

## UTILIZAREA EXTENSIEI ARCGIS GEOSTATISTICAL ANALYST PENTRU REALIZAREA MODELULUI DIGITAL AL TERENULUI ÎN LUNGUL DUNĂRII

V. CHENDEȘ<sup>1</sup>, I. NICHERSU<sup>2</sup>,  
AL. PREDA<sup>1</sup>, I. TROCEA<sup>1</sup>

**ABSTRACT.** – The using of the ArcGIS Geostatistical Analyst extension for the achievement of the Digital Terrain Model along the Danube River. Taking into account the implication the GIS has in the evolution of the directions and tendencies in the field of hydrological modeling, the achievement of a unitary digital terrain model for the bed and flood plain of main rivers, as in the case of the Danube River, became very important. Its achievement is marked by a series of aspects that make getting good results difficult: minor elevation differences, the presence of the dike that has to be modeled, numerous changes in the river bed direction, the bank line which marks a sudden fall in elevation, etc. In these conditions, the ArcGIS Geostatistical Analyst extension was used to create a continuous surface (the MDT) by interpolating the points from the bathymetric profiles or within the flood plain situated in areas with different aspects. Finally a digital terrain model was obtained, having the resolution of 5 meters (randomly chosen value, existing the possibility to be even smaller), which “imitates” the reality pretty good.

\*

Fluviul Dunărea joacă un deosebit rol ecologic pe plan local, regional și internațional, atât prin mediul său acvatic, cât și prin lunca acestuia. Multiplele utilizări ale acestui curs de apă (navigație, hidroenergie, irigații etc.), au condus la intensificarea activităților hidrometrice și a măsurătorilor topo-batimetrice în lungul lui, precum și la abordarea de studii și cercetări specifice unei varietăți mari de domenii științifice.

Ca zonă de studiu s-a ales un sector al Dunării situat între Giurgiu și Zimnicea (km. 500 – km. 520). Aici Dunărea prezintă pante mici (0.04 ‰ - 0.06 ‰) iar în albia minoră apar numeroase insule și ostroave formate din material aluvionar.

### 1. RIDICĂRI TOPO-BATIMETRICE ÎN TEREN

Pentru a obține un MDT unic atât pentru spațiul luncii cât și pentru albia minoră, măsurătorile trebuie să aibă un caracter unitar și să fie realizate utilizând puncte de reper dintr-o rețea omologată. Pentru stabilirea morfometriei luncii și a albiei minore a Dunării s-au organizat mai multe campanii de teren în timpul primăverii (Martie – Aprilie 2004), înaintea sezonului de vegetație, când frunzele și arbuștii nu împiedică vizualizarea pe distanțe mari sau deplasarea cu ușurință a echipelor de lucru. În plus, aceasta este o perioadă cu ape mari, cota nivelului apei putând fi măsurată cu ușurință de pe mal. S-au utilizat două metodologii:

- a) Albia minoră a Dunării a fost măsurată cu ecosonda și GPS-ul. Au fost realizate 28 profile (în dreptul ostroavelor au fost realizate câte două profile, pe ambele brațe) însumând un total de circa 2000 puncte măsurate (fig. 1). Pentru primul punct al profilului au fost determinate

<sup>1</sup> National Institute of Hydrology and Water Management, 013686, Bucharest, ROMANIA

<sup>2</sup> „Danube Delta” National Institute for Research and Development, 820112, Tulcea,

coordonatele geografice (pe sferoid WGS 84) cu ajutorul GPS-ului. Același GPS a fost utilizat pentru a măsura, pentru celelalte puncte de pe profil, distanța față de primul punct.

Adâncimile au fost determinate cu ecosonda. Cota nivelului Dunării a fost transmisă dintr-un punct cunoscut din luncă sau, uneori, chiar dintr-o bornă CSA, cu ajutorul stației totale. Cota (altitudinea) albiei a fost calculată în fiecare punct a profilului, ca diferență între cota nivelului apei Dunării și adâncimea apei.

Datele au fost structurate sub formă tabelară.

