

ÎNCERCAREA DE MODELIZARE SISTEMATICĂ A TRANSFORMĂRII SPAȚIULUI ȘI MODELELE NUMERICE PREDICTIVE ÎN GEOGRAFIA FIZICĂ

Andrei-Emil BRICIU

Cuvinte cheie: model evolutiv tridimensional, automat celular, tipar fractal, rețea hidrografică, cercetare interdisciplinară.

Mots-clés: model évolutif tridimensionnel, automate cellulaire, profil fractal, réseau hydrographique, recherche interdisciplinaire.

RÉSUMÉ:

L'essai de la modélisation systématique de la transformation de l'espace et les modèles numériques prédictifs dans la géographie physique. Dans cet article nous présentons les principes (géographique et informatique) qui ont développé un modèle dynamique des Collines de Tutova à l'aide du logiciel SpaCelle: on a une carte dynamique qui essaie (à partir d'une combinaison d'aléatoire et de déterminisme stricte, donc à partir d'une dérivation locale de la théorie du chaos) de représenter l'évolution de la morphohydrographie des Collines de Tutova depuis le Méotien jusqu'à l'Holocène. La prise en compte du temps non seulement en tant que facteur abstrait ou coordonné, mais en tant qu'expression directe de l'espace, impose une méthode géographique qui présente de nombreux potentiels.

Des recherches récentes, faites en Roumanie ou à l'étranger, ont mis en évidence l'émergence d'un nouveau type d'analyse géographique. Il s'agit d'une analyse moins connue, une analyse spatio-temporelle qui traite de la dynamique des phénomènes géographiques. Elle utilise des automates cellulaires divers, tels que CAESAR (The Cellular Automaton Evolutionary Slope And River model) pour créer des modèles numériques de l'évolution qui prennent en compte un élément essentiel: le temps. Les modèles numériques standards en Roumanie sont statiques et, même s'ils présentent les différentes étapes d'un lieu, ces étapes ne sont pas liées entre elles par un énoncé déterministe et continu.

Nous avons utilisé l'automate cellulaire SpaCelle v4.0 développé par Langlois (2000) dans le cadre du Laboratoire MTG, Université de Rouen. On a obtenu un modèle dynamique du relief. Nous avons adopté l'appellation de MNP (Modèle Numérique Prédicatif) pour ce modèle parce que, même si c'est le dynamisme qui caractérise les paramètres, ce dynamisme est simplement le résultat des hypothèses et des perspectives théoriques. Ce qu'on vise par un tel modèle c'est l'identification des caractéristiques de l'évolution à partir d'un point de vue théorique ou d'un autre, le changement des inputs conduisant à un ensemble différent de résultats de la prédiction.

1. Introducere

La fel ca în celelalte științe care operează cu legi ale spațiilor (îndeosebi fizica), încercarea de modelizare continuă și consecventă a anumitor procese geografice în areale concrete este necesară și în geografie, mai ales în geografia fizică, care trebuie să se apropie cât mai mult de predicțiile proprii unei științe exacte.

Dacă până în prezent au fost enunțate doar teorii generale asupra modului de evoluție a unui tip sau altul de spațiu, acumularea, în ultimele decenii, a multor analize regionale și locale ale diverșilor cercetători duce la necesitatea interconectării acestora într-un ansamblu conceptual comun. Modele complexe asupra spațiului (ce au avantajul de a expune sintetic cantități vaste de informație) au fost deja inițiate și sunt cunoscute ca MNT-uri (Modele Numerice ale Terenului).

În cercetările mai noi, din România sau din străinătate, observăm emergența unui nou tip de analiză geografică. Aceasta este mai puțin cunoscută și abordează latura dinamică a fenomenelor geografice: este o analiză spatio-temporală. Aceasta utilizează diverse automate celulare, precum CAESAR (The Cellular Automaton Evolutionary Slope And River model), pentru a crea modele numerice evolutive (Coulthard et al., 1996) care să ia în considerare și o componentă esențială: timpul. Modelele numerice standard de până acum din România sunt statice (Condorachi, 2000), iar dacă ele prezintă și etape diferite ale unui loc, acestea nu sunt legate procesual între ele în cadrul unui enunț unic care să implice determinism strict și continuu.

