

CERCETAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR A IERARHIZĂRII FACTORILOR DE CONTROL AI PRODUCȚIEI DE ALUVIUNI DIN BAZINE HIDROGRAFICE MICI

IONIȚĂ ICHIM, CONSTANTIN URȘU, MARIA RĂDOANE,
GHEORGHE DUMITRESCU

„Intuiția devine din ce în ce mai puțin
aptă să ofere imagini realiste ale si-
tuațiilor cu cât acestea se complică”

J. W. FORRESTER

Cuvinte cheie: rata eroziunii, aluviuni, bazin hidrografic, analiză cantitativă, factori de control.

An assessment by computer assistance for the control variables hierarchy of the sediment yield from small catchments. We analysed 28 independent variables, from flysch area ($n = 36$) and Subcarpathian region ($n = 63$). We applied elementary methods (graphical and correlation matrix) and analytical methods (typological, multiple regression and combination). Finally, we obtained the best variables for prediction equation of sediment yield.

1. **Punerea problemei.** Se cunoaște că, în determinarea variației ratei de eroziune și transfer de depozite dintr-un bazin hidrografic dau întră în competiție factori de control din domeniile de influență geologică, climatică, hidrologică, geomorfologică, de vegetație și antropică. Dacă simpla caracterizare a acestora, oricât de minuțioasă ar fi, nu rezolvă multumitor abordarea cauzală a proceselor. Mai mult, fiecare domeniu de influență poate fi detaliat în numeroase componente care, la rândul lor, pot fi tot atâția factori de control. Spre exemplu, în elaborarea modelului EPIC (Eroziune — Productivitate — Impact — Computer), aplicat pentru suprafețe de drenaj mai mici de 1 ha, s-au luat în seamă aproape 25 variabile/factori (J. R. Williams și colab., 1984). De aceea, una dintre problemele-cheie în elaborarea modelelor de predicție este alegerea, clasificarea și ierarhizarea factorilor de control pe criterii riguroase, care permită evaluări cantitative și să ofere posibilități de testare. În rezolvarea acestui deziderat trebuie să avem în vedere și efectul pe care îl are scara de spațiu și de timp în variația relațiilor mutuale dintre diferiții factori de control. Conceptul de „timp — spațiu — cauzalitate” a lui S. A. Schumm și R. Lichty (1965) este un reper teoretic foarte important în această privință.

În ce ne privește, supunem atenției o posibilitate de abordare a clasificării și ierarhizării factorilor de control ai producției de aluviuni (tone/an) din bazine hidrografice mici, care să țină seama de cele mai bune aprecieri intuitive lipsite de suportul verificării. Ne-am folosit în acest sens de tehnici de calcul și analize statistice cantitative, care pot fi găsite în L. B. Itelson (1967), V. Craiu (1972), I. Constantinescu și colab. (1980), I. Dorofte (1981), I. Odăgescu și colab. (1983).

2. **Factorii de control luați în analiză.** S-au luat în considerație bazine hidrografice mici, majoritatea sub 50 km², de pe aria flisului ($n = 36$) și de pe aria dealurilor subcarpatice ($n = 63$). S-au avut în vedere factorii din principalele domenii de influență asupra producției de aluviuni și faptul că „ceștia își „dimensionează” anumite caracteristici la scara timpului geologic. Am acordat o atenție deosebită factorilor de natură geomorfologică, mai ales că în cele mai multe cazuri, rolul acestora este tratat la modul general și nesemnificativ. În total, s-au luat 28 de variabile¹, considerându-se din start că litologia este variabila care a impus cele două grupări de bazine sub aspectul global al diferențelor în producția de aluviuni. Desigur, se pot include mai multe variabile. Spre exemplu, B. De Villiers (1983) a lucrat cu 59 variabile pentru 167 de bazine hidrografice de ordinul II (Strahler). Noi am detaliat însă domeniul geomorfologic, înct să dispunem, pe de o parte, de variabile ce caracterizează morfometria rețelei hidrografice, pe de altă parte, de morfometria reliefului bazinului în ansamblu.

3. **Metode de ierarhizare.** Se consideră producția de aluviuni (tone/an) ca variabilă dependentă, iar factorii ce o determină, variabile independente. Între acestea există anumite dependențe funcționale sau legături stocastice. Ele se exprimă numeric prin corelații ce arată direcția, forma și intensitatea legăturilor reale dintre fenomene. Aceste corelații constituie suportul fundamental pentru clasificarea și ierarhizarea factorilor de control, iar scopul clasificării și ierarhizării este identificarea variabilelor care pot fi incluse într-un model de predicție.

