UN MODEL MATEMATIC RELEVANT ÎN GEONOMIE – OMAGIU LUI GRIGORE ANTIPA

Eufrosina OTLĂCAN[1]
eufrosinaotl@gmail.com

MOTTO: *„Matematica este cel mai puternic instrument pe care oamenii l-au dezvoltat pentru a investiga lumea din jurul nostru”*
(Jurah Hromkovic)

ABSTRACT: Grigore Antipa had the idea to name Geonomy the system to manage rationally the waterside and the Danube delta. The Romanian scientist, in his conference in Bucharest in 1909, defined Geonomy as being the science of the relation between the environment and human societies. The Danube delta is a very anthropic system, because the human activities have an important impact over the equilibrium of this ecosystem. Here the are two dynamic systems which condition reciprocally: one system is the humanity, the man, with his knowledge and instruments of work, the other is the environment, which man could manage. This reciprocity classifies the two systems as being a pair of systems with anticipation and retardation. This paper introduces a mathematical pattern for this manner of the reciprocal conditioning and reach important conclusions for the modalities to make prognoses about the future evolution of the implicated systems.

KEYWORDS: geonomy, environment, Danube delta, ecosystem, anticipation/retardation.

Modelul matematic pe care-l aduc în atenție privește evoluția unei perechi de sisteme dinamice, X şi Y, care sunt legate între ele prin condiții de *anticipare şi întârziere* (*retardare*). Este vorba aici de viitorul lui Y, pe care

[1] Prof. univ. dr., vicepresedinte al Diviziei de Istoria Științei a CRIFST al Academiei Române.

sistemul X îl anticipează atunci când are în vedere evoluția sa, în timp ce evoluția lui Y depinde de trecutul lui X.

Pentru a justifica relevanța acestui model matematic pentru un concept definit într-o ştiință care s-a zis a fi „descriptivă şi experimentală" (https://ro.wikipedia.org/wiki/Geonomie), voi începe cu câteva definiții şi precizări din istoria ştiinței, referitoare la denumirea acestei ştiințe: *geonomie.*

Primele definiții şi informații le-am obținut accesând Wikipedia:

Geonomia este *ştiința relațiilor dintre mediul natural înconjurător şi societățile umane.* Termenul de geonomie a fost introdus de Grigore Antipa, savantul român care, în conferința sa de la Bucureşti din 1909 denumea Geonomie: „*Ştiința legilor fizice care modifică suprafața Pământului*".

Astăzi geonomia se defineşte ca fiind „*Politica ecologică de optimizare a fenomenelor naturale*".

După cum ne este cunoscut (D. Murariu, „Studii şi Comunicări, DIS/CRIFST, 2011), Grigore Antipa a fost strălucit student al eminentului Ernst Haeckel, profesor de ştiințe naturale la Universitatea din Jena. Acestuia i se datorează noțiunea de *ecologie*, căreia i-a dat sensul de „gospodărirea planetei noastre şi a biosferei". Grigore Antipa a avut ideea ca *sistemul de gestionare rațională*, pe care-l concepuse pentru lunca şi delta Dunării, să-l numească *geonomie.*

Pornind de aici, eu vin cu ideea de a lua în considerare două sisteme dinamice care se condiționează reciproc: unul fiind umanitatea (omul) cu cunoştințele şi instrumentele sale de lucru, celălalt fiind mediul său natural, pe care ar putea să îl gestionaze.

Prezentarea față în față a celor două sisteme o regăsim abordată şi în cercetarea ştiințifică actuală. Recent, academician Nicolae Panin, într-o prezentare realizată de Alexandru Herlea pentru publicația *„La Maison de la Roumanie"* (pe care o editează) şi înregistrată pe You Tube, spunea: *„Sistemul Dunăre – Delta Dunării – Marea Neagră este foarte dinamic, în permanentă evoluție. Mai ales Delta Dunării a evoluat într-un mod spectaculos în cursul ultimilor 10.000 de ani. Sistemul este foarte antropic, activitățile umane având un impact important asupra mediului şi asupra echilibrului ecosistemelor"* (*La Maison Roumaine,* 3 ianuarie 2017).

