

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI
CENTRUL DE CERCETĂRI BIOLOGICE IAȘI

STAȚIUNEA DE CERCETĂRI „STEJARUL” PIATRA NEAMȚ

LUCRĂRILE

**Stațiunii de cercetări „Stejarul”
Piatra Neamț**

VOLUMUL 9

Seria Geografie

PIATRA NEAMȚ. — 1988

POSSIBILITATI DE ABORDARE CIBERNETICA A SISTEMELOR
GEOMORFOLOGICE FLUVIALE

de

Dr. I. ICHIM¹⁾, Dr. MARIA RADOANE¹⁾, Mat. C. URSU²⁾
ing. GE. DUMITRESCU³⁾

Key words: Cybernetic system, fluvial system, operator.

POSSIBILITIES ON CYBERNETIC APPROACH OF GEOMORPHIC FLUVIAL SYSTEMS. For an approach a natural system as cybernetic system, in our case a fluvial system, it is necessary to identify: firstly, a negative feed-back loops; secondary, the possibilities of manipulation of the geomorphic system, in relation of our socio-economical purpose. This is, in fact, the manipulation (as adjustment) (Z) of vector-size of outputs from the fluvial system (Y). We know that in an opening system

$$Y = P(x)$$

in which (x) is inputs vectors, and (P) is operator. In the case of natural systems the operator is whole assembly of the processes for transformation of inputs(x) in outputs (y). But, sometimes the outputs not satisfy our purpose (Z). That is why it is necessary to introduce a regulator (R), which for a fluvial system can be assimilated with water or land reclamation type from drainage basin, for adjustment the outputs at our purpose level (Z). Such, we have an adjustment size (Δx). In this case

$$Z = P(x + \Delta x)$$

from which can be computed adjustment vector (Δx)

$$x = \frac{Z - Px}{P}$$

Because in the our days there is a large anthropic interventions on river network, by regularization, it is necessary to identify the operator for each geomorphic system in relations described by negative feed-back. In context, our paper take into discussion the following aspects:

- systemic approach of drainage basins and river channels,
- identify of the fluvial holarchy,
- problems of anthropic control on river channel into relation with hydraulic geometry.

1. Punerea problemei

Una dintre condițiile incluse în definirea unui sistem cibernetic este prezența unei bucle de tipul conexiunii inverse cu funcție de reglare a sistemului. De regulă, majoritatea sistemelor naturale au posibilități de autoreglare, fie că aceasta se face într-un timp mai scurt sau mai lung, pe un spațiu restrâns sau la scara unor mari teritorii, în relație cu mai mulți sau mai puțini factori. Prin urmare, conexiunea inversă, oricum, este prezentă. Din punct de vedere cibernetic, problema care se pune este nu atât autoreglarea care se face la o anumită scară de timp și spațiu, funcție de mărimea și complexitatea sistemului, cât mai ales, reglarea sistemului funcție de obiectivul pe care ni l-am propus (Z) referitor la mărimea vectorilor ieșirilor din sistem (Y). Se știe că într-un sistem deschis:

$$Y = F(x)$$

în care X este vectorul intrărilor, iar F este operatorul, în cazul sistemelor naturale, ansamblul proceselor necesare a transforma intrările (X) în ieșiri (Y). Ieșirile nu ne satisfac întotdeauna obiectivele propuse (Z) sau altfel spus, o ieșire de o anumită mărime, de aceea se intervine cu un regulator (R) ce poate fi asimilat, în cazul sistemelor naturale, cu un anumit tip de amenajări, care să dea mărimea de reglare (Δx), încât ieșirile (Y) să fie aduse la nivelul obiectivului stabilit (Z). În acest caz $Z = F(x + \Delta x)$, de unde poate fi calculat vectorul-reglare

$$x = \frac{Z - Fx}{F}$$

În concluzie, punctul de plecare în abordarea cibernetică a unui sistem natural, în cazul nostru, a unui sistem geomorfologic fluvial, este identificarea posibilităților de reglare și control antropic a reglării acestui sistem, funcție de un anumit scop.

