

ANALIZA VARIAȚIONALĂ A CARACTERISTICILOR SCURGERII VIITURILOR PLUVIALE

Jeleapov Ana

Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei

Rezumat

Cercetarea este dedicată determinării și analizei parametrilor statistici ai principalelor caracteristici ale scurgerii de viitură (debitul și stratul maxim al scurgerii viiturilor pluviale). În baza analizei de regresie și tehnicilor GIS au fost identificate legăturile de corelare a caracteristicilor scurgerii de viitură și propuse modele cartografice ale acestora, care pot fi utilizate pentru cercetarea bazinelor hidrografice slab studiate din punct de vedere hidrologic. Rezultatele pot fi recomandate pentru stabilirea caracteristicilor scurgerii de viitură necesare pentru studiul și proiectarea măsurilor de protecție a teritoriului contra inundațiilor.

Cuvinte cheie: scurgerea viiturilor pluviale, analiza temporală și spațială, probabilitatea debitului și stratului scurgerii maxime

Depus la redacție 22 februarie 2017

Adresa pentru corespondență: Jeleapov Ana, Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei, str. Academiei, 1, MD-2028 Chișinău, Republica Moldova; e-mail: anajeleapov@gmail.com; tel. (+373 022) 739618.

Introducere

Determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul ale scurgerii de apă a râurilor depinde în mare măsură de asigurarea cu o bază de date de înaltă calitate. Aprecierea calității șirurilor de date hidrologice condiționează siguranța calculului și argumentarea proiectelor construcțiilor hidrotehnice din domeniul gospodării apelor. Datorită dezvoltării rapide a unor noi principii și metode de prelucrare și analiză statistică a șirurilor de date din ultimele decenii, au fost elaborate metode ce descriu și redau legăturile naturale și stohastice ale proceselor variaționale ale caracteristicilor hidrologice, în special, a scurgerii maxime. Astfel, în prezent, pentru efectuarea lucrărilor de inginerie civilă dedicate gestionării resurselor de apă, este obligatorie efectuarea analizei statistice temporale și spațiale a șirurilor de date hidrologice, estimarea omogenității și staționarității, determinarea parametrilor statistici, erorilor corespunzătoare ș. a. Reieșind din considerentele menționate, în cadrul acestei lucrări sunt prezentate succint rezultatele actualizate ale analizei variaționale a caracteristicilor viiturilor pluviale ce se formează pe râurile mici și mijlocii ale Republicii Moldova.

Materiale și metode

Analiza variațională a caracteristicilor scurgerii maxime a viiturilor pluviale a fost efectuată în baza datelor observațiilor scurgerii de apă a râurilor din cadrul rețelei de monitoring hidrologic a apelor de suprafață al Serviciului Hidrometeorologic de Stat, existente pentru anul 2010, când era formată din 2 stații bazinale (stațiile Ungheni și Ustia) și 60 de posturi hidrologice (36 în bazinul râului Nistru, 24 în bazinele râului Prut, Dunăre și Mării Negre) [2]. Deoarece prezenta cercetare este dedicată analizei râurilor mici și medii ale Republicii Moldova, din cadrul rețelei de monitoring au fost selectate 25 posturi de debit ale căror șir de date depășește 20 ani. Pentru analiza statistică au fost utilizate datele privind stratul și debitul maxim al scurgerii de viitură. Suprafața

bazinelor hidrografice luate în calcul se încadrează în limite 62,4-7100 km².

