

# PODIȘUL MOLDOVEI, ESTIMAT SUB ASPECT CLIMATIC ÎN BAZA SIG

Membru corespondent al AȘM **Maria NEDEALCOV**<sup>1</sup>

Doctor în geografie **Valentin RĂILEANU**<sup>1</sup>

Doctor în geografie, profesor universitar **Liviu APOSTOL**<sup>2</sup>

Doctor în geografie **Tatiana ADAMENKO**<sup>3</sup>

Institutul de Ecologie și Geografie, Republica Moldova<sup>1</sup>

Universitatea „Al. I. Cuza”, România<sup>2</sup>

Institutul Hidrometeorologic, Ucraina<sup>3</sup>

## THE MOLDAVIAN PLATEAU, ESTIMATED FROM CLIMATIC ASPECT USING GIS

**Summary.** The geoinformational methodology, in geographic research allows, more and more, the expansion of the research area. At the present, besides the fact that it creates possibilities for rapid realization of complex analyses and correlations, impossible to perform efficiently with classical techniques, it also facilitates the visualization of complex information, spatially referenced to the real geographic coordinates. The first attempts to extend the area under investigation were the basin of the Prut River, the territory adhering to the Republic of Moldova and Romania. The present work includes the spatial estimation of the air temperature and atmospheric precipitations' quantity within the limits of the Moldova Plateau geomorphologic unit. The obtained digital maps on the distribution digital maps on the spatial distribution of climatic parameters within this area are based on the information matrix, elaborated on the basis of a homogeneous series of data (1961–2016), recorded by the meteorological stations from Romania, the Republic of Moldova and Ukraine. By developing the Numerical Relief Model for this area, obtaining share of influence of physical-geographical factors, namely geographic latitude and absolute altitude, for the first time it was possible to carry out the digital maps on the spatial distribution of climatic parameters within this area. The quality of spatial interpolation, is argued by the level of significance of each physico-geographic factor introduced in the model, as well as of the model as a whole.

**Keywords:** Geographic Information Systems, Moldova Plateau, Numerical Relief Model, physico-geographic factors.

**Rezumat.** Metodologia geoinformațională în cercetarea geografică tot mai mult permite extinderea arealelor de cercetare, precum și a cantității de informații prelucrate. La etapa actuală, pe lângă faptul că aceasta creează posibilități de efectuare rapidă a unor analize și corelații de mare complexitate, imposibil a fi realizate eficient cu tehnicile clasice, ea facilitează și vizualizarea unei informații complexe referențiate spațial față de coordonatele geografice reale. Primele încercări de extindere a arealului supus cercetării a fost bazinul râului Prut, teritoriul aderent Republicii Moldova și României. Prezenta lucrare include în sine estimarea spațială a temperaturii aerului și cantitatea precipitațiilor atmosferice în limitele unității geomorfologice Podișul Moldovei. Hărțile digitale obținute au la bază matricea informațională elaborată prin implicarea unui șir omogen de date (1961–2016) înregistrate de către stațiunile meteorologice din România, Republica Moldova și Ucraina. Elaborarea Modelului Numeric al Reliefului pentru acest areal, obținerea ponderii de influență a factorilor fizico-geografici, în speță a latitudinii geografice și a altitudinii absolute, pentru prima dată a făcut posibilă realizarea hărților digitale privind repartiția spațială a parametrilor climatici în cadrul acestui areal. Calitatea interpolării spațiale este argumentată prin nivelul semnificației fiecărui factor fizico-geografic introdus în model, precum și a modelului în întregime.

**Cuvinte-cheie:** Sisteme Informaționale Geografice, Podișul Moldovei, Modelul Numeric al Reliefului, factori fizico-geografici.

