

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ Γ.Σ.Π. ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΜΕ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ, ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΥΒΟΙΑ (ΕΛΛΑΣ)*

Α. ΒΑΛΛΑΑΚΗ-ΠΑΕΣΣΑ¹, Α. ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΑΕΙΒΑΔΙΤΗ², Σ. ΠΑΕΣΣΑΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, ακολουθώντας τη διεθνή πρακτική και εμπειρία για βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη, που προϋποθέτει την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού, εξετάζονται οι γεωλογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την οικιστική ανάπτυξη, τίθενται κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται οι παράγοντες αυτοί και τελικά εκτιμάται η καταλληλότητα μιας έκτασης για οικιστική ανάπτυξη. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια μεθοδολογία προσέγγισης αυτού του θέματος, που εφαρμόσθηκε στη Νότια Εύβοια και βεβαιώθηκε στο συνδυασμό των χωρογραφικών προϊόντων ενός Γ.Σ.Π. με μαθηματικά μοντέλα.

ABSTRACT

Recent years the strategy of an integrated planning approach in dealing with urban development matters, is a reality and geology plays a primary role. In this research, geologists need and use new tools and methods.

Geographical Information Systems (G.I.S.) in combination with mathematical models provide support for decision - makers, producing spatial correlation, analysis and mapping. Using (G.I.S.) for site selection and suitability, involves finding locations that satisfy a set of criteria. The criteria are defined as a set of deterministic rules and new spatial information is produced by using map modeling in cooperation G.I.S.

The presentation concerns to the Central Euboean island and describes four methods for integration G.I.S. and modeling in site selection suitable for urban development. Details about the two methods were described in a previous presentation (Alexouli-Livaditi, Valadaki-Plessa,1999). In the previous case methods were applied in a small area and in a scale of 1:5.000. This case concerns on a large area and were applied in a scale of 1:50.000.

The first method that is illustrated is the simplest one and is based on Boolean operations. Next, the same method using a weighted procedure is introduced. This is followed by a method using index overlay, where the input for modeling is multi-class and weighted maps. In the last method that is presented, the model uses fuzzy membership values.

The first step was to construct a series of maps for the area. Rules and classification were be applied, using G.I.S. Next, a combination of these maps, according to different models took place. For the area under consideration six factors were examined, the environmental protection, the average surface slope, the seismic hazard and seismic risk, and the underground water level. A final important constraint was that the selected area should be into the predefined boundaries.

In first method, supposed that the suitable area should be located so that all of six conditions were satisfied and was produced a single binary map with two classes. The final binary map is shown in Fig.I.

In the second case, the input maps were binary, as well as each map carried a single weight factor. The map for the area under consideration is shown in Fig.II.

In the third case, the map classes occurring on each input map were assigned different scores, as well as the maps themselves receiving different weights as before. Fig. III shows the output map.

The last method improved on the linear additive nature of the previous model because scores were expressed as members of a fuzzy set. Fig. IV shows the output

map for the area under consideration, where scores (as members of a fuzzy set) were combined with the function of fuzzy algebraic product.

In conclusion, integration G.I.S. with modeling, in a large area and in a small scale produced new spatial

* INTEGRATION G.I.S. AND MODELING IN SITE SELECTION SUITABLE FOR URBAN DEVELOPMENT, SATISFYING GEOLOGICAL CRITERIA, IN THE CENTRAL EUBOEAN ISLAND (GREECE).

1. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίου Υποδομ. Έργων, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

2. Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Τομέας Μηχανικών Μεταλλίων - Μεταλλουργών, Πρώην Πολυτεχνίου 9, 157 80 Αθήνα.

information and output maps ready to use by urban planners in decision making. Therefore, the four methods could be applied in large or small areas, and in any scale. The first and the second methods are simple enough. Using last two methods, the area under consideration was ranked in suitability classes in a more flexible combination. Notice that in this area (large enough) and for a research in small scale, urban planners utilized the output map from the second model (input binary maps, using weight factors).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πολεοδομικός σχεδιασμός, Γεωλογική καταλληλότητα, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

KEY WORDS: Urban planning, Site suitability, G.I.S., modeling.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της διαδικασίας για την αναζήτηση της κατάλληλης θέσης για οικιστική ανάπτυξη, εξετάζοντας τους γεωλογικούς παράγοντες με βάση μια σειρά από κριτήρια, εφαρμόζοντας τα απλούστερα μοντέλα της Boolean και της Index Overlay ανάλυσης, καθώς και ένα πιο σύνθετο μοντέλο, όταν έχει προηγηθεί ανάλυση κατά Fuzzy Logic. Επίσης, στα πλαίσια της εργασίας αξιολογούνται τα χαρτογραφικά αποτελέσματα της εφαρμογής των μοντέλων αυτών.

