

TITLUL TEZEI

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie Civilă și Instalații

autor ing. Copăcean Loredana

conducător științific Prof.univ.emerit dr.ing. Man Eugen Teodor, în co-tutelă cu
Prof.univ.dr.ing. Herban Sorin Ioan

Scopul tezei de doctorat intitulată „*Metode avansate bazate pe GIS și teledetecție pentru evaluarea și estimarea susceptibilității la inundații și eroziune, în amenajările hidrotehnice și hidroameliorative. Studii de caz: bazinul hidrografic Crișul Alb*” este implementarea și aplicarea unor fluxuri de lucru bazate pe metode avansate de GIS și teledetecție pentru trei direcții principale de cercetare: analiza fizico-geografică detaliată a bazinului, evaluarea și estimarea susceptibilității la inundații și eroziune și modelarea hidrologică și hidraulică.

Pentru realizarea scopului propus, au fost stabilite principalele obiective specifice ale cercetărilor:

- caracterizarea fizico-geografică, hidrologică și a dinamicii modului de utilizare a terenului în bazinul Crișului Alb;
- estimarea susceptibilității la inundații în bazinul Crișului Alb;
- modelarea spațială a eroziunii solului prin tehnici GIS;
- aplicarea tehnicilor de modelare hidrologică și a modelării hidraulice.

Aceste obiective urmăresc să integreze noile tehnologii și tehnici de analiză geospațială într-un model complex, capabil să ofere soluții pentru gestionarea riscurilor naturale într-un mod sustenabil și eficient, în bazinul Crișului Alb.

Teza de doctorat cu titlul „Metode avansate bazate pe GIS și teledetecție pentru evaluarea și estimarea susceptibilității la inundații și eroziune, în amenajările hidrotehnice și hidroameliorative. Studii de caz: bazinul hidrografic Crișul Alb” este structurată în două părți principale, în conformitate cu specificațiile metodologice actuale: Stadiul actual al cercetărilor în domeniul temei și Rezultatele cercetărilor proprii.

Partea I-a, „Stadiul actual al cercetărilor în domeniul temei” este structurată în trei capitole și oferă o sinteză a principalelor cercetări, teorii și contribuții relevante din literatura de specialitate.

Primul capitol, intitulat „**Introducere și probleme generale**” este organizat în patru secțiuni principale, fiecare abordând aspecte esențiale ale cercetării.

„**Justificarea actualității temei de cercetare**” este dată de necesitatea utilizării tehnicilor GIS și a mijloacelor de teledetecție pentru evaluarea riscurilor de inundații și eroziune în bazinul Crișului Alb, un teritoriu vulnerabil la fenomene hidrogeomorfologice extreme. Astfel, tehnologiile moderne facilitează gestionarea sustenabilă a resurselor naturale și sprijină implementarea de politici eficiente pentru protecția comunităților.

„**Obiectivele tezei de doctorat și raportarea acestora la cercetările existente**” se concentrează pe utilizarea tehnologiilor avansate de GIS și teledetecție pentru analiza geospațială a teritoriului bazinal, dar și pentru evaluarea riscurilor de inundații și eroziune în bazinul Crișul Alb. Teza aduce contribuții originale prin integrarea de date statistice și geospațiale complexe și propune un cadru replicabil, cu aplicabilitate în gestionarea durabilă a

resurselor naturale și a riscurilor hidrogeomorfologice.

În sub-capitolul "*Evenimente hidrogeomorfologice de risc major. Definiții, impact și relevanță în contextul schimbărilor climatice*" se subliniază importanța studierii fenomenelor hidrogeomorfologice precum inundațiile și eroziunea, a căror frecvență și intensitate cresc pe fondul schimbărilor climatice, acestea având impact semnificativ asupra mediului și societății și necesitând măsuri integrate de gestionare a riscurilor.

Ultima parte a primului capitol al lucrării, intitulată „*Norme legislative aplicabile în România, în domeniul îmbunătățirilor funciare, apelor și protecției mediului*” prezintă evoluția și armonizarea legislației românești cu cerințele europene, acoperind reglementările fundamentale în aceste domenii.

Capitolu 2 al tezei abordează „**Inundațiile la nivel global și regional: mecanisme, distribuție geografică și estimări geomatice**”. Acest capitol este structurat în cinci secțiuni.

Secțiunea „*Mecanisme și factorii care contribuie la producerea inundațiilor*” descrie în detaliu mecanismele și factorii care stau la baza producerii inundațiilor, incluzând etapele de apariție, acumulare și manifestare și analizează influențele naturale și antropice, cum ar fi precipitațiile extreme, topirea zăpezilor, schimbările climatice, modificările în utilizarea terenurilor și eroziunea solului, care contribuie la riscul crescut, cu impact asupra mediului și societății umane.

