
TEZA DE DOCTORAT

Implementarea tehnicilor U.A.V. și G.I.S. în modelarea și evaluarea amenajărilor hidroameliorative din zona Feleacu, județul Cluj

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Maria-Olivia Moldovan**

Conducători de doctorat **Prof. univ. dr. Marcel Dîrja**
Prof. univ. dr. Cornel Păunescu



INTRODUCERE

Geograful și etnograful român George Vâlsan, membru titular al Academiei Române, omul de știință care a pus bazele geomorfologiei moderne în România, menționează: *„Pământul e țărâna pe care o călcăm, dar e și ce se ascunde dedesubt, e forma sub care se înfățișează (munte, vale, șes), e apa care îl udă, îl acoperă, îl pătrunde (deci e râu, lac, mare, apă subterană), mai e aerul care îl învâluie, care îi împrumută lumină și umbră, culori mângâioase sau violente, nori și ploaie, vânt, furtună sau viscol. Mai e vegetația care îl îmbracă atât de splendid și de variat. Mai sunt viețuitoarele care îl animează, de la turmele care pasc pajiștile, până la peștii care populează apele și, în sfârșit, mai e omul care îl stăpânește și se bucură de toate darurile acestui pământ.”*

În acest context, omul este cel care poate asigura o continuă îmbunătățire a calității pământului, o utilizare eficientă a acestuia, prin aplicarea unui complex de măsuri și lucrări, în acest complex lucrările de îmbunătățiri funciare ocupând un loc deosebit de important. La nivel național, amenajările de îmbunătățiri funciare, amenajări de irigații, din administrarea A.N.I.F., prevăd o suprafață cu lucrări de 2.991.943 ha, construcțiile principale fiind reprezentate de canale de aducțiune și distribuție, rețele de conducte îngropate, stații de pompare plutitoare și fixe, construcții hidrotehnice. Amenajările de îmbunătățiri funciare, amenajări de desecare-drenaj, din administrarea A.N.I.F., prevăd o suprafață cu lucrări de 3.085.895 ha la nivelul țării, construcțiile principale fiind reprezentate de canale de evacuare, stații de pompare de evacuare, poduri și podețe, stăvilare, căderi. Rețeaua de drenaj subteran este compusă din 40.660 km drenuri colectoare și drenuri absorbante. Suprafața amenajată cu lucrări pentru combaterea eroziunii solului este 2.226.469 ha, construcțiile principale în amenajările de combaterea eroziunii solului fiind reprezentate de canale de evacuare de coastă, marginale și de conducere, amenajări văi și ravene, drumuri antierozionale, baraje și praguri, căderi, podețe, plantații silvice antierozionale, ziduri de sprijin și consolidări de mal, debușee, drenuri colectoare și absorbante.

În cadrul prezentei lucrări, se vizează amenajările hidroameliorative în scopul eliminării excesului de apă și a combaterii eroziunii solului pe versanți, excesul de umiditate pe terenurile în pantă fiind, de obicei, mai dăunător decât cel de pe terenurile plane, reprezentând un factor potențial pentru declanșarea alunecărilor. În acest scop, s-a considerat necesară inventarierea și analiza lucrărilor din zona luată în studiu. Pentru un management cât mai bun al datelor, studiul vizează integrarea tehnicilor G.I.S. în domeniul îmbunătățirilor funciare, o bază de date digitală fiind absolut necesară în cadrul proiectelor și studiilor efectuate în domeniu. Sistemele informaționale geografice prezintă o arie foarte mare de aplicabilitate, fiind utilizate cu succes și în domeniul îmbunătățirilor funciare. Există numeroase studii de specialitate în care se prezintă integrarea G.I.S. în monitorizarea proceselor erozionale, în evaluarea susceptibilității la alunecări de teren, în proiectarea unor sisteme hidroameliorative. În cadrul unei analize spațiale asistate în mediul G.I.S., sub aspect morfometric, se consideră esențiale următoarele caracteristici: altitudinea, panta, orientarea versanților, adâncimea fragmentării reliefului, densitatea fragmentării reliefului, potențialul de infiltrare a apei, indicele capacității de transport, curbura în plan și curbura în profil, caracteristici derivate din modelul digital de elevație.

Diseminarea bazelor de date digitale obținute are ca principal scop integrarea bazelor de date în hărți digitale, care pot fi accesate pe device-uri fixe și mobile. O aplicație des utilizată în acest scop este reprezentată de extensia ArcGIS Carry Map, aplicație care permite vizualizarea bazelor de date spațiale și interogarea acestora, accesarea datelor în scop informativ și de orientare în teren.