Η ιδέα για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης μεθοδολογίας βασίσθηκε στις εφαρμογές με τη χρήση μοντέλων που παρουσιάζονται από Bonham-Carter (1994) και περιγράφηκε εκτενώς από τους Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Βαλαδάκη-Πλέσσα κ.ά (1999), και δοκιμάστηκε στην προς οικιστική ανάπτυξη περιοχή του Πόρτο Χελίου, Η παρούσα εφαρμογή αφορά στη περιοχή της Νότιας Εύβοιας που αναπτύσσεται στο βόρειο τμήμα του Ν. Ευβοϊκού Κόλπου, όπου η οικιστική ανάπτυξη έχει ένα ταχέως αυξανόμενο ρυθμό και απαιτείται να προϋπάρξει ολοκληρωμένος σχεδιασμός και εκτίμηση της καταλληλότητας της περιοχής, από γεωλογική άποψη.

Η προηγούμενη εφαρμογή ήταν σε σχετικά μεγάλη κλίμακα (1:5.000), αφορούσε σε μικρή έκταση και τα αποτελέσματά της έτυχαν άμεσης εφαρμογής στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Με την παρούσα εργασία δοκιμάζεται η μεθοδολογία σε μια εκτεταμένη περιοχή και για τις ανάγκες πολεοδομικού σχεδιασμού με επιτελιζό χωρική (κλίμακα πολεοδομικών χαρτών 1:25.000). Τα Γ.Σ.Π., με βάση τη μεθοδολογία αυτή, παράγουν τα απαραίτητα δεδομένα για την ανάπτυξη του μοντέλου, συνδυάζοντας και συσχετίζοντας τις χωρικές πληροφορίες που έχουν αποθηκευθεί σε διαφορετικούς χώρες στη γεωγραφική βάση δεδομένων, εφόσον οι τελεστές του μοντέλου είναι χωρικές πληροφορίες.

II. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιελάβε (α) εργασίες ανάπτυξης Γ.Σ.Π. και ακολούθησαν (β) εργασίες γεωγραφικής ανάλυσης και εφαρμογής των μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα:

α) Επιλέχθηκαν οι προς εξέταση γεωλογικοί παράγοντες, και δημιουργήθηκαν τα ανάλογα χαρτογραφικά επίπεδα. Επισημαίνεται ότι οι γεωλογικοί παράγοντες που εξετάζονται κάθε φορά εξαρτώνται από τη θέση της περιοχής έρευνας και από την κλίμακα του έργου. Η κλίμακα προσδιορίζει την ακρίβεια και τη λεπτομέρεια των στοιχείων. Για την παρούσα εργασία, προκειμένου να παρουσιασθεί καλύτερα η μεθοδολογία, εξετάστηκαν:

- Το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον περιοχών, που πρέπει να εξαιρεθούν από την οικιστική ανάπτυξη (Όρια NATURA σε κλίμακα 1:50.000).
- Η μορφολογική κλίση (αξιοποίηση D.E.M., από τοπογραφικούς χάρτες Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000).
- Η σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 (Σχήμα 2.2 του ΕΑΚ 2000).
- Η σεισμική επικινδυνότητα του εδάφους, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000. (Οι γεωλογικοί σχηματισμοί των χαρτών του ΠΜΕ, διακρίθηκαν σύμφωνα με τον Πιν.2.5 του ΕΑΚ 2000).
- Η επικινδυνότητα από πλημμύρες (Μεταξάτος 1999, χάρτες 1:25.000).
- Η επικινδυνότητα από φαινόμενα αστάθειας, καθώς και τα προβλήματα που πιθανώς να δημιουργηθούν στις θεμελιώσεις από την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα, αξιοποιώντας υπάρχουσες μελέτες.

