

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 631.459:004 (478) (043.3)

CASTRAVEȚ TUDOR

**MODELAREA EROZIUNII PRIN APĂ ÎN CÂMPIA
PRUTULUI DE MIJLOC CA SUPORT PENTRU PLANIFICAREA
DEZVOLTĂRII DURABILE**

**166.02 - PROTECȚIA MEDIULUI AMBIANT ȘI FOLOSIREA
RAȚIONALĂ A RESURSELOR NATURALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

CHIȘINĂU, 2018

Teză a fost elaborată în cadrul Laboratorului Geografia Peisajelor, Institutul de Ecologie și Geografie

Conducător științific:

BOBOC Nicolae, doctor în geografie, conferențiar universitar

Consiliul Științific Specializat a fost aprobat de către Consiliul de Conducere al ANACEC prin decizia nr. 7 din 11.05.2018, în următoarea componență:

1. **NEDEALCOV Maria**, doctor habilitat în geografie, profesor universitar, m.c., **președinte**
2. **BEJAN Iurii**, doctor în geografie, conferențiar universitar, **secretar științific**
3. **MELNICIUC Orest**, doctor habilitat în geografie, conferențiar universitar
4. **BIALI Gabriela**, doctor în geografie, profesor universitar, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași, România
5. **SÎRODOEV Ghenadii**, doctor în geografie, conferențiar cercetător

Referenți oficiali:

1. **OVERCENCO Aureliu**, doctor în geografie, conferențiar cercetător, Institutul de Ecologie și Geografie
2. **IONIȚĂ Ion**, doctor în geografie, profesor universitar, Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România

Susținerea va avea loc la _____, în ședința Consiliului Științific Specializat D 12.166.02 – 02 din cadrul Institutului de Ecologie și Geografie, pe adresa: or. Chișinău, str. Academiei 1, bir. 352.

Tel.: +(373) 671-48-788
Email: tcastravet@gmail.com

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Centrală a AȘM (or. Chișinău, str. Academiei 5) și la pagina web a CNAA (<http://www.cnaa.md/>).

Autoreferatul a fost expediat la _____

Secretar științific al consiliului științific specializat,
BEJAN Iurii, doctor în geografie, conferențiar universitar

semnătura

Conducător științific,
BOBOC Nicolae, doctor în geografie, conferențiar universitar

semnătura

Autor,
CASTRAVEȚ Tudor

semnătura

(© Castraveț Tudor, 2018)

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și nivelul de studiu a temei investigate. Solul este principala resursă naturală a Republicii Moldova. În prezent, suprafața totală a terenurilor agricole erodate constituie circa 859 mii ha (33,9% din suprafața terenurilor agricole – 2,534 mii ha), inclusiv, slab erodate – 504 mii ha (19,9%), moderat erodate – 253 mii ha (10,0%), puternic erodate – 102 mii ha (4,0 %) [1]. La fel, după EEA (2008), o situație nu tocmai favorabilă se poate descrie și în alte regiuni. Astfel, în 2012, la nivelul UE-27, circa 130 mil. ha au fost estimate ca fiind afectate de eroziunea prin apă, din care aproape 20% suportă o rată a pierderilor de sol de peste 10 tone $ha^{-1} an^{-1}$.

Natura, ca și societatea umană, este în continuă schimbare – au loc transformări climatice, socio-economice, urmate de modificări ale tipului de utilizare a terenurilor, a structurii terenurilor, a tehnicilor de prelucrare a terenurilor agricole etc. Capacitatea *noastră* de adaptare la aceste schimbări depinde de posibilitatea de a prognoza din timp efectele acestor schimbări.

Cartarea terenurilor erodate în condiții de teren este costisitoare, necesitând timp, specialiști și costuri. Rapoartele actuale statistice privind calitatea terenurilor sunt superficiale, realizate adesea de nespecialiști, mai ales la faza de colectare a datelor și fără aplicarea unei metodologii simple, precise și unice privind estimarea eroziunii. Datele existente, inclusiv cele cartografice, sunt depășite de timp și nu redau într-o manieră clară și utilizabilă starea lucrurilor.

Scopul cercetării a constat în *elaborarea, validarea și implementarea* unui set de tehnici și procedee de modelare computerizată a proceselor erozionale prin aplicarea Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), pentru evidențierea arealelor de manifestare, evaluarea ratei eroziunii și prognozarea manifestării eroziunii în condițiile modificărilor de mediu, ca suport pentru optimizarea programelor și planurilor de valorificare durabilă a teritoriului. Realizarea scopului studiului sa efectuat prin rezolvarea succesivă a următoarelor obiective:

- determinarea factorilor care determină eroziunea și a condițiilor de manifestare a acesteia;
- evidențierea arealelor expuse riscului eroziunii;
- adaptarea aparatului metodologic de modelare a eroziunii, adaptat la condițiile specifice Republicii Moldova, în general și zonei de studiu în special;
- elaborarea modelelor spațiale ale erozivității, riscului și ratei eroziunii;
- elaborarea prognozelor privind manifestarea proceselor erozionale în condițiile schimbărilor de mediu;
- formularea propunerilor privind estimarea și reducerea riscului eroziunii.

Metodologia cercetării științifice. Studiul dat are la bază ideea că procesele asociate cu eroziunea solului pot fi descrise prin ecuații matematice, iar analiza și modelarea statistică, geostatistică și geospațială pot fi aplicate pentru estimarea distribuției spațiale, a ratelor și riscului eroziunii solului.

În general, se disting trei modalități de abordare a identificării riscului: **abordarea calitativă** bazată pe cunoștințe de tip expert, **abordarea cantitativă** bazată pe informația obținută în urma măsurărilor și determinărilor efectuate, **identificarea riscului prin modele de simulare** prin care se evaluează extinderea degradării solurilor utilizând modelarea, luând în considerare condițiile specifice locale (proprietățile solului, condițiile climatice) și managementul solului.

Evaluarea ratei producției și transportului de sedimente și localizarea suprafețelor aflate în condiții de risc de eroziune sunt importante aplicații ale SIG, care și a avut un rol de bază ca instrument de cercetare în acest studiu. Astfel, în lucrare au fost utilizate: metoda modelării computerizate și a analizei geospațiale cu utilizarea SIG, iar în paralel - metoda cercetărilor în teren, studiul bibliografiei și surselor cartografice și metoda analizei statistice.

În studiu au fost puse în aplicare modele cunoscute și recunoscute pe plan mondial cum ar fi: modelele USLE/RUSLE care se bazează pe o abordare axată pe eroziune, acesta simulând doar eroziunea solului, neglijând procesele de depunere a sedimentelor [18, 19, 17]; modelul USPED - folosește o abordare diferită, definită de transportul de aluviuni. USPED, de asemenea, poate să evalueze și procesele depoziționale [11].

Noutatea științifică și originalitatea lucrării. Se soluționează problemele privind estimarea distribuției spațiale a proceselor erozionale, evaluarea hazardului și riscului eroziunii prin apă a solului prin metode de modelare computerizată, cu aplicarea Sistemelor Informaționale Geografice. În mod specific, au fost elucidate următoarele aspecte:

- Au fost sistematizate datele privind factorii care determină eroziunea și condițiile de manifestare a acesteia;
- Au fost evidențiate areale expuse riscului eroziunii;
- A fost adaptat aparatul metodologic de modelare a eroziunii la condițiile specifice Republicii Moldova, în general, și zonei de studiu în special;
- Au fost elaborate modelele spațiale (hărțile) ale erozivității precipitațiilor, erodibilității solului, riscului și ratei eroziunii;
- Au fost elaborate prognoze privind manifestarea proceselor erozionale în condițiile schimbărilor de mediu;

- Au fost formulate propuneri privind estimarea și reducerea riscului eroziunii.

Problema științifică importantă soluționată constă estimarea riscului eroziunii solului prin scurgere de suprafață, prin aplicarea principiilor modelării în mediu SIG; în elaborarea și implementarea metodologiei de estimare a riscului eroziunii solului în condițiile Republicii Moldova.

Semnificația teoretică. Sunt evidențiate aspectele teoretico-metodologice ale modelării logico-matematice a eroziunii solului prin apă; sunt analizați factorii fizico-geografici și antropici de manifestare a proceselor erozionale în condițiile zonei de studiu; este adaptată metodologia de estimare a erozivității precipitațiilor pentru teritoriul Republicii Moldova.

Valoarea aplicativă a lucrării. Au fost elaborate modele (hărți) ale distribuției spațiale ale erozivității precipitațiilor, erodibilității solurilor, hazardului și riscului eroziunii prin apă a solurilor etc.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele, reprezentate prin hărți de risc a eroziunii, au fost implementate de către autoritățile din raioanele administrative din zona de studiu. De asemenea, rezultatele au fost utilizate la pregătirea curriculum-ului și suportului de curs pentru cursurile universitare de „Pedologie cu elemente de protecție a solurilor”, „Hidrologie generală” și „Geoinformatică și analiză spațială” în cadrul Universității de Stat „Dimitrie Cantemir”.

Publicații la tema tezei. Rezultatele obținute sunt publicate în 9 lucrări științifice.

Aprobarea rezultatelor științifice. Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul diverselor conferințe și simpozioane științifice dintre care menționăm: Simpozionul internațional „Sisteme Informaționale Geografice”, 16-17 octombrie 2009, Universitatea „Al. I. Cuza” Iași, România; Simpozionul internațional „Sisteme Informaționale Geografice”, 9-10 noiembrie 2012, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, România; Conferința Științifică Națională cu participare Internațională „Mediul și dezvoltarea durabilă”, 22-24 Mai 2014, Universitatea de Stat Tiraspol, Chișinău; Conferința Științifică cu participare Internațională „Probleme ecologice și geografice în contextul dezvoltării durabile a Republicii Moldova. Realizări și perspective”, 14-15 septembrie, Chișinău, 2016; Conferința Științifică Națională cu participare Internațională „Mediul și dezvoltarea durabilă”, 06-08 octombrie 2016, Universitatea de Stat Tiraspol, Chișinău; Conferința științifică „Atmosfera și Hidrosfera”, 24 septembrie 2016, Universitatea „Ștefan cel Mare”, Suceava, România; Asamblarea Generală a Uniunii Europene a Științelor despre Pământ (EGU), 2017, SSS2.1 - Land Degradation and Development. A State-of-the-Art, Vienna, Austria, 23-28 April 2017; ș.a.