Metodologia de cercetare vizează aplicarea unor metode preluate din cadrul teoriei probabilității folosite în hidrometeorologie, metode de bilanț al apei precum și metode de modelare matematică și cartografică [1, 3-12]. Identificarea și analiza variației caracteristicilor scurgerii de viitură a fost realizată atât din punct de vedere temporal cât și spațial. Astfel, pentru aprecierea variațiilor temporale a fost utilizată metodologia recomandată în documentul normativ național „Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Normativ în construcții CP D.01.05-2012” [3], iar calculele s-au axat pe estimarea și analiza parametrilor statistici ai scurgerii de viitură (valorile medii multianuale ale debitului, \bar{Q} , și stratului scurgerii de viitură, \bar{V} , coeficientul de variație, C_v , coeficientul de asimetrie, C_s , coeficientul de autocorelare, $r(\tau)$, eroarea accidentală relativă medie pătratică, σ_x , eroarea accidentală relativă medie pătratică cu aplicarea $r(\tau)$, σ_x cu $r(\tau)$, testarea calității datelor hidrologice, evaluarea variațiilor ciclice ale scurgerii de viitură. Coeficienții de variație și asimetrie au fost determinați cu ajutorul metodei momentelor și verosimilității maxime. Cea din urmă metodă se utilizează atunci când $C_v \geq 0,5$. Pentru cazurile, când C_v este exagerat de mare (≥ 2), se utilizează metoda grafo-analitică. Nivelul de încredere al caracteristicilor scurgerii de viitură și al parametrilor statistici, depinde în mare măsură, de durata și calitatea observațiilor; fiind estimat în baza testelor omogenității și staționarității pe larg descrise în Normativul în construcții CP D.01.05-2012 [3]. Estimarea valorilor de diferite probabilități ale caracteristicilor scurgerii de viitură a fost efectuată în baza legităților teoriei probabilității și curbelor de asigurare empirice (construite cu ajutorul formulei Weibull) și teoretice (realizate în baza distribuției binomiale de asimetrie sau Pearson de tipul III și gamma – distribuției cu trei parametri conform ordonatelor Krițki-Menkel) [3, 11]. Analiza fluctuațiilor ciclice a șirurilor de date hidrologice a fost efectuată în baza construcției curbelor integrale [9]. Modul de construire a curbelor integrale se bazează pe aprecierea sumei succesive a valorilor șirului cronologic. În baza acestei curbe se determină fazele de creștere sau scădere a ciclurilor viiturilor, condițiile de alternare ale cărora sunt determinate de legități stricte. Identificarea fazelor și ciclurilor viiturilor permite să fie făcută o concluzie despre siguranța parametrilor statistici și a metodelor de evaluare statistică ulterioară.

Estimarea distribuției spațiale a parametrilor statistici și a caracteristicilor scurgerii de viitură a fost efectuată cu ajutorul tehnicilor GIS. Reprezentarea spațială a valorilor scurgerii de viitură se efectuează în condițiile excluderii impactului factorilor azonali și intrazonali (suprafața bazinului, gradul de împădurire, acoperire a bazinului cu lacuri de acumulare ș.a.). Metoda de bază pentru efectuarea calculelor este metoda reduțională de modelare a debitului specific [1, 10], care constă în:

$$q_{max1\%} = \frac{B}{(S + 1)^n} \quad (1)$$

unde:

$q_{max1\%}$ - debitul specific de probabilitatea 1%, mm; B - debitul specific elementar, m³/s/km²; S - suprafața bazinului, km²; n - exponentul funcției de putere.

Analiza variațiilor spațiale ale caracteristicilor scurgerii de viitură a fost efectuată în baza aprecierii funcțiilor de corelarea spațială (FCS) și aplicării modelării cartografice a parametrilor statistici, în condițiile respectării legităților de distribuție zonală

[8, 10]. Una din cele mai relevante și fundamentale abordări de estimare a distribuției spațiale a parametrilor statistici constă în construcția FCS, ce permit aprecierea erorilor interpolărilor precum și posibilitatea de aplicare a metodelor de cartare a elementelor hidrologice, atât pentru întreg teritoriul Republicii Moldova cât și separat pentru regiuni statistic omogene. FCS pot fi reprezentate ca funcții între coeficientul corelării șirurilor de date și distanțelor între centrele bazinelor hidrografice. În baza acestor funcții se stabilește valoarea erorii aleatoare a datelor scurgerii de viitură de la posturile măsurătorilor hidrologice η_m și eroarea medie pătratică, \mathcal{E}_m . Un interes deosebit în evaluarea erorilor datelor hidrologice îl reprezintă estimarea acurateței FCS precum și a interpolării spațiale a scurgerii de viitură. Pentru aceasta, conform recomandărilor Алексеев Г. și Мельничук О. [8, 10], au fost aplicate metode de evaluare a erorilor interpolării spațiale pentru datele necorectate η_{AYm} și pentru cele corectate η_{AY} .

