

Ανάπτυξη εξειδικευμένου σε εφαρμογές περιβαλλοντικού σχεδιασμού στην παράκτια ζώνη χωρικού συστήματος στήριξης αποφάσεων

Κώστας ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ*

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τους Buckingham και Evans (1996), ο όρος περιβαλλοντικός σχεδιασμός «Environmental Planning» αναφέρεται στις διαδικασίες της ανάπτυξης, αξιολόγησης, και εφαρμογής περιβαλλοντικής πολιτικής.

Η πολυπλοκότητα των θεμάτων που σχετίζονται με την διαδικασία περιβαλλοντικού σχεδιασμού δημιουργεί ένα σύνολο παραγόντων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν καθ' όλη την διαδικασία του σχεδιασμού. Παρόλο που η εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής εκδηλώνεται ως μια περική απόφαση, η οποία διατυπώνεται με σαφήνεια σε κάποιο κείμενο (οδηγία, κανονιστική πράξη της διοίκησης κλπ), η όλη διαδικασία εμπεριέχει πολλές και συχνά μη διακριτές μεταξύ τους επιμέρους αποφάσεις.

Η επιλογή του «χώρου» και της «θέσης» αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, αφού τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος μεταβάλλονται σημαντικά συναρτήσει του χώρου, ακόμη σε μικρές αποστάσεις. Η περιβαλλοντική "ορθή" πολιτική δίνει χωρική και περιβαλλοντική διάσταση στους στόχους των αναπτυξιακών έργων με αποτέλεσμα η θεωρία της χωρικής ανάπτυξης, και ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός να γίνονται απαραίτητες προϋποθέσεις για κάθε αναπτυξιακό πρόγραμμα ή έργο.

Η κατάρτιση πολιτικής ξεκινά συνήθως από συγκεκριμένες αναγκαιότητες ή προβλήματα που επιβάλλουν την υιοθέτηση μιας καινούργιας πολιτικής ή την τροποποίηση της υφιστάμενης. Σε επιχειρησιακό επίπεδο η διαδικασία του περιβαλλοντικού σχεδιασμού μπορεί να διαιρεθεί στον προσδιορισμό των αναγκαιοτήτων ή προβλημάτων που επιβάλλουν την κατάρτιση

*Κώστας ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Δρ., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Εργαστήριο Περιβάλλοντος και Χωρικού Σχεδιασμού

πολιτικής, στην ανάλυση αυτών, στην διερεύνηση των εναλλακτικών πολιτικών με υπόδειξη της βέλτιστης και στην ανάπτυξη στρατηγικής για την εφαρμογή της προτεινόμενης πολιτικής.

Ο προσδιορισμός των αναγκαιοτήτων ή των προς επίλυση προβλημάτων αποτελεί διαδικασία που μεταξύ άλλων απαιτεί την ανάδειξη των πολιτικών και αναπτυξιακών προτεραιοτήτων. Η ανάλυση περιλαμβάνει τις επιμέρους ενέργειες που διασπούν το όλο θέμα προς εξέταση σε επιμέρους τμήματα, τα οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν από υφιστάμενες μεθοδολογίες. Η διερεύνηση εναλλακτικών πολιτικών αποτελεί διαδικασία, στην οποία, θέσεις και αντιθέσεις παράγουν γόνιμη κριτική για την αντικειμενική αξιολόγηση, με στόχο την υπόδειξη της βέλτιστης πολιτικής.

Η ανάλυση και διερεύνηση παρουσιάζουν πολυπλοκότητα που οφείλεται σε οριζόντιες σχέσεις μεταξύ του περιβαλλοντικού σχεδιασμού και των άλλων περιβαλλοντικών δραστηριοτήτων και στο ρόλο που διαδραματίζουν οι εμπλεκόμενοι στην διαδικασία περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Οι τελευταίοι μπορεί να είναι λήπτες αποφάσεων ή συμμετέχοντες στην λήψη των αποφάσεων ή απλώς άτομα που επηρεάζονται από την όποια απόφαση.

Σε πρώιμα στάδια σχεδιασμού οι στόχοι δεν είναι καθορισμένοι με σαφήνεια και οι επιρροές από το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον αποτελούν παράγοντα επιβράδυνσης της όλης διαδικασίας. Τα υφιστάμενα πρότυπα και μοντέλα επιλογής θέσης, λόγω των τυπικών κλειστών και μη δυναμικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν, αδυνατούν να συμβάλουν καθοριστικά στην διαδικασία λήψης απόφασης με αποτέλεσμα να υπάρχει μια παλινδρόμηση μεταξύ της ποιότητας των εναλλακτικών λύσεων και της ποιότητας της διαδικασίας που παρήγαγε τις εναλλακτικές λύσεις.

Ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός εμπλέκει τους λήπτες αποφάσεων

σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο απαιτεί εξειδικευμένη γνώση που άμεσα ή έμμεσα αφορά την υπό εξέταση πολιτική ενώ το δεύτερο επίπεδο απαιτεί γνώση γεωγραφίας και χωροταξίας.

Η εξειδικευμένη γνώση σε συνδυασμό με την συλλογή, επεξεργασία και οργάνωση των στοιχείων παράγει πληροφορία που οδηγεί στην κατανόηση του πλαισίου στο οποίο λαμβάνει χώρα ο σχεδιασμός. Η πληρότητα πληροφορίας συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της αντίληψης και υποβοηθά στην παραγωγή επιπλέον πληροφορίας και τέλος στην μείωση των αβεβαιοτήτων στην διαδικασία λήψης απόφασης (Bodily, 1985).

Οι παραπάνω δυο κατηγορίες γνώσης υφίστανται επεξεργασία από μια κοινή επαγωγική (inference) μηχανή ή οποία διαθέτει την ικανότητα εξαγωγής των κρίσιμων παραγόντων μέσα από το σύνολο της πρωτογενούς ή παραγόμενης πληροφορίας. Η διαδικασία λήψης αποφάσεων σε θέματα περιβαλλοντικού σχεδιασμού πρέπει να στηρίζεται στο παραπάνω πλαίσιο που ενσωματώνει τόσο την τυπική πληροφορία όσο και προσωπικές εκτιμήσεις, υποθέσεις και εμπειρία.

Η συνολική αρχιτεκτονική καθώς επίσης και η δομική θέση της επαγωγικής μηχανής εξαρτάται από το είδος των αποφάσεων αφού η διαδικασία λήψης αποφάσεων καλείται να αντιμετωπίσει εντελώς δομημένα ή και καθόλου δομημένα προβλήματα. Οι δομημένες διαδικασίες αναφέρονται σε επαναλαμβανόμενα προβλήματα που έχουν κανονικές λύσεις ενώ οι μη δομημένες διαδικασίες είναι ασαφείς και προέρχονται από σύνθετα προβλήματα για τα οποία συνήθως δεν υπάρχει μια κανονική λύση. Οι δομημένες αποφάσεις απαιτούν διαχειριστικά πληροφοριακά συστήματα, εργαλεία που υπάγονται στον τυπικό εξοπλισμό επίλυσης προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας. Οι ημιδομημένες αποφάσεις απαιτούν συστήματα στήριξης αποφάσεων. Τέλος οι μη δομημένες απαιτούν εξελιγμένα συστήματα στήριξης αποφάσεων ή έμπειρα συστήματα (τα οποία επιπρόσθετα ενσωματώνουν γνώση και εμπειρία) (Shim

και λοιποί, 2002, Courtney, 2001, Turban, 1988).

Στο πλαίσιο του περιβαλλοντικού σχεδιασμού ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δημιουργία και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων της μορφής «τι θα γίνει αν...» που διαμορφώνονται σύμφωνα με τις συνθήκες αβεβαιότητας και των εναλλακτικών πολιτικών που μπορούν να αναπτυχθούν. Η αριότι κατανόηση των επιπτώσεων κάθε πολιτικής οδηγεί στην επιλογή του βέλτιστου σεναρίου πολιτικής με παράλληλη πρόβλεψη των επιπτώσεων.

Ένα χωρικό σύστημα στήριξης αποφάσεων (ΧΣΣΑ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει την έκβαση μιας πολιτικής επιλογής κάτω από συγκεκριμένα κριτήρια. Η διαδικασία εξασφαλίζει την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το βαθμό ικανοποίησης που παρέχει η εφαρμογή της εν λόγω πολιτικής, την στόθμηση της (μέσω κανόνων) σε σχέση με άλλες πολιτικές επιλογές και τέλος την συνέχιση ή όχι αναζήτησης καλύτερων.

Παράλληλα στο πλαίσιο της ανάλυσης των δυνατοτήτων που προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό θα πρέπει να επισημανθεί ότι θεωρητικά τα έμπειρα ΧΣΣΑ (ΕΧΣΣΑ) μπορούν να επιτύχουν έναν προσδιορισμένο αντικειμενικό στόχο με την εκ των προτέρων προγραμματισμένη λογική τους. Ο βαθμός που η ποιότητα και η ποσότητα της υφιστάμενης γνώσης σε θέματα περιβαλλοντικού σχεδιασμού επιτρέπουν την ενσωμάτωση της και αναπαραγωγή της μέσα σε κώδικα είναι δύσκολο να προσδιορισθεί. Έτσι η απαίτηση για ένα συνολικό σύστημα Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού προς το παρόν θεωρείται ανέφικτη. Αντίθετα στην περίπτωση προβλημάτων που για την επίλυση τους απαιτείται η χρησιμοποίηση συγκεκριμένων αρχών του περιβαλλοντικού σχεδιασμού και που η συχνή ανάκυσή τους δικαιολογεί το κόστος εξέλιξης μπορούν να αντιμετωπισθούν από τα ΕΧΣΣΑ. Στην περίπτωση αυτή, με στόχο την δόμηση της βάσης γνώσης, απαιτείται η διεξοδική ανάλυση της διαδικασίας λήψης απόφασης και των αρχών του

περιβαλλοντικού σχεδιασμού που θα εφαρμοσθούν, η μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι υφιστάμενοι λήπτες αποφάσεων προσεγγίζουν το συγκεκριμένο θέμα και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι ίδιοι και άλλοι δημόσιοι ή ιδιωτικοί φορείς, με τους οποίους αλληλεπιδρούν, καταλήγουν στις αποφάσεις τους. Η κατανόηση της διαδοχής των ενεργειών και η κατάτμηση σε επιμέρους στάδια της όλης διαδικασίας λήψης αποφάσεων βοηθά στην δημιουργία ρουτινών κώδικα με αποτέλεσμα την αυτοματοποίηση της διαδικασίας λήψης απόφασης. Στο ώριμο στάδιο οποιαδήποτε απόφαση αναλύεται σε μαθηματικούς ή υπολογιστικούς όρους και αναπαρίσται από κώδικα υπολογιστή.