- b) Topografia luncii Dunării și a ostroavelor a fost măsurată cu stația totală. Au fost utilizate puncte de referință geodezice (CSA-uri), situate, în general, în lungul digului. Au fost măsurate aproape 1000 puncte, distanța medie între 2 transecte succesive fiind de aproximativ 500 m. Tot în campaniile de teren au fost marcate liniile micro-reliefului (văiuși, canale, micro-depresiuni etc.) și punctele care definesc elementele acestora (fig. 2). Rezultatele acestor măsurători au fost stocate într-un fișier de tip dxf.

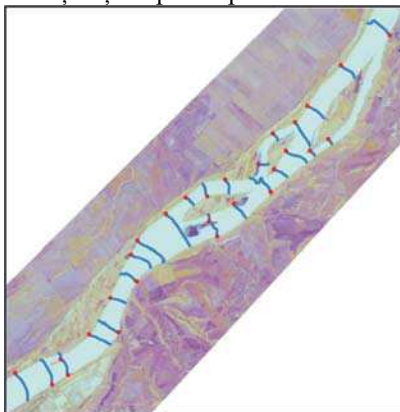


Fig. 1. Secțiuni pentru măsurarea batimetriei

## 2. IMPORTUL DATELOR BRUTE ÎN ARCVIEW

Pentru importul punctelor de batimetrie s-au utilizat 3 elemente cunoscute: a) coordonatele geografice ale punctului de start; b) trackul (ruta) deplasării bărcii pe un profil, înregistrată pe GPS; c) distanța fiecărui punct față de punctul de start.

Pe baza acestora s-au putut genera punctele în care s-a măsurat batimetria. Inițial a fost generat câte un fișier de tip punct pentru fiecare profil (fig. 3). Pe baza unui ID, informația tabelară a fost legată de punctele respective.



Fig. 2. Puncte măsurate în luncă și liniile micro-reliefului

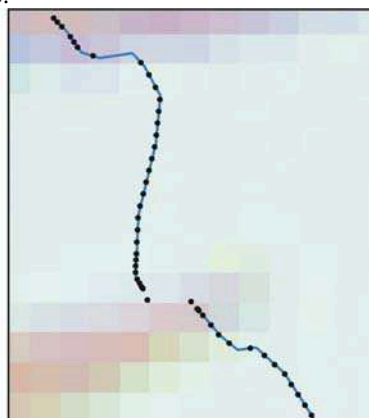


Fig. 3. Generarea punctelor în care s-a măsurat batimetria

În ceea ce privește importul datelor din luncă și ostroave, fișierul \*.dxf a fost convertit în fișier de tip shapefile și a fost transformat în coordonate Gauss-Kruger.

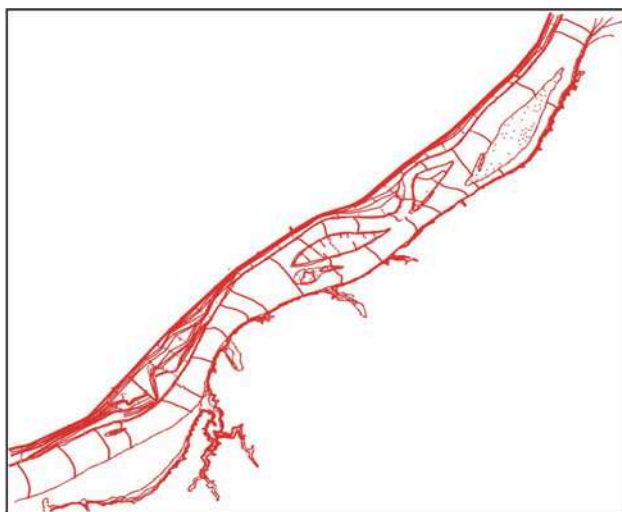


Fig. 4. Punctele rezultate din campaniile de teren și din generarea informației suplimentare

Pe lângă informația directă, rezultată din campaniile de teren, s-au generat și date suplimentare, pentru a îndesi măsurătorile, acestea fiind insuficiente pentru realizarea unui model digital al terenului foarte precis. Sursele de date au constat din imagini satelitare, hărți topografice la scara 1:25.000 sau chiar măsurătorile directe. Această etapă a constat în generarea de puncte cotate care reprezintă linia de mal, nivelul apei la data realizării imaginii satelitare, linia digului, liniile micro-reliefului, etc.

În final au rezultat

circa 16200 puncte, folosite pentru a genera MDT-ul (fig. 4).

