

## ΑΣΚΗΣΗ 5

### Υδρολογική ανάλυση με τη χρήση Raster GIS

Εισηγητής: Καθ. Χ. Χαλκιάς

Εφαρμοσμένη ανάλυση Γεωγραφικών Δεδομένων με την αξιοποίηση ΣΓΠ

#### Σκοπός

Σκοπός της άσκησης είναι η εξοικείωση με βασικές τεχνικές υδρολογικής ανάλυσης με τη χρήση GIS. Το εργαστήριο σχετίζεται με την εφαρμογή τεχνικών χωρικής ανάλυσης σε ψηφιδωτά δεδομένα οι οποίες αξιοποιούν ψηφιακά μοντέλα υψομέτρου. Η υλοποίηση της άσκησης γίνεται με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS και είναι μια τυποποιημένη διαδικασία στην οποία όμως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο στη σειρά εκτέλεσης των ενεργειών όσο και στην αξιολόγηση και ερμηνεία των παραγομένων.

#### Περιγραφή - Αναλυτικές ενέργειες

##### 1. Αρχικές ρυθμίσεις στο ArcGIS – προσθήκη του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (ΨΜΕ)

Αρχικά προτείνεται η δημιουργία φακέλου στον οποίο θα αποθηκευτούν τα δεδομένα της άσκησης (π.χ. ...\\GIS\\EX5\\HYDRO) και ένα αρχείο στο οποίο θα αποθηκεύονται τα προσωρινά δεδομένα (π.χ. ...\\GIS\\EX5\\HYDRO\\TEMP).

Κατόπιν θα γίνει εκκίνηση του ArcGIS με τη δημιουργία ενός νέου map document και η ενεργοποίηση της επέκτασης Spatial Analyst.

Στη συνέχεια προσθέτουμε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ( ...\\HYDRO\\DEM). Εναλλακτικά γίνεται αρχικά αντιγραφή του DEM στον προσωπικό αποθηκευτικό χώρο (...\\GIS\\EX5\\HYDRO), με τη χρήση του ArcCatalog.

Καθορίζουμε από το μενού ( Tools\\Options\\Geoprocessing\\Environments) τα παρακάτω:

Στην επιλογή **General**

Current workspace ...\\HYDRO\\TEMP

Scratch workspace ...\\HYDRO\\TEMP

Output extend same as layer DEM

Και στην επιλογή **Raster Analysis settings**

Cell size same as DEM

Αποθηκεύουμε το Map Document με το όνομα ...\\HYDRO\\Hydro.mxd

**(ΠΡΟΣΟΧΗ:** Αποθηκεύετε συχνά την εργασία σας. Σας προστατεύει από ενδεχόμενες απώλειες δεδομένων και χρόνου).

##### 2. Δημιουργία ΨΜΕ χωρίς ταπεινώσεις

Το στάδιο αυτό είναι απαραίτητο καθώς η ύπαρξη σημείων τοπικής ταπείνωσης (SINK) του αναγλύφου προκαλεί προβλήματα στην υδρολογική ανάλυση. Στο στάδιο αυτό ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Επιλογή της εργαλειοθήκης Spatial Analyst Tools > Hydrology
- Άνοιγμα του εργαλείου FILL (καθορισμός ως input: ...\\HYDRO\\DEM και ως output: ...\\HYDRO\\FILL\_DEM)
- Το επίπεδο που δημιουργούμε περιέχει παρόμοια πληροφορία με το DEM μόνο που δεν περιέχει μεμονωμένα σημεία ταπείνωσης του αναγλύφου.
- Διαγραφή (remove) του DEM. Στη συνέχεια θα εργαστούμε με το FILL\_DEM.

##### 3. Δημιουργία επιπέδου διεύθυνσης ροής (FLOWDIRECTION) –

Ενεργοποίηση του αντίστοιχου εργαλείου (FLOWDIRECTION)

– Καθορισμός ως input = ...\\HYDRO\\FILL\_DEM και ως output = ...\\HYDRO\\FlowD

– Προσθήκη και εξέταση του FlowD. Σημειώστε ότι οι αριθμοί αντιστοιχούν σε κωδικούς διεύθυνσης ροής.