Στο πλαίσιο άσκησης περιβαλλοντικού σχεδιασμού στην Παράκτια Ζώνη απαιτείται η κατάρτιση, αξιολόγηση και εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής που να ευνοεί την ορθολογική διαχείριση. Αυτό απαιτεί (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1997):

- επεξεργασία και εφαρμογή ενός διαχειριστικού σχήματος όπου το διαχειριστικό επίκεντρο είναι η ακτογραμμή και ο βαθμός ελέγχου διαφοροποιείται όσο απομακρυνόμαστε από αυτή
- παράλληλη δημιουργία ενός διαχειριστικού σχήματος με στόχο την εφαρμογή κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων προσαρμοσμένων στις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν διαφορετικές ενότητες της Παράκτιας Ζώνης.

Για την επίτευξη των παραπάνω απαιτούνται (Coccossis & Dimitriou, 1999, 2003, Δημητρίου, 2002)

- η παράλληλη με την ακτή διαφοροποίηση της πολιτικής διαχείρισης μέσω της αναγνώρισης παράλληλων με την ακτή ζωνών. Σε αυτή την περίπτωση ένα ΧΣΣΑ μπορεί να βοηθήσει στην εύρεση των ιδανικών ζωνών κάτω από συγκεκριμένα κριτήρια και να προβάλει τις χωρικές συνέπειες των επιλογών.
- η διάκριση της πολιτικής με βάση τα ιδιαίτερα οικολογικά, κοινωνικά, οικονομικά κ.α. χαρακτηριστικά που οδηγεί στην

αναγνώριση *Παράκτιων Χωρικών Ενοτήτων*¹. Σε αυτή την περίπτωση, η χρήση ενός ΧΣΣΑ κρίνεται απαραίτητη αφού η πολυπλοκότητα των χαρακτηριστικών που διαφοροποιούν την εκάστοτε απαιτούμενη πολιτική ξεπερνούν κατά πολύ τις δυνατότητες των απλών ΓΣΠ.

- Παράλληλα ένα ΧΣΣΑ πρέπει να ενσωματώσει τις γενικές αρχές περιβαλλοντικού σχεδιασμού, να βοηθήσει στην αποσαφήνιση και επίτευξη των στόχων που τίθενται για την ΠΖ, και να ενσωματώσει τις κατευθύνσεις της ολοκληρωμένης παράκτιας διαχείρισης, για την χωρική οργάνωση και χάραξη πολιτικής

- σε εθνικό,

- περιφερειακό και

- τοπικό επίπεδο

Οι βιβλιογραφικές αναφορές σε ΧΣΣΑ στον παράκτιο χώρο είναι λίγες, και αναζητώντας ανάμεσα σε αυτές εξειδικευμένα ΧΣΣΑ που διαπιστωμένα

- στοχεύουν στην αντιμετώπιση θεμάτων της παράκτιας ζώνης,
- έχουν σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες, αλληλεπιδράσεις και κλίμακες της παράκτιας ζώνης και
- διαθέτουν ενδεδειγμένη για τα ΧΣΣΑ αρχιτεκτονική.

διαπιστώνεται ότι αυτά είναι ελάχιστα. Το σύστημα που παρουσιάζεται στην εργασία διαθέτει κοινά γνωρίσματα με ΧΣΣΑ που τηρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις και επιπρόσθετα αντιμετωπίζουν τον παράκτιο χώρο υπό το πρίσμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης της παράκτιας ζώνης ή υπό το πρίσμα ενός συνολικού χωρικού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού και αντιμετώπισης του παράκτιου χώρου. Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσεται ΧΣΣΑ που στοχεύει στην διευθέτηση των συγκρούσεων οι οποίες αναπτύσσονται στην παράκτια ζώνη, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Canessa και Keller (1997). Το

σύστημα λειτουργεί με βάση την διαπίστωση ότι η ολοκληρωμένη διαχείριση της παράκτιας ζώνης αποτελεί διαδικασία η οποία εκτός από τους λαμβάνοντες τις αποφάσεις εμπλέκει επίσης και μια σειρά από κοινωνικές ομάδες. Το συγκεκριμένο ΧΣΣΑ μεταξύ άλλων δέχεται εισερχόμενα από συμμετοχικές διαδικασίες διαλόγου και ευνοεί την ανάπτυξη και εφαρμογή κοινά αποδεκτών λύσεων. Ανάλογων χαρακτηριστικών σύστημα αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Οικονομικά αποτελεσματική διαχείριση και προστασία των κοραλλιογενών υφάλων (Cost-effectiveness management and protection of coral reefs)» από την Resource Analysis. Το σύστημα CORAL στηρίζεται στην μοντελοποίηση όλων των παρεμβάσεων που έχουν επιπτώσεις στους κοραλλιογενείς υφάλους. Ειδικότερα το σύστημα λαμβάνει υπόψη την οικονομική αποτελεσματικότητα, μέσω της οικονομικής στάθμισης των παρεμβάσεων, που γίνονται για την αύξηση της ευρωστίας του κοραλλιογενούς υφάλου. Η Περιοχή μελέτης είναι το Κουρακάο και το πρόγραμμα έγινε σε συνεργασία με το Ολλανδικό Ινστιτούτο Θαλάσσιας Έρευνας (NIOZ)². Οι Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη του συστήματος CORAL περιλαμβάνουν την χρήση ασαφούς λογικής (Meesters et al 1998). Τέλος ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί το RamCo (Rapid Assessment Module for Coasts) που αποτελεί προϊόν το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος LWI³ (Ujje et al, 1996). Αποτελεί πρωτότυπο ενός πληροφοριακού συστήματος που αποσκοπεί στην τελική εξέλιξη ενός γενικής χρήσης ΧΣΣΑ για την ολοκληρωμένη αποτίμηση των προβλημάτων που σχετίζονται με την βιώσιμη διαχείριση της παράκτιας ζώνης. Το RamCo περιγράφει τις ανθρωπογενείς και φυσικές λειτουργίες στην παράκτια ζώνη υπό το πρίσμα της επίδρασης της δυναμικής φύσης και αλληλεπίδρασης των χωρικών παραγόντων (agents). Οι λήπτες αποφάσεων και οι πολιτικοί μπορούν να παρεμβαίνουν στην δυναμική του συστήματος μέσω της επιλογής και ρύθμισης διαφόρων παραμέτρων.

2 Σχεδιασμός συστήματος

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων αναπτύχθηκε ένα ΧΣΣΑ το οποίο τηρεί τις εξής προδιαγραφές

1. Σε επίπεδο υποβοήθησης λήψης αποφάσεων

i. Εξυπηρετεί διάφορα διοικητικά επίπεδα λήψης αποφάσεων τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους

ii. Διαθέτει δυνατότητα φιλικής αλληλεπίδρασης με τον χρήστη

iii. Παρέχει στήριξη, τόσο σε εξειδικευμένο διοικητικό και επιστημονικό προσωπικό, όσο και σε λήπτες αποφάσεων, οι οποίοι κατέχουν ισχυρές διοικητικές θέσεις χωρίς να διαθέτουν τον απαραίτητο χρόνο και τεχνικές γνώσεις για την λειτουργία πολύπλοκων λογισμικών.

iv. Είναι αποτελεσματικό, τόσο σε αντιμετώπιση υφιστάμενων προβλημάτων όσο και στην ανίχνευση τάσεων, οι οποίες μελλοντικά θα οδηγήσουν στην δημιουργία προβλημάτων

v. Παρέχει, τόσο στήριξη, όσο και έτοιμες λύσεις σε πολυδιάστατα προβλήματα

vi. Αναπαριστά και απεικονίζει πολύπλοκες χωρικές δομές και σχέσεις

2 Σε επίπεδο χωρικής κλίμακας

i. Μπορεί ταυτόχρονα να εξυπηρετεί διάφορα επίπεδα απεικόνισης και ανάλυσης

ii. Διαθέτει ευκρίνεια και διακριτική ικανότητα ανάλογη του προβλήματος ή της κατάστασης που κάθε φορά αντιμετωπίζεται

iii. Δίνεται η δυνατότητα χρήσης του μέσω του διαδικτύου

3. Σε επίπεδο δεδομένων

i. Συνδέεται με ποικιλία μεγάλων βάσεων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

ii. Διαθέτει ευελιξία στην προσθήκη νέων δεδομένων

iii. Φιλτράρει έξυπνα τις απαιτήσεις του χρήστη έτσι ώστε να παρουσιάζει και να αναλύει κάθε φορά τις απαραίτητες βάσεις δεδομένων

iv. Επεξεργάζεται και αναλύει ποιοτική και ποσοτική πληροφορία

v. Διαχειρίζεται χωρικά και μη χωρικά δεδομένα από διάφορες πηγές

vi. Παρέχει πλήρη συμβατότητα με την χρησιμοποίηση δεικτών βιώσιμης ανάπτυξης (πλαίσιο DPSIR), ΕΕΑ, TR: 25, 1999).