Όλα τα χαρτογραφικά δεδομένα εισήχθησαν στο Γ.Σ.Π., αφού πρώτα μεταφέρθηκαν στο ίδιο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς και σε κλίμακα 1:25.000.

β) Στη συνέχεια τέθηκαν τα κριτήρια και για το κάθε μοντέλο ορίστηκαν οι συνθήκες που ικανοποιούν ή δεν ικανοποιούν μια προκαθορισμένη μαθηματική σχέση. Το πρώτο κριτήριο αφορά στον υδροβιότοπο της λίμνης Δύστος που σε κάθε περίπτωση πρέπει να μείνει εκτός οικιστικής ανάπτυξης. Το δεύτερο κριτήριο

αφορούσε στις μορφολογικές γλάσιες που διακρίθηκαν σε κατηγορίες τιμών ανά 5% και θεωρήθηκαν δυσμενείς οι περιοχές με μορφολογική κλίση μεγαλύτερη από 25%. Από βιβλιογραφικά στοιχεία (Μιχαλοπούλου 1999 και Μεταξιάτος 1999) προκύπτει ότι στις περιοχές περί τις εκβολές του Αίλιαντα ποταμού υπάρχει κίνδυνος πλημμυρών και κατά θέσεις αναμένεται υδροφόρος ορίζοντας στο βάθος θεμελίωσης. Οι δυσμενείς συνθήκες ο' αυτές τις περιοχές έπρεπε να ληφθούν επίσης υπόψη στο σχεδιασμό. Τα τελευταία ζητήρια αφορούν στη σεισμική επικινδυνότητα. Η ερευνηθείσα περιοχή ανήκει σε δυο ζώνες (κατά ΕΑΚ 2000) σεισμικής επικινδυνότητας, στην Ι και στη ΙΙ, με πλεονεκτικότερες τις περιοχές που ανήκουν στη ζώνη Ι. Συμπεώς, κατά την ανάπτυξη των μοντέλων, οι περιοχές της ζώνης Ι, είχαν διαφορετική βαρύτητα από εκείνες της ζώνης ΙΙ. Ανάλογα αντιμετωπίστηκαν οι περιοχές έρευνας ως προς τη κατηγορία της σεισμικής επικινδυνότητας του εδάφους, κατά ΕΑΚ 2000. Κρίθηκε ότι οι συνθήκες είναι δυσμενείς στις περιοχές της κατηγορίας (Χ) και οι λοιπές περιοχές αξιολογήθηκαν αναλόγως, θεωρώντας ότι στις (Α) επικρατούν άριστες συνθήκες που μειώνονται συγχροτικά και κατά σειρά στις λοιπές κατηγορίες (Β), (Γ) και (Δ).

Μετά τον ορισμό των ζητηρίων για το κάθε μοντέλο ακολούθησε ο σχεδιασμός της διαδικασίας εφαρμογής αυτών των συνθηκών με την αξιοποίηση του Γ.Σ.Π. Τέλος, δοκιμάστηκαν τα διάφορα μοντέλα και αφού κρίθηκε το αποτέλεσμα, με βάση τη γεωλογική λογική, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της παρουσίασης των χαρτών.

II.1 Ανάλυση με Boolean λογικό μοντέλο

Το μοντέλο της Boolean ανάλυσης βασίζεται στο λογικό συσχετισμό χαρτών δυο μεταβλητών που προκύπτουν ως χαρτογραφικό προϊόν από την αξιολόγηση τελεστών - ζητηρίων. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, κάθε ζητήριο παρουσιάζεται σε χάρτη δυο μεταβλητών. Δηλαδή, στον κάθε χάρτη διακρίθηκαν περιοχές:

- α) όπου ικανοποιείται μια προϋπόθεση (Con1, Con2... = TRUE) και παίρνουν την τιμή 1 (Con = 1) και
- β) όπου δεν ικανοποιείται η προϋπόθεση - συνθήκη (Con1, Con2... = FALSE) και παίρνουν την τιμή 0 (Con = 0).