Metodele de stabilire a legăturilor dintre factorii aparțin la două categorii: metode elementare și metode analitice.

3.1. **Metodele elementare cuprind la rândul lor: metoda grafică de tipul celei care ne-a permis să punem în evidență relația dintre rata de evacuare a aluviunilor, suprafața bazinului hidrografic și litologie (L.**

¹ **Variabile de control climatice:** precipitații medii anuale (P_{med} , mm); **Variabile de control hidrologic:** debite maxime cu asigurare de 1% (Q_{max} , m³/s); scurgerea specifică maximă (Q_s , m³/km²); **Variabile de control geomorfologic:** ordinul bazinului hidrografic în sistemul Strahler (N); numărul de segmente exterioare (N_1); numărul de râuri de ordinul II (N_2); suprafața bazinului hidrografic (S_b , km²); altitudinea medie (H_{med} , m); energia maximă de relief (E_{max} , m); perimetrul (P , km); panta medie a bazinului (I_b , ‰); diametrul cercului înscris (d , km); diametrul cercului circumscris (D , km); coeficient de formă (C_f); integrala hipsometrice (H_t , ‰); circularitatea bazinului (C); raport de confluință (R_c); lungimea rețelei de ordinul I (L_1 , km); lungimea rețelei de ordinul II (L_2 , km); lungimea totală a rețelei (L_t , km); lungimea rețelei interioare (S_{int} , km); densitatea rețelei de ordinul I (D_1 , km/km²); densitatea rețelei totale (D_t , km/km²); lungimea medie a rețelei de ordinul I (L_{m1} , km); lungimea medie a rețelei de ordinul II (L_{m2} , km); lungimea medie a rețelei totale (L_{m} , km); coeficient de relief (R_B , m/km²); **Variabile de control de utilizări terenurilor:** procent de împădurire ($P.P.$, %).

Ichim și colab., 1986) și *matrici de corelație*. S-au realizat matrici de corelație în două forme : cu date logaritmăte (în baza 10) și cu date nelogaritmăte.

Analiza matrițelor cu date nelogaritmăte a evidențiat legături liniare dintre variabilele de intrare (independente) și/sau de ieșire (dependente), prin intermediul coeficienților de corelație foarte mari ($r \geq 0,7$)².

Deoarece între anumiți factori sînt legături neliniare, o asemenea matrițe s-a dovedit că nu este suficientă pentru a realiza un tablou al importanței factorilor. În acest context, s-a făcut apel la o altă metodă statistică, numită *corelația rangurilor*, în care intensitatea legăturilor a fost apreciată prin coeficientul de corelație a rangurilor Spearman (S), ce se determină cu formula :

$$S = 1 - \frac{D^2}{(N^2 - 1)}$$

D = diferențele dintre ranguri, N = numărul perechilor de termeni.

Tabelul nr. 1

Ierarhizarea factorilor de control ai producției de aluviuni din bazine hidrografice mici (în raport cu coeficienții Spearman)

ARIA FLIȘULUI		ARIA SUBCARPATICĂ	
Variabila	coef. Spear.	Variabila	coef. Spear.
Qs	-0,919	Qs	-0,833
L1	0,825	Sb	0,831
L2	0,819	Qmax	0,819
D	0,813	P	0,761
Sb	0,807	Lt	0,776
d	0,805	Lint	0,775
Lt	0,805	L1	0,742
N1	0,797	D	0,732
P	0,794	d	0,723
Omega	0,783	Lmed	0,712
Lmed	0,782	L2	0,669
Pmm	0,781	N1	0,666
N2	0,783	N2	0,649
Lint	0,772	Rc	0,534
Qmax	0,766	Emax	0,515
RR	-0,690	Omega	0,463
Emax	0,653	Dt	-0,405
Hmed	0,631	RR	-0,365
Rc	0,598	D1	-0,355
Lm2	0,397	Ih	-0,299
C	-0,329	Ib	-0,123
Cf	0,307	Lm2	0,096
D1	-0,282	Pmm	0,090
Ih	-0,258	Hmed	0,078
Ib	-0,210	Lm1	0,072
Dt	-0,138	PP	-0,045
PP	0,151	C	-0,030
Lm1	-0,024	Cf	0,026

² Potrivit standardului american, coeficientul de corelație $r \geq 0,7$ arată o intensitate înaltă, iar $r \geq 0,9$ foarte înaltă.