4. Σε τεχνολογικό επίπεδο ευνοείται

i. Η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογικών λύσεων όπου το κόστος ανάπτυξης δικαιολογείται από τα αποτελέσματα

ii. Η υποστήριξη της αποτελεσματικότητας έναντι της φιλικότητας όπου η ικανοποίηση και των δύο δεν είναι εφικτή

iii. Παροχή ευκολιών διαχείρισης και ολοκλήρωσης της διαδικαστικής γνώσης και των δεδομένων

iv. Ευελιξία και προσαρμοστικότητα

5. Σε επίπεδο γνώσης

i. Παρέχει τον απαραίτητο formalισμό για την αναπαράσταση ημιδομημένων προβλημάτων

ii. Ενσωματώνει γνώση σε συγκεκριμένα πεδία καθώς επίσης και τεχνικές προσομοίωσης της κοινής λογικής

iii. Διαθέτει τεχνικές πρόσκτησης γνώσης

iv. Χρησιμοποιεί την διαδικαστική και επεξηγηματική γνώση για την επεξεργασία της χωρικής και μη χωρικής πληροφορίας

Στο σχήμα 1 που ακολουθεί, περιγράφεται η λογική που ακολουθεί ο σχεδιασμός του συστήματος. Το σύστημα ολοκληρώνει γνώση και πληροφορία με στόχο την στήριξη των

αποφάσεων, την παροχή έτοιμων λύσεων και την αξιολόγηση σεναρίων στον χρόνο και στο χώρο. Ο χώρος και ο χρόνος αποτελούν πεδία που ενσωματώνονται τόσο στην συνολική πληροφορία όσο και στο σύνολο της γνώσης.

Αναφορικά με την γνώση το σύστημα διαθέτει δυνατότητες πρόσκτησης, αναπαράστασης, αποθήκευσης, επαγωγικής λογικής και ανάλυσης. Ενώ, αναφορικά με την πληροφορία, το σύστημα διαθέτει δυνατότητες συλλογής, αναπαράστασης, αποθήκευσης, ανάκτησης, επεξεργασίας και απεικόνισης. Σε επόμενο επίπεδο, η επαγωγική λογική και ανάλυση που αφορούν στην γνώση καθώς και η επεξεργασία της πληροφορίας μπορούν να ολοκληρωθούν μέσω της χρήσης κανόνων, της χρήσης νευρωνικών δικτύων, της χρήσης ασαφούς λογικής, και της χωρικής και στατιστικής ανάλυσης. Τα εξερχόμενα από το επίπεδο αυτό μπορούν να είναι είτε επιπλέον πληροφορία είτε νέα γνώση.

Οι πηγές πληροφορίας και γνώσης τροφοδοτούν το σύστημα ενώ στο τέλος του κάθε κύκλου λειτουργίας, ανανεώνονται αντίστοιχα από τα εξερχόμενα του συστήματος.

Αναφορικά με το επιχειρησιακό πλαίσιο λειτουργίας (σχήμα 2), το σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει, τόσο το κεντρικό επίπεδο λήψης αποφάσεων, όσο και τα περιφερειακά και τοπικά κέντρα λήψης αποφάσεων. Η σύνδεση μπορεί να γίνει μέσω ενός κόμβου που θα υποστηρίζει δυνατότητες ΓΣΠ* και που θα αποτελεί και την κεντρική βάση δεδομένων. Το κάθε επίπεδο μπορεί να χρησιμοποιεί τμήματα και λειτουργίες του ΧΣΣΑ, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.

3. Υλοποίηση συστήματος

3.1. Αρχιτεκτονική

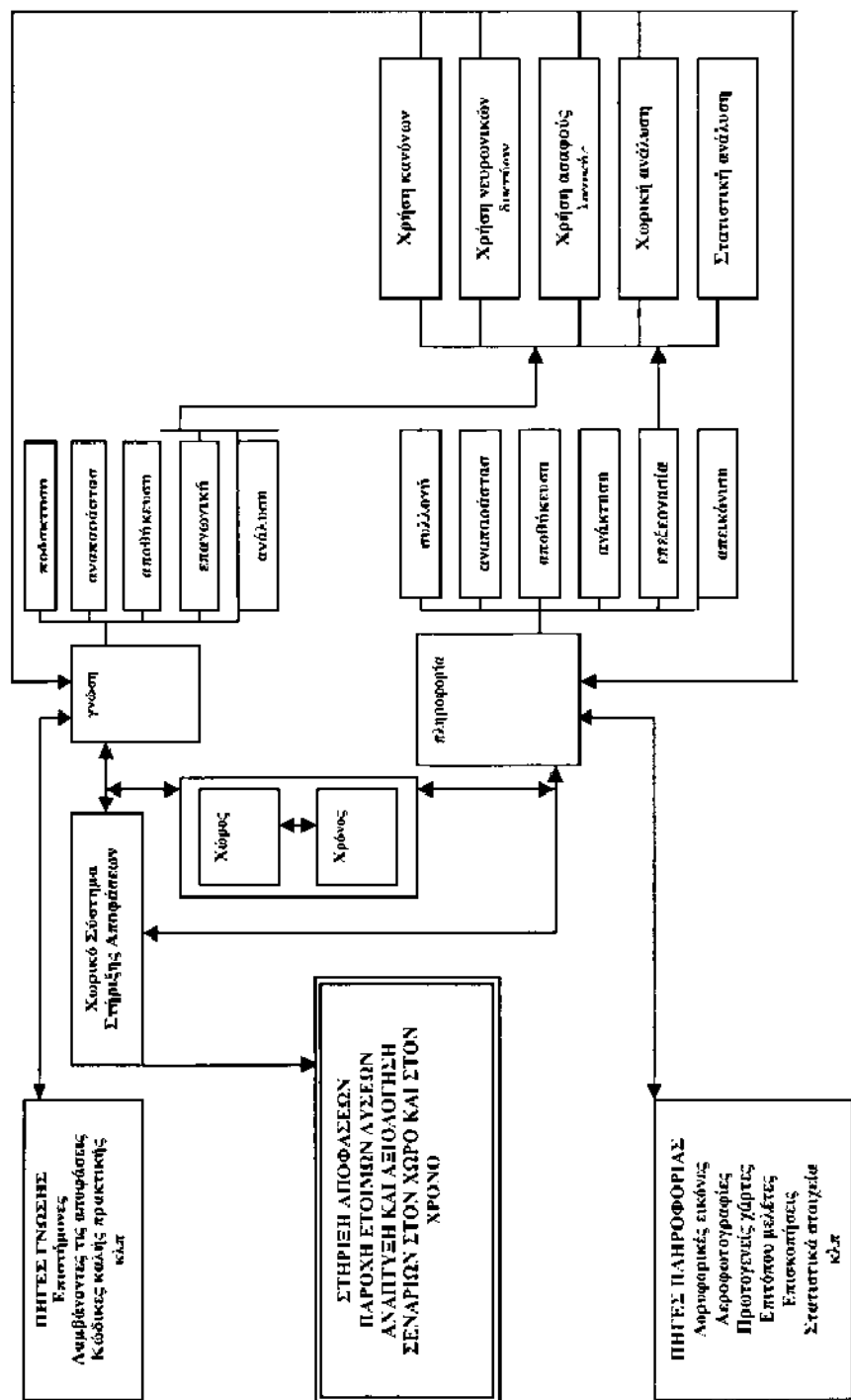
Το ΧΣΣΑ, που αναπτύχθηκε, εκμεταλλεύεται, τόσο εμπορικό λογισμικό, όσο και ρουτίνες που αναπτύσσονται σε γλώσσες προγραμματισμού. Αποτελείται από ένα σύνολο εργαλείων, τα

οποία, δρουν συμπληρωματικά και σε ορισμένες περιπτώσεις επικαλύπτονται, έτσι ώστε να παρέχεται ολοκληρωμένη στήριξη σε θέματα περιβαλλοντικού σχεδιασμού στην παράκτια ζώνη. Από την αρχική φάση της διερεύνησης της αρχιτεκτονικής του συστήματος, ως κύριος παράγοντας επιτυχίας, καθορίστηκε η παροχή στήριξης *πρωτίστως σε ερευνητικό επίπεδο*. Αυτό είχε, ως άμεσο αποτέλεσμα οι απαιτήσεις από το σύστημα να αυξηθούν σε σημαντικό βαθμό. Στις αρχικές φάσεις εξέλιξης η ευκολία χρήσης και η φιλικότητα δεν αποτέλεσαν παράγοντες που ελήφθησαν υπόψη, αντίθετα στο τέλος, αυτά εξασφαλίστηκαν μέσω της εκτεταμένης χρησιμοποίησης «έξυπνων» λύσεων.

Το όλο σύστημα ακολουθεί την λογική της επεκτασιμότητας και της αυξομειώσιμης και κλιμακωτής αρχιτεκτονικής. Στηρίζεται στην ικανότητα διαβάθμισης του φυσικού υλικού και του λογισμικού για την υποστήριξη μεγαλύτερου ή μικρότερου όγκου δεδομένων και περισσότερους ή λιγότερους χρήστες (Scalability). Διαθέτει την δυνατότητα, ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας και της ιδιαιτερότητας του θέματος που αντιμετωπίζεται, να ακολουθηθούν αρχιτεκτονικά απλές ή πολύπλοκες συνθέσεις με μικρές αυξομειώσεις στο κόστος μετατροπής. Άμεση συνέπεια των παραπάνω είναι ότι το ΧΣΣΑ, που παρουσιάζεται, μπορεί να λειτουργήσει ως αμιγές ΧΣΣΑ, ως απλό ΓΣΠ αλλά και ως Πληροφοριακό Σύστημα Διοίκησης.

