

UTILIZAREA TEHNOLOGIEI SIG PENTRU MODELAREA SCHIMBĂRILOR PROBABILE ALE CLIMEI LA NIVEL REGIONAL

Vladimir Todiraș, Roman Corobov

Activitățile umane pot schimba clima. Volumul multor gaze de seră în atmosferă crește, îndeosebi cel al bioxidului de carbon, care a crescut cu 30% pe parcursul ultimilor 200 de ani, în primul rând ca rezultat al schimbărilor utilizării terenului și a arderii cărbunelui, petrolului și gazului natural. Dacă tendințele actuale ale emisiilor vor continua, pe parcursul secolului 21 volumul de bioxid de carbon se va dubla și va crește în continuare mai departe. Acumularea gazelor de seră în atmosferă legată de activitățile umane va schimba clima prin intensificarea efectului natural de seră, ceea ce va conduce la sporirea temperaturii medii la suprafața Pământului. Estimările actuale ale creșterii temperaturii medii globale la suprafața solului în raport cu anul 1990 indică limitele de la 1 până la 3,5 grade C către anul 2100, cu sporirea, în continuare, în anii următori. Deoarece majoritatea gazelor de seră rămân în atmosferă pe parcursul unor perioade îndelungate de timp, chiar dacă emisiile de la activitățile umane s-ar opri imediat, efectele emisiilor acumulate din trecut vor persista timp de secole.

Scopul cercetărilor noastre a fost modelarea schimbărilor probabile ale climei la nivel regional prin utilizarea tehnologiei Sistemelor Informaționale Geografice (SIG). Pentru cercetări au fost utilizate datele climatice multianuale. Rețeaua de observații include 18 stațiuni, 8 posturi meteorologice și 20 posturi agrometeorologice. Aceste observații au permis să se prelucreze datele privind clima țării și de să se editeze un șir de îndrumătoare și monografii [1-5].

Caracterul schimbărilor multianuale ale climei Moldovei a fost determinat conform seriei de observații de la stațiunea Chișinău care include datele medii lunare începând cu anul 1886. Pentru aprecierea legăturii între schimbarea locală a temperaturii aerului și fluctuațiile globale, a fost determinată legătura între anomaliile temperaturii medii anuale în Moldova, pe Glob și în Emisfera de Nord. Coeficientul de corelație (r) între seriile Globale și seriile or. Chișinău este egal cu 0,284.

Estimarea gradului de legătură între temperatura aerului la nivel local și procesele globale a fost efectuată după exemplul stațiunii din Chișinău. Devierea temperaturii medii globale față de norma anilor 1961-1990 [10] și seria analogică din Chișinău sunt prezentate în figura 1. Legătura între aceste două serii este slabă: numai 8.1% din variația temperaturii aerului în Moldova poate fi lămurită de influența proceselor globale. Așadar variabilitatea temperaturii aerului în Moldova este determinată, în mare măsură, de factorii locali. De aceea, pentru aprecierea vulnerabilității și adaptării diferitor sectoare ale economiei naționale, este necesar să se estimeze schimbările probabile ale climei în plan regional.

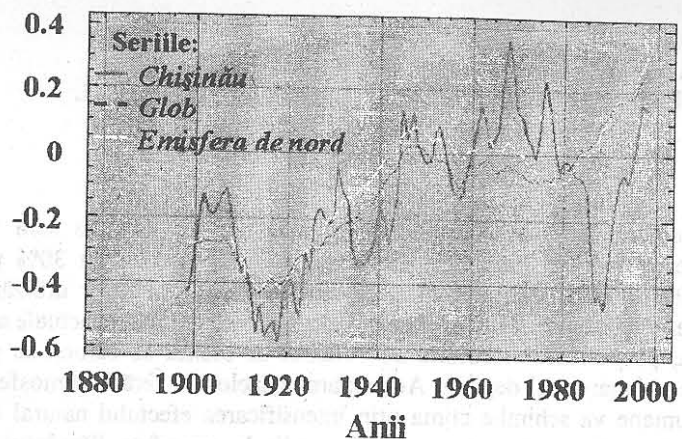


Fig. 1. Deviarea temperaturii faţă de norma anilor 1961-1990

Pentru aprecierea schimbării probabile a climei au fost alese scenariile, construite în baza Modelelor de Circulaţie Generală a atmosferei (MCG). Informaţia necesară a fost obţinută din Centrul de Distribuire a datelor IPCC (Data Distribution Centre, DDC) [11].