Pentru obiectivele propuse, ridicarea topografică a suprafeței vizate în studiu este foarte importantă, executarea măsurătorilor de teren cu ajutorul receptoarelor G.P.S. ținând cont de nivelul de precizie cerut prin intermediul modului de măsurare bază-rover, de datele necesare a fi înregistrate, precum și de tipul de măsurare. Datele obținute din măsurători sunt utilizate pentru întocmirea planurilor de situație, realizarea modelelor 3D, întocmirea profilelor longitudinale și transversale.

Progresul științific și tehnologic înregistrat în ultimii ani în domeniul geodeziei, cartografiei, topografiei, măsurătorilor terestre permite utilizarea unor tehnici și metode moderne în realizarea unor obiective complexe. Această evoluție a tehnicilor permite ca informațiile cu un nivel ridicat de acuratețe să fie obținute într-un timp relativ scurt, pe suprafețe mari. Fotogrammetria U.A.V. deservește o gamă largă de domenii de activitate, lucrarea urmărind o cercetare interdisciplinară, fiind abordate concepte moderne în domeniul îmbunătățirilor funciare.

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată „Implementarea tehnicilor U.A.V. și G.I.S. în modelarea și evaluarea amenajărilor hidroameliorative din zona Feleacu, județul Cluj” conține 150 de pagini, fiind structurată în două părți.

Prima parte (**Capitolul 1** și **Capitolul 2**) este reprezentată de stadiul actual al cunoașterii, fiind prezentate aspecte privind stadiul cercetărilor pe plan internațional și național privind lucrările de îmbunătățiri funciare, principalele cercetări privind aplicațiile G.I.S. în domeniul îmbunătățirilor funciare, precum și aspecte privind factorii determinanți ai excesului de umiditate, metodele și lucrările cu rol de eliminare a excesului de umiditate de pe versanți, utilizând referințe bibliografice conforme cu literatura de specialitate.

A doua parte, reprezentând contribuția personală, este structurată pe opt capitole care prezintă obiectivele urmărite, metodele de cercetare, particularitățile mediului natural, rezultatele obținute, concluziile și recomandările pe baza rezultatelor obținute, precum și originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei.

OBIECTIVELE CERCETĂRII

În vederea elaborării prezentei teze de doctorat, au fost stabilite nouă direcții de cercetare, prezentate detaliat în cadrul **Capitolului 3**: analiza spațială asistată de G.I.S. privind morfometria terenului, obținerea hărților digitale; inventarierea lucrărilor hidroameliorative privind organizarea antierozională și amenajarea terenului; conversia datelor din format analogic în format digital; realizarea bazei de date digitale; diseminarea bazelor de date digitale; analiza și evaluarea stării actuale a lucrărilor hidroameliorative - propuneri și recomandări; modelarea terenului și întocmirea profilelor prin metode GNSS; realizarea modelului 3D al canalului; modelarea terenului prin metode fotogrammetrice U.A.V.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ. REZULTATE ȘI DISCUȚII

În **Capitolul 4** se prezintă metodologia cercetării privind activitățile desfășurate în scopul îndeplinirii obiectivelor propuse și anume: activități de informare și documentare, activități de teren și activități de prelucrare și interpretare a datelor și de analiză a rezultatelor. În vederea modelării terenului, măsurătorile au fost efectuate cu două receptoare GPS Trimble R10 configurate pe modul de lucru bază-rover cu corecții transmise Radio, iar pentru zborul fotogrammetric, s-a utilizat o dronă DJI Phantom 4 Pro, fotografiile fiind preluate în urma unui zbor manual efectuat în cadrul aplicației DJI GO. Software-urile geoinformaționale și aplicațiile utilizate în cadrul tezei sunt reprezentate de: ArcGIS 10.2, Carry Map, Carry Map Observer, Trimble Access™, AutoCAD 2012, TopoLT 11.2, ProLT 11.2, AutoCAD Civil 3D 2019, DGI GO, Adobe Photoshop Lightroom Classic, Agisoft PhotoScan, Global Mapper 18.3.