În plus, se obișnuiește a se opera cu obiecte, locuri, nu cu procese, ceea ce exprimă încă o dată caracterul static al acestor modele. Din contră, un model numeric ce ia în considerare timpul nu se poate axa decât pe procese ca expresie a unui lanț logic temporal ce poate fi exprimat matematic datorită consecvenței cauzale a proceselor sale fizice. Obiectele geografice din peisaj nu mai rămân, astfel, decât simple faze ilustrative ale diferiților timpi ai acestui tip de model. Operarea exclusiv cu noțiunea de obiecte nu poate fi decât un handicap întrucât înșiruirea caracteristicilor lor nu evidențiază decât procese, așa cum ne-a obișnuit fizica cuantică (Smolin, 2006).

Obiectele reprezentate într-un MNT sunt aproape întotdeauna expresii ale prezentului, or un model numeric dinamic, ce ia în considerare și timpul, are o capacitate de predicție, în trecut sau viitor, a derulării proceselor pe care le descrie. Respectiva predicție nu este cu nimic mai slabă decât capacitatea încă insuficientă a MNT-urilor de a reda fidel terenul real.

Așadar, scopul cercetărilor al căror rezultat este expus aici a fost acela de a evidenția și aplica concret noua metodă cartografică în geografia românească.

2. Zona de studiu

Pentru crearea unui prototip de model temporal descris mai sus, a fost necesară alegerea unui teritoriu cu atribute cunoscute și simple, pentru ca acestea să poată fi ușor și corect convertite în inputuri procesuale. Un astfel de spațiu s-a dovedit a fi cel al Colinelor Tutovei datorită condițiilor geologice, climatice și hidrologice slab variabile în teritoriu față de atributele medii ale zonei alese. Am considerat, pentru spațiul ales, întreg intervalul în care arealul a fost modelat subaerian, deci de la

începutul exondării teritoriului, petrecut, cel mai probabil, în Meoșian (T_0), și până în prezent (T_1).

Ulterior, au trebuit create enunțuri logice binare (și/sau, adevărat/fals) pentru modelul evolutiv dorit. În aceste modele, monoclinul a fost exprimat, datorită caracteristicilor doar 2D ale modelului numeric conceput, sub forma unor linii de forță geologică care să oblige râurile instalate primar să aibă un curs consecvent. Ca factori perturbatori ai monoclinului ideal, apar grinduri fluvio-maritime apărute în marea în retragere, în legătură cu prezența, mai la est, a conului de dejecție al Prutului și în condițiile existenței unor curenți marini, în Bazinul Dacic, cu direcție favorabilă formării acestora, în conformitate cu studiile recente ale cercetătorilor de la Institutului GeoEcoMar (Jipa, 2006).

Așa cum au arătat Hârjoabă et al. (1996-1997), ponderea influenței apelor subterane în debitul râurilor este de 5 până la de 10 ori mai mare decât se consideră în mod obișnuit după vechea metodă de calcul prin volumul corelat nivelului hidrostatic care trece prin minimele verii și ale iernii. Aceste observații asupra apelor subterane, corelate cu dovezile unor precipitații mai bogate din trecutul geologic, sporesc importanța reliefului fluvial din Coline. În plus, caracterul eventual fractal al rețelei hidrografice din Colinele Tutovei simplifică drastic, prin deducerea grafică/matematică a tendințelor de evoluție a morfohidrografiei, posibilitățile alternative de evoluție a spațiului de studiu.