Din punct de vedere al modelării matematice, un sistem dinamic, fiind variabil în timp, se reprezintă la fiecare moment t prin *starea* sa ca *funcție derivabilă reală* de timp: $x=x(t)$; derivata $x'(t)$ semnifică viteza cu care se modifică starea în acel moment t.

În cazul geonomiei avem de a face cu două sisteme dinamice: cel reprezentat de om, să-i zicem X, cu starea $x(t)$ la momentul t, şi cel reprezentând mediul natural Y, a cărui stare la momentul t o vom nota $y(t)$. Dar cele două sisteme X şi Y se condiționează reciproc: omul foloseşte ceea ce îi oferă natura, dar o şi modifică într-un sens pe care şi-l doreşte sau îl prevede, făcând o anticipare asupra viitorului lui Y; pe de altă parte, la fiecare moment t sistemul natural se prezintă (sau suferă) şi prin ceea ce omul a lăsat în urma sa, deci depinde şi de starea lui X într-un moment anterior, $x(t-\tau)$, cu $\tau>0$, o cantitate reală pozitivă.

O asemenea dependență face ca cele două sisteme dinamice, X şi Y, să se prezinte ca o pereche de sisteme care evoluează după o anumită lege de reciprocitate. Această reciprocitate le va clasa ca fiind o *pereche de sisteme cu anticipare şi întârziere / retardare.*

Modelul matematic la care voi face referire îmi aparține şi a fost publicat de American Institute of Physics în revista „Computing Anticipatory Systems", AIP Conference Proceedings, nr. 1051, 2007, pp. 151–165, cu titlul *Systems in a Retardation and Anticipation Relation: Mathematical Developments, Interpretations, Examples.*

În lucrarea de față voi traduce pe cât posibil formalismul matematic în limbajul comun, cel de toate zilele, trăgând şi unele concluzii pentru viața şi activitatea umană.

Mai întâi, sistemele **anticipative** au fost definite de Robert Rosen cu următoarele precizări: *„Un sistem anticipativ este un sistem care conține un model predictiv al lui însuşi şi / sau al mediului într-un moment oarecare, în acord cu predicția făcută"*. Definiția aceasta a fost redată de Dubois ([1]). Apoi Daniel M. Dubois a venit cu precizări: *„Un sistem anticipativ este un sistem pentru care comportarea prezentă se bazează pe evenimente trecute şi/sau prezente, dar şi pe evenimente viitoare, construite din aceste evenimente trecute, prezente sau viitoare"*.

Până aici a fost vorba de un singur sistem. Mai departe, va fi vorba de două sisteme care se condiționează reciproc.

Tot Daniel M. Dubois a definit perechile de sisteme care evoluează după principiul *anticipare şi retardare* (căreia îi voi spune şi *întârziere*, înțelegând o întoarcere la timpul trecut), printr-un sistem de două ecuații diferențiale, numit sistem de ecuații mixt anticipare/retardare. Primul sistem, numit aici *sistem conducător* (master system), are starea la momentul t notată $x(t)$; al doilea sistem, pe care-l numesc *sistem condus* (slave system la Dubois) are starea $y(t)$ la momentul t.

Pentru lucrarea de față, cu referire la geonomie, sistemul conducător, cu starea $x(t)$, reprezintă omul, care poate acționa anticipând ceea ce va fi mediul său la un moment din viitor, deci starea $y(t+\tau)$ cu $\tau > 0$, fiind conştient că evoluția stării sale depinde şi de o stare viitoare a mediului; omul poate, cu mijloacele științei şi tehnicii, să anticipeze fenomene naturale, precum furtuni, inundații, cutremure, alunecări de teren etc. Prognozele pentru momentul viitor $t+\tau$, $\tau>0$, îi vor permite să impună o evoluție a stării sale din momentul t, să-şi stabilească sensul de modificare a acestei stări. Ştiința încearcă să mărească intervalul de prognoză, valoarea lui $\tau > 0$. Pe de altă parte, starea prezentă şi evoluția mediului, reprezentate de valorile funcției $y(t)$ şi ale derivatei sale $y'(t)$ depind de ceea ce omul lasă în urma sa, deci de starea existentă la un moment trecut, $x(t-\tau)$. De aceea, vom înțelege de ce aici presupunem că mediul natural este sistem condus.