HadCM2 - The UK Hadley Centre for Climate Prediction and Research;

ECHAM4 - The German Climate Research Centre, Deutsches

Klimarechenzentrum;

CMCG1 - The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis;

GFDL-R15 - The US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory;

CSIRO Mk2 - The Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

Modelele prezentate includ atât efectul gazelor de seră, cât și al aerosolilor. Rezultatele modelării sunt prezentate în formă de câmpuri numerice cu diferită rezoluție pentru trei intervale de timp: 2010-2039, 2040-2069 și 2070-2099 [8,13]. Sunt mai mulți factori necunoscuți, legați de estimarea emisiilor gazelor de seră și aerosolilor, care ar putea influența schimbarea climei. Este necesar să se transfere rezultatele modelelor globale la nivel de țară cu o corectitudine maximă. În acest scop au fost rezolvate câteva probleme intermediare:

1. Extragerea valorilor care caracterizează teritoriul Moldovei din matricele Modelelor de Circulaţie Generală a atmosferei.
2. Selectarea modelului care caracterizează adecvat schimbarea climei Moldovei.
3. Trecerea de la proiecțiile schimbării climei la nivel de țară, spre valorile fiecărui punct de pe teritoriu și cartografierea lor.

Prima problemă este pur tehnologică, cu toate că necesită elaborarea unei programe speciale de calculator. Această programă permite să se selecteze în regim interactiv datele, care mai departe au fost utilizate în modelul rețelei geografice.

Informația climatică, care caracterizează un nod al rețelei geografice este rezultatul medierii spațiale a unei celule [9]. Teritoriul Moldovei, în dependență de Modelul de Circulație Generală (MCG) a atmosferei utilizat, este «așezat» neuniform în 2-4 celule. De aceea obținerea unei valori generale pentru țară, prin medierea aritmetică a valorilor, este o rezolvare simplistă a problemei. A fost elaborată procedura de estimare a acestor valori, luând în considerație cota teritoriului, care revine fiecărei celule.

Modelele MCG, în urma diferitor metodologii folosite, prezintă rezultate care se deosebesc esențial. După cum rezultă din analiza statistică, modelul CSIRO Mk2, caracterizează cel mai corect condițiile climatice ale Moldovei. De aceea acest model a fost luat ca bază pentru construirea scenariilor regionale de schimbare a climei. Totodată, în calitate de variante alternative au fost utilizate rezultatele modelelor HadCM2 și ECHAM4.

Proiecțiile schimbării parametrilor climatici

Unele rezultate, care prezintă date privind schimbarea probabilă a climei, sunt demonstrate în tabelul 1. Luând în considerație numai efectul gazelor de seră, modelele *CSIROMk2* și *HadCM2* prezintă o creștere a temperaturii medii a aerului în Moldova de: 1,4-1,5°C în anii 2010-2039; 2,3-2,4°C în anii 2040-2069 și 3,3-3,6°C în anii 2070-2099. Aceste date sunt comparabile cu rezultatele modelării schimbării temperaturii globale a aerului în secolul 21, care au fost obținute în programa de cercetări a climei a Regatului Unit [8]. Utilizând dependențele regresionale între seriile globale și cele de la stațiunea Chişinău, proiecțiile globale au fost transformate în scenariu regional.

