

## CAPITOLUL 2

### **DEFINIREA CIBERNETICII CA ȘTIINȚĂ. OBIECTUL CIBERNETICII ECONOMICE. RAPORTURILE CU ECONOMIA ȘI CU ALTE ȘTIINȚE**

*În cei peste șaiszeci de ani de la întemeierea sa oficială, cibernetica a trecut, după cum am văzut, printr-un proces complicat de definire și construcție, de fuziune și de separare, de acceptare și de respingere. Acest proces, privit de unii ca fiind absolut normal în procesul de apariție și dezvoltare al oricărei științe, care este încă relativ tânără în raport cu alte științe contemporane, în timp ce de alții drept o dovadă că cibernetica încă nu are un statut bine consolidat de știință, încă nu este încheiat. Progresele rapide în științele cognitive, în domeniul științelor calculatoarelor și, în general, în ceea ce sunt denumite de regulă științele sistemice, provoacă și o modificare permanentă a definițiilor, conceptelor și metodelor din cibernetică aplicate pentru studierea diferitelor tipuri de sisteme complexe. În contextul dezvoltării științelor complexității care, după unele opinii avizate, vor reprezenta în secolul XXI axa în jurul căreia vor evolua majoritatea celorlalte discipline științifice, nu numai că cibernetica trebuie redefinită ca știință, dar se modifică obiectul său de studiu și are loc o largire fără precedent a metodelor pe care știința ciberneticii le aplică pentru cunoașterea acestuia.*

*Evident că în istorie se întâlnesc frecvent astfel de procese în care au loc restructurări și reșezări ale definițiilor date în diferite perioade de dezvoltare ale unei științe. Punând de acord definiția sa ca știință și obiectul de studiu cu progresele înregistrate de cunoaștere în general, cibernetica nu face decât să-și afirme din nou valențele sale de știință multidisciplinară, cu o arie deosebit de largă de aplicabilitate în domenii aflate într-un progres accelerat la acest început de secol și mileniu. Pe măsură ce cunoașterea în diferite domenii s-a adâncit, au apărut noi posibilități de aplicare în*

## **Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice**

realitatea înconjurătoare a conceptelor și metodelor promovate de cibernetică, astfel încât se poate afirma că aceasta își găsește o deplină utilitate și aplicabilitate în mai toate domeniile cunoașterii și practicii umane. Societatea bazată pe cunoaștere, către care tinde astăzi omenirea, nu se poate imagina fără utilizarea metodelor și tehnicilor cibernetice, fără dezvoltarea pe baza concepțiilor și teoriilor promovate de către aceasta. De asemenea, multe dintre conceptele și domeniile de mare actualitate din tehnică, economie, medicină, psihologie etc. își adaugă prefixul cyber ca o recunoaștere a infuziei masive de metode provenind din cibernetică (cyberspațiu, cyberrisc, cyberdiagnostic, cyberbanking etc.).

În raport cu **noua definiție** dată ciberneticii, se poate apoi introduce obiectul de studiu al acesteia, precum și metodele de abordare în vederea studierii acestui obiect. Evident că progresele înregistrate în diferite domenii care se ocupă de sisteme adaptive complexe își pun o amprentă pregnantă asupra metodelor de studiere a lor din perspectiva ciberneticii. Și în acest domeniu au intervenit mutații substanțiale în ceea ce privește natura metodelor de studiu promovate de știința ciberneticii.

Se pot astfel evidenția două metode complementare care promovează însă concepția de bază a ciberneticii în ceea ce privește abordarea obiectului de studiu, și anume modelarea și simularea sistemelor studiate. Astfel, vorbim astăzi despre **modelarea bazată pe ecuații** și **modelarea bazată pe agenți** care nu numai că nu se exclud, dar se completează reciproc, astfel încât să permită o cunoaștere mai profundă a sistemului adaptiv complex.

**Simularea** sistemelor cibernetice rămâne, de asemenea, o metodă de studiu foarte puternică datorită faptului că, prin intermediul acesteia, pot fi studiate comportamentele sistemelor cibernetice pe perioade de timp viitoare, discrete sau continue, ceea ce permite alegerea celor mai bune decizii viitoare cu ajutorul cărora sistemele respective vor fi orientate, conduse și reglate. Evident că cu multe dintre domeniile cu care cibernetică a dezvoltat, în timp, legături reciproce, cum ar fi A-life, știința evoluționistă, știința cognitivă, inteligența artificială, teoria haosului etc. se realizează transferuri de metode de studiu, astfel încât obiectul de studiu

*comun, sistemul adaptiv complex, să poată fi studiat din multiple perspective.*

## **2.1 O necesară redefinire a ciberneticii actuale**

În noul context al dezvoltării intense a științelor care se ocupă cu studiul sistemelor adaptive complexe, se pune întrebarea dacă și cum ar trebui modificată definiția ciberneticii ca știință, astfel încât să fie relevat rolul său tot mai accentuat de metaștiință. O astfel de definiție ar trebui să includă, dacă nu toate, cvasitotalitatea aspectelor pe care le regăsim în noile științe ale complexității, astfel încât să devină foarte clară originea lor din cibernetică, precum și noul obiect de studiu al acesteia, având caracteristici și proprietăți care se circumscriu ariei mai largi de probleme care sunt abordate în cibernetică.

Definiția dată de Norbert Wiener în anul 1948, conform căreia cibernetică este „*știința controlului și comunicării la ființe și mașini*” a fost și ea, în decursul timpului, modificată și completată pe măsură ce oamenii de știință au înțeles mai bine domeniul și raporturile dintre această știință și cunoaștere. O serie de tradiții și idei inițiale au fost modificate și completate treptat, realizându-se permanent un progres în ceea ce privește creșterea valențelor aplicative ale ciberneticii pe măsură ce și alte discipline științifice înrudite realizau și ele progrese însemnate. S-au păstrat însă constante o serie de caracteristici imprimare încă de la fondarea ciberneticii, caracteristici care o deosebesc pe aceasta de alte științe. Unele științe au încercat să se substituie sau să reducă domeniul de interes al ciberneticii, negând chiar caracterul acesteia de știință. Dar, de fiecare dată, cibernetică a reușit să reziste unor astfel de abordări, demonstrând că are resurse nebănuite de a se dezvolta și a fecunda cu noi idei și metode valoroase cunoașterea științifică în diferite domenii. Caracterul său multidisciplinar și interdisciplinar i-a permis să-și găsească aplicabilitate în multe ramuri și domenii științifice de mare

interes, oferind de fiecare dată o perspectivă nouă, originală și chiar surprinzătoare pentru domeniile respective.

În evoluția sa ca știință, cibernetica a suferit transformări care au dus la necesitatea de a vorbi despre o cibernetică de ordinul întâi, apoi despre cibernetica de ordinul doi și, după anul 2000, despre cibernetica de ordinul trei. În fiecare dintre aceste etape, definițiile sale ca știință s-au modificat pentru a surprinde mai bine atât domeniul de studiu cât și metodele utilizate. Trebuie remarcat însă faptul că permanent definițiile date ciberneticii au inclus o serie de teme comune, ceea ce le-a conferit o unitate în continuitatea lor, începând chiar de la definiția dată de Ampere unei științe a viitorului: "*Cybernetique = the art of governing or the science of government*" (Cibernetica = arta de a guverna sau știința guvernării).

Aceste teme comune pot fi considerate ca cele ce au menținut permanent cibernetica în centrul dezbaterilor și interesului comunităților științifice, indiferent dacă acestea au fost favorabile sau adversare ale teoriilor și ideilor promovate de cibernetică.

Una dintre aceste teme comune majorității definițiilor date ciberneticii este **cauzalitatea circulară** care se manifestă în procesele dinamice evolutive. Orice proces din lumea reală, din domeniul fizic sau chimic, biologic sau psihologic, economic sau social include procese de tip feedback, deci procese care de desfășoară de-a lungul unor bucle închise în cadrul cărora se regăsesc diferite variabile care se influențează reciproc, astfel încât o cauză determină un efect care, la rândul său, poate deveni cauza altor efecte, inclusiv al celui inițial.