Volumul și structura tezei. Teza este compusă din: Introducere, 4 capitole, Concluzii generale, Bibliografie cu 198 titluri, 140 pagini de text de bază, 42 tabele, 109 figuri și 8 anexe.

Cuvinte cheie: eroziunea solului, modelare, Sisteme Informaționale Geografice, modele ale eroziunii prin apă, USLE, RUSLE.

CONȚINUTUL TEZEI

La **Introducere** sunt expuse argumentele privind actualitatea și gradul de studiu a problemei înaintate; este formulat scopul și trasate obiectivele conform cărora s-au efectuat cercetările; demonstrată noutatea științifică a lucrării, estimată valoarea teoretică și aplicativă a rezultatelor; este expusă informația privind aprobarea și implementarea rezultatelor; informația privind volumul și structura tezei.

1. ISTORICUL ȘI GRADUL DE CUNOAȘTERE ASUPRA TEMEI DE STUDIU

În acest compartiment se face o trecere în revistă a istoricului și gradului actual de cunoaștere la tema studiului. Totodată, se prezintă o clasificare amplă, după diverse criterii, a modelelor eroziunii solului prin apă.

1.1. Istoricul și gradul de cunoaștere asupra temei

În evoluția cercetărilor privind dezvoltarea unor modele și modelarea eroziunii solului, la nivel mondial, se pot evidenția mai multe etape:

1) Etapa primelor modele, sfârșitul anilor 30 - sfârșitul anilor 50 ai sec. XX. Se elaborează primele modele, bazate pe informații faptice rudimentare, precum și pe un aparat teoretic incipient. Toate modelele elaborate, empirice și fizice, erau concentrate spațial (0D), adică operau cu valori medii la nivel de versant sau bazin hidrografic.

2) Etapa apariției modelelor simple explicative, se încununează cu elaborarea Ecuației Universale a Pierderilor de Sol (USLE) – model empiric adaptat la condițiile Statelor Unite.

3) Etapa dezvoltării modelelor empirice și deterministe, se finalizează cu elaborarea modelelor: RUSLE (1979), ANSWERS, EPIC, AGNPS etc.

4) Etapa modelelor bazate pe fizica proceselor, în care ponderea ecuațiilor empirice a fost limitată. S-au remarcat modele ca: CREAMS, LISEM, WEPP, EUROSEM, GLEAMS, KINEROS2, PESERA, SERAE, STREAM, SWAT, WATEM, etc.

5) Etapa modelelor de sinteză, bazate pe Sisteme Informaționale Geografice, pe sisteme expert și funcții cu mai multe variabile. Întrucât modelele fizice WEPP și EUROSEM nu întotdeauna au dat rezultate mai bune în raport cu USLE sau RUSLE, revizuirea și îmbunătățirea modelelor fizice existente reprezintă direcții actuale de analiză interdisciplinară și de conectare la datele experimentale [13].

1.2. Tipologia modelelor privind eroziunea solului

Procedura de realizare a modelelor, în general, include următorii pași: formularea (conceptualizarea) modelului, completarea modelului cu variabile și parametri și testarea

modelului. Toate modelele privind eroziunea solului sunt de tip **predictiv**, constând în prezicerea ieșirilor având în vedere un set de condiții. În Tabelul 1 se prezintă tipologia modelelor privind eroziunea prin apă.

Tab. 1. Principalii parametri și opțiuni privind modelarea eroziunii hidrice [95]

Parametri modelare	Opțiuni modelare
Extindere	Parcelă / Versant / Bazin hidrografic / Peisaj
Durată	Eveniment eroziv unic / Medie
Factori	Climă / Relief / Sol / Vegetație
Procese	Pluviodenudație / Detașare prin scurgere / Transport prin scurgere
Caracteristici	Pierderi de sol / Depunere / Producție de sedimente
Forme	Laminară / Șiroire / Ravenare / De mal
Algoritm	Empiric / Fizic
Abordare	Calitativă / Cantitativă

2. CONDIȚIILE DE DEZVOLTARE A EROZIUNII

Acest compartiment este dedicat caracterizării exhaustive a zonei de studiu, punându-se în evidență condițiile naturale de desfășurare a eroziunii.

Teritoriul studiat - Câmpia Prutului de Mijloc, cu suprafața de 2314,13 km², este limitat la est – interfluviul Prut-Nistru, la vest – râul Prut, la sud - interfluviul Delia-Valea Mare, iar la nord – interfluviul Ciuhur-Camenca. Pentru exemplificări s-a selectat o zonă redusă, având limitele: vest - 134860,0; est - 142360,0; sud - 278996,0; nord - 286496,0, în sistemul de coordonate EPSG:4026.

2.1 Cadrul geomorfologic

Altitudinea reliefului - descreește progresiv de la est și nord-est către vest și sud-vest, conform cu înclinarea generală a straturilor geologice de suprafață. Structura monoclinală are un rol esențial în dezvoltarea unor trăsături specifice ale regiunii. Înălțimea relativă medie a reliefului - este de 98,4 m, iar altitudinea medie este de 130,4 m. Altitudinea maximă este de 404,4 m, iar ecartul altitudinal este egal cu 372,4 m.

Panta medie a regiunii de studiu este de 4,48°. Terenurile puternic (15-25°) și foarte puternic (> 25°) înclinate dețin 1,9% din suprafața regiunii (43,85 km²) și corespund mai ales versanților de tip cuestasă. Terenurile situate pe pante mai mari de 5% sunt suprafețele cele mai expuse, având o pondere mare de 32,9% (761,6 km²) din suprafața câmpiei (Figura 3).

Formele liniare de eroziune, în cadrul câmpiei, în număr de 10.126 de organisme erozionale, au o lungime medie de 107,2 m și o lungime totală însumată de 1085,69 km. Astfel,

densitatea medie a organismelor erozionale este de $0,47 \text{ km/km}^2$, depășind însă, în unele sectoare, chiar și 6 km/km^2 (Figurile 1 și 2).



Fig. 1. Distribuția numărului de ravene pe unitate de suprafață



Fig. 2. Distribuția lungimii ravenelor pe unitate de suprafață (km/km^2)



Fig. 3. Distribuția pantelor cu valoarea de peste 5 grade

Cea mai mare prezență a ravenelor este caracteristică jumătății de sud-est a Câmpiei Prutului de Mijloc, îndeosebi în vecinătatea Podișului Codrilor.

2.2. Caracteristici termice și pluviometrice

Temperaturile medii anuale variază între $8,2$ și $10,1^\circ\text{C}$, media pe bazin fiind de $9,28^\circ\text{C}$. Temperatura medie din luna cea mai caldă a anului (iulie) variază între $19,2$ și $21,2^\circ\text{C}$, cu o medie la nivelul întregii câmpii de $20,3^\circ\text{C}$, în timp ce media din ianuarie coboară la $-3,8^\circ\text{C}$, putând varia între $-4,7$ și $-3,2^\circ\text{C}$. Media multianuală a precipitațiilor la nivelul bazinului este de 581 mm , valorile oscilând între 553 și 621 mm . Maximul pluviometric este localizat în luna iunie, valoarea medie a acestuia fiind de 94 mm , cu un interval de variație cuprins între 89 - 101 mm .

2.3. Caracteristici hidrografice și hidrologice

Rețeaua hidrografică din zona de studiu cuprinde 614 segmente de râu cu o lungime totală de $1654,9 \text{ km}$, corespunzând unei densități medii de $0,71 \text{ km/km}^2$. De asemenea, în cadrul câmpiei, se găsesc aproximativ 1.200 ochiuri de apă cu suprafața totală de $57,9 \text{ km}^2$ și cu suprafața medie de $4,8 \text{ ha}$.

2.4. Utilizarea și acoperirea terenurilor

Zona de studiu prezintă, la nivelul anului 2004, un bilanț teritorial în care ponderea terenurile agricole este extrem de mare ($73,5\%$ din total), dar apropiată de valoarea înregistrată la nivelul Republicii Moldova – 80% . Din suprafața de 231.534 ha a localităților poziționate total

sau parțial în cadrul câmpiei (5 orașe și 84 comune rurale) 170.138 ha sunt terenuri agricole. Această din urmă suprafață este defalcată astfel: 120.563 ha terenuri arabile, 37.982 ha pășuni și fânețe, 11.593 ha vii, livezi și pepiniere viticole sau pomicole. Suprafețele neagricole constituie 26,5% din total, iar terenurile împădurite însumează, în ansamblul teritoriului, 27.817 ha (sau 12,0 %).

2.5. Cadrul pedo-geologic

Depozitele pre-cuaternare care apar la zi sunt reprezentate, pe cea mai mare parte a câmpiei, prin depozitele Basarabianului inferior, reprezentate fiind de argile, nisipuri, calcare, diatomite, calcare recifale [4]. Formează versanții văilor și vâlcelelor. Pe rama codrică a câmpiei, pe sectoare mai înalte, se răspândesc depozitele heronienene, reprezentate prin argile, nisipuri, calcare și, respectiv, nisipuri, aleurite și argile.

Depozitele pliocene sunt reprezentate prin roci aluviale ale teraselor superioare ale Prutului. Cele mai recente, depozitele Romanianului (Akchagyl), se întâlnesc pe interfluviile cele mai înalte. Acestea sunt reprezentate prin nisipuri cu aleurite, argile și prundișuri.

Depozitele cuaternare sunt omniprezente în zona de studiu, fiind reprezentate prin aluviul teraselor pleistocene (pietrișuri, prundișuri, nisipuri și argile), depozitele holocene ale luncilor și formațiunile proluvial-colviale (luturi, loess, luturi nisipoase, soluri fosile, detritus, prundișuri, coluviu) (Figura 5).



Fig. 4. Clase zonale de soluri (după Harta Solurilor, Sc. 1:200.000)



Fig. 5. Textura solului (după Harta Solurilor, Sc. 1:200.000)

Din punct de vedere pedologic zona de studiu se atribuie la „raionul deluros de silvostepă al Prutului Mijlociu” [3]. Prezența unor fragmente de pădure de stejar și carpen permite de a include acest „raion” la zona de silvostepă. Circa, 12% din teritoriu este acoperit de păduri, însă, judecând după structura cuverturii de sol, acest procent ajungea în trecut la 30%.