Aplicată separat pentru aria flișului și aria subcarpatică, a permis o primă ierarhizare a factorilor de control ai fenomenului studiat (tabelul nr. 1). O constatare care o impune acest tablou este poziția diferită, ca importanță, pe care o ocupă unele variabile pentru cele două situații geologice. Cu alte cuvinte, ordonarea diferiților factori, în cazul de față, este puternic influențată de litologie.

O altă modalitate folosită pentru a surprinde unele dependențe între variabile, mai ales când acestea sînt neliniare, a fost liniarizarea variabilelor prin logaritmarele datelor de intrare. S-au obținut noi matrici, din care rezultă corelații puternice între variabile, nesesizate în etapa de lucru cu date nelogaritmăte. Ierarhizarea factorilor pe această bază este comparabilă cu cea realizată prin coeficientul Spearman (tabelul nr.1).

3.2. *Metodele analitice*, mai rafinate, se impun în alegerea variabilelor pentru un model de predicție. Datele obținute în etapele anterioare permit să aducem în discuție trei metode analitice: a) analiza tipologică; b) regresia liniară multiplă; c) mixtă (combinativă).

a) *Metoda analizei tipologice* a fost propusă în statistică de McQuitty (cf. I. Dorofte, 1981, p. 334) cu un substitut al analizei factoriale, care permite regruparea factorilor pe clase de similitudine³. Noi am aplicat o asemenea analiză, distinct, pentru cele două litologii și a condus la datele din tabelul 2 sintetizat în fig. 1. Tehnica a permis o ierarhizare prin detașarea unor factori cu proprietatea de a concentra cit mai multă informație. Aceștia formează nodurile claselor și controlează cel mai puternic procesul. De ele va trebui să ținem cont în propunerea unor modele de predicție. O exemplificare detaliată a clasificării tipologice este ilustrată pentru variabilele geomorfologice, separat pentru fliș și Subcarpați (fig. 1 — I și II). Conform algoritmului lui McQuitty, pentru Subcarpați, de exemplu, după P_1 , aplicînd P_2 , obținem coeficient maxim (0,979), coresponzător variabilelor L_{int} și L_1 . Se introduce acestea în clasa I-a. Se trece apoi la P_3 , obținînd perechea $L_{int} - L_1$, cu coeficient 0,942; se adaugă N_1 la clasa I-a. Pe linia lui N_1 se observă că nu mai există coeficienți subliniați. De asemenea, nici pe linia lui L_1 nu mai există, deci clasa I-a de factori este formată din L_1 , L_{int} , N_1 . După P_4 procedeul se reia, obținîndu-se clasele II, III descrise în fig. 1.

Pentru cazurile redate în figura 1, structura claselor diferă de la o litologie la alta. Este un avertisment sever că încercările de a generaliza unele clasificări și ierarhizări trebuie foarte bine verificate.

b) *Regresia liniară multiplă* este o altă cale de a stabili ierarhizarea factorilor de control. Noi am aplicat-o prin intermediul programelor PS2R/PS3R din ANACORES (ICI, Biblioteca Națională de Programe,

³ Rezumativ, algoritmul metodei este următorul: P_1 (pasul 1): pe matricea corelațiilor se subliniază în fiecare coloană coeficientul cel mai mare; P_2 (pasul 2): se caută în matrice cel mai mare coeficient de corelație dintre variabile, reținîndu-se indicul de linii și coloane, respectiv, variabilele atașate, introducîndu-se într-o clasă distinctă; P_3 (pasul 3): pe liniile cu indicul determinați la P_2 se caută și alți coeficienți subliniați. Dacă există, se reține indicul de linii și coloane, adăugîndu-se la cei determinați anterior; se continuă pînă nu mai există coeficienți subliniați. Astfel, s-a obținut o clasă sau un tip; P_4 (pasul 4): se elimină liniile și coloanele variabilelor care au intrat în clasa (tipul) precedent. Algoritmul se reia cu P_2 pînă la epuizarea tuturor liniilor și coloanelor rămase (tabelul nr. 2)

Tabelul nr. 2

Matricea corelațiilor Pentru factorii de control morfologiei (exemplu pentru clasificarea factorială).