Για την εφαρμογή του πρώτου μοντέλου, υποθέτουμε ότι η κατάλληλη περιοχή για οικιστική ανάπτυξη πρέπει να ικανοποιεί όλα τα ζητήρια και τις συνθήκες του Πιν.1.

Πιν.1: Προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια θέση στο μοντέλο της Boolean ανάλυσης.

Table 1: Conditions which must be satisfied by a location, in Boolean logic model.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ	ΣΥΝΘΗΚΗ
1. Η περιοχή πρέπει να ανήκει στην προς έρευνα έκταση (Επειδή οι πληροφορίες αφορούσαν σε μεγαλύτερη έκταση)	Con1 = 1	AND
2. Να μην είναι σε ζώνη περιβαλλοντικής προστασίας	Con2 = 1	AND
3. Να έχει μορφολογική κλίση < 20%	Con3 = 1	AND
4. Να μην βρίσκεται σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ	Con4 = 1	AND
5. Να μην ανήκει σε σχηματισμό εδαφικής επικινδυνότητας Χ	Con5 = 1	AND
6. Ο υδροφόρος ορίζοντας να μη συναντάται στο βάθος των θεμελίωσεων.	Con6 = 1	AND

Δηλαδή, στις κατάλληλες περιοχές πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$OUTPUT = (Con1 \text{ AND } Con2 \text{ AND } Con3 \text{ AND } Con4 \text{ AND } Con5 \text{ AND } Con6)$$

Ο τελικός χάρτης, που προέκυψε από το συνδυασμό των επί μέρους χαρτών - ζητηρίων, είναι ένας χάρτης όπου στη περιοχή έρευνας διακρίθηκαν δυο κατηγορίες, αναλόγως εάν ικανοποιούνται ή μη το σύνολο των ζητηρίων και παρουσιάζεται στο Σχ.Ι. Παρατηρείται ότι η μέθοδος έχει ένα απόλυτο χαρακτήρα και δεν επιτρέπει τη διάκριση περισσότερων επί μέρους κατηγοριών, επειδή δεν επιτρέπει τη προσθήκη κάποιου συντελεστή βαρύτητας στα ζητήρια. Για το λόγο αυτό μπορεί να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που θέλουμε να αποκλειστούν από το σχεδιασμό όσες περιοχές δεν ικανοποιούν συγχρόνως όλα τα ζητήρια. Με βάση αυτή τη θεώρηση στην παρούσα έρευνα απορρίφθηκε το προϊόν του μοντέλου.

II.2 Μοντέλο με Boolean λογική και συντελεστές βαρύτητας.

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτής της κατηγορίας, στους χάρτες δυο μεταβλητών της λογικής κατά Boolean, προστίθενται συντελεστές βαρύτητας. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφραστού - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. βαρύτητα που υποθέτου-

με ότι έχουν οι επί μέρους χάρτες δυο μεταβλητών που συντάχθηκαν με τη Boolean λογική.

Ετσι, σε κάθε χάρτη - κριτήριο δόθηκε κατ' εκτίμηση η αριθμίζουσα βαρύτητα (π.χ. $W_1 \dots W_n$). Κατ' αυτόν τον τρόπο, για παράδειγμα, οι περιοχές δυο μεταβλητών όπου ικανοποιείται η συνθήκη $CON1 = TRUE$, παίρνουν την τιμή $W1\chi1 = W_1$, ενώ οι περιοχές όπου δεν ικανοποιείται η συνθήκη παίρνουν την τιμή $W1\chi0 = 0$, οι περιοχές όπου ικανοποιείται η συνθήκη $CON2 = TRUE$, παίρνουν την τιμή $W2\chi1 = W_2$ και οι περιοχές όπου δεν ικανοποιείται η συνθήκη παίρνουν την τιμή $W2\chi0 = 0$, κ.ο.κ.