Tabelul 1 Scenarii de schimbare a temperaturii aerului în mediu pentru tot teritoriul Moldovei

Parametrul	Acțiunea	Modele și intervale de timp								
		2010-2039			2040-2069			2070-2099		
		CSI RO	Had CM	ECH AM	CSIR O	HadC M	ECH AM	CSIR O	HadC M	ECH AM
Temperatura medie a aerului (°C)	GS	1.4	1.5	2.1	2.3	2.4	3.4	3.7	3.3	4.6
	GSA	1.3	0.9	1.4	2.2	1.7	-	3.2	3.0	-

GS - acțiunea gazelor de seră

GSA - acțiunea gazelor de seră și a aerosolilor

Prezentarea grafică a rezultatelor modelării climatei

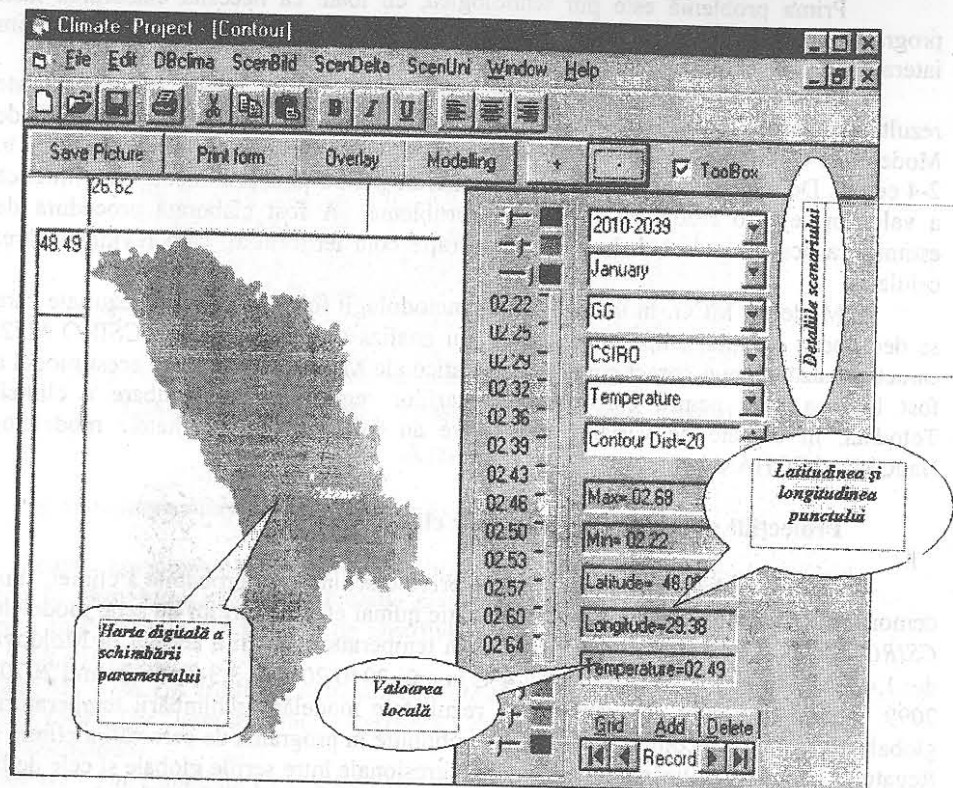


Fig. 2. Meniul principal al programului de calculator pentru estimarea schimbării probabile a parametrilor climatici în spațiu

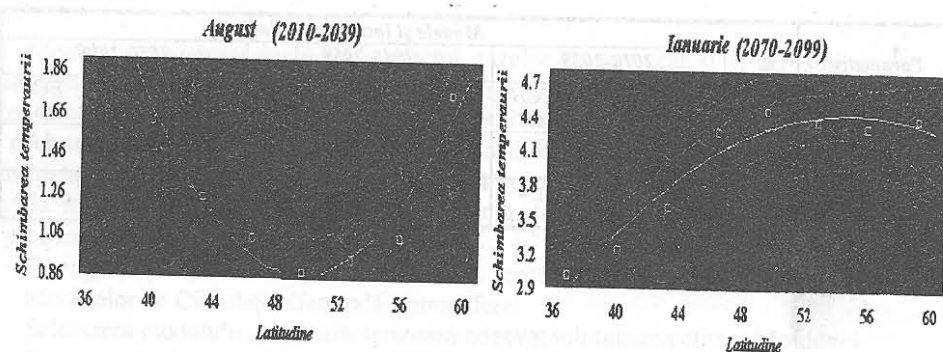


Fig. 3. Exemple de dependență de latitudine a schimbării temperaturii medii lunare a aerului, conform modelului CSIRO Mk2