Sub-capitolul „*Analiza globală a inundațiilor*” explorează impactul global și frecvența crescută a inundațiilor în ultimele decenii, evidențiind distribuția geografică a acestor fenomene la nivel global și regional și oferind exemple recente de evenimente cu impact catastrofal.

Secțiunea „*Riscurile de inundații în România*” descrie vulnerabilitatea țării în fața inundațiilor frecvente și devastatoare, analizând regiunile expuse, istoricul inundațiilor și măsurile autorităților române pentru prevenirea și gestionarea riscurilor.

Secțiunea „*Lucrări hidrotehnice și de îmbunătățiri funciare pentru prevenirea și combaterea efectelor inundațiilor*” descrie măsurile tehnice esențiale pentru protejarea comunităților și a infrastructurii, incluzând baraje, diguri, canale de derivare, lucrări de drenaj și împădurire, care contribuie la controlul inundațiilor și gestionarea resurselor de apă.

Ultima secțiune a Capitolului 2 al lucrării, „*Tehnici și metode geomatice de analiză și predicție a inundațiilor*” descrie multiple metode moderne, bazate pe GIS, teledetecție și algoritmi de învățare automată, utilizate pentru evaluarea riscului, monitorizarea și predicția inundațiilor, evidențiind importanța acestor tehnici și tehnologii în hidrologie și gestionarea dezastrelor naturale.

Capitolu 3 al tezei abordează „**Eroziunea, la nivel global și regional: mecanisme, distribuție geografică și estimări geomatice**”. Acest capitol este structurat în șase secțiuni.

Secțiunea „*Mecanisme și factorii care contribuie la producerea eroziunii*” explică procesele naturale și antropice ale eroziunii solului, subliniind contribuția precipitațiilor, vântului, structurii solului, vegetației și activităților umane (defrișări, agricultură intensivă, urbanizare) la producerea și/sau accelerarea acestui fenomen, cu efecte negative asupra ecosistemelor și infrastructurii.

„*Analiza globală a eroziunii*” prezintă diferite tipuri de eroziune a solului și subliniază impactul activităților umane (agricultură intensivă, defrișări, pășunat excesiv, urbanizare), la amplificarea acestui fenomen natural, la nivel global, fenomen care afectează fertilitatea, productivitatea agricolă, ecosistemele și accentuează schimbările climatice,

În secțiunea „*Analiza riscurilor de eroziune în Europa*” se evidențiază faptul că eroziunea solului este o problemă semnificativă a acestui continent și afectează în mod deosebit regiunile mediteraneene, regiunile montane și cele cu agricultură intensivă, punând în pericol productivitatea agricolă, stabilitatea ecologică și mediul antropic.

În sub-capitolul „*Riscurile de eroziune în România*” se specifică faptul că aproximativ 43% din terenurile agricole ale țării sunt expuse riscului de eroziune a solului, cu o rată medie

de 2.98 t/ha/an, iar schimbările climatice pot amplifica aceste rate în următoarele decenii, mai ales în regiunile deluroase și de podiș, subliniind necesitatea măsurilor de conservare a solului.

În secțiunea „*Lucrări de îmbunătățiri funciare pentru prevenirea și combaterea efectelor eroziunii solului*” sunt descrise metode și lucrări specifice, adaptate diferitelor tipuri de terenuri (arabil, plantații, pășuni), având ca obiectiv reducerea pierderilor de sol, creșterea fertilității și protejarea infrastructurii.

Secțiunea „*Tehnici și metode geomatice de analiză și predicție a eroziunii*” detaliază diverse modele, bazate pe tehnici geomatice, utilizate pentru evaluarea eroziunii solului, inclusiv modelele empirice USLE și RUSLE, modelele conceptuale AGNPS și SWAT și modele orientate pe procese ca WEPP, precum și modelul ROMSEM conceput pentru condițiile din România.

Partea a II-a tezei de doctorat prezintă „**Rezultatele cercetărilor proprii**”, expuse în patru capitole.

Capitolul 4 al lucrării este denumit „**Modele și tehnici geospațiale în studiul integrat al bazinului Crișul Alb**” și este structurat în șase secțiuni.

Prima secțiune a Capitolului 4, face referire la „**Scop și obiective**” ale cercetărilor.