**(ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:** Εξετάστε τις πληροφορίες βοήθειας σχετικά με το σκεπτικό υλοποίησης της διεύθυνσης ροής).

**ΕΡΩΤΗΣΗ 1:** Ποια διεύθυνση υποδηλώνουν οι παρακάτω κωδικοί: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ;

#### 4. Δημιουργία επιπέδου συσσωρευτικής ροής (FLOWACCUMULATION)

Το αποτέλεσμα της ενέργειας αυτής είναι ο εντοπισμός των σημείων στα οποία λαμβάνει χώρα συσσώρευση μεγάλου όγκου επιφανειακής απορροής. Συγκεκριμένα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Ενεργοποίηση του αντίστοιχου εργαλείου (FLOWACCUMULATION)
- Καθορισμός ως input flowdirection: ...HYDRO\FlowD και ως output = ...HYDRO\FlowAcc
- Εξέταση του FlowAcc και συμβολισμός του με 2 κλάσεις ( Break Value = π.χ. 5000)

**(ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:** Κατασκευάστε χάρτη ο οποίος θα παρουσιάζει τις τιμές του FlowAcc σε 5 κλάσεις έτσι ώστε να αξιολογηθεί το αποτέλεσμα για διαφορετικά Brake Values ).

**ΕΡΩΤΗΣΗ 2:** Με ποιο κριτήριο επιλέγεται η τιμή Brake Value;

**ΕΡΩΤΗΣΗ 3:** Τι προσομοιώνει η κατηγορία με τιμές > Brake Value; Πόση έκταση βρίσκεται ανάντι των ψηφίδων που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία;

#### 5. Κατάδειξη των σημείων εξόδου (Outlets, Pour points)

Στο στάδιο αυτό θα δημιουργήσουμε επίπεδο στο οποίο θα προσδιορίζονται τα σημεία εξόδου του νερού από υδρολογική λεκάνη.

- Δημιουργία ενός νέου σημειακού Shapefile (...HYDRO\pourPnts), και προσθήκη του στο περιβάλλον εργασίας του arcMap.
- Προσθέστε 2 σημεία στο επίπεδο αυτό. Χρησιμοποιείστε το zoom tool και το επίπεδο FlowAcc έτσι ώστε να τοποθετήσετε τα σημεία πάνω σε ψηφίδες με μεγάλη ( > Brake Value) τιμή του FlowAcc, δηλαδή πάνω στη διαδρομή μέγιστης ροής. Σημειώστε ότι η περιοχή ανάντι αυτών των σημείων ορίζει μια υδρολογική λεκάνη.
- Ανοίξτε τον πίνακα περιγραφών και προσθέστε τις τιμές 1 και 2 στο πεδίο ID.
- Μετατρέψτε το pourPnts (shapefile) σε GRID (FPOUR), χρησιμοποιώντας το εργαλείο Feature to Raster και προσδιορίζοντας το πεδίο ID ως αυτό το οποίο περιέχει την τιμή των ψηφίδων του GRID.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** στην επιλογή *OPTIONS* του *spatial analyst* θα πρέπει να έχουμε ορίσει ότι τα όρια των παραγομένων (Map Extend) και το μέγεθος της ψηφίδας (CellSize) ταυτίζονται με αυτά του DEM. Παρατηρήστε επίσης ότι οι ψηφίδες αυτού του επιπέδου βρίσκονται πάνω στα σημεία του PourPnts.shp

(Εναλλακτικά, δημιουργήστε το θεματικό επίπεδο με τα σημεία, χρησιμοποιώντας τη λειτουργία *Feature Vertices to points*, μετά τη δημιουργία του Shapefile των υδατορεμάτων).