Definiția, neformalizată matematic, a acestei perechi de sisteme cu anticipare şi întârziere, s-ar putea exprima în felul următor: viteza cu care se dezvoltă (evoluează) sistemul conducător din momentul prezent t este funcție de starea sa prezentă şi de starea anticipată pentru un moment din viitor, $t+\tau$, $\tau > 0$, a sistemului condus; în acelaşi timp, viteza cu care se modifică la momentul t starea sistemului condus depinde de starea acestui sistem din acel moment t şi de starea lăsată în urmă a sistemului conducător, deci cea dintr-un moment anterior, $t-\tau$.

Definiția printr-un sistem de ecuații diferențiale este următoarea:

$$x'(t) = \mathrm{F}[y(t+\tau)] - ax(t); \; y'(t) = \mathrm{G}[x(t-\tau)] - by(t)$$

În lucrarea menționată am studiat mai multe cazuri particulare ale funcțiilor (funcționalelor, adică funcții de funcții) F şi G; a şi b sunt numere constante, aici presupuse pozitive, dar şi alte situații pot fi luate în calcul.

Primul şi cel mai la îndemână caz este cel în care luăm:

$$\mathrm{F}[y(t+\tau)] = y(t+\tau), \; \mathrm{G}[x(t-\tau)] = x(t-\tau).$$

Pentru a avea o primă informație asupra soluțiilor sistemului, am luat inițial $\tau = 0$, deci situația în care nu avem nici anticipare şi nici întârziere. Rezolvând sistemul de ecuații diferențiale, am găsit că soluția se exprimă prin funcții exponențiale şi, în plus, stabileşte că *cel puțin una dintre cele* *două stări, $x(t)$ sau $y(t)$, este descrescătoare*; cazul ambelor stări date de funcții descrescătoare nu este imposibil.

Rezultatul calculului a făcut plauzibilă ipoteza unor soluții de forma funcțiilor exponențiale. De aceea în următoarea etapă a calculului am presupus că sistemul condus (deci mediul natural) are evoluția pe o curbă exponențială (care poate fi descrescătoare, cu o rată negativă $r < 0$); luând un salt în timp $\tau > 0$, avem

$y(t) = e^{rt}$, deci $y(t+\tau) = e^{r(t+\tau)}$.

Cu această expresie a funcției de stare $y(t)$ a sistemului Y, funcția de stare a sistemului X reiese a fi o combinație de funcții de timp, de asemenea exponențiale.

În lucrarea citată ([3]) a fost demonstrată existența soluției sistemului de ecuații diferențiale pentru sistemele fizice care evoluează simultan în condiții de anticipare – întârziere. Soluția pentru starea din momentul t a sistemului X este următoarea:

$$x(t) = (a+r)^{-1} e^{r(t+\tau)}$$

Pentru perechea de sisteme avem stările exprimate de funcțiile din formula următoare:

$$x(t) = (a+r)^{-1} e^{r(t+\tau)}, \; y(t) = e^{rt}$$

cantitatea r având două valori posibile, r_1 sau r_2, cu următoarele valori:

$r_1 = 1/2[-(a+b) - \Delta^{1/2}]$, $r_2 = ½[-(a+b) + \Delta^{1/2}]$, unde $\Delta = (a+b)^2 + 4$

A mai fost demonstrat şi faptul că această soluție rămâne valabilă şi dacă cele două salturi în timp pentru anticipare şi retardare sunt diferite una de cealaltă.