Capitolul 5 prezintă particularitățile mediului natural în care s-au desfășurat cercetările. Studiul a vizat teritoriul municipiului Cluj-Napoca și zona cunoscută în trecut sub denumirea de Ferma Feleac, trup cu o suprafață de 97,02 ha. Teritoriul analizat aparține de bazinul hidrografic Someș, principalele cursuri de apă care străbat municipiul fiind Someșul Mic și Canalul Morii. Teritoriul analizat se încadrează în Foaia 10 a Hărții geologice a României, scara 1:200000, realizată de Institutul Geologic, aceasta având nomenclatura Gauss-Krüger L-34-XII. Pe raza UAT Cluj-Napoca, cel mai mare procent, 32,81% îl dețin rocile sedimentare marne și tufuri, urmate de nisipuri și pietrișuri, cu un procent de 31,09%. În zona de studiu, predomină marnele și tufurile. Încadrarea pe clase și tipuri de soluri a fost realizată pe baza modificărilor Sistemului Român de Taxonomie a Solurilor față de Sistemul Român de Clasificare a Solurilor. Clasa Cernisoluri, regăsită pe o suprafață de 90,73 km², este reprezentată, în cazul UAT Cluj-Napoca de prezența a trei tipuri de sol: Cernoziom, Faeziom și Rendzină. Clasa Luvisoluri, reprezentată pe arealul analizat de tipurile Preluvosol și Luvosol are o extensiune spațială de 25,44 km², reprezentând 14,22% din teritoriu. Luvosolurile prezintă o permeabilitate redusă pentru apă, fiind prezente în zone unde se acumulează o cantitate mai mare de apă, care se menține o perioadă de timp mai lungă. Acest tip de sol se regăsește în perimetrul zonei Ferma Feleac, pe 94,74% din suprafață. Distribuția fondului funciar a fost reprezentată spațial pe baza datelor Corine Land Cover 2006, pe suprafața trupului luat în studiu, extensiunea spațială cea mai mare aparținând livezilor. Datele climatice au fost înregistrate la stația meteorologică Cluj-Napoca. A putut fi constatată o tendință de creștere a temperaturii în Cluj-Napoca, abaterile aferente anilor de studiu 2016, respectiv 2017 și 2018 față de media multianuală determinată califică timpul călduros, respectiv cald. Anul 2016 este caracterizat ca fiind un an excesiv de ploios raportat la ultimii 10 ani, anii 2017 și 2018 fiind în schimb caracterizați ca ani secetoși.

În studiile de specialitate și în cadrul analizei spațiale asistate în mediul G.I.S. se consideră esențiale următoarele caracteristici morfometrice: hipsometria, panta, orientarea versanților, adâncimea fragmentării reliefului, densitatea fragmentării reliefului, potențialul de infiltrare a apei, indicii de capacitate de transport, precum și curbura în plan și curbura în profil, caracteristici derivate din modelul digital de elevație. Acestea sunt prezentate în cadrul **Capitolului 6**. Caracteristic teritoriului Cluj-

Napoca este intervalul altitudinal 294–822 metri, remarcându-se trei sectoare. Procentual, predomină dealurile joase și mijlocii, pe o suprafață de 135,98 km², cu altitudini cuprinse între 294–500 metri, urmate de dealurile înalte, care ocupă 23,40% din suprafața totală. Zona de studiu, Ferma Feleac, este cuprinsă în intervalul altitudinal 545–655 m, specific dealurilor înalte. Gradul de înclinare al suprafețelor care intră în componența formelor de relief, împreună cu caracteristicile petrografice și structurale constituie una din cerințele cele mai importante în aprecierea geomorfologică. Panta exercită o mare influență asupra scurgerii, ea determinând o viteză mai mică sau mai mare de deplasare a apei pe versanți. Cluj-Napoca prezintă pante cuprinse între 0 și 27,8°, predominând teritoriile caracterizate prin pante slab-moderat înclinate, dispuse pe 50,45% din suprafață, urmate de pante cuprinse între 2,1–5° pentru 26,26% din areal. Împreună cu geodeclivitatea, orientarea versanților influențează umiditatea solului, umezeală mai ridicată prezentând versanții umbriți. Cea mai mare parte, reprezentând 40,24% din teritoriul analizat este aferentă clasei versanților umbriți, urmată de versanții însoriți în proporție de 25,55%. Predomină astfel la nivelul teritoriului Cluj-Napoca, versanții cu expoziția N, NE, E și NV cu un procent de ocupare de 59,15% față de cei cu expoziție S, SV, V și SE, care ocupă 40,78% din teritoriu. Formele geomorfologice caracteristice pentru trupul denumit Ferma Feleac sunt reprezentate de versanți și văi între versanți. Versanții au diferite expoziții și înclinații, reprezentând aproximativ 90% din întreaga suprafață de 97,02 ha. Expoziția principală a terenului este cea nordică, versantul pornind de la cumpăna apelor din Feleac și continuând pe o distanță de 1–2 km, până aproape de intravilanul Cluj-Napoca. Adâncimea fragmentării reprezintă una din trăsăturile morfometrice esențiale ale reliefului, fiind într-o strânsă corelație cu intensitatea proceselor morfodinamice, în acest studiu, având valori cuprinse între 0 și 198,7 m/km². Clasa cel mai bine reprezentată teritorial este cea între 100,1–150 m/km². Caracteristica reliefului, densitatea fragmentării reprezintă raportul dintre lungimea totală a rețelei hidrografice permanentă și temporară și unitatea de suprafață, fiind încadrată în acest studiu în intervalul 0 – 3,57 km/km². Aspectul general al trupului Ferma Feleac este destul de accidentat, în special în treimea inferioară. Potențialul de infiltrare a apei (WI), precum și indicii de capacitate de transport (SPI) au fost modelați spațial prin implementarea în mediul G.I.S. a formulelor de calcul derivate după BEVEN și KIRKBY (1979) pentru WI și MOORE și colab. (1991) pentru SPI. Pentru 92,91% din teritoriul analizat s-au identificat suprafețe cu saturație scăzută ca potențial de infiltrare a apei. În ceea ce privește indicii de capacitate de transport, extensiunea spațială cea mai mare o ocupă clasa de valori negative ale parametrului, cu un procent de 98,32%, caracteristică zonelor cu o rețea de scurgere incipientă, urmată de clasa 0–1, regăsită pe 0,82% din teritoriu. În ceea ce privește curbura în plan, valorile negative caracterizează pantele concave, iar valorile pozitive indică pantele convexe, extinderea teritorială este cea mai mare, 47,44%, pentru valori ale curburii în plan cuprinse în intervalul 0–0,1, urmată de intervalul -0,09–0, reprezentând un procent de 46,09% din teritoriul analizat. Scurgeri mari și un nivel ridicat de infiltrație a apei în sol de-a lungul versantului și implicit o dinamică ridicată care favorizează procesele erozionale, se manifestă pentru valori mari ale curburii în profil. Predomină suprafețele cu valori negative și valori cuprinse între 0–0,1, care acoperă 95,03% din teritoriul analizat.

