

**REALIZAREA UNUI MODEL DIGITAL PENTRU SIMULAREA
RISCOLUI DE INUNDAȚII PRIN TEHNOLOGIA GIS.
STUDIU DE CAZ: BAZINUL VIȘEUULUI**

Alexandru Imbroane, T. A. Codilean*, A. Kolozsvari**

1. Introducere

Scopul fundamental al cercetării hidrologice moderne îl constituie definirea corectă a relațiilor și interconexiunilor care apar între principalele componente ale bazinelor hidrografice și integrarea acestora în diferite modele numerice cu un grad variat de complexitate.

Un bazin hidrografic poate fi perceput ca fiind un sistem natural care răspunde într-un anumit mod, în funcție de variabilele de stare (ex. umiditatea solului, debitul râului în momentul respectiv etc.) la fiecare impuls. Cunoașterea acestor variabile și a factorilor care îi influențează este necesară pentru o determinare realistă a răspunsului bazinului hidrografic la acțiunea intrărilor.

Caracteristicile reliefului joacă un rol important în comportamentul hidrologic al bazinului și au o influență deosebită asupra proceselor hidrologice, geomorfologice și biologice care se desfășoară în bazinul respectiv. Distribuția spațială a caracteristicilor topografice poate fi deseori utilizată drept indicator indirect al variabilității spațiale a acestor procese și poate permite cartarea lor folosind tehnici relativ simple. Multe Sisteme Informaționale Geografice (GIS), dezvoltate la ora actuală, stochează informațiile referitoare la topografie ca date primare pentru analiza problemelor legate de resursele de apă sau calitatea apei. Mai mult, caracteristicile terenului pot fi utilizate în elaborarea unor modele hidrologice distribuite mult mai realist, datorită influenței mari ale acestor caracteristici asupra fenomenelor hidrologice.

Modelele digitale de elevație stau la baza acestor modele și la baza analizelor hidrologice din cadrul unui bazin hidrografic. Identificarea zonelor care sunt susceptibile la inundație este o preocupare majoră a specialiștilor în domeniu și nu numai. S-au elaborat diferite metodologii bazate pe diverse modele mai mult sau mai puțin complexe, mergând de la modele bazate pe relații empirice și până la modele tridimensionale bazate pe ecuațiile Navier – Stokes (Thomas and Williams, 1995; Younis, 1996). De asemenea, o serie de autori au creat diferite modele bazate pe ecuațiile St. Venant unidimensionale, utilizând metoda diferențelor finite (Samuels, 1990; Fread, 1993; Ervine and MacLeod, 1999). Prezicerea zonelor inundabile depinde în foarte mare măsură de topografia terenului, tipul de sol, precum și de vegetație, care nu se regăsesc în ecuațiile sus amintite. Acest fapt complică și mai mult procesul de modelare, astfel că se caută și alte procedee externe care să conducă la un

* Universitatea „Babeș-Bolyai” Cluj Napoca

model cât mai realist. O altă manieră de abordare a proceselor hidrologice privitoare la inundații este corelarea modelelor obținute prin mijloacele mai sus menționate cu imagini preluate din teledetectie. Astfel, recent s-au efectuat și comparații cu imagini aeriene și satelitare (Bates et al., 1997, 1998).

2. Localizarea și particularitățile bazinului hidrografic Vișeu

Sub aspectul localizării geografice în cadrul țării, bazinul Vișeului este situat în Grupa Nordică a Carpaților Orientali, suprapunându-se în proporție de cca 67% spațiului montan al Munților Maramureșului la est, respectiv Rodnei la sud. Latura vestică a bazinului corespunde Dealurilor Maramureșului care, prin cele trei subunități componente (Culmea Judeleava, Dealurile Plăiuțului, Culmea Bocicoel) desfășurate aproximativ SE – NV de la înșeuarea Moisei până la Tisa în ordinea menționată, închid spre vest Culuarul Vișeului în care râul omonim a săpat o succesiune de mici bazinete, depresiuni la nivelul luncii și al teraselor inferioare (Posea et al., 1980).