Trebuie spus că descoperirea acestui tip de cauzalitate reprezintă una dintre cele mai însemnate fapte științifice „imputabile” direct ciberneticii, știința dinaintea acesteia vorbind foarte puțin (mai mult în domeniul tehnic, de exemplu prin lucrările inginerului român Paul Postelnicu) sau chiar deloc despre cauzalitatea circulară sau despre procesele feedback. Se poate spune că lumea, înainte de apariția ciberneticii, era liniară și determinată simplu de perechea „cauză - efect”.

O altă temă constantă este cea **epistemologică**, adică privind modul în care se desfășoară procesele de cunoaștere la nivelul științei ciberneticii. Întâlnim aici teorii asupra auto-referinței, auto-poiesisului și raporturilor dintre sistemul observat și sistemul observator care se pot influența și determina reciproc.

Unii ciberneticieni au definit cibernetica în raport cu dorința universală de a crea o lume mai bună, în timp ce alții s-au referit la capacitatea acesteia de a explica cum oamenii și mediul înconjurător pot co-evolua astfel încât să nu se excludă reciproc.

Într-unele dintre definiții se accentuează asupra modelării ca metodă de descriere a relațiilor dintre diferite variabile măsurabile în timp ce altele sunt preocupate de dialogul permanent dintre modele și teoriile verificate prin modelele respective.

În ultima perioadă prevalează definițiile în care se exprimă încercarea de a înțelege cum sistemele se auto-descriu, cum se controlează pe ele însele și cum se auto-organizează astfel încât să-și

asigure supraviețuirea într-un mediu înconjurător dacă nu ostil, cel puțin concurențial (ecosisteme).

Vom prezenta, în continuare, unele dintre cele mai importante definiții ale ciberneticii pe care le regăsim de-a lungul timpului în diferite lucrări sau dicționare enciclopedice. Putem astfel compara direct viziunile despre cibernetică ale unor oameni de știință care au avut contribuții majore la dezvoltarea acestei științe și vedea, în același timp, evoluția concepției despre domeniul și obiectul de studiu al ciberneticii.

### 1. American Society of Cybernetics

[1] "Cibernetica urmărește să dezvolte teoriile generale ale comunicării în cadrul sistemelor complexe...natura sa abstractă și, adesea, matematică face cibernetica aplicabilă în orice domeniu empiric, în care procesele de comunicare și corelațiile lor apar. Aplicațiile ciberneticii sunt larg răspândite, în special în domeniul științelor informatice și științei calculatoarelor, în domeniul științelor naturale și sociale, în politică, educație și de management."<sup>1</sup>

[2] "Cibernetica: atunci când mă gândesc la dinamica sistemelor observate și la dinamica observatorului - de unde "cibernetica

---

<sup>1</sup> "Cybernetics seeks to develop general theories of communication within complex systems. ... The abstract and often formal mathematical nature of its aim ... makes cybernetics applicable to any empirical domain in which processes of communication and their numerous correlates occur. Applications of cybernetics are widespread, notably in the computer and information sciences, in the natural and social sciences, in politics, education and management." [1]

*Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice*

creativă": atunci când proiectăm dinamica unui sistem, am dori să observăm"<sup>2</sup>

2. W. Ross Ashby

[3] "Arta timonierului de a naviga"<sup>3</sup>

[4] "Studiul sistemelor care sunt deschise la energie și închise la informații și control."<sup>4</sup>

[5] "Sistemele în care informațiile sunt strâns legate."<sup>5</sup>

[6] "Cibernetica nu tratează lucruri, ci modalități de comportament. Nu întreabă, „Ce este acest lucru?” ci „Ce face acest lucru?” ... Astfel, este în esență funcțională și comportamentală...Materialitatea este irelevantă, și așa este și utilizarea sau nu a legilor obișnuite ale fizicii."<sup>6</sup>

[7] "tratează toate formele de comportament, în măsura în care acestea sunt regulate, determinate, sau de reprodus"<sup>7</sup>

---

<sup>2</sup> "Cybernetics: when I reflect on the dynamics of observed systems and on the dynamics of the observer - whence 'creative cybernetics': when I project the dynamics of a system I would like to observe"[2]

<sup>3</sup> "The art of steersman ship" [3]

<sup>4</sup> "The study of systems that are open to energy but closed to information and control." [4]

<sup>5</sup> "systems that are information tight" [5]

<sup>6</sup> "Cybernetics treats not things, but ways of behaving. It does not ask, "What is this thing?" but "what does it do?"...It is thus essentially functional and behaviorist... The materiality is irrelevant, and so is the holding or not of the ordinary law of physics" [6]

<sup>7</sup> "deals with all forms of behavior in so far as they are regular, or determinate, or reproducible" [7]

## Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice

[8] "constă reprezentarea mașinii reale electronică, mecanică, neuronală, sau economic, la fel de mult cum geometria este reprezentarea obiectului real în spațiul nostru terestru"<sup>8</sup>

[9] "oferă o metodă pentru tratarea științifică a sistemului în care complexitatea este deosebită și mult prea importantă pentru a fi ignorată"<sup>9</sup>

[10] "oferă un vocabular unic și un singur set de concepte pentru a reprezenta cele mai diverse tipuri de sisteme"<sup>10</sup>

### 3. Gregory Bateson

[11] "o ramură a matematicii care se ocupă cu probleme de control, recursivitate, și informații"<sup>11</sup>

[12] "Studiul formei și a modelului."<sup>12</sup>

[13] "cea mai mare mușcătură dintr-un fruct al copacului cunoașterii, pe care omenirea a luat-o de 2000 de ani."<sup>13</sup>

[14] "Este o caracteristică latentă în Cibernetică, care constă în mijloacele de a realiza o nouă perspectivă și, probabil, mai umană, un mijloc de schimbare a filozofiei noastre de control, precum și un mijloc de a vedea nebuniile noastre proprii într-o perspectivă mai largă."<sup>14</sup>

---

<sup>8</sup> "stands to the real machine-electronic, mechanical, neural, or economic-much as geometry stands to a real object in our terrestrial space"[8]

<sup>9</sup> "offers a method for the scientific treatment of the system in which complexity is outstanding and too important to be ignored"[9]

<sup>10</sup> "offers a single vocabulary and a single set of concepts for representing the most diverse types of systems" [10]

<sup>11</sup> "a branch of mathematics dealing with problems of control, recursiveness, and information" [11]

<sup>12</sup> "the study of form and pattern"[12]

<sup>13</sup> "the biggest bite out of the fruit of the Tree of Knowledge that mankind has taken in the last 2000 years." [13]

<sup>14</sup> "There is latent in Cybernetics the means of achieving a new and perhaps more human outlook, a means of changing our philosophy of control, and a means of seeing our own follies in wider perspective." [14]



#### 4. BehaveNet

[15] *Cibernetica se ocupă cu investigația științifică a proceselor sistemice de natură extrem de variată, incluzând fenomene cum ar fi reglarea, prelucrarea informațiilor, stocarea informației, adaptarea, auto-organizarea, de auto-reproducerea, și un comportament strategic. În abordarea cibernetică generală, următoarele domenii teoretice s-au dezvoltat: teoria sistemelor, teoria comunicării, teoria jocurilor și teoria deciziei.*<sup>15</sup>

#### 5. Ludwig von Bertalanffy

[16] *"O mare varietate de sisteme din tehnologie și natură urmează schema feedback-ului, și este bine-cunoscut faptul ca o nouă disciplină, numită Cibernetică, a fost introdusă de Norbert Wiener să se ocupe de aceste fenomene. Teoria încearcă să arate că mecanismele de feedback sunt baza comportamentului orientat către scop sau teleologic la mașini, precum și în organismele vii, și în sistemele sociale."*<sup>16</sup>

#### 6. Stafford Beer

[17] *"Știința organizării eficiente"*<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> .. *Cybernetics is concerned with scientific investigation of systemic processes of a highly varied nature, including such phenomena as regulation, information processing, information storage, adaptation, self-organization, self-reproduction, and strategic behavior. Within the general cybernetic approach, the following theoretical fields have developed: systems theory (system), communication theory, game theory, and decision theory.*" [15]

<sup>16</sup> *"So a great variety of systems in technology and in living nature follow the feedback scheme, and it is well-known that a new discipline, called Cybernetics, was introduced by Norbert Wiener to deal with these phenomena. The theory tries to show that mechanisms of a feedback nature are the base of teleological or purposeful behavior in man-made machines as well as in living organisms, and in social systems."* (General Systems Theory, Chapter 2)[16]

<sup>17</sup> *"the science of effective organization"* [17]