Ne propunem, în cele ce urmează, să identificăm astfel de posibilități pentru un sistem geomorfologic fluvial. Faptul că în timpurile noastre, pe întregul glob, se exercită o, imensă presiune asupra regimului natural al sistemelor fluviiale prin așa-zisa "regularizare", amenajări hidrotehnice, prin retenții de apă, prin subcapacitatea albiilor de râu datorită irigațiilor, etc., abordarea cibernetică este singura șansă în strategia

amenajării și utilizării acestor sisteme naturale. Din punctul nostru de vedere, aceasta presupune:

- definirea sistemului geomorfologic fluvial;
- identificarea unităților sistemice de bază, respectiv, holarhia sistemelor geomorfologice fluviiale;
- identificarea gradelor de libertate ale unității holarhice asupra cărora dorim să intervenim pentru ca ieșirile din sistem să fie concordante sau aproape concordante cu vectorii obiectivului sau obiectivelor propuse. Mai trebuie să avem în vedere că fiind vorba de sisteme naturale deschise în care sînt prezente bucle de feedback negativ, reglarea prin intervenție antropică trebuie să se înscrie pe bucla de autoreglare naturală, mărindu-i sau micșorîndu-i viteza. Orice amenajare care nu ține seama de aceasta este o gravă deteriorare a mediului, care mai devreme sau mai tîrziu poate aduce grave prejudicii economiei, vieții sociale, în general.

2. Definirea sistemului geomorfologic fluvial

Sistemele geomorfologice fluviiale sînt structuri de procese și forme aflate în interacțiune, care funcționează individual și în comun pentru a forma un complex de forme de relief (Chorley, Schumm, Suggden, 1985). Ca spațiu sînt delimitate la nivelul unui bazin hidrografic de cumpăna de ape, ce constituie în același timp o frontieră de constrîngere în circuitul de materie și energie, orientîndu-l spre secțiunea de închidere a bazinului. Aceasta poate fi orice secțiune de rîu sau punctul de vărsare în alt rîu, lac sau mare.

- Un sistem geomorfologic fluvial, indiferent de mărime sau scara ierarhică, este alcătuit din două subsisteme în conexiune: subsistemul morfologic (o mulțime de variabile care sînt guvernate de interrelații într-o manieră semnificativă în termenii realizării funcției sistemului) și subsistemul cascadei de masă și energie (un traseu interconectat la transportul de masă - apă și sediment - și energie sau amîndouă împreună, cu stocajele de materie și energie) ce formează un sistem dinamic de tip proces-răspuns, sau în termenii lui Strahler (1980) sistem proces-formă.

Unele dintre proprietățile fundamentale ale unui sistem geomorfologic fluvial este starea de echilibru, exprimată pe de o parte, de tendința spre realizare și menținere a unui echilibru

dinamic prin conexiuni de tipul buclilor de feedback negativ, pe de altă parte, tendința firească de evoluție, care, aplicând termenii teoriei lui Prigogine, este dată de fluctuațiile de energie ale sistemului aflat la una din limitele stabilității lui. Într-un sistem geomorfologic fluvial aceste "limite" sînt de fapt pragurile geomorfologice definite de Schumm (1973), ca o stare critică în evoluția sistemului, rezolvate printr-o nouă ajustare între variabilele ce îl compun. Orice intervenție într-un sistem geomorfologic fluvial nu trebuie să eludeze această realitate. Cu atît mai mult că, atît realizarea stării de echilibru dinamic cît și marcarea evoluției, se face, în cele mai multe cazuri, la scara unui timp îndelungat. Prin urmare, trebuie mai întîi să identificăm tendințele (în timp scurt, sau ingineresc) și tendințele în timp lung (timp grade) ale dinamicii fenomenelor pe care dorim să le "reglăm" în sistem, potrivit nevoilor noastre. Realizarea acestui deziderat ne obligă însă, la delimitarea unităților holarhice ale sistemului pe care dorim să-l reglăm potrivit unui anumit scop.

3. Identificarea unităților sistemice de bază (holarhice sistemului geomorfologic fluvial)

Odată cu afirmarea teoriei sistemice s-a spus, nu odată, că: "orice sistem cu excepția universului, poate fi considerat ca subsistem al altui sistem" (Niculescu, 1979, p. 48), iar Pauling (1972), dădea o definiție stît de generală sistemului ("vom considera potrivit să împărțim Universul în două părți: sistemul pe care-l discutăm și regiunea ce-l înconjoară, ce reprezintă restul Universului", p. 331) încît problema identificării unor unități sistemice pare să rămînă de departe o chestiune de arbitrarie.