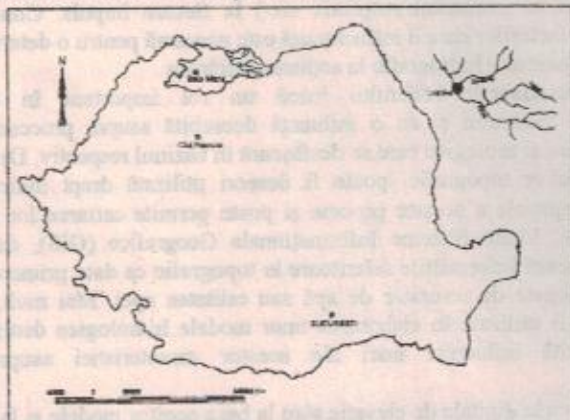


Figura 1. Localizarea Bazinului Vișeu și a comunei Leordina

Hidrografic vorbind, bazinul Vișeului, cu o suprafață aproximativă de 1606km^2 și o lungime de 80km cu izvoarele sub pasul Prislop (1414m) și cu vărsare în Tisa, în dreptul localității Valea Vișeului la aproximativ 330m, se învecinează la vest cu bazinul Izei, la sud cu cel al Someșului Mare, la sud-est cu cel al Bistriței Auri, la est cu bazinul Ceremuș, afluent în sectorul superior al Prutului pe teritoriul Ucrainei, cumpăna orografică de pe linia marilor înălțimi ale Munților Maramureșului fiind frecvent străpunsă regresiv de către afluenții de pe dreapta ai Vișeului, ca urmare a nivelului de bază mult mai coborât în vest. Pe latura nordică, Vișeul întâlnește sectorul superior al Tisei care, în urma confluenței de la Valea Vișeului, ajunge să-și mărească substanțial debitul mediu cu cca $30\text{-}35\text{m}^3/\text{s}$ tocmai ca urmare a aportului adus de Vișeu. Bazinul este profund asimetric, majoritatea și cei mai mari afluenți primindu-i

pe dreapta (Tășla, Vaserul, Ruscova, Frumuseaua) cu debite medii cuprinse între $1,55\text{m}^3/\text{s}$ (Tășla), $7,7\text{m}^3/\text{s}$ (Vaser), $11,3\text{m}^3/\text{s}$ (Ruscova) la altitudini de 1000-1200m. Dintre afluenții de pe stânga, mai importanți sunt cei din Rodna (Valea Fântănelor, Negoiescu, Cimpoieșul, Valea Repedei), cu o scurgere bogată ca urmare a alimentării nivale, a precipitațiilor abundente, a rocilor puțin permeabile, căderilor mari ale cursurilor (100-150m/km) ceea ce diminuează din staționarea apei pe versanți și duce la concentrarea ei în albie. Cum am menționat anterior, altitudinile în cadrul bazinului pornesc de la 1414m, ajung la 479m (Vișeu de Sus), la 418m (Leordina), 412m la confluența cu Ruscova și la doar 330m la Valea Vișeuului, debitele înregistrate fiind de $3,25\text{m}^3/\text{s}$ (Poiana Borșa), $7,25\text{m}^3/\text{s}$ (Vișeu de Sus), $16,2\text{m}^3/\text{s}$ (Leordina), $29,4\text{m}^3/\text{s}$ (Ruscova), pe fondul unor precipitații ridicate, de peste 1000mm/an (cele mai mici valori fiind la postul Leordina - 1005mm, cele mai ridicate la Poiana Borșa - 1246mm) cu densități de $0,7-1,0\text{km}/\text{km}^2$ în sectorul montan, unde și panta medie este ridicată (293-360m/km).