3. Metoda de lucru

A fost realizată o hartă clasică, statică, care să reprezinte T_0 . Elementele hărții trebuiau apoi transformate în entități purtătoare de attribute de interacțiune care să transforme harta inițială într-una dinamică prin intermediul unui script informatic. Un automat celular a fost foarte util pentru realizarea conversiilor. În acest sens, am folosit automatul celular SpaCelle v4.0 dezvoltat de Langlois (2000) de la Laboratoire MTG, Universitatea din Rouen. SpaCelle este un automat celular spațial (2D) bazat pe reguli de tranziție. Acest software a mai fost folosit până acum, de exemplu, pentru simularea răspândirii epidemiilor sau a focului într-o pădure. El are capacitatea de a opera cu enunțuri logice de interacțiune între elemente, reguli enunțate de către utilizator. Grafic, elementele mediului sunt celule care pot fi pătrate sau hexagoane, iar numărul lor și complexitatea interacțiunilor nu sunt limitate decât de memoria și procesorul calculatorului și timpul de calcul.

Timpul este introdus ca un parametru de existența a celulelor: el este expresia transformărilor care se propagă în spațiu. Includerea timpului implică redarea evoluției spațiului, rezultând o hartă dinamică. Trecerea de la static la dinamic este nu atât o necesitate intrinsecă a geografiei, cât o adaptare a ei la evoluția tehnologică mondială și la noile exigențe ale prezentării, prelucrării și cunoașterii. În aceeași manieră s-a produs, începând de acum 50 de ani, tranziția de la reprezentările analoge la cele binare.

Astfel, prin redarea evoluției în trecut sau viitor a unui areal, acest tip de model dobândește o capacitate predictivă. El se înrudește cu modelele numerice descriptive ale terenului din prezent prin fondul matematic și baza cantitativă a informațiilor; de fapt, și MNT-urile au o capacitate predictivă prin informațiile oferite geografului spre cuprindere, însă lor le lipsește a 4-a dimensiune euclidiană: timpul, dinamismul. Această deosebire esențială între modele ar permite statuarea modelului

dinamic ca un nou tip, al cărui cel mai sugestiv nume ar fi MNP (Model Numeric Predictiv). Am adoptat denumirea de MNP întrucât, chiar dacă dinamismul caracterizează parametrii, această dinamică nu este decât rezultatul unor ipoteze și perspective de abordare a unei tematici. Ceea ce se urmărește printr-un astfel de model este estimarea caracteristicilor evoluției dintr-o perspectivă teoretică sau alta, schimbarea inputurilor ducând, deci, la un alt set de rezultate ale predicției.

În cadrul programului SpaCelle, datele asupra stărilor inițiale ale teritoriului ce trebuie modelat sunt expuse sub forma unei matrice. Datele matricei sunt, grafic, celule. Acestea din urmă prezintă o scară oarecare, convențional dimensionată: prin urmare, puterea unei predicții complexe se trage nu numai din exactitatea și varietatea inputurilor, cât și din rezoluția grafică. Dacă, într-adevăr, rezultatele interacțiunii se pot citi direct din limbajul matematic, neredat grafic, aceasta ar împieta metodei geografice, mai exact cartografice, care stă la baza perspectivei sintetice specifice geografiei.

Legile de interacțiune care vor modela, în harta dinamică, evoluția în trecut a Colinelor Tutovei se bazează pe extrapolări ale implicațiilor teoriilor acceptate actualmente. Definirea de către utilizator, în cadrul scriptului folosit în program, a regulilor de interacțiune obligă la limitări paradigmatică ce țin de percepțiile variilor persoane. Programul nu poate elimina aceste limitări și le preia ca atare, după cum se vede și în modul de formulare al enunțurilor logice de interacțiune. Astfel, un enunț cu expresiile cel mai frecvent folosite pentru programarea evoluției limitat aleatorii (unde aleatoriul este doar cumulul implicațiilor necalculate ale inputurilor stării inițiale) este de forma