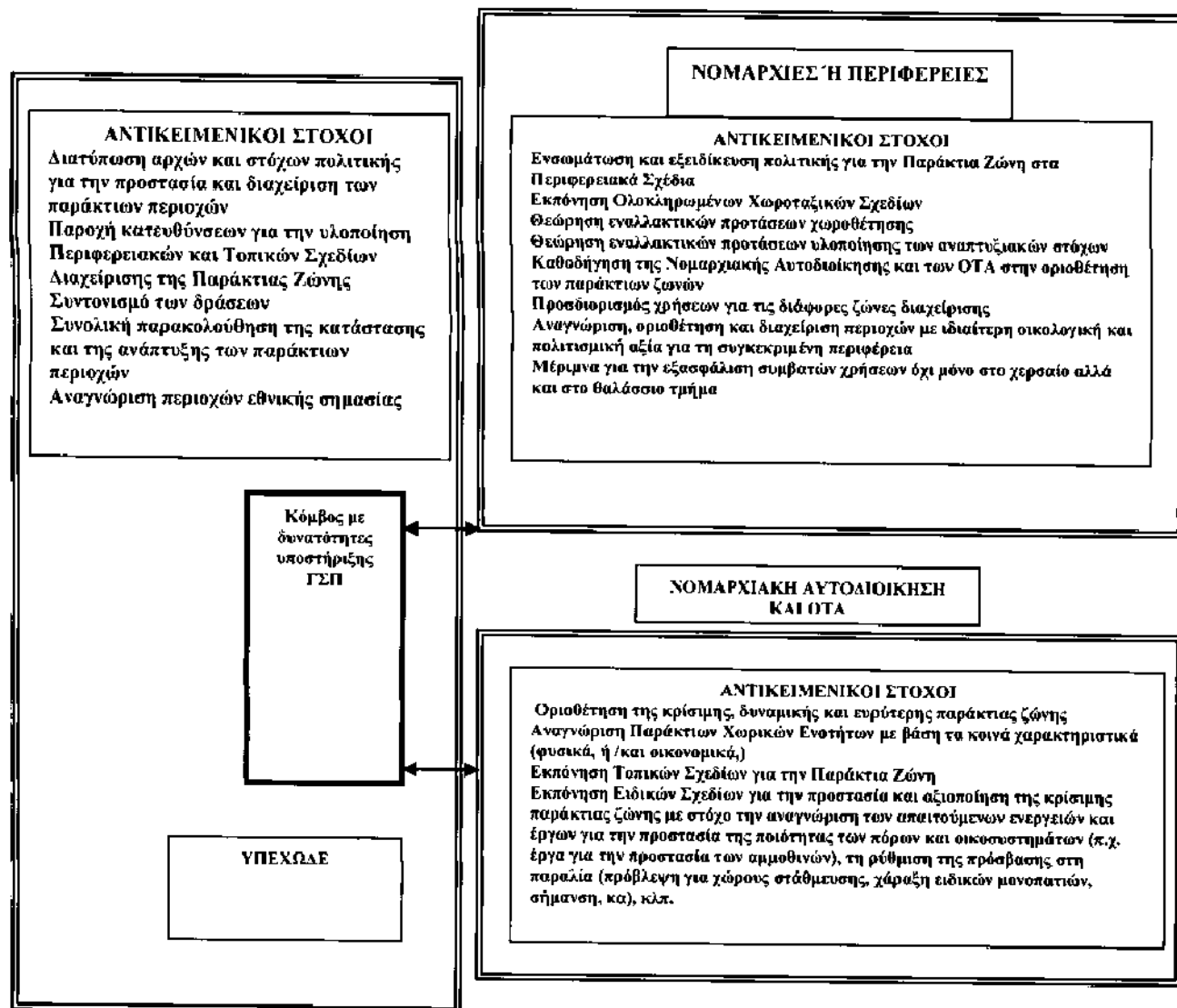
3.2. Ανάλυση δομικών τμημάτων

Για την ανάπτυξη του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν αρκετές εφαρμογές και το λογισμικό που συνολικά αξιολογήθηκε περιελάμβανε το σύνολο σχεδόν του λογισμικού που υπάρχει σε μορφή "demo" στο διαδίκτυο. Τονίζεται ότι κατά την επιλογή του λογισμικού σημαντικό ρόλο έπαιξε ο παράγοντας κόστος. Έτσι το λογισμικό που επιλέχθηκε δεν αποτελεί την καλύτερη επιλογή, αλλά σε κάθε περίπτωση ικανοποιεί κάποιες ελάχιστες προϋποθέσεις, οι οποίες είχαν τεθεί. Τα επιμέρους δομικά τμήματα του συστήματος μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα



Σχήμα 1. Σχεδιασμός του συστήματος (Δημητρίου 2002, σελ.153).

Σχήμα 2. Επιχειρησιακό πλαίσιο λειτουργίας (Δημητρίου 2002, σελ.151).



με τις λειτουργίες που υποστηρίζουν σε πέντε κατηγορίες.

1. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται σε όλες τις φάσεις, υποστηρίζοντας τις λειτουργίες του όλου συστήματος και περιλαμβάνει πακέτα λογισμικού όπως Access, Excel[®], Java, Visual Basic, Mathematica, Mathematica Link for Microsoft EXCEL κλπ.

2. Η δεύτερη κατηγορία αφορά σε λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για τις λειτουργίες που σχετίζονται με την χωρική ανάλυση και περιλαμβάνει λογισμικό όπως τα ArcView, ArcMap και MapObjects της εταιρίας ESRI[®].

3. Η τρίτη κατηγορία αφορά σε λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για την προσθήκη στο σύστημα χαρακτηριστικών τεχνητής νοημοσύνης και πιο συγκεκριμένα χρήση κανόνων συλλογιστικής. Πρόκειται για το έμπειρο κομμάτι του όλου συστήματος και περιλαμβάνει τα εξής:

A. CLIPS. Αποτελεί έμπειρο σύστημα το οποίο αναπτύχθηκε από το "Software Technology Branch (STB), NASA/Lyndon B. Johnson Space Centre". Έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει την ανάπτυξη λογισμικού το οποίο να ενσωματώνει την ανθρώπινη γνώση ή εμπειρία (Giarratano & Riley, 1998). Η γνώση μπορεί να αναπαράσθαι με τρεις διαφορετικούς τρόπου στην CLIPS:

- Κανόνες οι οποίοι πρωταρχικά προορίζονται για ευρετική γνώση (heuristic knowledge) που στηρίζεται στην εμπειρία.
- Defunctions (από το define functions που σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί να ορίσει δικές του λειτουργίες) και γενικές λειτουργίες (functions) που αμφότερες προορίζονται για την διαδικαστική γνώση (procedural knowledge).
- Προγραμματισμό προσανατολισμένο στο αντικείμενο (Object-oriented programming) που επίσης προορίζεται για, διαδικαστική γνώση (procedural knowledge).

B. CruXpert, Standard. Το ακρωνύμιο CAB προέρχεται από τις

λέξεις CruXpert™ Application Builder που περιλαμβάνει ένα περιβάλλον ανάπτυξης για την δημιουργία εφαρμογών που στηρίζονται στο CruXpert. Το CruXpert είναι μια εργαλειοθήκη (tool kit) που εξυπηρετεί την μηχανολογία της γνώσης (knowledge engineering) και την δημιουργία έμπειρων συστημάτων. Αποτελείται από τέσσερα κύρια τμήματα:

- Την «γλώσσα γνώσης» (Knowledge language) η οποία αναφέρεται ως CKRL (CruXpert Knowledge Representation Language) και χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση γεγονότων και σχέσεων.
- Τον μεταγλωττιστή (Compiler).
- Την επαγωγική μηχανή (Inference Engine) που αναφέρεται ως εφαρμοστής (Applier).
- Την φόρμα διεπαφής με τον χρήστη (Target Application user Interface Template, TRAIT), η οποία αποτελεί μια γενική εφαρμογή διεπαφής με τον χρήστη που παρέχει μέσω ενσωματωμένων μενού τις απαραίτητες αποκρίσεις και εξηγήσεις.

Το CruXpert υποστηρίζει διαδικαστική και επεξηγηματική αναπαράσταση (Procedural και Declarative representation) της γνώσης με αρκετή ευρύτητα έτσι ώστε να διασφαλίζεται η πλήρης προσαρμογή στις εκάστοτε απαιτήσεις του χρήστη. Η επαγωγική μηχανή του εφαρμοστή γνώσης έχει σχεδιαστεί να συμπεριφέρεται ως ένας οππορτουλιστικός κριτής (opporportunistic reasoner). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα ορθής και ανάστροφης συλλογιστικής (forward / backward chaining). Με αυτό τον τρόπο η επαγωγική μηχανή μετακινείται οππορτουλιστικά, ανάλογα με τα ενδιάμεσα αποτελέσματα.

C. Visual CruXpert. Το Visual CruXpert (VC) είναι ένα εξολοκλήρου visual εργαλείο που αναπαριστά την βάση γνώσης υπό μορφή γραφήματος. Η βάση γνώσης αποτελείται από στοιχεία γνώσης προσδιορισμένα ως «ιδιότητες» (attributes) και τις μεταξύ τους σχέσεις (relationships) μέσω κανόνων (rules). Τα γραφήματα

αποτελούνται από κόμβους (nodes) που ανταποκρίνονται στις ιδιότητες που σχετίζονται με την γνώση. Οι κόμβοι ενώνονται μεταξύ τους μέσω διακλαδώσεων (branches) που αναπαριστούν τις σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων. Η ροή απόφασης (decision flow) ελέγχεται από τις διακλαδώσεις οι οποίες καθορίζουν μια πορεία ανάλογα με την τιμή που λαμβάνει ο κόμβος. Το γράφημα στην τελική του μορφή αποτελεί την μοντελοποίηση της γνώσης. Το τελικό βήμα αποτελεί η μετατροπή του γραφήματος σε Java Applet ή έγγραφο HTML Document. Το VC έχει γραφτεί σε JAVA™ και το γραφικό περιβάλλον διεπαφής με τον χρήστη έχει κατασκευαστεί μέσω Java AWT με αποτέλεσμα να είναι ανεξάρτητο από την πλατφόρμα λειτουργίας. Το Cruxpert Graph Builder που συμπεριλαμβάνεται στο Cruxpert, Standard αποτελεί μια αντίστοιχη εφαρμογή με το VC.