Învelișul de sol este destul de pestriț: domină cernoziomurile levigate și tipice (împreună acestora le revin 37,1% din teritoriu), pe lângă care se mai răspândesc soluri silvice și cernoziomuri tipice (9,1%) și carbonatice (3%) (Figura 4).

3. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

3.1. Modelarea eroziunii hidrice a solului

Factorul erozivității precipitațiilor. Expresia cantitativă a parametrilor precipitațiilor și scurgerii care cauzează eroziunea solului constituie factorul erozivității R din modelul USLE [18, 19] și RUSLE [15]. După cum a fost arătat anterior, factorul R se prezintă a fi în indice care corelează bine cu pierderile de sol în toată lumea. Valoarea lui R integrează **cantitatea, intensitatea, durata și energia cinetică** a precipitațiilor. Valorile factorului R pot fi obținute de pe hărți cu izorodente, din tabele sau pot fi calculate din date meteorologice istorice [139].

În cadrul modelului USLE, s-a dezvoltat ecuația empirică de calcul a erozivității precipitațiilor; în care energia disponibilă pentru a disloca particule de sol în timpul căderii precipitațiilor este egală cu produsul cantității totale de energie cinetică (**E**) și intensitatea precipitațiilor (**I**). Matematic, factorul R se reprezintă astfel:

(1)

$$R = \sum_{i=1}^n (EI_{30})_i$$

Unde: n - numărul de averse, EI_{30} – indicele erozivității precipitațiilor.

Modelul RUSLE utilizează abordarea lui [6] pentru calcularea valorii medii anuale a erozivității precipitațiilor (R , MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ an⁻¹) [15].

(2)

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k \right]_j$$

Unde: n – numărul anilor luați în calcul, m_j – numărul de evenimente erosive pentru anul dat j, și EI_{30} – indicele erozivității precipitațiilor pentru un eveniment unic k.

Factorul R reprezintă media sumei parametrului **EI** pentru toate evenimentele pluviometrice din perioada de referință.

S-a constata că cele mai reprezentative sunt precipitațiile pe durata de 30 minute de intensitate maximă (**I**₃₀). Intensitatea precipitațiilor pentru 30 min de intensitate maximă (**I**₃₀) este calculată din formula:

(3)

$$I_{30} = \frac{P_{30}}{0,5h}$$

Unde: P_{30} - cantitatea de precipitații pentru 30 min de intensitate maximă [184].

De regulă, energia cinetică este exprimată ca funcție de volum, dat fiind simplitatea calculării energiei cinetice din intensitatea precipitațiilor, precum și reieșind din disponibilitatea datelor necesare pentru calcul [19].

Pentru determinarea valorii **cantității totale de energie cinetică a unei averse**, utilizată pentru inițierea mișcării particulelor de sol în modelul USLE, [19] utilizează ecuația empirică elaborată de J. O. Laws și D. A. Parsons (1943), scrisă **în sistem metric de unități**, în cazul în care intensitatea este calculată în milimetri pe oră, în formele:

(4)

$$e_{mm} = 0,119 + (0,0873)\log_{10}i_{mm}, \quad i_{mm} \leq 76,2 \text{ mm h}^{-1}$$

(5)

$$e_{mm} = 0,283, \quad i_{mm} > 76,2 \text{ mm h}^{-1}$$

Unde: E - energia cinetică ($MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); I - intensitatea precipitațiilor ($mm \text{ h}^{-1}$).

Limita de 76,2 mm/h se impune datorită faptului că diametrul mediu al picăturilor încetează să mai crească, atunci când intensitatea precipitațiilor depășește acest prag [7].

Ecuația RUSLE aplică o nouă metodă de calcul a factorului R [15]. Modelul utilizează același parametru EI și o ecuație similară cu cea din USLE. De asemenea I_{30} este determinat prin aceeași metodă. În același timp, valoarea lui E este calculată utilizând o ecuație nouă:

(6)

$$E = \sum_{k=1}^m e_r \times v_r$$

Unde: e_r - energia precipitațiilor pe unitate de măsură a grosimii stratului de precipitații (în sau mm) pe unitate de suprafață (acre sau hectare); v_r - grosimea stratului de precipitații (în sau mm), pentru un interval de hietogramă divizată în n părți, fiecare cu o intensitate a precipitațiilor constantă (în h^{-1} sau $mm \text{ h}^{-1}$).

Pentru fiecare interval al aversei de ploaie, energia cinetică a precipitațiilor (e_r este determinată utilizând o formulă de forma celei propuse de [6]. În unități **SI** ecuația are forma:

(7)

$$e_r = 0,29 [1 - 0,72 \exp(-0,05 \times i_r)]$$

Unde: e_r – energia cinetică pentru interval, $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; i_r - intensitatea precipitațiilor pentru interval, mm h^{-1} .

Grosimea stratului de precipitații este determinat pentru fiecare interval de timp înmulțind intensitatea medie a precipitațiilor pentru intervalul dat la durata intervalului.

(8)

$$v_r = i_r \times t_r$$

Unde: v_r - este produsul dintre intensitatea precipitațiilor pentru fiecare interval (i_r) și durata intervalului (t_r).

Intensitatea precipitațiilor (i_r , mm h^{-1}) pentru fiecare interval de timp de 10 min ($\Delta t_r = 1/6$ h) este calculat astfel:

(9)

$$i_r = \frac{\Delta v_r}{\Delta t_r} = \frac{\Delta v_r}{1/6} = \Delta v_r \times 6$$

O bună corelație se observă între cantitatea anuală de sol erodat și coeficientul de distribuție a precipitațiilor, cunoscut ca **indicele Fournier**. Erozivitatea precipitațiilor poate fi dedusă, astfel, în baza indicelui Fournier sau în baza indicelui Fournier modificat [5]. Indicele Fournier se calculează din relația:

(10)

$$IF = \frac{p_{max}^2}{P}$$

Unde: p_{max} - cantitatea medie lunară de precipitații pentru luna cea mai umedă (mm); iar P - cantitatea medie anuală de precipitații.

Indicele modificat Fournier este calculat după formula [5]:

(11)

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

Unde: p_i - cantitatea medie lunară de precipitații pentru luna i (mm); iar P - media anuală de precipitații (mm).

De asemenea, *cantitatea medie anuală de precipitații* poate fi utilizată direct pentru aproximarea valorii factorului R.

Factorul morfometriei reliefului. Relieful este sursa de date cea mai bogată în informații referitoare la eroziune. Utilizarea Modelului Numeric Altitudinal al Terenului este

indispensabilă pentru determinarea unor parametri importanți pentru eroziune, iar panta pare să fie cel mai valoros parametru.

Panta și **lungimea căilor de scurgere** (adică înclinarea și lungimea versanților) au fost utilizați ca parametri în Ecuația Universală a Pierderilor de Sol.

Modelul USLE [19] calculează indicele LS (în unități SI) după formula:

(12)

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \times (65,41 \times \sin^2 \beta + 4,56 \times \sin \beta + 0,0654)$$

Unde: λ - proiecția orizontală a lungimii versantului (m); m - o constantă dependentă de pantă; β - panta (grade).

Exponentul m se referă la raportul dintre eroziunea prin șiroire și eroziunea prin picături de ploaie [8]. După [19], m este egal cu 0,5 dacă panta este egală sau mai mare 5%, 0,4 pe versanți de 3,5-4,5%, 0,3 pe versanții de 1-3% și 0,2 pe versanții sub 1%.

De precizat că, atât USLE, cât și RUSLE, consideră eroziunea doar în lungul liniilor de scurgere, fără a lua în calcul influența convergenței și divergenței scurgerii. Astfel, aplicarea directă a modelului USLE sau RUSLE, pentru sectoare de teren complex, nu poate fi implementată în SIG.

Pentru a prezice eroziunea într-un punct dat în teren, factorul LS poate fi scris în forma dedusă de [12], aplicând teoria puterii cursului de apă:

(13)

$$LS = (n+1) \left(\frac{A_s}{22,13} \right)^n \left(\frac{\sin \beta}{0,0896} \right)^m$$

Unde: valorile $n=0,6$ și $m=1,3$, care dau rezultate consistente cu factorul LS din RUSLE, pentru lungimi de versant sub 100 m și mărimi ale unghiului de pantă mai mici de 14 grade.

Această formă a ecuației factorului LS este preferabilă în cazul unui relief complex, comparativ cu ecuația empirică originală, dat fiind faptul că ia în considerație convergența și divergența scurgerii prin intermediul ariei bazinale specifice (A_s).

Factorul erodibilității solului. Erodibilitatea solului este definită ca rezistență a solului la eroziune și corelează bine cu proprietăți măsurabile ale solului, cum ar fi textura, conținutul de materie organică, mărimea și stabilitatea agregatelor de sol, conținutul de apă și structura solului.

În 1965 A. P. Barnett et al. includ proprietățile solului în ecuația de calcul a factorului erodibilității K din formula USLE [19]. În lucrarea [17] este publicată nomograma utilizată apoi pentru estimarea coeficientului erodibilității solului, utilizând 5 parametri ai acestuia: procentul

de praf, procentul de nisip foarte fin, procentul de nisip, conținutul de materie organică și descrierile subiective asupra structurii și permeabilității solului (Figura 6).

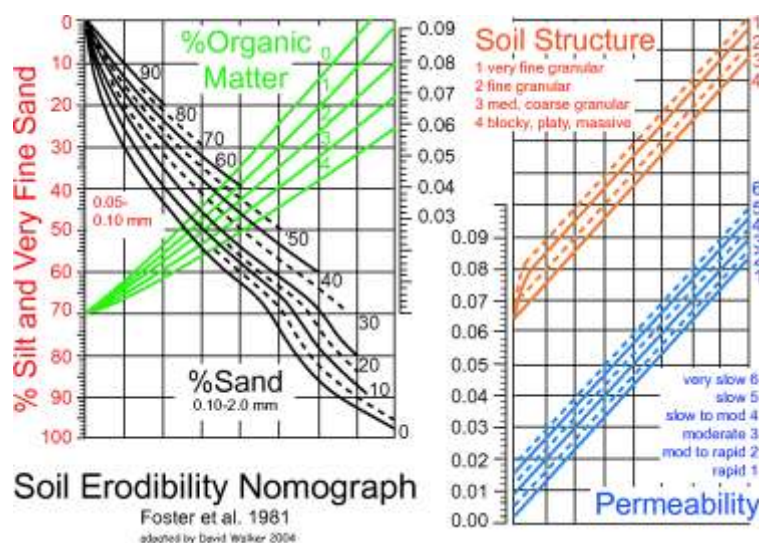


Fig. 6. Nomograma erodibilității solului în unități SI [19]

Mai târziu, în 1978, este publicată și ecuația de regresie însoțitoare, care a inclus și codurile (între 1 și 5) pentru structura și permeabilitatea solului [19]:

(14)

$$100K = 2,1 \times M^{1,14} \times (10^{-4}) \times (12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)$$

Unde: M - (% praf + % nisip foarte fin) * (100 - % argilă); a - procentul de materie organică; b - codul clasei de structură a solului (1-5); c - codul clasei de permeabilitate (1-5).