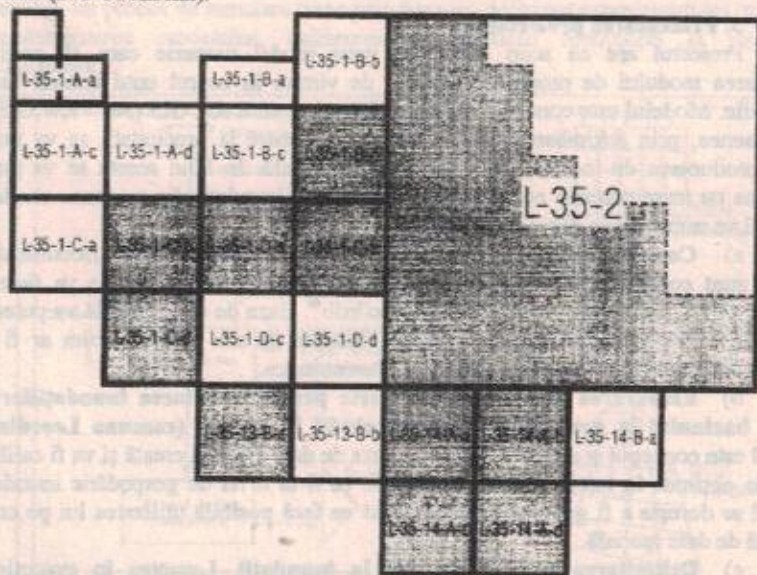


Figura 2. Foile de hartă care acoperă zona bazinului Vișeu

În ceea ce privește regimul de scurgere, cea mai mare scurgere se înregistrează primăvara (peste 40% din volumul mediu anual), iar cele mai mici scurgeri apar iarna în sectorul superior și toamna în bazinul inferior, pe Vaser și Ruscova, în vreme ce vara scurgerea se menține cam la 25-30%. Debitele maxime, care prezintă în cazul nostru un interes deosebit, au o origine mixtă, în parte din topirea zăpezilor iar pe de alta, din ploii. Durata medie a intervalului cu ninsori atinge

100-150 zile în Culuarul Vișeuului și peste această valoare în munți, grosimea păturii de zăpadă variind de la 70-80cm în culuar, la 300-350cm la munte. O caracteristică esențială a cursului superior constă în creșterea rapidă a debitelor medii, fenomen generat în mare parte de influența puternică a climei oceanice cauzată de întâlnirea, în această regiune, a două traiectorii ciclonice (dinspre Depresiunea Panonică și dinspre Marea Baltică), care determină reactivarea maselor de aer și precipitarea intensă. Suprapunerea unor ploi intense și de durată peste încălzirile ușoare din timpul anotimpul rece (ianuarie, februarie) dar suficiente pentru a topi o parte sau tot stratul de zăpadă au drept efect creșteri bruște și de amploare ale debitelor și automat creșterea riscului la inundații. În anul 1970, valorile debitului maxim au fost de $684\text{m}^3/\text{s}$ la Leordina și $1072\text{m}^3/\text{s}$ la Bistra. Surgerea maximă cu o asigurare de 1% este de $410\text{m}^3/\text{s}$ pentru Vișeuul de Jos, scurgerea maximă specifică fiind de 1000l/s/km^2 , aceasta fiind una dintre cele mai mari la nivel de țară (Ujvári, 1972).

3. Prezentarea proiectului

Proiectul are ca scop realizarea unui model numeric care să permită vizualizarea modului de propagare a undei de viitură în cadrul unui anumit bazin hidrografic. Modelul este conceput și utilizat în cadrul unui soft GIS (ArcView GIS®). De asemenea, prin schimbarea datelor inițiale privitoare la precipitații se va putea simula producerea de inundații în diferite cazuri limită. În felul acesta se va putea determina cu mare precizie zonele expuse riscului la inundații din regiunea studiată. Proiectul va urma 4 faze distincte și anume:

a) **Construirea bazei de date spațiale a bazinului Vișeu.** Documentele primare sunt constituite din hărți pe suport de hârtie, iar digitizarea se va face în ArcView GIS®, urmată de o prelucrare în Arc/Info®. Baza de date spațială va putea fi folosită în viitor și în cadrul unor proiecte, însoțite de alte atribute (cum ar fi de exemplu simularea proceselor de alunecare a terenului).

b) **Elaborarea unui model numeric pentru simularea inundațiilor la nivelul bazinului în general și a unei localități în special (comuna Leordina).** Modelul este conceput și dezvoltat folosind baza de date spațială creată și va fi calibrat pe datele obținute în teren. Gradul de precizie va fi la nivel de gospodărie inundată. Modelul se dorește a fi general, astfel încât să se facă posibilă utilizarea lui pe orice altă bază de date spațială.