4. Η τέταρτη κατηγορία αφορά σε λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για την προσθήκη στο σύστημα χαρακτηριστικών ασαφούς λογικής και περιλαμβάνει τα εξής:

A. Fuzzle. Αποτελεί εφαρμογή κατάλληλη για την δημιουργία έμπειρων στηριζόμενων σε κανόνες συστημάτων με την χρήση ασαφούς λογικής και παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας αυτόνομων εφαρμογών.

B. Fuzzy query. Αποτελεί ένα εργαλείο άντλησης πληροφοριών κάτω από προϋποθέσεις που στηρίζεται στην θεωρία της ασαφούς λογικής (fuzzy logic). Αποτελεί ιδανική επιλογή στην περίπτωση που απαιτείται η διερεύνηση μέσα από βάσεις δεδομένων εγγραφών με «περίπου» κάποια χαρακτηριστικά και τιμές. Ανταποκρίνεται σε οποιαδήποτε σαφή ή ασαφή αίτηση για ανάκτηση πληροφορίας μέσα από μια βάση δεδομένων.

5. Η πέμπτη κατηγορία αφορά σε λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για την προσθήκη στο σύστημα δυνατοτήτων ανάλυσης και επεξεργασίας μέσω νευρωνικών δικτύων και περιλαμβάνει το NeuroShell που αποτελεί ολοκληρωμένο πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων και προβλημάτων

πρόβλεψης και ταξινόμησης. Το λογισμικό παρέχει την δυνατότητα εξαγωγής κώδικα ή αρχείου προσβάσιμου μέσω DLL¹.

3.3. Βάσεις δεδομένων, μοντέλων και γνώσης

Το όλο σύστημα είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί χρησιμοποιώντας διάφορους ψηφιακούς χάρτες και χωρικές βάσεις δεδομένων. Ανάλογα με το είδος της απόφασης την οποία καλείται να υποστηρίξει μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες χωρικές κλίμακες. Η πληροφορία που περιέχεται στις βάσεις δεδομένων, που χρησιμοποιούνται από το ΧΣΣΑ, μπορεί να διακριθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες.

1. Η πρώτη κατηγορία αφορά στην πληροφορία που ανταποκρίνεται στην χωρική (τοπολογική) διάσταση του κάθε επιπέδου (ψηφιακού χάρτη). Όλοι οι ψηφιακοί χάρτες αποθηκεύονται τόσο σε διανυσματική μορφή όσο και σε μορφή καννάβου.

2. Η δεύτερη αφορά σε ιδιότητες που έχουν τα συγκεκριμένα πολύγωνα, ευθύγραμμα τμήματα ή σημεία. Το ΧΣΣΑ είναι συνδεδεμένο με βάσεις δεδομένων (Access) όπου υπάρχει μεταξύ άλλων δεδομένα από τις απογραφές της ΕΣΥΕ, 1ον ΕΟΤ κλπ.

Το ΧΣΣΑ διαθέτει βάση μοντέλων που χρησιμοποιούνται κυρίως για τον έλεγχο της χρονικά εξαρτώμενης συμπεριφορά του συστήματος. Στην πραγματικότητα το σύστημα, λόγω της ανοικτής αρχιτεκτονικής του, μπορεί να συνδεθεί με οποιαδήποτε κατάλληλα διαμορφωμένη βάση μοντέλων. Η βάση μοντέλων περιέχει όλα τα απαραίτητα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην επίλυση των προβλημάτων σχεδιασμού στην παράκτια ζώνη και μπορεί εύκολα να είναι διαχειρίσιμα από τον τελικό χρήστη. Η βάση μοντέλων παρουσιάζει εκτεταμένες δυνατότητες τροποποίησης για να διευκολύνει τις διαδικασίες αξιολόγησης. Η κύρια βάση μοντέλων του ΧΣΣΑ βρίσκεται στο Excel ενώ μπορεί εύκολα να μεταφερθεί σε λογισμικό, όπως το Mathematica,

να ενσωματωθεί σε γλώσσες προγραμματισμού όπως η Visual Basic ή να καλείται απευθείας από το Excel μέσω των απαιτημένων λειτουργικών σύνδεσης και αμφίδρομης επικοινωνίας που αυτό διαθέτει.

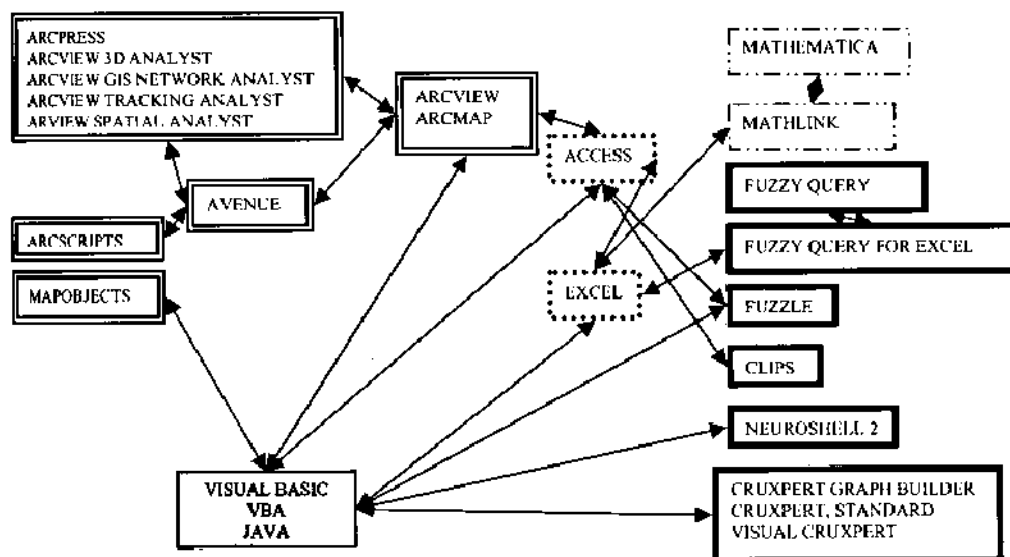
Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνική επεξεργασία της πληροφορίας το ΧΣΣΑ μπορεί να δεχτεί και να χρησιμοποιήσει διαφορετικές μορφές βάσεων γνώσης. Σε κάθε περίπτωση για κάθε ένα από τα χωρικά επίπεδα πληροφορίας δημιουργούνται και αποθηκεύονται σε αντίστοιχα πεδία τα χαρακτηριστικά "συμβατότητας, αλληλεπίδρασης, ανταγωνισμού κλπ" του συγκεκριμένου επιπέδου πληροφορίας και των τάξεων αυτού με τις λοιπές δραστηριότητες, φυσικά χαρακτηριστικά, έργα κλπ. Τα συγκεκριμένα πεδία μπορεί να βρίσκονται είτε στις υφιστάμενες

βάσεις δεδομένων είτε να υπάρχει ξεχωριστή βάση δεδομένων αφιερωμένη σε αυτόν τον σκοπό. Στην δεύτερη περίπτωση δημιουργείται ουσιαστικά μια βάση γνώσης που αποτελείται από κανόνες. Επί του παρόντος και για λόγους συμβατότητας η κύρια βάση γνώσης βρίσκεται παράλληλα αποθηκευμένη στα λογισμικά Excel, CLIPS Cruxpert.

3.4. Σύνδεση δομικών τμημάτων

Παρόλο που το ΧΣΣΑ μπορεί εύκολα να τροποποιείται ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε προβλήματος σε πλήρη ανάπτυξη μπορεί να ακολουθήσει την συνδεσμολογία που φαίνεται στο σχήμα 3.

Σχήμα 3. Σύνδεση επιμέρους τμημάτων



4. Λειτουργία συστήματος

4.1. Κύρια επιφάνεια εργασίας και επεξεργασία πληροφορίας

Για την υλοποίηση της εφαρμογής όλα τα επιμέρους τμήματα θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω μιας κύριας (αρχικής) επιφάνειας εργασίας).

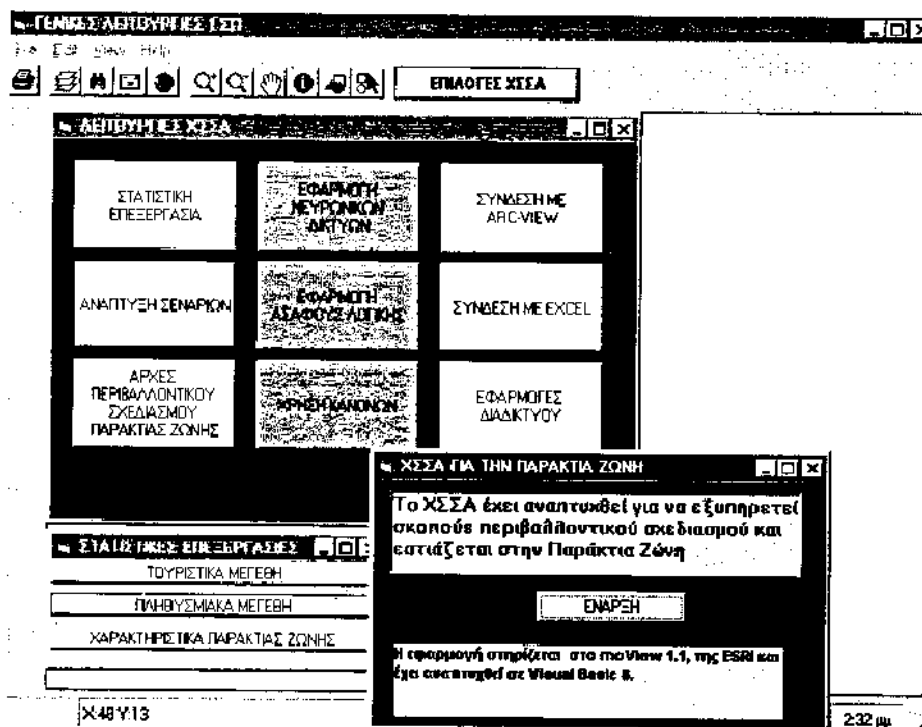
Οι λύσεις που αποδείχθηκαν αποτελεσματικές ήταν οι εξής:

1. Arc-View⁸.
2. Visual Basic σε συνδυασμό με Map Objects⁹.
3. Excel¹⁰.

Η επεξεργασία της χωρικής και μη πληροφορίας γίνεται από το ΧΣΣΑ με τους εξής τρόπους

1. Χρησιμοποίηση δυνατοτήτων επεξεργασίας του Excel¹¹.
2. Χρησιμοποίηση δυνατοτήτων χωρικής επεξεργασίας του Arc-View¹².
3. Χρησιμοποίηση έμπειρων συστημάτων¹³.
4. Χρησιμοποίηση νευρωνικών δικτύων για την επεξεργασία της πληροφορίας των βάσεων δεδομένων¹⁴.
5. Χρησιμοποίηση ασαφούς λογικής¹⁵.