## *Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice*

[18]... *Cibernetica studiază fluxul de informații din jurul unui sistem, și modul în care această informație este folosită de către sistem ca un mijloc de control în sine: face acest lucru pentru a anima sau nu sistemele indifferente. Cibernetica este o știință interdisciplinară, preia la fel de mult din biologie ca și de la fizica, la fel de mult din studiul creierului ca de la studiul calculatoarelor, și se preocupă de limbajul oficial al științei pentru furnizarea de instrumente cu care poate fi descris comportamentul în toate aceste sisteme în mod obiectiv.* "18

[19] *Probabil prima imagine clară asupra naturii profunde a controlului ... a fost că nu este vorba despre tragerea de pârghii pentru a produce rezultatele scontate și inexorabile. Această noțiune de control se aplică numai la mașini triviale.. Ea nu se aplică la un sistem total care include orice fel de element probabilistic - de la vreme la oameni, la piețe, în economia politică. Caracteristica unui sistem non-trivial, care este sub control, este că, în ciuda faptului că are de-a face cu prea multe variabile pentru a putea fi numărate, prea incerte pentru a fi exprimate, și prea grele pentru a fi înțelese chiar, se poate face ceva pentru a genera un scop previzibil. Wiener a găsit doar cuvântul pe care îl dorea în exploatarea navelor lungi ale Greciei antice.. pe mare, navele lungi aveau de luptat cu ploaia, vântul și marea - probleme în nici un fel previzibile. Cu toate acestea, în cazul în care cârmaciul supraveghea de la distanță farul, el putea manipula vasul, adaptându-l continuu în timp real, spre lumina farului. Aceasta este funcția timonierului. În măsura în care ne uităm în timp.. la Homer, cuvântul grecesc pentru timonier a fost kubernetes, care este tradus în limba engleză ca cybernetes.* "19

---

<sup>18</sup> " ... cybernetics studies the flow of information round a system, and the way in which this information is used by the system as a means of controlling itself: it does this for animate and inanimate systems indifferently. For cybernetics is an interdisciplinary science, owing as much to biology as to physics, as much to the study of the brain as to the study of computers, and owing also a great deal to the formal languages of science for providing tools with which the behaviour of all these systems can be objectively described." [18]

<sup>19</sup> "Probably the first clear insight into the deep nature of control ... was that it is not about pulling levers to produce intended and inexorable results. This notion of control applies only to trivial machines. It never applies to a total system that includes any kind of probabilistic element -- from the weather, to people; from markets, to the political economy. No: the characteristic of a non-trivial system that is under control, is that despite dealing with variables too many to count, too uncertain to express, and too difficult even to understand, something can be done to generate a predictable goal. Wiener found just the word he wanted in the operation of the long ships of ancient Greece. At sea, the long ships

## *Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice*

[20] "Obiectul pentru care mi-am dedicat viața mea profesională este cibernetica, eu sunt prea conștient de faptul că majoritatea oamenilor nu au mai mult decât o idee nebuloasă despre ceea ce este. De multe ori am fost asigurat că este vorba de oameni înghețați...dar ei s-au gândit la criogenie. Cu cât am devenit mai informat am realizat că este vorba despre sisteme și regulile lor... dar chiar și atunci, există atât de multe feluri în care noțiunea de cibernetică poate fi abordată." <sup>20</sup>

[21] "Ceea ce este șocant este faptul că există adevăr în fiecare noțiune și motivul este că cibernetica este o știință interdisciplinară. Trebuie să fie complicată." <sup>21</sup>

### 7. Peter Cuning

[22] "Știința Ciberneticii nu este despre termostate sau mașini; această caracterizare este o caricatură. Cibernetica este despre finalitate, obiective, fluxurile de informații, controlul proceselor de luare a deciziilor și feedback (definit în mod corespunzător), la toate nivelele sistemelor vii." <sup>22</sup>

---

battled with rain, wind and tides -- matters in no way predictable. However, if the man operating the rudder kept his eye on a distant lighthouse, he could manipulate the tiller, adjusting continuously in real-time towards the light. This is the function of steersmanship. As far back as Homer, the Greek word for steersman was kubernetes, which transliterates into English as cybernetes." [19]

<sup>20</sup> "The subject to which I have devoted my professional life is cybernetics. I am all too well aware that most people have no more than a hazy idea of what it is all about. I have often been assured that it is about freezing people -- but they were thinking of cryogenics. The more informed realize that it is concerned with systems and their regulation. But even then, there are so many ways in which that notion can be approached." [20]

<sup>21</sup> "The shocking thing is that there is truth in every one of these notions, and the reason is because cybernetics is an interdisciplinary subject. It must be complicated." [21]

<sup>22</sup> "The science of cybernetics is not about thermostats or machines; that characterization is a caricature. Cybernetics is about purposiveness, goals, information flows, decision-making control processes and feedback (properly defined) at all levels of living systems." [22]

## 8. Jeff Dooley

[23] "Cibernetica este o știință a comportamentului orientat către un anumit scop. Ea ne ajută să explicăm comportamentul ca acțiune continuă a cuiva (sau ceva) în proces și, așa cum vom vedea, de a menține anumite condiții în apropierea unui obiectiv, sau scop. "<sup>23</sup>

[24] "Cel puțin (cu siguranță este mai mult), cibernetica implică o nouă filosofie despre (1) ceea ce putem ști, (2) cu privire la ceea ce înseamnă pentru ceva să existe, și (3) cu privire la modul de a obține lucruri. Cibernetica implică faptul că, cunoștința este de a fi construită prin intermediul proceselor eficiente în căutare de scopuri, și poate nu neapărat în nedescoperirea nesfârșitului, absolutului, atribute de lucruri, indiferent de scopurile și nevoile noastre. "<sup>24</sup>

## 9. F.A. George

[25] "Cibernetica ar putea fi considerată ca o știință recent dezvoltată, deși într-o anumită măsură, a decurs din științele existente. Dacă ne gândim la Fizică, Chimie, Biologie, etc ca științele tradiționale, atunci Cibernetica este o știință care provine din toate... Cibernetica este formal definită ca știința controlului și comunicare la animale, oameni și mașini. ... indiferent de context, ea se ocupă cu prelucrarea de informații și de control .... O caracteristică majoră a Ciberneticii este preocuparea de a construi modele și de aici se suprapune cu cercetările operaționale. Modelele cibernetice se pot, de obicei, distinge prin faptul că sunt ierarhice, adaptive și utilizează permanent buclele feedback .... Cibernetica este știința organizației, cu accent speciale pe natura dinamică a sistemului, acesta fiind organizat. "<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> "Cybernetics is a science of purposeful behavior. It helps us explain behavior as the continuous action of someone (or thing) in the process, as we see it, of maintaining certain conditions near a goal state, or purpose."

<sup>24</sup> "At the very least (there is certainly more), cybernetics implies a new philosophy about (1) what we can know, (2) about what it means for something to exist, and (3) about how to get things done. Cybernetics implies that knowledge is to be built up through effective goal-seeking processes, and perhaps not necessarily in uncovering timeless, absolute, attributes of things, irrespective of our purposes and needs."

<sup>25</sup> One major characteristic of Cybernetics is its preoccupation with the construction of models and here it overlaps operational research. Cybernetic models are usually

10. Ernst von Glasersfeld

[26]"Cibernetica, așa cum știm cu toții, poate fi descrisă în multe moduri. Cibernetica mea nu este nici matematică, nici formalizată. Modul în care am s-o descriu astăzi este aceasta:.. Cibernetica este arta de a crea echilibru într-o lume de posibilități și constrângeri."<sup>26</sup>

11. A.N. Kolmogorov

[27] [Cibernetica este] "o știință care se ocupă cu studiul sistemelor de orice natură, care sunt capabile de primirea, depozitarea, și prelucrarea informației, astfel încât să o folosească pentru control"<sup>27</sup>

12. Cris Lucas

[28] "Cibernetica este știința organizării eficiente, de control și de comunicare la animale și mașini. Este arta timonierului, reglementării și stabilității... Preocuparea este aici cu funcția, nu cu construcția, în furnizarea de comportament regulat și reproductibil în prezența tulburărilor. Aici accentul este pus pe familii de soluții, modul de aranjare a problemelor care se pot aplica la toate formele de sisteme, indiferent de materialul folosit sau de design .... Această știință se referă la efectele intrărilor asupra rezultatelor, dar în sensul că starea ieșirilor este de dorit să fie constantă sau previzibilă - dorim ca sistemul să-și mențină o stare de echilibru. Este aplicabil mai ales la sisteme complexe și la sistemele cuplate, și folosește conceptele de feedback și transformări (mapări) de la

---

distinguished by being hierarchical, adaptive and making permanent use of feedback loops. ... Cybernetics in some ways is like the science of organization, with special emphasis on the dynamic nature of the system being organized."