Capitolul 7 aduce în prim plan lucrările hidroameliorative, descrierea tipurilor de canale, dușee și drenuri proiectate și executate. La nivelul anului de studiu și proiectare, lucrările de combatere a eroziunii solului au fost dimensionate în funcție de debitul de evacuat $Q_{10\%}$. În vederea regularizării scurgerilor de apă pe versanți, s-au proiectat lucrări în complex prin canale, dușee, căderi, nivelare. Din calculele de dimensionare, efectuate pe baza studiilor hidrologice, la asigurarea de 10%, au fost proiectate cinci tipuri de canale marginale înclinate, consolidate cu brazde de iarbă, un tip de canal înclinat de coastă cu diguleț în aval și un tip de canal marginal înclinat, consolidat cu dale de beton. Acolo unde panta canalelor depășește panta admisă de viteza de neeroziune au fost proiectate căderi pentru reducerea pantei și încadrarea vitezei de scurgere sub viteza de neeroziune. Apele colectate și transportate de canale sunt evacuate direct în emisar sau se vor evacua până la emisar prin dușee. Acestea au fost amplasate pe firul zonelor naturale de concentrare de scurgere a apelor, pe linia de cea mai mare pantă. În funcție de debit, viteză și locul de amplasare au fost proiectate și apoi executate trei tipuri de dușee consolidate cu brazde de iarbă cu înclinarea taluzurilor de 1/3 - ele sunt amplasate în interiorul parcelelor de livadă; un tip de dușeu consolidat cu brazde de iarbă cu înclinarea taluzurilor de 1/1,5 - ele servesc numai la evacuarea apelor; un tip de dușeu consolidat cu brazde de iarbă cu taluz 1/1, cu rol de evacuare a apei și un tip de dușeu consolidat cu dale de beton taluz 1/1,5. În vederea captării apelor provenite din pânza freatică, au fost proiectate două tipuri de drenuri: drenuri colectoare, respectiv drenuri absorbante. Drenurile colectoare sunt amplasate pe linia de cea mai mare pantă, în zonele depresionare, colectând apele transportate de drenurile absorbante. Drenurile absorbante au fost proiectate atât în zonele de stagnare a apelor, la baza ruperii de pantă, cât și în interiorul zonelor cu exces de apă freatică. Drenurile absorbante sunt proiectate din tuburi de beton perforat cu o înclinare longitudinală de 2-3%, ele intrând aproximativ 50 de cm sub nivelul stratului impermeabil, având la peretele aval un ecran de argilă pentru a nu permite trecerea apei aval de dren. În vederea uniformizării pantei, s-au proiectat lucrări de nivelare, desființând astfel stagnările de apă pe versant, factor esențial la declanșarea alunecărilor de teren. Reducerea pantei parcelelor acolo unde este cazul este realizată prin terase, care contribuie la regularizarea scurgerilor pe versanți prin mărirea capacității de infiltrare și reducerea vitezei de scurgere a apei. Pe ravena mare au fost proiectate și construite praguri de beton și un baraj din zidărie de piatră.