#### 6. Οριοθέτηση υδρολογικών λεκανών (WATERSHED)

Επόμενη φάση αποτελεί η οριοθέτηση των υδρολογικών λεκανών (watersheds) οι οποίες τροφοδοτούν τα σημεία που προσδιορίσαμε. Στη φάση αυτή ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Άνοιγμα του εργαλείου watershed
- Καθορισμός των παραμέτρων FlowDirection και raster pour point data
- Δεχτείτε τις υπόλοιπες προκαθορισμένες τιμές και ορίστε output raster (...HYDRO\WATERSHED)
- Εξετάστε το παραγόμενο και μετατρέψτε το σε πολυγωνικό shapefile (...HYDRO\WATERSHED.shp)

Με τον τρόπο αυτό καθορίστηκαν 2 υδρολογικές λεκάνες οι οποίες αποτελούν υπολεκάνες της ίδιας ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης.

**ΕΡΩΤΗΣΗ 4:** Ποια η έκταση της κάθε υπολεκάνης;

#### 7. Αυτοματοποιημένη δημιουργία υδρολογικών λεκανών (BASIN)

Με τη χρήση του εργαλείου BASIN δημιουργήστε αυτόματα τις υδρολογικές λεκάνες (...HYDRO\BASIN και ... HYDRO\BASIN.shp).

**ΕΡΩΤΗΣΗ 5:** Πόσες είναι αυτές οι λεκάνες;

**ΕΡΩΤΗΣΗ 6:** Ποια είναι η κύρια διαφορά τους με τις λεκάνες που δημιουργήθηκαν με την προηγούμενη μέθοδο;

#### 8. Υπολογισμός του μήκους ροής (Flow Length) – Ανοίξτε το εργαλείο FlowLength

- Ορίστε το FlowDirection raster και το παραγόμενο (...HYDRO\FlowLen). Δεχτείτε την προκαθορισμένη φορά ροής Direction (DownStream).

Εξετάστε το παραγόμενο. Αυτό δείχνει το μήκος ροής έως το τελικό σημείο εξόδου για κάθε ψηφίδα. Αν επιθυμούμε το μήκος ροής έως την πλησιέστερη διαδρομή μέγιστης ροής θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο FlowLength με ένα GRID βαρύτητας (weighting GRID) του οποίου οι ψηφίδες θα έχουν την τιμή no data κατά μήκος της διαδρομής μέγιστης ροής και την τιμή 1 στην υπόλοιπη περιοχή. Αυτό το GRID δημιουργείται εύκολα με τη χρήση της εντολής setnull σε περιβάλλον Raster Calculator. Δώστε

Setnull ([FlowAcc] >= 1000, 1)

Και δημιουργήστε πάλι το FlowLength GRID (...HYDRO\FlowLen1) δίνοντας ως input weight raster το grid που δημιουργήσαμε με την εντολή Setnull. Εναλλακτικά, χρησιμοποιήστε τη λειτουργία reclassify.

**(ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:** Εξετάστε τις πληροφορίες βοήθειας σχετικά με τον υπολογισμό και τη σπουδαιότητα του μήκους ροής)

**ΕΡΩΤΗΣΗ 7:** Εξετάστε το παραγόμενο και συγκρίνετε το με το FlowLen. Σε τι εύρος κυμαίνονται οι τιμές του καθενός από αυτά τα δύο επίπεδα;

### 9. Δημιουργία shapefile με τα υδατορέματα

Αξιοποιώντας το επίπεδο FlowAcc και την εντολή Setnull δημιουργήστε ένα GRID με τιμή 1 για FlowAcc > = Brake Value και null για τις υπόλοιπες τιμές.

Μετατρέψτε αυτό το GRID σε shapefile (streams.shp) με τη χρήση του εργαλείου Stream to Feature.

