

Ανάπτυξη Άτλαντα Κυματικής Ενέργειας

στο περιβάλλον του pc ARC/INFO

Ανδριανή Σκοπελίτη, Λύσανδρος Τσούλος, Βύρωνας Νάκος
Εργαστήριο Χαρτογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Ο Άτλαντας Κυματικής Ενέργειας για την Ευρώπη είναι ένας ηλεκτρονικός άτλαντας που λειτουργεί σε περιβάλλον μικροϋπολογιστή με αντικείμενο το κυματικό κλίμα και τη κυματική ενέργεια. Η ανάκτηση της πληροφορίας γίνεται είτε ανά σημείο είτε για μια από τις περιοχές μελέτης και η παρουσίαση των δεδομένων με πίνακες, διάγραμματα και θεματικούς χάρτες. Βέλτιστο εργαλείο για την ανάπτυξη του Άτλαντα θεωρείται το περιβάλλον ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών όπως το pc ARC/INFO. Παράλληλα με τη γλώσσα προγραμματισμού του συστήματος, είναι δυνατή η δημιουργία λογισμικού επικοινωνίας υπολογιστή-χρήστη σύμφωνα με τις προδιαγραφές του μελετητή. Η μελέτη του Άτλαντα περιλαμβάνει τα στάδια σχεδιασμού, ανάπτυξης μοντέλου δεδομένων, υλοποίησης και βελτιστοποίησης. Κατά το σχεδιασμό μελετάται η μετάβαση από τα αρχικά δεδομένα στη δομημένη πληροφορία της βάσης δεδομένων και η εξασφάλιση επικοινωνίας με το χρήστη με το κατάλληλο λογισμικό. Η οργάνωση της δομής της βάσης δεδομένων έγινε με βάση το σχεσιακό μοντέλο και για την υλοποίηση της χρησιμοποιήθηκε η dBase IV ενώ για την οργάνωση των γεωμετρικών δεδομένων το εγγενές τοπολογικό μοντέλο. Η υλοποίηση του Άτλαντα περιλαμβάνει τη συλλογή, ψηφιοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων αλλά και τη δημιουργία του λογισμικού επικοινωνίας Άτλαντα χρήστη με τη γλώσσα προγραμματισμού SML. Ανεξάρτητα από τις ελλείψεις και αδυναμίες που παρουσίασε η γλώσσα SML κατά την ανάπτυξη του λογισμικού επικοινωνίας, το τελικό προϊόν αποτελεί ένα ικανό εργαλείο αναπαράστασης του Άτλαντα που επιτρέπει στο χρήστη να εφοφηθεί της πληροφορίας που περιέχει.

Εισαγωγή

Ο Άτλαντας Κυματικής Ενέργειας για την Ευρώπη είναι ένας ηλεκτρονικός άτλαντας που λειτουργεί σε περιβάλλον μικροϋπολογιστή. Αντικείμενό του είναι το κυματικό κλίμα και η κυματική ενέργεια κατά μήκος των Ευρωπαϊκών ακτών. Συνολικά διατίθενται πληροφορίες για 100 περίπου σημεία κατά μήκος της ακτής της Μεσογείου, του βορειοανατολικού Ατλαντικού Ωκεανού, της Νορβηγικής Θάλασσας, της Βόρειας Θάλασσας και της Βαλτικής Θάλασσας, για τις τέσσερις εποχές του χρόνου και ετήσια. Η συνολική περιοχή που καλύπτει ο Άτλαντας χωρίζεται σε 5 περιοχές μελέτης: Ανατολική Μεσόγειος, Δυτική Μεσόγειος, Βόρειος Ατλαντικός, Κεντρικός Ατλαντικός και Νότιος Ατλαντικός. Η ανάκτηση της πληροφορίας γίνεται είτε ανά σημείο είτε

για μία από τις περιοχές μελέτης. Ανά σημείο, η παρουσίαση των δεδομένων για ένα από τα 14 στατιστικά μεγέθη για το κυματικό κλίμα ή την κυματική ενέργεια γίνεται σε μορφή πίνακα ή διάγραμματος. Παράλληλα είναι δυνατή η συνολική παρουσίαση πληροφοριών μιας περιοχής με τη βοήθεια θεματικών χαρτών. Συγκεκριμένα :

Ανά σημείο :