### 3. UTILIZAREA EXTENSIEI ARCGIS GEOSTATISTICAL ANALYST

Așa cum se observă și din fig. 4, cursul Dunării are orientări diferite. În plus, albia minoră a rămas în continuare destul de puțin acoperită cu puncte de altimetrie, distanța de circa 1 km între două profile succesive neasigurând o acoperire care să permită realizarea unui MDT foarte precis.

Încercarea inițială de a utiliza extensia *Spatial Analyst* nu a generat rezultate satisfăcătoare. Este o aplicație simplă, rapidă, dar cu puține elemente de control a procesului de interpolare. În aceste condiții, s-a apelat la utilizarea extensiei *ArcGIS Geostatistical Analyst* pentru a genera MDT-ul prin interpolarea punctelor de pe profilele de batimetrie sau din cadrul luncii, situate în areale relativ omogene ca orientare.

*ArcGIS Geostatistical Analyst* este o aplicație utilizată pentru generarea suprafețelor, în care sunt implementate unelte și elemente avansate de control. Acestea oferă o deosebită mobilitate în selectarea parametrilor care să conducă la rezultate deosebite și un mediu de lucru dinamic. Oferă o mare varietate de posibilități de investigare a datelor spațiale, de identificare a anomaliilor existente în setul de date, de evaluare a erorilor apărute la generarea suprafețelor, de estimare statistică și creere a suprafeței optime.

Metodele de interpolare pe care această aplicație le poate utiliza sunt numeroase, atât deterministe (interpolare polinomială globală, ponderea inversului distanței, interpolare polinomială locală etc.) cât și geostatistice (interpolare kriging simplă, universală, disjunctivă, cokriging etc.). Dintre multiplele metode de interpolare, s-a ales metoda IDW - *Inverse Distance Weighted (Ponderea Inversului Distanței)*. Aceasta constrânge calculul valorii unui punct necunoscut pe baza punctelor din imediata vecinătate. Punctele situate la o distanță mai mare vor avea o influență mai mică în calculul Z-ului. Așadar fiecare punct care are altitudinea cunoscută are o influență locală, aceasta diminuându-se cu distanța. (Johnston *et al.*, 2001).

În scopul generării MDT-ului pentru spațiul din lungul Dunării situat între km. 500 și km. 520, informația existentă a fost completată utilizând aplicația Geostatistical Analyst, separat pentru cele două zone distincte: albia minoră a Dunării și spațiul luncii.

Pentru albia Dunării s-au utilizat punctele de pe profilele batimetrice și cele generate din luciul de apă, acestea fiind tratate ca un set unitar de date (fig. 5). Interpolarea s-a realizat între două sau mai multe profile succesive, funcție de schimbările de direcție (orientare) ale Dunării.

O caracteristică importantă a extensiei Geostatistical Analyst este definirea spațiului care să includă punctele folosite pentru anticiparea valorilor din zonele fără măsurători nu numai printr-un cerc, dar mai ales printr-o *elipsă definită de axa minoră și axa majoră* (fig. 6). Acest mod de lucru conduce la posibilitatea obținerii unui model digital al terenului foarte apropiat de realitate, în conformitate cu orientarea albiei minore, digului, microformelor de relief, etc.

Prima etapă de lucru constă în alegerea parametrilor pentru optimizarea interpolării. Aici poate fi specificat numărul de puncte vecine folosite pentru estimarea altitudinilor în locațiile nemăsurate, razele axei mari și mici ale elipsei care reprezintă spațiul în interiorul căreia se pot situa punctele utilizate pentru interpolare, unghiul elipsei, numărul sectoarelor elipsei folosite pentru anticipare și puterea funcției IDW (fig. 6).

