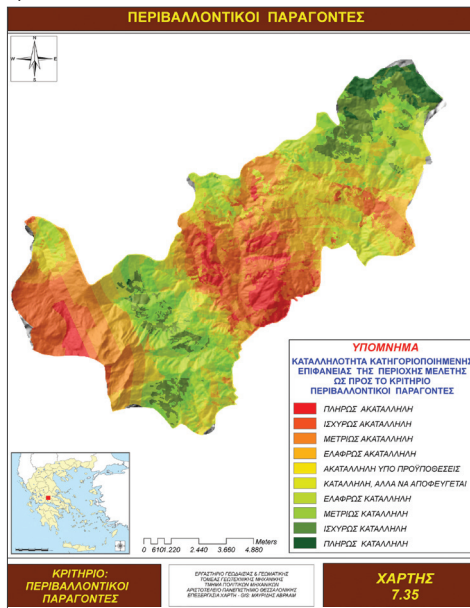
Η ενσωμάτωση στη διαδικασία αυτή πρόσθετων κριτηρίων και υποκριτηρίων που σχετίζονται με την αειφορική διαχείριση του αγροτοπεριβάλλοντος, δημιουργεί ένα νέο πλαίσιο επεξεργασίας, χωρικής ανάλυσης και ανάπτυξης νέων, αειφορικών στρατηγικών για τον αγροτικό τομέα. Η αξιοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής στα πλαίσια μελλοντικών ερευνητικών προγραμμάτων, αλλά και κατευθύνσεων γεωργικής πολιτικής θα θέσει ρεαλιστικότερα τ' αποτελέσματα της θεωρητικής προσέγγισης του συγκεκριμένου μοντέλου καθορίζοντας το πλαίσιο της βασικής υποδομής για την ανάπτυξη της Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας (Precision Organic Agriculture).

Σχήμα 6(α-δ). Παραγόμενες χαρτοσυνθέσεις των τεσσάρων βασικών κριτηρίων της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

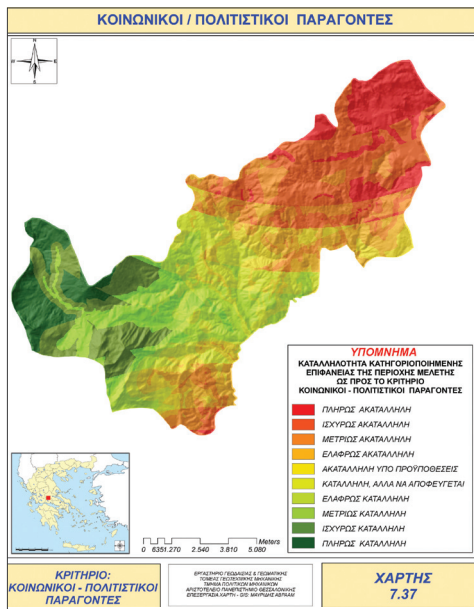
6α.



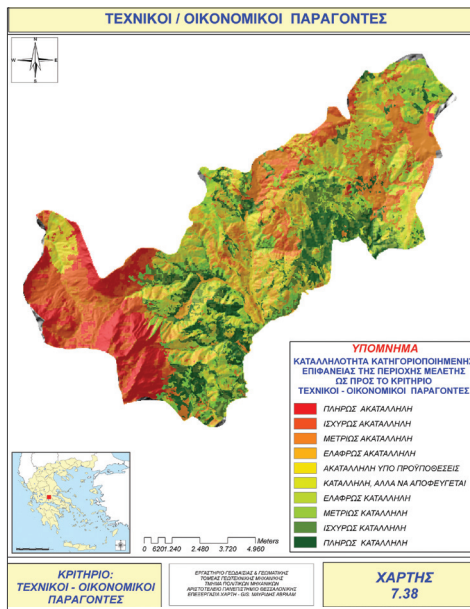
6β.