Scopul cercetărilor din această secțiune a lucrării este de a dezvolta și aplica un model complex de analiză geospațială, utilizând tehnici GIS și mijloace de teledetecție, pentru a înțelege dinamica mediului fizico-geografic, hidrografic și al utilizării terenurilor în bazinul Crișului Alb.

Obiectivele specifice ale cercetărilor din acest capitol, se referă la:

- încadrarea în zonă a bazinului Crișul Alb;
- interacțiunea climatică în fenomenele de risc hidrogromorfologic;
- analiza pedologică și a riscurilor hidrogromorfologice asociate;
- evaluarea hidrografică a bazinului Crișului Alb;
- monitorizarea și cartografierea schimbărilor în utilizarea terenurilor;
- scenarii în viitoarea utilizare a terenurilor pentru anul 2035;
- analiza impactului schimbărilor în utilizarea terenurilor.

„**Materiale și metode**” este secțiunea în care se detaliază datele geospațiale și statistice (DEM, limite bazinale, rețea hidrografică, cantități de precipitații și seturi de date Corine Land Cover) și software-urile utilizate (ArcGIS și TerrSet) pentru caracterizarea detaliată a bazinului Crișul Alb și analiza spațio-temporală a modului de utilizare a terenului. Procesarea datelor s-a realizat prin metode GIS, pe baza cărora au fost generate hărți tematice și prognoze ale dinamicii utilizării terenului pentru anul 2035.

„**Analiza teritorială a bazinului hidrografic Crișul Alb utilizând metode GIS**” arată că acest bazin, situat în vestul României, acoperă o suprafață de 422.798 ha și are un perimetru de 521.965 m. Altitudinile variază între 82 - 1587 m (Munții Bihorului), cu o medie de 323 m. Pe teritoriul bazinului, relieful este variat: zonele de câmpie și deal predomină în jumătatea vestică, iar cea estică este dominată de munți și păduri.

Climatul variază în funcție de altitudine: zonele montane ale bazinului au temperaturi medii multianuale de 4 - 6°C și cantități de precipitații medii multianuale de peste 1000 mm/an, iar zonele de câmpie au valori termice de 10 - 11°C și precipitații de 500 - 600 mm anual. Distribuția spațio-temporală a precipitațiilor pe suprafața bazinală, influențează frecvența și comportamentul fenomenelor hidrologice de risc (viituri, inundații).

Tipurile de sol variază de la cernoziomuri (15%), localizate în zonele joase, la districambosoluri (14%), identificate în dealuri înalte și munți. Solurile argiloase prezintă un risc ridicat de inundații din cauza capacității lor mari de retenție a apei, iar cele nisipoase sunt susceptibile la eroziune din cauza porozității ridicate.

„**Evaluarea hidrografică și istorică a bazinului râului Crișul Alb**” arată importanța acestuia în vestul României, cu o lungime de 234 km și o rețea hidrografică de 103 râuri care

însurează o lungime de 1.667 km. Râul Crișul Alb este alimentat de 42 de afluenți de ordin II (694 km), 48 de ordin III (558 km), 10 de ordin IV (103 km) și un afluent de ordin V (6 km), la care se adaugă Canalul Morilor, cu lungimea de 103 km. Evenimentele hidrogeomorfologice majore (din anii 1970, 1981, 1995, 2000, 2005, 2006, 2014), evidențiază necesitatea unei gestiuni atente pentru protejarea infrastructurii și a resurselor naturale.

La nivel de bazin, lucrările de îmbunătățiri funciare, realizate din perioada interbelică până în prezent, au vizat desecări, irigații și modernizări pentru prevenirea inundațiilor și sprijinirea agriculturii.

În secțiunea „*Tendențe și proiecții în utilizarea terenurilor*” s-a demonstrat că bazinul Crișului Alb a suferit modificări notabile în utilizarea terenurilor între 1990 și 2018, cu o creștere semnificativă a terenurilor arabile (+18.150 ha), în zonele de câmpie și dealuri joase și o expansiune a suprafețelor împădurite (+6.089 ha), în zonele premontane și montane. Pajiștile, componente importante ale fondului funciar, au cunoscut fluctuații semnificative, la nivelul intervalului analizat, sub impulsul diferitelor programe de finanțare și politici agricole.

Prognozele pentru anul 2035 indică o creștere a terenului arabil (+10,24%) și a suprafețelor împădurite (+1,36%), alături de scăderea pajiștilor (-5,97%), culturilor complexe (-63,82%) și terenurilor agricole cu vegetație naturală (-21,71%).