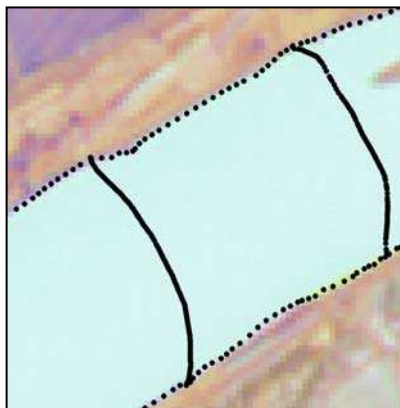


Fig. 5. Set de puncte utilizat pentru interpolare în spațiul albiei minore

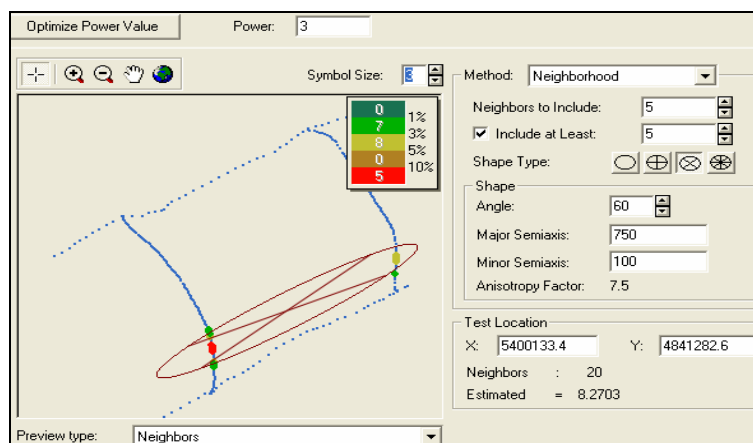


Fig. 6. Setarea parametrilor de interpolare

Unghiul de căutare a fost ales astfel încât axa majoră a elipsei să fie orientată în lungul Dunării. Pentru a evita tendința unei singure direcții, nu s-a utilizat o elipsă simplă; s-a apelat la oportunitatea oferită de Geostatistical Analyst de a împărți elipsa în mai multe sectoare. S-a ales o elipsă cu 4 sectoare, în fiecare sector fiind selectate câte 5 puncte.

Există și posibilitatea previzualizării suprafeței estimate pe baza parametrilor selectați (fig. 7).

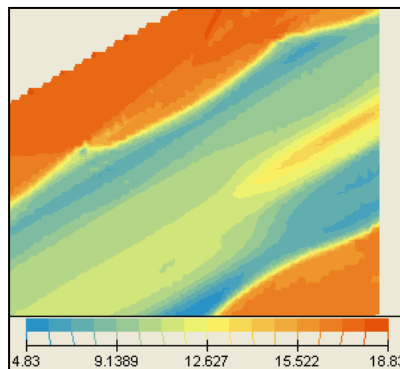


Fig. 7. Vizualizare de tip "surface"

În etapa de diagnosticare a suprafeței, este evaluată calitatea modelului rezultat prin utilizarea uneltelor de validare. Înaintea producerii suprafeței finale, ArcGis Geostatistical Analyst generează un grafic de tip *cross-validation* (fig. 8). Acesta este folosit pentru a vedea „cât de bine” modelul a anticipat valorile necunoscute. Graficul compară valorile măsurate cu cele preconizate derivate din modelul suprafeței și folosește parametri statistici pentru a evalua performanța suprafeței continue generate.

Măsurătorile statistice servesc drept reper în evaluarea preciziei suprafeței create.

Pentru a fi generat acest grafic, toate punctele cunoscute (măsurate) sunt omise succesiv, anticiparea făcându-se utilizând restul datelor, apoi comparându-se valorile măsurate cu cele estimate (fig. 8).

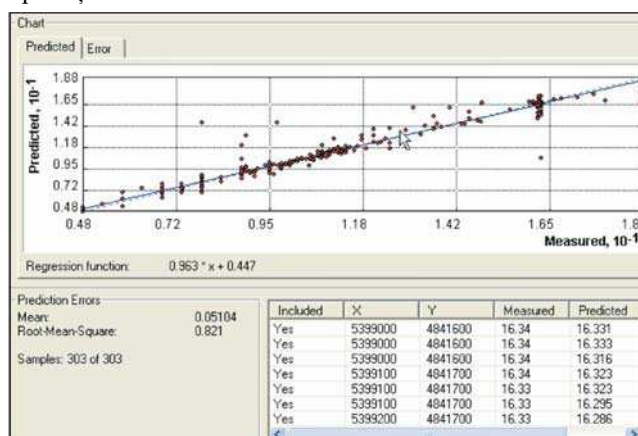


Fig. 8. Grafic generat de Geostatistical Analyst pentru diagnosticarea suprafeței

Pentru un model care asigură o predicție exactă, media erorilor trebuie să fie apropiată de zero iar eroarea rădăcinii medii pătratice trebuie să fie cât mai mică posibil. În cazul utilizării altor metode de interpolare, există și alți parametri statistici utilizați: eroarea medie standard, care trebuie să fie cât mai mică posibil, și eroarea rădăcinii medii pătratice standardizate, care trebuie să fie apropiată de 1.