Este meritul lui Koestler (1968) de a fi definit unitatea sistemică numită holon ca un sistem care se comportă simultan ca subsistem și suprasistem. Pentru identificarea structurii holarhice a unui sistem fluvial, indiferent de mărimea lui, vom recurge la semnificația holonului. Aceste are ca principiu organizatoric viziunea structurii complementare: parte - întreg. Holonul este un subîntreg stabil dintr-o ierarhie, un sistem deschis, cu regim de ajustare, guvernat de o serie de legi care-i asigură coerență, stabilitate, structură și funcționare; de asemenea, are

posibilitatea adaptării la schimbările de mediu. Există două tipuri de relații ale holonului: a) cu întregul de ordin superior în care este integrat prin care însă activitatea lui este restrânsă și b) părțile din care este alcătuit operează la nivel inferior.

Din această perspectivă, Haigh (1985, 1986) arată că la baza ierarhiei sistemelor stau 4 invariante organizatorice: întregul structurat, identitatea, autoorganizarea și structura ierarhică. Nu le vom dezvolta în mod special aici, dar vom reține că în stabilirea ierarhiei unui sistem dat trebuie să avem în vedere: identificarea unității holon și interacțiunea dintre holonii ce alcătuiesc ierarhia, interacțiune ce se evaluează prin următorii termeni: scară, comunicare, stabilitate, evoluția fluxului de energie și materie.

Un sistem geomorfologic fluvial poate fi structurat, ținând cont de acceptul dat noțiunii de holon, în cel puțin următoarele nivele ierarhice: sistemul bazinului hidrografic divizat în subsisteme în funcție de ordonarea râurilor potrivit conceptelor de ierarhizare a rețelei (Horton, Strahler, Shreve, Scheidegger, etc); sistemul bazinului versant; sistemul albiei, iar în cadrul acestuia, ceea ce ne interesează pe noi, în mod deosebit, sistemul sectorului de albie și sistemul secțiunii de albie.

În cele mai multe cazuri, amenajările și exploatarea unui sistem fluvial se aplică direct la o secțiune sau sector. Ambele trebuiesc definite prin prisma conceptului de holon, respectiv, de a le asigura: un întreg structurat, deci entitate cu proprietăți ireductibile prin fragmentare; identitate, aceasta e menținută prin starea de echilibru; autoorganizare, deci capacitate de a răspunde la schimbarea mediului și structura ierarhică.

În cazul unui sector de albie, identificarea unei unități holonice se face plecând de la analiza relațiilor de geometrie a albiei și a cedenței microreliefului de pat a albiei de râu. Spre exemplu, o serie de proprietăți ale geometriei plane a albiei (sinuozitate, despletire etc) sînt în relație directă cu lățimea și panta albiei, iar ele se repercutează și la nivelul alternanțelor microreliefului de "vaduri" și "adîncituri" din patul albiei, ceea ce are ca efect al alternanței scurgerii convergente și divergente a

apei în albie, ca efect al disipării și concentrării energiei de curgere. Pe aceste criterii geometrice se poate delimita în teren un sector de albie cu proprietăți care pot fi controlate, atât sub aspectul tendințelor spre echilibrul dinamic, cât și al tendințelor de evoluție.

4. Problema controlului ("reglării") antropic într-un sistem geomorfologic fluvial

Esențial "în reglare", aici în sensul de amenajare și folosire adecvată a unui sistem fluvial sau parte din acesta, este delimitarea unităților holonice, iar în cadrul acestora a buclelor de feedback negativ. Pentru exemplificare vom lua o secțiune de albie de râu în contextul teoriei geometriei hidraulice, propusă de Leopold și Maddock (1953), reluată și dezvoltată apoi de Langbein (1964) în teoria varianței minime.

Este știut că potrivit lui Leopold și Maddock (1953), adâncimea (h) și lățimea albiei (l) împreună cu viteza de curgere a apei într-o secțiune de râu sunt dependente de debit (Q). Relațiile sunt redată prin ecuații de putere:

$$l = a Q^b$$

$$h = c Q^f$$

$$v = k Q^m$$

Pentru a satisface legea continuității:

$$l \cdot h \cdot v = s \cdot c \cdot k \cdot Q^{b+f+m}$$

înseamnă că exponenții și coeficienții ecuațiilor trebuie să satisfacă relațiile:

$$b + f + m = 1$$

$$s \cdot c \cdot k = 1$$

Este condiția în care putem vorbi de echilibru dinamic și stabilitate relativă. Practic, orice amenajare a unei secțiuni de râu, pentru a menține controlul și, trebuie să aibă în vedere aceasta. Prin urmare, putem interpreta secțiunea de albie ca un sistem cibernetic.