Utilizarea tehnologiilor GIS și a datelor de teledetecție au permis dezvoltarea unui model complex pentru analiza bazinului Crișului Alb, oferind o înțelegere detaliată a dinamicii geografice și hidrologice, cu implicații în producerea și manifestarea fenomenelor de risc hidrogeomorfologic.

Capitolul 5 al lucrării este denumit „**Metode avansate de estimare a susceptibilității la inundații bazate pe GIS și teledetecție, în contextul îmbunătățirilor funciare. Studiu de caz: bazinul Crișul Alb**” și este structurat în opt secțiuni.

Scopul cercetărilor din această secțiune a lucrării este de a aplica un model complex de analiză spațială, care integrează GIS, datele de teledetecție și Analytic Hierarchy Process (AHP), pentru a identifica și cartografia zonele susceptibile la inundații, în bazinul hidrografic al Crișului Alb.

Dintre *obiectivele specifice* pot fi menționate:

- colectarea și prelucrarea datelor spațiale;
- implementarea și adaptarea modelului AHP;
- analiza spațială și modelarea susceptibilității la inundații;
- reprezentarea cartografică;
- propunerea unor măsuri de management și politici pentru reducerea riscului de inundații în zonele identificate.

În secțiunea „*Materiale și metode*” sunt descrise datele și software-urile folosite pentru analiza susceptibilității la inundații în bazinul Crișul Alb. S-au utilizat diverse seturi de date, precum DEM, precipitațiile medii din perioada 2013-2022, imagini satelitare Sentinel 2A, rețeaua hidrografică și datele Corine Land Cover, ediția 2018. Datele au fost procesate cu ESA SNAP, ArcGIS și QGIS.

Metodologia bazată pe MCDA și AHP a integrat cinci criterii (hidrologic, morfometric, permeabilitatea terenului, utilizarea terenului și criteriul antropic), exprimate prin intermediul a zece factori: precipitațiile atmosferice, densitatea drenajului, elevația, panta terenului, distanța față de râuri, topografia, tipurile de sol, modul de utilizare a terenului, gradul de acoperire cu vegetație și distanța față de drumuri. Acești factori au fost reprezentați prin hărți raster cu rezoluția spațială la 25 m, în proiecția Stereografică 1970. Hărțile au fost reclasificate în cinci niveluri de susceptibilitate (de la foarte scăzut, la foarte mare), iar ponderea fiecărui factor a fost determinată prin metoda AHP. Harta finală a zonelor susceptibile la inundații a fost obținută prin combinarea celor zece factori, prin instrumentul Weighted Overlay din ArcGIS.

„*Analiza geospațială a factorilor contributori la inundații*” a presupus evaluarea pe baza celor zece factori relevanți. Precipitațiile, cu maxime cuprinse între 923 - 1048 mm, în

zonele montane și densitatea drenajului, mai mare în sud și nord (1.8 - 3.1 km/km²), cresc susceptibilitatea la inundații. Altitudinea joasă (82 - 206 m) și pantele reduse (0 - 4°) favorizează acumularea apei, iar distanțele mici față de râuri (0 - 100 m) amplifică riscul. Zonele cu valori ridicate ale TWI (14.8 - 33.3) și solurile argiloase prezintă o permeabilitate redusă, în timp ce terenurile agricole și zonele slab vegetate sunt mai vulnerabile. Terenurile situate la distanțe între 0 - 50 m față de drumuri au risc mai mare de inundații decât cele la peste 300 m distanță.

În secțiunea „**Ponderarea factorilor relevanți prin AHP**”, evaluarea susceptibilității la inundații în bazinul Crișului Alb se realizează prin atribuirea unor ponderi specifice celor 10 factori principali, unde distanța față de râuri (14%), TWI, respectiv umiditatea peisajului (14%) și precipitațiile (13%) au cel mai mare impact, fiind urmați de precipitații (13%), elevație (12%) și panta terenului (10%). Ceilalți factori, precum densitatea drenajului (9%) și tipurile de sol (9%), contribuie moderat în procedura de estimare a susceptibilității la inundații.

„**Estimarea susceptibilității la inundații în bazinul Crișul Alb**” arată că 61% din suprafața bazinului este clasificată în clasa terenurilor cu susceptibilitate moderată la inundații, în special în zonele de dealuri joase și câmpie, în timp ce 25% are risc scăzut, iar 12% și 2% prezintă susceptibilitate mare și foarte mare, zonele cele mai expuse fiind cele depresionare și câmpiile joase unde sunt situate numeroase așezări și terenuri agricole vulnerabile.