1.Παρουσίαση σε πίνακες

- Frequency table of energy period T_e
 - Frequency table of peak period T_p
 - Exceedance histogram of wave power P_w
 - Mean wave power
 - Year-to-year variability
 - Directional statistics of wave power P_w
 - Probability density of significant wave height H_s
 - Probability density of energy period T_e
 - Joint H_s - T_e density
 - Probability density of peak period T_p
 - Joint H_s - T_p density
 - Exceedance distribution of wave power
 - Seasonal variability of mean value and standard deviation
- 2.Παρουσίαση σε διάγραμμα
- Directional distribution of P_w (wave power rose)

Ανά περιοχή μελέτης:

(παρουσίαση με θεματικούς χάρτες)

- Geographical distribution of mean wave power
- Main direction of wave power

Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως το ARC/INFO, αποτελεί το βέλτιστο περιβάλλον για την ανάπτυξη και την λειτουργία του Ατλαντα Κυματικής Ενέργειας. Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών όπως το ARC/INFO:

- ☛ διαθέτει τα κατάλληλα υποσυστήματα και λειτουργίες για τη δημιουργία του γεωγραφικού υποβάθρου
- ☛ συμβάλει στη οργάνωση και διαχείριση της βάσης δεδομένων καθώς διαθέτει δικό του σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (tables) και συνεργάζεται με άλλα (π.χ. dBase IV), ενώ επιτρέπει μέσα από τις λειτουργίες του τη συσχέτιση των περιγραφικών με τα γεωμετρικά στοιχεία
- ☛ περιέχει τα κατάλληλα χαρτογραφικά εργαλεία για τη σύνθεση θεματικών χαρτών
- ☛ διαθέτει γλώσσα προγραμματισμού (SML) που επιτρέπει τη δημιουργία περιβάλλοντος επικοινωνίας υπολογιστή χρήστη σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες της μελέτης

Η ανάπτυξη του Άτλαντα ακολούθησε την ακόλουθη διαδικασία:

Σχεδιασμός

Μοντέλο Δεδομένων

Υλοποίηση

Βελτιστοποίηση

Σχεδιασμός

Σκοπός του Άτλαντα είναι η απόδοση της επιθυμητής πληροφορίας, της σχετικής με το αντικείμενο του, στο χρήστη. Για να ικανοποιεί κατά τη λειτουργία του ο Άτλαντας το σκοπό του, πρέπει κατά την ανάπτυξή του να εξασφαλιστεί η ύπαρξη της πληροφορίας και να μελετηθεί η δημιουργία και η οργάνωση των δεδομένων.

Τα δεδομένα που αρχικά διέθεταν οι μελετητές ήταν:

- τα θεματικά δεδομένα, δηλαδή τα περιγραφικά στοιχεία για το κυματικό δυναμικό και κλίμα για τα σημεία μελέτης
- τα γραφικά δεδομένα, δηλαδή το χαρτογραφικό υπόβαθρο της συνολικής περιοχής μελέτης

Με την ανάπτυξη του Άτλαντα μέσα στο περιβάλλον του συτήματος γεωγραφικών πληροφοριών και την επεξεργασία των παραπάνω στοιχείων, διαμορφώθηκε και ενημερώθηκε η βάση δεδομένων που θα συνοδεύει το τελικό πρόιον του Άτλαντα και στην οποία θα έχει πρόσβαση ο χρήστης. Η βάση δεδομένων στην τελική της μορφή θα περιλαμβάνει:

- τις στατιστικές πληροφορίες για το κυματικό δυναμικό και κλίμα
- τα διαγράμματα
- τους χάρτες
- τους θεματικούς χάρτες

Το λογισμικό επικοινωνίας του υπολογιστή με το χρήστη έχει σκοπό να εξασφαλίζει την επικοινωνία του χρήστη με τη βάση δεδομένων και να μεριμνά για τη σωστή παρουσίαση των δεδομένων όταν κληθούν για ανάκτηση. Το λογισμικό επικοινωνίας με το χρήστη επιτρέπει στο χρήστη την ανάκτηση πληροφοριών και όχι την κατασκευή, ενημέρωση ή τροποποίηση τους. Γι' αυτό το λόγο δίνει στο χρήστη μονάχα τη δυνατότητα διαμόρφωσης προκαθορισμένων κριτηρίων για την ανάκτηση των υπαρχόντων δεδομένων.