c) **Delimitarea zonelor de risc la inundații.** Lansarea în execuție a modelului va produce pentru fiecare set de date de intrare câte o hartă cu delimitarea zonelor de risc la inundații. Acestea vor avea un caracter dinamic, în sensul că prin introducerea altor date de intrare (precipitații) se va obține o altă delimitare a zonelor inundabile, prin aceasta simulându-se diferite situații posibile. Modificarea datelor se va face în mod interactiv.

d) **Realizarea unei extensii ArcView GIS®.** Proiectul necesitând și alte funcții decât cele oferite de ArcView®3.2, este necesară scrierea unor programe (în Avenue™, limbajul nativ al ArcView), care se vor activa la lansarea în execuție a

proiectului. Pentru o utilizare facilă a proiectului este preferabilă elaborarea unei extensii care va conține comenzi hidrologice specifice în vederea exploatării modelului utilizând diferite date de intrare.

4. Conceptele de simulare și modelare în GIS

În general, simularea este o reprezentare a unor aspecte privind comportarea unui fenomen real sau abstract prin intermediul unui model. Simularea pe calculator este un proces care se desfășoară în urma lansării unui program realizat pe structura algoritmului generat de model, pe baza căruia se poate preciza comportarea sistemului real. Sistemul este aproape întotdeauna asociat cu procese imposibil sau neeconomic de testat în realitate (evaluarea riscurilor la procese industriale, determinarea zonelor de risc la inundații sau alunecări de teren etc.). Simularea este asociată aproape întotdeauna cu un fenomen dinamic (care prezintă variații în timp semnificative). În general, un proces de simulare trece prin 5 etape: definirea experimentului, modelarea, implementarea modelului, calibrarea și validarea modelului și interpretarea rezultatelor.

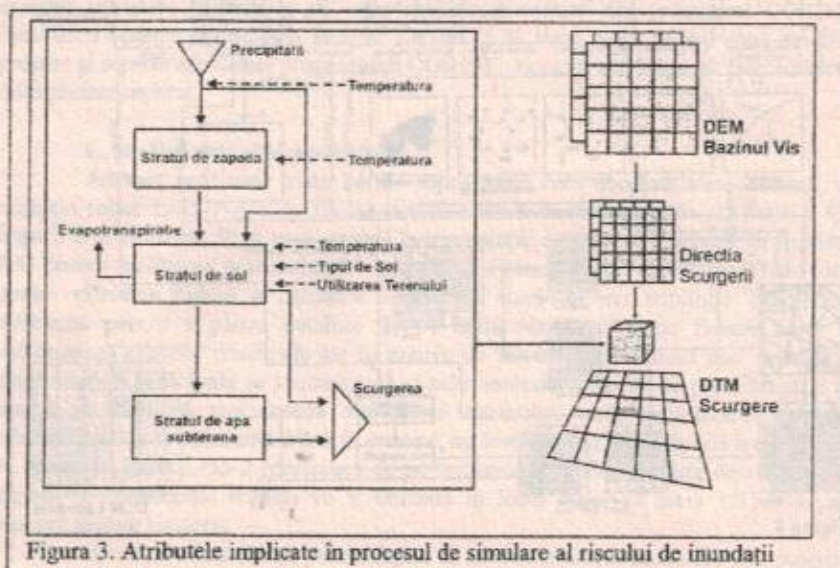
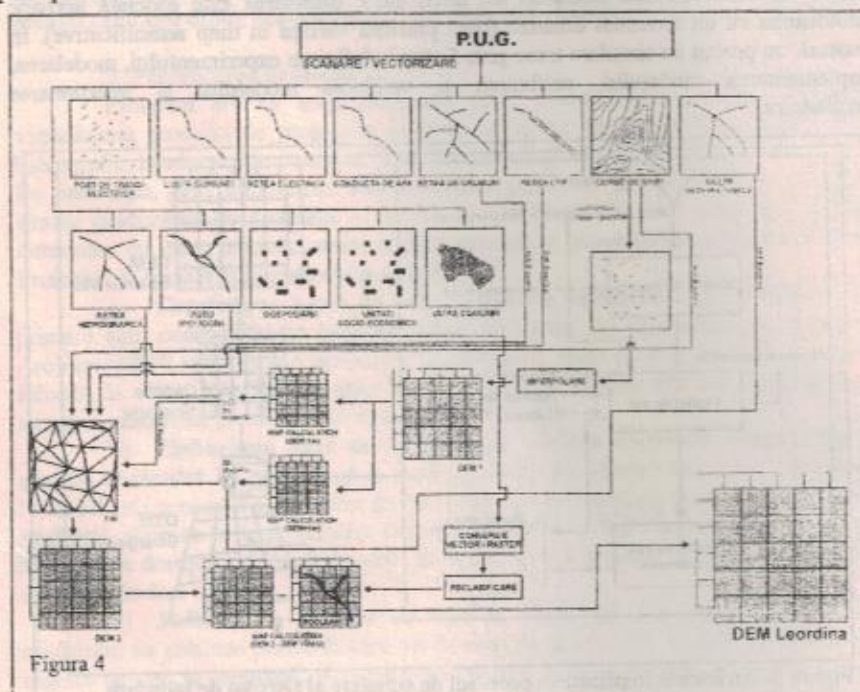