Utilizarea, în scenariile schimbării climatei, a valorilor în nodurile rețelei geografice presupune schimbarea uniformă pe suprafață în limitele celulei rețelei. În realitate aceasta nu este corect. Această problemă nu poate fi rezolvată pe deplin nici prin utilizarea informației locale, nici prin interpolarea liniară în dependență de distanța punctului de la noduri [7]. De aceea a fost făcută încercarea de a utiliza în acest scop legitățile variabilității spațiale a parametrilor meteorologici. Pentru identificarea lor, a fost cercetată dependența acestor schimbări de latitudine și longitudine.

De regulă, dependența temperaturii aerului și precipitațiilor de latitudine se caracterizează funcțional prin ecuații polinomiale de gradul doi (Fig. 3).

Forma curbei și parametrii polinomului au fost determinați pentru fiecare lună a anului. Cercetările efectuate au demonstrat o dependență slabă a temperaturii aerului și precipitațiilor de longitudine. Aceasta ne-a impus să utilizăm pentru caracterizarea variabilității schimbării climatei metoda mixtă.

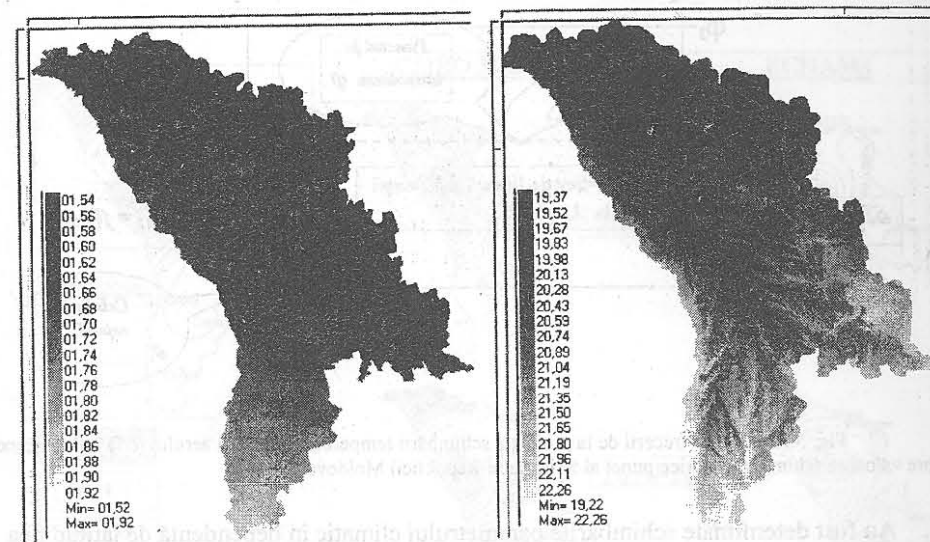


Fig. 4. Harta schimbării temperaturii aerului și a temperaturii probabile conform modelului CSIRO Mk2, luna iunie, intervalul de timp 2040-2069

În acest scop a fost elaborată programul de calculator **ClimaPro** (Fig. 2), care automatizează procedura de interpolare și permite să se calculeze valoarea schimbării parametrului dat în orice punct al Moldovei și să se prezinte cartografic rezultatele modelării schimbării climatei. Pentru hărțile prezentate am utilizat metoda pătratelor cu latura de 600 m.