Astfel, aplicând principiile metodologice expuse mai sus, putem efectua o evaluare obiectivă a legităților de formare a viiturilor și a variațiilor caracteristicilor scurgerii viiturilor pluviale, fapt deosebit de important în special pentru aprecierea impactului factorilor antropici asupra scurgerii maxime.

Rezultate și discuții

Utilizând informația de la posturile observațiilor hidrologice precum și principiile metodologice de analiză statistică a șirurilor de date au fost identificate legitățile regionale ale variațiilor temporale și spațiale ale caracteristicilor scurgerii de viitură. În baza aplicării criteriilor de determinare a omogenității și staționarității a fost identificat că majoritatea șirurilor de date se supun legităților respective și nu necesită corectare ulterioară. Acest lucru a permis determinarea parametrilor statistici a caracteristicilor scurgerii de viitură în baza modelelor construite pentru condițiile de omogenitate statistică a șirurilor de date pentru cele 25 bazine hidrografice luate în calcul în prezenta cercetare. Astfel, a fost determinat că valoarea debitului maxim anual și a stratului scurgerii de viitură variază destul semnificativ de la un râu la altul: 1,9-55,9 m³/s și, respectiv, 0,82-14,4 mm, cele mai mici valori fiind caracteristice pentru r. Ciuhur, r. Lunga iar cele mai mari pentru r. Răut. Estimarea coeficientului de variație și asimetrie pentru șirurile de date a arătat o variabilitate mare a fenomenului cercetat, constituind 0,85-2,22 și 2,2-7,8 în cazul debitului maxim și, respectiv, 0,5-1,9 și 1,25-7,4 pentru stratul scurgerii de viitură. Corelarea coeficienților de variație și asimetrie în cazul debitului maxim de viitură constituie $C_s=3,3C_v$, iar în cazul stratului scurgerii de viitură $C_s=3,5C_v$. Șirurile de date ale debitelor maxime și stratului scurgerii de viitură se caracterizează printr-un coeficient mic de autocorelare pentru majoritatea râurilor studiate, care este de -0,16-0,35 și, respectiv, -0,31-0,53, ceea ce demonstrează că procesele hidrologice din cadrul bazinelor hidrografice se pot numi cvasi staționare. Pentru râurile ce se caracterizează prin valori ridicate a coeficientului de autocorelare cum ar fi r. Beloce (0,35), r. Molochiș (0,32), r. Draghiște (0,26) a fost efectuată corectarea parametrilor statistici care, în final, a rezultat în creșterea erorii medii pătratice de calcul a parametrilor statistici. Eroarea accidentală relativă medie pătratică cuprinde valorile 0,55-9,96 pentru șirurile de date ale debitului maxim și 0,11-4,25 pentru stratul scurgerii de viitură. Rezultatele estimării parametrilor statistici ai caracteristicilor scurgerii de viitură, generalizate pentru 25 bazine hidrografice, sunt reprezentate în figurile 1, 2 și tabelul 1.

Tabelul 1. Intervalele în care se integrează parametrii statistici ai debitului și stratului scurgerii de viitură.

Caracteristica hidrologică	\bar{Q} sau \bar{Y}	C_V	C_S	$r(\tau)$	σ_X	σ_X cu $r(\tau)$
Debit maxim	1,9-55,9	0,85-2,22	2,2-7,8	-0,16-0,35	0,55-9,96	0,60-10,16
Stratul maxim	0,82-14,4	0,5-1,9	1,25-7,4	-0,31-0,53	0,11-4,25	0,12-5,08

Parametrii statistici pentru râurile din diferite regiuni fizico-geografice sunt incluși în tabelul 2.

Tabelul 2. Parametrii statistici pentru râurile din diferite regiuni fizico-geografice.