Factorul acoperirii terenurilor. Acoperirea terenurilor reprezintă un factor important pentru studierea proceselor erozionale, dat fiind faptul că aceasta condiționează gradul de protecție a solului, mai ales prin tipul covorului vegetal și prin rata de restabilire a acestuia.

Teledetecția este pe larg utilizată pentru monitorizarea și cartarea stării eco- și geosistemelor la nivelul întregii planete. Acoperirea cu vegetație poate fi estimată utilizând indicii de vegetație derivați din analiza imaginilor satelitare.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) este probabil cel mai utilizat indice de vegetație. Formula exprimă diferențierea signaturilor spectrale la limita vizibilului (roșu) cu infraroșul (infraroșul apropiat), indicele NDVI fiind definit prin următoarea ecuație:

(15)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

Unde: NDVI – indicele normalizat de diferențiere al vegetației, NIR – Banda spectrală infraroșu apropiat (Near Infra Red – banda 4 Landsat TM) Red – Banda spectrală roșu (vizibil, Red – banda 3 Landsat TM).

Formula aplicabilă imaginilor Landsat TM, este bazată pe utilizarea benzilor spectrale (4, reprezentând infraroșul apropiat, și 3 - roșul), din care rezultă posibilitatea cuantificării la nivel de pixel a valorilor NDVI între -1 și 1, ce reprezintă de fapt consistența vegetației verzi (gradul de dezvoltare), astfel valoarea 1 reprezintă consistența maximă a vegetației ce este specifică pădurilor de foioase dense, valoarea 0 este atribuită terenurilor cu pajiști, cu vegetație redusă, în timp ce minima de -1 reprezintă terenul lipsit de vegetație, unde roca sau solul apar la zi, această valoare se înregistrează în arealul terenurilor proaspăt arate [10].

Factorul practicilor agricole protective. Dintre cei șase factori de intrare pentru USLE/RUSLE [19], valorile factorului practicilor protective (P) sunt considerate a fi cele mai incerte. Factorul P reprezintă practicile de control, care au menirea să reducă potențialul eroziv al scurgerii, influențând structura rețelei de drenaj, modul de concentrare a scurgerii, viteza de scurgere și forțele hidraulice exercitate de apă pe suprafața solului [15].

Valorile factorului P pot fi deduse fie prin clasificarea datelor de teledetecție, fie din studii anterioare, fie prin aplicarea cunoștințelor expert. Autorii [9] au cartat obiecte precum terase, căi de transport etc., utilizând **analiza orientată pe obiect** a imaginilor satelitare, alocând valori pentru P în baza cunoștințelor expert.

3.2. Date de intrare pentru modelare

Structura conceptuală a oricărui model privind eroziunea este similară cu schema din Figura 7. În studiu au fost utilizate informații cartografice disponibile cum ar fi: modelul digital al reliefului, harta solurilor, harta acoperirii/utilizării terenurilor, pluviogramele precipitațiilor atmosferice pentru sezonul cald (aprilie-octombrie) ș.a.

În studiu au fost utilizate datele referitoare la **precipitațiile** atmosferice din sezonul cald (aprilie-octombrie) pentru perioada 1993-2016 (1984-2016, pentru stația Chișinău), cu o rezoluție temporală de 10 min, în baza cărora a fost realizate hărțile erozivității precipitațiilor (Sursa: SHMS). Am ales să efectuăm calculele pentru toate stațiile de pe teritoriului Republicii Moldova pentru care am dispus de date, pentru ca să avem posibilitatea spațializării rezultatelor, chiar dacă doar trei stații (Briceni, Fălești și Cornești) se află în arealul studiat.

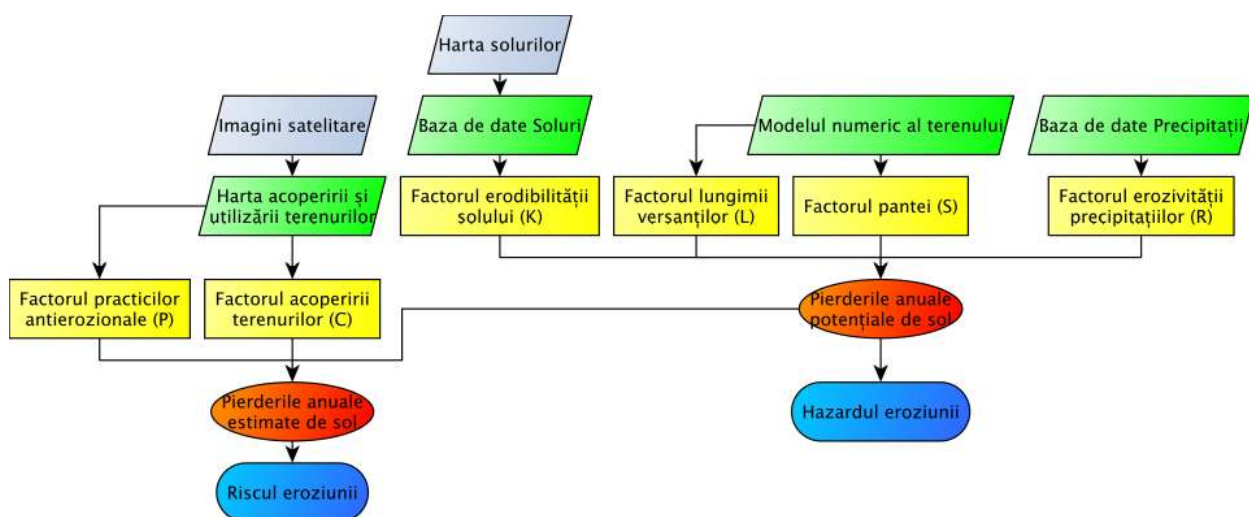


Fig. 7. Schema conceptuală a modelării eroziunii

Modelul Numeric Altitudinal al Terenului pentru zona de studiu a fost realizat prin interpolarea informațiilor altitudinale din stereo-ortofotoplanurile anului 2007 prin metoda *Regularized spline with tension* prin utilizarea modulului **v.surf.rst** din programul GRASS GIS. Modelul obținut are o rezoluție spațială de 10 de metri.

A fost utilizată **Harta solurilor** Republicii Moldova la scara 1:200.000, realizată în cadrul Institutului de Geografie (în prezent IEG) al AȘM și digitizată în Laboratorul Geografia Peisajelor al Institutului de Ecologie și Geografie.

Baza de date a **acoperirii/utilizării terenului** la scara 1:50.000 pentru întreg teritoriul Republicii Moldova [2], realizată prin interpretarea imaginilor satelitare Landsat (anul de achiziție 2004). Clasificarea inițială a categoriilor de acoperire a fost făcută în conformitate cu Sistemul FAO de Clasificare a Acoperirii Terenului (FAO LCCS). Datele sunt prezentate în format ESRI Shapefile.

4. ANALIZA REZULTATELOR MODELĂRII EROZIUNII ȘI DEPUNERII

4.1. Evaluarea riscului eroziunii solului

Modelarea empirică a eroziunii s-a realizat prin aplicarea unui model de tip RUSLE. Modelul reprezintă o funcție multiplicativă a șase factori hidrici [18, 19, 15]:

(16)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Unde: A - rata anuală a eroziunii solului, t ha⁻¹ an⁻¹; R – factorul erozivității pluviale (factorul energetic), MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ an⁻¹; K – factorul erodibilității solului – depinde de granulometria solului, de cantitatea de materie organică în sol, de permeabilitatea și structura solului, t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹; LS – factorul relief, dependent de lungimea și înclinația

versanților, adimensional; C – factorul cuverturii vegetale, adimensional; P – factorul tipului de tehnici antierozionale, adimensional.

Erozivitatea pluvială – R. A fost calculată în baza datelor pluviometrice înregistrate la 15 stații meteorologice de pe teritoriul Republicii Moldova în perioada 1984-2016. Odată ce datele referitoare la precipitații au fost colectate, estimarea factorului R a constat în calcularea valorilor factorului R pentru fiecare stație meteorologică, și spațializarea valorilor factorului R pe întreg teritoriul Republicii Moldova. Modelul RUSLE utilizează abordarea [41] pentru calcularea valorii medii anuale a erozivității precipitațiilor, R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$) [15].



Fig. 8. Distribuția valorii medii anuale a erozivității precipitațiilor în Republica Moldova ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$)

Dat fiind densitatea mică a observațiilor, interpolarea valorilor erozivității nu se poate aștepta să producă rezultate realiste. În schimb, am utilizat metoda regresiei pentru estimarea distribuției erozivității precipitațiilor în dependență de distribuția unor variabile independente, precum altitudinea reliefului, latitudinea și longitudinea geografică.

Ecuția de regresie multiplă realizată are forma:

(17)

$$R_{ave} = 9150,75 - 0,33 \times Elev - 40,42 \times Lat - 221,82 \times Long$$

Coeficientul de determinare: $R^2=0,63$

Variabilitatea relativ mare a condițiilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova are ca rezultat un interval destul de mare a valorilor erozivității precipitațiilor; de la 572,4 (în SE) la 1259,1 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$ (în NV), cu o medie de 880,4 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$ (Figura 8).

Pentru Câmpia Prutului de Mijloc valorile erozivității precipitațiilor sunt cuprinse între 893,4 și 1161,5, la o medie de 1058,2 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$.

Din literatura de specialitate reiese că există o bună corelație între cantitatea anuală de sol erodat și coeficientul distribuției anuale a precipitațiilor, cunoscut ca **indicele Fournier**. Erozivitatea precipitațiilor poate fi astfel dedusă din acest indice sau din **indicele Fournier modificat** [5] (Figurile 9 și 10).