$$N \geq A = NV(A; 1; 1) * NV(N; 1; 3) * PV(N; 3; 0.8; 1) * NV(N; 3; 0; 100)$$

unde, prin $NV(Y;R;n)$, N ia valoarea 1, adică se transformă în A dacă numărul lui de vecini din categoria A este egal cu n pe o rază R specificată și dacă $NV(Y;R;n_{Min};n_{Max}) : 1$, deci dacă numărul de vecini de tip N este cuprins între n_{Min} și n_{Max} , precum și dacă prin $PV(Y;R;Min;Max) : 1$, deci dacă proporția de prezență a lui N este în intervalul $(Min;Max)$ în spațiul predefinit de R .

Acest tip de enunțuri logice dovedesc faptul că încă mai lucrăm cu noțiuni predefinite: în acest sens, felul în care va arăta evoluția modelului va fi sub influența constantă a preconcepțiilor noastre științifice (Popper, 1963). Acestea dictează cum era starea inițială, care erau atributele diverselor unități spațiale, modul lor de interacțiune, ca și felul în care modelul trebuie să ajungă la asemănarea cu prezentul, de asemenea preconcept - mai corect, perceput sub influența paradigmei științifice actuale (Kuhn, 1962).

Singura surpriză este deducerea, pe cale grafică, a unor implicații nebănuite ale combinațiilor succesive ale combinațiilor relativ inițiale. Programul nu face altceva decât să amplifice numărul de predefinite cu care putem lucra și viteza cu care acestea interacționează după legile incluse în postularea modului de existență al predefinitelor. Aceste legi, care sunt legi ale raporturilor spațiale dinamice în funcție de vecinătate, evidențiază spațialitatea absolută a enunțării oricărei reguli: aceasta este o enumerare a caracteristicilor unui raport, a caracteristicilor și implicațiilor pozițiilor (Groza, 2003); toată evoluția constă în schimbarea pozițiilor componentelor în cadrul raportului spațial, iar legile sunt simple descrieri prescurtate și generalizate, adesea doar locale, ale acestora.