Σχήμα 4. Αρχική επιφάνεια εργασίας ΧΣΣΑ



4.2. Συνένωση ψηφιακών χαρτών

Ένα από τα κυριότερα μεθοδολογικά θέματα που αφορούν στην επεξεργασία της πληροφορίας είναι αυτό της διαδικασίας συνένωσης των ψηφιακών χαρτών. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται η δημιουργία ενός ενιαίου ψηφιακού χάρτη ο οποίος αποτελείται και περιλαμβάνει την πληροφορία από δύο ή περισσότερους ψηφιακούς χάρτες. Σε τεχνικούς όρους η παραπάνω διαδικασία είναι γνωστή ως “επικάλυψη” ή “overlay” και αναφέρεται στην διαδοχική επικάλυψη πολυγωνικών καλύψεων (coverage). Το ΧΣΣΑ μπορεί να εκτελέσει την παραπάνω διαδικασία με τρεις τρόπους

I. Στην πρώτη περίπτωση η αναπαράσταση της χωρικής πληροφορίας γίνεται ως σύνολο διανυσμάτων με προηγμένες δυνατότητες ενημέρωσης, μεγάλη ακρίβεια στην γραφική απεικόνιση, καλή ποιότητα εκτύπωσης, ενιαία δομή δεδομένων και βέλτιστη τοπολογική οργάνωση.

II. Στην δεύτερη περίπτωση η αναπαράσταση της χωρικής πληροφορίας γίνεται με την χρήση καννάβου (GRID). Σε αυτή την προσέγγιση επιλέγεται αρχικά ένα μέγεθος καννάβου και στη συνέχεια εφαρμόζεται. Στη συνέχεια και ανά επίπεδο πληροφορίας γίνεται επικάλυψη. Το αρχείο που λαμβάνεται απλοποιείται έτσι ώστε το κάθε κελί να έχει μια μόνο τιμή για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Τέλος το κάθε κελί καννάβου περιέχει την πληροφορία για όλα τα επίπεδα πληροφορίας “Ψηφιακούς Χάρτες”. Ανάλογα με το μέγεθος του κελιού μεγαλώνει η ακρίβεια απεικόνισης και απόδοσης της πραγματικότητας. Η μεθοδολογία αυτή είναι εξαιρετικά αποδοτική στην περίπτωση που το ζητούμενο είναι η εφαρμογή μεθοδολογίας *Cellular automata*.

III. Στην τρίτη περίπτωση χρησιμοποιούνται οι δυνατότητες δημιουργίας καννάβου της ESRI. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός αυτοματοποίησης ενώ παράλληλα και ανάλογα με το επιπλέον λογισμικό δίνονται

πολύ καλές δυνατότητες χωρικής ανάλυσης. Έτσι η συνένωση και παράλληλη επεξεργασία των ψηφιακών χαρτών, οι οποίοι έχουν την συγκεκριμένη μορφή, αποτελεί εύκολη και αξιόπιστη διαδικασία. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι εύκολο να εξαχθεί σε μορφή βάσεως δεδομένων η πληροφορία και να υποστεί επεξεργασία από άλλο λογισμικό τύπου EXCEL. Για παράδειγμα κελί A₁, τιμή N₁, κελί A₂, τιμή N₂ .. κελί Ω, τιμή N_ω.

4.3. Ανάπτυξη σεναρίων

Το ΧΣΣΑ υποστηρίζει την δημιουργία σεναρίων και ανάλυση ενδεχομένων σε δύο επίπεδα

- διαθέτει την ικανότητα προβολής σεναρίων στον χώρο και στον χρόνο
- συγκρίνει και αναλύει τα αποτελέσματα διαφορετικών σεναρίων

Για να γίνουν εφικτά τα παραπάνω

1. επιλέγεται ο χώρος για τον οποίο θα λειτουργήσει το σενάριο. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης λαμβάνει την πληροφορία σχετικά με τα μεγέθη για τα οποία υπάρχει πληροφορία στον συγκεκριμένο χώρο.
2. επιλέγεται ο τρόπος αναπαράστασης της χωρικής πληροφορίας, δηλαδή η μορφή των ψηφιακών χαρτών (grid, raster, vector)
3. επιλέγονται οι παράγοντες για κάθε ένα από τα υπό ανάπτυξη σενάρια (εισερχόμενα). Ο κάθε παράγοντας ουσιαστικά αποτελεί και ένα επίπεδο πληροφορίας.
4. επιλέγονται το ή τα μεγέθη για τα οποία επιθυμείται η προβολή στον χώρο και στον χρόνο (εξερχόμενα).
5. συσχετίζονται τα εισερχόμενα, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα εξερχόμενα και δημιουργούνται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων. Για τον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων υπάρχουν οι εξής επιλογές:

- i. χρήση αλγεβρικών πράξεων
- ii. χρήση Boolean άλγεβρας
- iii. χρήση κανόνων
- iv. χρήση συνδυασμού κανόνων και ασαφούς λογικής

Για την συσχέτιση υπάρχουν πεδία¹⁶ "συμβατότητας, αλληλεπίδρασης, ανταγωνισμού κλπ" του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού με δραστηριότητες, έργα κλπ. Για παράδειγμα από το επίπεδο πληροφορίας (ψηφιακό χάρτη) "κλίσεις γης" οι μεγάλες κλίσεις γης αποτελούν αρνητικό παράγοντα δόμησης αλλά θετικό παράγοντα διάβρωσης μετά από πυρκαγιά, η εγγύτητα στις ακτές αποτελεί θετικό παράγοντα τουριστικής ανάπτυξης, η βόσκηση ανταγωνίζεται την φυσική αναδάσωση, κλπ. Υπάρχει η δυνατότητα κλιμάκωσης των παραπάνω συσχετίσεων με ποσοτικό ή ποιοτικό τρόπο ή ακόμη και με την χρήση κανόνων ή ασαφούς λογικής. Έτσι δημιουργείται η πληροφορία εξάρτησης μεταξύ των διαφόρων επιπέδων (πχ οδικό δίκτυο, γεωργία, περιοχές προστασίας κλπ), αλλά και των κλάσεων (κατηγοριών) του κάθε επιπέδου (πχ πρώτης τάξης οδικό δίκτυο, καλής κατάστασης οδικό δίκτυο, ελαιώνες, κλπ) των επιπέδων.

Η προβολή στον χρόνο γίνεται είτε με την χρήση στατιστικών μεθόδων (π.χ παλινδρόμηση, συσχέτιση) είτε με κριτήρια (π.χ. αν υπάρχει δρόμος και μικρές κλίσεις τότε ευνοείται η οικιστική ανάπτυξη στο συγκεκριμένο σημείο) είτε με χρησιμοποίηση μικτών τεχνικών. Αναφορικά με την προβολή σεναρίων στον χρόνο δημιουργούνται μακροεντολές μέσω της Visual Basic For Applications στο Excel, οι οποίες ενεργοποιούν μια ή περισσότερες βάσεις δεδομένων που αντιστοιχούν σε επίπεδα πληροφορίας, εκτελούν μαθηματικές πράξεις, αποθηκεύουν τις αλλαγές και απεικονίζουν την πληροφορία. Ο τελικός χρήστης επιλέγει μια λειτουργία που υπάρχει ως επιλογή στο ΧΣΣΑ.

6. Εξελίσσεται το σενάριο.

4.4. Παράδειγμα εφαρμογής

Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται έχει επιλεγεί ως παράδειγμα εφαρμογής η Πελοπόννησος. Ειδικότερα οι παράκτιες περιοχές με υψόμετρο έως 100μ.