De asemenea, în cadrul capitolului, se prezintă integrarea datelor furnizate de planurile topografice, planurile de situație, planurile cu lucrările proiectate întocmite pe suport analogic consultate în arhiva S.C.H. Cluj-Napoca, într-un sistem integrat de baze de date digitale, acesta având un rol deosebit de important în managementul datelor. În cadrul prezentei lucrări, materialul analogic existent în arhiva S.C.H. a fost scanat, rezultând o imagine TIFF, cu dimensiunea 100025 x 9450 pixeli și rezoluția orizontală și verticală de 300 dpi. Materialul cartografic a fost georeferențiat în sistem de proiecție Stereografic 1970. Pentru un management cât mai eficient al bazelor de date digitale și având în vedere entitățile spațiale de reprezentat, a fost creat un fișier de tip File Geodatabase, un fișier de tip Feature Dataset, precum și Feature Class-uri specifice entităților de reprezentat de tip vectorial, sistem de proiecție Stereografic 1970. Diseminarea bazelor de date digitale create a fost realizată în două moduri.

Într-o primă etapă, pe baza elementelor reprezentate, bazate pe primitivele grafice, stocate în fișiere de tip Feature Class, diseminarea bazelor de date spațiale s-a realizat prin intermediul planșei desenate - plan, scara 1:2000, în sistem de proiecție Stereografic 1970. A doua etapă în cadrul procesului de diseminare este realizată pe baza extensiei ArcGIS Carry Map. Aplicația mobilă permite consultarea, vizualizarea, analiza în teren și localizarea utilizatorului pe hartă.

Completarea bazelor de date, evaluarea stării și funcționalității lucrărilor existente, precum și elaborarea unor recomandări s-au realizat pe baza observațiilor înregistrate în teren. În cadrul ieșirilor în teren, s-au identificat lucrările și s-a analizat starea lor actuală. În partea amonte au fost identificate influențe considerabile asupra eroziunii, prin pășunat excesiv. Au fost preluate coordonate în teren, pentru a completa baza de date cu poziția lucrărilor transversale (baraj, praguri). Au fost identificate elemente noi, care au fost codificate pentru un management bun al datelor. Verificarea modului de funcționare a sistemelor de drenaj s-a realizat primăvara, după topirea zăpezii. De asemenea, pe teren au fost identificate zone în care se depozitează deșeuri, afectând astfel buna funcționare a canalelor.

În cadrul **Capitolului 8** se prezintă modelarea terenului prin metode GNSS și metode fotogrammetrice U.A.V., zona vizată fiind zona în care regăsim canalul prevăzut cu căderile din beton realizate pentru reducerea pantei și încadrarea vitezei de scurgere sub viteza de neeroziune. Măsurătorile au fost efectuate până la locația barajului din zidărie de piatră cu mortar de ciment. Profilele transversale care redau forma lucrării în punctele caracteristice de pe traseul ei au fost întocmite pe baza datelor obținute utilizând tehnologia GNSS. Acestea au fost obținute prin suprapunerea a trei profile, respectiv profil transversal canal, profil transversal cădere amonte și profil transversal cădere aval. Ridicarea topografică efectuată poate fi folosită ulterior pentru proiectare în scopul reamenajării canalului și implicit a căderilor. Pentru o mai bună vizualizare a canalului măsurat, a fost realizat un model 3D pe baza datelor înregistrate în teren, cu ajutorul programului AutoCAD Civil 3D 2019. În acest scop, în definirea modelului 3D, s-au unit punctele măsurate pentru introducerea unui contur, precum și pentru crearea liniilor de rupere de pantă.

Odată cu ridicarea topografică, au fost determinate coordonatele punctelor de control la sol prin metode GNSS, acestea fiind absolut necesare pentru orientarea absolută a imaginilor. Aceste puncte, odată determinate, au fost utilizate în procesul de georeferențiere, atât a ortofotoplanului, cât și a norului de puncte, respectiv a modelului digital de elevație. În ceea ce privește planificarea și desfășurarea activităților de zbor, s-a cerut aviz de la Autoritatea Aeronautică Civilă România, fiind înregistrat zborul cu numărul de referință 44 cu drona având identificatorul YRD 0760, preluarea fotogramelor aeriene realizându-se prin efectuarea unui zbor manual. Zborul a urmărit traseul canalului amenajat cu căderi din beton, la întoarcere menținând o linie relativ paralelă cu acesta. Datele au fost apoi descărcate, fiind obținut un număr de 145 fotograme, preluate de la o altitudine medie de zbor de 54 m. Cu ajutorul aplicației Adobe Photoshop Lightroom Classic, s-a realizat ameliorarea contrastului fotogramelor prin metoda egalizării histogramei. Egalizarea histogramei reprezintă o operație de accentuare a contrastului și are ca scop obținerea unei histogramme uniforme. Ameliorarea contrastului fotogramelor s-a realizat în mod