Μοντέλο Δεδομένων

Για την οργάνωση της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το σχεσιακό μοντέλο.

Η οργάνωση της γεωμετρικής βάσης δεδομένων έγινε ως εξής:

Αντικείμενο	Τοπολογία	Ιδιότητα	Ονοματολογία
ακτογραμμή	πολύγωνα	στεριά / θάλασσα	
ισοβαθείς καμπύλες	πολύγωνα	βάθος	
σύνορα	πολύγωνα		ονόματα χωρών
σημεία δεδομένων	σημεία	όνομα	

Το δεύτερο τμήμα της βάσης δεδομένων αφορά τα θεματικά δεδομένα που αναφέρονται στα σημεία μελέτης. Για την αποθήκευση κάθε στατιστικής πληροφορίας για το κυματικό κλίμα και τη κυματική ενέργεια, θα δημιουργηθεί ένας πίνακας με τόσα πεδία όσες και οι παράμετροι που την ορίζουν και τόσες γραμμές όσα τα σημεία. Η βάση θα περιλαμβάνει 6 επιμέρους ενότητες ανάλογα με τη εποχή αναφοράς των δεδομένων: χειμώνας, άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο, ετήσια και ανεξάρτητα εποχής που θα υλοποιηθούν ως διαφορετικά directories. Οι πέντε πρώτες ενότητες summer-spring-winter-autumn-annual θα περιλαμβάνουν η κάθε μια τους πίνακες που περιέχουν τα στοιχεία για το κλίμα και την ενέργεια των κυμάτων. Ενώ η ενότητα "ανεξάρτητα εποχής" (no season) θα περιλαμβάνει τους πίνακες με τα δεδομένα των στοιχείων εκείνων που είναι ανεξάρτητα εποχής.

Για παράδειγμα : ο Πίνακας 1, που δημιουργήθηκε για την αποθήκευση του στατιστικού μεγέθους Frequency table of significant wave height Hs (21-cell histogram) περιέχει 22 πεδία. Στο πρώτο πεδίο καταγράφεται ο κωδικός του σημείου (point-id) και στα επόμενα 21 η τιμή του ιστογράμματος στην αντίστοιχη κλάση. Το κοινό πεδίο point-id με τον πίνακα point.pat του συστήματος αποτελεί το πεδίο σύνδεσης.

Τμήμα της βάσης δεδομένων που θα συνοδεύει το λογισμικό επικοινωνίας Άτλαντα χρήστη αποτελούν οι χάρτες και οι θεματικοί χάρτες.

Οι χάρτες που θα δημιουργηθούν (σύνολο 50, 2 είδη χαρτών για 4 εποχές + 1 ετήσια για 5 περιοχές μελέτης) ως γραφικά αρχεία θα αποτελέσουν τμήμα της βάσης. Οι χάρτες αυτοί ανάλογα με την εποχή στην οποία αναφέρονται, αποθηκεύονται και στο ανάλογο directory ενώ το όνομα τους θα είναι σύνθετο. Το πρώτο συνθετικό αποτελεί συντομογραφία του μεγέθους που απεικονίζεται (m_{pw} ή dir_{pw}) ενώ το δεύτερο θα δείχνει ποιά είναι η περιοχή μελέτης (11,12,21,22,23). Για παράδειγμα ο χάρτης m_{pw11} απεικονίζει τη μέση κυματική ενέργεια (mean wave power) στη περιοχή Βόρειος Ατλαντικός.

Υλοποίηση

Όσον αφορά τη συλλογή πληροφοριών, η γεωμετρική πληροφορία του Άτλαντα δημιουργήθηκε με ψηφιοποίηση. Χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης "North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea " του Υδρογραφικού Γραφείου του Αγγλικού Υπουργείου Αμύνης, κλίμακας 1:20,000,000 στον Ισημερινό και προβολής Μερκατορικής. Από το χάρτη αυτό λήφθηκαν τα παρακάτω στοιχεία (features) :

- ☉ η ακτογραμμή της Ευρώπης και των γειτονικών ηπείρων που βρίσκονται μεταξύ των παραλλήλων $\varphi=20^{\circ}$ και $\varphi=72.5^{\circ}$ και των μεσημβρινών $\lambda=-40^{\circ}$ και $\lambda=45^{\circ}$
- ☉ οι ισοβαθείς των 200 και 1000 μέτρων
- ☉ τα σύνορα των χωρών

Οι χάρτες και οι θεματικοί χάρτες συνετέθησαν στο υποσύστημα Arcplot του pc ARC/INFO. Στη συνέχεια για να εξασφαλιστεί η γρήγορη ανάκτησή τους κατά τη λειτουργία του Άτλαντα αποθηκεύτηκαν ως γραφικά αρχεία gas.