„**Analiza impactului potențial al inundațiilor asupra claselor de utilizare a terenului**” arată că, din totalul de 422,103 hectare analizate, majoritatea suprafețelor sunt expuse unui risc moderat de inundații (64%), cu zone construite și terenuri arabile predominant expuse la risc moderat și mare (71-76% risc moderat și 24-27% risc mare), plantații viticole și pomicole expuse în principal la risc scăzut și moderat (53-81% risc moderat). Această situație subliniază necesitatea implementării unor măsuri de protecție și gestionare adaptate fiecărei categorii de utilizare a terenului.

Secțiunea „**Măsuri de management pentru reducerea riscului de inundații**”, în bazinul Crișul Alb, prezintă unele dintre cele mai importante măsuri, precum: reabilitarea infrastructurii hidrotehnice și construcția de noi structuri de protecție; managementul solului și vegetației prin practici agricole sustenabile; reîmpădurirea; planificarea și zonarea teritorială pentru a evita construcțiile în zonele cu risc ridicat; implementarea unor sisteme de monitorizare și alertă timpurie; educarea și informarea publicului; colaborarea interinstituțională eficientă; susținerea cercetării și dezvoltării în domeniul tehnologiilor avansate de gestionare a inundațiilor.

Studiul realizat asupra bazinului Crișul Alb, evidențiază o vulnerabilitate semnificativă la inundații în zonele de câmpie și depresiuni. În aceste zone, măsurile de prevenire și gestionare a inundațiilor sunt esențiale pentru protejarea comunităților și a resurselor naturale.

Capitolul 6 al lucrării este intitulat „**Modelarea spațială a eroziunii solului prin tehnici GIS, cu aplicații pentru îmbunătățirile funciare. Studiu de caz: bazinul Crișul Alb**” și este structurat în șapte secțiuni.

Scopul cercetărilor din această secțiune a lucrării a fost aplicarea unui model complex de analiză spațială, bazat pe tehnici GIS, pentru a identifica zonele susceptibile la eroziunea în suprafață a solului și de a stabili intensitatea acestui fenomen, în diferite subzone ale bazinului Crișul Alb, în vederea furnizării de soluții de îmbunătățiri funciare.

Dintre **obiectivele specifice** ale cercetărilor pot fi menționate:

- colectarea și procesarea datelor spațiale și statistice (descriptive) relevante pentru bazinul Crișul Alb;
- aplicarea și calibrarea modelului de eroziune a solului;
- analiza spațială a susceptibilității la eroziune;
- evaluarea impactului eroziunii asupra terenurilor agricole și neagricole;
- propunerea de măsuri pentru îmbunătățirile funciare și gestionarea durabilă a terenurilor.

În secțiunea „**Materiale și metode**” se specifică materialele, software-urile și metodele de lucru aplicate în elaborarea cercetărilor.

Datele utilizate în cadrul cercetărilor din acest capitol al lucrării includ date climatice, date pedologice, Modelul Digital de Elevație și imagini satelitare Sentinel 2, procesate cu software-uri specializate precum ESA SNAP, ArcGIS și QGIS.

Pentru estimarea eroziunii în suprafață a solului s-a aplicat Ecuația Universală a Eroziunii Solului (USLE), particularizată pentru zona de studiu, care implică cinci factori: R (erozivitatea precipitațiilor), K (erodabilitatea solului), LS (factorul topografic), C (factorul de utilizare a terenului) și P (factorul de combatere a eroziunii). Fiecare factor a fost spațializat sub formă de hărți raster cu rezoluție spațială la 25 m. Prin combinarea celor cinci factori în mediul GIS, s-a obținut harta susceptibilității la eroziunea solului, la nivelul bazinului, clasificată în cinci clase de intensitate: foarte scăzută ($<3 \text{ t ha}^{-1}\text{an}^{-1}$), scăzută ($3.1 - 10 \text{ t ha}^{-1}\text{an}^{-1}$), moderată ($11 - 20 \text{ t ha}^{-1}\text{an}^{-1}$), mare ($21 - 40 \text{ t ha}^{-1}\text{an}^{-1}$) și foarte mare ($>41 \text{ t ha}^{-1}\text{an}^{-1}$).

„Modelarea spațială și analiza factorilor contributivi la eroziunea solului” a presupus estimarea pierderilor medii anuale de sol pe baza unor factori precum erozivitatea precipitațiilor (R), care în zona studiată variază între $275.85 - 571.59 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{an}^{-1}$, cu valori mai mari în regiunile montane și erodabilitatea solului (K), încadrată între $0.04 - 0.6 \text{ t ha}^{-1}\text{MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$, cu un maxim în apropierea râurilor. Topografia terenului (LS) prezintă valori între $0 - 16.56$, fiind mai ridicată în zonele cu pante abrupte, în timp ce utilizarea terenului (C), cuprinsă între $0.03 - 1.41$, are valori maxime în câmpie și minime în pădurile montane. Factorul P (practicile de conservare) are valori între $0.2 - 5.2$, cele mai mari în zonele de deal și munte.