automat, concomitent pentru toate fotografiile preluate. Pentru prelucrarea fotogrametrică, s-a utilizat soluția software de specialitate Agisoft PhotoScan, care permite generarea norului de puncte dens, a modelului digital de elevație (DEM – DTM sau DSM) și a ortofotoplanului. Odată creat proiectul, au fost importate fotografiile digitale, a fost selectat sistemul de coordonate, fiind efectuată apoi conversia coordonatelor fotogramelor din sistem de proiecție WGS 84 în noul sistem de proiecție Stereografic 1970. Următoarea etapă a fost reprezentată de alinierea fotogramelor, etapă în care a fost setată acuratețea de identificare a punctelor de legătură, numărul maxim de puncte cheie și de legătură, precum și stabilirea variantei de selectare a perechilor. În vederea georeferențierii modelului digital, coordonatele punctelor de control la sol determinate anterior prin metode GNSS au fost încărcate în cadrul proiectului urmând ca acestea să fie identificate pe fotografii. În etapa de ajustare a modelului, au fost utilizate strict aceste puncte de control la sol, nefiind luate în considerare coordonatele fotogramelor, acestea fiind înregistrate de GPS-ul intern al dronei, care nu conferă o acuratețe suficient de mare.

După compensarea aerotriangulației în bloc în funcție de punctele de control, s-a trecut la generarea norului de puncte dens, acesta fiind alcătuit din 82.191.720 puncte, care au atât coordonate spațiale, cât și un cod RGB. În scopul obținerii modelului 3D al zonei studiate a fost generat un MESH, format din 5.398.054 triunghiuri. Modelul constă dintr-o rețea de triunghiuri dispuse neregulat bazată pe puncte de elevație cunoscute, dimensiunile triunghiurilor variind în funcție de cea a terenului. Modelul rezultat este cunoscut sub numele de TIN (Triangulated Irregular Network). Dacă fețelor triunghiurilor li se atribuie culorile preluate de pe fotografii se obține modelul realist. Ortofotoplanul digital al zonei studiate a fost generat, având ca și suport modelul 3D obținut și aplicând metoda mozaicării fotografiilor. Ortofotoplanul rezultat are o rezoluție la sol de 1,37 cm/pixel. Atât ortofotoplanul obținut, cât și norul de puncte pot fi exportate, oferind astfel posibilitatea ca acestea să fie integrate în cadrul software-urilor specializate, în scopul unei analize ulterioare. De asemenea, în cadrul proiectului a fost obținut modelul digital de elevație (DEM) cu o rezoluție de 2,74 cm/pixel, densitatea punctelor fiind de 1335,85 puncte/m².

Produsele obținute pot fi utilizate în scopuri diverse, respectiv analize complexe, modelare spațială, realizarea profilelor. Aplicația geoinformațională Global Mapper permite procesarea și analiza datelor, având numeroase instrumente semnificative. În cadrul versiunii Global Mapper 18.3, norul de puncte a fost încărcat pentru previzualizarea și efectuarea de analize asupra terenului. Totodată au fost generate secțiuni transversale prin norul de puncte, care redau forma terenului, a canalului și a căderilor din beton din zona studiată. Aceste profile transversale obținute cu ajutorul aplicației Global Mapper pot fi exportate sub forma unor inventare de coordonate X, Y, Z, sau în format CAD - .dxf. De asemenea, pe baza datelor obținute prin cele două metode prezentate, a fost realizat un studiu comparativ. Comparând cotele obținute prin metode fotogrammetrice UAV, respectiv prin metode GNSS, se poate afirma faptul că în zonele acoperite cu vegetație s-a constatat o diferență semnificativă pe cote, ca urmare a faptului că, prin modelarea fotogrametrică se obțin cotele la nivelul vegetației. În zonele unde nu avem acoperire cu vegetație, respectiv în zona căderilor din beton, se înregistrează diferențe relativ mici.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

În **Capitolul 9**, ca urmare a studiilor efectuate, au fost formulate următoarele concluzii:

- Morfometria de drenaj și influența asupra eroziunii solului pot fi analizate și evaluate nu numai prin metode convenționale, ci și prin tehnici G.I.S.
- Excesul de umiditate pe terenurile în pantă este, de obicei, mai dăunător decât cel de pe terenurile plane; amenajarea versanților cu exces de umiditate trebuie realizată cu mare atenție.
- În vederea regularizării scurgerilor de apă pe versanți, au fost proiectate și executate lucrări în complex prin canale, debușee, căderi. Au fost proiectate șapte tipuri de canale înclinate, respectiv șase tipuri de debușee. Pentru reducerea pantei și încadrarea vitezei de scurgere sub viteza de neeroziune au fost proiectate căderi.
- Pentru obținerea unei arhive digitale, materialul cartografic analogic a fost scanat și georeferențiat. Baza de date digitală a fost elaborată în mediul G.I.S., într-un fișier de tip File Geodatabase, având în vedere entitățile spațiale de reprezentat.
- Diseminarea a fost realizată prin două moduri: prin intermediul planșei desenate, la scara 1:2000, în sistem de proiecție Stereografic 1970, respectiv prin intermediul extensiei ArcGIS Carry Map.
- În cadrul ieșirilor în teren, s-au identificat lucrările hidroameliorative și s-a analizat starea lor actuală.
- Modelarea terenului s-a realizat atât prin tehnici GNSS cât și utilizând metoda fotogrammetrică UAV. Ortofotoplanul rezultat are o rezoluție la sol de 1,37 cm/pixel, iar modelul digital de elevație obținut are o rezoluție de 2,74 cm/pixel, densitatea punctelor fiind de 1335,85 puncte/m².