Râul - postul hidrologic	Regiunea fizico-geografică	Caracteristica	Număr de ani	\bar{Q} sau \bar{Y}	C_V	C_S	$r(\tau)$	σ_X	$\bar{Q}_{1\%}$ sau $\bar{Y}_{1\%}$
r. Cubolta, s. Cubolta	Câmpia de stepă a Cuboltei Inferioare	Debit maxim	44	13,3	0,85	3,40	0,03	1,65	56,5
		Strat maxim	44	4,46	1,05	3,15	-0,08	0,68	22,8
r. Cogălnic, or. Hâncești	Podișul codrilor de Est	Debit maxim	51	5,1	1,05	3,15	0,01	0,68	25,8
		Strat maxim	51	5,65	1,25	5,00	0,02	0,94	33,9
r. Salcia Mare, s. Musait	Câmpia de stepă a Cahului	Debit maxim	31	4,8	1,75	7,00	0,16	1,48	39,2
		Strat maxim	31	1,55	1,35	6,75	-0,11	0,39	9,8

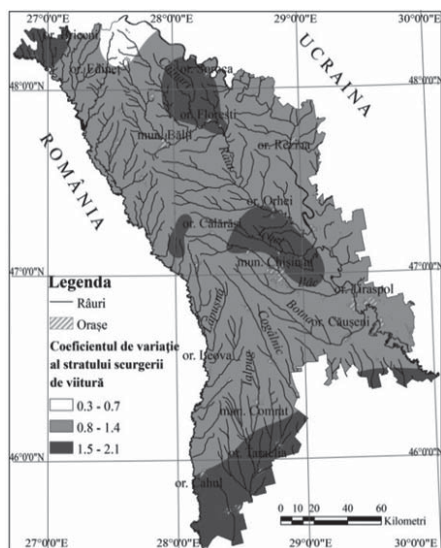


Figura 1. Coeficientul de variație a stratului scurgerii de viitură.

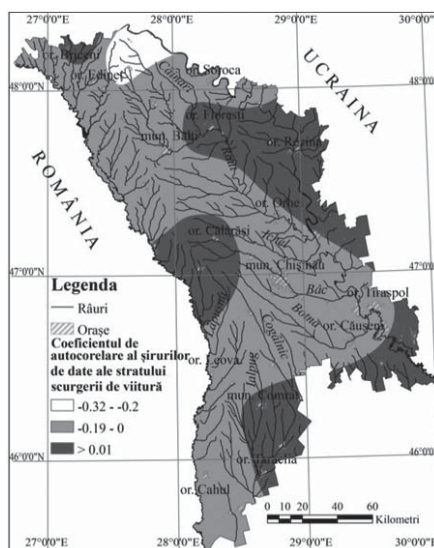


Figura 2. Coeficientul de autocorelare al șirurilor de date ale stratului scurgerii de viitură.

Pentru generalizarea variabilității temporale a caracteristicilor scurgerii de viitură au fost construite curbele integrale în baza cărora au fost determinate erorile de fază ale valorilor medii multianuale estimate (a normelor). În calitate de exemplu în figura 3 este reprezentată curba integrală pentru stratul scurgerii de viitură a r. Răut, s. Jeloboc.

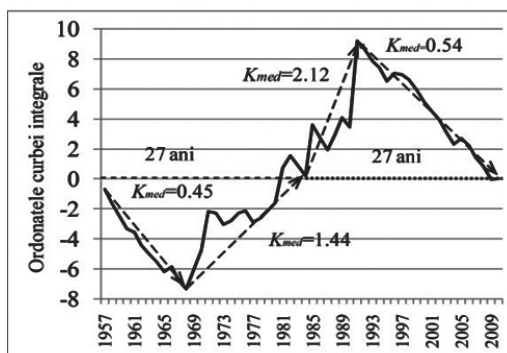


Figura 3. Curba integrală pentru stratul scurgerii de viitură, r. Răut, s. Jeloboc.