	N_1	N_2	S_b	H_{med}	E_{max}	P	I_b	d	D	C_f	I_H	C	R_c	L_1	L_2	L_f	L_{int}	D_1	D_2	Lm_1	Lm_2	L_{med}	R_r	
Ω	.816	.874	.673	-.235	.128	.625	-.106	.622	.520	.07	-.402	.003	-.405	.709	.765	.847	.767	-.082	.201	-.433	.304	.644	.511	
N_1	.814	.930	.680	-.206	.275	.845	-.110	.804	.789	.008	-.420	.127	-.552	.914	.869	.904	.942	-.021	.054	-.369	.195	.798	.546	
N_2	.872	.937	.811	-.223	.202	.786	-.102	.761	.700	.068	-.405	.082	-.547	.865	.881	.939	.901	-.004	.107	-.339	.247	.743	.549	
S_b	.673	.668	.811	-.197	.397	.965	-.291	.893	.913	.067	-.481	.116	-.525	.942	.831	.878	.964	-.359	.354	-.005	.219	.911	.564	
H_{med}	-.235	-.206	-.223	-.197	.055	.055	-.247	.152	-.128	-.255	.208	.189	-.237	.039	.219	-.155	.211	-.224	-.051	-.008	.003	.067	-.229	.264
E_{max}	.128	.275	.202	.397	.055	.334	.312	.373	.287	.123	-.685	-.156	.156	.430	.252	.246	.378	-.048	-.141	.302	.059	.298	.447	
P	.625	.845	.786	.965	.247	.334	-.282	.822	.822	.949	-.235	-.615	.348	.543	.903	.834	.875	.937	-.371	-.333	-.041	.268	.933	.630
I_b	-.106	-.110	-.102	-.291	.152	.312	-.282	-.198	-.206	.147	-.088	-.085	-.158	-.166	-.208	-.241	-.217	.380	.314	-.142	-.219	-.267	.478	
d	.622	.804	.761	.893	.128	.373	.822	-.198	.797	.283	-.512	-.075	.388	.884	.688	.757	.892	-.247	-.271	.024	.001	.774	.456	
D	.520	.789	.700	.913	-.255	.267	.949	-.286	.797	-.353	-.328	.357	.551	.850	.754	.786	.872	-.377	-.357	-.015	.206	.893	.627	
C_f	.07	.008	.068	.067	.208	.123	.287	.128	.255	.067	-.481	.116	-.525	.942	.831	.878	.964	-.359	.354	-.005	.219	.911	.564	
I_H	-.402	-.420	-.405	-.481	.189	-.485	-.415	.088	-.512	-.328	.272	.160	-.045	-.485	-.428	-.454	-.509	.010	.024	-.052	-.124	-.431	.053	
C	.003	.127	.062	.116	-.237	-.156	.348	-.085	-.075	.357	-.685	.140	.227	.072	.193	.191	.123	-.113	.019	-.180	.226	.298	-.391	
R_c	.405	.552	.547	.525	.039	.156	.543	-.158	.388	.551	-.275	-.045	.227	.584	.608	.607	.579	.044	-.084	-.131	.455	.572	-.421	
L_1	.709	.914	.865	.942	-.219	.430	.903	-.166	.884	.850	.020	-.485	.072	.584	.825	.863	.973	-.083	.096	-.009	.160	.847	.481	
L_2	.786	.869	.881	.831	-.155	.252	.834	-.208	.688	.754	-.133	-.428	.193	.608	.825	.944	.889	-.072	.005	-.295	-.596	.822	.588	
L_f	.847	.904	.929	.878	-.211	.266	.875	-.241	.757	.786	.077	-.454	.391	.601	.863	.944	.933	-.160	.025	-.294	.449	.891	.618	
L_{int}	.767	.942	.901	.964	-.224	.328	.937	-.217	.882	.872	-.079	-.503	.123	.579	.879	.959	.933	-.139	.107	-.125	.124	.443	.891	
D_1	.082	-.021	-.004	-.359	.051	-.048	-.371	.385	-.247	-.377	.216	.010	-.113	.044	-.083	-.072	-.160	.139	.914	-.237	.053	.315	.561	
D_2	.201	.054	.107	.354	.008	-.161	-.333	.314	-.271	-.357	.147	.024	.019	-.084	-.096	.005	-.025	-.107	.914	-.438	.040	.279	.157	
Lm_1	.433	-.369	-.339	-.005	.003	.002	-.041	-.142	.024	.015	.062	-.052	-.180	-.131	-.009	-.295	-.125	-.237	-.438	.160	-.081	.294	.194	
Lm_2	.304	.195	.247	.219	.067	.059	.268	-.219	.001	.206	-.328	-.124	.226	.455	.160	.596	.449	.243	.053	.040	-.160	.333	-.270	
L_{med}	.644	.798	.743	.911	-.239	.298	.933	-.267	.774	.813	-.222	-.431	.298	.572	.847	.822	.851	-.891	-.315	-.279	-.081	.333	-.720	
R_r	.511	.546	.543	.564	.264	.447	-.170	.474	-.536	.627	-.292	.053	.391	.421	-.481	-.588	-.618	.561	.258	.157	.294	-.270	-.720	