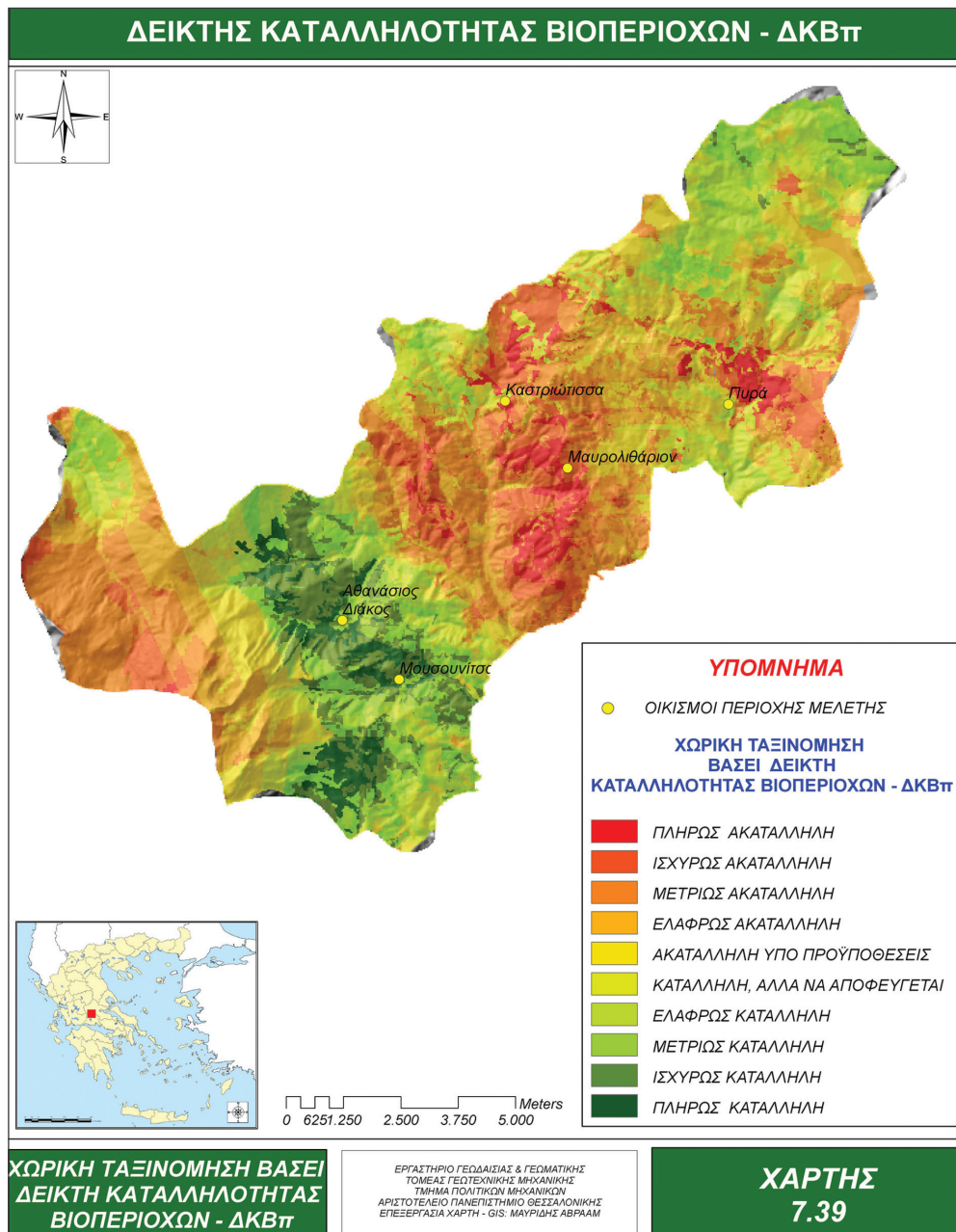
6γ.



6δ.



