

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ - GIS)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Επιμέλεια: Δρ. Κουργιαλάς Ν. Νεκτάριος

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και παρουσίασης δεδομένων τα οποία έχουν την ίδια γεωαναφορά. Το τελικό προϊόν των ΓΣΠ είναι θεματικοί χάρτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιστημονικές έρευνες και τη λήψη αποφάσεων. Τα ΓΣΠ συνδυάζουν τη χωρική πληροφορία που παρέχουν οι διάφοροι χάρτες (αναλογικοί, ψηφιακοί) και τα πλεονεκτήματα των βάσεων δεδομένων (ποιοτική πληροφορία) με σκοπό τη ρεαλιστική και δυναμική οπτικοποίηση της πληροφορίας.

Τα ΓΣΠ ενσωματώνουν τη χωρική πληροφορία είτε σε *Διανυσματικά (vector)* είτε σε *Μωσαϊκού (raster ή grid)* τύπου αρχεία.

Τα διανυσματικά συστήματα αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε αναλυτική μορφή συντεταγμένων, ενώ τα συστήματα μωσαϊκού αποθηκεύουν την πληροφορία σε μορφή πλέγματος ψηφίδων. Στα διανυσματικά αρχεία η καταγραφή και η επεξεργασία των χωρικών πληροφοριών γίνεται με τη χρήση της γεωμετρίας των διανυσμάτων που περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Τα μωσαϊκού τύπου αρχεία βασίζονται στην αρχή των στοιχειωδών επιφανειών (raster, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010).

Τα ΓΣΠ ενσωματώνουν τη Ποιοτική Πληροφορία Περιγράφοντας τις ιδιότητες των αντικειμένων. Ένα παράδειγμα μη χωρικού δεδομένου που σχετίζεται με έναν δρόμο μπορεί να είναι το όνομα του, το πλάτος του, το μήκος του, κ.τ.λ. Τα μη χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων ξεχωριστά από το γραφικό τμήμα του χάρτη. Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι τα λογισμικά πακέτα του GIS διατηρούν εσωτερικούς δεσμούς κάθε γραφικής οντότητας του χάρτη με τη γραφική πληροφορία.

Στα ΓΣΠ οι θεματικοί χάρτες τύπου raster είναι το αποτέλεσμα εφαρμογής μοντέλων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον GIS. Γενικά η έννοια της μοντελοποίησης του χώρου (χωρική παρεμβολή) αναφέρεται σε στατιστικά μοντέλα, που υπόκεινται σε αβεβαιότητα - νόμους των πιθανοτήτων. Ο πιο πάγιος τρόπος δημιουργίας συνεχών χωρικών κατανομών είναι η χωρική παρεμβολή, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία μιας συνεχούς επιφάνειας από ένα σύνολο μετρήσεων που αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο αριθμό σημείων. Ουσιαστικά, η χωρική παρεμβολή αποτελεί μια διαδικασία εκτίμησης της τιμής ενός χαρακτηριστικού, σε σημεία που δεν ανήκουν στο δείγμα, με βάση τις μετρήσεις στα σημεία του δείγματος. Στη χωρική παρεμβολή χρησιμοποιούνται μαθηματικές συναρτήσεις και λειτουργίες για να παραχθεί η χωρική επιφάνεια.

Στο λογισμικό πακέτο ArcGIS, μπορούν να εφαρμοστούν οι εξής κύριες μέθοδοι παρεμβολής (ESRI, 2008):

✓ Inverse Distance Weighting, IDW - Παρεμβολή με απόδοση βαρών

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται και μέθοδος κινητού μέσο όρου των παρατηρήσεων με θάρη στην οποία αποδίδεται θάρος στα γειτονικά σημεία του δείγματος των μετρήσεων. Το θάρος που αποδίδεται είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασής. Η αντίστροφη αναλογία μπορεί να είναι γραμμική ή εκθετική. Ουσιαστικά η μέθοδος IDW ακολουθεί το συμπέρασμα ότι κάθε εκτιμώμενο σημείο παρεμβολής έχει μία τοπική επιρροή που μικραίνει με την αύξηση της απόστασης από τα μετρημένα σημεία του δείγματος. Η IDW έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα ότι δεν εκτιμάει τιμές εκτός των ορίων του σημειακού δείγματος.