Demersul științific întreprins în cadrul tezei de doctorat conduce la următoarele recomandări:

- Pentru un management bun al datelor în domeniul îmbunătățirilor funciare, se recomandă realizarea unei arhive digitale.
- Utilizarea software-urilor de diseminare a datelor și a aplicațiilor mobile.
- Verificarea periodică privind starea lucrărilor și modul lor de funcționare.
- Înlăturarea și transportul obstacolelor, deșeurilor și materialelor de construcții depozitate pe căile de acces și în canale, respectiv în debușee.
- Repunerea în funcțiune a lucrărilor afectate și completări ale rețelei de canale potrivit cu modificările survenite în timp în regimul de scurgere.
- Întreținerea drenurilor și realizarea unei rețele noi de drenaj în zonele în care s-a constatat exces de umiditate.
- Refacerea căderilor din beton din partea amonte a zonei de studiu.
- Utilizarea software-urilor de tip CAD și GIS în cadrul proiectelor de îmbunătățiri funciare și a metodelor moderne de cartografiere a terenului.
- Utilizarea profilelor transversale în studii de modelare a proceselor hidraulice și hidrologice.
- Utilizarea metodei fotogrammetrice UAV în domeniul îmbunătățirilor funciare, având ca produse obținute: norul de puncte, ortofotoplanul și modelul digital de elevație cu o acuratețe centimetrică.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. ANUROGO, W., M.Z. LUBIS, H. KHOIRUNNISA, D.S. PAMUNGKAS, A. HANAFI, F. RIZKI, GANDA SURYA, A.D.L. SITUMORANG, D. TIMBANG, P.N. SIHOMBING, C.A. LUKITASARI, N.A. DEWANTI, 2017, A Simple Aerial Photogrammetric Mapping System Overview and Image Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), *Journal of Applied Geospatial Information*, Vol. 1, No. 1, 11-18.
2. BEVEN, K., M.J. KIRKBY, 1979, A physically based, variable contributing area model of basin hydrology, *Hydro. Sci. Bull.* 24, 43-69.
3. BHATTACHARYA, A.K., A.M. MICHAEL, 2006, Land Drainage: principles, methods, and applications, *Delhi: Vikas Pub. House*.
4. BILAȘCO, Ș., MARIA-OLIVIA MOLDOVAN, SANDA ROȘCA, 2017, Aplicații G.I.S. în administrația publică locală, *Editura RISOPRINT, Cluj-Napoca*.
5. BLIDARU, V., GH. PRICOP, A. WEHRY, 1981, Irigații și drenaje, *Editura Didactică și Pedagogică București*.
6. CAROLLO, F.G., C. DI STEFANA, V. FERRO, V. PAMPALONE, 2015, Measuring rill erosion at plot scale by a drone-based technology, *Hydrol. Process.*, 29, 3802-3811.
7. CEAUȘU, N., GH. FLORESCU, D. MUREȘAN, I. PLEȘA, I. POPESCU, I. VAISMAN, 1976, Îmbunătățiri funciare, *Editura Didactică și Pedagogică, București*.
8. COLOMINA, I., P. MOLINA, 2014, Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
9. CRĂCIUN, A.I., 2008, Monitoring of soil moisture using the balance method and G.I.S., *Geographia Technica*, no. 2, 8-15.
10. DAI F.C., C.F. LEE, 2002, Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong, *Geomorphology* 42, 213-238.
11. DÎRJA, M., V. BUDIU, 2006, Îmbunătățiri funciare. Combaterea excesului de umiditate pe terenurile agricole, *Editura AcademicPres, Cluj-Napoca*.
12. FRANKENBERGER, J.R., E.S. BROOKS, M.T. WALTER, M.F. WALTER, T.S. STEENHUIS, 1999, A GIS-based variable source area hydrology model, *Hydrological Processes*, Vol. 13, Issue 6, 805-822.
13. HAIDU, I., C. HAIDU, 1998, S.I.G. Analiză spațială, *Editura *H*G*A* București*, 10-11.
14. IMBROANE, A.M., 2012, Sisteme informatice geografice – Volumul I Structuri de date, *Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca*.
15. IVANOVICI, L.M., 2006, Procesarea imaginilor – Îndrumar de laborator, *Editura Universității Transilvania, Brașov*.
16. KHAN, U., N.K. TUTEJA, A. SHARMA, 2013, Delineating hydrologic response units in large upland catchments and its evaluation using soil moisture simulations. *Environmental modelling & software*, 46, 142-154.
17. LI, S.S., MARGARET GITAU, D. BOSCH, B.A. ENGEL, L. ZHANG, Y. DU, 2017, Development of a soil moisture-based distributed hydrologic model for determining hydrologically based critical source areas, *Hydrological Processes*, Vol. 31, Issue 20, 3543-3557.
18. MARINELLO, F., A. PEZZUOLO, A. CHIUMENTI, L. SARTORI, 2016, Technical analysis of unmanned aerial vehicles (drones) for agricultural applications, in *Engineering for rural development*, Jelgava, 25-27.05.2016.
19. MASLOV, B.S., 2009, Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation – Volume II, *EOLSS Publisher, Singapore*.