Figura 3. Atributele implicate în procesul de simulare al riscului de inundații

Noțiunea de bază a procesului de simulare îl constituie modelul. La modul cel mai general, un model poate fi definit ca fiind o reprezentare convențională a unui fenomen natural sau nu, în formă materială sau simbolică. În cele ce urmează, vom aborda doar modelele în formă simbolică. Când se construiește un model spațial (model conceput și realizat în cadrul unui GIS, având ca suport o bază de date spațială)

se vor defini unitățile geografice, specificațiile variabilelor și metoda cantitativă (algoritmul) folosită. În mare, un model spațial exprimă localizarea (unde), tema (ce), temporalitatea (când), relații între caracteristici (cum). Procesul de modelare în cadrul GIS implică operații asupra bazei de date spațiale și atribut și reprezintă obiectivul principal al analizei spațiale. Mai concret, modelarea GIS presupune combinarea unui set de mai multe straturi de date spațiale și atribut în intrare, parcurgerea unor secvențe de comenzi și / sau programe (care realizează prelucrări pe acestea) și o singură hartă în ieșire pentru un set de date acceptat. Procesul de prelucrare se bazează pe algoritmi stabiliți dinainte, considerați a priori corecți.

Acești algoritmi urmează a fi transpuși fie în comenzi ale produsului GIS (ArcView și Arc/Info în cazul nostru) sau în linii de program scrise în limbajul perceput de acel GIS (Avenuc în cazul nostru).



5. Elaborarea specificațiilor bazei de date geografice

Conceperea și realizarea unui model GIS se sprijină în totalitate pe baza de date spațială. Astfel, prima activitate în cadrul proiectării sistemului (după analiza de sistem) este crearea bazei de date spațiale (BDS). În proiectul nostru s-a început cu digitizarea hărților la scala 1:25.000 pentru întreg bazinul și la 1:5.000 pentru vatra

localității Leordina, constituind suportul pentru o analiză geografică. Rezultatul digitizării constituie straturi tematice ce compun BDS. În conformitate cu tehnologia GIS, BDS va fi asociată cu o bază de date atribut (BDA), date alfanumerice care descriu caracteristicile datelor spațiale, ansamblul celor două baze de date constituind ceea ce se numește în terminologia de specialitate o bază de date geografică (BDG). În final, BDS va cuprinde următoarele straturi: *topografia* (curbe de nivel) obținute prin scanarea și vectorizarea foilor de hartă care acoperă terenul; *rețeaua hidrografică*; *tipurile de soluri și litologia*; *răspândirea spațială a vegetației* va fi preluată din clasificarea imaginilor satelitare Landsat TM, iar *utilizarea terenului* va fi importată din baza de date CORINE.

Atributele asociate hărților topografice vor fi doar cotele asignate curbelor de nivel. La transformarea acestora în DEM rasterul rezultat va conține aceste atribute. Metodologia este aceeași pentru toate straturile care vor fi convertite în raster. Nu se vor folosi atribute suplimentare. Datele punctiforme referitoare la precipitațiile atmosferice și temperatura aerului vor fi interpolate în vederea transformării acestora sub formă de grid pentru a fi integrate în model.