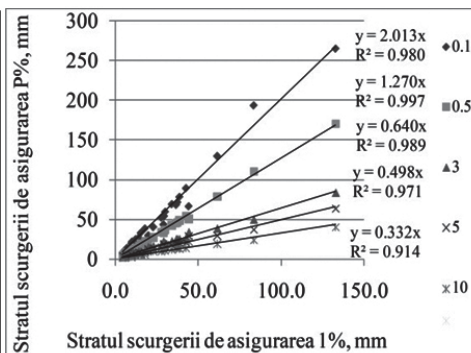


Figura 4. Coeficientul de trecere de la stratul scurgerii de 1% la altă asigurare.

Se observă că fluctuațiile scurgerii de viitură formează două cicluri complete, cu o durată de 27 de ani și faze asimetrice. Astfel, pentru primul ciclu, raportul între faza de creștere (de 12 ani) și faza de descreștere (de 17 ani) este de 1,42, coeficienții debitului specific (K_{med}) fiind egali cu 1,44 și respectiv 0,45. Iar pentru ciclul doi, faza de creștere este de 8 ani și cea de descreștere de 20 ani și raportul între ele este de 2,5, coeficienții debitului specific fiind de 2,12 și respectiv 0,54. Aceste condiții sunt caracteristice pentru un sistem complex de variații al scurgerii de viitură. Din aceasta reiese că valoarea medie multianuală a caracteristicilor scurgerii de viitură este o valoare statistică, ce nu depinde de eroarea de fază, ci doar de eroarea accidentală medie pătratică, care este direct proporțională cu coeficientul de variație al elementului studiat și invers proporțională cu rădăcina pătrată a numărului de ani de observare.

În baza estimării parametrilor statistici și aplicării metodelor de construcție a curbelor de probabilitate au fost calculate valorile debitului maxim și ale stratului scurgerii de viitură de o probabilitate de apariție de o dată la 10, 20, 100, 200, 1000 ani. În practica hidrologică pentru simplificarea estimărilor valorilor de diferite probabilități, se utilizează coeficienții de trecere de la o probabilitate la alta. Acești coeficienți se calculează în baza curbelor de dependență. În figura 4 sunt reprezentate graficele ce generalizează informația statistică pentru toate râurile evaluate în prezentul studiu. Astfel, în cazul în care este cunoscută valoarea stratului scurgerii de viitură de 1% probabilitate, se pot estima valorile stratului scurgerii de viitură de probabilitatea 0,1; 0,5; 3; 5; 10% cu o siguranță destul de înaltă (91-99%). Iar însăși trecerea de la o valoare la alta se efectuează prin înmulțirea coeficientului de trecere la valoarea stratului scurgerii de 1% probabilitate. Coeficienții de trecere pentru debitul maxim și pentru stratul scurgerii de viitură sunt reprezentați în tabelul 3. După cum se poate observa, valorile λ_p din prezenta cercetare nu diferă mult de studiile precedente efectuate atât pe teritoriul Republicii Moldova cât și peste hotare [3, 4, 11]. În același timp, pentru aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură de o anumită probabilitate pentru zonele slab studiate din punct de vedere hidrologic, poate fi utilizată și harta interpolării spațiale a stratului scurgerii de viitură de 1% (fig. 5).

Tabelul 3. Coeficienții de trecere λ_p la debite maxime și stratul scurgerii de viitură de diversă asigurare.

Regiunea, referința	Valorile λ_p la asigurarea P% egală cu					
	0,1	0,5	1	3	5	10
Coeficienții de trecere λ_p la debitele maxime cu diversă asigurare						
Republica Moldova [3]	1,85	1,55	1,0	0,71	0,57	0,42
Republica Moldova, studiul prezent	1,92	1,25	1,0	0,66	0,52	0,36
România [4]	1,72	1,22	1,0	0,71	0,54	0,37
Coeficienții de trecere λ_p la stratul scurgerii cu diversă asigurare						
Republica Moldova [11]	1,5	1,25	1,0	0,79	0,68	0,52
Republica Moldova, studiul prezent	2,01	1,27	1,0	0,64	0,50	0,33