<sup>26</sup> "Cybernetics, as we all know, can be described in many ways. My cybernetics is neither mathematical nor formalized. The way I would describe it today is this: Cybernetics is the art of creating equilibrium in a world of possibilities and constraints."

<sup>27</sup> "a science concerned with the study of systems of any nature which are capable of receiving, storing, and processing information so as to use it for control"

*intrare la ieșire, pentru a efectua invarianța dorită sau stabilitatea în rezultat.*"<sup>28</sup>

### 13. Humberto Maturana

[29] *"Eu am propus sintagma "arta și știința înțelegerii umane" pentru Cibernetica. De ce? Persoana care conduce nava, comandantul, acționează atât prin punerea în practică a know-how-ului cât și prin intuiție... Astfel, timonierul acționează ca un om de știință și ca un artist.*"<sup>29</sup>

[30] *"Înțelegerea unui sistem necesită atât intuiția în realizarea subsistemelor coerente ale sistemului în cauză, cât și reprezentarea coerențelor structurale (de cauzalitate) ale locației în care observatorul se află. Înțelegerea presupune în continuare privind aceste două perspective operaționale diferite într-o manieră care, deși nu deductiv, arată conectarea dinamică a oricărei parti ale sistemului la totalitatea dinamică, care este sistemul. Deci, în măsura în care cibernetica are de a face cu manipularea sistemelor, precum și cu a le explica științific în măsura în care acestea apar în înțelegerea noastră în calitate de observatori, eu numesc Cibernetica arta și știința de a înțelege.*"<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> "Cybernetics is the science of effective organization, of control and communication in animals and machines. It is the art of steersmanship, of regulation and stability. The concern here is with function, not construction, in providing regular and reproducible behaviour in the presence of disturbances. Here the emphasis is on families of solutions, ways of arranging matters that can apply to all forms of systems, whatever the material or design employed. ... This science concerns the effects of inputs on outputs, but in the sense that the output state is desired to be constant or predictable - we wish the system to maintain an equilibrium state. It is applicable mostly to complex systems and to coupled systems, and uses the concepts of feedback and transformations (mappings from input to output) to effect the desired invariance or stability in the result."

<sup>29</sup> "I proposed the phrase "The Art and Science of Human Understanding" for cybernetics. Why? The person that guides the ship, the skipper, acts both on practical know-how and intuition. Thus, the skipper acts both as a scientist and as an artist." [29]

<sup>30</sup> "Understanding a system requires both intuition as a gestaltic grasping of the systemic coherences of the system under consideration, and the seeing of the structural (causal) coherences of the locality where the observer stands. Understanding further involves relating these two different operational perspectives in a manner that, although not deductive, shows the dynamic connectedness of any part of the system to the dynamic totality that the system is. So, to the extent that cybernetics has to do with the handling of

#### 14. Warren McCulloch

[31] "... Majoritatea oamenilor au auzit de Cibernetică de la Norbert Wiener sau urmașii săi. Strict definită, aceasta este arta timonierului, de a tine cursul cârmei, astfel încât să compenseze orice abatere de la acest curs. Pentru aceasta acest cârmaci trebuie să fie informat cu privire la consecințele actelor sale anterioare, care le corectează - inginerii de comunicare numesc aceasta "feedback negativ" pentru ca producția timonierului scade input-ul timonierului. Guvernarea intrinsecă a activității nervoase, reflexele noastre, și poftele noastre exemplifică acest proces. În toate acestea, ca și în direcția navei, ceea ce trebuie să se întoarcă nu este energie ci informații. Astfel, într-un sens extins, cibernetica include aplicații timeliest ale teoriei cantitative de informații. "<sup>31</sup>

#### 15. Paul Pangaro

[32] "Cibernetica este în același timp știința cea mai importantă a secolului și cea mai puțin recunoscută și înțeleasă. Nu este nici robotica, nici înghețarea oamenilor morți. Nu se limitează la aplicațiile informatice și are la fel de mult de spus despre interacțiunile umane așa cum o face cu privire la inteligenta mașinilor. Astăzi cibernetica este la rădăcina revoluțiilor majore în biologie, inteligenta artificială, modelare neuronală, psihologie, educație, și matematică. În sfârșit există un cadru unificator care suspendă diferențele lungi între știință și artă, precum și între realitatea externă și credința internă. "<sup>32</sup>

---

systems, as well as with explaining them scientifically as they arise in our understanding as observers, I call cybernetics the art and science of understanding."

<sup>31</sup> "...[M]ost people have heard of cybernetics from Norbert Wiener or his followers. Narrowly defined it is but the art of the helmsman, to hold a course by swinging the rudder so as to offset any deviation from that course. For this the helmsman must be so informed of the consequences of his previous acts that he corrects them - communication engineers call this 'negative feedback' - for the output of the helmsman decreases the input to the helmsman. The intrinsic governance of nervous activity, our reflexes, and our appetites exemplify this process. In all of them, as in the steering of the ship, what must return is not energy but information. Hence, in an extended sense, cybernetics may be said to include the timeliest applications of the quantitative theory of information."

<sup>32</sup> "Cybernetics is simultaneously the most important science of the age and the least recognized and understood. It is neither robotics nor freezing dead people. It is not limited to computer applications and it has as much to say about human interactions as it does

16. Alan Scrivener

[33] *"Cibernetica este studiul sistemelor care pot fi reprezentate utilizand bucle (sau mai multe structuri complicate de bucle), în rețeaua care definește fluxul de informații. Sistemele de control automate cu necesitate folosesc cel puțin o buclă feedback a fluxului de informații."*<sup>33</sup>

17. Francisco Varela

[34] *Cibernetica de ordinul întâi este cibernetica sistemelor observate.*<sup>34</sup>

[35] *Cibernetica de ordin doi este cibernetica sistemelor de observare.*<sup>35</sup>

18. WEB Dictionary of Cybernetics and Control

[36] *"... o abordare interdisciplinară a organizației, indiferent de realizarea materială a unui sistem. Intrucât teoria sistemelor în general angajează holismul pe de o parte, și un efort de a generaliza caracteristici structurale, comportamentale și caracteristicile de dezvoltare ale organismelor vii pe de altă parte, cibernetica se angajează la o perspectivă epistemologică care vede întregul material ca putând fi analizat fără pierderi, în termenii unui set de componente, plus organizarea acestora."*<sup>36</sup>

19. New Encyclopaedia Britanica

---

*about machine intelligence. Today's cybernetics is at the root of major revolutions in biology, artificial intelligence, neural modeling, psychology, education, and mathematics. At last there is a unifying framework that suspends long-held differences between science and art, and between external reality and internal belief."*

<sup>33</sup> "Cybernetics is the study of systems which can be mapped using loops (or more complicated looping structures) in the network defining the flow of information. Systems of automatic control will of necessity use at least one loop of information flow providing feedback."

<sup>34</sup> First order cybernetics is the cybernetics of observed systems.

<sup>35</sup> Second order cybernetics is the cybernetics of observing systems.

<sup>36</sup> *"...an interdisciplinary approach to organization, irrespective of a system's material realization. Whereas general systems theory is committed to holism on the one side and to an effort to generalize structural, behavioral and developmental features of living organisms on the other side, cybernetics is committed to an epistemological perspective that views material wholes as analysable without loss, in terms of a set of components plus their organization."*



[37] *“Teoria Controlul așa cum este ea aplicată sistemelor complexe”*.<sup>37</sup>

O definiție pe care o propunem ar putea fi următoarea:  
**„Cibernetica este știința care studiază adaptarea sistemelor complexe la medii (sisteme) complexe”.**

Printr-o astfel de definiție, cibernetica nu numai că nu-și pierde identitatea sa de știință sistemică, integratoare a unor cunoștințe din diferite domenii ale cunoașterii, dar contribuie și mai mult la accelerarea noii sinteze ce se realizează sub ochii noștri între diferitele științe preocupate de studiul sistemelor adaptive complexe privite din diferite unghiuri de vedere. Prin proprietățile sale intrinseci, sistemul cibernetic nu poate fi decât un sistem complex care se adaptează permanent la medii complexe, iar cunoașterea lui se poate face numai în măsura în care utilizăm toate metodele pe care diferitele științe ale complexității le pun la dispoziție în acest scop. Deci obiectul de studiu al ciberneticii îl constituie sistemul complex adaptiv, iar metodele de studiu sunt constituite din modele ale diferitelor tipuri de sisteme pe care cibernetica dar și alte științe ale complexității le-au creat și dezvoltat în vederea studierii dintr-o perspectivă sau alta a proprietăților sistemelor adaptive complexe.