## INTRODUCERE

Cunoașterea variabilității spațiale a regimului termic și pluviometric, în contextul schimbărilor climatice, prezintă un interes deosebit la etapa actuală. Dat fiind faptul că Sud-Estul Europei înregistrează unul dintre cele mai accelerate tempouri de schimbare a climei, extinderea arealului de studiu poate fi realizată cât se poate de eficient prin intermediul Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), ca instrument de cercetare. Astfel, în baza datelor climatice au fost obținute ecuațiile de regresie necesare

la elaborarea modelelor cartografice și la realizarea finală a hărților digitale privind repartiția temperaturii medii anuale, a temperaturii medii lunare pentru cea mai rece (ianuarie) și cea mai caldă (iulie) lună a anului, a regimului pluviometric din semestrul cald și rece, precum și a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice. Hărțile digitale obținute reflectă integral influența altitudinii absolute și a latitudinii geografice, dar scoate în evidență și rolul inversiunilor termice în redistribuirea câmpurilor termice pe anumite areale. Compararea datelor empirice cu cele obținute prin interpolare la stațiunile meteorologice luate

în cercetare relevă calitatea rezultatelor obținute. Hărțile digitale elaborate vor servi drept reper pentru o viitoare lucrare științifică aplicativă complexă – primul Atlas digital privind regimul hidrotermic al Podișului Moldovei.

### MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Podișul Moldovei reprezintă o unitate geomorfologică situată în părțile de est și nord-est ale României, continuându-se și dincolo de Prut, în Republica Moldova și Ucraina. Limitele acestei unități geografice sunt: la nord – Prutul superior; la est – Valea Nistrului (Republica Moldova); la sud – Câmpia Română, Dunărea și Marea Neagră, iar la vest – Culoarul Siretului și Subcarpații Moldovei (figura 1a). Pe lângă harta digitală a altitudinilor absolute din cadrul acestui podiș, au fost elaborate hărțile digitale privind latitudinea (figura 1b) și longitudinea geografică (figura 1c), necesare pentru obținerea modelelor cartografice și, prin urmare, a hărților digitale privind regimul hidrotermic din limitele acestui areal.

A fost elaborată o bază de date climatice pentru o perioadă comună de observații (1961–2016). Ca urmare, cu referire la acest areal, pentru prima dată este elaborată o bază unică informațională de date și Modelul Numeric al Reliefului unic responsabili de redistribuirea spațială a parametrilor ce caracterizează regimul termic și pluviometric.

Ecuatiile de regresie și modelele regresionale au fost obținute în cadrul programului Statgraphics Centurion XVI, iar modelele cartografice au fost elaborate utilizând programul ArcGis 10.2.

Valorile coeficientului de determinare, ale nivelului semnificației modelului în întregime și ale fiecărei variabile independente incluse în model, demonstrează calitatea hărților obținute.

Interpolarea spațială a datelor a fost efectuată în

trei etape consecutive: interpolarea prin utilizarea ecuațiilor de regresie multiplă, interpolarea reziduurilor ecuațiilor de regresie și însumarea celor două interpolări. Interpolarea spațială a reziduurilor s-a realizat prin mai multe metode de interpolare, cea mai importantă fiind Spline. Modelele finale au fost obținute prin însumarea modelelor de regresie și ale reziduurilor, iar datele obținute și extrase din modelele finale au fost comparate cu datele inițiale. Hărțile finale sunt proiectate în sistemul de coordonate WGS 1984 UTM Zona 35N cu meridianul central 27°. Hărțile digitale obținute, precum și metodologia de interpolare, vor sta la baza elaborării unor hărți climatice pentru Podișul Moldovei.

### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Se cunoaște că în lipsa unei rețele dense de observații meteorologice sau în imposibilitatea de a acoperi cu observații anumite regiuni, în lipsa unor șiruri prea scurte de date climatologice utilizarea Sistemelor Informaționale Geografice, ca instrument de interpolare spațială este binevenit atât la nivel local, național, cât și regional. Mai cu seamă că evaluările comparative a datelor obținute prin interpolare cu cele înregistrate la stațiile meteorologice relevă diferențe reduse. Procedeul de interpolare statistică a datelor climatice sunt deja acceptate și frecvent utilizate.

Ecuția de regresie exprimă relația statistică dintre variabila dependentă (indicele climatic) și variabilele independente (factorii cunoscuți de geneză a climei: altitudinea absolută, latitudinea și longitudinea sau coordonatele planare X și Y, panta și expunerea versanților etc.).