Într-o altă ipoteză, în care starea sistemului condus se presupune a fi reprezentată printr-o funcție liniară şi nu exponențială, deci prin $y(t) = ct + d$, se obține pentru starea sistemului conducător o sumă de funcții liniare şi funcții exponențiale. În acest caz *nu se mai verifică reciprocitatea evoluției simultane cu anticipare şi întârziere* a celor două sisteme *decât* *pentru intervale* τ *foarte mici de prognoză*, spre deosebire de cazul ipotezei evoluției exponențiale (descrescătoare) când intervalul de prognoză poate fi oricât de mare.

$$x(t) = [c+bc\tau+bd - a^{-2}(ac\tau+ad-c)]e^{-at} + a^{-2}(ac\tau+ad-c) + a^{-1}ct$$

În studiul matematic s-a mai luat în calcul şi ipoteza ca sistemul condus (mediul natural în acest caz) să aibă o *mişcare oscilatorie, deci o evoluție periodică*. În acest caz ecuațiile sistemului diferențial au fost completate cu termeni liberi constante reale.

$$x'(t) = a_0 + a_1 y(t+\tau) - ax(t),\ y'(t) = b_0 + b_1 x(t-\tau) - by(t)$$

Acest sistem are soluții exprimate prin funcții trigonometrice, sinus şi cosinus. Se constată însă că soluții ale sistemului există *doar dacă saltul în timp este nul*, deci nu funcționează nici anticiparea şi nici retardarea. O concluzie ar fi că, pentru o anticipare a fenomenelor naturale nu este valabilă ipoteza desfăşurării acestora cu o periodicitate constantă în viitor, pentru intervale mari de timp.

Aş mai preciza aici cărui faptul se datorează succesul matematicii în cele mai multe ştiințe: În fața oricărui proces din natură sau societate, cercetătorii caută să-l înțeleagă şi, eventual, să-l dirijeze, creind pentru aceasta un model: o schiță, o hartă, o ecuație etc. Orice model simplifică realitatea. O parte a acestor modele intră în grija matematicienilor, care pun în ecuații datele cunoscute despre fenomenul respectiv, la un loc cu ceea ce este de aflat, deci cu necunoscutele. De obicei, relația este sugerată de specialiştii domeniului aflat în cercetare. Rezolvările sunt făcute prin metode specifice create de matematicieni, cei care vor oferi soluțiile aflate celor care au furnizat informațiile despre despre fenomenele respective. Aceşti cercetători vor interpreta rezultatele matematicienilor şi vor trage concluziile practice.

Dacă mă refer la tema tratată în lucrarea de față, concluzia ar fi că, urmărind evoluția mediului natural corelată cu starea omului, ipoteza de luat în seamă, pentru o durată mai mare de timp în viitor, este aceea a evoluției naturii pe un traseu exponențial şi doar pe intervale foarte scurte de timp e valabilă ipoteza evoluției liniare. În ceea ce priveşte faptul că fenomenele naturale ar avea o ciclicitate cu o perioadă constantă pe durate mari de timp, nu se verifică matematic, deci nu este de aşteptat să se întâmple nici în viaţă.

Căutând argumente pentru a demonstra importanţa şi puterea matematicii, apelez la marele nostru profesor Grigore C. Moisil, pentru care *„matematica este ceva larg, care se întinde de la filosofie la inginerie, obligatorie pentru toţi oamenii de ştiinţă şi va constitui modul obişnuit de a gândi corect al omului".*

Această lucrare a pornit de la convingerea că alăturând un model matematic operei de excepţie a biologului Grigore Antipa, aduc un omagiu creatorului ştiinţei denumită **geonomie.**

Referinţe bibliografice:

[1] Dubois, M. Daniel, *Mathematical Foundations of Discrete and Functional Systems with Strong and Weak Anticipations*, in Anticipatory Behavior in Adaptive Learning Systems, State-of-the-Art Survey, Edited by Butz et al, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, LNAI 2684, pp. 110–132, 2003.

[2] Hromkovic, Jurah, *Ce este matematica şi cum trebuie ea predată* în revista „Curtea de la Argeş" (www.curteadelaarges.ro), august 2014, pp. 15–16.

[3] Moisil, Viorica, *Grigore C. Moisil, un profesor nu ca oricare altul. Articole, interviuri şi cugetări,* alese de Viorica Moisil, Editura Tehnică, 1998, Bucureşti.

[4] Otlacan, Eufrosina, *Systems in a Retardation and Anticipation Relation: Mathematical Developments, Interpretations, Examples*, Computing Anticipatory Systems, AIP Conference Proceedings, nr. 1051, 2007, pp. 151–165.