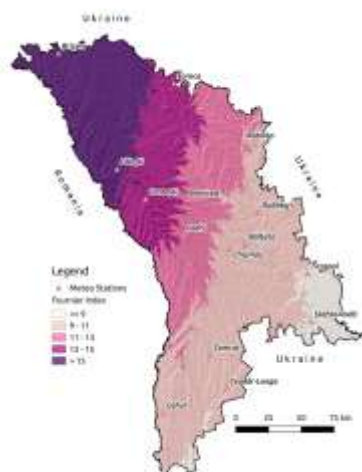


Fig. 9. Indicele Fournier



Fig. 10. Indicele Fournier Modificat

Regresia calculată între erozivitatea precipitațiilor și indicele Fournier este de forma:

(18)

$$R = 234,25 \times FI^{0,531}$$

Coeficientul de determinare: $R^2=50,86\%$

Regresia între erozivitatea precipitațiilor și indicele Fournier modificat este:

(19)

$$R = 56,81 \times MFI^{0,69}$$

Coeficientul de determinare: $R^2=27,04\%$

De asemenea, regresia între erozivitatea precipitațiilor și cantitatea anuală de precipitații dă ecuația:

(20)

$$R = 5,82 \times P^{0,793}$$

Coeficientul de determinare: $R^2=16,4\%$.

Statistica zonală realizată la nivel de raioane administrative ne scoate în evidență valori maxime ale erozivității precipitațiilor în raioanele Glodeni ($1082,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) și Râșcani ($1079,1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Statistica zonală realizată la nivel de bazine hidrografice relevă valori maxime ale erozivității precipitațiilor atinge valori maxime în bazinele Camenca (1081,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), Căldărușa (1071,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) și Ustia (1055,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹).

Un studiu recent [14] asupra erozivității precipitațiilor realizat la nivelul Uniunii Europene găsește valori similare cu cele obținute de noi. Astfel, pentru teritoriul României, se obțin valori medii de 785,0, minime de 462,2 și maxime de 1150,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, inclusiv valori similare cu ale noastre pentru regiunile vecine de deal și podiș.

Harta rezultată, a erozivității precipitațiilor (Figura 8), pe lângă utilizarea directă în estimarea volumului pierderilor de sol prin eroziune, poate fi utilizată, de asemenea, în studii privind evaluarea expunerii teritoriului la alunecări de teren, inundații și alte fenomene naturale cu caracter de hazard.

Erodibilitatea solului - K. Reprezintă rata eroziunii determinată experimental în condiții standard [19]. Calculele au fost realizate în QGIS Field Calculator, aplicând Ecuația lui [19] de forma:

(21)

$$K_{sy} = (2,1 \times M^{1,14} \times 10^{(-4)} \times (12 - MO) + 3,25 \times (S - 2) + 2,5 \times (P - 3)) / 100 \times 0,1317$$

Unde: M = (nisip + praf) x (100 - argilă); MO – ponderea materiei organice (%); S – codul structurii solului; P – codul permeabilității solului; 0,1317 – coeficient de transformare a valorilor în sistem SI.

Valorile obținute pentru factorul K variază între 0,026 și 0,072 la o medie de 0,047 (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹), valori care aproximează destul de bine cu valorile obținute la nivelul Uniunii Europene [14].

Factorul relief - LS

Modulul *r.watershed* din GRASS GIS oferă o metodă eficientă de determinare a factorului LS. Acest modul analizează elevația în scopul calculării unor parametri hidrologici de bază și a unor factori RUSLE. În speță, se pot calcula hărțile raster ale acumulării scurgerii, direcției de drenaj, cursurile de apă și bazinele hidrografice, precum și factorii LS și S din modelul RUSLE.

În Figurile 11-14 sunt prezentate distribuțiile valorilor factorului LS în cadrul zonei. Se poate observa, în primul rând, un model structural diferit al distribuției spațiale pentru cele două metode de calcul a căilor de scurgere (MFD și SFD). Modelul MFD rezultă într-o structură mai complicată, care pune în evidență căile de scurgere, servind astfel drept metodă eficientă pentru

determinarea arealelor de eroziune și, respectiv, depunere, dar și pentru scoaterea în evidență a suprafețelor potențial expuse eroziunii liniare.

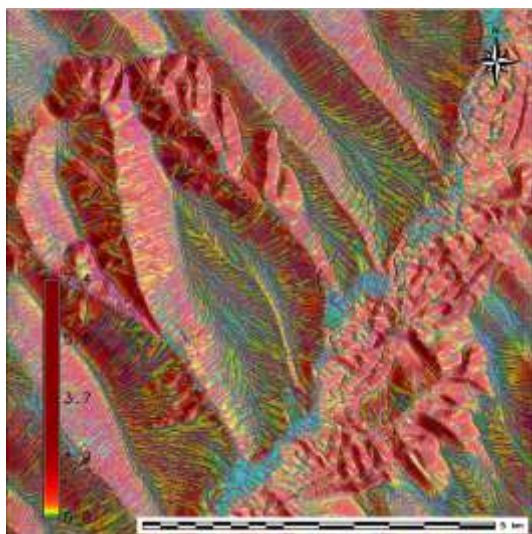


Fig. 11. Factorul LS (MFD, cu bariere)

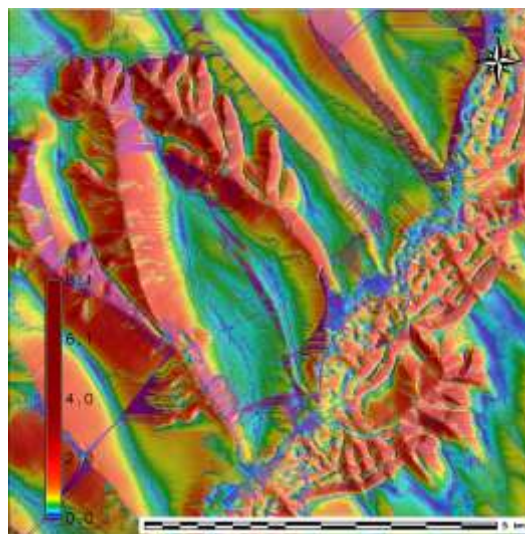


Fig. 12. Factorul LS (SFD (D8), cu bariere)

De asemenea, se poate observa faptul că pentru cele două metode (SFD și MFD), în urma analizei statistice, rezultă valori medii mai ridicate pentru metoda SFD (0,63-0,7) decât pentru metoda MFD (0,29-0,32). Astfel, utilizarea celor două metode, poate duce la obținerea de rezultate destul de diferite, ducând la supraestimarea sau subestimarea pierderilor de sol de până la de două ori mai mult.

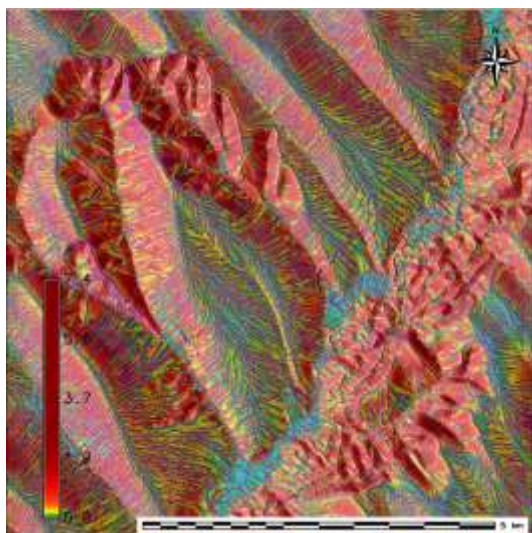


Fig. 13. Factorul LS (MFD, fără bariere)

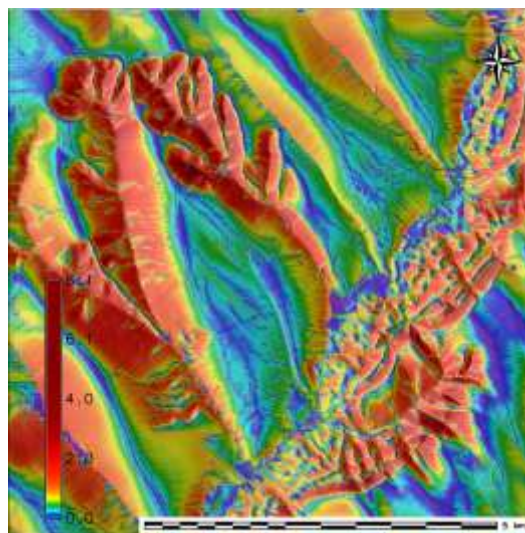


Fig. 14. Factorul LS (SFD (D8), fără bariere)

O altă deosebire rezultă din utilizarea sau nu a „barierelor” pentru scurgere, care în cazul nostru au fost reprezentate de căile de transport rutier și feroviar, și care prin elementele lor structurale constituie piedici în calea scurgerii de suprafață, ducând astfel la scurtarea căilor de scurgere. Se observă astfel o reducere a valorii medii a factorului LS de la 0,32 și 0,7 la, și respectiv, 0,29 și 0,63.

Un studiu recent de P. Panagos et al. (2014) estimează valoarea factorului LS pentru statele europene, iar în conformitate cu acesta, pentru România factorul LS este egal cu 2,09, pentru Ungaria – 0,59, reprezentând, deci, valori similare cu cele obținute de noi.

Acoperirea terenurilor - C

Reieșind din necesitatea de a diferenția spațial valorile factorului C, în cadrul aceluiași clase de acoperire, s-a recurs la obținerea acestui factor utilizând indicele de vegetație NDVI.

Ecuția de regresie rezultată este:

(22)

$$C = -0,33 + 1,96 \times NDVI$$

Practicile antierozionale - P

În zona de studiu, în prezent, se întreprind foarte puține măsuri de ameliorare, în special împăduriri și reîmpăduri a terenurilor degradate. S-au mai păstrat însă unele amenajări realizate în a doua jumătate a secolului XX-lea. Se cunoaște însă, că abandonarea terenurilor agricole are ca rezultat degradarea progresivă a teraselor și a șanțurilor antierozionale.