În secțiunea **„Estimarea susceptibilității la eroziunea în suprafață a solului în bazinul Crișul Alb”** s-a estimat o rată medie de eroziune a solului de 2.60 t/ha/an , mai mică decât valorile estimate de alte studii, la nivel național (2.98 t/ha/an). Distribuția eroziunii variază, cu valori între 0 t/ha/an și peste 41 t/ha/an . Clasificarea terenurilor arată că 74% dintre acestea au o rată de eroziune foarte scăzută (sub 3 t/ha/an), 14% au rate scăzute ($3.1 - 10 \text{ t/ha/an}$), 7% moderate și 4% ridicate și foarte ridicate (peste 21 t/ha/an). Zonele premontane și montane, cu cantități mari de precipitații și terenuri cu pante accentuate, prezintă cele mai mari rate medii anuale ale eroziunii.

„Evaluarea impactului eroziunii în profil teritorial” arată că, eroziunea solului, accentuată de activități umane, afectează diferit zonele montane și de câmpie, având impact asupra agriculturii și infrastructurii. Zonele montane sunt cele mai expuse din cauza pantelor și precipitațiilor, iar în câmpie eroziunea este mai redusă ($0 - 3 \text{ t/ha/an}$).

În bazinul râului Crișul Alb, majoritatea subbazinelor au rata medie de eroziune foarte scăzută ($0 - 3 \text{ t/ha/an}$), cum ar fi Valea Nouă Chiser (100%) și Trei Holamburi (99%), însă există și subbazine cu rata medie de eroziune mare ($21 - 40 \text{ t/ha/an}$), cum este Valea Laptelui și foarte mare ($>41 \text{ t/ha/an}$) în Valea Satului (5%).

Secțiunea **„Măsuri de management pentru reducerea efectelor și combaterea eroziunii solului”** include cele mai importante măsuri, precum: gestionarea precipitațiilor prin terase și baraje mici, reducerea erodabilității prin ameliorarea solului și tehnici de arat conservativ și gestionarea topografiei prin terasare și rigole pe pante abrupte. Alte acțiuni vizează rotația culturilor, conservarea prin agricultura în benzi, monitorizarea continuă a eroziunii și educația comunităților, alături de reglementări stricte și stimulente financiare pentru conservarea solului și a resurselor naturale.

Intervențiile adaptate specificului local și susținute prin educație și politici sunt esențiale pentru protejarea solului și menținerea productivității agricole.

Capitolul 7 al lucrării este intitulat **„Aplicarea metodelor geospațiale și a modelării hidraulice în studiul bazinelor hidrografice”** și este structurat în cinci secțiuni.

Scopul cercetărilor din această secțiune poate fi scindat în două direcții principale. Prima direcție de cercetare a presupus aplicarea unor modele geospațiale de analiză hidrologică, în bazinul râului Cigher, afluent al Crișului Alb, pentru determinarea caracteristicilor esențiale referitoare la: direcția de curgere a apei, acumularea apei, identificarea rețelei hidrografice, delimitarea bazinelor, etc. Cea de-a doua direcție de cercetare a presupus aplicarea tehnicilor

de modelare hidraulică unidimensională, pe un tronson al râului Cigher, pentru modelarea fluxului de apă, în diferite scenarii.

Obiectivele specifice au fost:

- determinarea direcției de curgere a apei în bazinul râului Cigher, utilizând un Model Digital de Elevație (DEM) cu rezoluție de 25 m;
- determinarea punctelor de acumulare a apei la nivel de bazin, cu scopul de a contura rețeaua hidrografică;
- corectarea și validarea rezultatelor obținute prin modelele geospațiale, prin compararea acestora cu datele existente și prin ajustarea modelului pentru a minimiza erorile;
- identificarea și delimitarea rețelei hidrografice și a subbazinelor hidrografice din cadrul bazinului râului Cigher, pe baza analizei spațiale și a tehnicilor de interpretare a datelor geospațiale;
- aplicarea tehnicilor de modelare hidraulică unidimensională pe un tronson al râului Cigher, pentru a simula fluxul de apă în diverse scenarii hidrologice și pentru a evalua comportamentul hidraulic al râului.