Dar în sistemul unei secțiuni de albie, nu numai aceste variabile intră în competiție. Hey (1979) consideră că în acest sistem se pot identifica cel puțin 9 grade de libertate, deci se poate interveni asupra unui număr considerabil de variabile pentru a regle sistemul potrivit obiectivului propus prin amenajare sau exploatare. Problema care se pune este minimizarea schim-

bărilor între mărimile factorilor hidraulici (lăţime, adâncime, viteze curgerii, pantă etc). Langbein (1964) a dezvoltat în acest context teoria varianţei minime, aplicată la variaţia geometriei hidraulice.

Pentru înţelegerea sensului pe care-l exprimă teoria varianţei minime să adăugăm principiul lucrului mecanic minim. Potrivit acestuia: în natură ajustarea dintre variabilele unui sistem exprimă tendinţa spre consum minim de energie, ceea ce prin care poate fi satisfăcută condiţia de maximă probabilitate a unui fenomen. Astfel, albia de riu are posibilitatea ajustării între variabilele hidraulice (lăţime, adâncime, viteză, pantă) funcţie de debitul lichid şi solid. Ajustarea tinde să minimizeze "lucrul" sau ceea ce geomorfologii denumesc "efortul geomorfologic". În alţi termeni, Hâncu (1967) arată că "traseul meandrat al albiilor râurilor corespunde principiului energiei disipate sau principiului debitului maxim" (conf. Hâncu, 1967, p.83).

În esenţă, teoria varianţei minime a factorilor hidraulici arată că o creştere a debitelor râurilor spre aval este însoţită de efectul minimizării schimbărilor între mărimile factorilor hidraulici (lăţime, adâncime, viteză, pantă etc). Avem de a face cu un analog al principiului lui Le Chatellier, care arată că o schimbare în variaţia unui element al sistemului în echilibru este premiza unei reacţii a sistemului ce tinde să minimizeze efectul schimbării. În *Lexiconul Institutului Geologic al S. U.A.* (1957), p.166 se arată că acest principiu poate conduce direct şi simplu la constatarea ajustării varianţei minime.

Pentru a demonstra cele afirmate să revenim la ecuaţiile stabilite de Leopold şi Maddock (1953) care sînt folosite, aproape fără excepţie, în aprecierea geometriei hidraulice a albiei. Ele se pot rescrie şi în formele:

$$\log l = a + b \log Q$$

$$\log h = l + f \log Q$$

$$\log v = k + m \log Q$$

Deci, mai multe proprietăţi ale albiei variază în funcţie de debit care este variabilă independentă. Exponenţii hidraulici de la aceste relaţii pot fi determinaţi şi altfel, ajungîndu-se la următoarele ecuaţii:

$$b = \log l / \log Q$$

$$f = \log h / \log Q$$

$$m = \log v / \log Q$$

in care este deviația standard. Pătratul acestor raporturi de-
numeste varianța (Langbein, 1966). Condiția pe care o cere prin-
 cipiul lui Le Chatellier este de minimă varianță în ajustarea
 variabilelor. Spre exemplu: într-o albie de laborator în care
 o curgere dată de un anumit debit a produs un regim dinamic
 stabil, mărirea debitului va produce o schimbare în viteză, a-
 dâncime, lărgime, pantă, forță de frecare și posibil asupra
 altor variabile. Dacă regimul este stabil, conform principiului
 lui Le Chatellier, fiecare din aceste schimbări au efecte asu-
 pre celorlalte ca reacție împotriva schimbării provocate de sis-
 tem. Efectul este același, că fiecare factor rezistă schimbării
 cu alte cuvinte, varianța fiecărui tinde spre zero. Deoarece
 nu toate varianțele pot fi zero, apare ajustarea în care vari-
 anța totală este minimă. Autorul a avut în vedere cazuri din
 teren și laborator, stit în condiții, în care unii factori sînt
 constrinși (de exemplu, maluri stabilizate cu beton sau alte lu-
 crări) cit și în condiții de relaxare.

Exprimat în termeni matematici, această teorie poate fi
 redusă la următoarea formulare:

$$b^2 + f^2 + m^2 \longrightarrow \text{minim}$$

in care b^2 = varianța lărgimii, f^2 = varianța adâncimii și m^2
 = varianța vitezei.