Tab. 2. Valori ale factorilor C și P, din [16]

Utilizare terenuri	C-Factor	P-Factor	CP-factor
Localități	1	1	1
Teren viran	1	1	1
Cariere	1	1	1
Arabil	0,28	0,28	0,078
Pârloagă	1	0,28	0,28
Plantații	0,28	0,28	0,078
Păduri dense	0,004	1	0,004
Păduri rare	0,008	1	0,008
Păduri degradate	0,008	1	0,008
Tușișuri	0,7	1	0,7
Pajiști	0,18	1	0,18
Teren înmlăștinit	0	1	0,0
Acvatic	0	1	0,0

În scopul generării stratului de hartă a factorului P am utilizat Harta acoperirii/utilizării terenurilor, completată cu datele de literatură.

Pierderile anuale potențiale de sol - A_p

Eroziunea potențială a solului a fost calculată ca produs dintre factorii erozivității precipitațiilor (R), factorul erodibilității solurilor (K) și factorul relief (LS).

Au fost calculate patru versiuni de hartă a pierderilor potențiale de sol, pornind de la utilizarea celor patru versiuni ale factorului LS: (1) SFD, fără bariere; (2) SFD, cu bariere; (3)

MFD, fără bariere și (4) MFD, cu bariere. Studiul statistic al hărților pierderilor potențiale de sol a dat următoarele rezultate (Tabel 3):

Tab. 3. Ponderea claselor de eroziune potențială în zona de studiu

	Clasa de risc ($t\ ha^{-1}\ an^{-1}$)	SFD, fără bariere	SFD, cu bariere	MFD, fără bariere	MFD, cu bariere
1	Eroziune neapreciabilă (<3)	10,72%	19,60%	37,36%	38,55%
2	Eroziune slabă (3-10)	14,97%	14,37%	22,71%	23,94%
3	Eroziune moderată (10-20)	20,04%	18,23%	16,23%	16,38%
4	Eroziune puternică (20-40)	25,02%	21,82%	12,55%	11,87%
5	Eroziune foarte puternică (>40)	29,24%	25,98%	11,15%	9,26%

Putem observa o pondere ridicată a claselor de risc mare și foarte mare la eroziune în cazul estimării prin metoda SFD, comparativ cu metoda MFD la care o pondere mare se înregistrează la clasele cu risc mic.

Eroziunea estimată a solului a fost calculată ca produs dintre factorii erozivității precipitațiilor (R), factorul erodibilității solurilor (K), factorul relief (LS) și factorul acoperirii/utilizării terenurilor (CP).

La fel, au fost calculate patru versiuni de hartă a pierderilor estimate de sol, pornind de la utilizarea celor patru versiuni ale factorului LS: (1) SFD, fără bariere; (2) SFD, cu bariere; (3) MFD, fără bariere și (4) MFD, cu bariere (Figurile 15-18). Analiza statistică a hărților pierderilor estimate de sol a dat următoarele rezultate (Tabel 4):

Tab. 4. Ponderea claselor de eroziune estimată în zona de studiu

	Clasa de risc ($t\ ha^{-1}\ an^{-1}$)	SFD, fără bariere	SFD, cu bariere	MFD, fără bariere	MFD, cu bariere
1	Eroziune neapreciabilă (<3)	64,46%	68,84%	81,64%	83,14%
2	Eroziune slabă (3-10)	20,65%	18,30%	11,70%	11,10%
3	Eroziune moderată (10-20 ¹)	7,35%	6,54%	3,84%	3,45%
4	Eroziune puternică (20-40)	4,47%	3,77%	1,82%	1,54%
5	Eroziune foarte puternică (>40)	3,08%	2,55%	1,00%	0,77%

Se observă că estimarea pierderilor de sol utilizând metoda SFD rezultă în ponderi mai mici pentru clasa 1, de risc neapreciabil (64,46 și 68,84%), față de metoda MFD (81,64 și 83,14%), și în același timp, o creștere a ponderii claselor de eroziune moderată, puternică și foarte puternică.

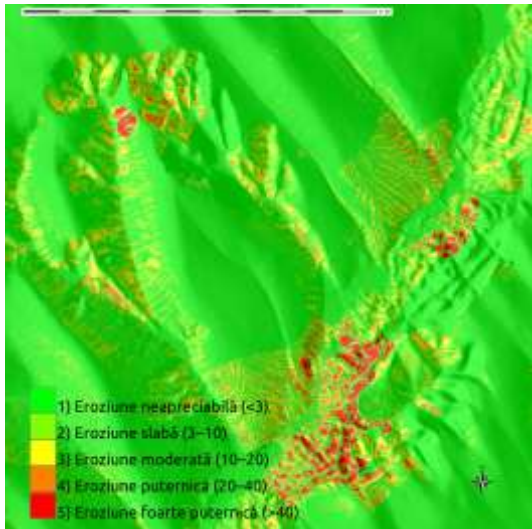


Fig. 15. Pierderi anuale estimate de sol, $t\ ha^{-1}\ an^{-1}$ (MFD, fără bariere)

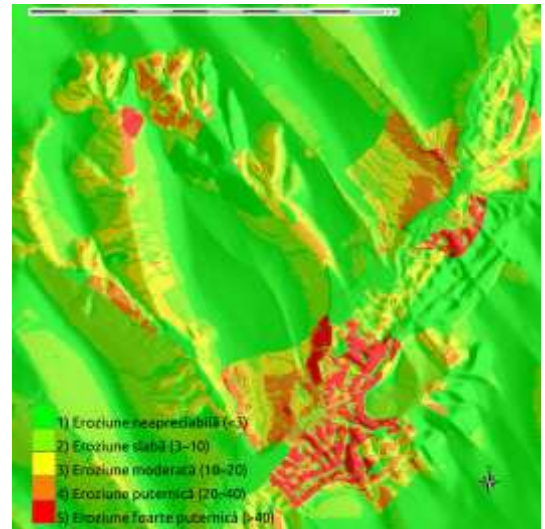


Fig. 16. Pierderi anuale estimate de sol, $t\ ha^{-1}\ an^{-1}$ (SFD, fără bariere)

Estimările realizate prin metoda SFD returnează valori medii practic duble ale pierderilor de sol față de metoda MDF (Tabel 4.25).

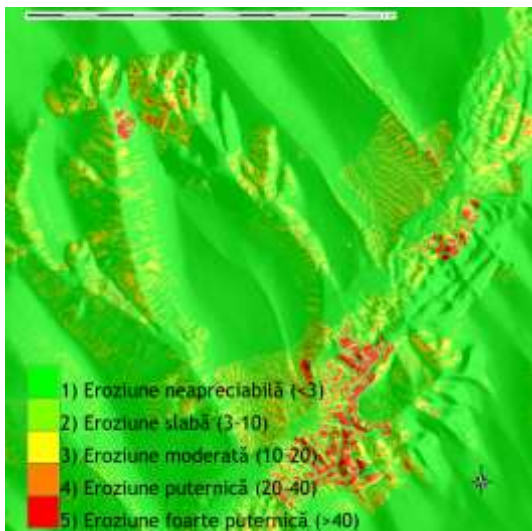


Fig. 17. Pierderi anuale estimate de sol, $t\ ha^{-1}\ an^{-1}$ (MFD, cu bariere)

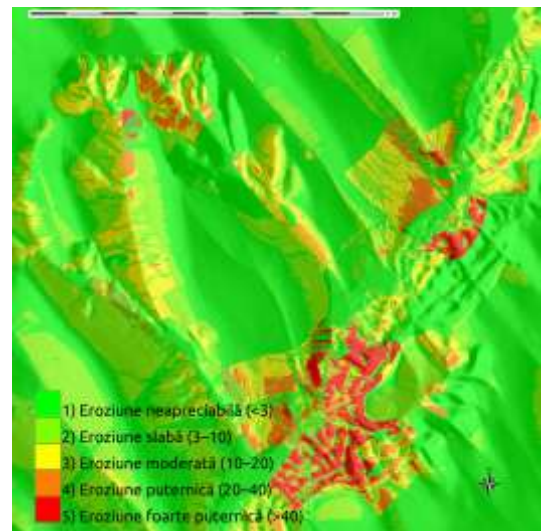


Fig. 18. Pierderi anuale estimate de sol, $t\ ha^{-1}\ an^{-1}$ (SFD, cu bariere)

4.2. Prognoze privind evoluția riscului eroziunii

Analiza rezultatelor scoate în evidență efectul de reducere a riscului eroziunii ca urmare a împăduririi parțiale a teritoriului (pe baza terenurilor cu adecvare mare și foarte mare). Astfel, ponderea suprafețelor cu risc erozional neapreciabil ar crește de la 83,14% la 86,44%, din contul celorlalte clase de risc.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii

1) Problematika modelării eroziunii hidrice este destul de veche, începând a se pune în evidență încă în anii '30 ai sec. al XX-lea, astfel că până în prezent s-a reușit o diversificare a modelelor privind eroziunea, toate acestea având la bază: **diverși algoritmi** (empirice, fizice), **abordări** (calitative, cantitative), **caracteristici** (pierderi de sol, acumulare de aluviuni) și **factori** (precipitații, relief, sol, vegetație, utilizare terenuri) ai procesului erozional, **scări spațiale** (parcelă, versant, bazin) și **temporale** (eveniment unic, medie) și forme ale eroziunii (laminară, șiroire, ravenare, la mal).

2) Condițiile naturale, precum și modificările antropice înregistrate în zona de studiu, se prezintă ca fiind **favorabile pentru dezvoltarea proceselor erozionale**; un rol important în acest sens jucându-l relieful, caracterizat prin prezența pantelor mai mari de 5° (32,9%), o valoare medie ridicată a energiei reliefului, de 61,5 m, și o pondere de 6,61% a suprafețelor cu adâncimea fragmentării reliefului de peste 100 m, precum și o densitate a fragmentării reliefului care trece chiar și de $2,5 \text{ km/km}^2$ [6, 10].

3) Formele liniare de eroziune în număr de 10.126 de organisme erozionale, au o lungime medie de 107,2 m și o lungime însumată de 1085,69 km. Astfel, **densitatea medie a organismelor erozionale este de $0,47 \text{ km/km}^2$, depășind însă, în unele sectoare, chiar și 6 km/km^2** . Formele eroziunii în adâncime se dezvoltă în toate subunitățile de relief, dar cu frecvențe și intensități diferite. Cea mai mare prezență este caracteristică jumătății de sud-est a Câmpiei Prutului de Mijloc, îndeosebi în vecinătatea Podișului Codrilor.