1982, p. 153) pentru toate variabilele de intrare (date logaritmuate). Aceasta a permis să aflăm în ce măsură fiecare dintre predictorii x_1, \dots, x_{28} , pot contribui la estimarea variabilei dependente y , ceea ce este echivalent cu determinarea coeficientului b_k al ecuației:

$$y = b_0 + \sum_{k=1}^{28} b_k \cdot x_k$$

Criteriul de includere/excludere a unei variabile în ecuația de regresie este testul „F”, respectiv, variabila adăugată trebuie să cauzeze cea mai mare reducere a sumei pătratice a erorilor de estimatie. Ordinea de intrare a variabilelor este, de fapt, ierarhizarea factorilor de control. Cât privește numărul factorilor semnificativi care contribuie la creșterea coeficientilor ecuației de regresie multiplă este, în general, sub cifra 8. Determinarea exactă se face prin aplicarea metodei ABC (cf. T. Homoș și colab., 1981, p. 21) care, în esență, poate fi rezumată astfel: circa 80% din proprietatea globală a regresiei multiple să fie explicată de 20% din numărul elementelor ce o compun. Altfel spus, dacă coeficientul de determinare al ecuației cu valoare de peste 0,80 se explică prin cel mult 20% din totalul variabilelor luate în analiză, rezultatele pot fi catalogate semnificative.

c) *Metoda mistă (combinativă)* ține seama de faptul că metodele anterioare au permis ierarhizări bazate pe intensitatea puternică a legăturilor dintre factorii de control din care s-a eliminat, în cea mai mare parte, subiectivismul în alegerea unor variabile de intrare în model și reducerea numărului lor. Pentru a oferi și alte posibilități de testare, se recomandă combinarea metodelor descrise anterior, cu metodele de investi-