Conform documentului normativ național [3] și a literaturii de specialitate [7, 8, 10] una din componentele analizei variaționale este evaluarea distribuției spațiale a caracteristicilor scurgerii de viitură. În baza estimării parametrilor statistici și utilizării tehnicilor GIS a fost efectuată reprezentarea spațială a acestora utilizând metodele de modelare spațială Kriging, Topo To Raster [5] (fig. 1, 2, 5, 6). Pentru aprecierea parametrilor din cadrul modelului reduțional de calcul a scurgerii de viitură a fost construită funcția de corelare a $Q_{max1\%}$ și a S , (fig. 7) în baza căreia a fost estimat $n=0,62$ și $B=5415$. Astfel, aplicând formula (1) au fost apreciate și reprezentate spațial valorile debitului specific elementar (fig. 6). După cum se poate observa, distribuția spațială a acestei valori este neuniformă, maximele fiind înregistrate pentru nordul țării, ceea ce corespunde cu legitățile de formare a scurgerii de viitură pe teritoriului Republicii Moldova și zonele adiacente. Harta din figura 6 poate fi utilizată pentru aprecierea caracteristicilor scurgerii de viitură pentru regiunile slab studiate din punct de vedere hidrologic și poate fi o completare pentru documentul normativ național

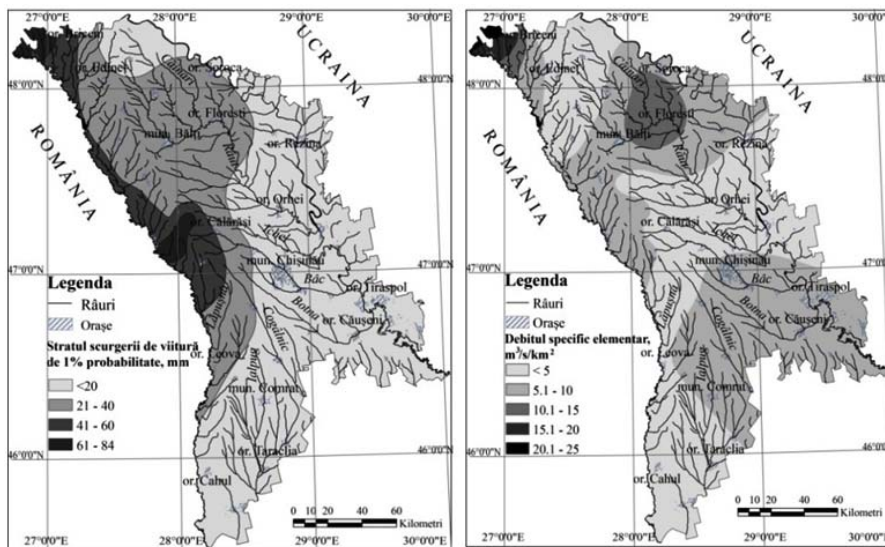


Figura 5. Stratul maxim al scurgerii de viitură, 1%, mm.

Figura 6. Debitul specific elementar de 1%, m³/s/km².

În baza rezultatelor prelucrării informațiilor scurgerii de viitură pentru diferite posturi hidrologice au fost obținute funcțiile de corelare spațială între coeficienții corelării perechilor șirurilor de date ale scurgerii de viitură și distanța între centrele de greutate a bazinelor hidrografice, reprezentate în figura 8. Din graficele FCS reiese că punctele empirice din cadrul sistemului de coordonate R și L formează un nor de puncte destul de larg. Această răspândire a punctelor în cadrul câmpului de coordonate este asociată cu fluctuațiile aleatorii cauzate de observații incomplete și, prin urmare, a erorilor R.

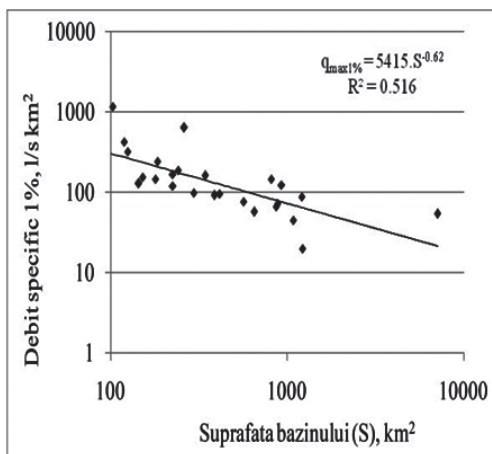


Figura 7. Dependența reduțională a debitului specific de 1% de suprafața bazinului.