Το φυσικό σχήμα της βάσης υλοποιήθηκε στα πλαίσια του συστήματος διαχείρισης δεδομένων dBase IV. Αυτό το σύστημα διαχείρισης επιλέχθηκε γιατί είναι σύγχρονο και συνεργάζεται με το pc ARC/INFO.

Η επικοινωνία του χρήστη με τον Άτλαντα εξασφαλίζεται με τη δημιουργία ειδικού λογισμικού με τη γλώσσα προγραμματισμού του συστήματος SML. Το λογισμικό επικοινωνίας του Άτλαντα λειτουργεί μέσα στο υποσύστημα Arcplot του ARC/INFO.

Για την ανάκτηση των πληροφοριών ανά σημείο, ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει αρχικά την περιοχή μελέτης και στη συνέχεια το σημείο που τον ενδιαφέρει. Η επιλογή αυτή αποτελεί το πρώτο από τα στοιχεία που πρέπει να ορισθούν για την ανάκτηση της πληροφορίας. Η επιλογή του σημείου καθορίζει ποιά εγγραφή θα ανακτηθεί από τον πίνακα. Η επιλογή της εποχής καθορίζει σε ποιο directory θα αναζητηθεί ο πίνακας, ενώ η επιλογή της πληροφορίας καθορίζει ποιός είναι αυτός ο πίνακας. Δηλαδή οι παράμετροι εποχή, πληροφορία και σημείο ορίζουν το μονοπάτι που πρέπει να ακολουθηθεί για την ανάκτηση της πληροφορίας directory - πίνακας - εγγραφή. Αφού οριστούν οι προαναφερθέντες παράμετροι, τα δεδομένα που ανακτήθηκαν παρουσιάζονται υπο μορφή πίνακα στην οθόνη.

Για την ανάκτηση των πληροφοριών ανά περιοχή μελέτης, ο χρήστης επιλέγει την περιοχή, την εποχή και το μέγεθος που τον ενδιαφέρει. Η επιλογή της εποχής καθορίζει σε ποιο directory θα αναζητηθεί το γραφικό αρχείο του χάρτη, ενώ η επιλογή της περιοχής και του μεγέθους καθορίζει ποιός είναι αυτός ο χάρτης. Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση του χάρτη στην οθόνη.

Βελτιστοποίηση

Η λειτουργία του προγράμματος επικοινωνίας Ατλαντα χρήστη αποτελεί ευκαιρία δοκιμής και εκτίμησης του τρόπου ανάπτυξης του Ατλαντα και της λειτουργικότητας του. Μέσα στο πλαίσιο του ARC/INFO, είναι δυνατό και εύκολο να γίνουν άμεσα όλες οι διορθώσεις που αφορούν τα επιμέρους στάδια ανάπτυξης του Ατλαντα και αυτή η δοκιμή να αποτελεί πρόγραμμα πιλότο για την ολοκλήρωση του Ατλαντα.

Το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών σε περιβάλλον μικροπολογιστή pc ARC/INFO αποτέλεσε για την μελέτη του Ατλαντα τόσο το εργαλείο ανάπτυξης αλλά και το εργαλείο απόδοσης. Βασικό πλεονέκτημα της αντιμετώπισης αυτής είναι ότι πρόκειται για μια αυτόνομη και ολοκληρωμένη λύση. Ολη η ανάπτυξη και η υλοποίηση του περιεχομένου του Ατλαντα έγινε με τη βοήθεια των υποσυστημάτων του pc ARC/INFO : δημιουργία του γεωγραφικού υπόβαθρου στο Arcedit, σχεδίαση των χαρτών στο Arcplot, υλοποίηση της βάσης δεδομένων στη dbaseIV(που δεν είναι βέβαια υποσύστημα του pc ARC/INFO αλλά συνεργάζεται με αυτό). Το λογισμικό μπορεί να ενσωματώνει στον κώδικά του όλες τις εντολές και τις λειτουργίες που προσφέρει το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών και διαθέτει πλήρη δυνατότητα συνεργασίας και συμβατότητας με τα προϊόντα της φάσης ανάπτυξης. Η ανάπτυξη του λογισμικού μέσα στο ίδιο το περιβάλλον ανάπτυξης δίνει το πλεονέκτημα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα στάδια. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς η ανάδραση ανάμεσα στα επιμέρους στάδια είναι απαραίτητη για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος.