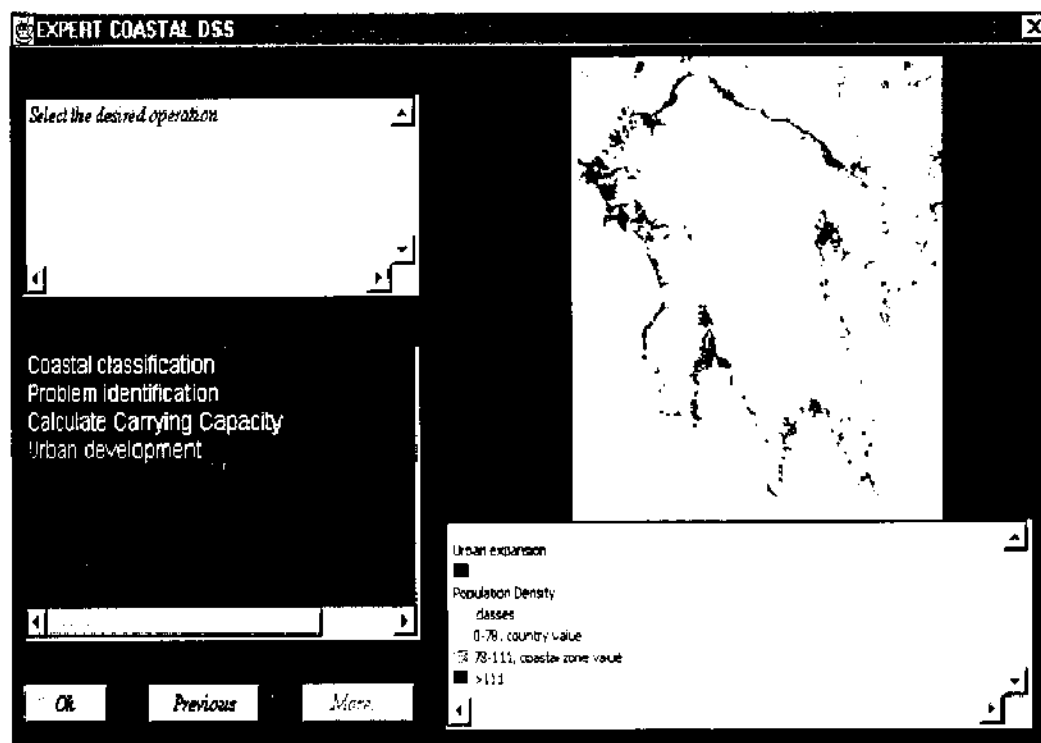
Το ΧΣΣΑ έχει υπολογίσει, βάσει της διαδικασίας που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, σενάριο οικιστικής εξάπλωσης. Παράλληλα παρουσιάζονται οι παράκτιες περιοχές ταξινομημένες σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την υφιστάμενη τους πληθυσμιακή πυκνότητα. Το αποτέλεσμα εμφανίζεται στο Visual-Cruxpert.

5. Συμπεράσματα

Η χρησιμοποίηση του προτεινόμενου ΧΣΣΑ βελτιώνει τόσο την αποδοτικότητα όσο και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε θέματα σχεδιασμού στην παράκτια ζώνη, τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ο απαιτούμενος χρόνος που απαιτείται για την διεκπεραίωση λειτουργιών που σχετίζονται τόσο με την χωρική επεξεργασία και ανάλυση, όσο και με τον χρόνο (προβολή σεναρίων), μειώνεται σημαντικά. Η ανάλυση ωρών εκμάθησης και εξοικείωσης με το ΧΣΣΑ είναι αμελητέα σε σχέση με τον χρόνο που θα απαιτείτο για την εκπαίδευση του προσωπικού σε συστήματα ΓΣΠ, προτυποποίησης, ανάλυσης και επεξεργασίας ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων κλπ.

Οι απαιτήσεις, σε εξοπλισμό για την λειτουργία του ΧΣΣΑ, κυμαίνονται σε λογικά επίπεδα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αρκεί ένας σύγχρονος προσωπικός υπολογιστής. Η ανάπτυξη του ΧΣΣΑ, απαίτησε την αγορά συγκεκριμένων πακέτων λογισμικού. Αντίθετα η αξιοποίηση των περισσότερων χαρακτηριστικών λειτουργίας του δεν απαιτεί αντίστοιχες δαπάνες.

Η χρησιμοποίηση ενός ενιαίου διαχειριστικού εργαλείου από όλα τα στάδια της διαίκησης που εμπλέκονται στην διαχείριση της παράκτιας ζώνης, ευνοεί την ορθολογική διαχείριση και



την ομοιογένεια του όλου μηχανισμού λήψης αποφάσεων. Η δυνατότητα προσθαφαίρεσης τμημάτων του ΧΣΣΑ το καθιστά ιδανικό για την παράλληλη χρησιμοποίηση του από άτομα σε διαφορετικές διοικητικές και τεχνικές θέσεις με διαφορετικό αντικείμενο και επίπεδο εκπαίδευσης.

Το ΧΣΣΑ που αναπτύχθηκε ανήκει στην κατηγορία των υβριδικών ΣΣΑ αφού, μεταξύ άλλων, ενσωματώνει συμβολικά μοντέλα, ασαφή λογική και νευρωνικά δίκτυα. Αναφορικά με την χρήση διαφορετικών μοντέλων και τεχνικών επεξεργασίας και την ενσωμάτωσή τους στο ΧΣΣΑ, διαπιστώνεται ότι:

• Η χρήση ενός μοντέλου για την συμπλήρωση των λειτουργιών κάποιου άλλου, με στόχο την επίλυση μεγαλύτερης ποικιλίας προβλημάτων από ένα ΣΣΑ αποτελεί μια διαδικασία με σημαντικά οφέλη λειτουργίας. Για την υλοποίηση απαιτείται

ένα μέσο ή πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των δυο μονάδων. Για παράδειγμα η επικοινωνία ενός νευρωνικού δικτύου με ένα έμπειρο σύστημα μέσω εξωτερικών αρχείων δεδομένων παρέχει επιπλέον δυνατότητες από ότι αν το καθένα λειτουργούσε αυτόνομα. Η χαλαρή μορφή αυτής της σύνδεσης παρουσιάζει ευκολία ανάπτυξης και ευκολία συντήρησης. Κύριοι περιορισμοί της μεθοδολογίας είναι η απαίτηση για μια πιο ολοκληρωμένη διεπαφή με τον χρήστη και η αναγκαιότητα ανάπτυξης πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Η ανάπτυξη μιας συνεκτικότερης αρχιτεκτονικής προϋποθέτει την αντικατάσταση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας με ενσωματωμένα διαμοιρασμένα υποσυστήματα. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν δομές δεδομένων, οι οποίες παραμένουν μόνιμα στην κυρίως μνήμη (εγκατεστημένα). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται στιβαρή ολοκλήρωση και ευκολία, τόσο στον αρχικό σχεδιασμό, όσο και

στις μελλοντικές τροποποιήσεις του συστήματος. Παρόλο που το κόστος και ο χρόνος ανάπτυξης και συντήρησης αποτελούν τα κυριότερα σημεία κριτικής της υλοποίησης αυτής, σημαντικός περιοριστικός παράγοντας μπορεί επίσης να θεωρηθεί και η αυξημένη πολυπλοκότητα.

• Η πλήρης ολοκλήρωση, προϋποθέτει την ύπαρξη διαμοιρασμένων δομών δεδομένων και αναπαράσταση της γνώσης με τρόπο εύληπτο από τα επιμέρους συστήματα. Από την εφαρμογή του ΧΣΣΑ αποδείχθηκε ότι τα βέλτιστα αποτελέσματα λαμβάνονται μέσω αυτής της υλοποίησης. Περιοριστικοί παράγοντες κατά το στάδιο του σχεδιασμού είναι η αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας και κατά την ανάπτυξη η πρόσκτηση της σχετικής τεχνογνωσίας.

Σημειώσεις

¹ Αναφορικά με την διάκριση της πολιτικής διαχείρισης με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής είναι προφανές ότι θα πρέπει να οριστεί η "ελάχιστη περιοχή" που στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης απαιτεί σε όλη την έκταση της μια ενιαία διαχείριση κάτω από ενιαίους διαχειριστικούς άξονες. Αυτή η ελάχιστη περιοχή, που για διαχειριστικούς σκοπούς μπορεί να θεωρηθεί ότι στο σύνολό της παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά, ονομάζεται «Παράκτια Χωρική Ενότητα» (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1997).

² Netherlands Institute for Sea Research

³ Land Water Environmental Information Technology Programme

⁴ Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό της ESRI: Internet Map Server.

⁵ Στις πρόσφατες εκδόσεις και μέσω τόσο χαρακτηριστικών όπως της υποστήριξης σεναρίων (Scenario manager tool), αναζήτησης σκοπού και των γνωστών μακροεντολών όσο και της Visual Basic programming system, Applications Edition, που εμπεριέχεται, σαφέστατα αποκτά δυνατότητες ΣΣΑ.

⁶ Αποτελούν ένα σύνολο από τμήματα λογισμικού που δίνουν την δυνατότητα ενσωμάτωσης χαρακτηριστικών ΓΣΠ σε εφαρμογές

που δημιουργεί ο εκάστοτε χρήστης. Τα MapObjects μπορούν να συνδυαστούν με συστατικά από άλλους παροχείς λογισμικού όπως γραφικά, πολυμέσα, και αντικείμενα βάσεων δεδομένων. Οι εφαρμογές που δημιουργούνται μπορούν να είναι πλήρως προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις του τελικού χρήστη. Τα MapObjects αποτελούνται από έναν ελεγκτή ActiveX (OCX) που αποκαλείται Map control και ένα σύνολο ActiveX αυτοματοποιημένων αντικειμένων (Automation objects).

⁷ Η Δυναμικής σύνδεσης βιβλιοθήκη αποτελείται από ένα σύνολο από ρουτίνες που μια ή περισσότερες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιήσουν για την εκτέλεση γενικών καθηκόντων. Τα ODBC drivers είναι DLLs

⁸ Το Arc-View διαθέτει σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης εφαρμογών, ευκολίες διαμόρφωσης, μετατροπής και απλούστευσης της κύριας επιφάνειας εργασίας, ικανοποιητική επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφορίας με άλλα προγράμματα, σχετική ευκολία στην χρήση και μεγάλη δυνατότητα επέκτασης των δυνατοτήτων του είτε μέσω των πακέτων που προσφέρει η ESRI είτε μέσω λογισμικού που διατίθεται στο διαδίκτυο. Ειδικότερα με την χρησιμοποίηση της Avenue (γλώσσα μακροεντολών και προγραμματισμού του συστήματος), της Visual Basic for Applications (ArcMap έκδοση 9.) και την προσθήκη των Extensions, οι δυνατότητες αυξάνονται κατακόρυφα. Μέσω των δυνατοτήτων DDE (Dynamic Data Exchange /Δυναμική ανταλλαγή Δεδομένων) και κλήσεων από απόσταση (RPC: Remote Procedure Call) το Arc-View μπορεί να επικοινωνεί με άλλα συστήματα όπως η Visual Basic και το Excel ενώ η χρησιμοποίηση της SDE (Spatial Database Engine/ Μηχανισμός Χωρικών Βάσεων Δεδομένων) προσδίδει την δυνατότητα χωρικής αντιστοίχισης σε οποιαδήποτε βάση δεδομένων. Τα παραπάνω το καθιστούν εξαιρετική πλατφόρμα ανάπτυξης ΧΣΣΑ αλλά και ιδανική επιλογή για να ολοκληρώσει το επιμέρους τμήματα.