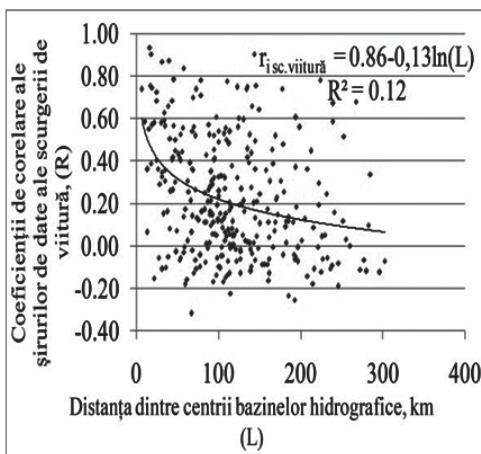


Figura 8. Funcția de corelare spațială a stratului scurgerii de viitură.

Aproximarea analitică a graficelor empirice a permis estimarea parametrilor FSC aplicând ecuațiile de regresie logaritmică ce se exprimă prin formula:

$$r_{sc.viitura} = 0.86 - 0.13 \ln(L) \quad (2)$$

Astfel, valoarea extrapolată a FCS pentru distanța 0 km ($r_{(0)}$) este 0,86. Valoarea erorilor aleatoare η_m s-a calculat conform formulei [10]:

$$\eta_m = \sqrt{1 - r_{(0)}} = \sqrt{1 - 0.86} = 0.37 \text{ sau } \rightarrow 37\% \quad (3)$$

În rezultatul aplicării formulei (3) s-a constatat că eroarea aleatoare este egală cu 37%, ce se consideră la un nivel destul de ridicat. Calculul erorilor medii pătratice ε_m denotă că și în acest caz valorile sunt destul de înalte și se încadrează în limitele 19-71%. Pentru astfel de cazuri în literatura de specialitate [8] se presupune că estimarea funcțiilor de corelare spațială dezvăluie conținutul (sensul) fizic și analitic al erorilor datelor hidrologice. Însă, rezultate arată că valoarea erorii datelor inițiale, care în literatura de specialitate se consideră a fi de 5-10%, nu corespunde realității.

De asemenea, s-a atras atenția la estimarea acurateței FSC. Astfel, au fost calculate și compilate tabelele ce conțin valorile η_{AYm} și η_{AY} . În baza rezultatelor și concluziilor cercetătorilor Мельничук О. și Алексеев Г. [8, 10] poate fi considerat că criteriile erorii maximal admisibile de interpolare spațială a scurgerii de viitură trebuie să satisfacă condiția $\eta_{AYm} < 70\%$. Această condiție este determinată de nivelul maximal admisibil

al valorii termenului liber al corelării \bar{R}_0 , care se calculează pentru eroarea maximă (0,7) în baza ecuației:

$$\bar{R}_0 = \sqrt{1 - \eta_{\Delta Y_m}^2} \geq \sqrt{1 - (0,7)^2} = 0,71 \quad (4)$$

Eroarea admisibilă recomandată a interpolării în acord cu rezultatele expuse în tabelul 4 este garantată pentru distanțele între centrele de greutate de 20 km.

Tabelul 4. Erorile interpolărilor pentru datele necorectate/corectate între centrele bazinelor hidrografice și valorile stratului scurgerii de viitură.

Distanța între centrele bazinelor hidrografice	Eroarea interpolării spațiale pentru date necorectate, $\eta_{\Delta Y_m}$, %	Eroarea interpolării spațiale pentru date corectate, $\eta_{\Delta Y_c}$, %	Eroarea medie pătratică a interpolării, %, în cazul coeficientului de variație egal cu					
			0,5	0,7	0,9	1,00	1,5	2,00
0	37,4	0,0	18,7	26,2	33,7	37,4	56,1	74,8
10	63,4	69,9	31,7	44,4	57,1	63,4	95,2	126,9
20	72,5	78,8	36,3	50,8	65,3	72,5	108,8	145,1
30	77,1	82,8	38,6	54,0	69,4	77,1	115,7	154,3
40	80,1	85,2	40,1	56,1	72,1	80,1	120,2	160,2
50	82,3	86,8	41,1	57,6	74,0	82,3	123,4	164,6
100	88,2	90,7	44,1	61,8	79,4	88,2	132,4	176,5
150	91,2	92,5	45,6	63,9	82,1	91,2	136,8	182,4
200	93,1	93,5	46,5	65,2	83,8	93,1	139,6	186,2