Το τελικό προϊόν προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους χαρτών - κριτηρίων και για λόγους κανονικοποίησης, το αποτέλεσμα αυτό διαιρείται διά του αθροίσματος των συντελεστών βαρύτητας. Δηλαδή για κάθε θέση ισχύει η σχέση:

Το χωρογραφικό αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής, αφού έγινε η διάκριση των κατηγοριών, παρουσιάζεται στο Σχ. II, όπου διακρίνονται περιοχές που ικανοποιούν πλήρως τις προϋποθέσεις, περιοχές που ικανοποιούν μερικώς και περιοχές που καλύπτουν ελάχιστα ή καθόλου τα κριτήρια (παρουσιάζονται με μάρσο). Στη δεύτερη και στην τελευταία κατηγορία κατατάχθηκαν οι εκτάσεις που συνδυάζουν περισσότερες της

$$OUTPUT = \frac{(W1*Con1 + W2*Con2 + W3*Con3 + W4*Con4 + W5*Con5 + W6*Con6)}{SUMW}$$

μιας δυομενείς συνθήκες για οικιστική ανάπτυξη. Το μοντέλο αυτό, συγκρινόμενο με το προηγούμενο, (της Boolean ανάλυσης), έδωσε μεγαλύτερες δυνατότητες για πιο ευέλικτες προσεγγίσεις. Επισημαίνεται όμως, ότι η διάκριση της εξεταζόμενης έκτασης σε κλάσεις, έγινε ύστερα από τη δοκιμή διαφορετικών συνδυασμών ταξινόμησης, που εξαρτώνται από το εύρος των τιμών, την αριθμητική κατανομή τους και την κατανομή τους στο χώρο, καθώς και από το αντικείμενο που επιδιώχθηκε να προβληθεί. (Biggs, de Ville, Suen 1991). Η επισημάνση αυτή ισχύει και για τα προϊόντα των επομένων μοντέλων, όπου δοκιμάστηκαν επίσης διάφοροι τρόποι διάκρισης των κατηγοριών καταλληλότητας.

III.3 Μοντέλο με συντελεστές βαρύτητας σε χάρτες με πολλές μεταβλητές.

Τα χωρογραφικά επίπεδα (layers) έχουν τοπολογία και συνοδεύονται από πίνακες στη Βάση Δεδομένων που περιέχουν όλες τις πληροφορίες σχετικά με τις τάξεις και τις κατηγορίες των διαφόρων χωροχρησιμοποιικών. Σε κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες δόθηκε ένας συντελεστής βαρύτητας, σε μια κλίμακα. Στην παρούσα εφαρμογή τα σχετικά πεδία ονομάστηκαν **RECOR1, RECOR2, RECOR3** κ.λ.π., και σαν παράδειγμα αναφέρουμε ότι το πεδίο που αφορά στις μορφολογικές κλίσεις (**RECOR3**) πήρε τις τιμές που παρουσιάζονται στον Πιν.2 Οι κατηγορίες που πρέπει να εξαιρεθούν (π.χ. περιβαλλοντικά προστατευταίες), παίρνουν τιμές (-1), που ισοδυναμούν με μη ανεκτές τιμές.

Πιν.2: Παράδειγμα πίνακα στη γεωγραφική βάση δεδομένων.

Table 2: An example of an attribute table in the geographical database.

Σύμφωνα με το μοντέλο, οι επί μέρους χάρτες συσχετίστηκαν, ούτως ώστε, κάθε σημείο του τελικού προϊόντος πήρε τιμή με βάση το συντελεστή βαρύτητας του χάρτη και το συντελεστή βαρύτητας της κατηγορίας, και

SLOPE CODE	RECORD3	FUZZY
Παίρνει τιμές:	Παίρνει τιμές:	Παίρνει τιμές:
1. Για τιμή 0-5 %	7, για SLOPE - CODE = 1	1.00, για SLOPE - CODE= 1
2. Για τιμή 5-10 %	6, για SLOPE - CODE = 2	0.75, για SLOPE - CODE = 2
3. Για τιμή 10-15 %	5, για SLOPE - CODE = 3	0.50, για SLOPE - CODE = 3
4. Για τιμή 15-20 %	4, για SLOPE - CODE = 4	0.25, για SLOPE - CODE = 4
5. Για τιμή > 20 %	2, για SLOPE - CODE = 5	0.00, για SLOPE - CODE = 5

για λόγους κανονικοποίησης το αποτέλεσμα αυτό διαρέθηκε δια του αθροίσματος των συντελεστών βαρύτητας.