Pot fi utilizate numai acele variabile independente ale căror valori P sunt mai mici de 0,1, fapt ce corespunde nivelului de încredere mai mare de 90%. Valorile P

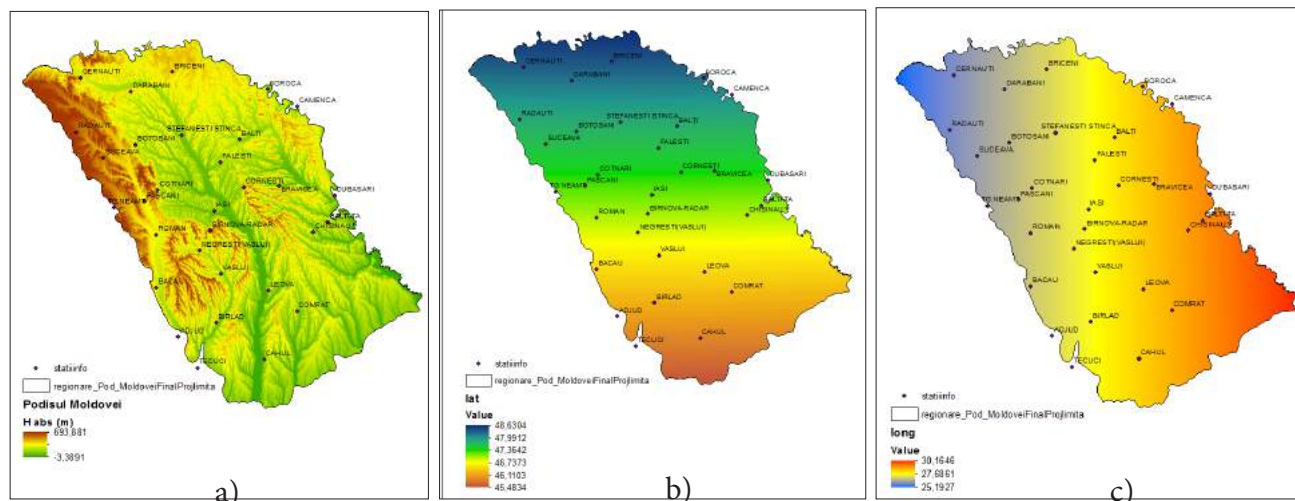


Figura 1. Hărțile digitale (geoinformaționale) ce caracterizează Podișul Moldovei (Republica Moldova – România – Ucraina)

Tabelul 1

## Parametrii modelelor de regresie

Indicele climatic	Parametrii modelelor de regresie								
	PH	PH*H	PX	PY	PMODEL	F	R2	ESE	EMA
T01	0,0060			0,0007	0,0000	17,68	55,8035	0,348845	0,274409
T07	0,0000			0,0033	0,0000	65,20	82,3222	0,420373	0,337742
Tan	0,0000		0,0291	0,0291	0,0000	55,87	86,5711	0,284791	0,228819
Prece		0,0005	0,0000		0,0000	20,18	59,9138	19,0187	15,3391
Pcaldă		0,0000	0,0101		0,0101	59,51	80,9544	21,8915	17,181
Pan		0,0000			0,0000	35,02	54,7024	39,1598	30,944

**Notă:** T01, T07 și Tan – temperatura medie în luna ianuarie, iulie și anuală corespunzător; Prece, Pcaldă și Pan – cantitățile medii de precipitații în perioadele rece, caldă și anuală;  $P_H$  – valoarea  $p$  a altitudinii absolute;  $P_{H*H}$  – valoarea  $p$  a pătratului altitudinii absolute;  $P_X$  și  $P_Y$  – valorile  $p$  ale coordonatelor carteziene X și Y;  $P_{MODEL}$  – valoarea  $p$  a modelului de regresie; F – raportul dintre mediile pătratelor ale modelului și reziduurilor în analiza varianței (dispersiei);  $R^2$  – coeficientul de determinare (în procente); ESE – eroarea standard a estimării (deviația standard a reziduurilor); EMA – eroarea medie absolută (media valorilor absolute ale reziduurilor).

egale cu 0,05 și 0,01 corespund nivelurilor de încredere de 95% și 99% corespunzător. Analiza statistică arată că ecuațiile de regresie includ numai altitudinea absolută H sau  $H^2$  și coordonatele X și Y (tabelul 1). Ecuația de regresie explică numai un anumit procent ( $R^2$ ) din variabilitatea variabilei dependente, iar reziduurile sunt generate de factori necunoscuți. Uneori seturile de date conțin valori extreme (outliers). Dacă reziduurile acestor valori sunt mai mari de 2,5 deviații standard a reziduurilor, atunci valorile extreme pot fi excluse din procesul de regresie măbind esențial valoarea  $R^2$ . Astfel, au fost excluse stațiile Cotnari (în cazul temperaturii medii anuale) și Cernăuți (în cazul precipitațiilor atmosferice din perioada rece a anului).

Interpolarea spațială a reziduurilor poate fi efectuată prin metodele IDW, Kriging ordinar, Spline etc. IDW și Spline sunt interpolatori exacti, astfel se păstrează valorile în pozițiile stațiilor meteorologice, însă IDW și Kriging formează structuri spațiale circulare în cazul rețelei rarefiate de stații. Interpolatorul Spline formează suprafețe netede cu curburi minime.

Modelele finale sunt obținute prin sumarea modelelor de regresie și ale reziduurilor. Compararea datelor inițiale cu cele extrase din modele finale este prezentată în tabelul 2. Diferența de unitate a coeficienților de corelație poate fi explicată prin exactitatea altitudinii și coordonatelor stațiilor meteorologice din seturile de date inițiale și cele ale Modelului Numeric al Altitudinilor.

Hărțile finale (figurile 2-7) sunt proiectate în sistemul de coordonate WGS 1984 UTM Zona 35N cu meridianul central 27°. Hărțile conțin distribuțiile spațiale ale indicilor climatici susnumiți, pozițiile stațiilor meteorologice și legenda. Acestea pot fi suprapuse cu subunitățile de regionare a Podișului Moldovei și coridurile corespunzătoare.

Printre factorii climatogeni specifici pentru arealul situat pe Podișul Moldovei menționăm Curbura Carpatică și circulația generală a atmosferei generată în mare măsură de poziționarea frecventă a dorsalei anticlonului Azorelor, alimentată prin troposfera de mijloc de către aerul cald subtropical [2]. Specificul reliefului și al condițiilor sinoptice conturează în spațiu diferențieri esențiale în cazul regimului termic atât din perioada rece, cât și caldă.

În cazul temperaturii din cea mai rece lună a anului (ianuarie), diferențierile termice (figura 2) constituie -4,2 °C, cu evidențierea inversiunilor termice din Câmpia Moldovei, unde rama (de ex. Cotnari) are o temperatură mai ridicată, fiind în banda caldă a inversiunii, aici temperaturile medii ale lunii ianuarie fiind aproximativ identice cu cele din cursul inferior al râului Prut (-2,5...-2,0 °C). Cele mai scăzute valori termice, de -5,6...-5,0 °C, se atestă în extremitățile de nord-est și nord-vest ale arealului.

Diferențierile spațiale sunt mai pronunțate în cazul temperaturii medii din luna iulie, acestea fiind de cca 7 °C. Culoarul Prutului inferior și aria sudică de câmpie prezintă cele mai ridicate medii lunare, de

Tabelul 2

## Coeficienții de corelație între datele stațiilor meteorologice și cele extrase din modelul final

Indicele climatic	T01	T07	Tan	Prece	Pcaldă	Pan
Coeficientul de corelație	0,9960	0,9844	0,9918	0,9955	0,9889	0,9899

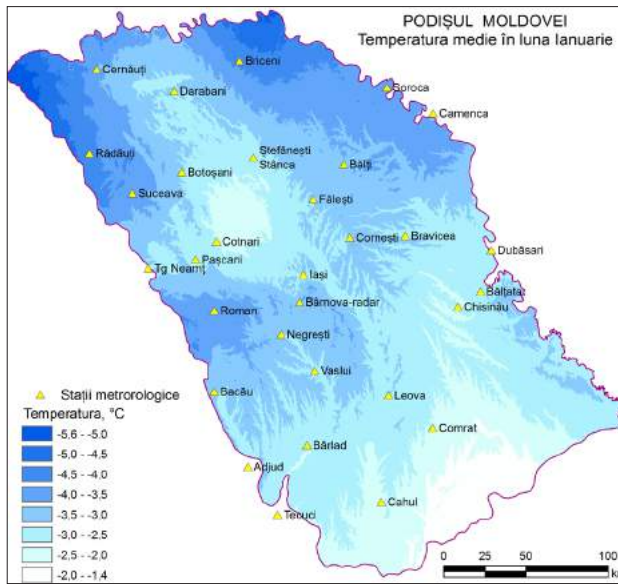


Figura 2. Temperatura medie a lunii ianuarie pe Podișul Moldovei (1961–2016).

