

1 Folosirea limbajului matematic

Înțelegerea modului de funcționare a sistemului nervos a făcut un pas important înainte prin folosirea conceptelor și modelelor cibernetice. Acest pas realizat la mijlocul secolului XX datorită în special lui Norbert Wiener¹ a dus la un nou demers în domeniul științelor creierului și la fondarea **neurociberneticii** și a **psihociberneticii**.

Apariția acum 65 de ani și dezvoltarea ciberneticii a fost un eveniment deosebit de important în istoria științelor care a dus la adoptarea unor noi paradigme ce pot fi considerate revoluționare. Ceea ce este important este și faptul că noile orientări nu s-au rezumat doar la un singur domeniu. Din matematică și tehnologia electronică cibernetica s-a extins repede în biologie, psihologie, sociologie, economie și chiar și în filozofie și politică. Cibernetica a modificat radical biologia modernă mai ales în ceea ce privește modul de organizare și funcționare a sistemului nervos, a celui endocrin și a celui imunologic dar și a geneticii.

Unul din pașii importanți ai demersului cibernetic a fost *folosirea sistematică a limbajului matematic și a logicei matematice în domenii noi ca biologia, psihologia sau sociologia* ceea ce a fost o noutate greu acceptată de mulți cercetători. Medici mari, biologi cunoscuți și psihologi renumiți inițial au considerat „invazia matematicii” drept o agresiune împotriva lor. Este în fond extinderea la nivelul acestor discipline a conceptului de **mathesis universalis**² pe care-l datorăm lui Descartes în „Les Règles pour la direction de l'esprit” (Regulae ad directionem ingenii, 1628 - 1629) dar și lui Leibniz (tot din secolul XVII) potrivit cărora toate realitățile lumii pot fi și trebuie descrise cu ajutorul matematicilor care operează ca un limbaj artificial universal fără echivocuri sau ambiguități, mult mai precis decât limbajele naturale.

Necesitatea unei limbi universale (de tipul matematicilor) pentru cunoașterea și descrierea lumii e mai veche încă din secolul V d.H. când a fost schițată de Proclus. Oameni de cultură și de știință ca Marsile Ficin, Nicolaus de Cusanus, Leonardo da Vinci, Nicolae Copernic, Ramus (Pierre de la Ramee), Paracelsus, Galileu și Kepler au fost preocupați de această problemă.

¹ Wiener Norbert *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, MIT Press (1948)

² Heinrich Scholz: *Mathesis universalis*. Schwabe (1961).

³ Bertalanffy Ludwig von *Allgemeine Systemtheorie. Wege zu einer Mathesis universalis* în *Deutsche Universitätszeitung* 5/6 p. 8-12 (1957)

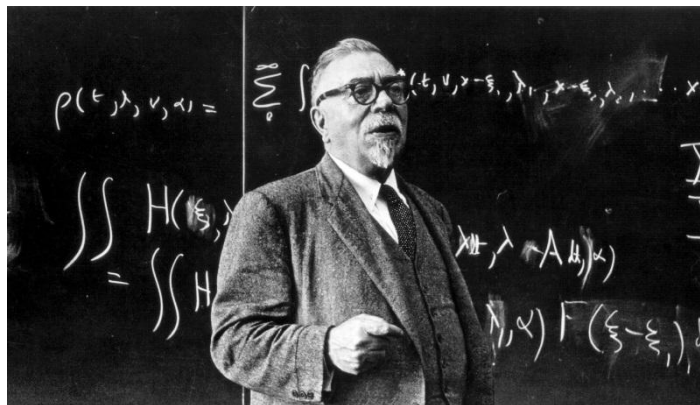


Fig 1 Norbert Wiener

Structura matematică a lumii este o caracteristică generală care s-a aplicat și proceselor de cunoaștere sub forma aceluiași calculus ratiocinator a lui Leibnitz sau a calculului logic. Sunt gânditori care afirmă că o știință care nu poate fi *formalizată* (adică matematizată) nu este știință.

Sub presiunea ciberneticii și a informaticii științele contemporane au putut preciza că „natura știe matematică”. Gh Păun în discursul său de recepție la Academia Română⁴ a dezvoltat amplu această idee „Biologia modernă trebuie abordată și în termeni computaționali”. Așa s-a născut conceptul de **calcul natural**. Există chiar modele și tehnici de calcul inspirate de dinamica materiei vii. E vorba în special de procesări de informație (G Rozemberg și col 2012)⁵. Abordarea clasică a biologiei numai în termeni fizico chimici trebuie completată.

De exemplu „neuronul numai poate fi descris numai ca o celulă specializată în care au loc mii de reacții chimice și de evenimente fizice care îi permit să trăiască și să-și exercite funcțiile. El funcționează descifrând informația genetică din ADN de unde ia instrucții precise, eventual etichetate și apelate prin etichetele respective”¹, primește informații din exterior pe care le procesează și stochează și emite informații făcând calcule și utilizând limbaje. În afară de procesarea informațiilor care reprezintă funcția sa, neuronul mai este locul unde pe nenumăratele sale membrane intracitoplasmice au loc procese metabolice complicate cu feedback în care intervin tot felul de calcule.

Capacitățile computaționale ale neuronilor, și în general ale celulelor sunt astăzi folosite pentru a realiza o nouă clasă de calculatoare diferită de cea a calculatoarelor electronice în care se utilizează moleculele de ADN (sistemul H inițiat de Tom Head în 1987) sau membranele celulare (membrane computing system sau system P) domeniu de care s-a preocupat Gh Păun⁶.

Una din cele mai importante utilizări ale matematicilor a fost creierea de **modele abstracte** ale realităților biologice sau psihologice. Acestea redau și structura diferitelor dispozitive cibernetice (naturale și artificiale) și activitățile lor. Ele se referă la date, la procesări și la fluxul informațiilor. Un model matematic

⁴ Gh Păun Căutând calculatoare în celula biologică după douăzeci de ani *Academica* nr11-12 anul XXIV 63-74 (2014)

⁵ G Rozemberg, T Băck și J Kok *Handbook of natural computing* Springer (2012)

⁶ Gh Păun și C. Calude *Computing with Cells and Atoms. An Introduction to Quantum, DNA and Membrane Computing* Francis and Taylor, London, (2000).

este descrierea unei realități din Univers folosind conceptele și limbajul matematic

Modelele matematice pot fi lineare sau nonlineare, deterministe sau probabiliste, statice sau dinamice, explicite sau implicite, discrete sau continue, deductive, inductive sau fluctuante. Pot fi exprimate prin ecuații integro-diferențiale, ecuații caracteristice, diagrame, grafuri, scheme bloc, etc. Ele cuprind variabile și operatori

Modelele matematice sunt „obiecte abstracte” *pe care se poate și experimenta* iar rezultatele respective pot apoi fi extrapolate obiectelor reale la care se referă

De asemenea modelele matematice permit descoperirea unor *date noi* (abilități, operații caracteristici etc) care nu pot fi descoperite empiric prin simplă observație. Pot servi și pentru *a face previziuni* asupra comportamentului sistemului natural sau artificial considerat după ce este pus în situații noi

Modelele matematice pot *introduce simplificări* ale realității pentru a facilita cercetarea

Astfel se pot face reduceri „de la non-linear la linear, de la dinamic la static, de la implicit la explicit, de la probabilistic la deterministic, de la continuu la discret. Putem avea modele de tip cutie neagră când dispozitivul modelat nu este „transparent” sau de tip cutie albă când dispozitivul este transparent

Totodată dacă două structuri diferite au același model matematic cele două obiecte reale sunt analoge și unul poate fi considerat un model concret al celuilalt

Modelarea matematică s-a dezvoltat mult în ultimele decenii. Astăzi există o teorie a modelării ^{7,8}. Ea a fost și este un instrument de lucru indispensabil pentru analiza diferitelor structuri informaționale naturale sau artificiale. Ea a dus la progrese importante în domeniul științelor creierului (a neurobiologiei, ci psihologiei)

Una din metodologiile cele mai eficiente a fost și este și **modelarea în general** nu numai cea matematică și toate științele exacte folosesc ca instrument de cercetare modelarea. Pentru cibernetică modelarea a fost și rămâne un mijloc de cercetare esențial

2 Conceptul și teoria informației

Alt pas important a fost folosirea *conceptului de informație*. Acesta se referă la procesele de comunicare dar și la înțelesul (**semnificația**) pe care-l conține (sau transmite) o **comunicare**

Termenul de informație se referă în primul rând la ceea ce transportă o comunicare. O comunicare este un proces în cursul căruia anumite evenimente fizice sau chimice trec de la o sursă la un destinatar dar care conțin prin modul cum sunt structurate o semnificație, un înțeles, o informație

⁷ Hodges, Wilfrid A shorter model theory. Cambridge: Cambridge University (1997).

⁸ C. C. Chang (en) et H. Jerome Keisler (en), Model Theory, Elsevier, coll. « Studies in Logic and the Foundations of Mathematics », (1990)

Această informație este „atașată” substratului material format de evenimentele ce constituie comunicarea. Cuvintele „afară plouă” sunt din punct de vedere fizic o secvență de vibrații sonore care constituie comunicarea. Ele transportă (din ele emerge) informația că afară plouă, ceea ce este cu totul altceva. Menționăm că informația respectivă este diferită și de evenimentele pe care le relatează. După cum se vede, informația este *diferită* și de comunicarea care este doar un vehicul, și de realitatea pe care o exprimă. Acest lucru îi conferă un fals parfum de transcendență care a fost speculat de mulți.

Evenimentele materiale ce alcătuiesc o comunicare sunt un **simbol** al înțelesului pe care-l transportă sau exprimă.

Cibernetica a permis o descoperire esențială (chiar revoluționară) și anume a precizat că *ceea ce se transmite prin rețele neurale (ceea ce se numește fluxul nervos) sunt semnale electrice sau chimice* **purtătoare de informație**. Azi această aserțiune pare trivială. La mijlocul secolului XX a schimbat radical modelele existente ale funcționării sistemului nervos. Astăzi *sistemul nervos este definit ca un dispozitiv biologic care recepționează, transmite, procesează, stochează și emite informații*.

2.1 Dispozitive de informație

Orice comunicare presupune un dispozitiv informațional care este o structură fundamentală pentru cibernetica sistemului nervos. Acest model a fost definit de C. E. Shannon⁹. Astfel, Shannon, un inginer la compania Bell de telefoane, a transformat radical biologia modernă în general și mai ales neurobiologia.

Un dispozitiv informațional poate fi descris de figura 2.

El cuprinde cinci componente:

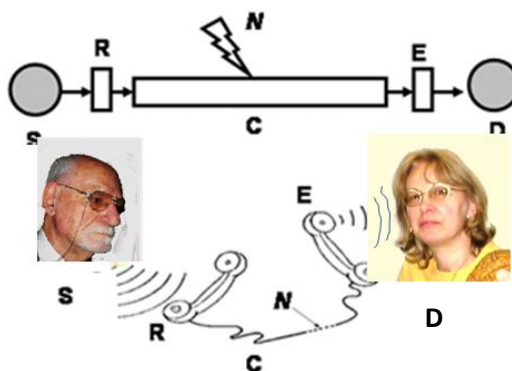


Fig 2 Dispozitiv informațional

- 1) O **sursă** (S) care generează comunicarea
- 2) Un **destinatar** (D) care primește comunicarea

⁹ C.E. Shannon et W. Weaver : The mathematical Theory of communication, University of Illinois, Urbana III, (1949.)

3) Un **canal** (C) în lungul căruia (sau prin care) comunicarea se transmite
La acestea se adaugă în general

4) Un **traductor de intrare** sau **receptor** (R) prin care comunicarea trece de la sursă în canal (de ex un microfon)

5) Un **traductor de ieșire** sau **efector** (E) prin care comunicarea ajunge din canal la destinatar (de ex un difuzor)

Dacă dispozitivul nu este teoretic (formal, abstract) ci real (de exemplu o legătură telefonică) dispozitivul de comunicare este parazitat de diferiți factori perturbatori care sunt denumiți **zgomote** (**.noise**) (N)

Orice comunicare este alcătuită dintr-o mulțime de evenimente sau elemente care se numesc **semnale** (literele unei comunicări scrise, fonemele unei comunicări orale, etc)



Fig 3 Claude Shannon

Fiecare dispozitiv de comunicare are semnalele lui în funcție de structura lui. În sistemul nervos cercetările actuale au precizat că există două categorii de semnale: unele electro-ionice reprezentate de variațiile potențialului electric al membranelor neuronale și evenimentele chimice din sinapse.

O comunicare presupune o grupă de semnale. Aceste grupaje de semnale transmise se numesc **mesaje**. De aici rezultă că *orice comunicare este formată din unul sau mai multe mesaje, fiecare format din semnale*. Deci *activitatea sistemului nervos se bazează pe mesaje* formate din semnale fizice (potențiale de acțiune) și chimice (neurotransmițători și neuromodulatori).

2.2 Teoria Informației

O comunicare poate fi analizată din diferite puncte de vedere care definesc fiecare câte un plan din structura teoretică a unei comunicări (vezi fig 4)

În dispozitivele de informare reale naturale sau artificiale la nivelul canalului se produc evenimentele fizice sau chimice care constituie suportul material al comunicării și implicit al informării. *Orice comunicare, orice informare reală (naturală sau artificială) are un suport material*

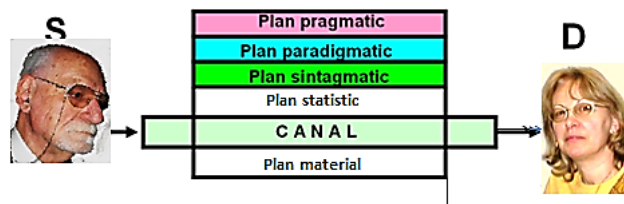


Fig.4 Structura formală a unei comunicări

*Structura materială fizicochimică, forma și mărimea semnalelor definesc **planul material(energetico-substanțial)** din canalul care transmite comunicarea*

Semnalele pot fi de mai multe feluri

Semnale fizice(electrice,optice,sonore,mecanice,termice etc.)

Semnale chimice(olfactive,gustative,hormonale,neurotransmițători,molecule de ADN,gaze etc.)

Semnale continue(analogice)în care suportul material fizic sau chimic respectiv variază fără întreruperi ca de exemplu mersul acelor unui ceasornic,variația continuă a a voltajului unui curent electric etc.)

Semnale discontinue (discrete)în care suportul material respectiv este întrerupt ca de ex indicațiile cifrice ale unui ceas numeric literele de tipar ale unui text, impusurile unui axon

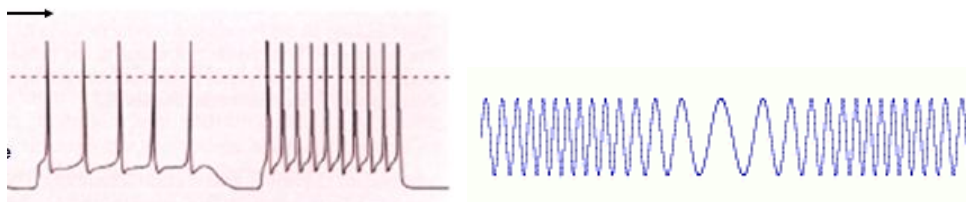


Fig 5 Modulare în frecvență

Semnale modulate în frecvență în care ceea ce se ia în considerare este frecvența evenimentului considerat (d ex potențialele de acțiune de pe axonii neuronilor) unde impulsurile sunt toate egale dar frecvența lor este diferită În televiziune și în radiofonia (FM)semnalele folosite sunt tot modulate în frecvență (fig 5)

Semnale modulate în amplitudine în care ceea ce se ia în considerare este intensitatea semnalului sau amplitudinea sa (de ex potențialele de acțiune din membranele postsinaptice sau din membrana corpului neuronal)Semnalele nu sunt egale;unele sunt mai intense sau mai ample În radiofonia AM se folosesc astfel de semnale ca și în telefonie(fig 6)

Semnale periodice

Semnale aperiodice

Semnale pulsatile(ca impulsurile axonale ale neuronilor)

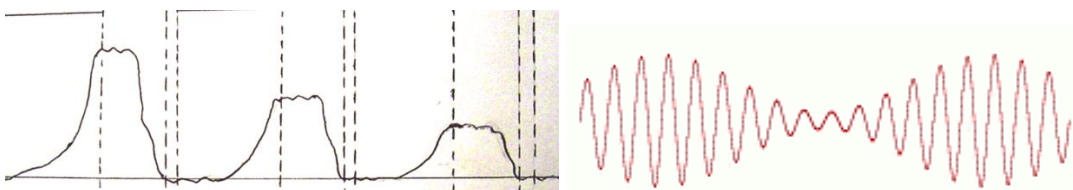


Fig.6 Modulare în amplitudine

Semnale digitale (binare)în care evenimentele respective nu pot avea decât una din două valori posibile,Nu există în biologie dar sunt foarte mult folosite în informatică

O comunicare e formată dintr-o mulțime de semnale $I = \{i\}$ Tipurile de semnale care formează o comunicare sunt diferite($i_1, i_2, \dots, i_n$) De exemplu diferitele litere ale alfabetului,diferitele foneme ale unei limbi.) De asemenea fiecare din diferitele tipuri de semnale se găsește în general într-o comunicare(într-un

mesaj) în număr diferit De exemplu într-o propoziție numărul diferitelor litere este diferit Unele din ele se găsesc mai frecvent în comunicarea respectivă ,deci au o probabilitate $p(i)$ mai mare,iar altele se găsesc mai rar ,deci au o probabilitate $p(i)$ mai mică Este meritul lui Shannon¹⁰ de a fi folosit aceste probabilități pentru a caracteriza o comunicare și a o măsura *Abordarea aceasta probabilistă sau statistică definește **planul statistic** al unei comunicări*

Shannon a definit o măsură(H) a unei comunicări pe care a numit-o *cantitate de informare* Este vorba de o expresie logaritmică(în bază de 2)

$$H = - \sum_{i=1}^{i=n} p(i) \log_2 p(i)$$

(H este negativul sumei produselor probabilităților tipurilor de semnale dintr-un mesaj cu logaritmul în bază de doi a probabilităților respective)¹¹

Ludwig Boltzmann și J. Willard Gibbs au stabilit că această măsură are aceiași expresie matematică cu entropia din termodinamică Din acest motiv *cantitatea de informație a lui Shannon a fost denumită **entropie informațională*** Unii o numesc și **negentropie**(entropie negativă¹²)

Modelul lui Shannon a fost precedat de cel al lui Ralph Hartley(1928)¹³ Hartley este primul care a folosit conceptul de informație De aceea mulți denumesc teoria lui Shannon ,**teoria Harley-Shannon**

Cred că primul cititor al teoriei informației poate fi socotit Harry Nyquist care în 1924¹⁴ a făcut prima analiză matematică a transmiterii informației printr-un canal telegrafic

Nu trebuie să uităm și contribuția mare a lui A Kolmogorov ¹⁵(Teoria informației algoritmice,complexitatea lui Kolmogorov)

La noi în țară Octav Onicescu a definit o altă caracteristică probabilistică a transmiterii de informații denumită **energie informațională** care este mai simplă asupra căreia nu vom insista

Pornind de la modelul lui Shannon s-a ajuns a se stabili unități de măsură a informației. Dacă baza de logaritmare este 2 *unitatea respectivă se numește **bit***¹⁶;

Dacă baza de logaritmare este 3, unitatea se numește **trit**;dacă este 10 unitatea se numește **dit** sau **decit** iar dacă baza este e unitatea de măsură se numește **nit,nat** sau **nepit** **Byte**-ul este o măsură ce corespunde la 8 biți,iar **nibble** una ce corespunde la 4 biți.

Grație modelului lui Shannon este posibilă o anumită abordare cantitativă a comunicărilor extrem de utilă pentru inginerii de telecomunicații dar și pentru neurobiologi și neuropsihologi

Lingviștii s-au preocupat și ei de *aspectele statistice* ale limbajelor umane vorbite și scrise Au și descoperit unele legi statistice ca legea lui Estup sau legea lui Zipf .Edm Nicolau a formulat și el o lege statistică a limbii române

¹⁰ Shannon Cl: A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, Vol. 27,. 379–423, 623–656, (1948.)

¹¹ Demonstrația matematică făcută de Shannon este elegantă dar nu-și are locul în această carte

¹² În realitate expresia este pozitivă căci semnul negativ pozitivăză expresia care este negativă

¹³ R.V.L. Hartley, "Transmission of Information", Bell System Technical Journal, (1928)

¹⁴ Nyquist, Harry. "Certain factors affecting telegraph speed". Bell System Technical Journal, 3, 324–346, (1924)

¹⁵ Kolmogorov, A. "Logical basis for information theory and probability theory". IEEE Transactions on Information Theory 14 (5): 662–664(1968).

¹⁶ Tukey a lucrat sub conducerea lui J v Neumann.El a inventat denumirile de bit (1943) și de software (1958)

Analizele cantitative au evidențiat că unele comunicări(sau mesaje)au mai multe semnale decât este strict nevoie .Acest surplus de semnale se numește **redundanță**. De exemplu noi nu vorbim sau scriem cu prescurtări sau cu un limbaj telegrafic ci folosim mesaje verbale(sintagme)mult mai bogate Redundanța se calculează cu diferite formule care fac apel la entropia informațională Pleonasmul este un exemplu tipic de redundanță lingvistică

Redundanța lungeste mesajele și/sau mărește costul transmiterii lor De exemplu uneori se folosesc repetări succesive ale mesajului Alteori se trimite mesajul în paralel pe mai multe canale

Redundanța este de multe ori necesară Ea sporește inteligibilitatea mesajului în caz de perturbații aspect care justifică larga ei folosire atât în dispozitivele de informare naturale cât și în cele artificiale De exemplu când există un zgomot parazit în telefon repetăm cuvintele sau propozițiile de mai multe ori În limbajele vorbite și scrise redundanța(prin repetări,expresii estetice,figuri de stil etc) permite personalizarea și înfrumusețarea textelor mai ales a celor literare Este o *redundanță prin repetare sau colaționare*

S-a putut demonstra că pentru a lupta împotriva perturbațiilor este util ca un proces să se efectueze în mai multe structuri paralele J v Neuman a menționat că siguranța operațiilor unui calculator este asigurată dacă operațiile sale se fac concomitent în minimum trei dispozitive paralele care apoi își compară rezultatele și adoptă varianta care se găsește în trei sau două din dispozitivele respective Probabilitatea ca aceiași eroare să se producă în același timp în două dispozitive paralele este foarte mică iar în trei și mai mică Este o redundanță *prin exces de dispozitive sau canale*

În sistemul nervos mesajele sunt redundante Ele sunt transmise prin *mai multe canale paralele* Unde este nevoie de un număr anumit de neuroni sau axoni găsim implicați *un număr considerabil mai mare de neuroni și axoni* Este vorba de o redundanță structurală care asigură funcționarea sistemului nervos cu toată masiva depopulare neuronală care se produce odată cu îmbătrânirea creierului,sau în cazul unor leziuni destructive Natura a inventat (construit)un dispozitiv foarte redundant pentru a-și asigura o stabilitate funcțională față de agresiunea perturbațiilor și a destrucțiilor eventuale

Redundanța este prezentă și în genetică O genă sau o componentă a unei gene pot fi prezente repetate de un număr uneori foarte mare de ori

Există tehnici numite de compresiune care caută să elimine redundanța din mesaje după cum există tehnici de creștere a redundanței De exemplu există o tehnică de control a mesajelor prin redundanță când se adaugă mesajelor respective o serie de semnale de control(„checksum”)

În ultimă analiză redundanța este ceea ce poate fi eliminat dintr-un mesaj fără ca acesta să piardă ceva din informație(din semnificație)Redundanța este ceea ce este de prisos ceea ce este superfluu într-o comunicare

Am mai spus că în dispozitivele reale de comunicare(sau informare) naturale și artificiale comunicările(mesajele) pe lângă semnalele strict necesare și cele redundante conțin și evenimente care parazitează numite **perturbații** sau **zgomote**. Ele sunt inevitabile și trebuie luate în considerare. De aceea într-un dispozitiv informațional **raportul S/N** în care S reprezintă semnalele iar N zgomotele¹⁷ este foarte important. Pentru ca transmiterea comunicării să fie eficientă trebuie ca acest raport să depășească o anumită valoare critică.

Tot Shannon în a doua sa teoremă din teoria informației, așa numită „noisy-channel coding theorem” a matematizat modul de funcționare al unui dispozitiv informațional perturbat. El a definit **capacitatea unui canal (C)** drept limita superioară a cantității de informare ce poate fi transmisă eficient pe unitatea de timp prin canalul respectiv:

$$C = B \log_2(1 + S/N)$$

În care S este numărul semnalelor și B o constantă (lărgimea bandei de frecvență). Această capacitate depinde de raportul S/N sau mai exact de $\log_2(1 + S/N)$ în care N este perturbația.

Capacitatea mai poate fi exprimată prin expresia:

$$C = \max_{p(x_i)} I(X, Y)$$

În care se vede că C depinde de mulțimea X a semnalelor de intrare, mulțimea Y a semnalelor de ieșire iar I este distribuția de probabilități a semnalelor de intrare și de informația mutuală care exprimă dependența mutuală dintre variabilele x și y:

$$I(X; Y) = \sum_{y \in Y} \sum_{x \in X} p(x, y) \log \left(\frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \right),$$

Capacitatea C este exprimată în biți pe secundă.

Noțiunea de capacitate a unui canal este extrem de importantă în ingineria informatică dar și în neurocibernetică. De exemplu a permis să evidențieze un aspect extrem de interesant. Capacitatea maximă a conștiinței, sau a fluxului informațiilor conștiente este în jur de 10^2 biți/sec în timp ce fluxul informațiilor ce ajung în sistemul nervos prin diferiții receptori este de circa 10^9 biți/sec. Această diferență se realizează printr-o *strangulare* (un *gât de sticlă*) a traficului de informații.

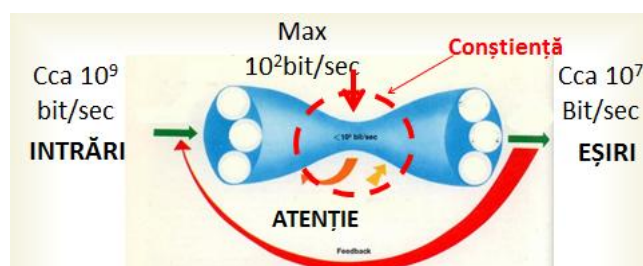


Fig 7 Strangularea fluxului de informații conștiente¹⁸

Strangularea fluxului de informații impune o **selectare** a semnalelor ce vor fi conștientizate. Această selectare definește **atenția**. Ea reduce fluxul informațiilor spre conștiință ca pe un fel de spot supus unui zoom negativ¹⁹.

¹⁷ N de la Noise (zgomot în engleză)

¹⁸ Heiner Legewie și Wohlfraim Ehlar. Knaurs Moderne Psychologie. Droemer Knaur München (1972)

¹⁹ Eriksen, C; St James, J. "Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model". Perception & Psychophysics 40 (4): 225–240. (1986).

Selectarea poate acționa atât pe procese perceptive cât și pe cele cognitive, pe semnale venite de la receptori dar și ecforate din memorie

Selectarea nu este aleatoare ci inteligentă Ea se face în funcție de unii parametri ca, intensitatea, calitatea și ,noutatea semnalului sau de conotațiile semantice motivaționale sau emoționale ale semnalului respectiv Selectarea depinde însă și de stările sistemului (de starea de vigilență, starea emoțională și motivația) În afară de rolul factorilor prosexigeni atenția mai este influențată de *perturbațiile* inevitabile De aceea în cursul procesului de selectare se produce și un proces complex de degajare a semnalelor utile din zgomot dar și o *prelucrare chiar semantică a stimulilor care are loc înainte și în timpul de selecție* (Broadbent)²⁰

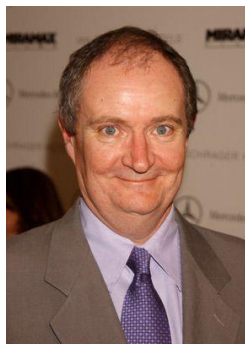


Fig 8 J Broadbent

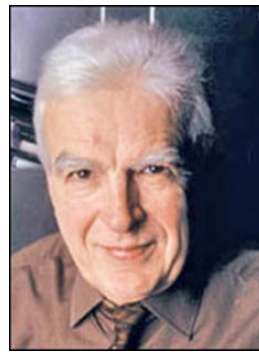


Fig 9 Collin Cherry

Aceste procesări sunt extrem de importante dar și foarte complicate de exemplu în *problema cocktailului* descrisă de Collin Cherry în 1953²¹ când trebuie să conștientizezi și să percepi doar pe un singur vorbitor în contextului tumultului creat de zeci de vorbitori dintre care unii chiar vorbesc mai tare decât cel selectat

Toate acestea au dus la interpretarea atenției ca un mecanism de **selectare inteligent** (nu aleator)

Când concurează multe mesaje sistemul *se poate comuta* rapid de la unul la altul potrivit modelului „time sharing” din tehnica telefoniei astfel încât sistemul poate trata informațiile din mai multe surse

Problema atenției simultane (a atenției multiple) este încă departe de a fi clarificată

Problema atenției este complexă deoarece observațiile psihologice arată că selectarea nu este binară: *trece sau nu trece* Filtrul uneori nu oprește semnalul ci doar îl împinge într-un con de umbră Ajunge **atenuat** vag pe un plan secundar

Procesul de filtrare al informațiilor se face la nivele multiple pe căile diferiților analizatori senzitivosenzoriali începând cu receptorii periferici a căror prag este modificabil prin comenzi centripete Probabil că el se efectuează în special în ariile corticale receptiv primare și secundare (eventual terțiare) și în regiunea prefrontală dorsolaterală Un rol important îl are și talamusul mai ales pentru filtrarea semnalelor dureroase (nociceptive)

²⁰ Broadbent, D Perception and Communication. Pergamon Press London: (1958)

²¹ Cherry, Colin On human communication. MIT Press. (1966).

Structurile și modul de operare al dispozitivelor neurale ale atenției sunt determinate genetic. De aceea există o tipologie a lor. Ele însă pot fi modulate (chiar modificate) prin învățare. Factorii culturali au și ei un rol important.

2.3 Zgomote, Perturbații, Erori, Fiabilitate

Una din cele mai importante probleme din cibernetica dispozitivelor reale este prezența **zgomotului** sau **perturbațiilor**. Zgomotul este alcătuit din toate evenimentele sau semnalele dintr-un dispozitiv informațional care nu au nici o legătură cu mesajul transmis. Unele din ele sunt inevitabile. Aceste parazitări formează ceea ce se numește *zgomotul de fond* (noise floor, Grundrauschen, bruit de fond). O parte din acest zgomot este determinat de structura însăși a componentelor dispozitivelor cibernetice reale naturale sau artificiale. E vorba de *zgomotul propriu* determinat printre altele de agitația termică a moleculelor sau de dinamica atomilor. Când zgomotul de fond are o structură aleatorie (stochastică) zgomotul este denumit *zgomot alb*.

Dispozitivele cibernetice pot fi perturbate și de factori parazitanți care provin din mediu (razele cosmice sau alte radiații, unde electromagnetice, vibrații sonore etc.) sau de agenți fizici sau chimici care interferează cu funcționarea structurilor neurobiologice.

Toate acestea interferează cu transmiterea, procesarea sau memorarea mesajelor și pot duce la apariția **erorilor**. De aceea orice dispozitiv cibernetic real face erori. De asemenea pot opri funcționarea dispozitivului realizând o **pană**.

Erorile și **panele** sunt alterări ale mesajelor care le suprimă sau schimbă semnificația ceea ce antrenează eșecul realizării scopului mesajului respectiv.

Erorile și patele pot surveni prin modificări la nivelul hardware-ului cerebral (un traumatism, un accident vascular, o intoxicație acută sau cronică, dispariții de neuroni prin necroză și prin apoptoză, modificări moleculare etc.). Modificările pot fi numai funcționale fără alterări structurale, (informații care se suprapun, fenomene de diafonie, conflicte de interese între procese simultane sau succesive, defecte de sincronizare, intrări în oscilație, scăpări de sub control etc., etc.) sau circumscrise la soft. Acest lucru explică printre altele unele aspecte ale patologiei mentale care nu au nici un substrat organic.

Erorile sunt o realitate inevitabilă determinată de zgomotul de fond sau alte perturbații. Ele sunt aleatorii și au o anumită distribuție discretă probabilistică.