Acesta este și motivul pentru care credem că într-un viitor apropiat ponderea modelelor utilizate de cibernetică va înclina în favoarea unor noi tipuri de modele realizate utilizând modelarea-bazată-pe-agenți, reușindu-se astfel depășirea situației actuale în care

---

<sup>37</sup> *“control theory as it is applied to complex systems”*

majoritatea modelelor utilizate astăzi în cibernetică și nu numai sunt modele-bazate-pe-ecuații. O astfel de abordare ar fi benefică pentru dezvoltarea rapidă a cunoștințelor despre multe dintre sistemele studiate de cibernetică sau de diferitele științe ale complexității.

Astfel, destul de recent s-a constituit un domeniu ce se ocupă exclusiv cu studiul aplicării agenților în rezolvarea diferitelor tipuri de probleme economice, domeniu denumit **Economia bazată pe agenți**. Scopul acesteia este crearea de economii artificiale (virtuale) cu ajutorul unor interacțiuni economice între agenți (sisteme, subsisteme) care, la început, nu au cunoștințe despre mediul înconjurător, dar au abilitatea de a învăța, observând apoi ce tipuri de piețe, instituții și tehnologii dezvoltă agenții, cum ei își coordonează acțiunile și se organizează ei înșiși într-o economie.

Economiile de piață precum și diferitele componente ale acestora (firme, gospodării, bănci ș.a.) sunt privite în acest cadru ca sisteme complexe, constând dintr-un mare număr de agenți capabili de adaptare între care se formează interacțiuni paralele locale. Aceste interacțiuni locale dau naștere anumitor regularități macroeconomice cum ar fi protocoale de împărțire a pieței și norme de comportament care, la rândul lor, au o reacție inversă asupra protocoalelor de constituire a interacțiunilor locale. Rezultatul este apariția unui sistem dinamic complicat de lanțuri și legături cauzale recurente, conectând comportamente individuale, rețele de interacțiuni și rezultate sociale. Dar acesta este tocmai sistemul cibernetic de care se ocupă cibernetică în noul context al dezvoltării științelor

complexității. Rolul ciberneticii economice îl privim tocmai din această perspectivă, și anume acela al trecerii masive către studiul sistemelor adaptive complexe din economie utilizând cu precădere metodele și modelele bazate pe agenți.

Economia bazată pe agenți, privită ca metodă de studiu a sistemelor adaptive și evolutive complexe formate din agenți autonomi interactivi, permite aducerea sistemului economic în laboratoare, pentru a studia evoluția sistemelor economice în condiții experimentale controlate. Două aspecte fundamentale decurg din aceste studii. Primul este unul descriptiv, axat pe explicarea constructivă a comportamentului emergent al sistemelor economice. De ce apar regularități globale în aceste economii în ciuda unei planificări și a unui control de sus în jos? Cum aceste regularități globale sunt generate de jos în sus, prin interacțiunile locale repetate dintre agenți interacționând autonom? Și cum de apar aceste regularități și nu altele?

Al doilea aspect este cel normativ, axat pe proiectarea de noi mecanisme de reglare și control. Dându-se un sistem economic particular, existent sau virtual, care sunt implicațiile acestui sistem pentru performanțele economiei ca un întreg? De exemplu, cum poate un protocol de piață anumit sau o reglementare guvernamentală să afecteze eficiența economică?

## **2.2 Obiectul de studiu al ciberneticii economice**

Orice știință își definește obiectul său de studiu în acord cu definiția sa ca știință și cu posibilitățile pe care le are de a releva noi aspecte și proprietăți ale unor sisteme reale sau conceptuale pe care altfel nu le-am putea cunoaște. Cibernetica economică, ca parte distinctă a ciberneticii generale, are drept obiect de studiu *sistemul adaptiv complex din economie*.

Sistemul adaptiv complex are o serie de proprietăți generale, pe care le regăsim la acest sistem indiferent de domeniul realității în care există. Acest sistem are însă și o serie de proprietăți specifice atunci când îl regăsim în economie. În capitolul 3 vom studia în amănunt aceste proprietăți. Vom introduce în continuare câteva definiții mai importante date sistemului adaptiv complex, astfel încât să delimităm cât mai bine obiectul de studiu al ciberneticii.

Există multe definiții date complexității. Unele dintre ele accentuează asupra comportamentului sistemului complex, în timp ce altele se referă la structura internă a acestuia. Atributul „complex” derivă din cuvântul latin „*complexus*” care semnifică îmbrățișare, împreunare. A fi complex nu este același lucru cu a fi complicat. Astfel, Joel Modes arată că „*un sistem este complicat atunci când este compus din mai multe părți interconectate în moduri diferite*” (J. Moses, **Complexity and Flexibility**, ). Sunt surprinse aici două aspecte diferite. În primul rând, avem interconexiunile dintre părțile sistemului și, în al doilea rând, avem natura acestor interconexiuni.

Din proprietățile informației se știe că cu cât interdependențele sunt mai diferite ca natură ele conțin mai multă informație, în timp ce dacă ele sunt regulate atunci cantitatea de informație este mai redusă. Pornind de aici, J. Moses definește complexitatea ca numărul de interconexiuni diferite dintre părțile unui sistem. Complexitatea nu reprezintă pentru el în mod necesar o proprietate nedorită a unui sistem economic. Astfel, explică Moses, de regulă trebuie să cheltuiești în mod complex banii pentru a atinge obiective dorite, cum ar fi funcționalitatea, eficiența sau flexibilitatea sistemului. Motivul pentru care se utilizează mai sus cuvântul „de regulă” este acela că în anumite situații o mai mare simplitate în structura unui sistem sau realizarea unui echivalent mai simplu al acestuia, de exemplu care conține mai puține părți componente sau mai puține interconexiuni, pot îmbunătăți atributele de funcționalitate sau eficiență ale sistemului economic. Excluzând astfel de situații, de fiecare dată când dorim ca unui sistem să-i adăugăm noi funcții, deci el să răspundă mai bine anumitor obiective, să devină mai flexibil este necesar ca numărul de interconexiuni sau părți componente să crească, de aici crescând și complexitatea sistemului respectiv. Există deci o relație directă între complexitate și flexibilitate într-un sistem economic dat.

O astfel de viziune, deși destul de pragmatică, nu reușește să ofere o imagine foarte clară asupra implicațiilor pe care le are creșterea sau scăderea complexității asupra proprietăților sistemului. Într-o celebră carte, „**The Fifth Discipline**” (A cincea disciplină),

Peter Senge arată că „ mijloacele cele mai sofisticate de prognoză și analiză a afacerilor... de regulă eșuează în încercarea de a produce schimbări radicale în conducerea acestora. Ele sunt toate concepute pentru a opera cu acel tip de complexitate în care există multe variabile: complexitatea de detaliu. Dar mai există și un alt tip de complexitate.. și anume complexitatea dinamică, caz în care raportul dintre cauză și efect este subtil și efectele în timp ale intervențiilor nu sunt previzibile...”. Complexitatea dinamică este prezentă, în opinia autorului, atunci când aceeași acțiune are efecte diferite pe termen scurt și pe termen lung. Când o acțiune are consecințe diferite în părți diferite ale sistemului avem tot complexitate dinamică. În sfârșit, când intervenții obișnuite în sistem produc consecințe neobișnuite vorbim tot despre complexitate dinamică.