Τα μειονεκτήματα του λογισμικού επικοινωνίας που αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού του pc ARC/INFO SML επικεντρώνονται στην παρουσίαση και στη ευελιξία. Η γλώσσα προγραμματισμού SML δημιουργήθηκε για την ανάπτυξη ορισμένων μακροεντολών (macro) από το χρήστη, που θα διευκόλυναν την εργασία του με το σύστημα, και όχι για την ανάπτυξη μεγάλων εφαρμογών με έμφαση στο user interface, δηλαδή στην όμορφη παρουσίαση και στη φιλικότητα. Το περιβάλλον του pc ARC/INFO προσφέρει εργαλεία σε επίπεδο γεωγραφικής ανάλυσης που δεν αξιοποιούνται από τις ανάγκες του Ατλαντα, υστερεί όμως σε επίπεδο εργαλείων για την καλαίσθητη και πρακτική παρουσίαση του περιεχομένου του Ατλαντα. Η γλώσσα SML διαθέτει ελάχιστες συναρτήσεις που διευκολύνουν το χρήστη προς αυτή την κατεύθυνση αλλά ούτε είναι δυνατό με προγραμματισμό από την πλευρά του μελετητή να ξεπεραστεί το πρόβλημα. Παρουσιάζει μειωμένη δυνατότητα για την εκτέλεση πράξεων αφού δεν μπορούν να οριστούν μεταβλητές διπλής ακρίβειας και δεν διαθέτει τις κοινές μαθηματικές συναρτήσεις όπως τριγωνομετρικές κ.α. Ακόμα ένα πρόγραμμα μπορεί να περιλαμβάνει μόνο 50 μεταβλητές που παίρνουν ονόματα αριθμών από το 1 - 50. Δηλαδή, δεν μπορεί ο χρήστης να τους δώσει ένα όνομα που να υποδηλώνει το ρόλο τους. Η έλλειψη αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη σύγχυση του προγραμματιστή ιδίως σε μεγάλα προγράμματα. Επίσης υπάρχει ο απαγορευτικός κανόνας που επιτρέπει έως 9 nested προγράμματα SML με αποτέλεσμα να περιορίζεται η δυνατότητα αντιμετώπισης πολύπλοκων της εφαρμογών. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί η αδυναμία της

γλώσσας SML για τη δημιουργία ενός εκτελέσιμου αρχείου, γεγονός που αυξάνει το χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος. Επισημαίνεται επίσης, ότι το γεγονός ότι το τελικό προϊόν του Άτλαντα, δηλαδή το λογισμικό επικοινωνίας με το χρήστη λειτουργεί στο περιβάλλον του ARC/INFO, προϋποθέτει από το χρήστη να διαθέτει αυτό το γεωγραφικό σύστημα στον εξοπλισμό του για να μπορεί να χρησιμοποιήσει τον Άτλαντα.

Επίλογος

Καταλήγοντας θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι, ανεξάρτητα από τις ελλείψεις και αδυναμίες που παρουσίασε η SML κατά την ανάπτυξη του λογισμικού επικοινωνίας, το τελικό προϊόν αποτελεί ένα ικανό εργαλείο αναπαράστασης του Άτλαντα που επιτρέπει στο χρήστη να εφοπληθεί της πληροφορίας που περιέχει.

Βιβλιογραφία

Athanassoulis G.A.,Skarsoulis E.K.,Stefanakis Ch.N.,Tsoulos L.,Nakos V. and A.Skopeliti

"Atlas of wave energy resource in Europe- Structure and implementation of Weratlas software". Project report, Athens, July ,1994, p.34.

Σκοπελίτη Α., "Ανάπτυξη Άτλαντα Κυματικής Ενέργειας σε περιβάλλον μικροϋπολογιστή ".
Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π. Αθήνα,
1994,σελ. 93