Se consideră că în general această distribuție este de tip exponențial (distribuție Poisson).²²

Existența erorilor a dus la edificarea **teoriei fiabilității** sau **reliabilității**,²² care permite formalizarea (matematizarea) ivirii erorilor sau panelor. Potrivit ei *fiabilitatea sau reliabilitatea (R) a unui dispozitiv oarecare este probabilitatea ca acesta să nu facă o eroare într-un interval de timp (t) de funcționare dat $R(t)$* .²³ Ită măsură este *durata medie de funcționare corectă până la prima eroare* („mean-time to failure”, MTTF).

²² L. Leemis, Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods, Prentice-Hall, (1995),

Studiul fiabilității dispozitivelor reale implică și studiul mijloacelor de evitare a erorilor(de protecție)dar și a celor de reparare *Excluderea totală a erorilor în condiții reale este o utopie*

Tot sistemul nervos central este protejat de piamater,arahmoidă cu lama de lichid cefalorahidian subarahnoidiană ,dura mater,tablele osoase ale cutiei craniene și fasciile și mușchii epicranieni, și în fine de piele, precum și de arcurile osoase ale vertebrelor

De asemenea toți neuronii sunt învăluiți de celulele nevroglice astrocitare și protoplasmice ca să le izoleze de ceilalți neuroni Toți neuroni sunt protejați de mediul intern sanguin prin bariera hematonevraxială care filtrează selectiv(inteligent tot ce trece din plasma sanguină către celulele nervoase) Există și tot aparatul imunologic(microglie,plasmocite,limfocite,mastocite etc mai ales în spațiile perivasculare Virckov-Robin,aparat care realizează o puternică protecție biologică a sistemului nervos

În unele regiuni sensibile (ân hipocamp.bulbii olfactivi,zona subventriculară) există *celule embrionare* pluripotente(*celule stem*) de rezervă care sunt activate să se diferențieze și să intre în structura rețelei neurale ori de câte ori este nevoie Este procesul de neurogeneză la adult unul din garanții fiabilității neurale²³

Procesul de **neurogeneză** este un proces foarte complicat în care intervin o mulțime de semnale genetice și epigenetice în cadrul unui mecanism cibernetic foarte eficient de reparare prin înlocuirea componentelor lezate sau uzate cu alte noi create adhoc Este un domeniu extrem de interesant al neurobiologiei încă incomplet cunoscut asupra căruia nu vom insista aici

Menționăm doar că prin neurogeneză in vitro s-au putut „construi inicrocreiere(lipsite de vase sanguine și celule nevroglice)²⁴

Un rol important în repararea leziunilor țesutului nervos îl au **factorii de creștere neuronală** descoperiți de Rita Levi Montalcini²⁵ E vorba de un grup de molecule proteinice sau steroide(**neurotrofine**)²⁶ care acționează ca niște *semnale* (prin intermediul unor receptori neuronală specifici)stimulând la nevoie creșterea dendritelor și axonilor, și conectarea lor cu alți neuroni ca și repararea lor în anumite cazuri Este un sistem cibernetic molecular inteligent complicat și fascinant care asigură organogeneza rețelelor neurale(în perioada embrionară) și repararea țesutului nervos (în perioada postembrionară)

²³ Eriksson PS, Perfilieva E, Bjork-Eriksson T, Alborn AM, Nordborg C, Peterson DA, Gage FH. « Neurogenesis in the adult human hippocampus ». Nat. Med.;4(11):1313-7.(1998)

²⁴ Gallagher James Miniature 'human brain' grown in lab <http://www.bbc.com/news/health-23863544>(2013)

²⁵ Stanley Cohen, Rita Levi-Montalcini și Viktor Hamburger, A nerve growth-stimulating factor NERVE 180 in Proc Natl Acad Sci U S A, vol. 40, n° 10, pp. 1014-1018(1954),

²⁶ Aceste substanțe sunt NGF (nerve growth factor=factorul de creștere neural).BDNF(Brain-derived neurotrophic factor), Neurotrophin-3, Neurotrophin-4,familia liganzilor GDNF și factorul neurotrofic ciliar CNTF

Unul din cele mai de seamă mijloace care garantează fiabilitatea sistemului nervos este **excesul de neuroni** de care dispune (redundanța sa morfologică)

În primul rând în sistemul nervos operațiunile sunt realizate concomitent în moduli sau *circuite paralele multiple* care își compară ieșirile și selectează pe cea care este majoritară. Este un principiu vechi formulat de v. Neuman care recomanda ca în dispozitivele artificiale să funcționeze minimum trei circuite paralele

Al doilea model este cel al **grupului de neuroni**. Unde trebuie să opereze un neuron se află un grup de neuroni. Dacă neuronul principal cade în pană îi poate lua locul unul din neuronii ceilalți din grup (*neuronii de așteptare* sau de *rezervă*). Acești neuroni stau în stand by până ce este nevoie de ei.

Din cele de mai sus rezultă că numai o parte din neuronii sistemului nervos funcționează, restul fiind în stand by pentru a garanta fiabilitatea sistemului.

Diminuarea fiabilității sistemului nervos este și o caracteristică a îmbătrânirii acestuia.

Toate aceste concepte noi ingineresti, au fost preluate cu succes de științele creierului și au permis o cunoaștere și înțelegere mult mai profundă a modului de funcționare și de organizare a sistemului nervos ca și a modului cum automat fără intervenții din afară își asigură fiabilitatea în condiții normale și critice.

3 Limbaje

Distribuția semnalelor într-un mesaj în unele canale sau dispozitive informaționale realizează anumite configurații de semnale care fac obiectul **lingvistice** sau **teoriei limbajelor**. Este o problemă de bază a dispozitivelor informaționale. Mesajele devin *sintagme* și aparțin unei anumite **limbi**.

3.1 Planul sintagmatic

Organizarea *lingvistică* a semnalelor aparținând mesajelor din canalele de transmisiune este realizată de un mecanism destul de complex propus de lingvistul Noam Chomsky²⁷ sub numele de teoria gramaticilor generative. Această *organizare lingvistică a evenimentelor dintr-un canal de informație definește planul sintagmatic* al comunicării (care se suprapune celui material (energetic/substanțial) și celui statistic (vezi fig 4)).

Potrivit teoriei *gramaticilor universale generative* a lui Chomsky avem

a) Tipurile de semnale utilizate de canal sunt în număr finit. Ele definesc un **alfabet**. Cel mai simplu alfabet implică doar două tipuri de semnale (0,1) când limba respectivă și canalul sunt zise binare (folosite foarte mult în dispozitivele artificiale). Limbile vorbite umane dispun în general de un set de circa 26 de tipuri de semnale (foneme) care definesc alfabetul lor fonematic. Sistemul genetic al ființelor vii de pe planeta noastră dispune de un alfabet cu patru tipuri de semnale

²⁷ Chomsky, Noam. Aspects of the theory of syntax. MIT Press Cambridge, Massachusetts: (1965.)

reprezentat de bazele purinice și pirimidinice din ADN și ARN. adenina,guanidina,timina,citozina(uracilul)Este un alfabet format din patru,,litere”

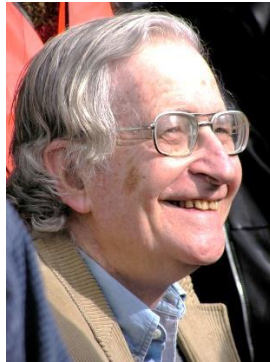


Fig 10 Noah Chomsky

b)Combinarea semnalelor pentru a realiza un mesaj aparținând unei limbi anumite(o **sintagmă**) se face printr-un program numit **gramatică generativă**

Această gramatică generează printr-o primă parte a programului un set non finit de cuvinte care formează **dictionarul** limbii respective,

Cuvintele servesc drept etichete care denumesc stări subiective,idei abstracte,obiecte ,proprietățile lor,rapoartele dintre ele,acțiunile lor etc etc.și cuvinte care sunt un fel de operatori gramaticali

c)Combinarea cuvintelor în mesaje(sintagme) ce aparțin prin lexic și structură gramaticală limbii respective se face printr-o altă parte a gramaticii numită **sintaxă**

Gramatica generativă permite astfel să se formeze din semnalele alfabetului cuvinte și propoziții sau fraze *ce aparțin unei anumite limbi* Astăzi se consideră că există în lume între 5 și 7 mii de limbaje naturale umane O gramatică generativă presupune existența unei „mașini lingvistice ” Mașina Turing poate și ea fi învățată să genereze sintagme gramaticale și lexic corecte pentru o limbă dată

Programele gramaticale în biologie (de exemplu.cele ale sistemului genetic)sunt realizate de mașini lingvistice endocelulare universale pentru toate ființele vii de pe planeta noastră și vechi de 3,5-3,9 miliarde de ani(de când a apărut viața pe pământ) Mai există mașinile lingvistice ce asigură prin limbaje biologice naturale comunicarea dintre neuroni

Tot mașini lingvistice biologice (dar la nivelul cortexului cerebral în zonele limbajului sau afaziei)stau după Chomsky la baza *aptitudinii* oamenilor de a vorbi și scrie

Toate aceste,, mașini” permit -cum am mai spus- construirea unor sintagme sintactice și lexic corecte pentru o limbă dată Aspectele sintagmatice nu se referă la semnificație ci doar la corectitudinea lexică sau gramaticală a sintagmelor indiferent dacă au sens sau nu(dacă poartă o semnificație sau nu)

Noi nu cunoaștem decât parțial cum funcționează „mașinile lingvistice folosite de neuroni Cunoaștem între anumite limite limbajele folosite de sistemul genetic Cunoaștem bine limbajele naturale umane orale și scrise dar parțial mecanismele lor Cunoaștem destul de bine diferitele modalități prin care se

manifestă alterările de limbaj numite *afazii* ce pot fi produse de diferite leziuni cerebrale situate în emisfera majoră(cea stângă la dreptaci și ca dreaptă la stângaci)

De asemenea nu trebuie să uităm că lingviștii și informaticienii au inventat limbaje artificiale. Unele sunt limbi construite de lingviști cum ar fi limba esperanto, altele sunt limbi formale create de matematicieni și informaticieni pentru cercetări de logică matematică și de informatică și limbi artificiale pentru computere folosite de specialiști pentru a comunica cu computerele (pentru comunicare sau utilizarea programelor) cum ar fi limbajele: basic, algol, cobol, fortran, miranda, python, skobol ș.a.

3.2 Planurile paradigmatic și pragmatic

O comunicare, un mesaj nu este numai una sau mai multe sintagme lexic și sintactic corecte din punctul de vedere al unei limbi date. El mai transmite ceva în plus și anume o **semnificație**. Aceste semnificații definesc **planul paradigmatic** al mesajului. *Semnificația este informația propriu zisă*. Ea este o realitate invizibilă exprimată simbolic de sintagme. Informația în cazul de exemplu al traducerii rămâne invariantă când se trece de la o limbă în alta deși suportul sintagmatic propozițional (sonor, scris, electric etc) este profund diferit. Semnificația conține elemente ale **cunoașterii** care se referă la obiectele, evenimentele, procesele din lumea reală sau imaginară, la diferitele abstracțiuni și date, și la trăirile noastre subiective.

Legătura dintre mesaj (sintagme) și semnificația lor (informație) este obiectul **semanticii**. Este meritul lui Ferdinand de Saussure²⁸ de a fi analizat relația dintre suportul material al mesajului (ansamblul semnalelor ce-l formează care pot fi observate, măsurate) așa numitul **signifiant** și informația propriu zisă, semnificația, **significatul** care există virtual, pe care-l percepem ca o reprezentare mentală.



Fig 11 Ferdinand de Saussure Fig 12 Solomon Marcus

²⁸F. de Saussure, Cours de linguistique générale, réédition. Payot, Paris (1995.)

Există mesaje absurde ,ce nu conțin nici o semnificație De exemplu „ Apa este un cerc care tușește logaritmice” Sunt sintagme corecte lexic și gramatical dar care nu conțin nici o semnificație valabilă (sunt absurde)

Roman Jakobson²⁹ a fost cel care a aprofundat relația semantică dintre *significant* și *significat* El a contribuit mult la înțelegerea planului paradigmatic al comunicărilor și a dominat cercetările din acest domeniu La noi în țară aspectele matematice ale limbajelor au fost studiate mai ales de Solomon Marcus^{30,31}

Analiza unui limbaj se face cu un alt limbaj care este numit **metalimbaj** Acesta are drept obiect de desemnare limba pe care o analizează Nivelul ei de abstraxizare este mai **pronunțat**

Din cele de mai sus rezultă că în sistemul nervos circulă evenimente *care transmit informații(semnificații) de la un neuron la altul* Demersul cibernetic ia în considerare acest concept de informație care în aparență pare a fi *un fel de miraj imaterial Informația în cibernetică face parte din lumea materială pe care o constituie împreună cu materia și energia*

Sistemul nervos funcționează utilizând drept instrument de lucru fluxuri de informații(semnificații) purtate de evenimentele electrice din membranele neuronale și de evenimentele chimice din sinapse deci utilizând două clase de limbi(fizice și chimice)

Considerațiile de mai sus sunt valabile și atunci când este vorba de comunicarea interumană prin diferitele limbaje existente(corporal, gestual, mimic ,articulat oral, articulat scris) Ceea ce contează în primul rând este informația Planul paradigmatic ridică importante probleme de filosofie care au fost puse încă din antichitate de către Gorgias și Platon Unii atribuie informației un caracter metafizic

Transmiterea de informații se efectuează de obicei cu un **scop** .Este vorba de informarea destinatarului (mărirea bazei sale de date,modificarea comportamentului sau a funcționării acestuia, obținerea unui anumit efect etc)Acele aspecte definesc **planul pragmatic** al unei comunicări. El exprimă scopul efectuării comunicării Acest plan a fost mult studiat mai ales în cazul comunicărilor interumane Aceste aspecte au permis considerarea limbajelor umane drept *o formă de comportament* , comportament care este studiat detaliat de psiholingvistică

Din punct de vedere pragmatic limbajul natural nu servește numai la comunicarea interumană El servește și pentru *gestionarea activității cognitive umane* Gândirea umană se mișcă vehiculată de limbaj Noi gândim utilizând limbajul Această idee o regăsim la Platon dar a fost în special dezvoltată de Wilhelm de Occam (1289-1347)

²⁹ Jakobson R., Essais de linguistique générale , , Éditions de Minuit, Paris (2003)

³⁰ Marcus Solomon Lingvistica matematică, (ediția a doua, revăzută și completată cu 4 capitole noi,). Ed. Didactică și Pedagogică, București,(1966)

³¹ Marcus Solomon Lingvistica matematică. Modele matematice în lingvistică. Ed. Didactică și Pedagogică. București, (1963)

În acest sens este interesantă poziția filosofului Jerry Fodor^{32,33} care susține că ar exista un limbaj special diferit de limbajul vorbit care ar servi pentru gestionarea activității cognitive limbaj pe care l-a numit limbajul gândirii (Language of Thought, (LOT) sau mentaleza) Nu există un acord general asupra acestui limbaj al gândirii

4 Dispozitive informaționale

Așa cum am arătat încă de mult cu Edm Nicolau , *sistemul nervos este un dispozitiv foarte complicat care recepționează (captează), tratează (procesează), stochează (memorează) și emite informații*

4.1 Cutia neagră

Sistemul nervos nu este un simplu canal (care și el este un dispozitiv informațional care recepționează, transmite și emite informații, fără să le proceseze sau să le srocheze) De astă dată însă este vorba de miliarde de canale și de dispozitive microscopice informaționale reunite într-un dispozitiv de informație deschis

Un dispozitiv de informație deschis e conectat prin intrări și ieșiri cu lumea din afara lui. Asupra unui dispozitiv informațional acționează anumite evenimente din lumea din afara lui (din Univers). Ele se numesc **mărimi de intrare**. De asemenea dispozitivul acționează asupra lumii externe prin anumite evenimente numite **mărimi de ieșire**.

Mărimile de intrare le vom nota cu u . Ele pot fi de tipuri diferite pe care le vom nota cu i așa că pentru fiecare dispozitiv vom avea o mulțime finită U de tipuri de mărimi de intrare $[U = \{u_i\}]$ în care $i = 1, 2, \dots, n$.

Mărimile de ieșire le vom nota cu y . Ele formează mulțimea finită Y a mărimilor de ieșire $[Y = \{y_j\}]$ în care $j = 1, 2, \dots, m$.

Schema bloc a unui astfel de dispozitiv e redată în figura 13. Este modelul cel mai aproximativ al unui sistem nervos.

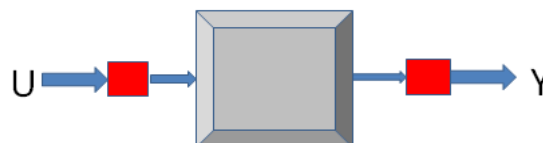


Fig 13 Schema unui dispozitiv informațional deschis

Mărimile de intrare nu pot intra ca atare în dispozitiv. Ele trebuie transformate în evenimente ce pot circula, pot fi prelucrate sau pot fi memorate de dispozitiv. Aceste evenimente sunt însă suporturi de semnificații.

În sistemul nervos nu circulă lumini, mirosuri, gusturi sau culori ci numai semnale nervoase. Nu circulă decât semnalele electroionice și chimice proprii.

³² Fodor, Jerry A., The Language Of Thought. Crowell Press, N York (1975).

³³ Rives Bradley Internet Encyclopedia of Philosophy Jerry Fodor <http://www.iep.utm.edu/fodor/>

neuronilor și sinapselor Aceste semnale nervoase *rezultă din convertirea sau mai exact traducerea mărimilor de intrare în semnale de intrare efectuată de receptori sau traducătorii de intrare*) Ansamblul acestora formează **interfața receptoare** a dispozitivului respectiv

La rândul lor aceste semnale neuronale și sinaptice sunt traduse de **efectori** sau **traducătorii de ieșire** din sistemul nervos în mărimi de ieșire (de exemplu contracții musculare) Ansamblul efectorilor formează **interfața efectoare** a dispozitivului

Acest model precizează că în sistemul nervos *nu pătrund decât informații codate de receptori*, deci că *nu există* percepții extrasenzoriale

Modelul cutia neagră nu este interesat decât de mărimile de intrare, de cele de ieșire și de relațiile dintre ele Cunoașterea unei cutii negre implică să poți prevedea mărimea de ieșire dacă știi mărimea de intrare sau să deduci care a fost mărimea de intrare când cunoști mărimea de ieșire

În acest model nu se ia în considerare ce se întâmplă în interiorul cutiei Studierea dispozitivelor tip cutie neagră se face în general prin metoda încercărilor succesive („Trial and Error”) Este metoda folosită și de psihologia behavioristă care și ea nu este interesată de ceea ce se întâmplă în interiorul encefalului Menționăm că există și modele matematice de analiză a cutiilor negre

4.2 Codarea

Modelul prezentat în subcapitolul precedent presupune câte o operație de codare (sau codificare) la intrare și la ieșire Aceste operații sunt esențiale în cibernetică Ele constau în a aplica unei semnificații oarecare un set de simboluri lingvistice Această codare trebuie să permită transmiterea unei informații (semnificații) folosind limbajele aparținând dispozitivelor (canale, procesoare) respective Traducerea este o codare a mărimilor de intrare în mesaje aparținând unei limbi Aceste codări sunt operații dificile care interesează pe informaticieni dar și pe matematicieni, pe psihologi și pe lingviști Studiul lor formează obiectul *teoriei codurilor*

Codurile nu trebuie numai să exprime într-un sistem de simboluri (de obicei aparținând unei anumite limbi) semnificații ci de multe ori ele trebuie să combată redundanța (coduri compresoare) să elimine erorile (coduri corectoare) și să protejeze mesajele de efectele perturbațiilor

Operațiile de codare sunt efectuate de receptorii neurobiologici. **Un receptor neurobiologic** traduce mărimea de intrare u în semnalul de intrare în sistemul nervos y Aceste evenimente nu sunt instantanee căci în lumea reală au o durată în timpul căreia pot varia ca intensitate De aceea ele *sunt funcții de timp* ($u = u(t)$ și $y = y(t)$)

Conform datelor experimentale în general între mărimile și semnalele de intrare există o relație cantitativă logaritmică potrivit căreia variațiile de intensitate ale semnalului sunt o funcție logaritmică a variațiilor de intensitate a mărimii de intrare Acest aspect este unul din mecanismele care explică legea Weber Fechner din psihologie

De asemenea datele experimentale au precizat că mărimea de intrare trebuie să depășească un anumit prag de intensitate(p) pentru a putea fi codată de receptorul de intrare

Relațiile cantitative pot fi exprimate de expresia

$$y(t) = K \log u(t) \quad \text{în care } K \text{ este o constantă iar } u > p$$

p este pragul de excitabilitate al receptorului

Această expresie descrie cum este codată *intensitatea stimulului*. Nu trebuie să uităm că y exprimă frecvența descărcărilor de pe fibra nervoasă aferentă care conduce spre centrii nervoși semnalul de intrare

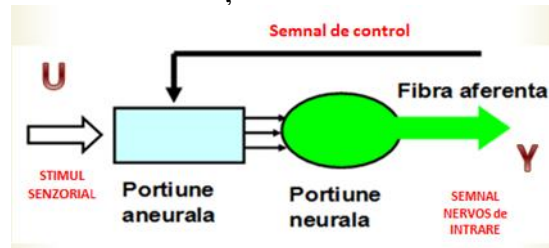


Fig 14 Schema unui receptor senzitivosenzorial

Constanta K este modificată de semnale de control centrifuge care reglează traducerea de intrare efectuată de receptor. Deci sistemul nervos reglează gradul de sensibilitate al receptorilor săi (modificându-le pragurile). Acest lucru poate fi observat în domeniul percepției durerilor a căror intensitate este modificată (controlată) de un sistem de reglaj intern.

O mărime de intrare (un stimul) nu este caracterizat numai prin intensitate. Mai este vorba și de *durată*. Aceasta este codată de niște receptori care nu trimit spre sistemul nervos decât un semnal care semnalizează începutul stimulării (receptori on), alții care semnalizează doar sfârșitul (receptori off) și alții care semnalizează atât începutul cât și sfârșitul stimulării (receptori on-off).

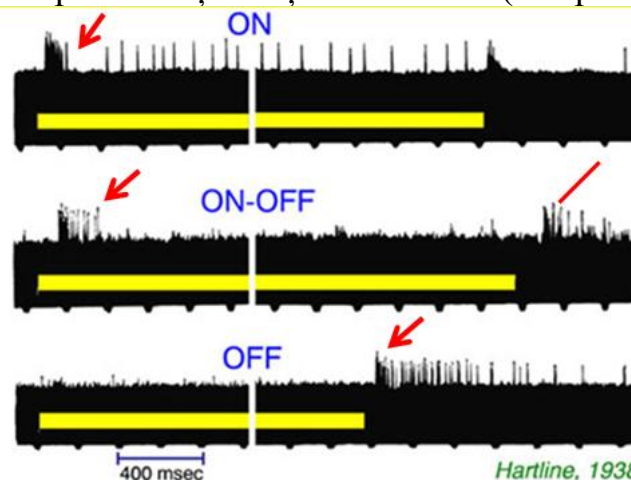


Fig 15 Descărcări neuronale On, On-Off și Off

Experiențe minuțioase realizate de Hartline la *Limulus* (o specie de crab) au demonstrat clar aceste semnale On, Off și On-Off.^{34,35}

³⁴ Hartline HK. The response of single optic nerve fibers of the vertebrate eye to illumination of the retina. Am J Physiol. 121:400–415. (1938)

În aceste cazuri în loc de expresia de mai sus trebuie să folosim o expresie care ne arată că semnalul $y(t)$ este derivată în raport cu timpul a măririi de intrare $u(t)$:

$$y(t) = F \frac{du}{dt} \quad \text{în care } F \text{ este o funcție iar } u > p \text{ și } p \text{ este pragul}$$

Trebuie să menționăm că în realitate expresia matematică este mai complicată căci intervine adaptarea care este exponențială și prezența unui semnal y_0 de repaus

$$y_j(t) = \{1 - \exp(-t/\tau)\} K \log\{u_i(t) - p_i\} + y_0$$

În ceea ce privește **calitatea** măririi de intrare (stimul luminos, acustic, gustativ etc) ea este codată spațial. Calitatea este exprimată de locul de unde pleacă și unde ajunge semnalul, de structura implicată în preluarea semnalelor respective. Astfel sunetele sunt codate de semnalele ce circulă prin analizatorul auditiv, gusturile prin cel gustativ ș.a.m.d

Dacă printr-un experiment mental am plasa receptorii vizuali la intrarea analizatorului auditiv atunci am percepe stimulările vizuale drept auditive. Tot așa dacă am conecta receptorii auditivi la analizatorul vizual am percepe stimulii auditivi drept vizuali (audiție vizuală)

Audiția vizuală (în care sunetele sunt percepute ca lumini și culori) poate fi provocată prin administrarea unor anumite substanțe cum ar fi mescalina un alcaloid vegetal extras dintr-un cactus Peyote (*Lophophora williamsi*). Fenomenul este sirprinzător (Ed Pamfil³⁶)

Un dispozitiv informațional nu se manifestă la exterior decât prin mărimile sale de ieșire. Acestea în cazul sistemului nervos sunt generate de **efectorii biologici** care sunt activați de semnalele de ieșire care operează ca niște traductori de ieșire.

În neuropsihologie principalii efectori sunt **fibrelle musculare striate**. *Toate manifestările exterioare ale psihicului uman sunt musculare* și constau în contracții musculare care determină poziția și atitudinea noastră, mișcările și toate acțiunile noastre, ca și exprimările prin limbaje nonverbale (corporal, gestual, mimic) sau verbale (orale și scrise). Toate aceste manifestări depind de locul fibrelor care se contractă sau nu se contractă și de numărul acestora. *Efectorii motori ai mușchilor striati sunt dispozitive binare* (poate singurii din organism) care nu au decât două expresii contractat sau relaxat. Acest tip de răspuns binar a fost denumit *răspuns tot sau nimic*³⁷. Efectele calitative nuanțate (de ex. contracția sau relaxarea gradată a unui mușchi) rezultă din numărul de fibre contractate sau relaxate.

Organismul dispune și de alți efectori ca mușchii netezi, celulele glandulare și la unele specii de pești organele electrice prin care electrocutează pe cei ce-i atacă.

Modelul exprimat de figura 13 este cel mai simplu model de dispozitiv informațional sau cibernetic deoarece face abstracție de tot ceea ce se întâmplă în interiorul dispozitivului. Este tipul de modele care se numesc **cutii negre** în care singurul lucru ce se studiază – cum am mai spus – este relația dintre mărimile de

³⁵ Ralph Nelson Ganglion Cell Physiology Webvision <http://webvision.med.utah.edu/book/part-ii-anatomy-and-physiology-of-the-retina/ga/>

³⁶ Comunicare personală legată de o experiență proprie

³⁷ Contracția fibrelor musculare striate dintr-o unitate motorie (activată de un singur motoneuron) este de tipul (1,0)

intrare ale mulțimii U și cele de ieșire ale mulțimii Y . Aceste relații permit descoperirea sau decriptarea modului de funcționare al dispozitivului respectiv fără a face apel la modul cum este alcătuit, la arhitectura lui internă.

Se pare că modelul cutiei negre aparține lui Wilhelm Cauer (1941)³⁸. El a fost impus de necesitatea de a descoperi modul de funcționare ale unor dispozitive a căror cutie nu putea fi deschisă din motive de securitate. Ideea a fost apoi folosită cu succes de N. Wiener. De problema cutiei negre în psihologie s-a preocupat mult unul din fondatorii neurociberneticii engleze W. Ross Ashby³⁹.



Fig 16 W. Ross Ashby cu C. Bălăceanu Stolnici

Ideea este a se stabili caracteristicile funcției sau operatorului F care simbolizează activitatea cutiei negre

$$Y(t) = F[U(t)]$$

(mărimile de ieșire Y sunt determinate de mărimile de intrare U asupra cărora a acționat dispozitivul ca un operator sau o funcție F)

Acest mod de a studia un dispozitiv este clasic în **psihologia behavioristă** care studiază comportamentul uman și al animalelor fără să se preocupe de mecanismele cerebrale implicate și nici de trăirile subiecților (de ceea ce se întâmplă în conștiința lor)⁴⁰. Inaccesibilitatea activității conștiente este obstacolul principal care a dus la folosirea metodei cutiei negre în psihologie.

4.3 Stările interne

Cutia neagră în cazul sistemului nervos este pentru cibernetică un foarte complicat agregat de miliarde de neuroni și sinapse (și eventual celule nevroglice) interconectate prin fibre de legătură dendritice și axonale și prin moleculele de receptori și transportori din sinapse. Fiecare neuron (și poate nevroglică astrocitară) este un procesor biologic de informații care are elemente de calcul, de

³⁸ W. Cauer. Theorie der linearen Wechselstromschaltungen, Vol. I. Akad. Verlags-Gesellschaft Becker und Erler, Leipzig, (1941)

³⁹ Ashby, W. Ross. An introduction to cybernetics.: Chapman & Hall, capitolul 6 The black box, 86–117. London (1956)

⁴⁰ Principalii reprezentanți ai behaviorismului au fost Edward Lee Thorndike, I. P. Pavlov, John B. Watson și Burrhus Frederic Skinner

memorizare și de control conforma modelelor de arhitectură propuse de von Neuman Toate aceste elemente transmit,prelucrează și stochează informații cu un consum de energie procurat de metabolismul celular

Parametrii acestor elemente definesc **stările interne ale dispozitivului** Spre deosebire de cutia neagră *studierea sistemului se referă și la ceea ce se petrece în interiorul său deci a stărilor* componentelor sale

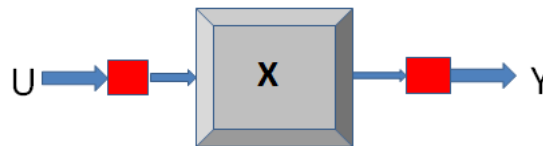


Fig 17 Dispozitiv transparent cu intrări, ieșiri și stări interne

De aceea în timp ce în cutia neagră intervin doar mulțimea U a mărimilor de intrare($u_1, u_2, \dots, u_n$), mulțimea Y a mărimilor de ieșire($y_1, y_2, \dots, y_j$) și timpul(t) în dispozitivele transparente intervine și mulțimea X a stărilor interne ale sistemului ($x_1, x_2, \dots, x_k$). De asemenea mai intervin o funcție f de intrare sau tranziție care aplică mulțimea U pe mulțimea X și o funcție g de ieșire care aplică mulțimea X pe mulțimea Y . Rezultă următoarele expresii

$$\begin{aligned}
 f &= f(u, x, t) & g &= g(u, x, t) \\
 x(t) &= f[u(t)] \\
 y(t) &= g[u(t), x(t)] \\
 S(t) &= [u(t), x(t), y(t), f, g]
 \end{aligned}$$

A analiza exhaustiv astfel un creier natural este practic imposibil din cauza în primul rând a numărului enorm de elemente. Nici măcar inventarierea lor nu este posibilă

Modelele pe care le avem se datoresc cercetărilor pe sisteme nervoase simple (de exemplu al nevertebratelor) pe modele matematice sau logico-matematice (care descriu structura și funcționarea sistemului nervos dar permit și experimentări teoretice), pe experimente mentale ca cele folosite de D Dennett⁴¹ și pe modelele artificiale tehnice

Studiul comparativ al modelelor biologice și celor tehnice se numește **bionică** și a fost foarte util și biologilor și tehnicienilor

Pentru unele elemente ca neuronul, sinapsa, rețelele cu puțini neuroni se pot realiza modele matematice interesante (ecuații caracteristice, ecuații operaționale, scheme bloc, grafuri etc.). Problema este totuși dificilă căci elementele ce compun sistemul nervos sunt destul de complicate

În primul rând în creierul natural nu e vorba de elemente discrete ci continui (sau analogici), și în nici un caz binare (doar cu două valori (0 și 1) cum sunt cele din dispozitivele artificiale

De ex se știe că semnalele axonale sau cele sinaptice variază continuu și au valori multiple. De asemenea evenimentele din neuroni și sinapse nu sunt

⁴¹D Dennett Neuroscience and Philosophy: Brain, Mind, and Language (Columbia University N Y Press (2007))

totdeauna *deterministe* ca cele din inteligențele artificiale sau din aparatele electronice. Ele au deseori un *caracter probabilist* ca majoritatea manifestărilor biologice.

Desfășurarea evenimentelor din sistemul nervos este aproape în toate cazurile *neliniară*. Intervin praguri, exponențieri, logaritmări, discontinuități, ecuații polinomiale de grade mai mari decât doi etc. De aceea dinamica rețelelor de neuroni poate fi multistabila, cu oscilații aperiodice, cu oscilații descrescânde, sau cu oscilații solitare care se auto amplifică. Ele sunt foarte deseori imprevizibile, haotice (în sensul matematic al cuvântului așa cum rezultă din **teoria modernă a haosului**)

Din cauza aspectelor acestea probabiliste, non-liniare, haotice, și a imprevizibilității evenimentelor din sistemul nervos, acesta trebuie considerat un **dispozitiv complex**.

Modelul cel mai acceptat al sistemului nervos este acela al unui agregat *integrat de microprocesoare biologice*.

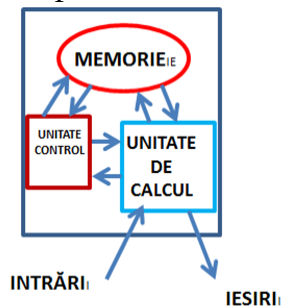


Fig 18 Procesor



Fig 19 John v Neuman

Procesorul este o componentă a hardwar-ului unui dispozitiv informațional care prelucrează și stochează informațiile potrivit unui anumit program sau unei aplicații. **Este un concept de bază în informatică** pe care-l datorăm matematicianului maghiar J v Neuman⁴², unul din ctitorii informaticii moderne. El a descris încă din 1945 arhitectura unui procesor format dintr-o **unitate de calcul**, o **memorie** și o **unitate de control** unde se află programele (un registru de instrucțiuni) (vezi fig 18). Acest model cunoscut sub numele de *procesor v Neuman* sau *procesor de la Princeton* a fost punctul de plecare al informaticii. În neurocibernetică toți neuronii sunt considerați procesori cu elemente de calcul și de memorie. E posibil ca în viitor să se precizeze că și celulele nevroglice pot fi considerate procesori.

4.4 Teoria generală a sistemelor

Studiul dispozitivelor complexe e foarte greu. Un pas important a fost folosirea **teoriei generale a sistemelor** așa cum a fost formulată de Ludvig von Bertalanffy (!1949^{43,44}). Ea a fost dezvoltată apoi de, Anatol Rapaport, Ralph W.

⁴² von Neumann, John First Draft of a Report on the EDVAC (1945) University of Pennsylvania, <http://www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf>

⁴³ V Bertalanffy L L General System Theory; Biologia Generalis 1, pg. 114 -129. (1949)

Gerard, și Kenneth Boulding Repede a căpătat o importanță multidisciplinară și a ocupat, după o serie de lungi discuții, un loc central în domeniul ciberneticii A devenit curând și un subiect al reflexiei filosofice

Un **sistem** este un dispozitiv alcătuit din *mai multe componente de complexități diferite care sunt ierarhizate* (elemente, subsisteme de gradul unu, subsisteme de gradul doi ș.a.m.d.) și interconectate

„Un sistem implică existența unor elemente aflate într-un regim staționar de interrelații” *La baza unui sistem stau patru caractristici*

- *Interacțiunea* (interrelațiunea) potrivit căreia componentele sistemului interacționează între ele)
- *Totalitatea* (globalitatea) grație căreia orice componentă prin căi directe sau ocolite este în legătură cu *toate* celelalte componente
- *Organizarea* conform căreia elementele, și subsistemele de diferite ordine sunt ierarhizate și interconectate potrivit unor anumite reguli structurale și
- *Complexitatea* (cea mai greu de definit) care implică existența unor componente multidimensionale și non lineare, greu de modelat precum și capacitatea de a se *auto-organiza* și de a genera **emergența** unor noi aptitudini

Un sistem conține elemente constitutive, limita sa față de restul lumii, rețelele de relații dintre elementele sale și stocurile sale de energie și/sau informații Elementele respective sunt **active** adică prin funcționarea lor pot schimba starea sistemului sau emite un semnal de ieșire ce acționează asupra unor componente ale mediului extern (din afara sistemului)



Fig. 20 L von Bertalanffy

„Din punct de vedere funcțional în sisteme avem fluxuri de informații (semnificații) sau/și de energie, centre de decizii și bucle retroactive (feedback) În sisteme operează ansambluri structurate și ierarhizate de programe și procesări

⁴⁴ Ludwig von Bertalanffy General System Theory: Foundations, Development, Applications Ed, George Braziller New York: (1968)

grupate în jurul *unui program* dominant numit *nucleu* care gestionează diferitele sale elemente”

În sistemul nervos avem neuronii și sinapsele ca elemente. Acestea se grupează în nucleu, nucleii în diferite formații și în final toate sunt înglobate în ansamblul sistemului nervos care acționează ca un tot. Ierarhizarea lor nu este numai morfologică ci și operațională. Demonstrativ avem rolul dominant al cortexului cerebral la Mamifere și mai ales la Primate și Om. C v Monacov a formulat la începutul secolului XX, chiar un principiu de ierarhizare a structurilor cerebrale conform apariției lor în cursul evoluției. Structurile mai recente domină pe cele mai vechi (principiul cronogenic). De asemenea a insistat asupra procesului progresiv de instalare a dominanței scoarței cerebrale (telencefaliyarea și apoi corticaliyarea=

Teoria sistemelor a dus la constituirea *sistematice* care se bazează pe o viziune holistică și pe logica sistemelor” (G Furchany⁴⁵).

Una din particularitățile cele mai importante ale acestor sisteme este că *aptitudinile sau performanțele sistemului depășesc suma aptitudinilor sau performanțelor componentelor sale*. Acest aspect este contrar modelelor cartesiene. În sisteme prin conlucrarea subsistemelor și elementelor apare ceva în plus. Se produce **emergența** unor noi aptitudini sau performanțe asupra cărora vom reveni.

Teoria sistemelor generale a completat cu un mare succes teoria cibernetică wieneriană. După anii 70 au fost asociate și se vorbea chiar că ambele sunt componente ale aceleiași discipline sau aceluiasi demers.

Folosirea teoriei generale a sistemelor în neurobiologie și psihologie a fost inițiată de lucrările lui W Ross Ashby, C Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau.

Teoria informației și cea a sistemelor generale alcătuiesc temelia cibernetice neurobiologice și a celei neuropsihologice. Ele au fundamentat un demers extrem de eficient pentru cunoașterea modului de funcționare al sistemului nervos dar au fost și un punct de plecare pentru o nouă abordare filosofică și antropologică a activității psihice (a mentalului) umane.

4.5 Teoria automatelor

Am văzut că teoria informației și cea generală a sistemelor au fost esențiale pentru cibernetica sistemului nervos. Începuturile neurocibernetice au fost determinate însă de unele aspecte ale **teoriei automatelor**.

Un automat este un dispozitiv care după o comandă dată execută de la sine toate prevederile unui program dat. El odată pornit acționează fără de intervenția umană ..

Istoria automatelor este pitorească și începe din antichitate. Secole de a rândul a avut mai mult un rol distractiv. Cine nu a admirat automatele lui Vaucasson din secolul XVIII care erau și adevărate opere de artă? Erau jucării artistice pentru oameni mari. Erau în general păpuși artistice care pe o mică platformă dansau, făceau acrobații, cântau din diferite instrumente, scriau etc.

⁴⁵Furchany G La theorie des systemes et systemique http://www.profturchany.e culture/ La_theorie_des_systemes.pdf (2008)



Fig 21 Diferite automate mecanice din secolul XVIII

Unul din cele mai celebre automate ale lui Vaucasson a fost o rață care pe lângă faptul că executa unele mișcări înghițea boabe și apă și elimina o pseudourină și pseudofecale Prin anii 50 ai secolului trecut ,această rață din secolul XVIII a fost popularizată de toți cei ce prezentat teoria modernă a automatelor

E bine să ne amintim că Descartes considera animalele drept niște automate

Ele operează pe baza unor mărimi de intrare(**mărimi de comandă**)care declanșează activitatea automatului și a celor introduse sau stocate în memoria automatului (**mărimi de referință** sau **programe de funcționare**)pentru a realiza obiectivele lor (de exemplu mișcările succesive pe care trebuie să le execute o păpușă)

Un **program** este o secvență de instrucțaje care precizează pas cu pas operațiile(acțiunile) pe care trebuie să le execute succesiv sau/și simultan automatul În automatele mai evolute programul este mai subtil căci prescrie nu numai operațiile ce trebuiesc executate dar și condițiile în funcție de care automatul alege (fără intervenție umană)varianta de mișcare ce trebuie executată Numai este vorba de o simplă secvență temporară de acțiuni ci o gamă de decizii

În automatele clasice programul este impus ca într-un orologiu prin montaje mecanice activate de un motor hidraulic,gravitațional(de exemplu .prin căderea unei greutate) sau cu resort Mai târziu au apărut automatele electromecanice

Automatele informaționale presupun montaje mai sofisticate în contextul cărora programele sunt redactate cu ajutorul unui limbaj de programare și se află stocate în elementele de control ale automatului sau procesorului respectiv

Alcătuirea programelor este o operație de bază în cibernetica sistemelor artificiale Ele se reprezintă grafic sub forma unor scheme cu blocuri operaționale sau se scriu cu un limbaj artificial folosind și simbolurile matematice Profesiunea de programator a devenit una din cele mai căutate în zilele noastre Pentru cercetători este interesant să descopere programele sistemelor cibernetice naturale

Aceste automate de obicei servesc pentru rezolvarea unor probleme

Conceptul de program este astăzi universal cunoscut El este, cum am văzut, redactat într-un limbaj anume și are din punct de vedere matematic structura unui **algoritm**.

Un algoritm este o listă *finită ,fără de ambiguități* de operațiuni și instrucțaje pe baza cărora se poate rezolva o problemă sau o clasă de probleme

Nu vom aborda aici problema algoritmilor în profunzime deși este esențială pentru neurocibernetică Vom menționa că un program poate conține prescrierea unor activități elementare(de exemplu mișcarea mâinii unei păpuși) sau a unor succesiuni standard de acțiuni numite *rutine*(de exemplu executarea

de către o păpușă a unei serii standard de piruete) Conceptul de algoritm - repetăm - este esențial pentru cibernetica sistemului nervos

Pentru cei interesați vom menționa că pentru definirea și înțelegerea algoritmilor a fost de un mare ajutor **machina Turing** un dispozitiv de calcul logic inventat în 1936 de Alan Turing^{46,47} care poate rezolva orice problemă bazată pe un calcul algoritmic (A Church⁴⁸) Este o mașină mentală conceptuală cu care se fac calcule (experimente) virtuale (mentale) Ea este un model care abstractizează calculul automat pe bază de algoritmi și exprimă modul cum se fac toate calculele automate putând rezolva orice problemă matematică sau logică deci având un caracter universal



Fig 22 Alan Turing

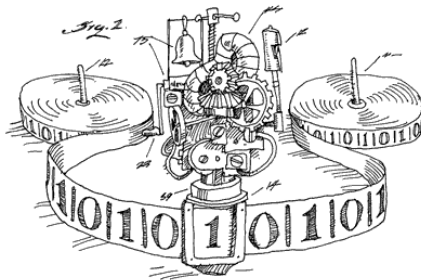


Fig 23 Mașina Turing



Fig 24 Alonzo Church

Ea folosește doar o panglică teoretic infinită, care se poate deplasa spre dreapta sau spre stânga și care este împărțită în căsuțe. Dispune de un set de simboluri aparținând unui alfabet finit care conține și simbolul 0. Mai dispune de un cap care poate citi sau înscrive câte un simbol în câte o căsuță a panglicii. O memorie ce conține un program dictează comportamentul meșinei. O mașină Turing propriu zisă nu se poate construi. Nu se poate realiza, printre altele, o panglică infinită. Totuși există și mașini Turing construite care aproximează pe cea pură, abstractă.

Această mașină (numită și mașina Turing Church) a fost și este fundamentală pentru înțelegerea calculului automat algoritmic, pentru funcționarea automatelor universale. Ea a fost punctul de plecare al mașinilor de calcul logic matematic moderne și este și azi un model teoretic extrem de interesant și util. De aceea A. Turing și susținătorul lui principal A. Church pot fi considerați părinții automatelor cu programe algoritmice.

Un algoritm, este *un set de reguli care definește precis o secvență de operații*⁴⁹. Algoritmii trebuie să fie eleganți (compacți) și de calitate (rapizi). Grație algoritmilor un sistem complex informațional poate funcționa ca un procesor automat.

Prin analogia cu automatele programate s-a ajuns la înțelegerea modernă a a multor aspecte ale funcționării creierului uman. Astăzi știm că *sistemul nervos este un sistem complex care printre altele poate procesa automat informațiile pe baza unor programe*.

⁴⁶ Turing Alan, On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, coll. « Proceedings of the London Mathematical Society », vol. 2:42 p. 230-265. (1936)

⁴⁷ Turing Alan The Theory of Open Systems in Physics and Biology, Science, vol 111, , pg 23-29. (1950)

⁴⁸ Alonzo Church, « An Unsolvability Problem of Elementary Number Theory », American Journal of Mathematics, vol. 58,, p. 245-63 (1936)

⁴⁹ Wikipedia

Lucrurile nu sunt simple căci rezolvarea unor sarcini sau probleme are nevoie uneori de algoritmi extrem de lungi și complecși care *necesită un timp foarte lung* pentru aplicarea lor (chiar mai lung decât timpul disponibil pentru ca rezolvarea să fie utilă adică *timpul util*)

De exemplu efectuarea unei partide de șah printr-un algoritm care explorează **toate** variantele posibile, și caută de fiecare dată **soluția cea mai bună**, necesită chiar pentru un dispozitiv de calcul modern cu marile sale viteze săptămâni sau luni. Omul, deși creierul său este extrem de lent în comparație cu calculatoarele moderne, efectuează o partidă de șah în intervale de timp de ordinul orelor. Acest aspect a subminat la un moment dat încrederea în modelul creierului programat cu algoritmi. Specialiștii se întrebau dezamăgiți și deprimați dacă nu au greșit considerând că sistemul nervos este un procesor ce operează cu programe. Se părea că trebuie găsită o altă paradigmă. Din fericire s-a găsit o soluție.

Modelul inițial a fost completat cu un model în care programele nu sunt algoritmice, ci **euristice**.

O euristică este un program simplificat prin niște reguli care numai explorează toate variantele posibile și nu caută numai soluții perfecte ci se mulțumește cu soluții acceptabile. Euristicele aproximează datele problemei și doar optimizează soluționarea lor.

Astăzi se cunosc bine aplicările conceptului de euristică în filozofie, matematică, informatică dar mai ales în psihologie.

Sistemului nervos este un procesor care operează cu algoritmi dar și cu ajutorul unor euristici. Euristicele sacrifică perfecțiunea pentru eficacitate/ Algoritmii și euristice sunt parțial determinate genetic și parțial rezultatul învățării

Ansamblul algoritmilor și euristicilor fac parte din **software-ul** sistemului nervos. Acesta dispune evident și de un **hardware** care este suportul material al evenimentelor informaționale. Neuronii, sinapsele și probabil celulele nevroglice constituie hardware-ul nevraxial.

Sunt și automate care folosesc programe pe care le pot modifica singure pentru a le adapta diferitelor condiții sau variații de parametrii ce se pot ivi. Este vorba de automate autoadaptive. Sistemul nervos funcționează ca un astfel de automat.

În tehnică există două mari clase de automate. Unele sunt **analogice** în care mărimile implicate *variază continuu*. Altele sunt **discrete**. În acest caz mărimile sunt *discontinue* (de obicei impulsuri) în aceste automate este necesară funcționarea unui **ceas** care să genereze semnale periodice care să impună un anumit *tact* funcționării automatului respectiv.

În sistemul nervos găsim semnale continue și semnale discrete. De aceea el se comportă ca un automat mixt în contextul căruia – cum vom vedea – operează unele ceasuri biologice.

Problema automatelor a dezvoltat în domeniul cercetării fundamentale o vastă *teorie a automatelor* (abstractă, matematizată) iar în domeniul aplicativ automatizările care s-au generalizat în societățile umane în special în industrie.

Multe automate sunt formate prin interconectarea (agregarea funcțională) a unor componente diferite (Baukastentheorie). Acest model poate fi extrapolat și la nivelul nevraxului.

4.6 Feed before și Feedback

Un automat își exercită controlul său asupra domeniului său prin **comenzi** care pot să **nu țină cont de efectele obținute**. Aceste efecte de obicei se referă la menținerea stabilității unui sistem dinamic.

O astfel de menținere a stabilității unui sistem dinamic se numește **reglaj**. Reglajul este una din problemele cheie ale ciberneticii (mai ales ale ciberneticii wieneriene). Există o întreagă teorie a reglajului.

Aceste comenzi (care sunt ieșirile din automat) determină efectele sau activitățile prescrise de program. Un astfel de automat este denumit cu **comenzi deschise**. Multă vreme descrierea funcțiilor sistemului nervos era aceea a unui automat cu comenzi deschise. Astfel, comanda exercitată de motoneuroni către fibrele musculare era considerată o comandă deschisă formată exclusiv de axonii motoneuronilor din coarnele anterioare ale măduvei spinării sau din nucleii motori ai nervilor cranieni.

Automatele cu comenzi (ieșiri) deschise pot fi comandate sau influențate tot fără să se țină seama de efectele pricinuite ci pe baza unor date *prescrise*. O astfel de comandă de control se numește **feed before**⁵⁰. Este un control orb care anticipează corecția ce trebuie impusă mărimilor de comandă (ieșirilor) fără să o identifice. Astfel de dispozitive automate au fost identificate în fiziologie⁵¹ și sunt frecvent utilizate în tehnică. Cu comenzi de tip feed before s-au realizat primele inteligențe artificiale.



Fig. 25 Comandă deschisă

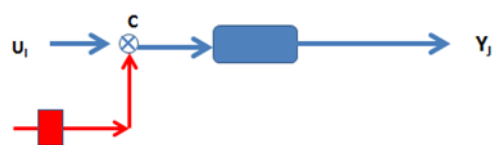


Fig. 26 Feed before

Marea contribuție a ciberneticii a fost că a precizat că sistemul nervos operează ca un automat cu **comenzi închise**.

Un automat cu comenzi închise nu se mulțumește să determine anumite efecte în domeniul său de acțiune, dar, în plus, mărimea de ieșire și eventual efectele ei sunt detectate de automat și în funcție de aceste date își corectează activitatea. Aceasta necesită o **legătură inversă**, retroactivă care leagă calea de ieșire cu sistemul automat. Această conexiune sau aferență inversă prin care

⁵⁰ Haugen, F. . Basic Dynamics and Control TechTeach(2010)

⁵¹ MacKay, D. M. "Cerebral organization and the conscious control of action". In: J. C. Eccles (Ed.), Brain and conscious experience, Springer, (1966):

automatul este informat de mărimile de ieșire (și efectele pe care le-a determinat) a fost denumită **feedback**

Feedback-ul este un concept de bază al ciberneticei Orice dispozitiv sau sistem cibernetic trebuie să aibă măcar un feedback („closed loop”) Norbert Wiener a conceput cibernetica în primul rând prin prisma feedback-urilor

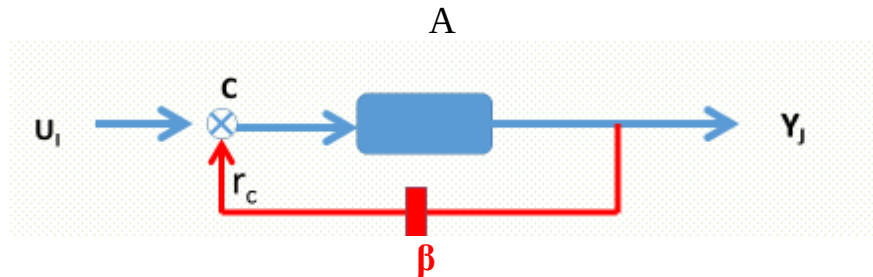


Fig. 27 Sistem cu feedback

Un sistem automat (A) cu feedback are o mulțime U de mărimi de intrare, o mulțime Y de mărimi de ieșire, un operator retroactiv (β), mărimi retroactive (r_c) și un comparator (C) unde mărimile de intrare se „combină” cu cele retroactive. Dacă mărimile de intrare se adună cu cele retroactive avem un feedback pozitiv, iar dacă mărimile retroactive se scad din cele de intrare avem feedback negativ.

Aspectul matematic al celor două tipuri de feedback este dat de relațiile

$$y(t) = A \cdot c(t) = [A[u(t) + \text{sau } - r(t)]] \quad \text{în care } r(t) = \beta y(t) \quad \text{Din această expresie rezultă că}$$

$$y(t) = \frac{1}{1 + \beta A} u(t) \text{ pentru un feedback negativ și}$$

$$y(t) = \frac{1}{1 - \beta A} u(t) \text{ pentru un feedback pozitiv}$$

Se vede ușor că pentru $\beta A = 1$ relația pentru feedbackul pozitiv devine instabilă (sistemul intră în instabilitate aperiodică sau periodică). Proprietatea aceasta conferă feedback-urilor **caracterul de oscilatori**.

Neurofiziologia modernă a evidențiat conexiuni inverse pozitive și negative la toate nivelele sistemului nervos. Neurofiziologia clasică nu descria decât comenzi deschise și de tip feed before. Lucrurile s-au schimbat după 1950. Un exemplu tipic este interpretarea modernă a comenzii motorii unde sistemul nervos comandă contracția musculară (prin fibrele eferente) dar totodată este informat prin proprioceptorii din mușchi și tendoane și prin fibrele aferente despre parametrii acestei contracții.

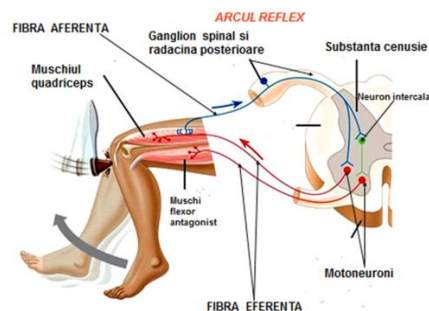


Fig 28 Comanda motorie

Biologia a pus în evidență dispozitive de control cu feedback nu numai în sistemul nervos dar și în sistemele endocrin, imunologic ,neurovegetativ ca și în reglarea genetică De asemenea în psihologie sunt cunoscute nenumărate cazuri în care intervin aferențații inverse Feedback-ul apare astfel ca o structură operațională universală în organizarea ființelor vii De aici rezultă printre altele importanța ciberneticeii în biologia și psihologia zilelor noastre

Despre feedback s-a scris mult El a fost în centrul preocupărilor ciberneticeii din prima sa perioada (perioada wieneriană) Conceptul a fost preluat de o serie de discipline și filosofia i-a dedicat multe reflexii Devenise și un subiect de actualitate preluat de presa obișnuită și de tabloide Toți scriau și discutau despre feedback

Feedback-ul pozitiv prin faptul că la nivelul corelatorului C se face o adunare operează de cele mai multe ori ca un **amplificator** Mărimile de ieșire și efectele produse cresc pe măsură ce automatul acționează

Acest feednack este însă instabil astfel că pentru anumite valori ale parametrilor activarea sa *poate deveni necontrolată* periodică sau aperiodică uneori chiar distructivă

Un dispozitiv cu feedback pozitiv poate menține un semnal pe care-l plimbă circular teoretic la infinit,practic până ce zgomotul îl anulează Proprietatea de a păstra un semnal se numește **histerezis** Astfel de dispozitive circulare cu feebakuri pozitive sunt dispozitive de **memorie** În sistemul nervos s-au descris încă de către Santiago Ramon y Cajal numeroase astfel de circuite circulare de neuroni Ele sunt considerate a fi dispozitive de **memorie circulantă** și că ar sta la baza **memoriei de scurtă durată** În tehnică astfel de circuite au fost mult folosite așa cum vom vedea mai departe De asemenea conlucrarea talamusului cu cortexul cerebral este realizată prin astfel de circuite reverberante

Feedback-ul negativ este mult mai important De aceea se întâlnește destul de mult în organismele vii

În biologie prin feedback negativ sunt menținute constante valorile unor parametri biologici(temperatura corpului,tensiunea arterială,presiunea osmotică a sângelui,glicemia etc.)El este cheia de boltă a dispozitivelor biologice ce mențin **homeostazia** De aceea feedback-ul negativ are un rol vital

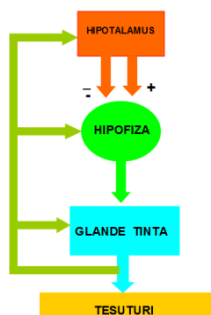


Fig. 29 Axul endocrin

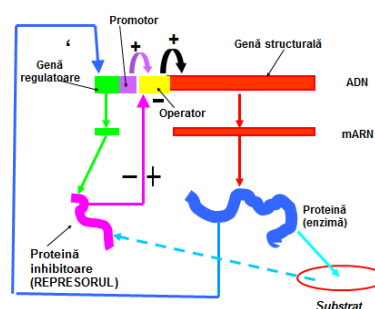


Fig.30 Controlul genetic al biosintezei

Tot prin feedback negativ este reglată secreția hormonală în sistemul hipotalamo-hipofizo-glandular (fig. 29) dar și în genetică controlul biosintezei (fig30) în proteinelor(J Monod și Fr Jacob)

Feedback-ul negativ este și un dispozitiv care minimalizează erorile și unul de frenare a unor procese de amplificare

Feedback-urile pot avea regimuri de funcționare diferite de la o stabilitate simplă, la o dinamică multistabilă, ajungând la oscilații Pentru neurobiologia cibernetică important este faptul că *pentru anumite valori ale parametrilor lor (în anumite situații) feedback-urile intră în oscilație* Devin niște oscilatori ciberneticici Aceștia sunt utilizați drept ceasuri biologice care comandă unele manifestări biologice periodice Tot grație acestei caracteristici pot genera procese oscilatorii în cazuri patologice

Norbert Wiener⁵² a atras atenția că simptomul pe care-l numim clonus al piciorului sau al mâinii (când piciorul sau mâna dacă sunt extinse pasiv intră în oscilație sau într-o trepidație ritmică regulată) se datorează intrării în oscilație a feedbackului inervației musculare El a studiat minuțios acest simptom atât experimental cât și matematic Și alte manifestări periodice patologice ca tremurătura parkinsoniană, tremurătura esențială benignă, miocloniile velopalatine au desigur la baza lor oscilații survenite în structuri nevraxiale cu unul sau mai multe feedback-uri

Există date experimentale și modele matematice care clarifică modul cum un feedback negativ poate intra în oscilație^{53,54} așa cum există pentru un feedback pozitiv⁵⁵ Aceste date nu-și au locul în lucrarea de față deși ele sunt esențiale pentru cibernetică

Problema este mult mai complicată deoarece adesea sistemul nervos central dispune de mai multe feedbackuri paralele sau suprapuse din care unele pot fi pozitive și altele negative Astfel de combinații ridică multe probleme teoretice interesante mai ales legate de stabilitatea funcționării lor

⁵² Wiener Norbert Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, MIT Press 1948

⁵³ Pigolotti Simone Krishna Sandeep, și Jensen Mogens H. Oscillation patterns in negative feedback loops Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America vol. 104 no. 16 6533–6537, (2006)

⁵⁴ Arnaud Tonnelie Cyclic negative feedback systems: what is the chance of oscillation? Bulletin of Mathematical Biology, Springer Verlag, 76 (5), pp.1155-1193 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00919629> (2014,)

⁵⁵ ELE 2110A Electronic Circuits Positive Feedback and Oscillator doctord.dyndns.org/courses/textbooks/JegerBlalock/Pang/Lecture14. (2009)

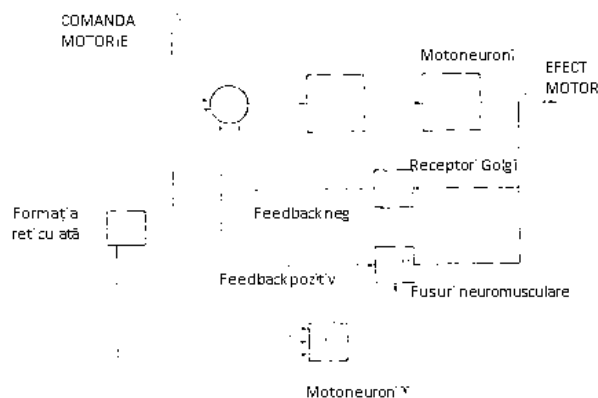


Fig31 Comanda motorie cu feed back-uri multiple

Analiza datelor de fiziologie a permis identificarea unor dispozitive cu feedback negativ care dispun și de un feed before. De exemplu, sistemul care reglează temperatura corpului, cel care controlează glicemia sau cel care stabilește tensiunea arterială sunt automate homeostatice cu feedback negativ a căror mărime de referință este stabilită printr-o comandă feed before. În toate aceste cazuri o comandă tip feed before reglează nivelul la care trebuie reglată variabila unui homeostat biologic (temperatura, presiunea osmotică a sângelui, glicemia etc.)

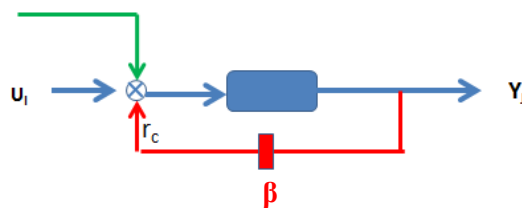


Fig.32 Feedback cu Feed before

Luând în considerare existența aferențelor inverse modelul general sistemic al sistemului nervos din fig. 17 trebuie completat ca cel din figura 33

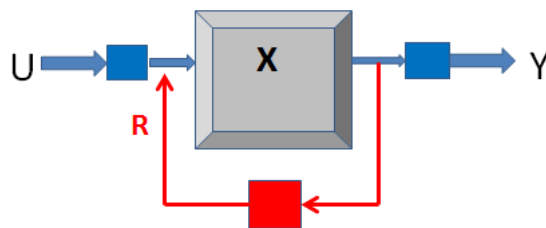


Fig 33 Sistem deschis cu feedback

Acest model poate fi considerat un model general cibernetic al sistemului nervos. După cum se vede, este un sistem dispunând de mărimi de intrare (\$U\$) de ieșire (\$Y\$) și de stare (\$X\$), de feedback cu mărimi retroactive (\$R\$).

Așa dar, feedback-ul este un mecanism fundamental în neurocibernetică și în general în cibernetică. Fără de el, sistemul nervos nu ar putea să mențină homeostazia și să controleze activitățile vegetative. Nici comportamentul nu ar putea fi realizat. Viața socială însăși este bazată pe feedback, deoarece fiecare individ trebuie să țină seama de reacțiile celorlalți la cuvintele sau acțiunile sale.

5 Timpul

Timpul este una din dimensiunile Universului și face parte din organizarea lumii materiale. Pentru cibernetică el nu este o creație a gândirii umane pentru a face ordine în percepția realităților lumii.

Toate dispozitivele cibernetice reale (naturale și artificiale) făcând parte din Universul nostru operează în timp.

Toate mărimile din dispozitivele cibernetice reale sunt funcții de timp. De exemplu

$$u = u(t), y = y(t), x = x(t) \text{ ș.a.m.d.}$$

Tot de aceea orice dispozitiv sau orice componentă a unui dispozitiv cibernetic este caracterizat printr-un **timp de latență**. E vorba de durata proceselor ce au loc în structurile amintite și de durata amorsării proceselor respective. De aceea mărimea de ieșire apare totdeauna **mai târziu** decât cea de intrare ($y(t+\kappa) = S\{u(t)\}$ sau $y(t) = S\{u(t - \kappa)\}$ în care κ este durata latenței iar S este un operator. Durata unei latențe depinde de viteza de propagare și prelucrare a evenimentelor ce constituie suportul informației. Din acest punct de vedere sistemele informaționale biologice, inclusiv sistemele nervoase sunt foarte lente comparativ cu cele artificiale extrem de rapide.

De exemplu timpul de latență al sinapselor este de aproximativ 1 ms (1.21 ± 0.07 ms).

Wiener (în lucrarea sa de bază, „Cybernetics” 1948) a făcut o distincție netă între timpul reversibil (pe care-l numește timp newtonian⁵⁶) care permite scurgerea lui atât de la trecut prin prezent spre viitor cât și de la prezent spre trecut, și **timpul ireversibil** unidirecțional pe care-l numește bergsonian⁵⁷ ce permite scurgerea sa doar de la trecut spre viitor. Tot el a insistat că *în cibernetică timpul trebuie să fie bergsonian ca și timpul trăit (timpul psihologic)*.

Ireversibilitatea sau unidirecționalitatea timpului este după el o caracteristică asimetrică a Universului nostru pentru care nu s-a găsit încă nici o explicație științific valabilă.

Cu toate acestea aproape toate ecuațiile fizice sunt simetrice în raport cu timpul, adică admit și reversibilitatea timpului. Universul newtonian este astfel un Univers în care timpul se poate scurge teoretic în ambele direcții.

Termodinamica secolului XIX a dat lovitura de grație acestui model căci ea nu admite decât un timp care se scurge de la trecut prin prezent spre viitor. Este meritul lui Ludwig Boltzmann de a fi dezvoltat o teorie (o explicație) a unidirecționalității timpului bazată pe matematica statistică. De aceea într-un sistem izolat entropia crește totdeauna.

Fizica cuantică a readus în discuție timpul reversibil. Fizicianul și filozoful Olivier Costa de Beauregard⁵⁸ care s-a preocupat mult de unidirecționalitatea timpului a susținut că în Universul macroscopic al experiențelor noastre și al relativității einsteiniene timpul este unidirecțional dar că în Universul microscopic cuantic timpul este simetric.

⁵⁶ De la marele matematician I. Newton a cărui modele matematice admit timpul reversibil.

⁵⁷ De la filosoful belgian H. Bergson care a insistat asupra unidirecționalității timpului.

⁵⁸ Costa de Beauregard Olivier, La Notion de temps, équivalence avec l'espace, Hermann, Paris (1963).

În general unidirecționalitatea timpului este legată de caracterul nondeterminist al Universului

După cum se vede timpul este o problemă a fizicii(în special termodinamicii) și a cosmologiei dar este esențială și pentru cibernetică

Pentru tema noastră *timpul este o realitate fizică independentă de conștiința noastră care curge de la trecut prin prezent spre viitor*

Nici un dispozitiv cibernetic nu este scutit de scurgerea unidirecțională a timpului. Într-un dispozitiv cibernetic *timpul se poate scurge continuu* ca un râu care curge. În acest caz valorile sale(t) sunt continue. Astfel de dispozitive sunt numite **continue** sau **analogice** cum sunt dispozitivele biologice. Timpul psihologic(duratele pe care le trăim) este și el continuu.

În alte dispozitive timpul intervine întrerupt prin valorile sale($t_1, t_2, t_3, \dots$) din momente ce se succed la intervale regulate care sunt punctate(marcate) de un ceas. Ele se numesc **discontinue** sau **discrete** cum sunt majoritatea dispozitivelor cibernetice artificiale.

Dispozitivele cibernetice își organizează activitatea în funcție de timp. Prescripțiile algoritmilor și euristicilor se execută pas cu pas în înșiruirea timpului. De multe ori operațiile sunt amorsate sau încheiate la momente anumite. De aceea dispozitivele cibernetice utilizează timpul operând secvențial și respectând durate prescrise.

Creierul și el operează cu timpul și țin seama de scurgerea lui. I.P. Pavlov a descris condiționarea unor reflexe de urmă și unor reflexe în care timpul este elementul principal.

Conștiința umană reflectă timpul în diferite chipuri și contexte. Toți conștientizăm scurgerea timpului (timpul psihologic). Mulți ne orientăm în timp chiar fără de ceasuri. De asemenea mulți au condiționări temporale de aceea dispozitivele cibernetice dispun de foarte multe ori de ceasuri proprii. Progresul culturii și tehnologiilor a înzestrat societățile umane cu diferite sisteme care măsoară timpul(succesiunea zilelor și nopților, mișcarea astrelor, modificările de mediu sezoniere și apoi toate instrumentele de măsurat timpul fabricate de oameni). Acestea au impus vieții oamenilor desfășurarea cronometrată conștient a timpului care s-a suprapus activității biologice cronometrată inconștient de ceasurile organice studiate de **cronobiologie**.

Debuturile științifice ale cronobiologiei se situează în secolul XVII când botanistul francez Jean Jacques d'Ortois de Mairan (1678–1771) a descris prima dată ritmul circadian la mimose. Cronobiologia s-a structurat ca o disciplină științifică prin anul 1950 cu cercetările lui Jürgen Aschoff, Erwin Bünning și Colin Pittendrigh dar mai ales în 1960 grație simpozionului de la Cold Spring Harbor Laboratory. *Neurocibernetica este extrem de interesată de aceste aspecte*.

A nu se confunda cronobiologia științifică cu modelele de bioritmuri promovate în cadrul unor teoretizări pseudoștiințifice ca cea a lui Wilhelm Fliess, Hermann Swoboda sau Bernard Gittelson. Este vorba de o fantezie care se bucură de un mare succes în rândul naivilor ca și astrologia sau alte pseudoștiințe.⁵⁹

⁵⁹ Stein, Gordon. Encyclopedia of Hoaxes. Gale Group(1993).

5 1 Ceasurile biologice

Duratele trebuie **măsurate** Ele se măsoară cu segmente de timp de lungime standard numite unități de timp (minute secunde etc)

Pentru aceasta este nevoie de un generator de astfel de unități de timp adică de un **ceas** Ceasurile sunt dispozitive naturale sau artificiale care emit o funcție periodică (pulsatii sau unde sinusoidale) Astfel de dispozitive se numesc **oscilatori**

Cunoaștem trei tipuri de oscilatori

a) **Oscilatorii de relaxare** în care o anumită mărime (x) crește de la o valoare minimă ($x_{\min}$) într-un interval de timp dat (T) până la o valoare critică ($x_{\max}$) când emite un semnal și totul începe de la capăt

De exemplu cantitatea de apă dintr-un rezervor (în care curge un flux continuu de apă) crește până la nivelul unde se află o supapă care declanșează un sunet și golește rezervorul ce apoi începe din nou să se umple Acest dispozitiv emite sunete periodice

Cei mai utilizați oscilatori de relaxare din tehnică sunt condensatorii electrici

b) **Oscilatorii cibernetici** care se bazează pe conexiuni inverse (feedback-uri) ce intră în oscilație –cum am arătat mai sus și

c) **Oscilatorii statistici** când rezultanta statistică a funcționării unui mare număr de elemente (de exemplu de neuroni) este periodică Cel mai tipic exemplu este electroencefalograma

În general sistemele cibernetice dispun de oscilatori grație cărora ele pot *măsura timpul, și pot ritma activitatea lor ceea ce poate fi necesar pentru scandarea, ciclizarea sau etapizarea operațiilor ca și pentru sincronizarea unora din ele.* Acești oscilatori (aceste ceasuri) servesc așa dar la organizarea operațiilor dispozitivelor cibernetice în funcție de timp

Un oscilator emite pulsații periodice separate prin perioada T dată de relația $T = 2\pi/\omega$ în care ω este frecvența oscilației Funcția de ieșire poate fi însă o undă sinusoidală continuă a cărei expresie matematică este $A(\sin \omega t + \varphi)$ în care φ este faza și A amplitudinea

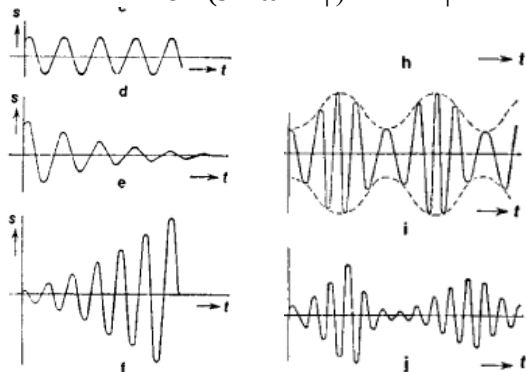


Fig. 34 Unde (oscilații)

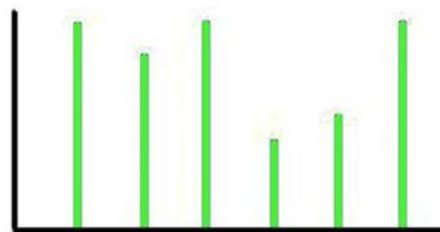


Fig. 35 Pulsații periodice

Oscilațiile pot fi de patru feluri Unele se mențin constante ca ritm și amplitudine Sunt *oscilații staționare* (ca cele din ceasuri, sau din centrii cardiostimulatori ce determină ritmul cardiac) În altele amplitudinea *crește progresiv* uneori până la distrugerea sistemului Se mai pot ivi unele a căror amplitudine descrește până la dispariția lor E vorba de *oscilații amortizate* În fine există oscilații care pot fi modulate de o altă undă produsă de un alt oscilator

Ceasuri biologice există în toate organismele vii atât la nivelul genomului (ceasuri genetice) cât și în celulele sau organele fenotipice

De exemplu metabolismul celular are desfășurări periodice reglementate genetic. De asemenea toate celulele organismului (în afară de neuroni) dispun de un ceas care reglementează diviziunile celulare (mitozele). Există chiar **ceasuri moleculare** importante în special în genetică.

Cel mai evident ceas biologic este oscilatorul (sau oscilatoarele) din sistemul cardionector al cordului care generează **ritmul cardiac**.

Cei mai importanți oscilatori biologici sunt nucleii supra chiasmatici din hipotalamusul anterior cu mărime de ieșire periodică (cu un output cu perioadă de 24 ore) care determină **ritmul circadian**⁶⁰ al organismului. Acest ceas este format de neuroni care au proprietatea de a descărca semnale cu o evoluție periodică. Aceste semnale sunt determinate de evenimentele chimice ce au loc în nucleul lor. Periodicitatea aceasta se manifestă nu numai in vivo ci și in vitro când neuronii respectivi se află în culturi. E vorba de un sistem oscilant molecular cibernetic cu bucle feedback. *Toată viața trăim sub influența acestui ceas neurobiologic*.

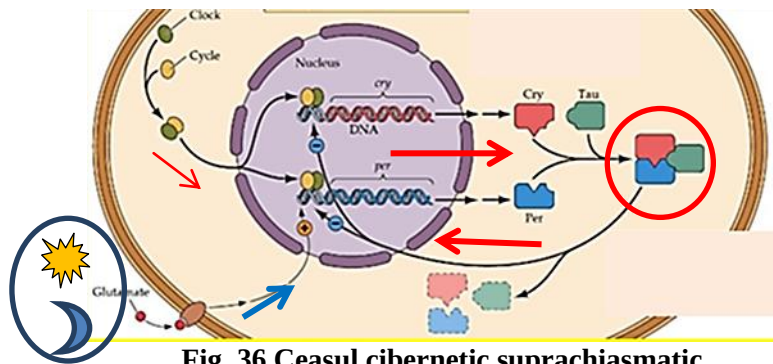


Fig. 36 Ceasul cibernetic suprachiasmatic

În neuronii suprachiasmatici umani se găsesc pe ADN *gene per* și *gene cry*. Aceste gene sunt activate de niște proteine CYCLE și CLOCK. Odată activate, genele respective se exprimă cu ajutorul unor factori de transcripție în citoplasmă, prin sintetizarea **proteinelor PER și CRY**, care se combina formând un dimer. (la care se adaugă o proteină tau) Acest complex odată sintetizat se acumulează în citoplasmă și când depășește o anumită cantitate pătrunde în nucleu și blochează genele care le-au exprimat, realizând un *ciclu printr-un feedback chimic negativ* cu **evoluție periodică**⁶¹. Este un oscilator de relaxare molecular.

Cercetătorii au pus în evidență și alte ceasuri circadiene (în afara ceasului principal din nucleul suprachiasmatic). Astfel de ceasuri s-au găsit în glandele suprarenale, esofag, plămâni, ficat, pancreas, timus și splină. Blocând experimental ceasul suprachiasmatic prin knock-out genetic s-au detectat și alte ceasuri de rezervă.

Unele ritmuri biologice au proprietatea de a se sincroniza cu stimulări exogene periodice. Cel mai evident este sincronizarea ritmului nucleului suprachiasmatic cu ritmul exogen zi-noapte grație unor conexiuni care leagă

⁶⁰ CH, Takahashi JS "Molecular components of the mammalian circadian clock". Hum. Mol. Genet. 15 Spec No 2: pg 271–7(2006).

⁶¹ Anna A. Kondratova & Roman V. Kondratov The circadian clock and pathology of the ageing brain Nature Reviews Neuroscience 13, 325-335 (2012)

retina de nucleul suprachiasmatic prin sinapse glutaminergice Această sincronizare face ca somnul să se instaleze în timpul nopții Când această sincronizare este perturbată de deplasarea peste mai multe fusuri orare apar tulburările bine cunoscute de călătorii pe distanțe lungi cu avionul

Ritmul cosmic zi-noapte se mai impune organismului prin epifiza care pe întuneric secretă *melatonina* considerată de unii drept hormonul somnului

Tot atât de evidentă este sincronizarea undelor electroencefalografice cu un ritm exogen impus prin stimulare vizuală periodică

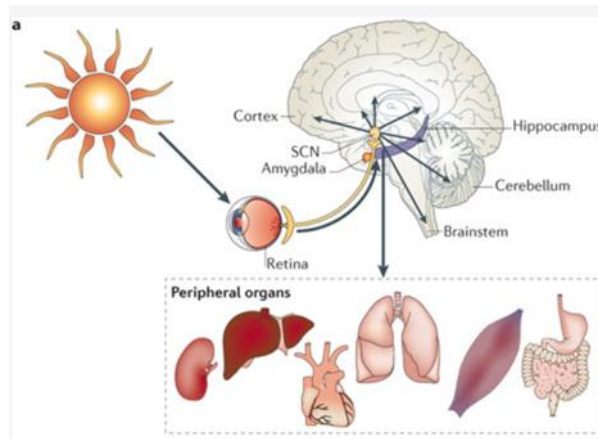


Fig.37 Ceasul nictemerul(nucleul suprachiasmatic) A. Kondratova și col)¹⁶

Ritmul circadian(nicthemeral) este cel mai de seamă ritm biologic Există și ritmuri mai rapide **ultradine**(ca ritmul somn lent/somn REM)și ritmuri mai lente **infradine** printre care cele mai importante sunt cele neuroendocrine

Sistemul nervos este supus unui ritm infradian important dar determinat de un ceas cosmic exterior Este vorba de ritmul sezonier(circa anual) cu două momente mai sensibile primăvara și toamna (la echinoxuri când duratele zilelor sunt egale cu cele ale nopților)Acest ritm creează anumite fragilități patologice ceea ce explică printre altele apariția *asteniilor și depresiilor de primăvară și toamnă* S-au mai descris ritmuri determinate de fazele lunii sau de evoluția mareelor

Ceasurile neuroendocrine sunt realizate prin intrarea în oscilație a feedback-urilor din axele hipotalamo-hipofizo-glande țintă (tiroidă, ovar ,corticosuprarenală) (vezi figura 29) care au perioade lungi de ordinul a circa trei - patru săptămâni (C Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau)⁶²

Cel mai cunoscut ritm infradin neuroendocrin este cel determinat de axul hipotalamo-hipofizo-ovarian(ritmul menstrual)de circa 28 zile Tot așa este cunoscut ritmul axului hipotalamo-hipofizo-tiroidian care are un ciclu de 21 de zile Acest ritm a fost semnalat de psihiatrii Danziger și Elmgreen care au considerat că ceasul hipofizo-tiroidian ritmează apariția manifestărilor de catatonie periodică De acest ritm s-a ocupat și biomatematicianul Raschewski Se mai citează ritmul axului hipotalamo-hipofizo-corticosuprarenalian de circa 24 zile Aceste ceasuri au un rol important pentru tot organismul Există și **ceasuri endocrine** ultradine în care debitul jurnalier al secreției hormonale variază periodic Ceasurile neuroendocrine și cele endocrine influențează funcționarea sistemului nervos de aceea sunt importante în neuro și psiho cibernetică

În structura sistemului nervos există numeroase feedback-uri care toate pot intra în oscilație și **pot** servi ca niște **ceasuri neurale**

⁶² C Balaceanu Edm Nicolau Peronalitatea umană o interpretare cibernetică Ed Junimea Iași (1972)

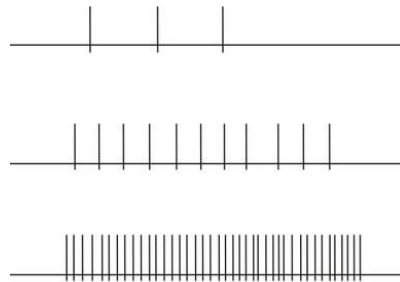


Fig. 38 Potențiale de acțiune axonale

Nu trebuie să uităm că la nivelul conului axonal **potențialele de acțiune ale neuronului** modulate în amplitudine sunt transformate în descărcări periodice modulate în frecvență. *Neuronul are un generator de oscilații axonale* Este un oscilator complicat în funcționarea căruia un rol important îl are perioada refractară post potențial de acțiune a cărui model matematic a fost descris de C Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau⁶³

Trebuie să menționăm că atunci când un dispozitiv automat cibernetic trece dintr-o stare în alta el parcurge o *perioadă de tranziție* în cursul căreia mărimile de ieșire pot avea un aspect oscilant în general nedorit De aceea sistemul nervos dispune de dispozitive de amortizare sau de blocare a acestor oscilații de tranziție

Unul din cele mai cunoscute astfel de dispozitive antiperiodice este **cerebelul** În leziunile sale sistemul de comandă motorie intră în perioade de tranziție oscilante uneori dramatic de intense numite tremurături cerebeloase sau intenționale

Circuitul dento-rubro olivo- cerebelos în anumite leziuni (ale fascicolului central al calotei sau ale nucleului dințat al cerebelului) intră în oscilație generând miocloniile velopalatine Un alt exemplu este **nistagmusul ocular** (o mișcare pendulară conjugată ,periodică a ochilor)ce apare în anumite afectări ale sistemului vestibular De asemenea tremurăturile din boala lui Parkinson sau boala lui Minor (tremurătura esențială benignă) sunt expresia clinică a unor oscilații patologice

În sistemul nervos există o oscilație specială despre care am mai pomenit E vorba de ritmurile populațiilor neuronale din scoarța cerebrală descoperite de H Berger în 1924 Ele se detectează cu aparatele numite **electroencefalografe** Nu știm dacă ritmurile EEG au un rol (poate de ceasuri) Ele sunt mai degrabă **un epifenomen** care caracterizează stările cortexului (alertă.veghe.somn lent, somn REM,comă,criză epileptică.absență moarte clinică etc)



⁶³ Edm Nicolau și C Bălăceanu Stolnici Elemente de neurocibernetică Ed Științifică Buc (1966)

Fig. 39 Traseu electroencefalografic(stare de veghe)

Ritmurile electroencefalogramelor nu au încă o explicație clară Evident ele sunt determinate de evenimentele electrice din neuronii corticali dar și din cei talamici Aceste evenimente sunt însă mult prea mici pentru a fi detectate de electrozi Ceea ce aceștia detectează sunt însumări de evenimente electrice sincrone din populații mari de neuroni Electroencefalograma este deci o *rezultantă statistică* Periodicitatea undelor EEG este rezultatul unei periodicități statistice (unui ceas statistic) prezent în populațiile neuronale corticale sau corticotalamice în cadrul cărora se pare că neuronii piramidali au rolul cel mai important

Extrem de interesante sunt oscilațiile ce apar în circuitele ce leagă nucleii talamusului de ariile corticale Sunt **circuite reverberante** esențiale pentru emergența activității mentale Această activitate periodică se exprimă sub forma *potențialelor evocate* prin stimulare senzitivosenzorială (care sunt semnale periodice)

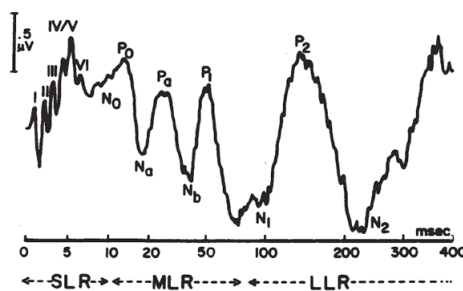


Fig. 40 Potențial evocat cortical

Un ritm cerebral special este reprezentat de undele electroencefalografice **gama** (de circa **40Hz/sec**) descoperite datorită encefalografiei digitale prin 1988⁶⁴ Acest ritm foarte rapid (la scara EEG) de origine corticală și talamică (prezent și în hipocamp) s-a dovedit a avea o funcție extrem de importantă Neuroni sau mici grupuri de neuroni situați în regiuni diferite ale encefalului *pot fi reuniți funcțional* (integrați în complexe operaționale unice) dacă neuronii respectivi oscilează sincron⁶⁵ Este problema interconectării neuronilor (*binding problem*) Această sincronie se face în banda de circa 40 Hz/sec⁶⁶ „Tendința la sincronie depinde de dinamica non lineară a neuronilor fie că răspund la o mărime de intrare s-au intră în rezonanță cu o frecvență preferată”⁶⁷ Unii consideră că unificarea aceasta funcțională prin ritmul gama este necesară pentru emergența activității conștiente și pentru formarea percepțiilor și engramelor ca și pentru funcționarea atenției Important este rolul activității ritmice neuronale respective

⁶⁴ Ian Gold "Does 40-Hz oscillation play a role in visual consciousness?". *Consciousness and Cognition* v 8 (2): 186–195(1999).

⁶⁵ Crick, F., și Koch, C. Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars in the Neurosciences* v.2, 263-275. (1990).

⁶⁶ Buzsaki, György "Cycle 9, The Gamma Buzz". *Rhythms of the brain*. Oxford.(2006)

⁶⁷ Carmen C. Canavier Neuronal Oscillators and Synchronous Gamma (40 Hz) Rhythms in the Brain Computational Biology Seminar Series for Undergraduates 19, martie <https://www.cct.lsu.edu/lectures/neuronal-oscillators-and-synchronous-gamma-40-hz> (2014)

ca factor de grupare (de reuniune) ceea ce reprezintă o nouă contribuție a oscilatorilor neuronali Acest rol de legătură a fost demonstrat elegant prin optogenetică⁶⁸ Cercetările acestea au arătat că în sistemul nervos există un mecanism care permite formarea de **colective de lucru** de neuroni situați în diferite regiuni ale creierului (formarea de **matrici conexionale**)

De asemenea o deosebită prezență a acestui ritm a fost observată în stările de *meditație*⁶⁹

În altă ordine de idei menționăm că out-puturile motorii ale sistemului nervos pot avea un caracter periodic De exemplu ritmul respirator sau mișcarea automată ritmică a mâinilor și membrelor inferioare din timpul mersului

Mișcarea ritmică a respirației este un exemplu tipic de oscilație determinată de un feedback negativ Rolul aferențelor inverse dela pleure și cutia toracică a fost arătat încă din 1868 de J Breuer⁷⁰ cu mult înainte de Wiener

Studiul oscilațiilor din sistemele cibernetice a clarificat multe aspecte ale funcționării normale și patologice ale sistemului nervos. De asemenea ne-a dezvăluit cum sistemul nervos poate măsura(și gestiona) timpul

În general sistemele cibernetice sunt caracterizate prin frecvențele de oscilație ale elementelor lor componente Aceste frecvențe(care definesc **frecvența de ceas** a dispozitivului – „clock rate”) sunt măsurate în herzi(Hz) și sunt un indice de calitate

Unul din progresele din informatică e reprezentat de creșterea continuă din an în an sau din generație în generație a frecvenței de ceas a dispozitivelor artificiale S-a ajuns până la valori de 5,5 GHz(peste cinci bilioane de oscilații pe sec) Inițial calculatoarele aveau o frecvență de ceas de circa 10Hz(ca și sistemul nervos) Primul mare calculator ENIAC a avut o frecvență de ceas de 100mHz Această frecvență nu poate crește la infinit căci este limitată de zgomotul de fond(fenomene cuantice, dezintegrări alfa ș.a.)Se pare că s-a și ajuns la o stagnare

5.2 Gestionarea timpului

Luarea în considerare a timpului a deschis două domenii de preocupări Este vorba de gestionarea de către un sistem cibernetic a **trecutului** și de cea a **viitorului**

Pe axa timpului în spatele nostru se află trecutul și în fața noastră viitorul (fig 41)

⁶⁸ Cardin, M. Carle, K. Meletis, U. Knoblich, F. Zhang, K. Deisseroth, Li-Huei Tsai and Christopher Moore Driving fast-spiking cells induces gamma rhythm and controls sensory responses. Nature, 459: 663-668. (2009)

⁶⁹ Reiner Peter B. Meditation on Demand Mind & Brain Scientific American <http://www.scientificamerican.com/article/meditation-on-demand/> (2009)

⁷⁰ Josef Breuer. Die Selbststeuerung der Athmung durch den Nervus vagus. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch–naturwissenschaftliche Classe, , 58 Band, II. Abtheilung: 909-937. Wien, (1868)



Fig. 41 Pe axa timpului

Trecutul este cunoscut, și poate fi reactivat (parțial) grație memoriei. În schimb viitorul este total necunoscut. Este impenetrabil. Singurul lucru posibil este creierea de ipoteze, de scenarii predictive, de extrapolări etc. cu o anumită plauzibilitate și probabilitate de realizare. Viitorul nu prezintă nici o certitudine. Reprezentarea lui este în cel mai bun caz probabilistă când nu este total imprevizibilă.

3 Gestionarea trecutului

Gestionarea trecutului se referă la aptitudinea unui sistem de a stoca (memora) informații, de a învăța, de a uita și de a reactiva (ecfora) și exploata informațiile stocate. Este vorba de a folosi trecutul în activitatea prezentă.

Dispozitivele care dispun de memorie sunt net superioare celor fără de memorie. Toate dispozitivele cibernetice naturale au memorie. Printre acestea sistemul nervos și cel genetic dispun de mecanismele biologice de memorie cele mai performante⁷¹. Cunoașterea lor este foarte incompletă. O mare parte din modelele existente se bazează pe **analogii** cu dispozitivele artificiale de stocare de informații.

Un **dispozitiv de memorie** permite - cum am mai spus - stocarea informațiilor, (engramarea lor), conservarea lor, ștergerea lor și reactivarea (citirea, ecforarea) lor. În arhitectura unui automat după von Neuman am văzut că dispozitivul de memorie este o unitate *separată* de cea de calcul, ceea ce se găsește în aproape toate sistemele informaționale artificiale. În acestea există și dispozitive de memorie *exterioară* care se conectează la nevoie cu sistemul, ceea ce nu se întâmplă în cazul sistemelor biologice inclusiv sistemul nervos.

În sistemul nervos unitățile de memorie nu sunt separate de cele de calcul. Stocarea informațiilor se face tot de către neuroni (care sunt procesori care am arătat că dispun și de operatorii pentru memorarea semnalelor). Științele creierului nu au evidențiat o componentă cerebrală specializată cu hardul necesar doar pentru memorizare. Formațiunile implicate în memorie (hipocampus, corpii

⁷¹ Aspecte de tip memorie interesante se găsesc și la nivelul sistemului imunologic de care însă nu ne ocupăm aici.

mamilarilor, lobul prefrontal) nu sunt dispozitive de memorie ci doar zone operative implicate major în *gestionarea memoriei*

5.4 Memoria volatilă (scurtă, de lucru)

Un dispozitiv de memorie tehnic poate să fie **volatil**, adică instrucțiunile și datele memorate să se ștergă în momentul când sistemul numai funcționează. În ceea ce privește sistemul nervos sunt situații (o criză de epilepsie, un electroșoc o comoție cerebrală, o comă profundă) când activitatea neuronilor din scoarța cerebrală este profund perturbată (chiar suspendată) temporar și când se constată că, datele înregistrate în ultimele circa 20 de minute înainte de incidentul sau accidentul respectiv se șterg definitiv (**amnezii retrograde**). Aceasta dovedește că *sistemul nervos dispune de o astfel de memorie volatilă*

Se consideră că memoria volatilă din nevrax are drept suport procesele de întârziere (latențele) din neuroni și sinapse. Cel mai tipic exemplu e reprezentat de structurile neuronale (deja amintite) în care informația este „plimbată” prin unul sau mai multe circuite. Unele din ele se mai numesc **circuite reverberante** (fig. 42)

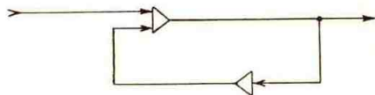


Fig. 42 Circuit reverberant de întârziere

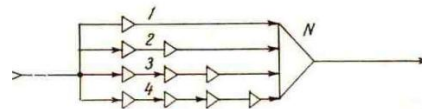


Fig. 43 Lanțuri L de No de întârziere

De asemenea mai există și **lanțuri de întârziere** (fig. 43) formate din lanțuri (secvențe) de neuroni de lungimi diferite (descrise de Lorente de No) care rețin informațiile pe intervale de timp limitate (ce rezultă din însumarea timpilor de latență ale elementelor componente ale fiecărui lanț) (delay-active neurons). Se mai numește **memorie circulantă** căci semnalele circulă tot timpul. Anglosaxonii mai numesc memoria de scurtă durată **neural maintenance**. Zona cea mai activă pare să fie porțiunea dorsolaterală a cortexului prefrontal.

Memoria aceasta nu este numai volatilă ci și **de scurtă durată** deoarece informațiile *stocate se șterg automat* după un anumit timp de ordinul minutelor.

Tot pe un mecanism volatil similar se bazează și memoria de lucru (**working memory**⁷²) în care informațiile sunt păstrate un timp scurt cât este nevoie pentru procesarea lor.

Menționăm că în sistemele artificiale s-a renunțat de mult la memorii volatile bazate pe circuite sau lanțuri de întârziere.

5.5 Memoria de lungă durată (moleculară)

În afară de memoriile volatile sistemele artificiale dispun de **memorii de durată** sau **persistente**.

⁷² Pribram, Karl H.; Miller, George A.; Galanter, Eugene Plans and the structure of behavior. New York: Holt, Rinehart and Winston. (1960).

Problema memorării de lungă durată a fost și este una din cele mai importante din informatică. În decursul ultimelor decenii s-au creat și perfecționat o serie de dispozitive (hard-uri) care conservă informațiile pe o bază materială unde se păstrează timp îndelungat sau foarte îndelungat. Există multe tipuri de astfel de memorii artificiale (dischete, stickuri, CDromuri, DVDuri etc)

În decursul timpului tehnicile de stocare din dispozitivele tehnice au variat mult. Cele inițiale pe cartoane perforate au fost părăsite de mult. Cele moderne se bazează pe engramarea informațiilor pe un suport electromecanic (excepțional) electromagnetic sau optic (laser). E vorba de componente de hard din ce în ce mai perfecționate. Există în tehnică și încercări de a fixa informațiile pe un suport molecular (memorii moleculare).

Sistemul nervos dispune și el de dispozitive de stocare de lungă durată. Sunt centenari care au amintiri din prima copilărie.

În sistemul nervos memoria de lungă durată a priori poate avea drept bază decât **molecule** cu **histerezis**. Aceste molecule sunt extrem de importante în cibernetică deoarece conferă dispozitivelor în care operează capacitatea de memorare de a se istoriciza. Sunt molecule mari, polimeri sau acizi nucleici, care sunt polisegmentate și pot adopta structuri de ordin superior⁷³. Aceste molecule prezintă aranjamente atomice ce se pot modifica realizând două sau mai multe stări stabile (bistabile sau multistabile) care se pot comuta una în alta. Moleculele respective așa dar sub impactul unui eveniment oarecare, care poate fi un stimul informațional trec dintr-o stare în alta și păstrează astfel amintirea stimulului respectiv. Numeroși cercetători le-au folosit ca releuri sau dispozitive de memorie. Histerezis-ul este un fenomen ce aparține chimiei fizice dar care și-a găsit o largă utilitate în cibernetică. Fenomenul de histerezis nu se produce numai la un nivel molecular dar și în comportamentul magnetic al unor solide. De aceea există în tehnică dispozitive de memorie bazate pe magneți.

*Se consideră teoretic că baza memoriei de lungă durată a neuronilor e formată probabil din astfel de nucleoproteine (ca în sistemul genetic). Putem afirma că moleculele de memorare ale sistemului nervos sunt distribuite în toți neuronii. Pentru realizarea engramei importante sunt modificările moleculare din neuroni dar și în care neuroni ele se produc. Acești neuroni modificați alcătuiesc un grupaj spațial sau o **matrice** (distribuită în encefal). Se pare că modificările moleculare se produc și la nivelul genomului cromozomial din neuron și se exprimă prin molecule de mRNA care acționează la nivelul sinapselor.*

Un model acceptabil este cel al *cascadelor enzimactice* (fig.44) care se datorește în mare parte lui E Kandel^{74,75}. Semnalul de intrare în neuron produce două tipuri de evenimente

⁷³ Mitsuru Sano, Henry Taube „Molecular hysteresis" in an electrochemical system revisited Inorg. Chem., , 33 (4), pp 705–709(1994)

⁷⁴ Kandel, Eric R.; Schwartz, James H.; Jessell, Thomas M.; Siegelbaum, Steven A.; Hudspeth, A.J. Principles of Neural Science (ed V.). McGraw-Hill. (2012).

⁷⁵ Kandel E In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind. W. W. Norton & Company.(2006).

În primul rând e vorba de variațiile de potențial electric al membranei neuronului care *stau la baza activității acestuia de transmisie și de procesare a informației*

Concomitent semnalul de intrare determină o serie de evenimente în citoplasma neuronală care realizează memorizarea. E vorba de provocarea unei cascade enzimatice a cărui produs final pătrunde în nucleu unde acționează și **modifică genomul** modificare care constituie procesul însăși de memorizare. Acțiunea de modificare a genomului este „catalizată” de fixarea pe genom a moleculei CREB (cAMP response element-binding protein)⁷⁶

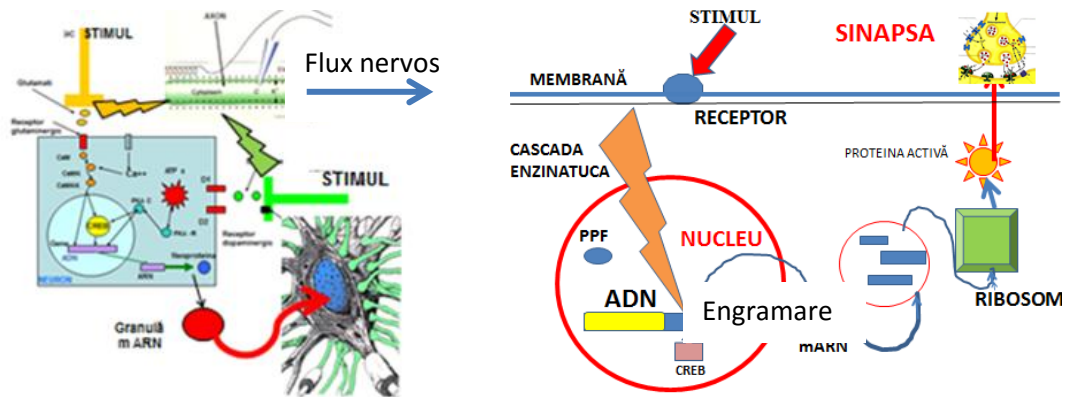


Fig. 44 Mecanismul modelului lui Kandel

De asemenea intervin moleculele PP1 (Protein phosphatase 1) ca un factor de *blocare* care pot „șterge” enramele (sunt un supresor al învățării)⁷⁷

Nu știm cum se exprimă aceste modificări ale genomului. Ele provoacă biosinteza unor proteine care *modifică morfologic și/sau funcțional sinapsele sau/și spinii dendritici și receptorii din membranele sinaptice*

Kandel a susținut că *mecanismul molecular propus (bazat pe cascade enzimatice) este valabil atât pentru memoria de scurtă durată (când modifică doar pragurile sinapselor) cât și pentru memoria de lungă durată (când modifică numărul sinapselor)*

Conform modelului lui Michael Kiebler⁷⁸ gena sau genele modificate sunt transcrise în molecule de mRNA care se grupează în **granule ARN**. Acestea în cursul excitației neuronale se îndreaptă spre anumite sinapse și acolo (cu ajutorul ribozomilor) sintetizează proteine active ce modifică anumiți parametri ai sinapselor respective (numărul, amplasarea lor pe spini, nivelul pragului lor de excitabilitate)

Mecanismele acestea de memorare de lungă durată realizează **plasticitatea sistemului nervos**

Această plasticitate este bine cunoscută din punct de vedere fenomenologic. Ea este cheia de boltă a proceselor de învățare (instruire)

Se cunosc diferitele metode de învățare non asociative, prin asociere, (operaționale ale lui Skinner sau clasice ale lui Pavlov), prin stabilirea de relații mai complexe cognitive (meaningful learning) sau prin enculturație. Ele pun în evidență rolul **repetării** (numărului de experimentări) și cel al **întăririlor** prin intervenția factorilor emoționali pozitivi (răsplată) sau negativi (pedeapsă). Factorii de întărire pot fi determinați doar de sistemul de răsplată endogen sau prin

⁷⁶ Lauren Slater, *Opening Skinner's Box: Great Psychological Experiments of the Twentieth Century*. New York: W. W. Norton & Company (2005).

⁷⁷ Genoux D1, Haditsch U, Knobloch M, Michalon A, Storm D, Mansuy IM. Protein phosphatase 1 is a molecular constraint on learning and memory. *Nature*; 418(6901):970-5. (2002)

⁷⁸ (Cell Reports http://www.uni-muenchen.de/forschung/news/2013/f-71-13_kiebler_nervenzellen.html (2013))

intermediul unui instructor extern(educator sau dresor)Intervenția factorilor de întărire presupune că sistemul care învață dispune de o aferență inversă (feedback) care îl informează de efectele (pozitive sau negative)ale ieșirilor (comenzilor date,acțiunilor efectuate) Învățarea este una din performanțele cele mai importante ale dispozitivelor cibernetice naturale și artificiale. Datorită învățării dispozitivele cibernetice naturale sau artificiale sunt influențate, modificate de factorii din mediu care completează pe cei genetici sau cei introduși de constructor

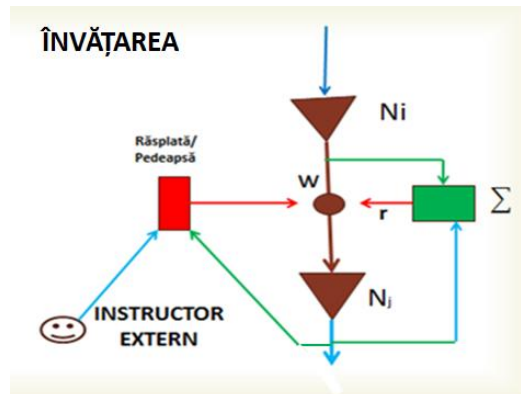


Fig 45 Schema procesului de învățare

Ponderea w a legăturii dintre neuronii N_i și N_j este modificată de repetiția stimulării neuronului N_j de către neuronul N_i prin intermediul sumatorului Σ dar și de sistemul de răsplată/pedeapsă stimulat de efectele stimulării neuronului N_a . Sistemul de răsplată/pedeapsă poate fi utilizat de un instructor extern. În modelul lui Pavlov ponderea legăturii ($w_{i,j}$) dintre neuronii i și j depinde de numărul(n) de experimente(asociații) efectuate, în timp ce în modelul skinnerian depinde și de intensitatea (a) a trăirii afective și de calitatea acesteia(pozitivă sau negativă)(a_+, a_-)

$$W_{i,j}(t) = F(n, t) \text{ sau } W_{i,j}(t) = F(n, a_+, a_-, t) \quad \text{în care } F \text{ este o funcție și } t \text{ timpul}$$

Învățarea („learning”)este esențială pentru dezvoltarea psihicului uman și formarea personalității umane. Nu trebuie să uităm că învățarea este posibilă datorită plasticității sistemului nervos. Este cel mai important factor epigenetic care acționează asupra sistemului nervos. Ea permite cunoașterea și adaptarea la mediul bioecologic și sociocultural. Grație ei educația este posibilă. Tot ea permite și diferitele forme de consiliere dar și de manipulare. La limită permite și acea manipulare politică ce duce la „spălarea creierului”

Mecanismul acestei plasticități constă în producerea de modificări în structura sistemului nervos. Aceste modificări sunt probabil moleculare de tipul celor descris mai sus. Cele mai importante au loc cum am arătat la nivelul sinapselor. Acest fapt este în concordanță cu definirea plasticității nervoase făcută – cum am mai amintit - de Hebb.

Memorii artificiale în care elementele cu histerezis de tip magnetic se găseau la nodurile unei rețele ortogonale erau frecvente în anii 50. Erau destul de mari și grele dar pe vremea aceea toate calculatoarele artificiale erau mari și grele.

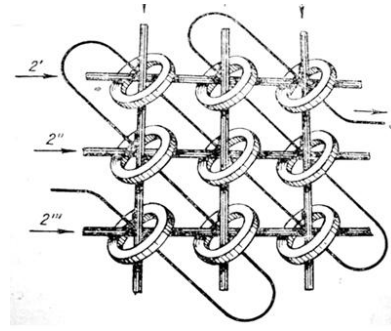
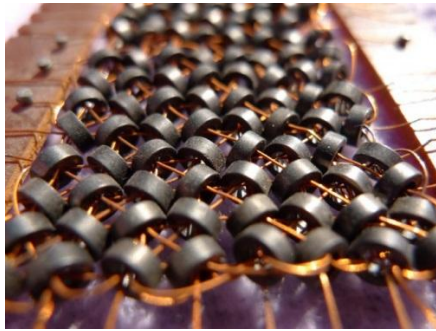


Fig. 46 Memorii artificiale ortogonale(Olympia 15-digit Nixie calculator.)

Aceste structuri ingineresti erau extrem de asemănătoare cu structura ortogonală a conexiunilor din scoarța cerebeloasă unde celulele lui Purkinje erau plasate la intersecția fibrelor. Acest aspect a sugerat ideea că scoarța cerebeloasă ar putea fi un dispozitiv de memorie. Este un exemplu tipic de raționament prin analogie. Cerebelului i-a fost atribuită memoria procedurală. Astăzi se știe că cerebelul are un rol important în memorie⁷⁹.

În afară de modul special ortogonal de conectare al celulelor lui Purkinje, cerebelul se caracterizează prin numărul său foarte mare de neuroni care depășește suma neuronilor din restul sistemului nervos.

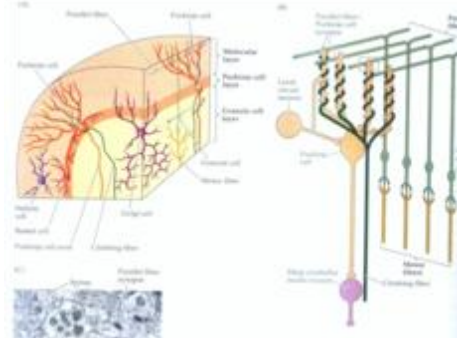
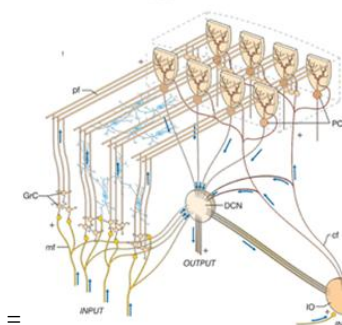


Fig. 47 Structura ortogonală a scoarței cerebeloase

Modelarea matematică și creierea tehnică a unor sisteme instruibile artificiale a fost o problemă cheie a ciberneticii(informaticii). Primul și cel mai notoriu model a fost **perceptronul** imaginat de F. Rosenblatt⁸⁰ în 1957. Acest perceptron este o rețea de unități legate prin conexiuni de tip feed before care dispun de elemente de memorie. El a fost realizat sub două forme. Prima este un model matematic care este un algoritm, al doilea a fost un dispozitiv tehnic. Ambele la epoca respectivă au fost o adevărată revoluție. Important este și faptul că Rosenblatt s-a inspirat din organizarea neuronală a sistemului nervos așa cum a fost descrisă de S. Ramon y Cajal și sir Ch. Sherrington.

⁷⁹ Ryuta Kawashima, Jiro Okuda, Atsushi Umetsu, Motoaki Sugiura, Kentaro Inoue, Kyoko Suzuki, Michio Tabuchi, Takashi Tsukiura, Singh L. Narayan, Tatsuo Nagasaka, Isao Yanagawa, Toshikatsu Fujii, Shoki Takahashi, Hiroshi Fukuda, Atsushi Yamadori Human Cerebellum Plays an Important Role in Memory-Timed Finger Movement: An fMRI Study <http://jn.physiology.org/content/83/2/1079> (2000)

⁸⁰ Rosenblatt, Frank The Perceptron--a perceiving and recognizing automaton. Report 85-460-1, Cornell Aeronautical Laboratory. (1957),

Datorită memoriei și posibilității de instruire ale sistemului nervos toată activitatea ființelor vii, comportamentul, trăirile lor etc. sunt în mare măsură controlate de trecut. Acest trecut la om nu se referă numai la experiența fiecărui individ ci datorită culturii se referă și la experiența generațiilor anterioare transmisă oral sau scris. Nu trebuie să uităm că scrisul este o formă de memorie nonbiologică exterioară de care se folosește sistemul nervos. Nu știm dacă pentru transmiterea din generație în generație a culturii totul se bazează doar pe educație (și învățare în general) sau dacă nu există și o altă formă de transmitere a acesteia (de ex. memele lui R. Dawkins⁸¹).

Din cele de mai sus rezultă că sistemul nervos este un sistem complex informațional ce dispune de memorie (M). În această memorie sunt „conservate cu ponderi diferite urmele semnalelor de intrare (U), a stărilor (X) și semnalelor de ieșire (Y).

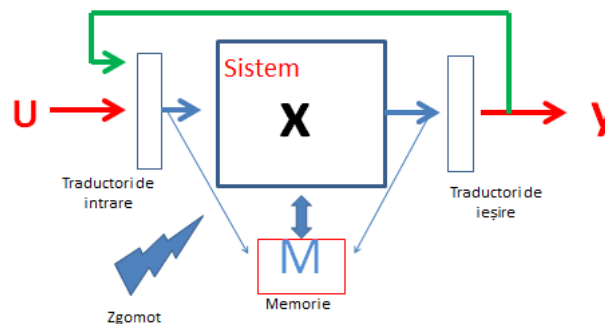


Fig.48 Schema bloc a unui sistem cu memorie

Într-un astfel de sistem subzistă relația $S(t) = \{u(t), x(t), y(t)\} f. g. M$

Nu trebuie să uităm că trecutul se mai impune puternic și prin informația genetică care printr-un complex mecanism determină bioconstrucția, menținerea și funcționarea componentelor organismelor vii. Genele respective pot fi uneori *foarte vechi* ca de exemplu acele gene *hox* sau *homeotice* pe care le-am moștenit de la nevertebrate ceea ce înseamnă că au o vechime de peste 525 de milioane de ani (când au apărut vertebratele). Nu este exclus să avem gene primordiale mult mai vechi. Nu trebuie să uităm că sistemul genetic are o vechime de peste trei miliarde de ani.

5.6 Gestionarea viitorului

Gestionarea viitorului de către sistemele informaționale naturale și artificiale este cu mult mai complicată și mai puțin fiabilă. Ea presupune experiențe expectate (așteptate, sperate), imaginate și proiectate mental în viitor. Evident că previzibilitatea se reazemă pe o bază de date memorate și extrapolarea lor în viitor. Proiectare nesigură și uneori imposibilă. Ea presupune creierea unor scenarii mentale sau evenimente viitoare imaginare (virtuale) plauzibile și folosirea lor pentru reglarea comportamentului.

⁸¹ Dawkins, Richard *The Selfish Gene* (2 ed.), Oxford University 1989),

Universul nostru însă, nu este un univers determinist în care printre altele relațiile cauză → efect să fie univoce sau sistemele dinamice să aibă evoluții predictibile. Lumea este animată de evenimente a căror apariție și evoluție nu este niciodată sigură ci aleatorie cu anumite **probabilități**. Aceasta înseamnă că orice sistem care vrea să-și organizeze comportamentul în funcție de viitor nu poate să-l prezică ci doar să-l prevadă cu o anumită incertitudine. La aceasta se adaugă faptul că dinamica evenimentelor lumii este influențată de tot felul de perturbații care sporesc la rândul lor incertitudinea previziunilor. Structura aceasta a Universului se regăsește la toate nivelele sale de la astre la lumea cuantică. Ea este prezentă și la nivelul comportamentelor umane de aceea de exemplu previziunile sociale sau economice sunt departe de a fi deterministe (Este vorba de imprevizibilitatea factorului uman). În cibernetică (în informatică) s-a adoptat **modelul probabilistic** (aleatoriu, stohastic) al lumii așa cum a apărut în secolul XIX în termodinamică.

În Univers sunt și procese care după un interval de timp „o iau razna” în mod imprevizibil (de exemplu din cauza caracterului lor non liniar.) Astfel de procese întrevăzute de H Poincarre⁸² au fost studiate din ce în ce mai mult și au condus la elaborarea **teoriei haosului**⁸³. Aceste procese practic sunt *imposibil de prevăzut*.

Aceste procese au o extraordinară sensibilitate a condițiilor lor inițiale (ca în cazul efectului aripilor de fluture). În evoluția lor apar surprize total imprevizibile ca cele din teoria catastrofelor lui R Thom. Predictibilitatea comportamentului acestor sisteme dinamice dispare la un moment dat și evoluția se face imprevizibil haotic. Modelarea matematică a sistemelor haotice o datorăm meteorologului Eduard Lorenz⁸⁴. Reprezentarea grafică a evoluției pe lungă durată a sistemelor haotice descrise de ecuațiile lui Lorenz îmbracă o formă specială fractală care a fost denumită atractor care confirmă caracterul nonpredictibil al proceselor respective.

Luând în considerare cele de mai sus viitorul este o mulțime incertă de evenimente imprevizibile sau previzibile cu o anumită probabilitate

În consecință fiecare ființă vie, inclusiv omul are în fața sa un **viitor ipotetic nesigur** cu evenimente neutre, avantajoase (câștiguri, satisfacții etc.) sau riscuri (costuri, pierderi, primejdii) distribuite cu anumite probabilități⁸⁵. Sistemul care gestionează viitorul poate să nu cunoască aceste probabilități. În acest caz viitorul îi este total incert.

Structura reprezentării mentale a viitorului este deci stohastică (probabilistă, markoviană⁸⁶). Nu trebuie să uităm că multe evenimente rămân total imprevizibile. Certitudinea este un ideal. E drept că sunt evenimente a căror

⁸² Barrow-Green J., Henri Poincaré and the three-body problem, American Mathematical Society, 1996.

⁸³ Lorenz, Edward N. "Deterministic non-periodic flow". Journal of the Atmospheric Sciences 20 (2): 130–141. (1963).

⁸⁴ Lorenz N. Ed Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas? MIT Cambridge. Titlul a fost formulat de meteorologul Philip Merilees (1972).

⁸⁵ Frank Knight, Risk, Uncertainty and Profit, Boston, (1921),

⁸⁶ Cu probabilități condiționate formând lanțuri Markov.

probabilitate de apariție este aproape de certitudine și ca atare sunt percepute ca deterministe (de exemplu răsăritul soarelui la est la un anumit moment) Sistemele informaționale gestionează viitorul pe acest fond

Și sistemul psihic uman folosește această reprezentare pentru organizarea comportamentului și rezolvarea unor probleme

Această organizare poate fi rațională („Rational-Choice-Theorie”⁸⁷) dar uneori se bazează pe rutine(procedurale) aproape automate(de exemplu în cazul mersului pe bicicletă sau a înotului) sau confuze sau inconsistente(de exemplu în cazul dependenței de droguri)

5.7 Teoria deciziei

Pentru organizarea comportamentului (*care urmează să fie realizat în viitor*)sistemul psihic uman *utilizează succesiuni de alegeri* între două sau mai multe variante de acțiuni posibile Aceste alegeri au fost numite decizii și modelele respective sunt studiate în cadrul **teoria deciziei** Deciziile acestea se aplică așa cum am văzut într-o realitate mobilată de avantaje,câștiguri de riscuri ,costuri sau primejdii,toate incerte

Ansamblul deciziilor posibile pentru atingerea unui anumit obiectiv poate fi reprezentat de o structură ramificată ca un arbore denumit **arborele de decizii** acestea fiind amplasate la locul ramificațiilor Cele mai simple decizii sunt cele *binare* când ramificațiile arborelui de decizii sunt bifurcații și când sistemul alegee fiecare dată doar între două variante posibile. Arborii de decizii sunt reprezentări grafice ale deciziilor posibile La capătul ramurilor terminale se află rezultatele la care se poate ajunge în urma secvențelor de decizii (punctelor de ramificații) prin care s-a ajuns la ele

Un sistem decizional natural sau artificial alege din mulțimea deciziilor succesive posibile doar **o anumită secvență de decizii**

Un sistem are la dispoziție un anumit număr de decizii posibile (N) Deciziile unui sistem se succed constituindsecvențe decizionale O secvență decizională are o durată anumită T

Dacă deciziile sunt binare (alegeri între două posibilități) atunci se pot lua în considerareurmătoarele mărimi: **conținutul decizional** ($C = \log_2 N \text{ bit.sec}$)și **fluxul decizional**($C_F = C/T \text{ bit./sec}$)

O astfel de secvență de decizii dacă nu sunt luate la întâmplare ci **alese** formează o **strategie** Alegerea deciziilor depinde de **valorile** rezultatelor dar și de **criteriile** potrivit cărora se iau în considerare aceste valori. Deci pentru rezolvarea unei probleme sau atingerea unui scop sistemul psihic poate avea la dispoziție mai multe strategii posibile din care ideal ar fi să aleagă cea mai avantajoasă

⁸⁷ Subzistă condiția(axioma) raționalității celui care ia decizii

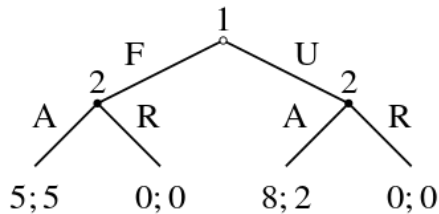
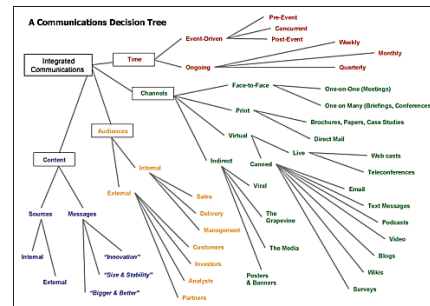


Fig.49 Arbori de decizie



Pentru aceasta sistemul atașează a priori fiecărei alegeri o **valoare** care depinde de avantajele **scontate** (de câștiguri) sau de costurile **previzibile** (riscuri, pierderi, eforturi, etc.) implicate. Fiecare decizie (alegere) capătă astfel o valoare, iar suma tuturor valorilor unui lanț de decizii constituie valoarea sperată a strategiei alese. În teoria deciziei ceea ce contează de obicei este valoarea strategiei în totalitatea ei, ceea ce poate avea drept consecință că unele decizii pe parcurs pot fi dramatic de costisitoare, dar tot odată benefice prin efectul lor final (de exemplu într-o partidă de șah se sacrifică regina pentru a se ajunge în final la câștig).

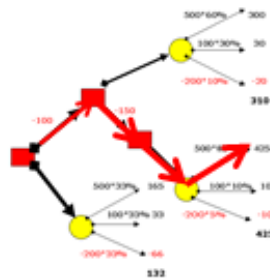


Fig.50 Traseul unei strategii într-un arbore de decizii

Pentru realizarea celor de mai sus există **algoritmi** care precizează **pașii** ce trebuie făcuți pentru a alege o **secvență de decizii** ținând seama de valorile alegerilor respective și de o anumită **regulă de alegere** proprie fiecărui sistem decizional care ia în considerare valorile (câștigurile, pierderile etc) și criteriile proprii ale sistemului.

Problema este foarte dificilă uneori din cauza numărului foarte mare de variante ce pot exista, ceea ce duce la o durată extrem de lungă a procesului. De aceea în general în cursul unui astfel de proces *nu se explorează mintal toate variantele posibile* până la rezultatele finale ci se reduce numărul traiectoriilor evaluate folosind niște principii sau reguli de simplificare. În acest caz se urmăresc numai anumite traiectorii strategice de pe ansamblul arborelui de decizii. Este vorba de înlocuirea algoritmului cu o **euristică** ce ajută la scurtarea timpului.

De exemplu nici un jucător de șah uman sau artificial nu folosește un algoritm exhaustiv din cauza enormei durate ci euristici mai mult sau mai puțin fiabile care caracterizează calitatea jucătorului respectiv.

De asemenea *nu se caută cea mai bună variantă ci doar una acceptabilă* (se **optimizează** procesul). Există trei modalități de optimizare:

- 1) se caută o maximizare a valorilor pozitive(câștigurilor),
- 2) se urmărește o minimalizare a valorilor negative(riscurilor) sau
- 3) se urmăresc în paralel maximizarea câștigurilor și minimalizarea costurilor(metoda mini/max)și maximizarea raportului dintre câștig și risc

După cum se vede *se sacrifică idealul pentru eficiență în timp util* Este vorba de o problemă de optimizare care se rezolvă printr-o *programare dinamică euristică*

Programarea dinamică este o metodă de calcul(de planificare a algoritmilor) descoperită de R Bellman (1957)⁸⁸ care rezolvă problemele prin descompunerea lor în subprobleme pe care le rezolvă separat și apoi le recombina de obicei printr-o stocare tabulară Ea este esențială de exemplu pentru rezolvarea problemelor puse de motivații Nu se rezolvă strategia *ci pas cu pas etapele ei*

Se poate întâmpla ca sistemul să aleagă variantele *fără de nici un criteriu* În cazul acesta *deciziile sunt aleatorii(sistemul dă cu zarurile)*

În lumea reală lucrurile se complică foarte mult deoarece nu există numai un singur sistem care ia decizii Toți oamenii dintr-o colectivitate pot fi implicați,sau un grup sau numai doi Confruntarea lor are aspectul unui joc în care fiecare vrea să câștige cel mai mult și/sau să piardă cel mai puțin Confruntarea a două sau mai multe sisteme decizionale are aceiași structură matematică cu cea care apare în cursul jocurilor cu miză Arborele de decizii devine mult mai complicat căci deciziile jucătorilor se împletesc și fiecare jucător trebuie să ia în considerare și strategiile competitorilor sau aliaților săi Matematizarea acestor aspecte a fost realizată de **teoria jocurilor**(formulată de von Neumann și Morgenstern în 1944⁸⁹) care au precizat algoritmi sau euristicele respective și în general demersul matematic în analiza jocurilor

O variantă interesantă este aceea a aplicării teoriei jocurilor(și deciziei) la negocieri ,aplicare dezvoltată la noi de M Malița⁹⁰ și S Guiașu⁹¹

Se poate considera că activitatea omului în mediul său nu implică numai o confruntare strategică cu oamenii și cu animalele(care se comportă și ele ca sisteme decizionale) ci și cu toți factorii de mediu care se comportă ca niște jucători aleatori(care joacă irațional) De aceea putem spune că sistemul psihic uman este angrenat tot timpul în partide de joc cu oamenii cu animalele și cu factorii din mediu pentru supraviețuire și pentru o calitate superioară(sau măcar acceptabilă) a vieții S-a formulat chiar și un model al jocului cu „Natura!”

Aspectul matematic se complică prin faptul că intervin des perturbații de cele mai multe ori imprevizibile

Există mai multe modalități de a exprima matematic procesul de luări de decizii (arbori, grafuri, matrice, ecuații caracteristice)

Teoria deciziei are și alte aplicații extrem de importante Astfel ea este folosită în economie ,în sociologie , politică și în diplomație(unde s-a transformat în teoria negocierii)în informatică, logică și

⁸⁸ Bellman R Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton NJ (1957)

⁸⁹ John von Neumann și Oskar Morgenstern: Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press NJ (1944).

⁹⁰ Malița Mircea Teoria și practica negocierilor Ed Didactică și Pedagogică Buc 1972

⁹¹ Malița M și Guiașu S Coalition and Connection in Games , Pergamon Press, 1980

filozofie O deosebită importanță o are în biologia modernă mai ales în domeniul evoluției (aparității ei și disparității speciilor, microevoluției etc.) și al emergenței sistemelor de comunicație la animale și oameni

Luarea deciziilor este una din cele mai de seamă activități cognitive ale creierului. Ea este realizată mai ales în lobul prefrontal (în porțiunile sale dorsolaterale). Teoria deciziei (și a jocurilor) are un rol important pentru înțelegerea și studierea comportamentului. Aproape în tot timpul stării de veghe luăm decizii. Sunt două procese psihologice interesante în care intervine în mod special. Este vorba de motivații, și de stresul acut.

5.8 Motivațiile

Motivația este o formă de comportament care are ca scop realizarea unor anumite acțiuni (atingerea unui anumit obiectiv) ce satisfac o **nevoie** ce se impune printr-o anumită presiune emoțională („**drive**”)

De exemplu, când presiunea osmotică a sângelui crește (sângele se concentrează) apare nevoia de a bea apă, care se impune prin presiunea exercitată de sete. Pe măsură ce timpul trece setea crește și devine chinuitoare. Cel însetat își organizează comportamentul ca prin decizii și acțiuni succesive să găsească și apoi să bea apa. Când a înghițit apa necesară setea cedează și fostul însetat scapă de presiunea acesteia și chiar simte o satisfacție (plăcere).

Motivația presupune intrarea în funcțiune (printr-o comandă de tip feed before) a unui **dispozitiv cibernetic neurobiologic** care mobilizează activitatea (energia) unui subiect pentru atingerea **în viitor**, într-un *interval de timp util* a unui anumit obiectiv sau scop, atingere care odată realizată oprește intervenția dispozitivului respectiv printre altele prin stingerea presiunii „drive-ului” în urma intervenției unui feedback negativ.

La începutul anilor 1950 W. Grey Walter a construit un robot electronic, o **broască țestoasă** artificială (numită Elsie)⁹² care putea fi instruită prin condiționare pavloviană dar care când bateria i se descărca intra în agitație și se îndrepta automat spre un semnal luminos unde se afla un încărcător de lângă care nu pleca decât după ce bateria era încărcată. Era un model de motivație cunoscută și sub numele de „*Machina Speculatrix*” sau „Broasca țestoasă de la Bristol” a fost alături de Mașina lui Turing una din primele mașini cibernetic.

⁹² Walter, W. Grey, "The Living Brain," W. W. Norton, New York, (1963)



Fig.51 Grey Walter

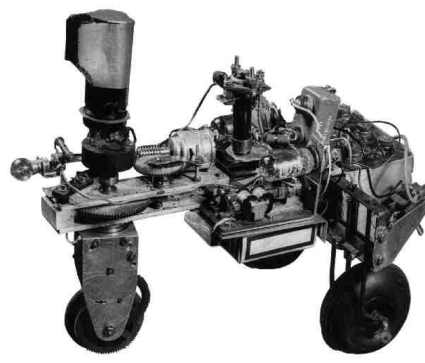


Fig. 52 Broasca țestoasă a lui W Grey Walter

Un robot asemănător celui al lui Gray Walter dar cu un comportament mai complex a fost „Animalul John Hopkins”(John Hopkinc Beast”) care se ducea automat să-și încarce bateriile când acestea se descărcau(1960)În ambele cazuri era un comportament programat algoritmic de constructor

Unul din cele mai celebre animale cibernetice este șoarecele lui Cl Shannon (numit Theseus)care învăța să se deplaseze spre o anumită țintă printr-un labirint cu 25 de căsuțe(1950)

În psihologie problema este mai complicată deoarece acest dispozitiv al motivației este conectat operațional cu **sistemul de răsplată**

Sistemul de răsplată corespunde **tonalizatorului afectiv** al lui N Wiener Acest sistem induce în sistemul nervos o presiune emoțională pozitivă (răsplată) când obiectivul este atins și nevoia este satisfăcută sau negativă (pedeapsă) cât timp nevoia este nesatisfăcută și drive-ul este prezent Sistemul de răsplată operează conform modelelor lui Skinner Dispozitivul neurobiologic al motivației este - după cum se vede - programat să declanșeze răsplata și să diminueze sau să anuleze pedeapsa când obiectivul a fost atins și nevoia satisfăcută

Drive-ul așa dar se manifestă printr-o energizare și o presiune afectivă negativă de obicei crescândă conștientizată ca o trăire penibilă neplăcută ce poate ajunge chinuitoare ca în sevrajul de droguri. De aceea *unul din obiectivele comportamentului motivațional este diminuarea drive-ului* idee susținută de C Hull dar și de A Maslow(creatorul piramidei nevoilor)

Satisfacerea nevoii generează în general o trăire pozitivă De aceea un alt obiectiv al motivației urmărește această satisfacere cu speranța că va determina o stare afectivă de răsplată⁹³(Content theories)

În cazul motivației sexuale intervine un dispozitiv automat hedonic neuroendocrin suplimentar special care creează orgasmul La om chiar motivațiile biologice sunt dublate de un mecanism hedonic care generează plăcerea (de ex plăcerea de a mânca o mâncare gustoasă,plăcerea provocată de gustul unui vin bun sau chiar de o apă rece,ș.a.m.d.) Latura această hedonică a dat comportamentului motivațional o dimensiune în plus Motivația umană este declanșată nu numai de nevoile biologice(sete,foame etc.) dar și de *căutarea plăcerii* Deci comportamentul motivațional jman este declanșat nu numai de **presiunea nevoii** ci și de **dorința plăcerii**

⁹³ Pritchard R și. Ashwood E Managing Motivation. New York: Taylor & Francis Group.. (2008).

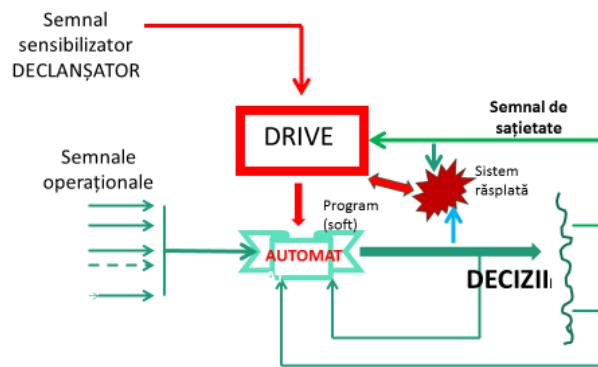


Fig.53 Schema bloc a motivației

Nevoile pot fi **biologice** sau bazale(nevoia de hrană(scăderea glicemiei), nevoia de apă(creșterea presiunii osmotice a sângelui), nevoia de aer ,nevoia de sex(prezența hormonilor androgeni sau a Dehydroepiandrosteron - DHEA) etc) Alte nevoi sunt **culturale** sau sociale(vezi piramida lui Maslow⁹⁴sau cele 16 nevoi ale lui Steven Reiss⁹⁵) În general nevoile biologice implică mecanisme genetice determinate în timp ce cele culturale sunt în mare parte de origine epigenetică determinate prin educație

Nevoia generează printr-o comandă de tip feed before drive-ul care antrenează dispozitivul ce activează programele sale Desfășurarea acestora implică programarea dinamică a strategiilor(secvențelor de decizii) alese pentru atingerea scopului motivației respective Aceste decizii sunt luate în general conform teoriilor deciziei și jocurilor căci implică de obicei și o confruntare cu factorii de mediu și cu alte sisteme decizionale(alte persoane) Aceasta impune intervenția unor **semnale operaționale** sau de **întărire** pozitivă sau negativă și a unor feed back-uri de control Traectoria strategică a deciziilor și acțiunilor respective depinde de criteriile de optimizare folosite de „automat” și de eventualele obstacole, dificultăți sau facilități întâlnite pe parcurs Mai intervine abilitatea de a prevedea avantajele și costurile implicate ale deciziilor ce urmează a fi luate

Dispozitivul se oprește și drive-ul încetează când nevoia a fost satisfăcută în general grație unui **semnal de saturație** (de tip feedback negativ)Problema este destul de complicată în special în cazul motivațiilor biologice

De exemplu setea se oprește când a fost înghițită apa necesară pentru a dilua sângele . Numai că semnalul de saturare se produce când apa încă nu s-a resorbit din stomac ceea ce înseamnă că alte semnale sunt cele ce opresc motivația Același lucru se observă și în cazul satisfacerii foamei. Sunt probabil semnale produse de destinderea gastrică sau cele produse de trecerea apei sau alimentelor prin gură faringe și esofag unde se află numeroși receptori

Din punctul de vedere al ciberneticii mai este important și faptul că în același moment se pot ivi două sau mai multe nevoi Sistemul este nevoit să dea

⁹⁴ Maslow A Motivation and personality. Harper & Row, New York (1954);

⁹⁵ Reiss, Steven Who am I? The 16 Basic Desires that Motivate Our Actions and Define Our Personalities. Berkley California (2002).

Dispozitivul totodată pentru a pregăti **a priori** organismul în vederea eforturilor necesare activează inconștient (înainte de începerea acțiunilor decise și chiar înainte de luarea deciziei) un automat neurobiologic ce declanșează anumite reacții neuroendocrine (hipotalamo-hipofizo-suprarenaliene) care duc la eliberarea în circulație de adrenalina (din glanda medulosuprarenală) și de cortisol (din corticosuprarenală). Aceste substanțe printre altele, ridică tensiunea arterială, accelerează frecvența cardiacă, și măresc glicemia toate necesare pentru a se face față efortului. Mai determină și alte modificări vegetative. Totodată adrenalina creează o stare de alertă psihică.

Toate aceste efecte automate sunt necesare pentru ca organismul respectiv să față cu succes primejdiei și să reziste eforturilor eventual necesare.

Toate aceste manifestări ale stresului nu sunt învățate ci sunt determinate genetic și au o tipologie (caracteristică pentru diversitatea umană). S-au identificat unele gene (CRHR1 și FKBP5) implicate mai ales în riposta axului hipotalamo-suprarenalian.⁹⁷ Ele s-au selectat și perfecționat în cursul evoluției speciilor. Li s-au adăugat și mecanisme cognitive mai ales în cazul speciei noastre. Funcționarea dispozitivului stresului poate fi modulată prin învățare (educație, antrenamente, instrucție militară etc.)

A nu se confunda stresul acut comportamental (pe care l-am discutat mai sus) cu stresul oxidativ (care se petrece la nivelul proceselor oxidoreductoare din celule) sau cu stresul traumatic (care este un concept popular nonștiințific ce corespunde unei patologii adaptative⁹⁸). De asemenea nu trebuie confundat cu stresul posttraumatic care este o dezordine afectivă predominant depresiv-anxioasă provocată de o traumă fizică sau psihică. În psihologie stresul mai are o semnificație. Este vorba de o anumită presiune emoțională legată de anumite trăiri. Poate avea un efect pozitiv stimulator (eustres) sau unul demobilizator. Stresul acut nu trebuie confundat nici cu stresul cronic care este o dezordine în plan psihic și somatic produsă de o presiune emoțională prelungită. Este o boală cronică de neadaptare.

6 Rețele neuronale

Demersul cibernetic în neurobiologie și psihologie, așa cum am văzut, s-a bazat în primul rând pe teoria automatelor cu feed back care funcționează cu programe sau heuristici, pe teoria informației și pe teoria sistemelor. Una din cele mai importante contribuții a avut-o și teoria rețelelor cu contacte din care s-a dezvoltat **teoria rețelelor neuronale naturale și artificiale**.

⁹⁷ Gillespie CF1, Phifer J, Bradley B, Ressler KJ. Risk and resilience: genetic and environmental influences on development of the stress response. *Depress Anxiety*.;26(11):984-92. (2009)

⁹⁸ Conform DSM IV

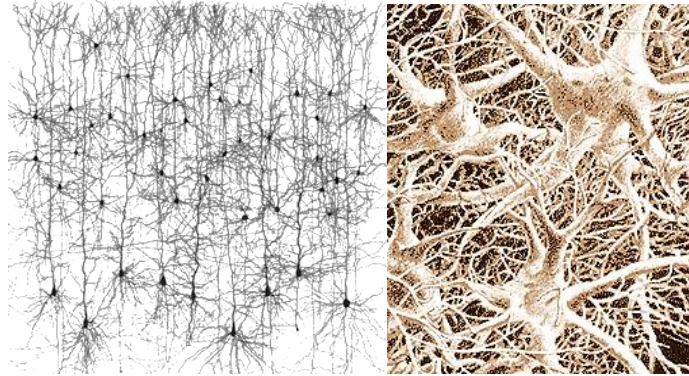


Fig.55 Rețele de neuroni

Această teorie se bazează pe structura microscopică a sistemului nervos descrisă de protopărințicitoarhitectonice nevraxiale (Gerlach, Golgi, Ramon y Cajal, Gh Marinescu etc.). Această structură este și azi considerată a fi o rețea de *miliarde de neuroni interconectați prin sinapse*

6.1 Neuronul cibernetic

Într-o astfel de rețea în primul rând sunt importanți **neuronii**. În primele demersuri teoretice, cibernetice neuronii erau considerați simple **releuri binare** (eventual cu un prag de excitabilitate variabil) ceea ce era o aproximație foarte reduționistă dar care a fost extrem de utilă pentru edificarea teoriei rețelelor neuronale și dezvoltarea informaticii în general. Folosirea formală (teoretică) dar și tehnică (în dispozitive construite) a neuronilor binari a asigurat marile succese ale informaticii moderne și dezvoltarea domeniului inteligențelor artificiale.

Un **neuron binar** este un dispozitiv discret digital care poate avea doar două stări: excitat (1) sau repaus (0). Astfel de neuroni nu se găsesc în biologie.

S-au utilizat și neuroni ternari cu trei stări: repaus (0) și excitat (1) și inhibat (-1).

Toate cercetările privind activitatea neuronilor naturali (potențiale de acțiune, potențiale de repaus, migrații ionice etc.) efectuate de marii neurofiziologi ai secolului XX (Sherrington, Adrian, Tasaki, Hodgkins, Huxley ș.a.) au demonstrat că neuronul biologic este un adevărat **microprocesor** care recepționează (captează), tratează (ca într-o unitate de calcul), memorează și emite informații.

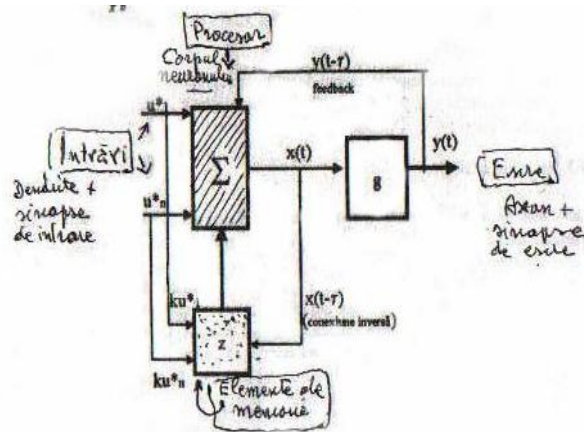


Fig 56 Schema cibernetică a neuronului (C Bălăceanu Stolnici, Edm Nicolau)

Neuronul natural este un dispozitiv biologic informațional extrem de complicat, analogic (continuu nu discret) cu funcții caracteristice neliniare și în care găsim componentele descrise de v. Neuman în arhitectura procesoarelor de informații (unitate de calcul, unitate de control și memorie) (vezi fig 18)



Fig 57 C Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau

Semnalele de intrare (X) traduse de receptorii de intrare sunt transmise până la membrana corpului neuronal unde sunt supuse unui proces de însumare (Σ). Semnalele însumate sunt în prealabil ponderate (w) iar rezultatul este apoi tradus în semnale axonale care sunt modulate în frecvență. Acestea ulterior sunt traduse în semnalele de ieșire (Y). Sumatorul dispune de legături în ambele sensuri cu unitatea de memorie (M) care este conectată și cu interfețele de intrare și de ieșire. Elementele de memorie se exprimă prin modificarea ponderilor w .

Cele de mai sus pot fi exprimate prin relația

$$y_j = F\left(\sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i\right) \quad \text{sau} \quad y_j = F\left(\sum_{i=1}^{i=n} w_i \log x_i\right)$$

$> p$ și $\sum > \pi$

În care F este o funcție, x_i p și π sunt praguri

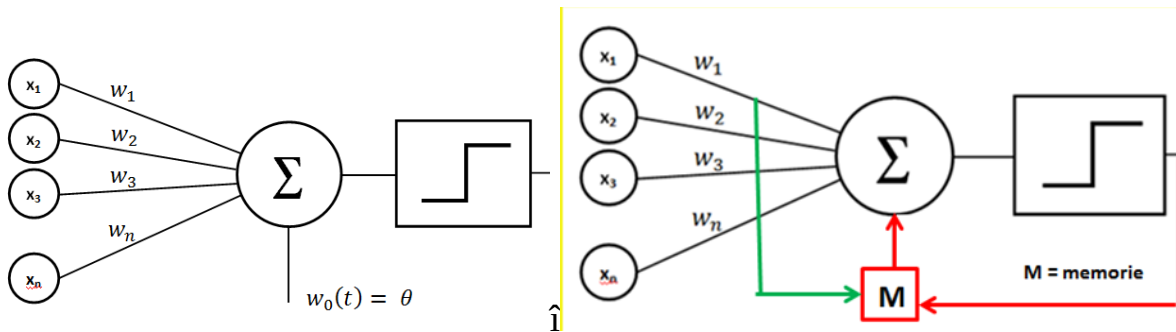


Fig 58 Schema neuronului cibernetic

Evident că formula și schema de mai sus pot fi exprimate mult mai complicat dacă se introduce timpul (duratele) perioadelor de latență etc. Mai sunt neuroni care exponențiază sau logaritmează, alții care derivă sau integrează ș.a.m.d. Schema bloc a neuronului natural (modelul Bălăceanu Stolnici-Edm Nicolau (1962)) este redată de figura 56.

Prin anii 50 C. Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau au analizat și **sinapsele** și au realizat un model matematic al sinapsei sub forma unei ecuații diferențiale pe care acad. G. Bădescu a integrat-o. De atunci mecanismele sinaptice s-au complicat foarte mult așa că ar fi nevoie de un nou model. În modelele de rețele neuronale folosite și azi, rolul sinapselor nu se rezumă doar la transmiterea informației de la un neuron la altul. Cum vom vedea, sinapsele fiind structuri variabile ca număr și cu praguri de excitabilitate modificabile, intervin în funcționarea rețelelor neuronale prin ponderea variabilă a legăturilor pe care le mijlocesc. Aceste ponderi se modifică în cursul funcționării neuronilor fie sub influența mărimilor de intrare, fie a celei de ieșire. Ele formează mecanismul de bază al instruirii rețelelor de neuroni naturali și artificiali. Se pot modifica numărul contactelor sau pragurile lor. În tehnică se folosesc rezistențe speciale ce memorează numite **unele memristori** sau sisteme memristive descoperite în 1971 de Leon Chua⁹⁹ și altele memristorifolose de B. Widrow în 1960¹⁰⁰.

6.2 .Rețele neurale cibernetice

A descoperi modul cum este construită rețeaua neuronală este imposibil din cauza numărului foarte mare (de ordinul miliardelor) al neuronilor și numărului considerabil mai mare de sinapse. Ceea ce știm despre rețelele neuronale provine în mare parte, *din analogia* cu rețelele artificiale care au căutat să imită construcțiile neurobiologice. Această analogie a fost unul din marile succese ale bionice.

Neuronii formează o rețea în care orice neuron prin legături simple directe sau indirecte (multineuronale) complicate poate veni în contact cu oricare alt neuron. Este vorba de un **sistem globalizat complex**. În cadrul acestui sistem

⁹⁹Chua, L. O. Memristor—The Missing Circuit Element, IEEE Transactions on Circuit Theory, CT-18 (5): 507–519, (1971),

¹⁰⁰Widrow, B.; Pierce, W. H.; Angell, J.B. "Birth, Life, and Death in Microelectronic Systems" (PDF), Technical Report No. 1552-2/1851-(1961),

complex globalizat funcționează **subsisteme** de diferite grade de complicație ierarhizate și interconectate. Aceste subsisteme sunt tot rețele mai mici de structuri și grade de complexitate variabile. Avem rețele elementare cu câțiva neuroni interconecțați(moduli) și apoi rețele de astfel de rețele de grade de complexitate din ce în ce mai mari(nuclei, grupuri de nuclei sau formațiuni multinucleare, subsisteme etc.).

Edm Nicolau și C Bălăceanu Stolnici¹⁰¹ au făcut o distincție între rețelele cu puțini neuroni(**paucineuronale**) care sunt un fel de **moduli** elementari ce execută operații relativ simple și rețele **plurineuronale**. În multe lucrări sunt denumite **circuite neuronale**.

Rețelele paucineuronale sunt simple, pot fi formalizate teoretic(exprimate prin expresii matematice operaționale sau caracteristice) și considerate deterministe. De asemenea se pot descrie prin scheme bloc ca în figura 59 unde sunt prezentate structurile și ecuațiile acestor rețele. Multe dirijează fluxul informațiilor prin rețea. Au fost denumite și *moduli neuronali* sau *rețele neuronale modulare*.

S-au descris rețele de întârziere, operatori existențiali nelimitați(circuite reverberante) și limitați(rețele L de No), rețele On, Off și On-Off, rețele convergente(sumatoare), rețele de accentuare a contururilor, rețele de traducere intensitate-număr sau intensitate-loc, rețele asociative sau de condiționare etc.

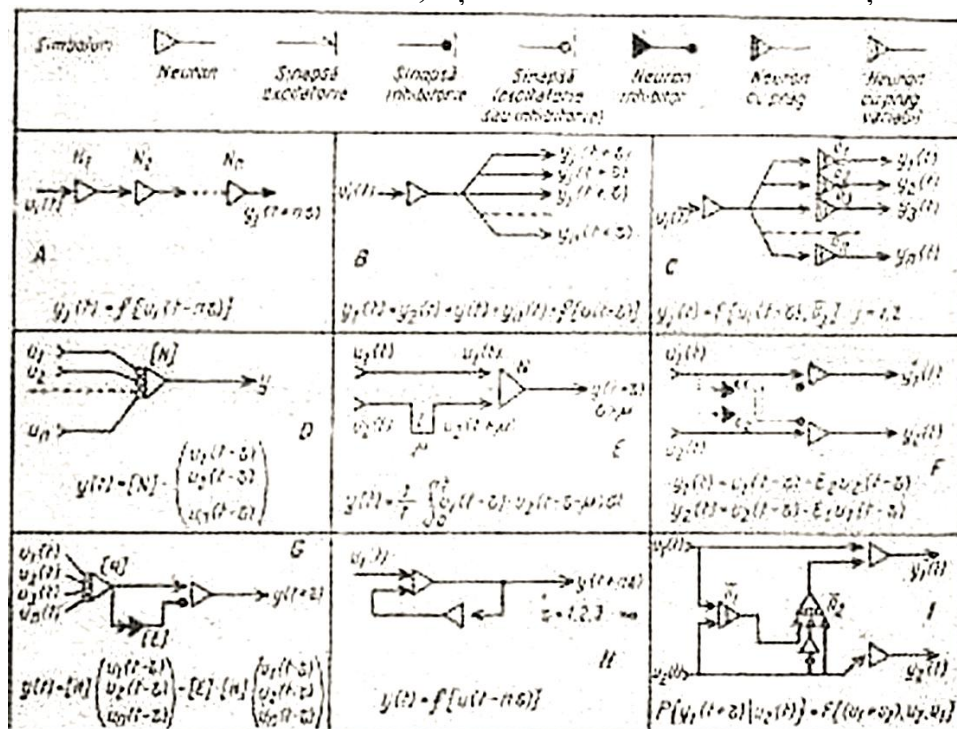


Fig.59 Exemple de rețele paucineuronale(Bălăceanu Stolnici-Nicolau)

Prin anii 50 -60 a fost o adevărată modă de a descrie noi și noi astfel de rețele modulare^{102,103,104}

¹⁰¹Edm Nicolau și C Bălăceanu Stolnici Elemente de neurocibernetică Ed Științifică Buc (1957)

¹⁰²Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Neurosciences, ed Sunderland (MA): Sinauer Associates; (2001).

În cazul **rețelelor plurineuronale** din cauza numărului mare de neuroni și de sinapse nu se pot stabili scheme ale structurii lor sau elabora ecuații caracteristice sau operaționale

O primă abordare ar fi cu ajutorul **teoriei câmpurilor** considerându-se rețeaua nervoasă drept un câmp (în sens fizic electromagnetic)¹⁰⁵ structurat de activitatea neuronilor. Acest model s-a bucurat de o mare notorietate în cercurile de popularizare¹⁰⁶ unde termenul de câmp este foarte mult utilizat unde trebuie și unde nu trebuie. Toate experiențele făcute pentru a demonstra rolul câmpurilor în transmiterea și procesarea informațiilor nu au fost concludente. Modelul câmpurilor poate fi util în analiza acțiunii hormonilor sau substanțelor neurotrope asupra creierului care difuzează din aproape în aproape după ce au trecut de bariera hematoencefalică dar nu pentru formalizarea propagării și prelucrării fluxului nervos (al informațiilor)

Mai utilă este **abordarea probabilistă** potrivit căreia așteptările neuronale trebuie studiate cu modele matematice statistice care iau în considerare numărul total al neuronilor, numărul neuronilor activi, numărul neuronilor inactivi, numărul neuronilor în stare refractară (când neuronii sunt inevitabili), densitatea axonală, numărul contactelor sinaptice ale neuronilor, probabilitatea ca un neuron (i) să acționeze asupra altui neuron (j) (adică să-i modifice starea). Modelele matematice ale rețelelor neuronale probabiliste au fost realizate printre alții de Raschewski¹⁰⁷

În abordarea probabilistă a rețelelor neuronale un rol important îl au *probabilitățile condiționate*

E vorba de calcularea probabilității unui eveniment A care depinde de probabilitatea altui eveniment B.

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Tot atât de importante sunt și interpretările bazate pe lanțuri Markov. În lanțurile Markoviene avem succesiuni de evenimente aleatorii a căror probabilitate depinde pentru fiecare eveniment numai de evenimentul care-l precedă. Lanțul nu are memorie („memoriless”) Aceste lanțuri Markov sunt utile printre altele în procesele de recunoaștere a mesajelor lingvistice

Descoperirea cea mai de seamă a fost că o rețea plurineuronale integrate (ca și o rețea tehnică de neuroni artificiali sau neurode) **se comportă ca un sistem complex căci pot avea aptitudini (performanțe) mai mari decât suma aptitudinilor (performanțelor) neuronilor care o compun Poate emerge ceva în plus** Este un aspect fascinant care nu este de loc cartesian

¹⁰³ PRINCIPLES OF NEURAL CIRCUITS.

http://courses.washington.edu/psych333/handouts/coursepack/ch06-Principles_of_neural_cir

¹⁰⁴ NEURONS AND CIRCUITS <http://www.cs.utexas.edu/~dana/Ch3.pdf>

¹⁰⁵ Quinton, J.C. and Girau, B. Predictive neural fields for improved tracking and attention <http://www.labri.fr/perso/nrougier/downloads/ChampDeNeurones.pdf> lproperties. In Proceedings of IEEE IJCNN 2011, p.16291636 (2011)

¹⁰⁶ Rougier Nicolas Champs de neurones Nancy, <http://www.labri.fr/perso/nrougier/downloads/ChampDeNeurones.pdf> (2011)

¹⁰⁷ N Raschewski Mathematical Biophysics Un Press Chicago Illinois (1948)

6.3 Activități electrice ritmice

O emergență interesantă este apariția unei **activități electrice ritmice**. O rețea de neuroni poate genera unde electrice cu frecvențe diferite care depind de gradul de **desincronizare** al oscilațiilor diferiților neuroni când ritmurile se accelerează și amplitudinile scad sau de gradul lor de **sincronizare** când ritmurile se răresc și amplitudinile cresc. Wilson și Cowan¹⁰⁸ au descris un model matematic al acestei proprietăți a rețelelor de neuroni. Activitatea oscilatorie a rețelelor neuronale depinde de subpopulația neuronilor excitabili, de cea a neuronilor aflați în stare refractară absolută și de cea a neuronilor excitați ca și de sinapse și ponderea lor (număr sau și nivel de praguri). Cea mai tipică activitate ritmică a unei rețele neurale naturale (în speță a scoarței cerebrale sau a cuplului scoarță cerebrală-talamus) este **electroencefalograma**. Activitatea ritmică respectivă nu este produsă de un ceas. Ea este o rezultată a însumării activităților electrice a fiecărui neuron al cortexului la care se mai adaugă și activitatea neuronilor talamici sau a circuitelor talamo-cortico-talamice. Cei mai importanți neuroni sunt cei piramidali din straturile III și V ale cortexului cerebral (prin dimensiunile lor mai mari și geometria lor). Această activitate periodică este – cum am mai spus – un marker al regimului de funcționare a creierului.

Există o activitate ritmică patologică ce apare pe electroencefalogramă în cursul diferitelor tipuri de crize de epilepsie care este expresia intrării în acțiune a unui mecanism diferit care încă nu este complet elucidat.

Cum am mai spus, nu știm dacă această activitate este folosită de encefal în activitatea sa sau dacă nu este (cel mai probabil) decât o manifestare secundară (un proces paralel secundar). Sunt autori care consideră că această activitate ritmică este folosită de creier ca un ceas pentru organizarea în plan temporal a activității sale.

6.4 Rețele logicomatematice

Cea mai de seamă proprietate a rețelelor neurale este faptul că pot efectua calcule și operații logice. Contribuția esențială a fost a lui W McCulloch și W Pitts¹⁰⁹, care în 1943 au demonstrat că rețele cu neuroni binari în afară de faptul că pot fi instruite mai **pot efectua și operații logice**. Este una din cele mai impresionante descoperiri. Este într-un anumit fel împlinirea visului lui Leibnitz de a avea o mașină sau un algoritm („Machina sau Calculus Ratiocinator”¹¹⁰) care să rezolve toate problemele de logică¹¹¹. Menționăm că Leibnitz a realizat chiar în 1672 o mașină arhaică de calcul digitală mecanică.

¹⁰⁸H.R. Wilson and J.D. Cowan. Excitatory and inhibitory interactions in localized populations of model neurons. Biophys. J., 12:1–24 (1972).

¹⁰⁹McCulloch, W. and Pitts, W. A logical calculus of the idea simmanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 115 - 133. (1943).

¹¹⁰G.W. Leibniz, Dissertatio de arte combinatoria, Leipzig 1666.

¹¹¹Martin, Ernst Die Rechenmaschinen und ihre Entwicklungsgeschichte. Germany: Pappenh (1925).

O rețea Mc Culloch-Pitts e formată din **neuroni binari** care emit semnale (Y) care nu au decât două valori posibile (0,1). Asupra acestor neuroni acționează **semnale excitatorii (U)** care numai dacă suma lor are o intensitate mai mare decât un prag p determină emiterea semnalului ($y=1$). Asupra neuronilor rețelei mai acționează și **semnale inhibitorii (X)** care îi blochează (le impun - indiferent de ce alte semnale primește - să nu emită semnalul ($y=0$)).

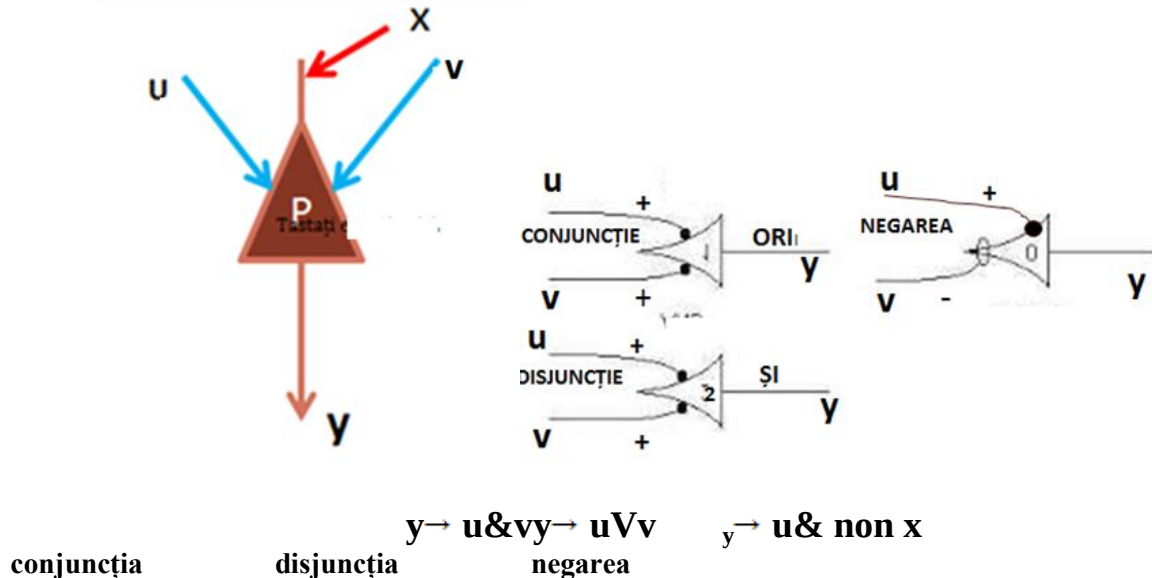


Fig 60 Neuronul Mc Culloch și Pitts

Structura operațională a rețelei se poate schimba prin modificarea pragurilor (deci **ponderilor conexiunilor**).

Cu acești neuroni se pot realiza *toate operațiile logice descrise de algebra lui Boole*¹¹²: *implicația*, *adunarea logică sau conjuncția (și)*, *înmulțirea logică sau disjuncția (sau)* și *negarea (nu)*.

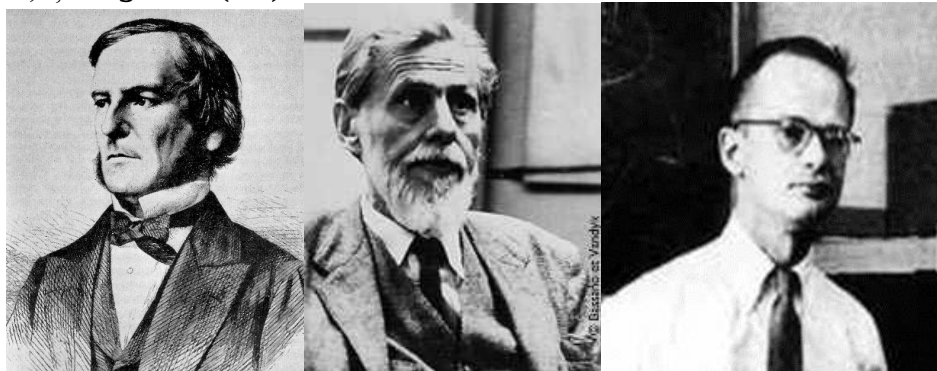


Fig 61 G Boole Fig 62 W McCulloch Fig 63 W Pitts

Algebra booleană a fost creată în 1847 de G. Boole¹¹³ ca un calcul al propozițiilor ce face parte din logica formală sau logica matematică. Odată cu apariția rețelelor cu contacte și a rețelelor neuronale artificiale a devenit un instrument de lucru în electronică pentru creierea de rețele capabile să execute operații logice. Este un exemplu clasic privind transformarea după câteva decenii a unei descoperiri pur teoretice (fundamentale) într-una aplicativă. La noi în țară

¹¹²George Boole The Calculus of Logic, Cambridge and Dublin Mathematical Journal III: 183–98. (1848).

¹¹³George Boole The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning, Macmillan, Barclay Cambridge (1847)

Sergiu Rudeanu s-a ocupat sistematic de aplicații ale ecuațiilor, funcțiilor și matricelor booleene și pseudobooleene

Prin 1937 Claude Shannon^{114,115} preocupat de problema circuitelor cu contacte a folosit prima dată modelele booleene. Puțin timp după aceea Victor Sestakov, în 1941 a folosit și el algebra booleană într-un studiu asupra comutatoarelor. De abia în 1943 McCulloch și Pitts au folosit logica lui Boole în rețelele neurale.

Computerele moderne se bazează pe rețele ce conțin milioane de neuroni artificiali. Inițial erau diode sau triode, apoi erau transistori, acum sunt circuite integrate. Astfel computerele au devenit mai eficiente și mai ales mai mici.

În viitor se întrevăd posibilități privind folosirea de elemente de rețea optice, cu molecule de ADN, neuroni sau elemente cuantice.

Aceste rețele de neuroni artificiali binari (0,1) pot fi construite *ca să execute operațiile aritmetice* (adunare, scădere, înmulțire, exponențiere, operații trigonometrice etc.)

Rețelele artificiale de neuroni binari conțin niște **operatori logici** (formați tot din unități binare care efectuează operațiile descrise de algebra booleană) ca în modelul McCulloch-Pitts. O astfel de rețea poate efectua **toate operațiile aritmetice și toate operațiile logice** bivalente utilizând doar simbolurile 0 și 1. Este un calculator universal logicomatematic, una din cele mai importante realizări ale secolului XX. Sunt cele mai strălucite rezultate aplicative ale teoriei rețelelor cu contacte, (ale rețelelor neurale artificiale) și ale teoriei sistemelor de calcul inițiate de Church¹¹⁶ și Turing¹¹⁷. *Exploatarea acestor rețele se face de multe ori, prin intermediul unor programe (algoritmice sau euristice) sau aplicații*. Acest procedeu se regăsește și în cazul rețelelor naturale.

Rețelele neurale artificiale, permit *prin analogie să înțeleagă* modul de funcționare al sistemului nervos care și el este o rețea de miliarde de procesori interconectați. Operațiile cerebrale sunt însă diferite căci și structura rețelelor respective este alta. Printre altele în loc de unități binare liniare avem microprocesoare *analogice neliniare*.

Cu toate progresele tehnice realizate singura superioritate a rețelelor artificiale este marea lor viteză de lucru. Transmiterea semnalelor este considerabil mai rapidă iar duratele procesărilor sunt mult mai scurte. De asemenea, am arătat deja, frecvențele de ceas sunt infinit mai mari în dispozitivele tehnice.

Evenimentele din Univers, inclusiv cele biologice, sunt de multe ori descrise de ecuații **neliniare**.

¹¹⁴Shannon Claude, A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits, Teză, Massachusetts Institute of Technology, , (1937)

¹¹⁵Shannon, C. E. A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits. Trans. AIEE 57 (12): 713–723 (1938).

¹¹⁶A. Church, .An unsolvable problem of elementary number theory. American Journal of Mathematics v. 58, . 345–363 (1936)

¹¹⁷A. Turing, . On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem. Proceedings of the London Mathematics Society, ser. 2 v. 42, . 230–265 (1937)

Ecuatiile neliniare sunt mult mai complexe decât cele liniare care sunt de gradul unu și respectă principiile aditivității și omogeneității

Ele sunt analizate de activitatea cognitivă umană dar complică însă mult sarcina rețelelor neurale artificiale cum au arătat Marvin Minsky și Seymour Papert (1969).¹¹⁸ Aceștia au constatat și demonstrat că rețelele neurale artificiale inițiale *nu puteau* analiza procesele neliniare. Această constatare a creat - așa cum am mai spus - o criză (mai ales un dezinteres din partea sponsorilor sau investitorilor) în cercetările privind rețelele cu neuroni artificiali (neurode) care a ținut până prin 1975 când s-au descoperit metode noi care au permis să se treacă peste acest obstacol. și investitorii au fost din nou interesați. Aceasta a liniștit și pe neurociberneticieni care s-au convins că prin rețele neurale se pot aborda și probleme neliniare.

Rețelele artificiale am văzut că folosesc o logică binară booleană (aristoteliană a terțiului exclus)

Orice om cultivat știe că Universul nostru nu este determinist ci este probabilist. Aceasta implică un grad de nedeterminare care se reflectă în faptul că evenimentele reale sunt probabiliste. De aceea pentru abordarea lor e nevoie de logici probabiliste sau de raționamente probabiliste în care intervin distribuții de probabilități și funcții de credibilitate și plauzibilitate. Gândirea umană realizată de rețelele de neuroni ai cortexului cerebral folosește logici probabiliste.



Fig 64 Edm Nicolau, C Balaceanu, Stolnici și Gr Moisil

Lucrurile sunt și mai complicate. Realitățile lumii sunt departe de a avea precizia și univocitatea logicei bivalente a lui Chrysippus și Aristotel și cele din teoria clasică a mulțimilor. În Univers, realitățile și percepția lor sunt de multe ori vagi (fuzzy). Cunoașterea, definirea, cuantificarea lor nu se poate face decât aproximativ și impune folosirea unor *logici polivalente*. O afirmație nu poate fi numai adevărată sau falsă ci și cu valori logice intermediare. Așa au apărut logicile polivalente ale lui Jan Łukasiewicz și Alfred Tarski, Hans Reichenbach sau Kurt Gödel. La noi în țară marele matematician Gr Moisil s-a ocupat de

¹¹⁸Minsky, M.; S. Papert. An Introduction to Computational Geometry. MIT Press. (1969).

logicile matematice și mai ales de cele nonaristotelene¹¹⁹ A fost și un energic susținător al dezvoltării ciberneticii la noi

Algoritmii și logicele necesare pentru tratarea multor aspecte sau realități trebuie să fie și **de tip fuzzy** Ele au fost formalizate în 1965 de LoftiZadeh¹²⁰ De această formalizare s-a ocupat mult la noi C Negoită¹²¹ Caracterul fuzzy se referă la imprecizie, vag, flu. Prin acestea se opune logicii booleene care se referă la precizie Un obiect nu este cald sau rece El are difrite valori termice Poate fi mai cald sau mai rece, după cum poate fi mai mare sau mai mic Lucrurile nu sunt numai albe și negre dar și de o infinitate de variante de cenușiu Nu este vorba de *incertitudinea apariției* lor apreciată probabilistic ci de o *imprecizie* a lor ce nu poate fi apreciată – cum am mai spus – decât aproximativ. *De aceea rețelele neurale naturale folosesc și logici și algebre fuzzy, pentru a aborda și probleme sau aspecte legate de realități imprecise*

Luând în considerare cele de mai sus s-au realizat și rețele neurale artificiale care operează cu logici fuzzy Se folosesc în special rețele neurale artificiale hibride ce cuprind componente ce folosesc logica clasică (componente conexiuniste) dar și componente cu neuroni fuzzy¹²² Astfel s-a ajuns la realizarea **inteligentelor artificiale hibride (fuzzy neural nets)** care sunt mult mai asemănătoare cu rețelele neurale inteligente naturale

Important este faptul că activitatea cognitivă de tip calcul, judecăți, raționamente etc. poate fi efectuată de rețelele artificiale Această constatare a demonstrat **prin analogie** și posibilitatea efectuării decalcule, judecăți și raționamente a creierului uman care este o rețea de dispozitive cibernetice biologice

6.5 Rețele instruibile

O altă proprietate emergentă a fost precizată de psihologul Hebb¹²³ (care avea și o importantă cultură matematică) A avut o inspirație extraordinară Ideea lui (numită ulterior *principiul* sau *regula lui Hebb*) a fost că dacă un neuron A stimulează un neuron B cu care este conectat, **legătura dintre acești neuroni își poate schimba ponderea** schimbare care crește odată cu repetarea acestor stimulări În viziunea lui Hebb modificarea de pondere se realizează prin

¹¹⁹ Moisi Gr E Elemente de logică matematică și de teoria mulțimilor Ed Științifică Buc (1968)

¹²⁰ Zadeh L Fuzzy sets and systems. în. System Theory. Brooklyn, NY: Polytechnic Press, (1965,).

¹²¹ C. Negoită, A. Ralescu, Mulțimi vagi și aplicațiile lor, Editura Tehnică, București, (1974)

¹²² Y. Jin (2000). Fuzzy modeling of high-dimension al systems: Complexity reduction and interpretability improvement. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 8(2), 212-221, (2000)

¹²³ D.O. Hebb, The organization of behavior, New York, Wiley, (1949)

modificarea numărului contactelor sinaptice dintre cei doi neuroni (proces incremental) și/sau prin modificarea pragurilor sinapselor respective (proces local)

Deci modificarea Δw_{ij} a ponderii w_{ij} a legăturii dintre neuronii N_j și N_i depinde de activările x_i ale neuronului N_i provocate de ieșirile x_j din neuronul

$$N_j \Delta w_{ij} = K \cdot x_i \cdot x_j$$

în care K este o constantă de proporționalitate

Această expresie descrie principiul de bază al instruirii rețelelor lui Hebb, principiu care a devenit un model urmat de toți cei ce s-au ocupat de rețelele neuronale. Doi neuroni care se activează împreună se leagă împreună”¹²⁴



Fig 65 D Hebb

Potrivit acestui principiu o engramă este o subrețea de neuroni (legați prin conexiuni) activată de un stimul dat. Dacă se repetă stimularea de mai multe ori, conexiunile subrețelei respective își sporesc ponderea și totul devine o structură ce se menține (se memorează) (D. A. Allport¹²⁵).

Acest model teoretic a fost verificat experimental pe o moluscă gasteropodă *Aplysia californica* de Eric Kandel¹²⁶.

Hebb prin teoria sa a oferit o explicație plauzibilă pentru cei ce se ocupă cu științele creierului în ceea ce privește plasticitatea sistemului nervos. El a deschis totodată drumul matematicienilor și inginerilor pentru realizarea unor modele de rețele neuronale artificiale instruibile, ceea ce a fost debutul unei noi ere în istoria științelor, dar cu efecte imprevizibile asupra vieții culturale a planetei noastre.

6.6 Perceptronul

Pornind de la modelele lui Hebb și McCulloch-Pitts, în 1957 F. Rosenblatt a realizat prima rețea neuronală artificială care putea să detecteze anumite forme, să le memoreze, să le clasifice și apoi să le recunoască. Era vorba de un algoritm

¹²⁴ Doidge, Norman. *The Brain That Changes Itself*. United States: Viking Press. (2007).

¹²⁵ Allport, D.A. Distributed memory, modular systems and dysphasia. In Newman, S.K. and Epstein, R. (Eds.). *Current Perspectives in Dysphasia*. Edinburgh: Churchill Livingstone (1985).

¹²⁶ Kandel, Eric R. The Molecular Biology of Memory Storage: A Dialog Between Genes and Synapses, *Bioscience Reports* 24 (4–5): 475–522 (2005),

numit perceptron¹²⁷ A fost implementat prima oară pe un calculator IBM704 Acest perceptron este considerat *embrionul viitoarelor inteligențe artificiale*. Este cea mai simplă astfel de rețea care nu are nici un feedback ci numai legături de tip feed before

Regula de funcționare a unui neuron din perceptron este

$$y = \sum w_i u_i$$
 -pîn care y este mărimea de ieșire, u mărimea de intrare, w ponderea mărimii de intrare și p un prag

Deci mărimea de ieșire depinde de suma mărimilor ponderate de intrare cu condiția ca această sumă să depășească pragul p

Regula de învățare se referă la modificarea ponderilor (potrivit modelului lui Hebb) Această modificare este exprimată de relația: =

$$w(t+\theta) = w(t) + \alpha y(t)u(t)$$
 în care $w_{t+\theta}$ este ponderea în momentul $t+\theta$, θ este timpul de latență, w_t este ponderea în momentul t , α este numărul pasului considerat, y_t și x_t sunt mărimile de ieșire și de intrare la momentul t .

Deci modificarea ponderii depinde de mărimile de intrare și de ieșire dar și de *numărul derepetări(pasi)* efectuate

Perceptronul este capabil să **învete și să recunoască forme** Recunoașterea formelor este un proces cognitiv care stă la baza formării **percepțiilor**

Procesul de recunoaștere este destul de complicat El a fost bine studiat atât din punctul de vedere psihologic cât și din cel al informaticii pentru construirea unor dispozitive de recunoaștere de forme (fotografii, figuri umane, texte scrise de mână, amprente digitale etc)

Operația presupune în primul rând existența prin construcție sau *prin învățare* a unei baze de date clasificate (unui **clasor**) de referință. Apoi intervine compararea mesajelor senzitivosenzoriale (vizuale, acustice, olfactive etc) venite de la realitățile, obiectele sau imaginile detectate și recepționate cu configurațiile din clasele clasorului. Comparăția aceasta presupune evaluarea asemănărilor sau diferențelor dintre mesajele recepționate și cele stocate. Pe baza acestor asemănări sau diferențe apreciate matematic ca niște distanțe (ex distanța Hamming) perceptronul decide dacă mesajul perceput se încadrează sau nu într-o anumită clasă a clasorului care de obicei are și o etichetă lingvistică care este folosită și drept adresă de memorie. Această comparație se face (după scanare) trăsătură după trăsătură sau caracteristică după caracteristică („feature recognition”). Tot acest proces presupune intervenția unui algoritm care durează foarte mult. De aceea recunoașterea formelor se face de creier de multe ori mai simplu și bineînțeles mai rapid. Ea nu se face luând în considerare toate trăsăturile ci, doar unele mai semnificative (trăsături caracteristice sau **indici de recunoaștere**). De obicei (mai restrictiv) se iau în considerare doar niște **indici de recunoaștere relevanți**. De exemplu o persoană poate fi recunoscută printr-un detaliu al feței, o caracteristică a vestimentației, după voce etc. Nu este nevoie să se ia în considerare toate caracteristicile.

¹²⁷Rosenblatt, Frank The Perceptron--a perceiving and recognizing automaton. Report 85-460-1, Cornell Aeronautical Laboratory. (1957),

Dispozitivul de recunoaștere își propune să stabilească dacă forma percepută sau numai unele din trăsăturile ei(features) se încadrează sau nu într-o anumită submulțime(clasă) a clasorului

În psihologie(și în general în situațiile reale) această încadrare nu este totdeauna precisă ci de multe ori aproximativă sau fuzzy căci limitele dintre clase în lumea reală ,pot fi vagi(clasele aparțin unei mulțimi fuzzy) Printre deciziile fuzzy sunt cele ce duc nu la o identificare ci doar la o asemănare,o recunoaștere plauzibilă,acceptabilă (likelihood)(în geul:, parcă ar fi"...sau „este posibil să fie”...sau „cred că este dar nu sunt sigur”ș.a.m.d.)Sunt recunoașteri mai mult sau mai puțin echivoce Deci recunoașterea - chiar de dispozitive de recunoaștere naturale - nu este totdeauna precisă Uneori este aproximativă,alteori este chiar ambiguă. Evident că deseori recunoașterea nu poate fi realizată de loc Sistemul nervos dispune de operații secundare care pot perfectă procesul de recunoaștere când acesta nu este posibil(de ex extragerea mesajului util din zgomot,intensificarea sau standardizarea contururilor,simplificare formelor etc.,¹²⁸)Dacă forma detectată nu se încadrează în nici o clasă,forma respectivă este respinsă sau în jurul ei se creează o nouă clasă

Problema recunoașterii formelor este mult mai complicată deoarece de multe ori un obiect,o persoană,etc sunt percepute multisenzorial (vizual, auditiv,olfactiv, tactil și termic simultan). Această presupune o recunoaștere pe un claser multisenzorial ceea ce este extrem de complex Acest proces se realizează în special în lobul prefrontal unde converg informațiile din toate ariile receptive sensitivosenzoriale ale scoarței cerebrale

Perceptronul a demonstrat că *procesele de învățare și cognitive(de clasificare și recunoaștere) pot fi realizate de algoritmi și dispozitive tehnice asemănătoare cu sistemul nervos a căror structură este aceea a unor rețele de elemente binare conectate prin legături cu ponderi variabile* .Dispozitivele construite s-au perfecționat din ce în ce mai mult și performanțele cognitive ale rețelelor (inteligențelor) artificiale au sporit

Primul salt important a fost de la perceptroni cu un singur strat de neuroni la cele cu trei straturi (unul de intrare,unul de ieșire și între ele unul ascuns)

Aldoilea salt important a fost introducerea de feedbackuri (Werbos, P.J. (1975)¹²⁹. John Hopfield¹³⁰,(care a rezolvat problema abordării *funcțiilor neliniare*)Perceptoanele mai evolute și în general rețelele artificiale de neuroni dispun de un algoritm de propagare retrograd(Back-PropagationAlgorithm)care detectează erorile și permite corectarea lor

¹²⁸C Bălăceanu Stolnici și Edm Nicolau Personalitatea umană O interpretare cibernetică Junimea Iași (1972)

¹²⁹Werbos, P.J.BeyondRegression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences. . (1975).

¹³⁰John Hopfield Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, Proceedings National Academy of Sciences, v79,(1982),

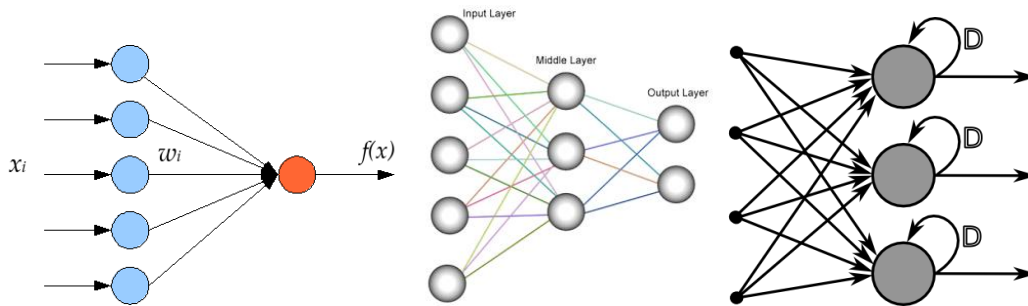


Fig 66 Perceptron cu un strat cu trei straturi și cu circuite recurente

Nu trebuie să uităm că aceste rețele sunt instruibile. Ele învață singure automat, cu instructor intern sau/și cu instructor extern.

O formă mai complexă de rețea care învață să recunoască forme este *pandemoniumul* realizat în 1959 de O. Selfridge¹³¹, care este o rețea de procesori. Aceștia memorează date și evenimente și recunosc forme elementare (ca de exemplu liniile orizontale, verticale sau oblice, unghiuri de diferite grade, pătrate, cercuri etc) pe care i-a denumit demoni (decision demon, cognitive demons, feature demons).

În 1960 Bernard Widrow¹³² a realizat o altă variantă de rețea neurală artificială bazată pe modelul McCulloch-Pitts, numită ADALINE (Adaptive Linear Neuron). În ADALINE, ponderile sunt modificate de suma semnalelor de intrare în timp, ceea ce în perceptron, ponderile sunt schimbate de semnalul de ieșire. Dispozitivul dispune de elemente de memorare chimice numite memristori.

În 1959 Lettvin¹³³ și col. au surprins lumea academică¹³⁴ demonstrând că rețeaua de neuroni din retina ochiului de broască procesează recunoașteri de forme elementare ca și pandemoniul lui Selfridge. Cercetările lui Young au arătat că și retina ochiului de octopus (un fel de caracatiță) este capabilă să recunoască forme elementare¹³⁵. Cum retina umană este mai complexă, este cert că și ea operează cu recunoașteri de trăsături (feature recognition). Aceste date demonstrează că procese cognitive au loc chiar la nivelul periferiei analizatorilor senzitivo-senzoriali.

Procesarea recunoașterii formelor de către sistemul nervos este încă nebuloasă. Ea oferă adevărate surprize: cum sunt *neuroni selectivi* ca cei din lobul temporal inferior al unor primat care nu se activează decât atunci când sunt percepute fețe¹³⁶. Mai surprinzătoare este descoperirea unor neuroni care nu se activează decât la percepția feței unei anumite persoane. Unii astfel de neuroni se activează chiar la auzirea numelui persoanei respective. Astfel s-a ajuns la conceptul de **neuroni ai bunicii** formulat de J. Lettvin. Acești neuroni nu se

¹³¹O. G. Selfridge. "Pandemonium: A paradigm for learning." In D. V. Blake and A. M. Uttley, editors, *Proceedings of the Symposium on Mechanisation of Thought Processes*, 511–529, Londra, (1959).

¹³²Widrow Bernard. An adaptive ADALINE neuron using chemical memristors. Technical report nr 1553.2 <http://www-isl.stanford.edu/~widrow/papers/t1960anadaptive.pdf> (1960).

¹³³Lettvin, J. T., Maturana, H. R., McCulloch, W. S., Pitts, W. H. What the frog's eyes tell the frog's brain? *Proc. Inst. Radio Engr.* 47 (11): 1940–1951, (1959).

¹³⁴La prima comunicare sala a izbucnit în râs.

¹³⁵Young J. Z. Learning and discrimination in the Octopus. *Biol. Rev.* 35: 32–96 (1961).

¹³⁶Perrett, D. I.; Rolls, E. T.; Caan, W. "Visual neurons responsive to faces in the monkey temporal cortex." *Exp. Brain Res.* 47: 329–42. (1982).

activează decât dacă un anumit obiect(de exemplu bunica) este perceput vizual auditiv,sau prin orice alt mod¹³⁷ Este vorba de o modalitate de procesare a semnalelor senzitivosenzoriale extrem de complexă și încă neelucidată

Tot atât de stranii sunt și **neuronii oglindă** ai lui Giacomo Rizzolatti¹³⁸ descriși în lobul prefrontal și lobul parietal inferior care recunosc o anumită mișcare sau un anumit act comportamental oricâte ori îl percep Numiți și neuroni ai empatiei au un rol important în învățare Nu sunt acceptați de toți cei care ocupă de științele creierului Aceste modele fac apel la un concept contestat potrivit căruia *un singur neuron* poate procesa procese complicate ca recunoașterea unei anumite fețe Ele aparțin modelului de *concentrare* potrivit căruia orice item este codat prin activarea unui sau unui număr foarte mic de neuroni Acestui model i se opune cel de *distribuire* mult mai plauzibil d.p.d.v. al neurociberneticeii potrivit căruia un item este codificat de o populație de neuroni

În general se acceptă modelul potrivit căruia recunoașterea unei forme(și mai ales cea multisenzorială a unui obiect,persoană sau chiar a feței unui persoane)presupune o procesare complicată în etape succesive prin recunoașterea pas cu pas a diferite caracteristici(features) ceea ce implică necesitatea unor neuroni multipli

6.7 Rețele inteligente

Una din cele mai importante performanțe ale rețelelor neurale naturale și artificiale este aceea de a **rezolva probleme** Sistemele care rezolvă probleme identifică problema,caută soluția și stabilesc strategia pentru a se ajunge la soluție pas după pas

În psihologie rezolvarea problemelor este un **proces mental cognitiv** extrem de important(poate cel mai subtil proces cognitiv) Problemele pot fi non-matematice sau matematice

Este meritul lui Allen Newell, Herbert A. Simon și Cliff Shaw de a fi realizat primele programe de rezolvat probleme Este vorba de **deprograme** ca „Logic Theorist”(1956) și „General Problem Solver” (GPS) (1957)¹³⁹ Aceste programe reprezintă *formalizări* ale **proceselor mentale inteligente** care sunt apoi implementate de un calculator universal Procesele respective sunt cu atât mai inteligente cu cât rezolvă probleme mai complexe și cu cât timpul necesar rezolvării este mai scurt Programele de rezolvat probleme sunt modele ale **inteligenței umane**

Sunt autori care nu sunt de acord cu termenul de imitare Pentru ei inteligențele artificiale sunt față de inteligențele naturale ca mașinile de zburat artificiale față de păsări

¹³⁷ Gross C G Genealogy of the "Grandmother Cell", Neuroscientist, 8(5):512–518, , (2002).

¹³⁸ Giacomo Rizzolatti, Corrado Sinigaglia: Soquelchefai: il cervello che agisce e i neuroni specchio, Verlag Cortina Raffaello(2006),

¹³⁹ A. Newell und H. A. Simon Human problem solving. EnglewoodCliffs, N.J., Prentice-Hall. (1972).

Aceste programe pot fi circumscrise la o clasă de probleme sau pot fi folosite (în viitor) pentru rezolvarea tuturor problemelor ca programul GPS (General Problem Solver). O metodă des folosită este metoda „Divide et impera” care constă în a împărți problema în două sau mai multe subprobleme și a le rezolva pe acestea separat într-o primă etapă urmată de o a doua etapă care caută o soluție generală pornind de la cele parțiale.

Complexitatea problemelor ce trebuie rezolvate impune folosirea de algoritmi foarte lungi cu pași mulți ceea ce înseamnă pentru creierul uman care operează relativ lent că necesită *un timp de execuție foarte lung*, uneori mai lung decât timpul util. De aceea rezolvarea problemelor de către mintea omenească se face în general cu **euristici** care nu explorează toate soluțiile posibile și numai urmăresc obligatoriu găsirea soluției celei mai bune ci doar o soluție acceptabilă (proces de **optimizare**). Aceste soluții acceptabile pot fi multiple pentru aceeași problemă. De aceea oamenii găsesc de multe ori diferite soluții pentru aceeași problemă. *Euristicele sunt uneori destul de diferite de la om la om. Ele depind de o serie de factori genetici și epigenetici mai ales culturali*. De aceea modul de rezolvare a problemelor este variabil și se încadrează în aspectele ce definesc **diversitatea umană**. Dacă activitatea inteligentă umană ar folosi algoritmi exhaustivi care urmăresc să găsească numai soluția cea mai bună toți oamenii ar gândi la fel ceea ce evident nu este cazul. Și dispozitivele artificiale de rezolvat probleme utilizează de multe ori euristici.

Mult mai eficace decât computerele care operează pe baze de programe sau euristici introduse în ele sunt inteligențele bazate pe rețele de neuroni artificiali care „imită” modul de procesare al creierului uman.

„Rețelele neurale artificiale sunt capabile să extragă semnificații din date complicate sau imprecise. Ele reușesc să identifice uneori modele și orientări atât de complexe încât mintea umană și alte dispozitive de calcul nu le pot desluși. În general rețelele neurale naturale și artificiale pot învăța să îndeplinească sarcini pe baza unor date obținute prin experiență sau prin instructaje. Ele pot să se autoorganizeze adică să-și creeze propria lor organizare sau reprezentare a informațiilor primite prin învățare. Ele operează în timp real și utilizează căi paralele. În plus dispun de o mare toleranță față de eventuale alterări căci dispun de o redondanță structurală”¹⁴⁰

Aceste rețele neurale au fost denumite **inteligențe artificiale** sau **mașini inteligente**. Ele sunt una din temele principale ce preocupă informatica modernă. Aceasta urmărește proiectarea și realizarea de soft-uri mașini și agenți inteligenți care trebuie să aibă performanțe cognitive de tip uman. Aceste inteligențe artificiale însă trebuie să treacă **testul lui Turing**.

¹⁴⁰Christos Stergiou and Dimitrios Siganos http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html (fără dată)



Fig 67 Testul lui Turing

Testul lui Turing¹⁴¹ este aplicat de un observator care urmărește un dialog între un om și mașina de testat fără să știe care este omul și care este mașina. Dacă observatorul nu poate face diferența dintre om și mașină, mașina a trecut testul. Dialogul se efectuează prin dispozitive electronice cu afișaj pe un ecran.

Inteligențele artificiale sunt rețele neurale apte de un comportament inteligent de tip uman. De ele se ocupă „știința și tehnicile pentru realizarea de mașini inteligente” (John McCarthy)¹⁴². Toate își au originea în celebra mașină a lui Turing dar mai ales în rețelele lui McCulloch-Pitts. Ele folosesc gândire rațională logică (deductivă, inductivă și analogică). Printre ele se află și **sistemele expert** lansate de Edward Feigenbaum care pot rezolva ca un expert uman problemele dintr-un anumit domeniu. S-au inițiat și cercetări pentru o **inteligență artificială universală** care să rezolve orice problemă.

Rețelele neuronale artificiale rezolvă probleme chiar și fără să utilizeze programe introduse de utilizatori așa cum fac computerele convenționale. Ele pot învăța prin exemple și prin experiență și nu au nevoie să li se indice pas cu pas printr-un algoritm sau o euristică tot procesul de rezolvare. Ele se autoorganizează ca și creierul uman. Numai că din această cauză sunt imprevizibile³⁰.

Nu trebuie să uităm că mintea umană rezolvă unele probleme **intuitiv** (fără să folosească procese raționale). Acestea presupun demersuri non-logice sau anti-logice. Inteligențele artificiale care se bazează pe logică sunt denumite **neats** (clare, elegante, computabile) iar cele antilogice sunt denumite **scruffies** (mai confuze, complicate, necomputabile) (Roger Schank)¹⁴³.

Este însă posibil ca intuiția să aibă la bază procese logice (raționale) care se realizează în afara câmpului conștiinței¹⁴⁴.

¹⁴¹Alan Turing, *Computing machinery and intelligence* Oxford University Press, vol. 59, no 236, (1950),

¹⁴²McCarthy, J.. *Programs with Common Sense* la Wayback Machine In *Proceedings of the Teddington Conference on the Mechanization of Thought Processes*, 756-91. Her Majesty's Stationery Office Londra (1959)

¹⁴³Schank, Roger. *Conceptualizations underlying natural language*. In *Computer Models of Thought and Language*, R. Schank & K. Colby, eds. San Francisco: W.H. Freeman, (1973.)

¹⁴⁴Kast, Bas: *Die Macht der Intuition*. S. Fischer Verlag, (2007.)

Menționăm că sunt cercetători (Hammeroff, Penrose) care au contestat caracterul computațional al funcțiilor cognitive umane. Penrose¹⁴⁵ a contestat acest aspect pornind de la o teoremă a lui Gödel potrivit căreia un sistem computațional nu poate fi consistent și complet în același timp. Penrose constatând că unele aserțiuni pe care un sistem computațional nu le poate proba pot fi demonstrate de matematicieni (cu creierii lor) a negat caracterul strict computațional al funcțiilor cognitive umane. La un rezultat asemănător a ajuns Hammeroff plecând de la analiza proceselor ce au loc în neuroni. Pentru ambii activitatea cognitivă are ca bază procese moleculare fine dar și procese atomice și chiar cuantice. Entitățile cuantice sunt procesate la nivelul microtubuliilor neuronale și informațiile respective sunt măsurabile cu qubiți¹⁴⁶ (nu cu biți). Teoria lor este aspru criticată mai ales luând în considerare faptul că encefalul este prea cald, prea umed și prea zgomotos pentru ca un model cuantic să fie consistent.

Inteligențele artificiale sunt una din cele mai importante realizări ale secolului XX. Ele nu sunt doar o clasă nouă superioară de unelte și modele grație cărora s-a putut crea o teorie consistentă privind mecanismele gândirii umane. Ele se perfecționează în continuu.

Mașinile inteligente artificiale au marele avantaj că operează infinit mai repede decât creierii naturali. Oscilațiile neuronale ajung maximum la 1000/sec pe când cele din computerele moderne ajung la miliarde/sec. De asemenea computerele nu obosec și mai ales nu se plictisesc niciodată lucrând așa că pot fi puse să repete o operație de mii și milioane de ori.

Dispozitivele cibernetice moderne sunt într-un progres continuu. Un prim aspect este diminuarea progresivă a dimensiunilor lor și a consumului de energie.

Dacă nu s-ar fi trecut de la triode și diode (relativ mari și consumatoare de multă energie) la transistori din ce în ce mai mici și apoi la circuitele integrate nu s-ar fi putut realiza imensele progrese ale informaticii și legătura cu acest progres există niște legi empirice numite legile lui Moore¹⁴⁷.

Prima lege susține că la fiecare doi ani se dublează complexitatea semiconducătorilor prețul rămânând constant. A doua lege susține că numărul tranzistorilor de pe un chip se dublează la fiecare doi ani. Există și legi apocrife ale lui Moore care susțin că puterea, capacitatea, viteza de lucru, frecvența de tact se dublează la fiecare doi ani.

Inteligențele naturale umane sunt superioare deoarece pot formula afirmații (statements, aserțiuni) necomputerizabile și care nu pot fi formalizate (așa numitele „aserțiuni ale lui Gödel”) pe care le pot evalua drept adevărate sau false ceea ce inteligențele artificiale nu pot face¹⁴⁸. De asemenea creierii umani „înțeleg” problemele pe care le rezolvă ceea ce nu este cazul cu inteligențele artificiale. Turing a afirmat că nici nu trebuie să ne intereseze dacă o mașină gândește și

¹⁴⁵Penrose, Roger. *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*. Oxford University Press (1989).

¹⁴⁶Un qubit este o unitate de măsură pentru informațiile purtate de stări cuantice. Este folosit în informatica cuantică și în calculatoarele cuantice.

¹⁴⁷Moore, Gordon E. *Cramming more components onto integrated circuits* (PDF). *Electronics Magazine*. . (1965).

¹⁴⁸Gödel, Kurt. *Some basic theorems on the foundations of mathematics and their implications*. Gibbs Lecture. In Feferman, Solomon, ed. (1995).

Kurt Gödel. *Collected Works, Vol. III: Unpublished Essays and Lectures*. Oxford University Press. pp. 304–23. (1951).