Exemplu de calculare a schimbării temperaturii medii a aerului în orice punct al teritoriului (scenariul CSIRO Mk2)

Algoritmul trecerii de la proiecția schimbării temperaturii medii a aerului (δT) pentru Moldova în întregime spre valoarea schimbării în orice punct al teritoriului include următorii pași:

1. În diapazonul de la 30° până la 60° LN, pentru meridianele care caracterizează teritoriul Moldovei cu pasul rețelei modelului au fost selectați parametrii δT în fiecare lună a anului.
2. Au fost construite graficele dependenței δT de latitudine (Fig. 3), care apoi au fost approximate prin funcții statistice.

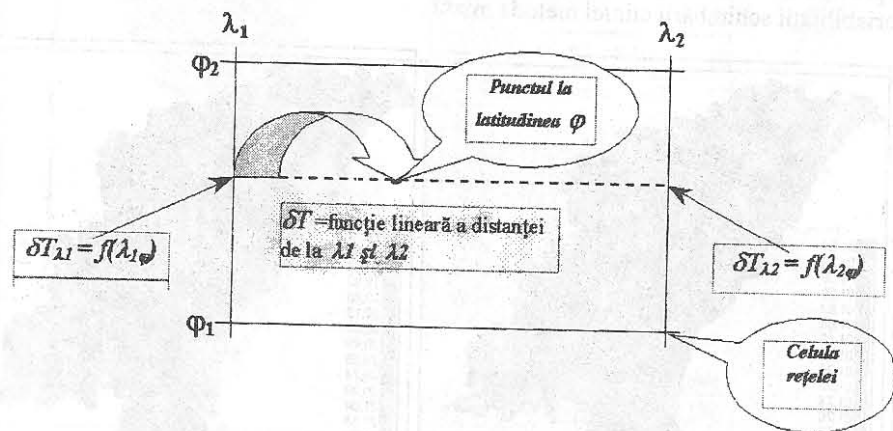


Fig. 5 Algoritmul trecerii de la proiecția schimbării temperaturii medii a aerului (δT) în întregime spre valoarea schimbării în orice punct al teritoriului Republicii Moldova

3. Au fost determinate schimbările parametrului climatic în dependență de latitudinea fiecărui punct, conform ecuațiilor regresionale.
4. Au fost determinate schimbările parametrului climatic în dependență de longitudinea fiecărui punct prin interpolarea lineară (Fig. 3).

Tabelul 2. Parametrii funcției regresionale a dependenței schimbării temperaturii medii lunare de latitudine, caracterizat prin polinomul de gradul doi

Luna	Interval de timp	Coeficientul de regresie			r	p
		a	La φ	La φ^2		
August	2010-2039	21.874	-0.851	0.009	0.965	0.005
Ianuarie	2070-2099	-9.925	0.524	-0.005	0.973	0.001

Pentru cartografierea computerizată a scenariilor regionale ale schimbării climatei a fost suprapus modelul numeric al schimbării spațiale a climatei cu modelul numeric al climatei de bază (Fig. 3). Modelul numeric al climatei de bază a fost elaborat în Institutul de Geografie a AȘ a Republicii Moldova și include efectul reliefului [12]. Suprapunerea a două straturi informaționale ne-a permis să construim hărți digitale și tradiționale ale climatei probabile a Moldovei pentru viitor (Fig. 4).

Realizarea hărților parametrilor climatici calculați.

Figura 6 prezintă ca exemplu harta aridității teritoriului Moldovei conform climatei de bază și ariditatea posibilă în urma schimbării climatei conform cu două scenarii alternative: CSIRO Mk2 și ECHAM4