Richetin și Maier (în „**The Art of System Architecturing**”) consideră sistemul complex ca fiind compus din părți interconectate, creșterea complexității acestuia fiind una dintre cele mai dificile probleme aflate în fața specialiștilor din domeniul proiectării și implementării sistemelor. Sistemele pur și simplu cresc în complexitate, acesta fiind și motivul pentru care ele necesită costuri de funcționare sau de proiectare din ce în ce mai mari. Autorii ajung la concluzia că „ tehnici de rezolvare a problemelor calitativ diferite sunt necesare la nivele superioare de complexitate decât la cele inferioare. Acest lucru poate să explice de ce o singură soluție de rezolvare a problemei este destul de rară, în cazul în care ea chiar există pentru un anumit sistem. Există cel mai frecvent mai multe

soluții de rezolvare a problemelor așa cum există în sistemele complexe mai multe variabile.

Flood și Carlson, într-o lucrare intitulată „Dealing with Complexity”, (apărută în volumul colectiv „**Modeling of Complex Systems**, 1978, Academic Press, New York) cred că situațiile complexe sunt adeseori parțial sau în întregime neobservabile, deci măsurarea lor este supusă riscului de eroare sau chiar imposibilă fără a distruge integritatea sistemului. De asemenea, este deficitul de stabilitate anumite regularități sau legități în astfel de situații complexe, deoarece nu există date suficiente, sau datele existente sunt indisponibile, ceea ce face ca doar observații probabiliste să fie disponibile.

Situațiile complexe sunt adeseori difuze și încorporează sisteme de valori care sunt dificil de observat și măsurat. Cel mai bine ele pot fi reprezentate utilizând intervale (scale) de valori sau variabile fuzzy. De asemenea, situațiile complexe sunt „deschise” și evoluează în timp, evoluția lor putând fi înțeleasă în sensul în care include o schimbare a structurii interne, creștere diferențiată a componentelor sau părților sale și adaptare permanentă la schimbările care au loc în mediul înconjurător.

Coveney și Highfield definesc complexitatea ca „*studiul comportamentului mulțimilor (colecțiilor) macroscopice de unități care sunt înzestrate cu potențialul de a evolua în timp*” (Coveney și Highfield, „**Frontiers of Complexity**” Fawcett, ). Ei fac distincția între complexitatea matematică, ce poate fi definită în funcție de numărul

de operații matematice necesare pentru a rezolva o problemă, și complexitatea științifică care este cea definită mai sus. Complexitatea matematică este un tip de complexitate extrem de utilă în știința calculatoarelor dar care nu are prea mult de-a face cu tipul de complexitate de care ne ocupăm.

Edward G. Wilson („**Consilience: The Unit of Science**”, Alfred Knopf Inc., New York, 1998), referindu-se la rolul pe care îl are știința complexității în realizarea unei unificări a științelor, arată că: „ *Cea mai mare problemă astăzi ... este descrierea completă și corectă a sistemelor complexe. Oamenii de știință au descompus multe tipuri de sisteme. Ei credeau că astfel pot să le cunoască elementele și forțele dintre acestea. Următoarea sarcină este să reasambleze aceste elemente, cel puțin în modele matematice care să surprindă proprietățile cele mai importante ale întregii mulțimi*”. Succesul într-o astfel de întreprindere, crede Wilson, va fi măsurat de puterea cercetătorilor de a prezice fenomenele emergente atunci când vor trece de la nivelele mai generale la nivelele particulare de organizare.

El definește teoria complexității ca fiind o „*căutare a algoritmilor utilizați în natură pentru a reprezenta caracteristicile comune mai multor nivele de organizare*”. Această teorie poate conduce la noi legi care țin seama de emergența unor fenomene care se petrec în celule, ecosisteme sau creierile umane.

Keneth Boulding, unul dintre marii oameni de știință din domeniul teoriei sistemelor, consideră că lumea înconjurătoare poate fi privită ca o ierarhie de sisteme, reprezentând opt nivele de complexitate: 1)



## *Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice*

obiecte cu structură statică; 2) procese dinamice din fizică și astronomie; 3) mecanisme de control ale sistemelor cibernetice; 4) celula ; 5) nivelul genetic sau al plantelor; 6) nivelul animal cu comportament orientat către supraviețuire; 7) nivelul uman; și 8) organizarea socială sau individuală bazată pe roluri. El propune o știință a complexității care să îmbrățișeze toate nivelele științei, începând cu studiul unei singure celule până la studiul societății. O astfel de teorie ar avea ca și concept fundamental un sistem deschis (din punct de vedere energetic) ale cărui proprietăți le regăsim pe oricare dintre nivelele de complexitate descrise mai sus. Conform opiniei sale, teoria sistemelor complexe „este preocupată mai mult cu problemele relațiilor, structurii și interdependenței decât cu atributele și proprietățile particulare ale diferitelor tipuri de obiecte.”

John H. Holland, un membru de seamă al Școlii de complexitate de la Santa Fe și unul dintre promotorii concepției științifice privind agenții și sistemele multiagent, în cartea sa „**Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity**”, începe cu descrierea elementelor de bază, agenți, meta-agenți și adaptare pentru a ajunge la ideea de sistem adaptiv complex care, după părerea sa, este caracterizat de patru proprietăți generale: agregare, neliniaritate, fluxuri și diversitate și mecanisme. El dezvoltă ideile de agenți adaptivi, reguli și emergență și, în final, propune un model software numit ECHO care se bazează pe situri, resurse de calcul și stringuri și pe care îl utilizează pentru a arăta, prin exemple simple, cum emerge o organizație complexă.

În opinia sa, suntem încă departe de o teorie a sistemelor adaptive complexe dar care s-ar putea baza în viitor pe interdisciplinaritate, experimente pe calculator, principiul de corespondență (Bohr) și o matematică a proceselor competitive bazate pe recombinație. „În final, avem nevoie de generalizări riguroase care definesc traiectoriile produse prin interacțiunea dintre competiție și recombinație... O matematică potrivită trebuie să se desprindă de metodele tradiționale și să accentueze caracteristicile persistente ale traiectoriilor evolutive departe-de-echilibru generate de recombinație.”

W. Brian Arthur, un alt lider al Școlii de la Santa Fe, vorbește despre trei moduri în care sistemele devin complexe atunci când ele evoluează („**On the Evolution of Complexity**” -- în **“Complexity” by Cowens, Pines and Meltzer (eds.)**, ). Mai întâi, el introduce „ecosistemele” care pot fi atât biologice (naturale) cât și organizaționale și în care indivizii găsesc nișe în cadrul unei rețele complexe pentru a supraviețui. Ca exemplu el utilizează industria transporturilor înainte și după apariția automobilului. Mai întâi, fabricile de harnașamente pentru cai, de roți pentru șarete etc. au exploatat nișele; apoi, după ce automobilul a fost inventat toate acestea au dispărut, dând impresia simplificării sistemului de transport ca după aceea să se constate că, dimpotrivă, acesta a devenit mult mai complex decât înainte. Brian Arthur spune: „ În sistemele evolutive, episoadele de simplificare sunt adeseori întrerupte de creșterea complexității și de stabilirea unor noi baze începând de la care complexitatea poate apoi crește”. În al doilea rând, Arthur introduce

„dependența structurală”, observând că pentru a îmbunătăți performanța unui sistem, trebuie adăugate noi subsisteme care fac ca întregul sistem să devină din ce în ce mai complex. În al treilea rând, el se referă la complexitate și evoluție prin „capturarea software-ului” ceea ce presupune un transfer de metode de la un domeniu la altul, ceea ce face ca sistemul să devină mai complex. De exemplu, introducerea modelelor cu derivative în domeniul piețelor financiare a crescut complexitatea piețelor respective până când acestea au ajuns prea complicate pentru a putea fi reglementate.