Σχήμα 7. Τελική παραγόμενη χαρτοσύνθεση του Δείκτη Καταλληλότητας Βιοπεριοχών και έναρξη της ισχύος του Τομέα Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας



Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Αναγνωστόπουλος Π.Κ., Βαβάτσικος Π.Α. (2006) "Πολυκριτηριακές Μέθοδοι και Ασαφείς Ελεγκτάσεις τους σε Χωρικά Συστήματα Στήριξης Αποφάσεων", Πρακτικά συνεδρίου: *Δ' Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (HellasGI)*, Αθήνα.
- Μαυρίδης Α. (2008) "Συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον Χωροταξικό Σχεδιασμό της Βιολογικής Γεωργίας σε συνδυασμό με την Αειφορική Διαχείριση του Φυσικού Περιβάλλοντος", Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη: Εργ. Γεωδαισίας και Γεωματικής, Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής, Τμ. Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, ΑΠΘ.
- Μερτζάνης Γ. (2003) "Εφαρμογή Διαχειριστικών Σχεδίων στις περιοχές Γράμου και Ροδόπης", Παραδοτέο Κοινοτικού Προγράμματος: *Εφαρμογή Διαχειριστικών Σχεδίων στις περιοχές Γράμμου και Ροδόπης*, LIFE99NAT/GR/006498 Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2003.
- Παζαρακιώτης Κ. (2006) "Στατιστικά Στοιχεία 2005 για τη Βιολογική Γεωργία", *ΔΗΩ – Περιοδικό για την Οικολογική Γεωργία*, 39.
- Υφαντίδης Δ.Μ. (1987) "Μελισσοκομία – Επιστήμη και Εφαρμογή", Σημειώσεις Μαθήματος "Μελισσοκομίας", 3^η Έκδοση, Θεσσαλονίκη: Τμ. Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, ΑΠΘ, 184-185.

Ξενόγλωσση

- Goddard T., Kryzanowski L., Cannon K., Izaurralde C., Martin T. (1996) "Potential for Integrated GIS Agriculture Models for Precision Farming Systems", Πρακτικά συνεδρίου: *Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*, Santa Fe, NM, January 21-26, 1996, Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information.
- and Analysis. Eastman J.R., Jiang H. (2000) "Applications of the Extend Analysis Method on Fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*. 95: 649-655.
- Malczewski J. (1999) *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, Canada: John Wiley & Sons, 15-16.
- Roy B. (1994) "Decision Aid and Decision Making", στο: Bana e Costa C.A. (επ.), *Reading in Multiple Criteria Aid*, Springer-Verlag Editions, 18-35.
- Saaty T. (1980) "Axiomatic Foundations of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 32: 841-855.

*Αβραάμ Μαυρίδης,
· Εργ. Γεωδαισίας και Γεωματικής, Τμ. Πολιτικών Μηχανικών,
Πολυτεχνική Σχολή, ΑΠΘ, Πανεπ. Θυρίδα 465, 541 24, Θεσσαλονίκη,
e-mail: lmac7@civil.auth.gr*

4

Παπάς Β., Κοτζίνος Δ., Σταθάκης Δ.

Εισαγωγή

6

Μαυρίδης Α.

Γεωπληροφοριακή διαχείριση και ενίσχυση της αειφορίας του αγροτοπεριβάλλοντος μέσα από το μοντέλο της Βιολογικής Γεωργίας Ακριβείας (Precision Organic Agriculture)

30

Αρβανίτης Α., Λαφαζάνη Π., Μισιρλόγλου Σ.

Μοντέλο διαχείρισης δημοτικού κτηματολογίου σε περιβαλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών με την βοήθεια στατιστικής ανάλυσης

64

Κούναδη Ου., Μπασσιούκα Σ.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στα χέρια εθελοντών. Το παράδειγμα του OpenStreetMap στο Λονδίνο και την Αθήνα

94

Τσιωνάς Ι., Μπαλτζοπούλου Αικ., Τσιούκας Β., Καραμπίνης Α.

Οι πολεοδομικές συνιστώσες της σεισμικής διακινδύνευσης

116

Σιμώνη Ε., Παπάς Β.

Μέθοδος για την αξιοποίηση της αρχαιολογικής πληροφορίας που προέρχεται από την υλοποίηση οικοδομικών αδειών

ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

138

Σταθάκης Δ., Κοτζίνος Δ.

Για μια ενδεικτική δομή προγραμμάτων μεταπτυχιακών σπουδών Συστημάτων και Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών