

UN PRODUS ȘTIINȚIFIC PERFORMANT: ATLASUL „RESURSELE CLIMATICE ALE REPUBLICII MOLDOVA”

*Dr. hab. Maria NEDEALCOV
Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM*

*AN ADVANCED SCIENTIFIC PRODUCT: THE
ATLAS „CLIMATIC RESOURCES OF THE REPU-
BLIC OF MOLDOVA”*

Summary: The accelerated rhythm of climate change, and the need to adapt to these changes, lack of current information concerning regional climate resources, conditioned the elaboration of „Climatic Resources of the Republic of Moldova Atlas”, using Geographic Information Systems (GIS) as a research tool.

Thematic maps obtained by overlapping with administrative districts map, allow users to obtain climate information at the administrative district level. We consider that the Atlas will provide geoinformational support on decision making with applicative character for state institutions or private individuals.

Keywords: Geographic Informational Systems, climatic resources, atlas, thematic maps, the average temperature, cartographic model.

Rezumat: Ritmul accelerat al schimbărilor climatice și nevoia de adaptare la schimbările survenite, deficitul de informații actualizate privind această problemă au condiționat elaborarea Atlasului „Resursele Climatice ale Republicii Moldova”. În acest scop au fost utilizate Sistemele Informaționale Geografice (SIG) ca instrument de cercetare.

Hărțile tematice obținute și suprapuse cu harta administrativă permite utilizatorului să obțină informații din domeniul climatic la nivel de raion. Considerăm că acest Atlas va servi autorităților publice sau persoanelor cu puteri discreționare drept suport geoinformațional la luarea deciziilor cu caracter aplicativ.

Cuvinte-cheie: Sisteme Informaționale Geografice, resurse climatice, atlas, hărți tematice, temperatura medie, model cartografic.

Introducere

Elaborarea unui Atlas în baza Sistemelor Informaționale Geografice (SIG) reprezintă o tehnică de lucru tot mai utilizată în lumea modernă, atât în domeniul cercetărilor teoretice, cât și în multiple activități practice. SIG-ul constituie un sistem ce include componente de tip informațional raportate

către coordonatele geografice reale. Introducerea, stocarea, manipularea și analiza componentelor se face cu ajutorul calculatorului, ceea ce permite, pe de o parte, „vizualizarea” unor informații complexe referențiate spațial față de coordonatele geografice reale, iar pe de altă parte, efectuarea unor analize și corelații de mare complexitate, imposibil de realizat eficient cu tehnicile clasice.

Lipsa informației actualizate privind resursele climatice regionale, ritmul accelerat al schimbărilor climatice, nevoia tot mai presantă pe care o resimt organele de stat sau persoanele private care activează în diverse domenii unde este necesar de a utiliza informații cu caracter climatic (în contextul majorării intensității și a frecvenței riscurilor climatice asociate schimbărilor de climă) a dictat necesitatea elaborării acestui atlas în plan național.

Odată definită problematica actuală, toate acestea pot fi realizate doar folosind cele mai noi soft-uri de referențiere spațială a fenomenelor, ținând cont de particularitățile regionale. În acest context, menționăm că un rol deosebit l-au jucat rezultatele cercetărilor obținute în plan internațional și regional [1, 2, 3, 4].

Materiale și metode de cercetare

Atlasul tematic conține un set de hărți ce reflectă repartiția spațială a temperaturii medii lunare, sezoniere și anuale a aerului, a cantității medii de precipitații atmosferice lunare sezoniere și anuale pentru o perioadă de 30 de ani (1981-2010). Ca material inițial au servit datele înregistrate la stațiunile și posturile meteorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat. Toate hărțile au fost elaborate la scara 1:1500000 în proiecția Universală Transversală Mercator (UTM), utilizând metoda modelării cartografice. Datele colectate corespund înălțimii adăpostului meteorologic (2 m).

Fiecare hartă este precedată de o pagină cu informații suplimentare privind estimarea tendinței de modificare a fiecărui parametru climatic pentru o perioadă de mai mult de un secol (pentru temperatura aerului a fost luată în calcul perioada observațiilor instrumentale 1887-2010, iar pentru cantitatea de precipitații atmosferice – 1891-2010), precum și unele teste statistice ce denotă validitatea modelului cartografic utilizat. Macheta hărții conține harta propriu-zisă, legenda acesteia, unele elemente statistice (inclusiv valorile extreme), histograma distribuției spațiale a valorilor climatice, graficul „Valori observate – Valori calculate”. Cel din urmă, prezintă o evidență a exactității modelului cartografic utili-

ESTIMAREA SPAȚIO-TEMPORALĂ A TEMPERATURII MEDII ANUALE SPATIO-TEMPORAL ESTIMATION OF AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE

Temperatura medie anuală a aerului (Fig. 1) pe teritoriul Republicii Moldova înregistrează o creștere cu 0,01 °C/an pe parcursul anilor 1887-2010. Analiza deviațiilor termice anuale denotă că acestea se caracterizează prin predominanța anomaliilor pozitive, cu precădere către sfârșitul anilor 90 ai secolului XX și începutul secolului XXI (Fig. 2). Anul 2007 este cel mai cald an din seria observărilor instrumentale; temperatura medie anuală depășind norma climatică cu 2,5 °C. Anii 2009, 1990, 1994, 2008, 2000, 1996, 1989, 2002 au fost ani extrem de calzi în seria observărilor instrumentale; temperatura medie anuală depășind valoarea de 10,5 °C și mai mult (norma climatică este egală cu 9,6 °C). În ultimele două decenii manifestarea anilor extrem de calzi a avut o repetabilitate de odată în 2 ani (Tab. 1). Cele mai scăzute valori termice ale anului au fost înregistrate în anii 1933 și 1929 când temperatura medie anuală a constituit 7,2 – 7,9 °C. Valori la fel scăzute și anume în limitele 8,0 – 8,3 °C au caracterizat următorii ani reci: 1934, 1995, 1912, 1940, 1967, 1888, 1976, 1980.

În modelul de regresie pentru anii 1981-2010 ca variabile independente semnificative au fost utilizate altitudinea absolută și latitudinea. Indicatorii statistici ai modelului de regresie (Tab. 2) explică calitatea modelului propus. Rîin al modelului final este egal cu 0,9997. În vâlcele râurilor mari și mici din extremitatea de sud a țării valoarea termică anuală constituie 10,0 °C – 11,1 °C. Cele mai scăzute valori de 8,4 °C – 8,5 °C se observă în nordul țării. Diferențele maxime în teritoriul ale temperaturii medii anuale sunt egale cu 2,7 °C.

The average annual air temperature (Figure 1) in the Republic of Moldova has been registered an increase by 0.01 °C/year during the years 1887-2010. Analysis of annual thermal deviation denotes that they are characterized by the predominance of positive anomalies, especially at the end of 90s of XX century and beginning of XXI century (Figure 2). The 2007 year is the warmest year in the series of instrumental observations, average annual temperature exceeding the climatic norm with 2.5 °C. The years 2009, 1990, 1994, 2008, 2000, 1996, 1989 and 2002 were extremely warm years, average annual temperature exceeded the value of 10.5 °C and more (the climatic norm is equal to 9.6 °C). In the last two decades the manifestation of extremely warm years had repeatability once in 2 years (Table 1). The lowest values of thermal were recorded in 1933 and 1929 when the average annual temperature was 7.2 – 7.9 °C. Likewise with low values by 8-8.3 °C is characterized the cold years 1934, 1995, 1912, 1940, 1967, 1888, 1976, and 1980.

In the regression model for 1981-2010 years as significant independent variables were used absolute altitude and latitude. The statistical indicators of regression model (Table 2) explain the quality of proposed model. Rîin of final model is equal to 0.9997. In large and small rivers valleys from extreme south of the country annual thermal value is 10.0 °C – 11.1 °C. The values below 8.4 °C – 8.5 °C are observed in the north. In territory, the range of average annual temperature is equal to 2.7 °C.

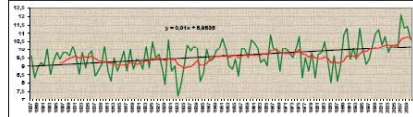


Figura 1. Tendința de modificare a temperaturii medii anuale (1887-2010)

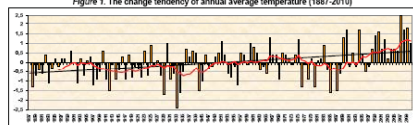


Figura 2. Evoluția anomaliilor termice anuale raportate către perioada de referință 1961-1990

Tabelul 1. Topul celor mai reci și a celor mai calzi ani înregistrați în perioada 1887-2010
Table 1. Top of the coldest and warmest years recorded in the period 1887-2010

Ani reci ani / Coldest years	1933	1929	1934	1995	1912	1940	1967	1888	1976	1980
	7,2	7,9	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,3	8,3	8,3
Cei mai calzi ani / Warmest years	2007	2009	1990	1994	2008	2000	1999	1996	1989	2002
	12,1	11,4	11,3	11,3	11,3	11,2	11	10,8	10,9	10,8

Tabelul 2. Validarea modelului. Anul + Table 2. Model validation. Year

Model	R ²	Fy	Pmodeli	F	R ² , %	SEE, °C	MAE, °C	M _r , °C
Regresie / Regression	0,0046	0,0001	0,0000	35,61	99,6	0,22	0,16	0,00071

TEMPERATURA MEDIIE ANUALĂ A AERULUI ANNUAL AVERAGE AIR TEMPERATURE

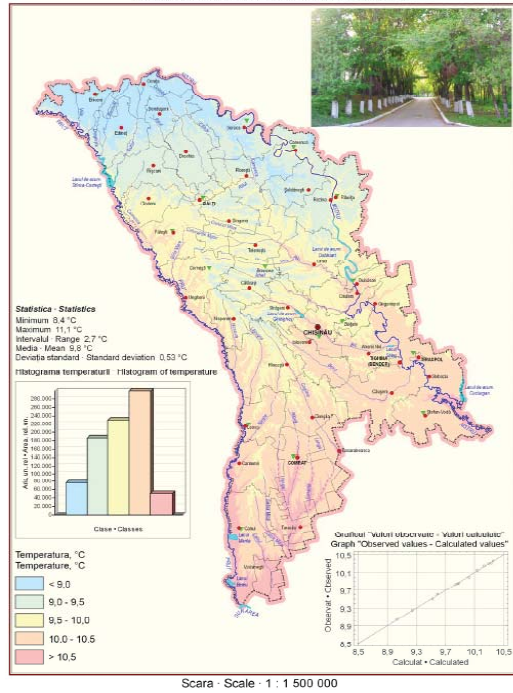


Figura 1. Estimarea spațio-temporală a temperaturii medii anuale a aerului

ESTIMAREA SPAȚIO-TEMPORALĂ A CANTITĂȚII PRECIPITAȚIILOR ANUALE SPATIO-TEMPORAL ESTIMATION OF ANNUAL PRECIPITATION QUANTITY

Cantitatea de precipitații în aspect anual (Fig. 1) pe teritoriul Republicii Moldova înregistrează o creștere cu 0,719 mm/an pe parcursul anilor 1961-2010. În ultimele decenii se observă o alternanță frecventă a anomaliilor pozitive cu cele negative, ceea ce demonstrează caracterul extrem de variabil a manifestării atât a anilor cu excese pluviometrice cât și cu deficit pluviometric (Fig. 2). În 1903 cantitatea anuală a precipitațiilor atmosferice a constituit doar 271,8 mm, iar în 1912 au fost înregistrate cele mai semnificative valori de 915 mm (Tab. 1).

În modelul de regresie pentru anii 1981-2010 ca variabile independente semnificative au fost utilizate pătratul altitudinii absolute și latitudinea. Indicatorii statistici ai modelului de regresie (Tab. 2) explică calitatea modelului propus. Rîin al modelului final este egal cu 0,9997. Sumele anuale ale precipitațiilor atmosferice descresc de la 550 – 700 mm din nord-vest la 434 – 500 mm în partea de sud-est a țării. În funcție de altitudine, sumele anuale cresc și cele mai înalte valori de 704 mm sunt observate la altitudinile în partea centrală a țării. Diferențele pluviometrice maxime anuale în teritoriul observat sunt de 320,8 mm.

Amount of precipitation in annual aspect (Figure 1) in the Republic of Moldova had been registered an increase with 0.719 mm/year during the years 1961-2010. In the last decades there are observed a frequent alternation of positive and negative anomalies, which demonstrates the highly variable character of both events years with precipitation excess as well as with precipitation deficit (Figure 2). In 1903 the annual amount of precipitation was only 271.8 mm, and in 1912 were recorded the most significant values of 915 mm (Table 1).

In the regression model for 1981-2010 years as significant independent variables were used squared absolute altitude and latitude. The statistical indicators of regression model (Table 2) explain the quality of the proposed model. Rîin of final model is equal to 0.9997. The annual precipitation amounts decrease from 550-700 mm from northwest to 434 – 500 mm in the southeast of the country. Depending on altitude, the annual amounts increase, and the highest values of 704 mm are observed at altitudes in the central part of the country. In territory, the maximal annual precipitation differences are 320.8 mm.

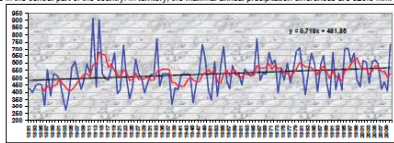


Figura 1. Tendința de modificare a cantității medii a precipitațiilor anuale (1887 - 2010)

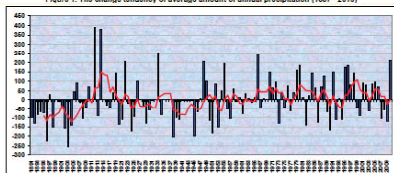


Figura 2. Evoluția anomaliilor pluviometrice anuale raportate către perioada de referință 1961 - 1990

Tabelul 1. Topul anilor cu excese și deficit pluviometric înregistrat în perioada 1881 - 2010
Table 1. Top of years with pluviometric excess and deficit in the period 1881 - 2010

Ani secetoși / Dry years	1903	1896	1938	1945	1951	1924	1990	1902	1893	1899
	271,8	301	320	325	345	367	361	368	373	374
Ani ploioși / Rainy years	1912	1914	1933	1956	2010	1946	1922	1952	1986	1996
	915	903	777	774	735	734	725	721	715	711

Tabelul 2. Validarea modelului. An + Table 2. Model validation. Year

Model	R ²	Fy	Pmodeli	F	R ² , %	SEE, mm	MAE, mm	M _r , mm
Regresie / Regression	0,0002	0,0036	0,0000	29,46	66,3	26,2	20,1	0,00003

CANTITATEA MEDIIE DE PRECIPITAȚII ANUALE AVERAGE AMOUNT OF ANNUAL PRECIPITATION

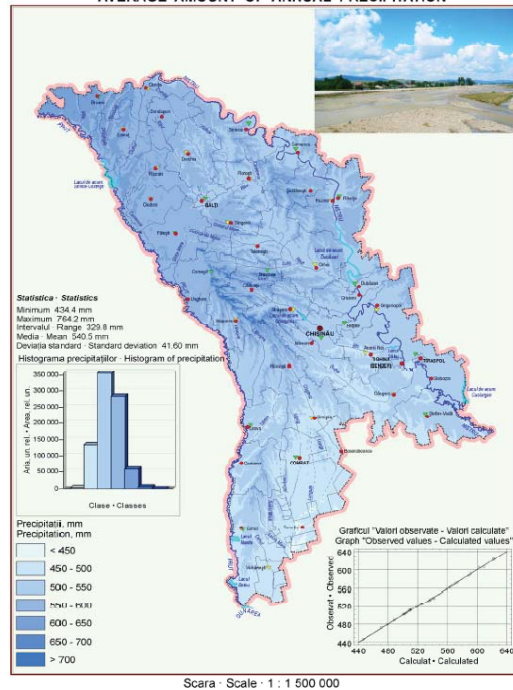


Figura 2. Estimarea spațio-temporală a cantității precipitațiilor anuale

zat. Harta distribuției spațiale a indicelui climatic mai conține rețeaua hidrografică (simplificată) pentru a accentua rolul reliefului, la fel este redată poziționarea stațiilor și posturilor meteorologice, a municipiilor, centrelor raionale, precum și limitele raioanelor. Astfel, consumatorii de informație climatică au posibilitatea de a cunoaște temperatura și cantitatea de precipitații în fiecare raion administrativ aparte. Harta mai conține și o imagine referitor la perioada de timp analizată (lună, anotimp, an).

Modelarea cartografică a fost efectuată în două etape. La prima etapă s-a utilizat metoda regresiei multiple cu mai multe proceduri de pas, care a permis scoaterea în evidență a dependenței valorilor ce reflectă temperatura și precipitațiile atmosferice de mai mulți factori fizico-geografici locali. Ca indicator al validării modelelor propuse au servit: nivelul semnificației fiecărui factor fizico-geografic luat aparte și a modelului în întregime, coeficientul de determinare R^2 , eroarea standard de estimare SEE, eroarea medie absolută MAE. Cu cât valoarea P este mai mică, cu atât nivelul de confidență CL (de încredere) este mai mare. Valorii $P \leq 0,1$ îi corespunde $CL = 90\%$. Pentru $P \leq 0,05$ $CL = 95\%$, iar pentru $P \leq 0,01$ $CL = 99\%$. Coeficientul de determinare R^2 reprezintă procentajul variabilității variabilei dependente, explicată de regresie. SEE este egală cu deviația standard a reziduurilor (diferențele dintre valorile inițiale și cele obținute prin regresie), iar MAE – cu media reziduurilor.

La etapa a doua au fost interpolate reziduurile regresiei (care sunt determinate de factori necunoscuți), utilizând un interpolator local. Rezultatele acestei interpolări au fost sumate cu rezultatele modelului de regresie. Interpolatorii locali iau în considerație numai datele din vecinătatea punctului interpolat.

În cazul temperaturii aerului, ca interpolator a fost utilizată procedura IDW (Distanța Inversă Ponderată). Influența punctelor învecinate descrește cu distanța la putere de la punctul interpolat. Exponentul funcției (de obicei egală cu 2) a fost optimizat.

Precipitațiile au un caracter dinamic și o variabilitate mare în spațiu. Din această cauză a fost utilizat un set mai mare de date, iar ca interpolator local a fost folosit Krigingul rezidual, care ține cont de structura spațială a datelor. În acest caz, a fost necesar ca reziduurile să îndeplinească anumite condiții. În primul rând, reziduurile trebuie să fie distribuite normal, iar media lor să fie egală cu 0. Coeficienții standardizați de asimetrie și exces necesită să fie plasați în intervalul ± 2 . Analiza statistică denotă că aceste condi-

ții în majoritatea cazurilor sunt îndeplinite. În cazul când valorile standardizate ale reziduurilor se aflau în afara intervalului ± 2 , aceste valori extreme (outliers) au fost eliminate din calcul (unele posturi meteorologice). În același timp, s-a ținut cont de valorile trendului spațial, care în majoritatea cazurilor a fost aproximat cu un poligon de ordinul doi.

O altă metodă de testare utilizată a fost validarea încrucișată, care a prevăzut excluderea consecutivă a datelor și compararea rezultatelor cu datele inițiale. Analiza statistică a datelor a fost efectuată în programul Statgraphics Centurion XV, iar modelările cartografice și elaborarea produsului final – în cadrul programului ArcGIS 10.

Analiza rezultatelor obținute

Așadar, pentru fiecare lună, anotimp și an au fost obținute hărțile tematice ce reflectă repartiția spațială a temperaturii și precipitațiilor atmosferice, în funcție de factorii fizico-geografici (latitudinea și longitudinea geografică, altitudinea absolută și relativă, expoziția și gradul de înclinație a versanților). Acestea au fost elaborate în baza datelor actualizate, fiind calculate pentru perioada anilor 1980-2010. Hărțile incluse în Atlas sunt plasate pe paginile impare, iar pe paginile pare se conține o informație detaliată privind estimarea spațio-temporală a parametrului climatic analizat (fig. 1, fig. 2). Hărțile elaborate în suprapunere cu harta raioanelor administrative, permit utilizatorului de informație climatică să „extragă” informația necesară la nivel de raion administrativ.

În concluzie, considerăm, că acest Atlas va constitui un suport geoinformațional util pentru luarea deciziilor cu caracter aplicativ privind măsurile de adaptare la noile condiții climatice regionale.

Bibliografie

1. Atlas climatic digital de la peninsula Iberica <http://www.opengis.uab.es/wms/iberia/mms/index.htm>
2. Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. *Utilizarea tehnologiilor SIG în evaluarea înghețurilor periculoase de primăvară și de toamnă pe teritoriul R. Moldova*. În: Analele științifice ale universității „Al. I. Cuza” (serie nouă). Geografie (supliment). Lucrările simpozionului „Sisteme Informaționale Geografice”. Iași: Universitatea „Al. I. Cuza”, 2006, nr.12, p. 1-7.
3. Donisă V. *Procesarea numerică a imaginilor în vederea extragerii informațiilor necesare Sistemelor Informaționale Geografice*, Rez. Tezei Doc., Univ. Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, 1999.
4. Haidu I. *Extremes climatiques: genese, modelisation et impacts*. Cluj Editor University Press, 2009, 500 p.