4) Variabilitatea relativ mare a condițiilor climatice au ca rezultat un **interval destul de larg al valorilor erozivității precipitațiilor în zona de studiu**, valori cuprinse între 893,4 și 1161,5, la o medie de $1058,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ an}^{-1}$. Găsim astfel, factorul R ca fiind destul de variabil, din care cauză utilizarea regresiiilor pentru determinarea valorilor erozivității trebuie făcută cu precauție. **Cea mai bună estimare este dată de relația dintre factorul R și valorile indicelui Fournier** ($R^2=50,86\%$), în comparație cu indicele Fournier modificat (IFM) și cantitatea anuală de precipitații (P) ($R^2=27,04\%$ și $R^2=16,4\%$, respectiv) [5, 9].

5) Estimarea factorului relief (LS) este de importanță majoră pentru calcularea pierderilor de sol, iar metoda de estimare utilizată are un rol primar în ceea ce privește rezultatul, acesta putând să se modifice chiar și de două ori. Astfel, metoda SFD returnează rezultate cuprinse între 0,63 și 0,7, iar metoda MFD – de doar 0,29-0,32. Astfel, selectarea diferitor algoritmi de rutare a scurgerii determină nu doar amplitudinea valorilor rezultate ci și modelul distribuției spațiale a

valorilor factorului relief. De asemenea, se poate constata că, în cazul în care se dorește aprecierea cantitativă precisă a cantității de sol pierdut, este necesară calibrarea modelului [10].

6) Factorii acoperirii terenului (C) și practicilor antierozionale (P) reprezintă adevărate probleme privind estimarea, necesitând cartări ale acoperirii/utilizării terenurilor și amenajărilor antierozionale. În acest sens, utilizarea tehnicilor de teledetecție și fotointerpretarea imaginilor satelitare și aerofotogramelor, utilizarea datelor LiDAR pentru construcția modelelor numerice ale terenului de mare precizie devin absolut de neînlocuit.

7) **Teritoriul studiat se încadrează claselor de risc erozional după cum urmează:** eroziune neapreciabilă ($<3 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) - 83,14%, eroziune slabă ($3-10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) - 11,10%, eroziune moderată ($10-20 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) - 3,45%, eroziune puternică ($20-40 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) - 1,54% și eroziune foarte puternică ($>40 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) - 0,77% [8, 11].

Recomandări

1) **Este necesară monitorizarea eroziunii plane și liniare**, direct în teren și/sau indirect, utilizând ortofotoplanuri și date LiDAR (care trebuie să satisfacă și cerința privind rezoluția temporală). Este, de asemenea, necesar de continuat cercetările experimentale (în situ și în laborator) privind studiul proceselor și factorilor eroziunii, în acest sens, amenajarea unor parcele erozionale, sau chiar a unei stațiuni privind studiul eroziunii solului (sau complexă) este necesară.

2) Modelele existente pe plan mondial nu satisfac pe deplin necesitățile practice privind evaluarea intensității proceselor erozionale în Republica Moldova. În Republica Moldova (comunitatea științifică și practicieni) **se resimte o necesitate enormă atât în ceea ce privește colectarea de date actualizate**, la o scară/rezoluție mare privind caracteristicile solului și a terenurilor (în special agricole), **cât și privind elaborarea unui model** (procedee, tehnici) privind estimarea eroziunii, care să fie, în același timp, simplu de aplicat, să nu solicite cantități mari de date de intrare, să fie integrat în SIG și să ofere rezultate satisfăcătoare [8, 11].

3) Protecția resurselor de sol reprezintă concomitent o problemă majoră și istorică, astfel că **se impune necesitatea luării unor măsuri în sensul protecției resurselor de sol**. Printre măsurile organizatorice recomandăm **restructurarea folosințelor terenurilor**, în funcție de natura proceselor de degradare și **consolidarea terenurilor agricole**. De asemenea, un sistem de protecție antierozională a solurilor realizat prin **proiecte de organizare și amenajare antierozională** a moșiilor comunelor, bazinelor acvatice etc., se face necesar de implementat [8, 11].

BIBLIOGRAFIE

1. Cerbari V., Kuharuk E. Știința solului în ajutorul fermierilor. Chișinău: Tipografia UASM, 2005, 64 p.
2. Mitrofan O. (Coord.) Building capacity in inventory of land cover/land use by remote sensing, Raportul tehnic al proiectului FAO TCP/MOL/2903 (A). Chișinău: Agenția Relații Funciare și Cadastru, 2006.
3. Ursu A. Solurile Moldovei. Chișinău: Ed. Știința, 2011. 324 p.
4. Букатчук П. Д., Блюк И. В., Покатилов В. П. Геологическая карта Молдавской ССР, м-б. 1:200000 (Объяснительная записка). Кишинев: 1988, 272 с.
5. Arnoldus H. M. J. Methodology Used to Determine the Maximum Potential Range Average Annual Soil Loss to Sheet and Rill Erosion in Morocco. Assessing Soil Degradation. In: FAO Soils Bulletin, 1977, Vol. 34, p. 39-48.
6. Brown L. C., Foster G. R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. In: Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1987, Nr. 30, p. 379-386.
7. Carter C. E. et al. Raindrop characteristics in South Central United States. In: Am. Soc. Agric. Eng. Trans., 1974, Vol. 17, p. 1033-1037.
8. Foster G. R., Meyer, L. D., Onstad, C. A. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil-loss estimates. In: Trans. Am. Soc. Agric. Engrs, 1977, p. 683-687.
9. Karydas C.G., Sekuloska T., Silleos G.N. Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. In: Environ. Monit. Assess., 2009, Nr. 149 (1-4) p. 19-28.
10. Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman J. W. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2004. 612 p.
11. Mitasova H. et al. Modeling spatially and temporally distributed phenomena: New methods and tools for GRASS GIS. In: International Journal of GIS, 1995, Vol. 9 (4), Sp. issue on integration of Environmental modeling and GIS, p. 443-446.
12. Moore I., Burch G. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. In: Soil Society of America Journal, 1986, No. 50, p. 1294-1298.
13. Morgan R. P. C., Nearing M. Handbook of Erosion Modelling, Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.
14. Panagos P. et al. Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. In: Science of the Total Environment, 2014, 479-480, p. 189-200.
15. Renard K. G. et al. (ed) Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agr. handbook No. 703. Washington: USDA, 1997, 384 p.
16. Tirkey A. S., Pandey A.C., Nathawat M.S. Use of Satellite Data, GIS and RUSLE for Estimation of Average Annual Soil Loss in Daltonganj Watershed of Jharkhand (India). In: Journal of Remote Sensing Technology, 2013, Vol. 1, Iss. 1, p. 20-30.
17. Wischmeier W. H., Johnson C. B., Cross B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. In: Journal of Soil and Water Conservation, 1971, Vol. 26, p. 189-192.
18. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Agr. handbook No. 537. Washington: USDA, 1978, 60 p.
19. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agr. Handbook No. 282. Washington: USDA, 1965, 49 p.

LISTA LUCRĂRILOR LA TEMA STUDIULUI

Articole în diferite reviste științifice

În reviste din străinătate recunoscute

1. Castraveț T., **Estimating annual soil loss by water erosion in the Middle Prut Plain, Republic of Moldova**, Revista „Geographia Napocensis”, Anul VI, Nr. 2, Cluj-Napoca, 2012, pp. 110-115, ISSN 1844-9840.
2. Castraveț T., **Middle Prut Plain erosion susceptibility evaluation**, GeoReview, Analele Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, Seria Geografie, Vol 20, No 1, Suceava, 2011, pp. 115-120, ISSN 1583-1469.

În reviste din Registrul Național al revistelor de profil, categoria B

3. Мельничук О., Бобок Н., Бежан Ю., Кастрavec Т., Мунтян В., Желяпов А., **Оценка склонового дождевого стока с водосборов Среднепрутской равнины**, Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Seria Științele Vieții, Nr. 3 (315), Chișinău, 2011, pp. 154-162, ISSN 1857-064X.

Articole în culegeri științifice

4. Castraveț T., **Metode de estimare a pericolului eroziunii solului în baza modelului numeric al terenului**, Materialele Conferinței Științifice cu participare Internațională „Probleme ecologice și geografice în contextul dezvoltării durabile a Republicii Moldova. Realizări și perspective”, 14-15 septembrie, Chișinău, 2016, pp. 454-459, ISBN 978-9975-9611-3-4.
5. Castraveț T., **Aplicarea metodelor climatologice în studiul pericolului eroziunii solului**, Materialele Conferinței Științifice Naționale cu participare Internațională „Mediul și dezvoltarea durabilă”, 06-08 octombrie, Universitatea de Stat Tiraspol, Chișinău, 2016, pp. 146-150, ISBN 978-9975-76-170-3.
6. Castraveț T., Dilan V., **Modelarea scurgerii de suprafață utilizând SIG**, Materialele Conferinței Științifice cu participare Internațională „Mediul și dezvoltarea durabilă”, Ediția II, 22-24 Mai 2014, Chișinău, 2015, pp. 216-222, ISBN 978-9975-76-157-4.
7. Bejan Iu., Castraveț T., Avanzi A., Frank E., Dilan V., **Using GIS for identification of potential areas for afforestation in the Republic of Moldova**, Proceedings of the 22th Edition of the International GIS Symposium, 24-25 Octombrie 2014, Chișinău, 2015, pp. 27-31, ISBN 978-9975-9774-9-4.
8. Castraveț T., **Clasificarea reliefului utilizând modelarea în SIG**, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Lucrări Științifice, Centrul Editorial al UASM, Vol. 30: Cadastru și Drept, Chișinău, 2011, pp. 14-20, ISBN 978-9975-64-215-6.

Materiale / teze la forurile științifice

9. Castraveț T., Kuhn N. J., **Rainfall erosivity factor estimation in Republic of Moldova**, European Geosciences Union General Assembly 2017, SSS 2.1 - Land Degradation and Development. A State-of-the-Art, Vienna, Austria, 23-28 April 2017, http://presentations.copernicus.org/EGU2017-1194_presentation.pdf.

ADNOTARE

Tudor Castraveț, „Modelarea eroziunii prin apă în Câmpia Prutului de Mijloc ca suport pentru planificarea dezvoltării durabile”. Teză de doctor în științe geonomice, Chișinău, 2018.