Συνοπώς για το τελικό προϊόν (OUTPUT), για κάθε θέση, ισχύει η σχέση:

Όπου SUMW, το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας. Κατ' αυτόν τον τρόπο κάθε πολύγωνο του τελικού προϊόντος (OUTPUT) παίρνει τιμή από την παραπάνω σχέση.

$$OUTPUT = \frac{(W1 \times RECOR1) + (W2 \times RECOR2) + \dots + (W5 \times RECOR5) + (W5 \times RECOR5)}{SUMW}$$

Στην παρούσα εφαρμογή διακρίθηκαν τέσσερις κατηγορίες με βάση την κατανομή του αριθμού των στοιχείων του πληθυσμού και το αποτέλεσμα φαίνεται στο Σχ. III. Παρατηρούμε ότι η μεθοδολογία της index

overlay ανάλυσης σε χώρες με πολλές μεταβλητές, επέτρεψε τη διάκριση των περιοχών που με το προηγούμενο μοντέλο χαρακτηρίστηκαν ως άριστες ή μέτριες, σε λεπτομερέστερες ζώνες. Συνεπώς το μοντέλο αυτό δίνει τη δυνατότητα μιας λεπτομερέστερης διάκρισης των περιοχών με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν εξ αρχής.

Π.4 Ανάπτυξη μοντέλου μετά από fuzzy logic επεξεργασία.

Το βασικό μειονέκτημα των index overlay μοντέλων είναι ο γραμμικός τρόπος με τον οποίο αθροίζονται οι προϋποθέσεις. Αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με την εφαρμογή της λογικής fuzzy στον υπολογισμό των τιμών. Το κάθε μέλος μιας ομάδας fuzzy στοιχείων, εκφράζεται σε μια κλίμακα συνεχή, όπου το πλήρες μέλος έχει την τιμή 1, το μη μέλος έχει την τιμή 0 και τα υπόλοιπα μέλη κινούνται σε ένα εύρος τιμών, που περιλαμβάνει όλες τις ενδιάμεσες τιμές, θεωρώντας ότι η κατανομή είναι ομοιόμορφη. Πρακτικά, στο σχετικό πεδίο (field) της γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων προστίθενται οι τιμές που προκύπτουν από τη fuzzy λογική. Για παράδειγμα οι τιμές που δόθηκαν στο πεδίο (με το όνομα FUZZY3) που αφορά στις μορφολογικές κλίσεις δόθηκαν οι τιμές που παρουσιάζονται στον Πιν.2.

Στη συνέχεια οι επί μέρους χώρες συνδυάζονται μεταξύ τους, με διάφορες μεθόδους προκειμένου να αναπτυχθεί ένα μοντέλο με βάση το οποίο θα γίνει η κατάταξη των εξεταζόμενων περιοχών. Από τις προτεινόμενες μεθοδολογίες (Zimmerman, 1985) ανάπτυξης μοντέλων επιλέχθηκε για παρουσίαση (Σχ. IV) το αποτέλεσμα του fuzzy άλγεβρικού γινομένου (fuzzy algebraic product), κατά το οποίο το αποτέλεσμα του συνδυασμού των fuzzy τιμών δυο ή περισσότερων χωρών τείνει συνεχώς προς μικρότερες τιμές από τα αρχικά μέλη. Για παράδειγμα το άλγεβρικό γινόμενο δυο μελών με τιμές (0.75, 0.25) είναι 0.1875. Κατά το μοντέλο αυτό κάθε μέλος επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα, όσο μικρή τιμή και αν έχει. Ο χώρος του Σχ. IV παρουσιάζει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις κατηγορίες από τις κακές συνθήκες στις άριστες και βοηθά στον πιο ευέλικτο και ορθολογικό σχεδιασμό.

Συγκρίνοντας τα χωρογραφικά προϊόντα των τριών τελευταίων μοντέλων, διαπιστώθηκε ότι για τις ανάγκες ενός ολοκληρωμένου επιτελικού σχεδιασμού για την οικιστική ανάπτυξη της περιοχής έρευνας, τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν από την εφαρμογή του δεύτερου μοντέλου, διότι το χωρογραφικό προϊόν που προέκυψε από την διαδικασία αυτή, δεν χανόταν στις λεπτομέρειες των δυο τελευταίων μοντέλων. Η λεπτομερέστερη διάκριση των κατηγοριών δεν βοηθά τον πολεοδόμο σε ένα επιτελικό σχεδιασμό, ώστε να θέσει, με τη σειρά του, τα δικά του κριτήρια που αφορούν στους πολεοδομικούς παράγοντες και να εφαρμόσει αντίστοιχα μοντέλα.

III. ΣΧΟΛΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στα πλαίσια της διερεύνησης της καταλληλότητας μιας περιοχής για βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη, απαιτείται η συνεξέταση όλων των παραγόντων, που την επηρεάζουν και η τοποθέτηση κριτηρίων για την διάκριση της περιοχής σε ζώνες διαφορετικού βαθμού καταλληλότητας. Οι χώρες που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων και τον επιτελικό σχεδιασμό. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια η εξέταση των γεωλογικών παραγόντων κατέχει πρωτεύουσα θέση και οι γεωεπιστήμονες καλούνται να βρουν νέες μεθοδολογίες που να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται, σε μικρό χρονικό διάστημα, το μεγάλο πλήθος των πληροφοριών, να τις συνδυάζουν και να τις συσχετίζουν αξιοποιώντας τα προτερήματα που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες.
2. Τα Γ.Σ.Π. σε συνδυασμό με μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη διάκριση περιοχών σε κατηγορίες ως προς τη γεωλογική καταλληλότητά τους, για οικιστική ανάπτυξη. Οι κατηγορίες διακρίνονται αναλόγως του αριθμού των παραγόντων που εξετάζονται, των κριτηρίων που ικανοποιούνται και αναλόγως της βαρύτητας που έχουν τα κριτήρια αυτά. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως άριστες ικανοποιούν το σύνολο των προϋποθέσεων που τίθενται, ενώ οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ότι έχουν κακές συνθήκες ικανοποιούν καμιά ή ελάχιστες από τις προϋποθέσεις που τίθενται αρχικά. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν και οι ενδιάμεσες κατηγορίες που προβάλλονται καλύτερα όταν εφαρμόζονται μοντέλα που δίνουν πιο ευέλικτα προϊόντα.
3. Στην παρουσίαση αναφέρθηκαν απλά και πιο σύνθετα μοντέλα, που έχουν εφαρμογή σε ανάλογες περιπτώσεις, αναζήτησης της καταλληλότερης θέσης. Η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου εξαρτάται από το σκοπό που θέλει να εξυπηρετήσει. Πάντως, όπως προέκυψε από την παρούσα έρευνα, τα πιο σύνθετα μοντέλα είναι πιο προσομοιωτικά και δίνουν τη δυνατότητα της διάκρισης του χώρου σε περισσότερες κατηγορίες, με την προϋπόθεση όμως ότι υπάρχει πολύ καλή γνώση των επί μέρους παραγόντων.
4. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας σε μια εκτεταμένη περιοχή, για επιτελική διερεύνηση της καταλληλότητας ως προς τις γεωλογικές συνθήκες, έδωσε εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα με ερείνα που είχαν παρουσιασθεί σε προηγούμενη **Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Πεδιόφραστος+Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. (1999)** και αφορούσαν σε