Una dintre cele mai importante contribuții la dezvoltarea teoriei sistemelor adaptive complexe o are Murray Gell-Mann (**Complex Adaptive Systems -- în „Complexity” de Cowens, Pines and Meltzer (eds.), 1995**). M. Gell-Mann are o concepție evoluționistă asupra sistemului adaptiv complex care parcurge, în opinia sa, un ciclu a cărui cunoaștere este necesară atunci când studiem un CAS, indiferent de natura sa fizică. *„Când punem întrebări generale despre proprietățile CAS, spre deosebire de științele specifice cum sunt știința calculatoarelor, imunologie, economie sau politică, o modalitate utilă de a proceda, în opinia mea, este să ne referim la părți ale ciclului CAS: I. Abordarea inițială, II. Identificarea regularităților percepute, III. Compresia într-o schemă, IV. Variația schemei, V. Aplicarea schemei în lumea reală, VI. Consecințele pentru lumea reală a presiunilor existente care afectează competiția dintre scheme, VII. Comparații la scalele timpului și spațiului, VIII. Includerea CAS în alte CAS, IX. Cazul special al apariției oamenilor în buclă (evoluție orientată, selecție artificială), și X. Cazul special al CAS*

*compozit constând din mai multe CAS (agenți adaptivi) construind scheme care descriu comportamentul fiecăruia în parte.”*

Fiecare dintre aceste etape ale ciclului CAS necesită aplicarea unor metode și tehnici de studiu care alcătuiesc astăzi științele complexității. Dar la aceste aspecte ne vom referi în capitolul următor.

### **2.3 Raporturile dintre Cibernetică și alte științe**

Se acceptă astăzi tot mai mult ideea că cibernetică nu este o singură știință, ci o metaștiință, din care a decurs grup de discipline științifice interdependente care au ca obiect comun de studiu sistemele complexe.

Stuart Kaufman a denumit această mulțime de discipline **științele complexității**, prevăzându-le totodată un rol dominant în evoluția științei secolului XXI. El afirma: *“secolul XXI va fi secolul științelor despre complexitatea organizată”* (S. Kaufman, 1993). Desigur că se referea la complexitatea organizată despre care vorbea Herbert Simon (1983), dezvoltând o idee a lui Denis Weaver introdusă în urmă cu 20 de ani.

Care sunt aceste științe ale complexității ce își revendică, explicit sau implicit, rădăcinile din cibernetică și Teoria Generală a Sistemelor a lui von Bertalanffy? O listă provizorie a lor este dată în continuare. De ce provizorie? Deoarece procesul de constituire a lor este în plină desfășurare și ne putem aștepta, an de an, la noi și noi intrări de discipline, la fenomene de grupare sau chiar de dispariție a unora dintre ele. Deci avem de-a face cu o listă deschisă și, chiar mai mult decât atât, cu o nouă sinteză a disciplinelor științifice derivând din cibernetică și TGS.

1) **Algoritmii Genetici:** Studiul utilizării unor programe de calcul bazate pe principii și operații adoptate din genetică (reproducere, mutație, selecție ș.a.) în vederea optimizării sau modelării sistemelor complexe. Metodă introdusă de John Holland la începutul anilor 1970.

2) **A-Life:** Studiul vieții ca patern utilizând automatele celulare în scopul studierii structurilor autoorganizatoare din cadrul sistemelor complexe. Domeniu de studiu inițiat de Chris Langton începând cu 1965.

3) **Autopoiesis:** Teoria asupra esenței care deosebește un organism viu de o entitate nevie. Ea sugerează că un organism viu poate fi interpretat ca un proces circular, autocatalitic având ca principal scop propria supraviețuire. Astfel, fenomenul de autoorganizare poate fi înțeles în termeni autopoietici. Teoria accentuează faptul că “închiderea” circulară a organismelor vii poate fi privită ca un “remediu” pentru accentul pus pe “deschidere” în teoria sistemelor deschise. H. Maturana și F. Varela sunt considerați întemeietorii teoriei autopoiesisului, uneori aceasta fiind denumită și cibernetica de ordinul doi.

4) **Biologia evoluționistă:** Teoria biologică a evoluției dezvoltată inițial de Charles Darwin încă acum 200 de ani, care studiază evoluția speciilor (apariția și dispariția acestora) prin mecanismele mutației aleatoare și al selecției naturale. Ea a constituit baza pentru înțelegerea actuală din teoria sistemelor complexe privind modul în care schimbările în organismele vii conduc la adaptarea lor la mediu. Printre liderii actuali ai științei se numără J. Monod și St. Kaufmann.

5) **Criticalitatea autoorganizată:** Teoria schimbărilor naturale abrupte care privește sistemele ca evoluând natural, într-o manieră autoorganizatoare, către o stare critică la care poate să apară o

schimbare bruscă (de exemplu cutremure, avalanșe, crize financiare profunde ș.a.). Considerate ca fiind “slab haotice”, astfel de sisteme au fost opuse unora denumite “puternic” haotice. Dezvoltată de Per Bak și Chao Tang.

**6) *Dinamica Sistemelor:*** Teorie și metodă de studiu a dinamicii sistemelor înțeleasă ca rezultatul unei rețele interconectate de bucle feedback pozitive și negative. Permițând reprezentarea prin diagrame a sistemelor dinamice de natură diferită (firme, piețe, sisteme ecologice ș.a.), ea ajută la identificare modului în care schimbări în anumite subsisteme sau părți ale acestora vor afecta alte subsisteme sau întregul sistem. Metoda a fost dezvoltată de Jay Forrester și a ajuns astăzi la un mare rafinament, dispunând de limbaje specializate de modelare cu ajutorul cărora se pot simula dinamici de sistem extrem de complicate (STELLA, POWERSIM etc.). Teoria dinamicii sistemelor a fost utilizată pentru a elabora modele de dinamică ale economiei mondiale, economiei orașelor, economiei companiilor etc., furnizând rezultate deosebit de valoroase privind evoluția acestor tipuri de sisteme.

**7) *Geometria fractală:*** Teoria privind reprezentarea obiectelor având dimensiuni fracționare și nu întregi, ca în geometria euclidiană. Dimensiunea fractală este o modalitate de a măsura complexitatea unui sistem dinamic și de a reprezenta atractorii stranii din cadrul acestuia. Creatorul acesteia, Benoit Mandelbrot, a arătat că geometria fractală poate fi utilizată pentru studiul dinamicilor complexe cum ar fi cele care sunt caracteristice piețelor financiare.

**8) *Teoria Rețelelor Booleene:*** Teoria privind modul de construire și proprietățile unor rețele ale căror noduri sunt conectate cu alte noduri pe baza anumitor reguli logice sau booleene. Ele pot fi utilizate pentru a studia procesele autoorganizatoare și emergența

acestora către structuri noi, neprevăzute. Modelele rețelelor booleene neuronale sunt utilizate pentru a genera așa-numitele “fitness landscapes” (peisaje fitness) care sunt reprezentări grafice ale valorilor unor funcții de fitness la diferite modificări ale mediului. Contribuții fundamentale la dezvoltarea acestei teorii a avut St. Kaufmann, unul dintre liderii Școlii de la Santa Fe.

**9) Sinergetica:** Studiul sistemelor și proceselor auto-organizatoare, care ia în considerare parametrii de ordine ai acestora, începând cu componentele de la nivelul de bază și până la cele aflate la nivelele superioare ale unor structuri emergente. Creatorul ei este savantul german Herman Haken.

**10) Teoria catastrofelor:** *Teoria matematică a schimbărilor discontinue în evoluția unui sistem modelat prin ecuații structurale. Catastrofele apar ca fiind determinate de parametri de control a căror schimbare conduce de la schimbări lente pentru valori mici la schimbări abrupte la valori critice mari. Ele indică punctele de bifurcație din sistemele dinamice.*

**11) Teoria haosului:** Studiul sistemelor dinamice caracterizate de sensibilitate la condițiile inițiale. Sistemele haotice sunt sisteme neliniare, interactive, având diferite tipuri de relații feedback între componente sau procese. Ele încep cu a fi deterministe, dar schimbări ale parametrilor lor de control conduc la apariția haosului. Creatorul teoriei haosului este meteorologul american Edward Lorenz.

**12) Teoria sistemelor adaptive complexe:** Studiul sistemelor complexe, neliniare, interactive care au capacitatea de a se adapta la un mediu în schimbare. Sistemele adaptive sunt caracterizate de un anumit potențial de auto-organizare și pot exista în medii neechilibrate datorită transformărilor continue pe care le suferă modelele lor interne relative la mediu.

**13) Teoria sistemelor departe-de-echilibru:** Studiul proceselor și sistemelor auto-organizatoare dintr-o perspectivă termodinamică. Sistemele auto-organizatoare sunt denumite structuri disipative și ele au tendința de a se opune, prin modificări de structură sau prin schimbul informațional cu mediul, efectelor pe care le are creșterea entropiei.