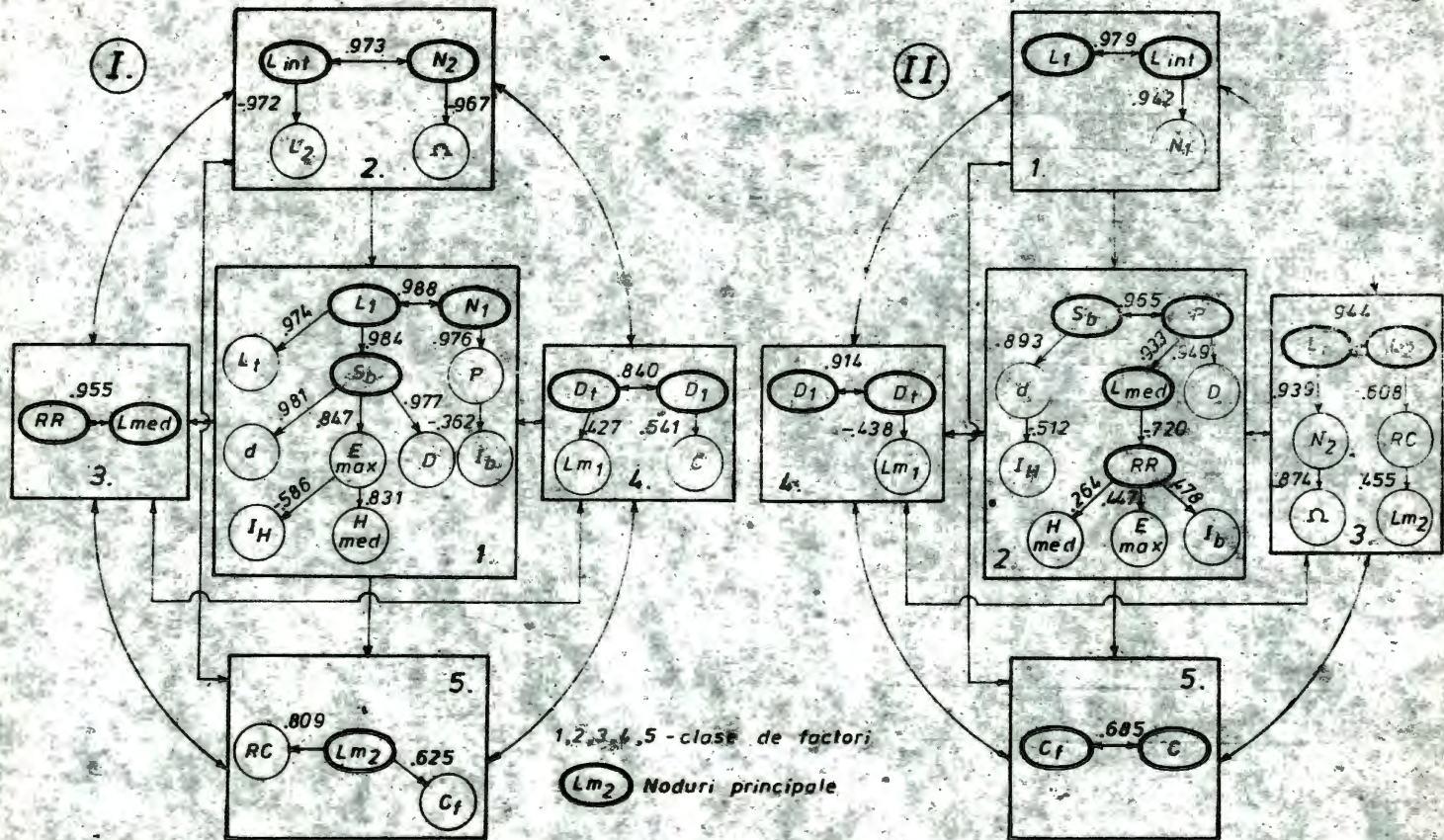


Fig. 1. — Clasificarea tipologică a Variabililor morfometrice din aria fisuhă (I) și aria subar-patia (II).

— Topological hierarchy of the morphological variables from flysch (I) and Subcarpathian area (II).

gare specifice geomorfologiei, în cunoașterea factorilor de control, încet să se reducă numărul de variabile luate în calcul, asigurându-se în același timp, performanțe sporite modelului de producție. Iar acestea, se știe, sînt date de mărimea coeficientului de determinare. Utilizînd programele PS2R/PS3R (Biblioteca de programe ANACORES din BNP) la variabilele alese prin această metodă, s-au obținut rezultate compatibile cu celelalte metode.

4. **Concluzii.** Sinteza rezultatelor obținute privind metodele de alegere a variabilelor de intrare în model este prezentată în tabelul 3. Principalele observații care se impun sînt :

- numărul de variabile intrate variază între 5 și 7 (circa 20 % din totalul variabilelor, conform regulii ABC) ;
- coeficienții de determinare a funcțiilor variază între 74 % și 95 %, detașîndu-se valori mult mai ridicate pentru aria flișului, unde efectul perturbator al proceselor de mișcare în masă (alunecări de teren și curgeri noroioase) în variația producției de aluviuni este mult mai redus decît în Subcarpați ;

Tabelul nr. 3

Ecuatii de regresie multiplă pentru evaluarea producției de aluviuni în bazine hidrografice mici