4. Rezultate

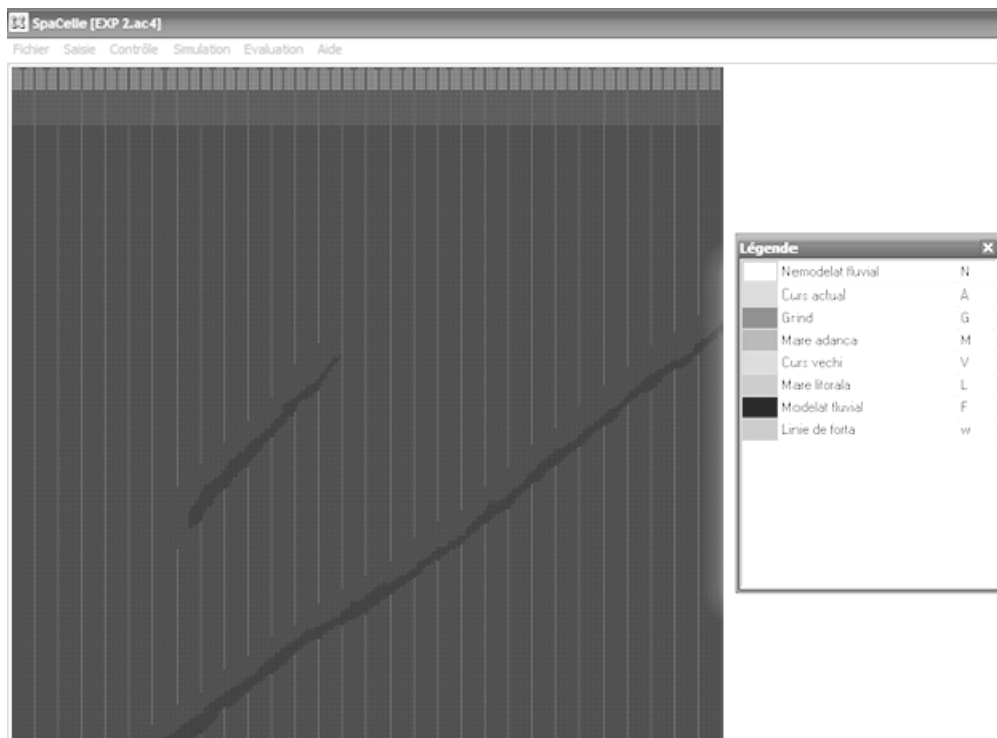


Fig.1. Starea inițială a modelului – T_0 .

Starea inițială a modelului (figura 1) este cea în care arealul începe să devină emers. În modelul de față, retragerea mării este de la N la S - în cazul în care considerăm, convențional, marginile orizontale ale reprezentării ca fiind de direcție V-E - iar liniile de forță geologică orientate pe direcție N-S, deci cu o ușoară abatere de la NNW-SSE-ul recunoscut actualmente în teren. Toate aceste mici modificări sunt din considerente de ușurință a programării modalității de afișare grafică în cadrul programului. Starea finală (figura 2) prezintă un relief total exondat și cuprins în cadrul unor bazine hidrografice incipiente ale căror râuri se adâncesc tot mai mult.

În modelarea computerizată a evoluției reliefului emers sunt luate în considerare doar acțiunea râurilor și influența monoclinului. Mișcările tectonice, precipitațiile, variabilitatea acestora în spațiu și timp și influența acestora asupra apelor curgătoare (ca și alți factori mai puțin importanți) încă nu au fost luate în atenție din cauza sporirii imprevizibile a complexității scriptului și, astfel, a incapacității temporare de a verifica acuratețea rezultatelor.

Rezultatul grafic al momentului T_1 este, într-o paletă de dispersie restrânsă, mereu altul. Efectiv, fiecare rulare nouă a scriptului generează un nou rezultat, nu mult diferit față de medie. Cercetarea încă incipientă a variabilelor scriptului face ca acesta să nu fie, încă, complex și să prezinte și rezultate locale aberante, așa cum au obținut, în modelarea unei rețele hidrografice fractale, Nikora și Sapoșnikov (1992).