✓ Radial Basis Functions, RBF – Συναρτήσεις τύπου Splines

Οι τεχνικές RBF έχουν τη δυνατότητα να προβλέψουν τιμές μεγαλύτερες από τη μέγιστη τιμή μεταβλητής και μικρότερες από την ελάχιστη τιμή μεταβλητής δειγματοληψίας. Επί προσθέτως οι τεχνικές RBF χρησιμοποιούνται ευρέως στον σχεδιασμό, με σκοπό την παροχή μιας εξομαλυμένης ή τουλάχιστον καλά ελεγχόμενης αναπαράστασης επιφανειών. Δίνει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα για τις ήπια μεταβαλλόμενες επιφάνειες όπως είναι η θερμοκρασία.

✓ Kriging - Γεωστατιστικοί μέθοδοι βέλτιστης παρεμβολής

Η μέθοδος Kriging είναι η πιο διαδεδομένη γεωστατιστική μέθοδος που εφαρμόζεται στα περισσότερα λογισμικά πακέτα GIS. Οι γεωστατιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν και μαθηματικές και στατιστικές τεχνικές για οποιαδήποτε εκτίμηση απορρέει από τις σημειακές μετρήσεις. Το σημαντικό πλεονέκτημα των γεωστατιστικών μεθόδων είναι ότι

ποσοτικοποιούν και ελαχιστοποιούν το σφάλμα εκτίμησης σε άγνωστα σημεία εκτός του δείγματος των σημειακών μετρήσεων.

✓ Triangulated Irregular Network, TIN - Μέθοδος δικτύου τριγώνων

Μια διαφορετική προσέγγιση για την αναπαράσταση των επιφανειών είναι να εφαρμοστεί ο τριγωνισμός στα σημειακά δείγματα, ώστε να παραχθεί ένα δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων. Κάθε πλευρά τριγώνου θεωρείται ότι έχει ομοιόμορφες χωρικές ιδιότητες. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος όταν οι θέσεις των μετρούμενων σημείων της δειγματοληψίας είναι τυχαίες και ακανόνιστες όπως συμβαίνει με τα σημεία υψομέτρων μιας επιφάνειας [Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM)]

ΓΣΠ και Εφαρμογές στην Υδρολογική Χωρική Ανάλυση

Χάρη στις ικανότητες τους σε θέματα χειρισμού και επεξεργασίας δεδομένων, τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται εκτεταμένα ως διαχειριστικά εργαλεία λήψης αποφάσεων στην υδρολογία.

Μοντελοποίηση Επιφανειακής ροής (Toolset Hydrology)

Προσδιορισμός πλημμυρικά επικίνδυνων περιοχών (Kourgialas and Karatzas, 2011).

Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι ο χωρικός προσδιορισμός των περιοχών που κινδυνεύουν από ένα ενδεχόμενο πλημμυρικό φαινόμενο. Ο τελικός χωρικός χάρτης επικινδυνότητας πλημμυρικών φαινομένων που θα προκύψει περιλαμβάνει το συνδυασμό (χωρική ανάλυση) 6 μεταβλητών (παραγόντων), που σχετίζονται άμεσα με τα πλημμυρικά φαινόμενα. Οι παράγοντες αυτοί είναι: το Υψόμετρο, η Κλίση, η Συγκέντρωση ροής, η Ένταση Βροχόπτωσης, οι Χρήσεις γης, και η Γεωλογία.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν:

- Τοπογραφικούς χάρτες (ΓΥΣ, κλίμακας 1:5000),
- Τιμές βροχόπτωσης από μετεωρολογικούς σταθμούς,
- Χάρτες χρήσεων γης (δημιουργήθηκαν βάση της συνδυασμένης χρήσης του προγράμματος Corine 2000 και αεροφωτογραφιών), και
- Γεωλογικούς χάρτες (ΙΓΜΕ).

Τα παραπάνω δεδομένα ψηφιοποιήθηκαν και μετατράπηκαν σε διανυσματικά αρχεία και στην συνέχεια σε αρχεία τύπου καννάβου (raster). Για κάθε ένα παράγοντα δημιουργήθηκε και ένας χάρτης επικινδυνότητας πλημμυρικών φαινομένων. Στην συνέχεια ορίστηκαν πέντε

επίπεδα πλημμυρικής επικινδυνότητας, που περιγράφονται ως πιθανότητα να έχουμε πλημμυρικό γεγονός μέσα σε ένα υδρολογικό έτος: Πολύ Υψηλή, Υψηλή, Μέτρια, Χαμηλή, και Πολύ Χαμηλή.