**14) Teoria sistemelor dinamice:** Disciplină care studiază evoluția în timp a sistemelor descrise de modele cu ecuații diferențiale sau cu diferențe finite. Sistemele dinamice sunt, de obicei, considerate sisteme deterministe, deși pot fi influențate de evenimente aleatoare.

Ceea ce unește aceste discipline, în afara originii lor comune, este obiectul de studiu, sistemul complex, abordat însă cu metode diferite, din unghiuri de vedere diferite, în scopuri diferite.

Nu știm cât va dura acest proces de sinteză și unde va ajunge el. Dar deja implicațiile pentru dezvoltarea în continuare a ciberneticii sunt imense, atât de mari încât, poate, însăși definiția dată de Norbert Wiener ar trebui schimbată. Cu toate că, după aprecierea noastră, chiar și această definiție a fost incomplet înțeleasă și exploatată științific, mai ales partea a doua a ei referitoare la comunicarea la ființe și mașini.



## **2.4 Cibernetica de ordinul trei și implicațiile ei asupra științei economice**

Pentru a putea face o evaluare corectă a progresului înregistrat în teoria economică în urma utilizării paradigmei complexității și conceptelor încorporate Științelor Complexității și ciberneticii de ordinul trei trebuie să pornim de la ipotezele și concepțiile neadecvate care stau la baza economiei neoclasice.

Într-o lucrare a grupului de la Santa Fe, Arthur, Durlauf și Lane (1997) sintetizează cel puțin șase motive pentru care teoria economică actuală ar trebui schimbată. Aceste motive sunt formulate în mod pozitiv, în sensul că ele reprezintă proprietăți ale sistemelor economice care nu sunt luate în considerare de teoria economică actuală, dar care ar putea fi încorporate, în condițiile fundamentării acestora pe principiile sistemelor adaptive complexe. Aceste motive sunt următoarele:

1) Comportamentul economiei este determinat de interacțiunea și conectivitatea dintre o multitudine de agenți distribuiți și eterogeni (gospodării, firme, bănci, agenții ale statului ș.a.);

2) Economia nu are un organism de control global, ci este controlată prin mecanismele de competiție și cooperare care se creează între agenți;

3) Economia are o organizare de tip ierarhic încrucișat și chiar recursiv. Unitățile (elementele) de la un nivel includ agenți și interacțiuni care sunt componente (unități) ale nivelului următor;

4) Economia se află într-o stare de continuă adaptare, agenții modificându-și permanent comportamentul și produsele;

5) Există o noutate permanentă determinată de apariția de noi piețe, tehnologii, comportamente și instituții;

6) Acești factori produc dinamici departe-de-echilibru, datorită cărora economia nu se află niciodată la echilibru sau într-un optim global. Noi îmbunătățiri și oportunități sunt întotdeauna prezente.

Economia precum și diferite componente ale acesteia au toate caracteristicile unui sistem adaptiv complex. Este o concluzie care poate avea consecințe profunde asupra teoriei economice, dar care nu a fost și nu este acceptată cu prea multă ușurință. Dar știința economică nu se află la primul eveniment de acest fel. Trebuie reamintită opoziția îndârjită a economiștilor clasici, în frunte cu A. Marchall, atunci când a fost formulată concepția keynesiană, ce urma apoi să domine gândirea economică până la apariția monetarismului anilor '60 și care încă, în diverse forme, constituie și astăzi o concepție economică acceptată. Numai succesul pe care l-au avut politicile macroeconomice intervenționiste, recomandate de Keynes pentru scoaterea economiilor țărilor dezvoltate din criza declanșată de consecințele primului război mondial, a reprezentat punctul critic al acceptării noii teorii.

Criza actuală din economie este, poate, mult mai profundă, deși cauzele sunt diferite. După cum atrage atenția pe bună dreptate Fritjof Capra: *„Câteva decenii după al II-lea Război Mondial, modelul keynesian al economiei capitaliste, bazat pe un contract social între capital și muncă și pe reglajul fin al ciclurilor de afaceri din economia națională prin măsuri centralizatoare, mărirea sau micșorarea ratei dobânzilor, reducerea sau sporirea impozitelor etc. a avut un succes remarcabil, aducând prosperitate economică și stabilitate socială pentru majoritatea țărilor având economii de piață mixte. În anii '70 însă, modelul și-a atins limitele conceptuale.”* (F. Capra, 2004).

Deși mulți economiști recunosc, explicit sau implicit, acest lucru, nu se poate spune că ideile și concepțiile despre o nouă economie sunt prea numeroase.

Întrebarea care se pune este dacă teoriile privind sistemul adaptiv complex, dezvoltate până în prezent, pot oferi un fundament teoretic solid pentru elaborarea unei noi teorii economice, adecvată proceselor de rapidă schimbare a relațiilor de producție și sociale la care asistăm în prezent. Tot F. Capra spunea: *„Noua economie constă dintr-o meta-rețea globală de interacțiuni tehnologice și umane complexe, implicând multiple bucle de feed-back care operează departe de echilibru și produc o diversitate nesfârșită de fenomene emergente. Creativitatea, adaptabilitatea și capacitățile sale cognitive amintesc fără îndoială de rețelele vii, dar ea nu prezintă stabilitatea care este una dintre proprietățile cheie ale vieții. Circuitele de informație ale economiei globale operează la o asemenea viteză și folosesc o asemenea multitudine de surse încât trebuie să*

## *Capitolul 2 – Obiectul și metodele ciberneticii economice*

*reacționeze constant la un torent de informații, iar sistemul ca întreg ajunge să scape de sub control.” (F. Capra, op. cit.).*

Nici nu se poate o descriere mai bună a economiei globale actuale, la care trebuie adăugate însă elementele de impredictibil și haos care pot oricând să se transforme în crize și catastrofe majore, cu efecte în lanț asupra tuturor economiilor naționale.

Din această perspectivă, concepțiile economice actuale, cu toate încercările de modernizare a lor, anunțate de prefixul „neo”, nu sunt decât palide încercări de a surprinde o realitate care este prea dinamică și complicată pentru a încăpea în niște scheme și modele rigide, de multe ori statice și complet lipsite de imaginație.

Cu toate acestea, nu putem afirma că Științele Complexității pot începând de acum să-și asume pe deplin sarcina de a descrie și interpreta procesele și fenomenele economice. Ceea ce le lipsește este o metodologie unitară, acceptată în toate domeniile științifice care se ocupă de sistemul adaptiv complex, metodologie de la care să se înceapă adevărata reconstrucție a teoriei economice a viitorului. Încercări în acest sens au început să apară; am amintit deja lucrarea „*A New Kind of Science*” a lui Stephan Wolfram, apărută în 2002, dar, după cum am mai spus, aceasta încă nu a reușit să câștige o apreciere unanimă, cu toate eforturile întreprinse de autor.

O altă încercare o constituie elaborarea ciberneticii de ordinul trei, proces început după anul 2000 de o serie de oameni de știință (S. Uempleby, F. Heylighen, F. Geyer, C. Joslyn, ș.a.), care are ca principal obiectiv realizarea unei sinteze dintre principiile ciberneticii și noile

teorii ale complexității, știind faptul că sistemele adaptive complexe sunt și sisteme cibernetice.

Deci cibernetica de ordinul trei (sociocibernetica) creează cunoaștere pentru ca aceasta să poată fi utilizată în vederea atingerii unor scopuri umane. Teoriile și ideile sociale, care le includ și pe cele economice, nu reprezintă altceva decât instrumente și mijloace ale schimbării și transformării sociale. Dacă vrei să perfecționezi un sistem social, de exemplu economia națională, atunci elaborezi o teorie mai bună asupra modului în care ar trebui să funcționeze aceasta, după care transformi economia în concordanță cu teoria sau modelul respectiv.

În acest fel, nu numai economia în ansamblul său, dar și teoriile și modelele care încearcă să o interpreteze ar fi într-o continuă transformare și perfecționare. Am avea, de fapt, *două sisteme adaptive complexe, unul constând din economia reală iar celălalt conceptual (virtual)*, care se influențează și intercondiționează pe măsură ce evoluează împreună într-un mediu complex. Evident că o astfel de utilizare a științelor complexității în domeniul economic nu reprezintă decât o ipoteză ce poate sau nu să devină reală. Dezvoltarea sistemului adaptiv complex pe care îl reprezintă știința în general, și știința economică în particular va arăta, mai devreme sau mai târziu, dacă ipoteza formulată este adevărată.