În secțiunea „**Materiale și metode**” se specifică materialele, software-urile și metodele de lucru aplicate în elaborarea cercetărilor.

Au fost utilizate diverse seturi de date: date hidrologice și modele digitale de elevație (DEM) cu rezoluții la 25 m și 1 m, inclusiv ridicări topografice de detaliu și imagini aeriene (UAV). Procesarea datelor s-a realizat în ArcGIS și HEC-RAS.

Metodologia include două etape: modelarea hidrologică (pe DEM la 25 m) și modelarea hidraulică (pe DEM la 1 m). Modelarea hidrologică a implicat determinarea direcției de curgere și a acumulărilor posibile, generarea rețelei hidrografice și delimitarea bazinului și subbazinelor componente. Modelarea hidraulică a fost aplicată pe un sector de 18.3 km al râului Cigher, cu patru scenarii de simulare (S1 – S4) pentru diferite debite (8 m³/s, 23 m³/s, 41 m³/s, 60 m³/s) și niveluri (3 m, 3.2 m, 3.35 m, 3.5 m). Modelul a fost rulat sub regim subcritic, iar interpretarea rezultatelor s-a realizat tabelar, grafic și cartografic.

În secțiunea „**Etape și metode de modelare hidrologică prin GIS. Studiu de caz: bazinul Cigher**” s-a utilizat un DEM la 25 m rezoluție spațială, cu altitudini între 95 - 792 m, pentru analiza direcției și acumulării scurgerii apei. DEM-ul corectat a fost utilizat pentru a determina direcția de curgere prin algoritmul D8 și acumulările posibile. După aplicarea corecțiilor specifice, s-a determinat rețeaua hidrografică, ierarhizată prin metoda Strahler. Delimitarea bazinelor și subbazinelor finalizează modelarea, esențială pentru caracterizarea hidrologică și hidrografică, în vederea gestionării resurselor de apă.

Următoarea secțiune a lucrării cuprinde „**Etape și metode de modelare hidraulică pentru analiza curgerii permanente. Studiu de caz: râul Cigher**”. Studiul aplicat pe un tronson al râului Cigher (18,3 km) utilizează modelarea hidraulică unidimensională cu software-ul HEC-RAS pentru a analiza curgerea apei constantă în timp (Steady Flow Analysis). Scenariile de simulare (S1 - S4) includ debite de 8, 23, 41 și 60 m³/s și niveluri ale apei între 3 și 3,5 m, corespunzând unor intervale de revenire de 1, 5, 10 și 15 ani. Cele 32 de secțiuni transversale trasate în HEC-RAS arată variații în morfologia râului și permit calculul parametrilor esențiali, cum ar fi viteza apei și aria de curgere. În scenariul maxim (S4), aria de curgere ajunge la 67,43 m², iar viteza apei crește la 2,53 m/s în secțiunea ST1.

Modelarea indică puncte critice de potențială eroziune și zone inundabile extinse în scenariile cu debite mari (S3 și S4), ceea ce subliniază necesitatea măsurilor de prevenire a inundațiilor în segmentele vulnerabile.

Integrarea metodelor GIS și a modelării hidraulice oferă o abordare complexă și riguroasă pentru predicția fenomenelor de risc și gestionarea durabilă a resurselor hidrologice, contribuind la o planificare mai precisă și adaptată schimbărilor climatice și socio-economice.

În concluzie, cercetările realizate au oferit o bază solidă pentru înțelegerea dinamicii riscurilor de inundații și eroziune în bazinul Crișul Alb, iar recomandările propuse vor ghida

direcțiile viitoare de cercetare și dezvoltarea unor soluții eficiente pentru gestionarea durabilă a resurselor naturale și protecția mediului în contexte similare.

Cercetările realizate în această lucrare deschid noi perspective în analiza geospațială avansată, oferind o bază solidă pentru viitoare studii dedicate evaluării riscurilor de inundații și eroziune în bazine hidrografice.