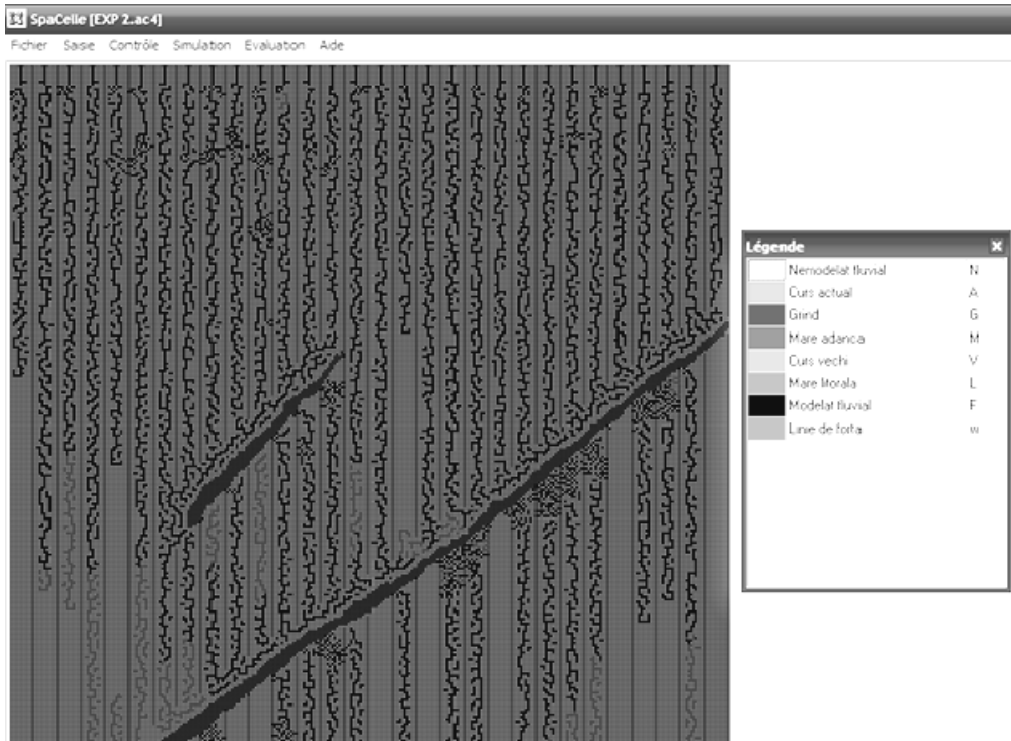


Fig.2. Starea finală a modelului – T₁.

5. Discuții

Cum modelele numerice de până acum au analizat fie numai ce se desfășura pe suprafața topografică, fie numai structura geologică, o blocdiagramă dinamică care să evidențieze caracterul de sistem al ansamblului este necesară. În Colinele Tutovei, necesitatea transformării matricei în latică e cu atât mai pregnantă cu cât rolul structurant al substratului în modelarea morfologiei suprafeței topografice, deci a peisajului de la care geograful pornește pentru a concepe realitatea, a fost relevat de modelul clasic al cuestelor și, componenta teoretică mai recentă a acestuia, de asimetria structurală de ordinul II (Ioniță, 2000).

Modelul predictiv este, prin urmare, transpunerea grafică a legilor geografice întrezărite. Cum redarea modelelor terenului se face pornind de la enunțuri logice bazate pe regulile de interacțiune bine suprapuse tiparului naturii, aceste enunțuri vor putea foarte lesne produce formalizări și generalizări matematice care să se poată transforma în formule viabile. Dar aceasta se poate numai în cazul unei variante mult mai complexe și diversificate a modelului predictiv inițiat.

Asamblarea tuturor informațiilor disponibile la momentul actual este necesară pentru un model realist și obligă la o colaborare interdisciplinară vastă cu specialiști din toate ramurile geografiei. Un asemenea proiect ar analiza un spațiu anume într-un interval determinat și ar lua în considerare toate teoriile emise până în prezent despre acesta; ar fi un model dinamic reflectând, în variantele sale tot mai avansate, noile cunoștințe asupra teritoriului în cauză.

La stadiul actual, cu softul menționat, modelul evolutiv al Colinelor Tutovei prezintă un mare dezavantaj: este în 2D, ceea ce-l transformă într-o hartă dinamică, mai slabă calitativ decât MNT-urile care sunt, evident, 3D, însă tridimensionalizarea modelului într-o blocdiagramă dinamică este posibilă utilizând alte programe. Ca și SpaCelle, multe sunt freeware și, deși funcțiile lor servesc declarativ altor scopuri, ele pot fi utilizate în domeniul geografiei. Ideală ar fi realizarea unui hibrid software cu funcții copiate din aplicații separate și, având în vedere caracterul logic al limbajului binar din acest tip de aplicații simple, acest lucru este realizabil, așa cum se observă din reușita unor geografi de a crea mini-programe care să le servească scopului de cercetare, un exemplu fiind softul Philcarto.

6. Concluzii

Privind limitarea impusă de paradigma actuală în emiterea inputurilor stării inițiale a modelului numeric predictiv, o soluție ar fi modelarea unei evoluții inversate, pentru a eluda predefinierea. Însă și în acest fel apare ca limită perspectiva asupra realității actuale și a legilor ei de transformare, ceea ce afectează, iarăși, modelul.