⁹ Τα Map Objects σε συνδυασμό με κάποια από τις γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζουν μπορούν να δομήσουν μια αρκετά καλή επιφάνεια εργασίας και να αποτελέσουν το κομβικό σημείο του όλου συστήματος. Visual basic / Map-objects. Σε αυτήν την προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε η Visual Basic (Version 5) και έγινε χρήση των Map-Objects της ESRI. Τα Map-Objects προσδίδουν δυνατότητες του Arc-View σε γλώσσες προγραμματισμού. Στο Πακέτο αγοράς υπήρχε η εφαρμογή MoView η οποία είναι γραμμένη σε Visual Basic. Αυτή η εφαρμογή αποτέλεσε σημαντική βοήθεια για την εξέλιξη

του όλου συστήματος. Η επιλογή της Visual-Basic έγινε με γνώμονα την ευκολία ανάπτυξης εφαρμογών και τις εξαιρετικές δυνατότητες ανοιχτής αρχιτεκτονικής που παρέχει.

¹⁰ Το Excel παρόλο που διαθέτει ελάχιστες ικανότητες χωρικής απεικόνισης (το Excel 2000 διαθέτει ενσωματωμένο το Microsoft Map το οποίο έχει αναπτυχθεί από την MapInfo) αποτελεί καλή πλατφόρμα ολοκλήρωσης των επιμέρους συστατικών του συστήματος. Τα κύρια χαρακτηριστικά, που το καθιστούν μια ελκυστική επιλογή είναι η δυνατότητα πλήρους διαμόρφωσης της επιφάνειας εργασίας του, η εγγενής δυνατότητα διαχείρισης και επεξεργασίας βάσεων δεδομένων, η εξαιρετική συνεργασία του με την Visual Basic και η δυνατότητα πλήρους διαμόρφωσης της επιφάνειας εργασίας του έτσι ώστε να εκτελούνται συγκεκριμένες λειτουργίες με άμεσο τρόπο.

¹¹ Το εν λόγω λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως σύστημα διαχείρισης των βάσεων όσο και ως μονάδα επεξεργασίας της πληροφορίας.

¹² Σε αυτή την προσέγγιση το όλο ΧΣΣΑ μπορεί μεταξύ άλλων να χρησιμοποιήσει τις δυνατότητες χωρικής ανάλυσης, δημιουργίας ζωνών, χωρικής αναζήτησης, χωρικού συνδυασμού χαρακτηριστικών και στοιχείων, δημιουργίας καννάβου, δημιουργίας ΨΜΕ, οπτικής ανάλυσης, διερεύνησης χωρικών σεναρίων, δημιουργίας μοντέλων κλπ. Είναι ευνόητο ότι απαιτείται όμως πολύ καλή γνώση, τόσο της θεωρίας των ΓΣΠ, όσο και του τρόπου λειτουργίας των συγκεκριμένων πακέτων, με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλα για κάποιον που δεν έχει εξειδικευθεί στο αντικείμενο. Σε μια δεύτερη προσέγγιση είναι εφικτό να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον επεξεργασίας που περιέχει μόνο τις απαραίτητες εντολές επεξεργασίας για τον τελικό χρήστη. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθεί ότι το "menu" επιλογών στην κεντρική κονσόλα του Arc-View μπορεί να διαμορφωθεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει μόνο τις δυνατότητες επεξεργασίας που θέλει ο τελικός χρήστης. Έτσι από ένα κέλυφος ανάπτυξης το οποίο απαιτεί χρόνο και γνώσεις για να χρησιμοποιηθεί μπορεί να μεταμορφωθεί σε ένα εργαλείο με συγκεκριμένες δυνατότητες επεξεργασίας για τον τελικό χρήστη.

¹³ Τα ΕΣ παρέχουν στο ΧΣΣΑ την δυνατότητα λογικών συμβουλών, της απασφίνισης και της παροχής εξηγήσεων για την προτεινόμενη συμβουλή. Η ολοκλήρωση παρέχει την απαραίτητη ευελιξία στην αξιοποίηση των δεδομένων, ενώ στην περίπτωση εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων ασαφούς λογικής η απόδοση αυξάνεται κατακόρυφα.

¹⁴ Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν ιδανική επιλογή στις καταστάσεις όπου το ΧΣΣΑ καλείται να χρησιμοποιηθεί σε καταστάσεις όπου απαιτείται άμεσα μικρός αριθμός αποφάσεων από εξαιρετικά μεγάλο όγκο δεδομένων. Επίσης αποδεικνύεται βέλτιστη επιλογή όταν πρέπει να γίνει αυτόματη προσαρμογή σε μη γραμμικά πρότυπα και σε καταστάσεις όπου απαιτείται η άμεση αντιμετώπιση προβλήματος ταξινόμησης στην παράκτια ζώνη.

¹⁵ Το ΧΣΣΑ ολοκληρώνει την ασαφή λογική είτε σε επίπεδο αναζήτησης σε βάσεις δεδομένων είτε σε συνδυασμό με συστήματα εμπειρογνωμοσύνης. Η χρησιμοποίηση βαθμίδων σχέσεων μεταξύ στοιχείων και συνόλων αντί άκαμπτων προσδιορισμών σχέσεων προσδίδει επιπλέον ευελιξία στο ΧΣΣΑ και προσμοιώνει καλύτερα τον τρόπο της ανθρώπινης λογικής. Τα ασαφή μοντέλα έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα εργαλεία δημιουργίας μοντέλων. Είναι εύκολο να εγκατασταθούν, έχουν μεγάλη ευκαμψία, εκτελούν αποτελεσματικούς υπολογισμούς, είναι συμπαγή και συγκροτημένα.

¹⁶ Ευνόητο είναι ότι η συγκεκριμένη διαδικασία δεν έχει γίνει για όλους τους παράγοντες αφού αυτό θα απαιτούσε υπερβολικό χρόνο. Τα συγκεκριμένα πεδία μπορεί να βρίσκονται είτε στις υφιστάμενες βάσεις δεδομένων του κάθε παράγοντα (επίπεδο πληροφορίας) είτε να υπάρχει ξεχωριστή βάση δεδομένων αφιερωμένη σε αυτόν τον σκοπό. Στην δεύτερη περίπτωση δημιουργείται ουσιαστικά μια βάση γνώσης που αποτελείται από κανόνες.

Βιβλιογραφία

Bodily, S.E. (1985). Modern Decision Making: A Guide to Modeling with Decision Support Systems. Chapter 2: Variables and Objectives, pp. 12-22. McGraw-Hill, New York.

Buckingham-Hatfield, S. and B. Evans (Eds). (1996). Environmental Planning and sustainability. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.

Canessa, R.R. and C.P. Keller. (1997). Implementing GIS as a decision support tool for community-driven multiple use coastal management, in: Pacific Coasts and Ports '97, Proceedings, pp. 479-483. Christchurch, New Zealand.

Coccossis, H. and K. Dimitriou. (1999). Development of an Expert

SDSS for the integrated development of Thassos Island. Studies in REGIONAL and URBAN PLANNING (7), pp.91-109.

Coccossis, H. and K. Dimitriou. (2003). Development of a DSS for the integrated development of Thassos Island (pp.404-410). In: Coastal and Marine Geo-Information Systems. Applying the Technology to the Environment. Volume 4 in the Coastal Systems and Continental Margins Series. D. Green (Ed), S. King (Ed), E. Long. Kluwer Academic Publishers.

Courtney, J.F. (2001). Decision making and knowledge management in inquiring organizations: toward a new decision-making paradigm for DSS. Decision Support Systems 31/1, 17- 38.

EEA. (1999). Technical Report No 25: Environmental Indicators: Typology and overview. Copenhagen.

Giarratano, J. and Gary Riley. (1998). Expert systems: principles and programming. PWS, Boston.

Meesters, E.H.; Bak R.P.M.; Westmacott S.; Ridgley M.; Dollars S. (1998). A fuzzy logic model to predict coral reef development under nutrient and sediment stress, Conservation Biology, V. 12,(5), pp. 957-965.

Shim, J.P., M. Warkentin, J.F. Courtney, .J. Power, R. Sharda and C. Carlsson. (2002). Past, present, and future of decision support technology. Decision Support Systems, 33, pp. 111-126. Elsevier Science B.V.

Turban, E. (1988). Decision Support and Expert Systems. Macmillan P.C., New York.

Uljee I., G. Engelen G. and R. White. (1996). RamCo Demo Guide Version 1.0, Coastal Zone Management Centre, The Hague, Workdocument CZM-C 96.08, pp.1-63.

Δημητρίου, Κ. (2002). Διδακτορική Διατριβή: Χωρικά Συστήματα Στήριξης Αποφάσεων στον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό. Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης με Εξειδίκευση στην Παράκτια Ζώνη. Επιβλ. Καθ. Χ. Κοκκώσης. Παν. Αιγαίου, Τμ. Περιβάλλοντος.

ΥΠΕΧΩΔΕ. (1997). Πρόγραμμα για την Βιώσιμη Ανάπτυξη των Ελληνικών Ακτών και Νησιών. Τελικό κείμενο ομάδας εργασίας «Χωροταξία, οικιστικά και παραθεριστική κατοικία». Εργαστήριο Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Επιστημονικός υπεύθυνος Καθ. Χ. Κοκκώσης. Αθήνα.