- μικρότερη περιοχή και μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Στην παρούσα περίπτωση όμως, τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν από την εφαρμογή της δεύτερης μεθόδου. Τα χαρτογραφικά προϊόντα των πιο σύνθετων μοντέλων οδήγησαν σε διάκριση της περιοχής έρευνας σε πολύ λεπτομερείς ζώνες καταλληλότητας, που δεν βοηθούσαν την επιτελική θεώρηση, η οποία υπαγορευόταν από την πολεοδομική κλίμακα (1:25.000). Ενώ στην προηγούμενη περίπτωση είχε επιλεγεί για αξιοποίηση στον πολεοδομικό σχεδιασμό το προϊόν του τέταρτου μοντέλου που έδινε μεγαλύτερη λεπτομέρεια, καθόσον η κλίμακα πολεοδόμησης ήταν 1:5.000.
- Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος που θα χωρισθεί σε κλάσεις-κατηγορίες το χαρτογραφικό προϊόν του μοντέλου. Θα χρειασθεί να αναζητηθεί η καταλληλότερη μέθοδος προκειμένου να προβληθούν οι ενδιαφέρουσες θέσεις, είτε να τονισθούν οι περιοχές που συγκεντρώνουν τις ελάχιστες προϋποθέσεις. Πρέπει όμως συγχρόνως να παρουσιάζονται και οι ενδιάμεσες περιοχές κατά τρόπο που να επιτρέπει τη διάκρισή τους σε κατηγορίες, ώστε να δίνεται μεγαλύτερη ευελιξία στον επιτελικό σχεδιασμό.
 - Τέλος επισημαίνονται οι κίνδυνοι από τη χρήση μοντέλων, εάν δεν αξιολογούνται πρώτα σύμφωνα με την επιστημονική λογική. Η ανάπτυξη των μοντέλων πρέπει να γίνεται κατά πλήρως ελεγχόμενο τρόπο υπό την καθοδήγηση και αξιολόγηση ειδικών στο γνωστικό αντικείμενο επιστημόνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ Α, ΒΑΛΑΔΑΚΗ-ΠΛΕΣΣΑ Α., ΠΛΕΣΣΑΣ Σ., ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ, Γ., 1999, Αξιοποίηση των Γ.Σ.Π. στην ανάπτυξη μοντέλων για την επιλογή της καταλληλότερης θέσης για δόμηση και για τη διάκριση της περιοχής με κριτήρια γεωλογικής καταλληλότητας: Πρακ. 5^ο Πανελλ. Γεωγραφικού Συνεδρ. Αθήνα.
- BIGGS D. DE VILLE, B. AND SUEN E. 1991, A method of choosing multi-way partitions for classification and decision Trees: J. Applied Statistics, v. 18 (1).
- BONHAM-CARTER F.G., 1994, Geographic Information Systems For Geoscientists: Modelling with GIS. Pergamon.
- ROBINOVE C.J., 1989, Principles of logic and the use of digital Geographic Information Systems: In fundamental of Geographic Information Systems: A Compendium, Editor: Ripple, W.J., American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- ΙΓΜΕ, Φύλλα γεωλογικών χαρτών:Χαλκίς, Ερέρια και Αλιβερί
- ΜΕΤΑΞΑΤΟΣ Π., 1999, Υδροαλικές μελέτες της Πολεοδομικής Μελέτης (Β' Κατοικίας) περιοχής Δήμου Αη-λαντίου, Ν. Ευβοίας. Αρχείο ΔΟΚΚ/ΥΠΕΧΩΔΕ.
- ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΥ Κ., 1999, Μελέτη Γεωλογικής Καταλληλότητας στα πλαίσια της Πολεοδομικής Μελέτης Β' Κατοικίας Δήμου Βασιλικού Νομού Ευβοίας. Αρχείο ΔΟΚΚ/ΥΠΕΧΩΔΕ.
- VARNES D.J., 1974, The logic of maps with reference to their interpretation and use for engineering purposes. United States Geological Survey Professional Paper 837.
- ZIMMERMAN H.J., 1985, Fuzzy Sets Theory and Its Applications, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston-Dordrecht-Lancaster.

ΕΚΤΙΜΩΣΗ ΚΑΤΑΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
SUITABILITY FOR URBAN DEVELOPMENT

ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΤΑ ΒΟΟΛΕΑΝ ΑΝΑΛΥΣΗ
MODEL ACCORDING BOOLEAN ANALYSIS



Σχ 14 (Fig 14)

ΥΠΟΜΗΜΑ

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΧΑΡΤΕΣ ΔΥΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
 SUITABILITY USING THE WEIGHTED BINARY MODEL



Σχ II (Fig II)



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΙΝΔΕΧ Ο'OVERLAY ΜΟΝΤΕΛΟ
 (Συντελεστές βαρύτητας σε γράμτες με πολλές μεταβλητές)
 SUITABILITY USING INDEX OVERLAY MODEL
 (Multi-class and weighted maps)



Σχ III (Fig III)



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ FUZZY ΑΝΑΛΥΣΗ (Quantile classification)
 SUITABILITY USING FUZZY LOGIC



Σχ IV (Fig IV)