După calibrarea modelului avem în intenție cuplarea datelor din BDS cu imagini satelitare precum și cu date spațiale provenite din programul CORINE. Facultatea noastră deține deja imagini Landsat 5 în stare brută pentru zona studiată, precum și o parte din datele programului CORINE. Această activitate va face subiectul unui proiect separat.

6. Stadiul actual al proiectului

Au fost procurate toate hărțile topografice care acoperă zona studiată, cu excepția foilor L-35-1-A-a, L-35-1-A-c și L-35-1-A-d. Fiecare foaie de hartă a fost împărțită în patru bucăți și apoi scanată la o rezoluție de 300dpi și salvată în formatul JPG pentru facilitarea procesului de vectorizare. Formatul JPG a fost considerat ideal pentru mărimea redusă a fișierelor salvate în acest fel, iar rezoluția aleasă este suficientă pentru a păstra detaliile de pe hartă vizibile. De pe fiecare hartă se vectorizează curbele principale iar în zonele de luncă, acestea fiind mai netede, pe lângă curbele principale se vectorizează și cele secundare. La fel se procedează și cu zonele cu o pantă mai netedă din cadrul bazinului, unde vectorizarea curbilor principale nu ar fi suficientă. Până în prezent, au fost vectorizate 10 foi de hartă (figura 3). Foaia de hartă L-35-2 (porțiunea de pe teritoriul României) există deja în format digital. În consecință, aceasta va fi utilizată în locul foilor la scara 1:25.000 care acoperă același teritoriu.

Leordina a fost aleasă pentru faptul că aceasta a fost comuna cea mai puternic afectată din cadrul bazinului în urma producerii inundațiilor din anul acesta (2001). A fost scanată harta provenită din Planul Urbanistic General al comunei (scara 1:5.000) la o rezoluție de 400dpi și salvată în format TIF (format de 1 bit). Au fost vectorizate toate straturile existente. De asemenea, au fost vectorizate curbele principale și în zona de luncă urmând ca în viitor să se efectueze ridicări GPS în zona luncii, pentru

ameliorarea preciziei. Curbele de nivel au fost folosite în procesul de realizare a modelului digital de elevație prin crearea unei rețele de triunghiuri neregulate (TIN) în cadrul extensiei ArcView 3D Analyst®. Modelul TIN obținut a fost convertit în format GRID, acestuia din urmă aplicându-i-se corecturi în zona cursului râului Vișeu și al afluentului său Ruscova. Metodologia obținerii modelului digital de elevație al comunei Leordina este prezentată schematic în figura 4.

BIBLIOGRAFIE

1. Bates P. D., Horitt M., Smith C., Mason D. (1997) – *Integrating remote sensing observations of flood hydrology and hydraulic modelling*, Hydrological Process, 11, 1777-1795.
2. Bates P. D., Stewart M. D., Siggers G. B., Smith C., Hervouet J. M., Sellin R. H. J. (1998) – *Internal and external validation of a two-dimensional finite element model for river flood simulation*, Proceedings of the Institution of Civil Engineering, Water Maritime and Energy, 130, 127-141.
3. Ervine D. A., MacCleod (1999) – *Modelling a river channel with distant floodbanks*, Proceedings of the Institution of Civil Engineering, Water Maritime and Energy, 136, 21-33.
4. Fread D. L. (1993) – Maidment D. R. (Ed.) *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York (chap. 10).
5. Posea G., Moldovan C., Posea A. (1980) – *Județele patriei – Județul Maramureș*, Edit. Academiei R.S.R., București.
6. Samuels P. G. (1990) – *Cross section location in one-dimensional models*, International Conference on River Flood Hydraulics, Wiley, Chichester, 339-350.
7. Thomas T. G., Williams J. J. R. (1995) – *Large eddy simulation of turbulent flow in an asymmetric compound open channel*, Journal of Hydraulic Research, 33, 27-41.
8. Ujvári I. (1972) – *Geografia apelor României*, Edit. Științifică, București.
9. Younis B. A. (1996) – *Progress in turbulence modelling for open channel flows*, in: Anderson M.G., Walling D. E., Bates P. D. (Eds.) – *Floodplain Processes*, Wiley, Chichester, 299-332.