Să luăm un caz: un sector de râu în care lățimea și panta
 sînt constante sau, în limbajul nostru, sînt constrinse. Atunci,
 creșterea debitului va fi însoțită de ajustarea vitezei și adânci-
 mii, precum și de modificări în forța de frecare. Dacă debitul
 îl considerăm variabilă independentă, varianța lui poate fi so-
 cotită egală cu unitatea; lărgimea și panta fiind constante, au
 varianța zero. Dacă varianța adâncimii este reprezentată prin f^2
 atunci toate celelalte varianțe dependente pot fi scrise astfel:

- viteza $(1-f^2)^2$
- adâncimea f^2
- efortul tangential f^2
- factorul de frecare $(3f - 2)^2$

Cum s-a ajuns aici? Varianța vitezei se scrie astfel pen-

tru că se știe că viteza este debitul împărțit la produsul dintre adâncime și lărgimea albiei. Lărgimea albiei, în cazul nostru este considerată constantă sau constrinsă, deci are varianțe zero; efortul tangențial este egal cu produsul dintre unitatea de greutate a apei, adâncime și pantă, ori pantă, am arătat că în cazul de față este considerată constantă, deci are și ea varianțe zero; cum greutatea specifică a apei este unitatea, efortul tangențial variază cu adâncimea. Factorul de frecare, cum l-au denumit Darcy - Weisbach, variază cu pantă și este proporțional cu adâncimea împărțită la pătratul vitezei. Reamintim că, de la început, și pantă a fost considerată constantă, iar adâncimea medie egală cu raza hidraulică. Făcând aceste precizări se poate merge și mai departe, până la identificarea cît procent din acest debit este "destinat" ajustării adâncimii, vitezei, forței tangențiale și factorului de frecare, procent pe care-l exprimă mărimea exponentului ecuației de putere din termenii ecuației geometriei hidraulice. Evident că, se au în vedere testările de laborator și măsurătorile de teren. În cazul exemplificat presupunem că creșterea debitului a ajustat în mod egal adâncimea și viteza, atunci $f = 0,50$; dar și varianțele efortului tangențial și factorului de frecare sînt minimizezate, încît $f = 0,58$, rezultă că restul de $0,42$ a rămas pentru ajustarea vitezei: astfel suma pătratelor varianțelor dependente este aproape 1, respectiv, $0,91$, dedus după cum urmează:

variabile dependente	exponenți hidraulici	pătratul exponenților
viteza	0,42	0,17
adâncime	0,58	0,34
efort tangențial	0,58	0,34
factorul de frecare	0,25	<u>0,06</u>
		0,91

În concluzie: sînt suficiente argumente pentru a aborda un sistem geomorfologic fluvial, ca sistem cibernetic.

Bibliografie

CHORLEY R., SCHUMM S., SUGGDEN D. (1985) - Geomorphology, Ed. Methuen, London, 605 p.

- HAIGH M. (1985) - Geography and General System Theory. Philosophical Homologies and Current Practice, in Geoforum, vol.16,p.191-203.
- HAIGH M. (1986) - The Holon. A useful concept in landscape research ? (comunicare prezentată la Simpoziul de Geomorfologie teoretică, Aachen, aprilie 1986, 23 p.(manuscris).
- HANCU S. (1967) - Modelarea hidraulică în curenți de aer sub presiune, Ed. Academiei R.S.R.
- HANCU S. (1976) - Regularizarea albiilor de râu. Ed.Ceres,143 p.
- HEY R. (1979) - Dynamic processes - response model of river channel development, Earth Surface Processes, 4, 59-72.
- LANGBEIN B. (1964) - River geometry : minimum variance adjustment in Probability Concepts in Geomorphology, Geol. Survey Prof.Paper, 500-C, Washington, 5-11.
- LEOPOLD L.B., MADDOCK T. (1953) - The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications, Geol.Survey Prof.Paper 252, 57 p.
- NICOLAU R. (1979) - Sisteme cibernetice, în "Sisteme în științele naturii" (ed.M.Malița),p.47-58.
- PAULING L. (1972) - Chimie generală, Ed.științifică, 887 p.
- RICHARDS K. (1982) - Rivers. Form and process in alluvial channels. Methuen, London, 358 p.
- SCHUMM S. (1973) - Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems, in Fluvial geomorphology (ed.Marie Morisawa),London, Allen and Unwin, 299-310 p.
- STRAHLER S. (1980) - Systemic theory in physical geography,Phys. Geogr. 1, 1-27 p.

1) Stațiunea de cercetări "Stejarul"

Str. Alexandru cel Bun,6

Piatra Neamt

2) Institutul de Tehnica de Calcul și Informatică

Filiala Iasi

3) Centrul Teritorial de Calcul Electronic -

Piatra Neamt