Teza este compusă din: Introducere, 4 Capitole, Concluzii generale, Bibliografie cu 198 titluri, 140 pagini de text de bază, 42 tabele, 109 figuri, 8 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 9 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: eroziunea solului, modelare, Sisteme Informaționale Geografice, modele ale eroziunii prin apă, USLE, RUSLE.

Domeniul de cercetare: protecția mediului ambiant și folosirea rațională a resurselor naturale.

Scopul cercetării constă în elaborarea, validarea și implementarea unui set de tehnici și procedee de modelare computerizată a proceselor erozionale, în cadrul zonei de studiu, prin aplicarea SIG, pentru evidențierea arealelor de manifestare, evaluarea ratei eroziunii și prognozarea manifestării eroziunii în condițiile modificărilor de mediu.

Obiectivele cercetării: •evidențierea factorilor care determină eroziunea și a condițiilor de manifestare a acesteia; •evidențierea obiectelor naturale și antropice expuse riscului eroziunii; •elaborarea aparatului metodologic de modelare a eroziunii, adaptat la condițiile specifice ale Republicii Moldova în general și ale zonei de studiu în special •elaborarea modelelor spațiale ale erozivității, riscului și ratei eroziunii; •elaborarea prognozelor privind manifestarea proceselor erozionale în condițiile schimbărilor de mediu; •elaborarea propunerilor privind reducerea riscului eroziunii.

Noutatea și originalitatea științifică. Pentru prima dată în Republica Moldova se soluționează problemele privind estimarea distribuției spațiale, evaluarea hazardului și riscului eroziunii prin apă a solului prin metode de modelare computerizată, cu aplicarea SIG, în mod specific, au fost elucidate următoarele aspecte: •au fost sistematizate datele privind factorii care determină eroziunea și condițiile de manifestare a acesteia; •au fost evidențiate areale expuse riscului eroziunii; •a fost elaborat aparatul metodologic de modelare a eroziunii, adaptat la condițiile specifice ale Republicii Moldova în general și ale zonei de studiu în special; •au fost elaborate modelele spațiale (hărțile) ale erozivității precipitațiilor, erodibilității solului, riscului și ratei eroziunii; •au fost elaborate prognoze privind manifestarea proceselor erozionale în condițiile schimbărilor de mediu; •au fost elaborate propuneri privind estimarea și reducerea riscului eroziunii.

Problema științifică soluționată constă estimarea riscului eroziunii solului prin scurgere de suprafață, prin aplicarea principiilor modelării în mediu SIG; în elaborarea și implementarea metodologiei de estimare a riscului eroziunii solului în condițiile Republicii Moldova.

Importanța teoretică. Sunt evidențiate aspectele teoretico-metodologice ale modelării logico-matematice a eroziunii solului prin apă; sunt analizați factorii fizico-geografici și antropici de manifestare a proceselor erozionale în condițiile zonei de studiu; este adaptată metodologia de estimare a erozivității precipitațiilor pentru teritoriul Republicii Moldova.

Valoarea aplicativă a lucrării. Au fost elaborate modele (hărți) ale distribuției spațiale ale erozivității precipitațiilor, erodibilității solurilor, hazardului și riscului eroziunii prin apă a solurilor.

Implementarea rezultatelor. Rezultatele, reprezentate prin hărți de risc a eroziunii, au fost implementate de către autoritățile din raioanele administrative din zona de studiu. De asemenea, rezultatele au fost utilizate la pregătirea curriculum-ului și suportului de curs pentru cursurile universitare de „Pedologie cu elemente de protecție a solurilor”, „Hidrologie generală” și „Geoinformatică și analiză spațială” în cadrul Universității de Stat „Dimitrie Cantemir”.

АННОТАЦИЯ

Тудор Кастравец, «Моделирование водной эрозии на Среднепрутской равнине для поддержки планирования устойчивого развития», Диссертация на соискание ученой степени доктора геонимических наук, Кишинев, 2018 г.

Содержание: Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключений, 198 наименований библиографии, 140 страниц основного текста, 42 таблиц, 109 рисунков и 8 приложений. **Результаты исследования** опубликованы в 9 научных работах.

Ключевые слова: моделирование эрозии почв, географические информационные системы, модели водной эрозии, USLE, RUSLE.

Область исследований: охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

Цель исследования: заключается в разработке, проверке и реализации набора методов компьютерного моделирования процессов эрозии, в пределах района исследования, путем применения географических информационных систем (ГИС), для выявления областей проявления эрозии, оценки скорости эрозии почв, и прогнозирования эрозии в условиях изменчивой окружающей среды, как поддержка при оптимизации программ и региональных планов устойчивого развития территории.

Задачи исследования: выявление определяющих факторов и условий проявления эрозии; выделение объектов находящимся под риском эрозии; разработка методологии компьютерного моделирования эрозии, адаптированная к конкретным условиям Республики Молдова в целом и области исследования, в частности; развитие пространственных моделей эрозивности осадков, риска и скорости эрозии; прогнозирование проявления процессов эрозии под воздействием изменения окружающей среды; подготовка предложений по снижению риска эрозии.

Научная новизна и оригинальность: Впервые в Республике Молдова решаются проблемы пространственного распределения, оценки опасности и риска водной эрозии почв, с помощью компьютерного моделирования и с применением ГИС. В частности, были выяснены следующие вопросы: •систематизированы данные о факторах определяющих эрозионные процессы и об условиях их проявления; •выделены районы находящиеся под риском эрозии; •разработана методология моделирования эрозии, приспособленная к конкретным условиям Молдовы в целом, и району исследования, в частности; •разработаны пространственные модели (карты) эрозивности осадков, размываемости почв, риска и скорости эрозии; •разработаны предложения для оценки и снижения эрозии.

Решенная научная проблема: заключается в оценке риска эрозии почв поверхностным стоком, с применением принципов моделирования в ГИС среде; в разработке и внедрении методологии оценки риска эрозии почв в условиях Республики Молдова.

Теоретическая значимость: выделены теоретические и методологические аспекты математического моделирования эрозии почв; анализируются географические факторы эрозионных процессов в исследуемой области; адаптирована методология оценки эрозивности осадков для Республики Молдова.

Значение работы: были разработаны модели (карты) пространственного распределения эрозивности осадков, размываемости почв, и риска эрозии почвы.

Внедрение результатов: результаты, представленные картами риска эрозии были внедрены властями административных районов исследуемой территории. Результаты также были использованы при подготовке учебных программ для университетских курсов «Почвоведение с элементами противоэрозионной защиты», «Общая гидрология» и «Геоинформатика и пространственный анализ» на Кафедре Экологии и Наук об Окружающей Среде, Государственного Университета „Dimitrie Cantemir”.

ANNOTATION

Tudor Castraveț, „Water Erosion Modeling in the Middle Prut Plain as a support for sustainable development planning”, PhD Thesis in Geonomical Sciences, Chișinău, 2018.

Contents: The thesis consists of: Introduction, 3 Chapters, General conclusions, Bibliography with 198 titles, 140 base text pages, 42 tables, 109 figures, and 8 Annexes. The obtained results were published in 9 scientific papers.

Key words: soil erosion, modeling, Geographic Information Systems, water erosion models, USLE, RUSLE.

Field of research: the protection of the environment and the rational use of natural resources.

The aim of the research was to elaborate, validate and implement a set of techniques and methods of computerized modeling of erosion processes within the study area, by applying the Geographical Information Systems (GIS), highlighting erosion manifestation areas, evaluating erosion rates and forecasting erosion in conditions of environmental changes, as a support for the optimization of programs and plans for sustainable development.

Objectives of the research: to highlight the factors that determine the erosion and the conditions of its manifestation; highlighting objects at risk of erosion; elaboration of the methodological apparatus for modeling erosion, adapted to the specific conditions of the Republic of Moldova in general and of the study area in particular; elaboration of spatial models of erosivity, risk and rate of erosion; elaboration of prognoses regarding erosion processes in conditions of environmental changes; developing proposals for estimation and reduction of the water erosion risk.

Novelty and scientific originality: for the first time in the Republic of Moldova, were solved the problems regarding estimation of spatial distribution, assessment of the hazard and risk of soil erosion through the methods of computer modeling, with the application of the Geographic Information Systems, and more specifically, the following aspects were considered:

- were systematized the data on the factors determining the erosion and the conditions for its manifestation;
- have been highlighted areas exposed to the risk of erosion;
- was developed a methodology for erosion modeling, adapted to the specific conditions of the Republic of Moldova in general and of the study area in particular;
- have been developed the spatial models (maps) of rainfall erosivity, soil erodibility, risk and erosion rates;
- have been developed the estimates of erosion processes in the context of environmental changes;
- have been developed the proposals in order to estimate and reduce the risk of erosion.

The solved scientific problem: consists in assessment of the risk of soil erosion by surface runoff applying the principles of modeling in the GIS environment; in the development and implementation of a methodology for assessing the risk of soil erosion in the conditions of the Republic of Moldova.

Theoretical significance: the theoretical and methodological aspects mathematical modeling of soil erosion are highlighted; the geographic factors of erosion processes are analyzed in the study area; the methodology for estimating the precipitation erosivity for the Republic of Moldova is adapted.

Application value of the work: models (maps) of the spatial distribution of precipitation erosivity, soil erodibility, hazard and risk of soil erosion through water were developed.

Implementing the results: the results, represented by erosion risk maps, have been implemented by the authorities of the administrative districts of the study area. The results were also used to prepare the curriculum and course support materials for the „Pedology with Soil Protection Elements”, „General Hidrology” and „Geoinformatics and Spatial Analysis” university courses at the State University „Dimitrie Cantemir”.

TUDOR CASTRAVEȚ

**MODELAREA EROZIUNII PRIN APĂ ÎN CÂMPIA PRUTULUI
DE MIJLC CA SUPORT PENTRU PLANIFICAREA
DEZVOLTĂRII DURABILE**

**166.02 - PROTECȚIA MEDIULUI AMBIANT ȘI FOLOSIREA
RAȚIONALĂ A RESURSELOR NATURALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

Aprobat spre tipar: 15.06.2018

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Tiraj 25 ex.

Coli de tipar: 1,5

Comanda nr. 5860

„ArtPoligraf”, mun. Chișinău, Bănulescu-Bodoni 59, Bloc B, ASEM