Bibliografie selectivă

1. Abdullah M.F., Siraj S., Hodgett R.E. (2021), An Overview of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Application in Managing Water-Related Disaster Events: Analyzing 20 Years of Literature for Flood and Drought Events, *Water*, 13, 1358, <https://doi.org/10.3390/w13101358>
2. Al Shoumik B.A., Khan M.Z., Islam M.S. (2023), Soil erosion estimation by RUSLE model using GIS and remote sensing techniques: A case study of the tertiary hilly regions in Bangladesh from 2017 to 2021. *Environ Monit Assess* 195, 1096, <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11699-4>
3. Annis A., Nardi F., Petroselli A., Apollonio C., Arcangeletti E., Tauro F., Belli C., Bianconi R., Grimaldi S. (2020), UAV-DEMs for Small-Scale Flood Hazard Mapping. *Water*, 12, 1717. <https://doi.org/10.3390/w12061717>
4. Balabathina V.N., Raju R.P., Muluaem W., Tadele G. (2020), Estimation of soil loss using remote sensing and GIS-based universal soil loss equation in northern catchment of Lake Tana Sub-basin, Upper Blue Nile Basin, Northwest Ethiopia. *Environ Syst Res.*, 9, 35, <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00203-3>
5. Bathrellos G.D., Skilodimou H.D., Soukis K., Koskeridou E. (2018), Temporal and Spatial Analysis of Flood Occurrences in the Drainage Basin of Pinios River (Thessaly, Central Greece), *Land*, 7, 106, <https://doi.org/10.3390/land7030106>
6. Bessar M.A., Matte P., Anctil F. (2020), Uncertainty Analysis of a 1D River Hydraulic Model with Adaptive Calibration, *Water*, 12, 561, <https://doi.org/10.3390/w12020561>
7. Borrelli P., Alewell C., Alvarez P., Anache J., Baartman J., Ballabio C., Bezak N., Biddoccu M., Cerdà A., Chalise D., Chen S., Chen W., De Girolamo A., Gessesse G.D., Deumlich D., Diodato N., Efthimiou N., Erpul G., Fiener P., Panagos P. (2021), Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis, *Science of The Total Environment*, 146494, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>
8. Copacean L., Man E.T., Herban S., Popescu C.A., Cojocariu L. (2024), Estimating flood susceptibility based on GIS and remote sensing. Case study: Hydrographic Basin of Crișul Alb river, *Present Environment & Sustainable Development*, 18(1), 121-140, DOI: <https://doi.org/10.47743/pesd2024181009>
9. Das J., Bhattacharya S.K. (2023), Monitoring and managing multi-hazards: a Multidisciplinary Approach. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15377-8>
10. Epple L., Kaiser A., Schindewolf M., Bienert A., Lenz J., Eltner A. (2022), A Review on the Possibilities and Challenges of Today's Soil and Soil Surface Assessment Techniques in the Context of Process-Based Soil Erosion Models, *Remote Sens.*, 14, 2468, <https://doi.org/10.3390/rs14102468>
11. Fernandes F., Malheiro A., Chaminé H.I. (2023), Natural hazards and hydrological risks: climate change-water-sustainable society nexus. *SN Appl. Sci.* 5, 36, <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05214-6>
12. Gebrehiwot A.A., Hashemi-Beni L. 2021, Three-Dimensional Inundation Mapping Using UAV Image Segmentation and Digital Surface Model. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10, 144. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030144>
13. Hammami S., Zouhri L., Souissi D., et al. (2019), Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility

- mapping (Tunisia), *Arab J Geosci*, 12, 653, <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>
14. Javidan N., Kavian A., Conoscenti C. et al. (2024), Development of risk maps for flood, landslide, and soil erosion using machine learning model. *Nat Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06670-6>
 15. Kastridis A., Stathis D. (2020), Evaluation of Hydrological and Hydraulic Models Applied in Typical Mediterranean Ungauged Watersheds Using Post-Flash-Flood Measurements. *Hydrology*, 7, 12. <https://doi.org/10.3390/hydrology7010012>
 16. Marcinkowski P., Szporak-Wasilewska S., Kardel I. (2022), Assessment of soil erosion under long-term projections of climate change in Poland, *Journal of Hydrology*, 607, 127468
 17. Merz B., Blöschl G., Vorogushyn S., Dottori F., Aerts J.C.J.H., Bates P., Bertola M., Kemter M., Kreibich H., Lall U., Macdonald E. (2021), Causes, impacts and patterns of disastrous river floods, *Nat Rev Earth Environ*, 2, 592–609, <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>
 18. Pallavi H., Ravikumar A.S. (2021), Analysis of Steady Flow using HEC-RAS and GIS Techniques, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, NCACE – 2020, 9(1)
 19. Rimba A.B., Mohan G., Chapagain S.K., Arumansawang A., Payus C., Fukushi K., Husnayaen, Osawa T., Avtar R. (2021), Impact of population growth and land use and land cover (LULC) changes on water quality in tourism-dependent economies using a geographically weighted regression approach, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28, 25920–25938
 20. Strauss V., Paul C., Dönmez C. et al. (2023), Sustainable soil management measures: a synthesis of stakeholder recommendations. *Agron. Sustain. Dev.* 43, 17. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00864-7>