20. MLADEN T., S. PASQUALE, 2003, A GIS for irrigation management, *Physics and Chemistry of the Earth* 28 (2003), 163-174.
21. MOORE, I.D., R.B. GRAYSON, A.R. LADSON, 1991, Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*, 5, 3-30.
22. MUREȘAN, D., I. PLEȘA, N. ONU, P. SAVU, Z. NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigații, desecări și combaterea eroziunii solului, *Editura Didactică și Pedagogică, București*.
23. NEDELCU LUCIA, D. MARIA, H. IOANIȚOAI, M. CODREANU, 2006, Cercetări de îmbunătățiri funciare 1996-2005, *Editura Bren, București*.
24. NSENGIYUMVA, J.B., GP. LUO, A.C. AMANAMBU, R. MIND`JE, G. HABİYAREMYE, F. KARAMAGE, F.U. OCHEGE, C. MUPENZI, 2019, Comparing probabilistic and statistical methods in landslide susceptibility modeling in Rwanda/Centre-Eastern Africa, *Science of the total environment*, Vol. 659, 1457-1472.
25. OBI REDDY, G., A. MAJI, K. GAJBHIYE, 2004, Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India – a remote sensing and GIS approach, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 6, Issue 1, 1-16.
26. ONAC, B., S. TODIČĂ, V. SURDEANU, 2008, The application of GIS for mapping landslide susceptibility of Măhăceni Tableland, *Analele Universității "Ștefan cel Mare" Suceava, Secțiunea Geografie, Anul XVII*, 59-64.
27. ONCIA SILVICA, E. LUCA, 2000, Desecări și drenaje, *Editura Alma Mater, Cluj-Napoca*.
28. PANDEY, D., Y. KATPATAL, P. KUNDAL, V. CHANDRAYAN, 2018, Integrated drainage design using GIS technique of Gondia city, Maharashtra, India, *International Journal of Recent Scientific Research*, Vol. 9, Issue 3, 24811-24816.
29. PĂUNESCU, C., V. MOCANU, S.G. DIMITRIU, 2012, Sistemul de determinare a poziției utilizând sateliți (GNSS), *Editura Universității din București*.
30. PETREA, D., Ș. BILAȘCO, SANDA ROȘCA, I. VESCAN, I. FODOREAN, 2014, The determination of the landslide occurrence probability by GIS spatial analysis of the land morphometric characteristics (Case study: The Transylvanian plateau), *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* Vol. 9, 91-102.
31. RĂDUCANU, N., A. SPATARIU, 1993, Fotogrammetrie. Fotogrammetrie planimetrică, *Editura Academiei Tehnice Militare, București*.
32. SAVA, I., A. WEHRY, 1967, Hidroameliorații, *Editura Didactică și Pedagogică, București*, 109, 229.
33. SESTRĂȘ, P., Ș. BILAȘCO, SANDA ROȘCA, SANDA NAȘ, M. BONDREA, RALUCA GÂLGĂU, I. VEREȘ, T. SĂLĂGEAN, V. SPALEVIC, S.M. CÎMPEANU, 2019, Landslides Susceptibility Assessment Based on GIS Statistical Bivariate Analysis in the Hills Surrounding a Metropolitan Area, *Sustainability*, Vol. 11(5), 1362.
34. SHASHI, S., X. HUI, 2008, Encyclopedia of GIS, *SpringerScience+Business Media, LLC*.
35. SHRESTHA, M.N., 2003, Spatially distributed hydrological modelling considering land-use changes using remote sensing and GIS, *Map Asia Conference*, 1-8.
36. SMEDEMA, L., W. VLOTMAN, D. RYCROFT, 2004, Modern Land Drainage. Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems, *A.A. Balkema Publishers, Netherlands*.
37. SUBRAMANI, T., S. VINOTHKUMAR, 2018, Drainage Network Alignment for Namakkal District By Using GIS, *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 7, 140-143.
38. TODERAȘ, T., 2007, Fotogrammetrie, *Editura Universității Lucian Blaga, Sibiu*.