22...23 °C. Cele mai scăzute valori, ca și în cazul temperaturilor din perioada rece a anului, se atestă în extremitățile de nord-vest și nord-est, precum și în ariile înalte de peste 500 m, unde acestea sunt de 16...18 °C.

Temperatura medie anuală pe Podișul Moldovei în perioada contemporană (1961–2016) este de 6,4 °C pe Podișul Sucevei și de 10,4...11,0 °C în Culoarul Prutului inferior și-n extremitatea sa sudică, de câmpie, astfel diferențele maxime fiind de 4,6 °C (figura 4). Ca și în cazul regimului termic, în distribuția cantităților lunare a precipitațiilor atmosferice, pe lângă factorul orografic, rolul proceselor sinoptice care generează clima în cea mai rece și cea mai caldă lună a anului (influența circulației vestice, traiectoria ciclonilor me-

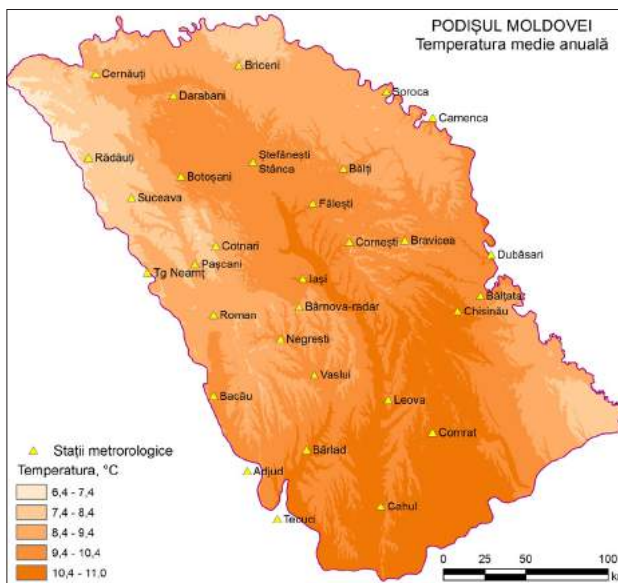


Figura 4. Temperatura medie anuală pe Podișul Moldovei (1961–2016).