Rezultatul acestor etape este un model folosit pentru generarea MDT-ului în arealul care conține punctele măsurate utilizate (fig. 9). Pe baza acestuia au fost generate curbele de nivel cu echidistanța de 0,5 m.

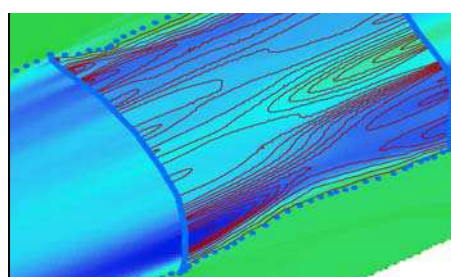


Fig. 9. Rezultatul utilizării extensiei Geostatistical Analyst: MDT-ul și curbele de nivel

Pentru arealul luncii au fost stabilite 11 zone omogene din punct de vedere a orientării, Geostatistical Analyst aplicându-se pe acestea.

În final, prin utilizarea extensiei Geostatistical Analyst au rezultat două seturi de date:

- curbe de nivel pentru albia Dunării

- curbe de nivel pentru luncă

Pentru a obține un model digital al terenului unitar, s-au parcurs câteva etape:

- a) Cuplarea tuturor datelor
- b) Realizarea TIN-ului
- c) Transformarea TIN-ului în grid cu rezoluția de 1 - 5 m.

În final, după ce toate datele de altimetrie au fost corelate, a rezultata un model digital al terenului destul de exact, nu numai pentru zona de mal ci pentru întreaga arie (fig. 10).

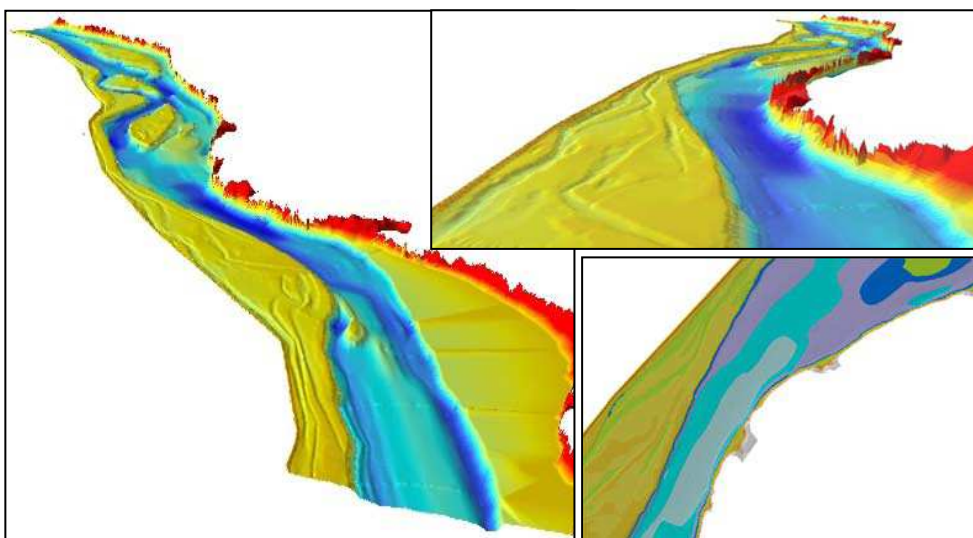


Fig. 10. Modelul digital al terenului de tip grid în lungul Dunării

## BIBLIOGRAFIE

1. Johnson, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N. (2003), *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, Environmental Systems Research Institute, Inc., California, SUA
2. Childs, C. (2004), *Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst*, Arc User, The Magazine for ESRI Software User, vol. 7, nr. 3, pag. 32-35
3. He, Jie Y., Jia, Xudong (2004), *ArcGIS Geostatistical Analyst Application in Assessment of MTBE Contamination*, 2004 User Conference Proceedings, <http://gis.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1628.pdf>
4. \*\*\* <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/geostat.pdf>