Luând în considerare nivelul deosebit de înalt al variației stratului scurgerii și bazându-ne pe ecuația de regresie (2) se poate concluziona că eroarea interpolării este destul de sensibilă la modificările distanței dintre centrele bazinelor hidrografice și C_v .

Concluzii

În baza cercetărilor efectuate în domeniul analizei variaționale a scurgerii de viitură au fost formulate următoarele concluzii:

1. Evaluarea omogenității și staționarității efectuată pentru bazinele hidrografice ale Republicii Moldova evidențiază că scurgerea de viitură pentru marea majoritate a râurilor (85%) se caracterizează prin procese cvasi staționare.

2. Valorile erorilor parametrilor statistici indică un grad de încredere destul de nesatisfăcător în caracteristicile scurgerii de viitură în cazul $C_v \geq 0,5$. Pentru a ridica nivelul de încredere este necesar de a majora numărul și calitatea datelor hidrologice atât în baza măsurărilor efectuate de la posturile hidrologice din cadrul rețelei de monitoring precum și în baza efectuării cercetărilor în teren pentru identificarea nivelurilor maxime rămase în urma viiturilor pe elementele mediului înconjurător.

3. Rezultatele evaluării variațiilor temporale ale stratului și debitului maxim al scurgerii de viitură și a valorilor de diferită probabilitate arată că coeficienții de trecere de la probabilitatea de bază sunt caracterizați de nivel de încredere destul de ridicat fapt demonstrat de analiza comparativă a acestora cu valorile obținute în studiile din țările învecinate.

4. Legitățile variațiilor spațiale ale scurgerii de viitură identificate în baza cercetărilor prezente indică că erorile interpolării spațiale în cazul distanței de peste 20 km² depășesc limitele admisibile și nu corespund cu convingerile despre înalta lor corelare menționate în literatura de specialitate.

5. Pentru ca modelele cartografice ale parametrilor statistici și ale caracteristicilor scurgerii de viitură să fie de o înaltă calitate este necesar de a efectua studii aprofundate asupra impactului factorilor naturali și, în special, a celor antropici asupra scurgerii de viitură, cum ar fi: activitățile agricole, procesele de urbanizare, amplasarea și funcționarea lacurilor de acumulare.

Bibliografie

1. *Bilașco S.* Implementarea G.I.S. în modelarea viiturilor de versant. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 2008, 212 p.
2. Caracteristica hidrologică. Anuar 2014. 97 p. <http://meteo.md/hidro/dhn.htm>.
3. Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Normativ în construcții CP D.01.05-2012, ediție oficială. Agenția Construcții și Dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova, Chișinău, 2013, 155 p.
4. Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazinele mici. I.N.M.H., București, 1997, 39 p.
5. An overview of the Raster Interpolation toolset, <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/an-overview-of-the-interpolation-tools.htm> (accesat 12.12.2016)
6. *Алексеев Г.* Графоаналитические способы определения и приведения к длинному периоду наблюдений параметров кривых распределения. «Труды ГГИ», 1960, с. 90-140.
7. *Алексеев Г.* Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975, 96 с.
8. *Алексеев Г.* Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971, 363 с.
9. *Бефани А., Мельничук О.* Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат. Тр. УкрНИГМИ, Вып. 69, Ленинград: Гидрометеиздат, 1967, с. 105-137.
10. *Мельничук О.* Паводки и наводнения на реках Молдовы. Кишинев: Primex - Com, 2012, 233 с.
11. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984, 447 с.
12. *Рождественский А., Чеботарев А.* Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974, 424 с..