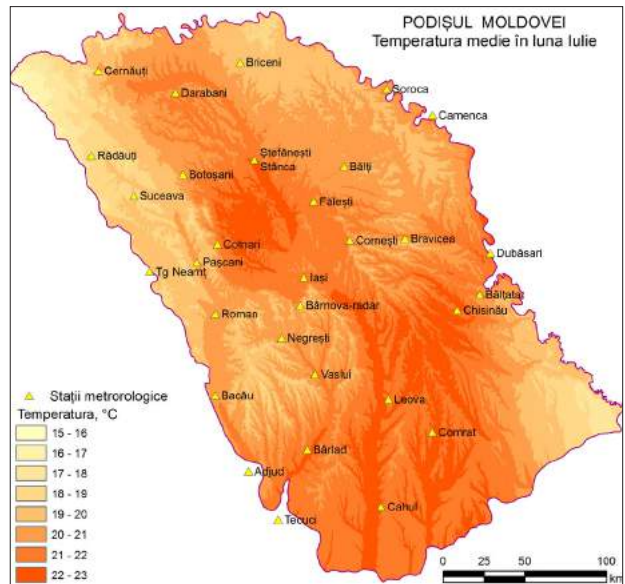


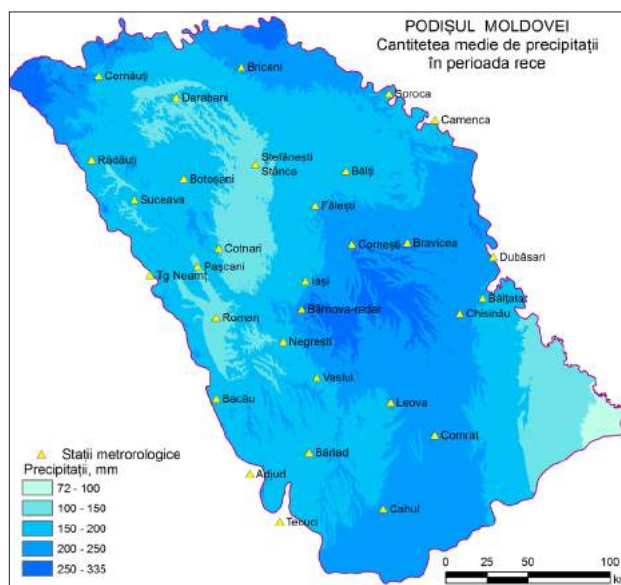
Figura 3. Temperatura medie a lunii iulie pe Podișul Moldovei (1961–2016).

diteraneeni și a celor retrograzi etc.) este de asemenea extrem de important.

Ciclonii atlantici, cu trasee prin Câmpia Germano-Poloneză, dar uneori și peste Carpații Orientali, au frecvențe reduse, dar cu mare extensie și durată, generând cantități consistente de precipitații în toate sezoanele.

Ciclonii mediteraneeni au un rol deosebit, ei influențând aria studiată pe următoarele traiectorii: dinspre nord-vestul Mării Adriatice spre Peninsula Balcanică, Bărăgan, Dobrogea, ocluzionându-se în centrul Ucrainei, producând precipitații bogate în sud-estul ariei studiate; dinspre centrul Mării Adriatice spre Câmpia Română, având o frecvență mai redusă, dar producând precipitații consistente, mai ales în sudul Podișului Moldovei. Se adaugă, cu frecvență mai redusă, dar cu frecvente precipitații torențiale, ciclonii retrograzi dinspre Marea Neagră. Ciclonii mediteraneeni și cei retrograzi se evidențiază pregnant în perioada rece a anului, când produc fenomene meteo-climatice intense, ploi abundente, oraje și viscole. Cei mai mulți dintre ciclonii retrograzi au origine ponto-caspică (uneori, de slabă intensitate, se formează și în stepa Ponto-Caspică). Precipitațiile bogate produc ciclonii retrograzi cu originea în Golful Genova și în nordul Mării Adriatice, care traversează Peninsula Balcanică, regenerează în vestul Mării Negre și se îndreaptă spre Ucraina apuseană, abordând dinspre nord-est lanțul carpatic. De asemenea, ciclonii cu originea în Asia Mică, după ce traversează Marea Neagră, produc precipitații în sudul Moldovei, episoade însoțite de vânt cu intensitate mare [1, 2, 3].

Așadar, cantitatea medie a precipitațiilor atmosferice în perioada rece în Podișul Moldovei (1961–