O modalitate de a evita diluarea acurateții informației în vastitatea spațiului analizat este restrângerea, cel puțin temporară, aplicării MNP-ului doar la procesele geomorfologice, hidrologice etc. actuale pe areale restrânse. De exemplu, modelarea evoluției în trecut și viitor a unei alunecări de teren poate fi realizată cu succes în condițiile cunoașterii caracteristicilor cerute ale terenului.

Un MNP se dovedește a fi extrem de complex și necesită o colaborare interdisciplinară mult mai strânsă și variată decât în cazul MNT-urilor. Deosebirea dintre un MNT și un MNP este asemănătoare aceleia dintre un fișier imagine și, respectiv, un fișier video. Pornind de la stadiul actual, harta dinamică a Colinelor Tutovei, pentru a fi cât mai reprezentativă, va trebui, în viitor, complexificată și, apoi, transformată într-o blocdiagramă dinamică pentru a exprima fidel toate dimensiunile spațiului, dar și, mai ales, pentru descoperirea diverselor aspecte care anterior ar fi fost posibil ignorate de teoriile actuale.

BIBLIOGRAFIE

- Condorachi D.** (2000) - *MNT - instrument de analiză morfometrică a reliefului*, Analele Științifice ale Universității "Al. I. Cuza" Iași, tom XLI, s. II c. Geografie, Edit. Univ. „Al. I. Cuza”, Iași.
- Condorachi D.** (2006), *Studiu fizico-geografic al zonei deluroase dintre văile Lohan și Horincea*, Edit. Stef, Iași.
- Coulthard, T.J., Macklin, M.G. and Kirkby, M.J.**, (1996) *A cellular automaton fluvial and slope model of landscape evolution*, in Proceedings of the 1st International Conference on Geocomputation, University of Leeds, 17-19 September 1996, R.J. Abrahart Press, Leeds.
- Groza, O.** (coord.) (2003), *Teritorii (scieri, dez-scieri)*, Editura Paideea, București
- Hârjoabă, I.** (1968), *Relieful Colinelor Tutovei*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București.
- Harjoabă, I., Amăriucăi, M., Olaru, P.** (1997), *Considérations sur les rapports existants entre les sources d'alimentation de surface et souterraine dans les bassins des rivières*

- Asău et Tutova*, în Analele Științifice ale Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași, tom XLII-XLIII, s. II, c. Geografie, Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”, Iași.
- Ioniță I.** (2000), *Relieful de cuate din Podișul Moldovei*, Editura Corson, Iași.
- Kuhn T. S.** (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- Nikora I. V., Sapoșnikov V. B.** (1992), *Fractal geometry of river network and individual channels*, Lucrarile celui de-al IV-lea simpozion „Proveniența și efluența aluviunilor”, Stațiunea de Cercetări „Stejarul”, Piatra Neamț.
- Panin N., Oaie Gh., Jipa D.** (2006), *Bazinul dacic: arhitectură sedimentară, evoluție, factori de control*, material ale simpozionului "Evoluția Bazinului Dacic sub controlul factorilor globali și regionali", Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină GeoEcoMar, în colaborare cu Universitatea din București, Facultatea de Geologie și Geofizică, Institutul de Speologie "Emil Racoviță" al Academiei Române, Institutul de Geodinamică "Sabba S. Ștefănescu" al Academiei Române; Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină GeoEcoMar, București.
- Popper K.** (1963), *Science as Falsification*, in *Conjectures and Refutations*, pp. 33-39, Routledge and Keagan Paul Press, London.
- Rădoane Maria, Ichim, I., Rădoane N., Dumitrescu Gh.** (1996), *Analiza cantitativă în geografia fizică*, , Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”, Iași.
- Romanescu Gh.** (2003), *Hidrologie generală*, Editura Terra Nostra, Iași.
- Smolin L.** (2006), *Spațiu, timp, univers*, Editura Humanitas, București.
- * * * <http://www.mgm.fr/libergeo/details.php?id=20>

Andrei-Emil BRICIU
Departamentul de Geografie
Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: andreibriciu@atlas.usv.ro