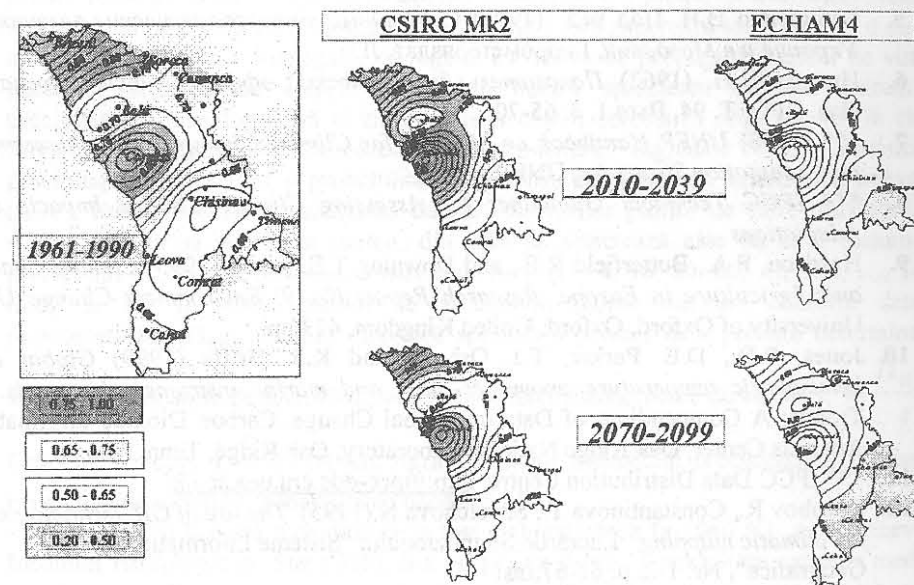


Fig. 6. Schimbarea aridității teritoriului Republicii Moldova conform scenariilor CSIRO Mk2 și ECHAM4.

Coeficientul de umiditate anuală (P) în calitate de criteriu al aridității a fost calculat conform metodicii prezentate. Scara aridității a fost construită după Milich L., 1997 [13]:

Zona semiumedă umedă: P=0.65 - 0.75

Zona semiumedă uscată: P=0.50 - 0.65

Zona semiaridă: P=0.20 - 0.50

După modelele CSIRO Mk2 și ECHAM4, în viitor se așteaptă aridizarea treptată a teritoriului Moldovei. În zona de sud-est coeficientul de umiditate va ajunge la 0,20-0,50. Din datele prezentate, putem conchide că metodologia propusă poate fi utilizată pentru modelarea schimbărilor probabile ale climei la nivel regional. Programul de calculator elaborat poate fi utilizat și pentru prelucrarea informației în interesele cartografiei aplicative.

BIBLIOGRAFIE:

1. Бабиченко В.Н., Шевкун Т.Г. (1982) *Климат Кишинева*, Гидрометеоиздат, Л.
2. Лассе Г.Ф. (1978) *Климат Молдавской ССР*, Гидрометеоиздат, Л.
3. *** (1990) *Научно-прикладной справочник по климату СССР*, серия 3, ч.1-6, Гидрометеоиздат, Л.
4. *** (1965-1968) *Справочник по климату СССР*, вып.11, ч.1-5, Гидрометеоиздат, Л.
5. Бабиченко В.Н. Под ред (1991) *Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии*, Гидрометеоиздат, Л.
6. Иванов Н.Н. (1962) *Показатель биологической эффективности климата*, Изв. ВГО, Т. 94, Вып 1, с. 65-70.
7. *** (1998) *UNEP Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*, UNEP
8. *** *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*
9. Harrison, P.A., Butterfield R.E., and Downing T.E. (eds.), (1995) *Climate Change and Agriculture in Europe, Research Report No. 9, Environment Change Unit*, University of Oxford, Oxford, United Kingdom, 413 pp.
10. Jones, P.D., D.E. Parker, T.J. Osborn, and K.R. Briffa (1999) *Global and hemispheric temperature anomalies--land and marine instrumental records*. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
11. *** IPCC Data Distribution Centre; <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>
12. Corobov R., Constantinova T., Shvetchova N (1995) *The use of GIS technologies for climatic mapping*, Lucrările Simpozionului "Sisteme Informaționale Geografice", Nr. 1-2, p. 61-67, Iași
13. Milich L. (1997) *Deserts of the world*, <http://ag.arizona.edu/~Lmilich/desert1.html>.

*Proiectul PNUD -Moldova Schimbarea Climei,
Institutul de Geografie,
Academia de Științe a Republicii Moldova, Chișinău*