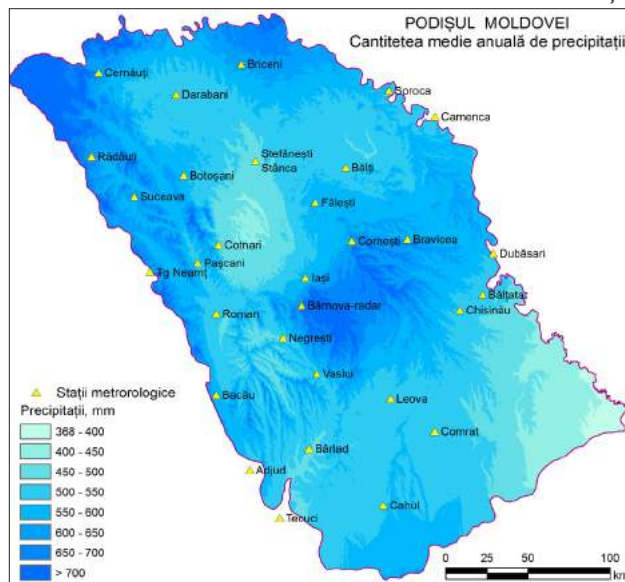


**Figura 5.** Cantitatea medie de precipitații atmosferice în perioada rece pe Podișul Moldovei (1961–2016).

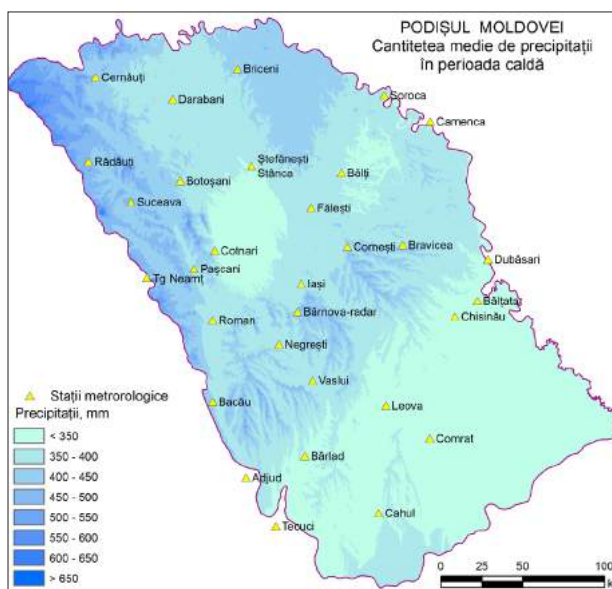
2016), variază în teritoriu de la 72...100 mm în Câmpia Moldovei și sud-estul arealului, până la 250...335 mm în ariile înalte ale Podișul Moldovei Centrale (st. Cornești) și ale Podișul Bârladului (mai ales pe culmile înalte nordice).

În perioada caldă a anului, ciclonii atlantici vin pe o traiectorie dinspre nord-vestul Europei spre Belarus sau dinspre Marea Baltică spre Marea Azov, asigurând cantități importante de precipitații în partea nord-vestică a Podișului Moldovei (figura 6), aceștia fiind responsabili atât de maxima pluviometrică lunară a lunii iunie, cât și de majoritatea cantităților căzute în lunile mai și iulie [1, 2, 3].

Cantitățile anuale de precipitații (figura 7) variază de la 400 mm în extremitatea de sud-est a arealului și



**Figura 7.** Cantitatea medie anuală de precipitații atmosferice pe Podișul Moldovei (1961–2016).



**Figura 6.** Cantitatea medie de precipitații atmosferice în perioada caldă pe Podișul Moldovei (1961–2016).

în Culoarul Prutului inferior, până peste 700 mm pe cele mai înalte culmi ale Podișului și pe culmile înalte din nordul Podișului Bârladului. Ciclonii cu originea în Asia Mică, care traversează Marea Neagră și produc precipitații în sudul Moldovei, contribuie la suplimentarea cantității de precipitații în aria sud-estică, ajungând în Dealurile Tigheciului la valori de 500-550 mm.

Așadar, la etapa actuală, Sistemele Informaționale Geografice permit cercetarea climatologică a unor areale extinse, asigurând, astfel, referențierea spațială a elementelor climatice către coordonatele geografice reale. A se lua în considerare că materialul cartografic este rezultatul unor proceduri statistice care nu au putut îngloba totalitatea factorilor climatogeni implicați. Rezultatele obținute pot servi drept reper în elaborarea unui studiu complex privind estimarea stării actuale a componentelor de mediu din cadrul unității geomorfologice Podișul Moldovei.

## BIBLIOGRAFIE

1. Apostol L. Trăsături specifice ale circulației generale a atmosferei în Subcarpații Moldovei, *Analele Universității „Ștefan cel Mare”*, s. Geografie, T. VI, Suceava, 1997.
2. Nedelcov M., Răileanu V., Apostol L. Atlasul digital „Temperatura aerului și cantitățile de precipitații atmosferice din bazinul râului Prut”. În: *Akademios, Revistă de știință, inovare, cultură și artă*, nr. 2 (45), 2017, p. 58-64.
3. Topor N. Cauzele unor ploi cu efect catastrofal în România. În: *Hidrotehnica*, XV, 11, 1970, p. 584-592.
4. \* \* \* Atlas climatologic, R. S. România, Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie, București, 1966.  
\* \* \* R. S. România, Atlas geografic. Edit. Academiei, București, 1972-1979.
5. \* \* \* Clima României, Administrația Națională de Meteorologie. Edit. Academiei Române, 2008, București.