Καθώς οι διάφοροι παράγοντες (θεματικοί χάρτες) δεν έχουν το ίδιο βαθμό επίδρασης, στην εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου, προσδιορίστηκαν βάρη - ποσοστά επίδρασης για κάθε παράγοντα. Έτσι με βάση την τεχνική της σταθμισμένης επικάλυψης (χωρική ανάλυση σε περιβάλλον ΓΣΠ), κάθε χάρτης (παράγοντας) πολλαπλασιάζεται με το ποσοστό συνεισφοράς του, και μετέπειτα όλοι οι χάρτες αθροίζονται αποδίδοντας το τελικό χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Μοντελοποίηση Υπόγειας ροής (Toolset Groundwater)

Προσδιορισμός επικινδυνότητας ρύπανσης υπογείων υδάτων (Kourgialas and Karatzas, 2014).

Ορισμοί Υπογείων Υδάτων:

- Η Ακόρεστη Ζώνη περιλαμβάνει τους εδαφικούς πόρους που καταλαμβάνονται συγχρόνως από αέρα και ύδωρ. Αντίθετα, στην Κορεσμένη Ζώνη ή ζώνη του υπογείου νερού όλοι οι πόροι είναι πλήρεις ύδατος.
- Υδροφορέας είναι ένας υπεδάφιος σχηματισμός που περιέχει σημαντικές ποσότητες διαπερατών υλικών κορεσμένων με νερό και τα οποία προμηθεύουν φρεάτια και πηγές με υδατικές ποσότητες.

Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα από την διαρροή ρυπογόνου παράγοντα στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων. Έτσι εφαρμόστηκε ένα υποθετικό σενάριο διαρροής ρυπογόνου παράγοντα στο υπόγειο υδροφορέα της περιοχής μελέτης, με σκοπό να διερευνηθούν οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να εκτιμηθεί η τυχόν επικινδυνότητα ρύπανσης των υπογείων υδάτων.

Για την υλοποίηση του στόχου είναι απαραίτητο να:

- α) χαρτογραφηθούν/ψηφιοποιηθούν οι διάφορες γεωτρήσεις στην περιοχή ενδιαφέροντος,
- β) εκτιμηθεί η ταχύτητα διήθησης ή ροής του υπογείου νερού,
- γ) προσδιοριστεί η κατεύθυνση ροής των υπογείων υδάτων,

Για την απόκτηση των παραπάνω πληροφοριών συλλέχθηκαν, αξιολογήθηκαν και ψηφιοποιήθηκαν:

- ✓ Τοπογραφικοί χάρτες της ΓΥΣ (1:5.000)
- ✓ Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ
- ✓ Στάθμες υπογείου ύδατος από γεωτρήσεις

Με βάση τις παραπάνω ψηφιοποιημένες πληροφορίες και με τη χρήση αριθμητικών μεθόδων (πεπερασμένων διαφορών) μπορεί να προσδιοριστεί σε περιβάλλον ΓΣΠ η ταχύτητα διήθησης ή ροής του υπόγειου νερού καθώς και η κατεύθυνση ροής του. Έτσι γνωρίζοντας την ταχύτητα διήθησης ή ροής του υπόγειου νερού και τη κατεύθυνση ροής, μπορούμε να εκτιμήσουμε το χρόνο που χρειάζεται ο υποθετικός ρύπος για να φτάσει σε μια συγκεκριμένη γεώτρηση που βρίσκεται σε μια συγκριμένη απόσταση από τη πηγή ρύπανσης.

Αναφορές

Τσουχλαράκη Α. και Αχιλλέως Γ. (2010). Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη (ArcGIS 9.3).

Εκδόσεις Δίσιγμα, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Kourgialas N.N. and Karatzas G.P. (2011). Flood management and a GIS modeling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal*, 56(2): 212–225.

Kourgialas N.N. and Karatzas G.P. (2014). Groundwater Contamination Risk Assessment in Crete, Greece using Numerical Tools within a GIS Framework. *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667.2014.885653.

ESRI (2008) ArcView 9.2 User Manuals, Environmental System Research Institute, 380 New York Street, Redlands, CA, 92373 USA.