	Ecuatia.	Coef. de determinare ($r^2 \times 100$)
a) aria flișului		
I.	$\log Pa = 3,205 - 0,345 \log Qs^b + 0,782 \log d^a + 0,152 \log L_1 + \times 0,055 \log E_{max} + 0,062 \log Sb$	91%
II.	$\log Pa = 2,245 + 0,831 \log \Omega + 0,414 \log d^a + 0,966 \log D + + 0,337 \log Rc - 0,1006 \log P_p^b$	94%
III.	$\log Pa = 12,3 - 0,509 \log N_1 - 0,2306 \log Rc - 0,376 \log L_{int} + 0,931 \log Dt + 0,2306 \log RR - 4,93 \log P_{mm} + 4,023 \log Q_{max}^a$	91%
IV.	$\log Pa = 7,985 + 0,814 \log Sb^a - 0,304 \log Rc + 0,149 \log Dt - 0,155 \log RR + 0,089 \log P_p^b - 1,571 \log P_{mm}$	92%
b) aria subcarpatică		
I.	$\log Pa = 6,567 - 2,592 \log Qs^a - 0,741 \log Sb - 0,054 \log N_1 - - 0,08 \log L_{med} + 0,0224 \log RR^b$	75%
II.	$\log Pa = 5,083 + 0,39 \log Rc^b - 0,427 \log L_1^b - 0,2404 \log L_{m1}^b + 0,393 \log RR^b - 1,862 \log Qs^a$	79%
III.	$\log Pa = 3,622 + 0,315 \log E_{max}^b - 0,576 \log P^e + 0,166 \log Cf + 0,489 \log Rc^e + 0,407 \log L_{int}^e - 0,682 \log Dt - 0,457 \log Qs^a$	76%
IV.	$\log Pa = 4,5402 - 0,178 \log i_2 + 0,746 \log Sb^a + 0,036 \log Cf - - 0,104 \log Dt + 0,332 \log RR^b - p,544 \log P_{mm}^d$	74%

a - semnificație foarte înaltă (99,9%) ; b - semnificație înaltă (99,5%) ; c - semnificativ (97,5%) ; d - semnificație redusă (95%) ; e - semnificație slabă (90%).

Metode de alegere a variabilelor de intrare în ecuație: I - metoda elementară ; II - metoda analitică (regresia multiplă pas cu pas) ; III - metoda tipologică ; IV - metoda combinativă.

— funcțiile în care variabilele de control au intrat prin utilizarea metodei tipologice au coeficienți de determinare mai mici, dar au avantajul că se micșorează foarte mult efectul de multicolaritate între variabilele de control;

— comparate cu funcții obținute pentru condiții morfoclimatice în care se situează și țara noastră, considerăm că modelele obținute au performanțe asemănătoare sau chiar mai bune (tabelul nr. 3) (Ichim și colab., 1986).

BIBLIOGRAFIE

- Constantinescu, I., Golumbovici, D., Militaru, C. (1980), *Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice*, Edit. tehnică, București, 260 p.
- Craiu, V. (1972), *Verificarea ipotezelor statistice*, Edit. didactică și pedagogică, București, 1972, 275 p.
- Dorofte, I. (1981), *Analiza și predicția performanțelor umane*. Edit. științifică și enciclopedică, București, 406 p.
- Forrester, J. W. (1979), *Principiile sistemelor. Teorie și autoinstruire programată*, Edit. tehnică, București, 306 p.
- Ichim, I., Rădoane, Maria, Ursu C., Dumitrescu Gh. (1986), *Model matematic pentru producția de aluviuni în bazine hidrografice mici*, Hidrotehnică, 10, 296-301.
- Itelson, I. B. (1967), *Metode matematice și cibernetice în pedagogie*, Edit. didactică și pedagogică, București, 1967, 283 p.
- Jansson B., Margareta (1982), *Land erosion by water in different climates*, UNGI, Rapport nr. 57, Uppsala Univ., 151 p.
- Odăgescu, I., Ivan, I., Mihalca, R. (1983), *Programe aplicative*, Academia de Studii Economice București, 347 p.
- Schumm, S. A., Lichty R. (1965), *Time, space and causality in geomorphology*, Ann. J. Sci., 263, 110-119 p.
- De Villiers, B. A. (1985), *A multivariate statistical evaluation of a group of drainage basin variables: A South-Africa case study*, First International Conference on Geomorphology, Manchester, 1985, p. 134.
- Williams, J. R., Jones, C. A., Dyke, P. T. (1984), *A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity*, Transactions of the ASAE, 27, 1, p. 129-184.

Primit în redacție
la 17 decembrie 1985

Stațiunea de cercetări „Stejarul”
Piatra Neamț,
Centrul teritorial de calcul electronic
Piatra Neamț,
Institutul de tehnică de calcul
și informatică, Filiala Iași