**(ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:** Κατασκευάστε το θεματικό επίπεδο των ρεμάτων με αλλά και χωρίς τη χρήση τεχνικής γενίκευσης)

**ΕΡΩΤΗΣΗ 8:** Εξετάστε οπτικά το παραγόμενο (streams.shp) έχοντας ως υπόβαθρο το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και το ταξινομημένο FlowAcc αλλά και το χάρτη των ρεμάτων (αν υπάρχει). Τι παρατηρείτε;

### Υλοποίηση – παραδοτέα

A Με βάση τα παραπάνω υλοποιήστε εφαρμογή υδρολογικής ανάλυσης για την υδρολογική ανάλυση του π. Σπερχειού. Ο τελικός στόχος είναι η χάραξη και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των οδών επιφανειακής απορροής και των υδρολογικών λεκανών της περιοχής μελέτης.

B. Δημιουργήστε Χάρτη ισόχρονων καμπυλών (χρόνος απορροής έως την έξοδο της υδρολογικής λεκάνης). Για την κατασκευή αυτού του χάρτη θεωρήστε ότι

- Η ταχύτητα απορροής στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου τάξης (κατά Strahler) > 3 είναι 5m/sec, η ταχύτητα απορροής στους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου τάξης (κατά Strahler) < 3 είναι 2m/sec ενώ η ταχύτητα απορροής σε περιοχές εκτός κλάδων απορροής παίρνει την τιμή 1m/sec για περιοχές με FlowLength < 500m και την τιμή 0.5m/sec για περιοχές με FlowLength > 500m.

Γ. Δημιουργήστε με τη χρήση του Model Builder ένα μοντέλο στο οποίο θα συμπεριλαμβάνονται οι παραπάνω ενέργειες. Αποθηκεύστε το διάγραμμα ροής του μοντέλου σε αρχείο εικόνας.

Δ. Παρουσιάστε τα αποτελέσματα της ανάλυσης τόσο με την κατασκευή χαρτών όσο και αξιοποιώντας το υποπρόγραμμα ArcScene για τη δημιουργία μιας προοπτικής απεικόνισης στην οποία θα παρουσιάζονται το ΨΜΕ οι υδρολογικές λεκάνες καθώς και τα παραγόμενα υδατορέματα.

Συντάξτε συνοπτική έκθεση με τις απαιτούμενες ενέργειες για την υδρολογική ανάλυση στην οποία θα απαντώνται και τα ερωτήματα της άσκησης. Στην έκθεση αυτή θα πρέπει να περιέχονται (εκτός της γενικής περιγραφής) οι παραγόμενοι χάρτες και προοπτικά διαγράμματα καθώς και το διάγραμμα ροής του μοντέλου.

*Σημείωση:* Οι τιμές που παρουσιάζονται παραπάνω σε διάφορες ενέργειες της μεθοδολογίας υδρολογικής ανάλυσης (π.χ. flow accumulation brake values) είναι ενδεικτικές. Για την υλοποίηση της άσκησης θα πρέπει να προσαρμοστούν στα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Digital Chart of the World (DCW). (π.χ. <http://www.maproom.psu.edu/cgi-bin/dcw/dcwarea.cgi?Africa>)
- Jenson S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1593-1600.
- Mark, D. M. Network Models in Geomorphology. In *Modelling in Geomorphological Systems*. John Wiley.
- Shreve, R. L. 1966. Statistical Law of Stream Number. *Journal of Geology*. 74: 17-37.
- Strahler, A. N. 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union* 8 (6): 913-920.
- SRTM PROJECT. <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- Tarboton, D. G., R. L. Bras, and I. Rodriguez-Iturbe. 1991. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. *Hydrological Processes*. 5: 81-100.

### Στη Βιβλιοθήκη του Χαροκόπειου:

- Burrough P., McDonnell R., 2000: Principles of GIS, Oxford University Press
- Chang K., 2003: Geographic Information Systems, Mc Graw Hill
- GIS for water resources and watershed management υπό Lyon , John Grimson, London : CRC Press 2003
- Geographic information systems for geoscientists : modelling with GIS υπό Bonham-Carter , Graeme F., Netherlands : Pergamon 2002
- Verbyla D., 2002: Practical GIS Analysis, Taylor and Francis.

<http://www.slideshare.net/httpsan/3d-analyst-watershed-padang>

<http://www.slideshare.net/httpsan/3d-analyst-watershed-and-stream-network>