înțelege ci doar dacă o mașină poate acționa inteligent ca o ființă umană („Turing's „politeconvention”) E vorba de o similitudine nu de o identitate

Inteligențele artificiale - cum vom vedea mai departe – nu au trăiri afective (emoții etc) ceea ce este principala lor diferență față de cele naturale

În ipoteza posibilității de a se crea inteligențe artificiale emotive s-a pus problema creierii unei legislații care să asigure drepturile și libertățile lor¹⁴⁹

8. Activitatea cognitivă

Aportul cel mai important al rețelelor artificiale este că ne-au oferit modele de dispozitive care au o activitate cognitivă ce părea că nu poate fi realizată decât de sistemul psihic uman

Se știe că, mai ales formarea abstracțiilor care sunt constructe mentale ce nu au o realitate ontologică a fost totdeauna o enigmă ce l-a intrigat și pe Aristotel care nu putea înțelege cum o structură materială poate realiza astfel elaborări ideale

Neurologia clinică a arătat că activitatea cognitivă se elaborează de către scoarța cerebrală care este *echipotențială*, implicată *global* în această clasă de operații ceea ce a sugerat posibilitatea unui mecanism **bioholografic** Modelul echipotențial a înlocuit pe cel localicist radical al frenologilor secolului XIX Modelul echipotențial propus de Lashley presupune că orice parte intactă a creierului are capacitatea să execute funcțiile pierdute prin distrucția altor părți¹⁵⁰ Capacitățile cognitive diminuează în funcție de extinderea leziunii și nu atât de localizarea ei Acest aspect definește modelul *acțiuneimasei* E drept că **lobul prefrontal** are un rol major Până la apariția informaticii nimeni nu-și putea imagina cum emerge cogniția din funcționarea rețelelor neuronale corticale

Activitatea cognitivă (*percepția și recunoașterea stimulilor recepționați, clasificarea și etichetarea lor lingvistică, învățarea și clasificarea informațiilor memorate în clasoare uneori multiple paralele, abstractizările matematice, formarea noțiunilor și formularea prin generalizare a legilor, gândirea rațională inductivă, deductivă și analogică, calculul (activitatea computațională), comprehensiunea, luarea deciziilor, rezolvarea problemelor, activitatea inteligentă și extrapolările predictive*) este realizată prin **procesarea informațiilor** iar procesarea informațiilor poate fi implementată **prin operații de calcul**¹⁵¹ **matematic și logic** Am arătat mai sus că și *memoria* și *atenția* pot fi realizate prin procese informaționale Am văzut însă că informatică modernă a demonstrat că o rețea cu **contacte cu ponderi variabile** (care-și pot modifica ponderile) și cu **porți logice** poate rezolva problemele ca și o mașină Turing și că poate opera ca un calculator universal instruibil Am văzut că și rețelele de neuroni binari (formate chiar numai din trei neuroni) pot procesa toate operațiile logicei formale a lui Boole și pot fi instruite

¹⁴⁹BBC Robot should demand legal rights <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6200005.stm> (2006)

¹⁵⁰Lashley Karl In Specer "In search of the engram." Society of Experimental Biology Symposium 4: 454–482. (1950)

¹⁵¹Balaceanu Stolnici C și Edm Nicolau Personalitatea umană o interpretare cibernetică Junimea Iași (1972)

Capacitățile computaționale ale componentelor biologice ale rețelelor neuronale pot explica performanțele cognitive ale encefalului uman. Aceste capacități sunt mari căci în cazul encefalului nu este vorba de o rețea de elemente binare (0,1) ci de o rețea de microprocesoare de tip v Neuman analogice cu stări multiple. De asemenea, encefalul dispune de numeroase subsisteme neuronale care operează *paralel*. Este probabil ca în rețelele neurale naturale să se implementeze și operații cognitive noncomputabile.

Complexitatea și eficiența creierului uman este rezultatul evoluției sistemelor nervoase în cursul filogenezei (și în cadrul ei a antropogenezei), evoluție care are la bază aparatul computațional extrem de eficient al sistemului genetic. Grație evoluției creierul uman este *cel mai performant dispozitiv informațional de pe planeta noastră (din sistemul nostru solar)*.

Unul din cele mai puternice câștiguri a fost apariția *limbajului articulat* (încă de la *Homo habilis*) și perfecționarea lui la *Homo sapiens*, la care a apărut relativ foarte recent limbajul scris ce i-a oferit o posibilitate de a avea memorii exterioare. Limbajul pentru neurocibernetician nu este numai un instrument de comunicare interumană ci și un instrument (prin limbajul interior) de gestionare a activității cognitive unde cea mai simplă intervenție a sa este reprezentată de folosirea cuvintelor ca etichete ale percepțiilor, abstracțiilor etc dar și ca adrese de memorie pentru ecforarea engramelor. Fluxul gândirii este de cele mai multe ori structurat ca un flux de sintagme. Limbajele modulează gândirea și gândirea modulează limbajele. Acest aspect este o problemă centrală a informaticii dar și una a psiholingvisticii și a filosofiei. Este vorba de o activitate cognitivă ce utilizează reprezentarea simbolică (prin limbaj) a realităților și abstracțiilor. Acest demers este folosit în cazul **inteligențelor artificiale simbolice**¹⁵² și implementat în unele sisteme expert. John Haugeland a denumit (1985) acest demers GOF AI ("Good Old-Fashioned Artificial Intelligence"). El caută să descifreze și să utilizeze unul din secretele operaționale ale creierului uman.

Al doilea câștig filogenetic important a fost dezvoltarea lobului prefrontal unde în porțiunile sale dorsolaterale se procesează operații cognitive superioare planificarea cognitivă a comportamentului și procese decizionale^{153,154}.

Nu trebuie să uităm că lobul prefrontal are o deosebită dezvoltare la *Homo sapiens*. Este ultima perfecționare encefalică din cursul filogenezei. El cuprinde toate ariile granulare de proiecție ale nucleului dorsomedial al talamusului.

Capacitățile cognitive ale sistemelor artificiale sunt inferioare (pentru moment !!). Cum am mai spus superioritatea celor artificiale se manifestă exclusiv

¹⁵² Haugeland, John Artificial Intelligence: The Very Idea, Cambridge, Mass: MIT Press, (1985),

¹⁵³ Dorph-Petersen KA, Pierri JN, Perel JM, Sun Z, Sampson AR, Lewis TE influence of chronic exposure to antipsychotic medications on brain size before and after tissue fixation: a comparison of haloperidol and olanzapine in macaque monkeys". Neuropsychopharmacology 30 (9): 1649–61. DA (2005).

¹⁵⁴ Goldman-Rakic PS Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. Annual Review of Neuroscience 11: 137–56 (1988).

prin enorma lor viteză de lucru ceea ce le permite să rezolve în timp util probleme pe care inteligența umană nu le poate rezolva și să adopte strategii cu foarte numeroși pași și cu un număr mare de repetări

Cercetările privind inteligențele artificiale și rețelele neurale artificiale, care s-au inspirat de la rețelele neurale naturale au permis neurobiologilor să înțeleagă mecanismele activității cognitive umane dar au oferit societăților umane contemporane binefacerile (și aspectele negative) ale exploziei informaționale din vremurile noastre. Este – cum am mai spus – unul din marile succese ale bionicei – căci omul a „furat” secretele naturii și cu ele și-a schimbat stilul și chiar calitatea vieții

Activitatea cognitivă este din punct de vedere evolutiv mai veche. Există la animalele non umane forme de cogniție chiar și la unele nevertebrale (ca insectele și cefalopodele). În schimb utilizarea limbajelor articulate este proprie Homininelor. Aceasta contrazice ideea lui Sapir și Whorf¹⁵⁵ că limbajul precede gândirea și susține părerea lui Paul Grier¹⁵⁶ și Jerry Fodor potrivit căreia gândirea precede limbajul

Cercetările moderne au pus în evidență activități cognitive (de ex luări de decizie în condiții de ambiguitate, comunicări între membrii ai aceleiași specii etc.) chiar la ființe simple ca unicelularele. Aceste aspecte au dus la creierea *biologiei cognitive*

Cea mai pasionantă problemă legată de cogniția umană este dacă ea poate rezolva acum sau în viitor orice problemă oricât de complexă ar fi aceasta. De asemenea există problema dacă se va putea realiza o inteligență artificială omnipotentă care să rezolve toate problemele oricât de complicate ar fi

Încă din secolul XIX Emil du Bois-Reymond¹⁵⁷ a afirmat că sunt adevăruri pe care niciodată omul nu le va putea afla. Acestui pesimism (denumit *teoria ignoramibus*) i-a răspuns David Hilbert prin programul său (1920) Fraza celebră alui Hilbert, „Wir werden wissen” (Vom ști) (1930)¹⁵⁸ a fost însă în curând contrazisă de teoremele limitative ale lui Kurt Gödel (1930)¹⁵⁹. Cred că trebuie să acceptăm că posibilitățile noastre de a cunoaște Universul cu toate enigmele lui sunt limitate. E probabil că nu vom putea cunoaște și înțelege nici problemele legate de propria noastră activitate cognitivă. Și este probabil că inteligențele artificiale pe care le vom construi în viitor vor avea și ele limitele lor

Este ceea ce teologii au acceptat de multă vreme și cea ce i-a condus printre altele la cunoașterea negativă apofatică a lui Dumnezeu sugerată metaforic și de Vechiul Testament (Exod 19 . 16) prin descrierea coborârii lui Dumnezeu pe muntele Sinai ascuns de un nor întunecos. Ea a fost susținută mai ales de pseudo Dionisie Areopagitul mare teolog din vremurile patristice (secolele I-VI) a

¹⁵⁵Sapir-Whorf hypothesis. In: P.H. Matthews: Concise Dictionary of Linguistics. Oxford University Press, (1997).

¹⁵⁶Paul Grier Studies in Way of Words (SWW), Cambridge MA: Harvard University Press; (1989)

¹⁵⁷Du Bois Reymond E Über die Grenzen des Naturerkennens (1872)

¹⁵⁸Hilbert D David Hilbert: Naturerkenntnis und Logik. Naturwissenschaften, S. 959–963 (1930)

¹⁵⁹Gödel, K "Die Vollständigkeit der Axiome des logischen Funktionenkalküls". Monatshefte für Mathematik (in German) 37 (1): 349–360 (1930).

cărui operă principală Corpus Areopagiticum a ajuns în occident în sec IX când a fost dăruită de împăratul bizantin Mihail II Amorianul regelui carolingian Ludovic cel Pios (fiul lui Carol cel Mare)

6.9 –Ciclurile activității cerebrale

Encefalul uman ne surprinde însă cu un aspect în aparență banal dar al cărui rost ne scapă *El funcționează în mod normal ciclic*. În primul rând este ciclul *nicthemeral* (circadian) cu un ritm de aproximativ 24 de ore în care se succed **stările de veghe și somn**. Apoi în cursul stării de somn apare *ciclul ultradian* de circa 90+15 minute în care se succed stările de **somn lent** și **somn paradoxal (sau REM)**. Fiecare din aceste stări e caracterizată prin anume elemente clinice somatice, anumite aspecte ale psihismului și foarte precis prin anumite ritmuri ale encefalogramelor. Această dublă periodizare a vieții este proprie tuturor animalelor cu sânge cald (mamifere și păsări). Desfășurarea acestor două cicluri este absolut necesară deoarece când este întreruptă mai mult timp duce la deteriorări grave psihologice dar și biologice.

Nimeni nu știe astăzi cu siguranță la ce folosesc. În orice caz nu sunt perioade de odihnă.

Unii cercetători¹⁶⁰ au susținut că acest ciclu este necesar hardware-ului biologic cerebral și ar sluji la o reglare a metabolismului și o stocare de energie mai ales în sistemul ATP (în timpul somnului). Printre aceștia sunt cei ce susțin că somnul este o perioadă necesară pentru optimizarea funcționării sinapselor (mai ales pentru o homeostazie a acestora). „Somnul este prețul plătit pentru funcționarea plasticității nevraxiale” (G. Tononi și C. Cirelli¹⁶¹). Sunt cercetări care au susținut că în timpul somnului țesutul nervos se „curăță” de deșeurile metabolice și alte impurități^{162,163}. Este un aspect extrem de important asupra căruia au insistat cercetătorii de la Univ din Rochester.

Încă din 1969 (la un congres dedicat somnului organizat de Societatea Franceză de Neurologie) C. Bălăceanu-Stolnici a susținut că somnul și mai ales somnul REM *au un rol major la nivelul software-ului*. Este vorba de o organizare a datelor din stocurile cerebrale. Mai târziu și alți cercetători au confirmat că în timpul somnului informațiile stocate (engramele) și programele memorate sunt selectate, clasificate și mai bine ”fixate”¹⁶⁴. Această funcție ar lega somnul de buna funcționare a memoriei.

¹⁶⁰M. Dworak, R. W. McCarley, T. Kim, A. V. Kalinchuk, R. Basheer: Sleep and brain energy levels: ATP changes during sleep. In: The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience. vol 30, Numm, 9007–9016 (2010):

¹⁶¹Tononi G, Cirelli C: Sleep and synaptic homeostasis: a hypothesis. Brain Res Bull.;62(2):pg143-50 (2003)

¹⁶²Maiken Nedergaard citată în <https://www.urmc.rochester.edu/people/23788299-maiken-nedergaard>

¹⁶³New Brain Cleaning System Discovered

<http://www.nih.gov/researchmatters/september2012/09172012brain.htm> (2012)

¹⁶⁴Born, J., Rasch, J., & Gais, S. Sleep to remember [Neuroscientist, 12, 410. (2006)].

Unele cercetări au demonstrat că în cursul somnului encefalul rezolvă probleme¹⁶⁵ Se știe că Friedrich Kekulé von Stradonitza descoperit în vis formula ciclică a benzenului

Este un aspect tulburător căci ridică problema efectuării de operații cognitive în afara câmpului conștienței

În fine este posibil ca în timpul somnului sistemul nervos să se debaraseze de o serie de informații inutile așa cum se curăță calculatoarele artificiale prin aplicații de „întreținere sau de întreținere a discului (ca de ex. aplicația „tracer destructor” sau operațiile de defragmentare sau de curățare a discului)

În timpul somnului toate intrările de informații externe spre etajele superioare ale nevraxului și toate ieșirile din aceste etaje **sunt blocate** De aceea atât în somnul lent cât și în somnul paradoxal anumite etaje nevraxiale superioare procesează **doar** informații interne din stocurile de memorie Procesarea informațiilor interne nu mai este „parazitată” de interfețele cu lumea din afară Poate că rolul principal al somnului este de a lăsa circulația și procesarea informațiilor interne să se desfășoare o anumită perioadă de timp fără amestecul evenimentelor externe.

Pentru realizarea acestui dublu ciclu de regimuri de funcționare în special a cortexului cerebral există **un dispozitiv automat** la nivelul diencefalului și în trunchiul cerebral (pontomesencefalic) Fluxul continuu de informații de la diferiții receptori stimulează direct sau prin formația reticulată în continuu cinci stimulatori (triggeri) ai cortexului: nucleii colinergici pontini, neuronii serotoninergici ai rafeului, neuronii noradrenergici din locus coeruleus, nucleul colinergic al lui Meynert (n. bazal) și nucleul histaminergic tuberomamilar din hipotalamu Aceștia mențin starea de veghe

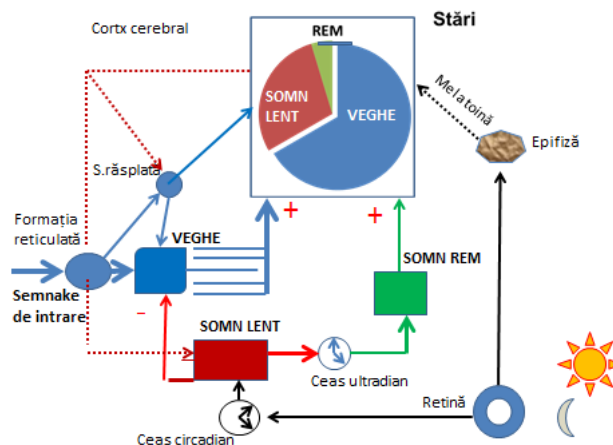


Fig 68 Schema bloc a dispozitivului veghe-somn

Adormirea are loc prin blocarea acestor cinci stimulatori de către nucleul gabaergic ventrolateral preoptic (nucleul V.L.P.O.) din hipotalamusul anterior. La care se adaugă o blocare suplimentară prin unii nucleii serotoninergici ai rafeului

¹⁶⁵Wagner U, Gais S, Haider H, Verleger R, Born J: Sleep inspires insight, Nature 427(6972), 352-355, (2004):

Comutarea de la o stare la alta se face prin nucleul suprachiasmatic din hipotalamusul anterior despre care am amintit. Acest ceas se adaptează printr-un fel de sincronizare la ritmul zi(lumină)noapte(întuneric). Ritmul cosmic se mai impune printr-un dispozitiv anexă care folosește melatonina secretată la întunec de glanda epifiză.

În timpul stării de somn (când triggerii stării de veghe sunt blocați) intervine un ceas (ce nu a fost încă identificat) care determină apariția periodică a somnului REM cu o durată medie la om de 15 minute, la circa fiecare 90 de minute.

Somnul REM este declanșat și abolit de un dispozitiv neuronal pontin format din neuroni ON (excitatori) și neuroni OFF (inhibitori) situați lângă locus coeruleus.

Dispozitivul ciclului veghe-somn este unul din cele mai importante dispozitive cibernetice automate ale creierului.

Acest dispozitiv generează **nivelele de vigilență sau conștiință normale** veghe, somn (cu 4 stadii de profunzime) și somn REM. În situația de alarmă sau chiar numai de „ceva nou” sistemul adrenergic ascendent pontin (dominant din locus coeruleus) poate determina starea de alertă (cu ritmuri rapide beta). În afară de aceste *stări realizate prin softwareul cerebral* mai sunt stări de vigilență patologice produse prin *dezordine la nivelul hardwareului cerebral* ca sincopile, obnubilările, stările confuzionale, stările letargice, și comele de diferite profunzimi. În epilepsie și absențele pierderile inițiale de conștiință sunt determinate de software, în timp ce coma este expresia unei disfuncții prin epuizare a hardwareului. Nu trebuie să uităm că epilepsia este o manifestare a encefalului care nu are încă o explicație satisfăcătoare. Ea este o anormală manifestare paroxistică a rețelelor encefalice, una din cele mai dramatice manifestări care se supune unui pattern (model) stereotip. A Kreindler spunea că descoperirea mecanismului epilepsiei va arunca o lumină nouă asupra modului de funcționare a rețelelor neuronale.

7 Conștiința

Una din cele mai importante dar și misterioase probleme este incontestabil **conștiința**. Secole de-a rândul s-au umplut zeci de mii de pagini cu cercetări esuri, comentarii sau interpretări despre această temă fără să se ajungă la o concluzie. Teologii, filozofii, psihologii, neurobiologii, medicii, fizicienii, chimiștii, matematicienii și oamenii de litere au abordat acest subiect. Unii gânditori (ca Gilbert Ryle)¹⁶⁶ chiar neagă existența conștiinței susținând incoerența conceptului.

Mulți oameni de știință se feresc să abordeze conștiința pentru a nu fi acuzați că se angajează pe un domeniu nonștiințific cu parfum metafizic sau teologic. Și noi am avut multe ezitări privind tratarea acestui subiect într-o lucrare de cibernetică de oarece – cum vom vedea – conștiința nu poate fi studiată de pe pozițiile ciberneticii.

¹⁶⁶Ryle, Gilbert. *The Concept of Mind*. Chicago: University of Chicago Press, 2002.

Conștiința este o manifestare strict subiectivă accesibilă doar prin introspecție Este un flux de **trăiri personale** la care nimeni în afară de cel în cauză nu are acces direct Acest subiectivism și solipsism al conștiinței împiedică orice cercetare obiectivă a ei De aceea nu avem decât o cunoaștere fenomenologică existențială Cunoaștem trăirile noastre conștiente și presupunem că ceilalți au aceleași trăiri ceea ce este plauzibil dar nu este deloc cert Despre trăirile altora nu știm decât ceea ce ne dezvăluie aceștia prin mimică,gesturi,limbajul corporal,unele comportamente și mai ales prin limbajul oral și scris

Conștiința nu se manifestă *decât în cursul stării de veghe*¹⁶⁷ când starea creierului (cortexului cerebral)este caracterizată de o desincronizare a neuronilor din populațiile neuronale corticale (mai sigurtalamocortcale) exprimată prin ritmuri rapide alfa și betaCând ritmurile alfa și beta sunt înlocuite de ritmuri lente(delta)sau de unele unde epileptice conștiința dispare

Sunt autori care atribuie *ritmului gama* un rol în procesările necesare conștientizărilor senzoriale (mai ales vizuale)¹⁶⁸Considerăm că pentru moment rolul efectiv al ritmurilor EEG în procesarea conștientizării percepțiilor este încă discutabil

Ritmurile cerebrale(EEG) credem că sunt - cum am mai spus – doar martorii care apar ca niște produse secundare ale modului cum operează agregatele de neuroni

Faptul că activitatea conștientă apare numai în stările de veghe ne aratăcă aceasta nu apare ,nu se manifestă subiectiv decât atunci când semnalele ascendente*nespecifice*(din formația reticulară a lui Magnus și Klein) și din sistemul de recrutare talamica luDempsey și Morrison)ajung în primele două straturi corticale(molecular și cel granular extern) Când am prezentat starea de veghe am arătat care sunt cele cinci sisteme activatoare implicate

Nu avem un model cibernetic al combinării de semnale specifice și nespecifice Probabil că sistemul nespecific asigură un anumit regim de funcționare al scoarței Combinația aceasta a sugerat însă și posibilitatea unui **mecanism de tip holografic** în care *semnalele nespecifice* ar avea rolul de rază de *referință*(C Bălăceanu Stolnici,Edm Nicolau și G Dona)

Holografia este un procedeu(descoperit de Denis Gabor în 1947) de a crea imagini prin interferența a doua fascicule de lumină coerentămonocromatică(laser)Un fascicol este reflectat de obiectul fotografiat,cealalta provine direct din sursa de laser (raza de referință) Imgineaastfel creată este fixată pe o placa fotografică Această fotografie (hologramă) trebuie cetită prin iluminarea eicu un fascicul laser

¹⁶⁷ Mai există o formă de conștiință,conștiința onirică,din cursul stărilor de vis de care ne vom ocupa în altă parte

¹⁶⁸ Crick, F.,și Koch, C. Towards a neurobiological theory of consciousness. Seminars in theNeurosciences v.2, 263-275. (1990).

Imaginea astfel creată și contemplată este *tridimensională* și în funcție de modul cum este iluminată poate fi deplasată și rotită în spațiu și privită din toate unghiurile posibile(ceea ce se observă și în cazul imaginilor memorate)

Dacă fotografia este distrusă parțial, imaginea rămâne neștirbită dar claritatea ei și amănuntele reprezentate scad în funcție de mărimea distrugerilor(ceea ce se potrivește cu rezultatele experiențelor pe creiere de animale ale lui Lashley¹⁶⁹)

Aceste două aspecte au contribuit la acreditarea modelului holografic

Analogia este totuși dificil de făcut deoarece în biologie nu avem manifestări de tip laser E drept că între timp s-au descoperit holograme nonoptice chiar electronice digitale Problema unui model holografic cerebral nu este complet eradicată

Conștiința poate fi modificată calitativ sau poate fi suprimată prin anumite substanțe chimice care străbat bariera hematoencefalică De asemenea anumite leziuni traumatice, infecțioase, prin accidente vasculare cerebrale pot deteriora conștiința, o pot suprima temporar sau definitiv ca și electrocutările prin electroșoc

Toate acestea demonstrează că trăirile conștiente au la baza lor niște activități biologice la nivelul encefalului Această afirmație este confirmată și de evoluție căci omul are cea mai complexă viață conștientă cum are și cea mai complexă scoarță cerebrală

Activitățile cerebrale evident că sunt cele ale rețelelor de neuroni corticali(sau corticotalamici)la nivelul căror se recepționează, se transportă, se procesează, se stochează și se emit informații care au ca bază evenimentele moleculare și ionice din citoplasmele și membranele neuronale și sinaptice Sunt autori (printre care Penrose)ce susțin că evenimentele neuronale care stau la baza conștiinței ar fi de tip cuantic Aceste evenimente sunt corelate într-un anumit fel cu trăirile conștiente **(problema corelatelor neuronale ale conștiinței)** Rezolvarea acestei probleme este departe de a fi realizată

Cercetările moderne de *imagistică cerebrală* funcțională¹⁷⁰ au arătat că aceste evenimente neuronale au loc la nivelul scoarței cerebrale (mai ales în lobul prefrontal, cel cingular posterior, cortexul retrosplenic și cuneus) dar și la nivelul talamusului^{171,172} Aceste cercetări au arătat rolul mai important al emisferei

¹⁶⁹Lashley K Brain Mechanisms and Intelligence: A Quantitative Study of Injuries to the Brain. Univ. of Chicago Press (1929)

¹⁷⁰Rezonanța magnetică funcțională bazată pe semnalul BOLD, tomografie cu emisie de pozitroni sau PET sau cu emisie de fotoni SPECT și TEMP; ,magneto-encefalografia, imagistica spectroscopică în infraroșu EROS, ca și electroencefalografia modernă cu folosirea potențialelor evocate

¹⁷¹Joseph Bogen: On the neurophysiology of consciousness. Part 1: Overview. In: Consciousness and Cognition, 1995

¹⁷²Giulio Tononi și G Edelman Consciousness and complexity *Science* : Vol. 282 no. 5395 1846-1851 (1998)

dominante(stânga la dreapta,și dreapta la stânga)unde se află și sediul aparatului neuronal ce asigură limbajele orale și scrise

Menționăm că problema asimetriei emisferelor cerebrale este mult mai complexă Considerăm că nu face parte din tema acestei cărți

Sunt autori (în frunte cu W Penfield)¹⁷³ care -cum am mai spus - consideră că activitatea conștientă este elaborată subcortical în trunchiul cerebral și diencefal(mai ales talamus) ,în aria numită de el *regiune centrencefalică*

Toate modelele presupun participarea unor populații de neuroni împrăștiate în encefal care trebuie să opereze împreună integrate într-un tot funcțional Această corelare integrativă s-ar face prin *sincronizarea oscilațiilor* neuronilor implicați,¹⁷⁴ oscilații care ar avea loc în *banda de 40Hz*

Până ce nu se precizează aceste corelate neuronale edificarea unei teorii cibernetice a conștienței este imposibilă Sunt însă autori care cred că descoperirea corelatelor neuronale tot nu va rezolva problema conștientizării

7.1 Qualia

Evenimentele din conștiență sunt – cum am mai spus - subiective Sunt în primul rând acele trăiri legate de *senzații și percepții* (culori,acorduri muzicale,gusturi ,parfumuri dureri etc)*care nu există în lumea materială*

Aceste construcții mentale au fost numite **qualia**(singular quale) Ele sunt **trăiri subiective** sau **stări mentale** care mobilează conștiența Ele sunt subiecte de studiu ale filosofiei spiritului Problema cheie este dacă aceste qualia sunt materiale sau strict subiective *Non fizicalitatea* acestor qualia este dovedită după mulți prin clasică experiență mentală a spectrului de culori inversat¹⁷⁵ *Ele sunt inaccesibile din afara sistemului* Fiecare individ are conștiența sa cu qualia sale apărute decaracterul lor solipsist,De asemenea nimeni nu știe dacă are aceleași qualia cu ceilalți¹⁷⁶

Ca suport material al acestor qualia senzitivosenzoriale se află activitatea neurosinaptică din analizorii care încep cu receptorii și se termină în ariile receptive corticale specifice pentru fiecare tip de senzații În cadrul acestor analizori semnalele de la receptori sunt transportate dar și procesate pe parcurs la nivelul trunchiului cerebral al talamusului și apoi al scoarței

Numai percepțiile olfactive ocolesc trunchiul cerebral și talamusulDe asemenea știm că semnalele vizuale sunt procesate încă din retină

¹⁷³Walsche E M. The brain-stem conceived as the highest level of function in the nervous system; with particular reference to the automatic apparatus of Carpenter (1850) and to the centre encephalic in the grating system of Penfield. Brain. Dec;80(4):510–539 (1957)

¹⁷⁴Francis Crick, Christof Koch: A framework for consciousness, Nature Neuroscience, 6, 119 - 126 (2003)

¹⁷⁵Stanford Encyclopedia of Philosophy <http://plato.stanford.edu/entries/qualia-inverted/>

¹⁷⁶Campbell, K., Body and Mind,: Macmillan Londra (1970,)

Procesările informaționale din lungul analizorilor sunt uneori destul de complexe. Ele presupun accentuarea limitelor și contrastelor, degajarea semnalelor utile din zgomot, și combinarea semnalelor din dreapta și stânga (pentru auz în nucleii pontini și văz în corpii geniculați laterali) pentru a extrage informații suplimentare ca direcția de unde vin sunetele sau vederea în relief. Mai sunt procesări care filtrează semnale sau le diminuează intensitatea ca cele din nucleii dorsolaterali ai talamusului (pentru sensibilitatea generală inclusiv cea dureroasă). Tot pe parcursul analizorilor semnalele de intrare sunt supuse unor procese cognitive elementare de recunoaștere a unor forme simple (mai ales la nivelul retinelor). Rezultă o anumită structură finală de evenimente, într-o anumită grupare de neuroni și sinapse care exprimă **codificat** (potrivit limbajelor folosite de sistemul nervos central) intensitatea, calitatea, caracteristicile și durata stimulilor sensitivosenzoriali.

Procesarea semnalelor senzitivosenzoriale nu se termină însă cum se credea în ariile receptive corticale primare. Ele continuă să fie procesate în ariile secundare și terțiare iar de aci sunt transmise spre o procesare finală în regiunea prefrontală unde rețelele neuronale le „combină” într-un anumit fel cu semnalele venite de la alte categorii de receptori pentru a asigura *percepția multisenzorială* și cu semnale care le conferă o *anumită dimensiune emoțională*. Qualia ca aproape toate evenimentele din conștiință nu sunt reci și seci ci au o anumită vibrație afectivă.

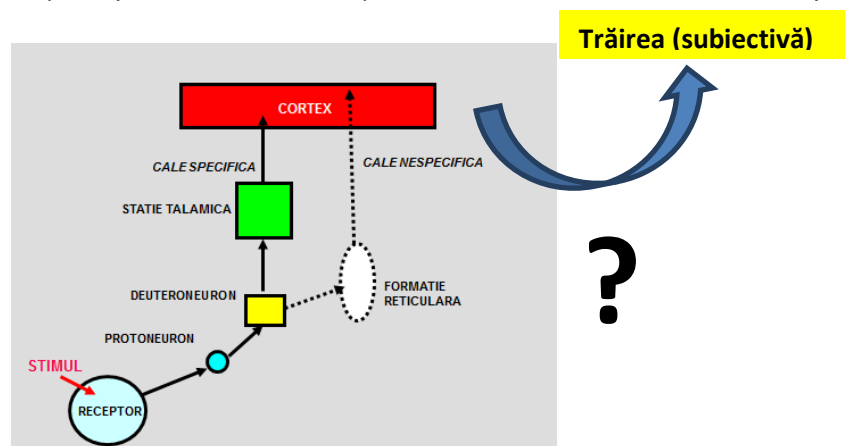


Fig 69 De la analizor la qualia

Trebuie să specificăm că neurocibernetica nu acceptă ca și științele creierului percepții extrasenzoriale.

Reamintim că unul din aspectele cele mai interesante este faptul că pentru apariția senzațiilor sau percepțiilor nu este suficient ca semnalele specifice de la receptori să ajungă în ariile senzitivosenzoriale ale cortexului (la nivelul straturilor IV) ci concomitent trebuie să ajungă în aceleași arii semnalele activatoare nespecifice din sistemul reticulat și cel talamic (predominant în primele două straturi corticale). De asemenea reamintim că acest aspect a sugerat existența unui proces de tip holografic.

Formarea unui quale este un proces complicat și enigmatic. De exemplu o undă electromagnetică cu frecvența este captată de un fotoreceptor conic din retină și tradus în impulsuri nervoase modulate în frecvență și în picături de neurotransmițători emise în anumite sinapse. Rezultă o configurație dinamică de

neuroni excitați și inhibați care reprezintă codificat unda detectată Până aici toate se explică științific pe baza cunoștințelor actuale de neurobiologie și neurocibernetică Această configurație neurosinaptică este conștientizată sub forma culorii albastre Acest salt nu poate fi explicat științific ci doar constatat fenomenologic

Problema care se pune est *cum se trece de la structurile neurosinaptice reprezentative la trăirea subiectivă(senzație, percepție qualia)și ce sunt aceste trăiri subiective Ignoramus și poate ignorabimus*

7.2 Reprezentarea

Acești tip de întrebări se pun și cu privire la **reprezenări** Aceste reprezentări sunt tot trăiri subiective care se prezintă ca niște constructe mentale Ele sunt modelele mentale din conștiința noastră care se referă la obiecte, procese dar și idei, Sunt considerate *simboluri*¹⁷⁷ *cognitive* care reprezintă elemente ale realității, abstracțiuni sau constructe ale imaginarului Ele se referă la *universul discursului* (totalitatea domeniului cunoașterii)

Reprezentările sunt stări mentale ca, gânduri, credințe, dorințe, percepții și imagini, care au intenționalitate (se referă la ceva) Acel ceva poate fi concret (o senzație, o percepție, ceva caracterizat prin qualia) sau poate fi abstract (o idee, un concept, un mod matematic)

Aceste reprezentări descriu și explică ideile sau conceptele dar și realitățile lumii cum sunt percepute și gândite de fiecare Sunt componente ale mentalului nostru Ele **emerg** ca și qualia din anumite procese care au loc în anumite structuri cerebrale Ele joacă un rol primordial în activitatea noastră cognitivă și în desfășurarea trăirilor conștiente Sunt o temă de discuții a filosofiei, psihologiei și științelor creierului care nu a fost rezolvată Printre altele sunt discuții asupra caracterului lor fizic sau metafizic

Se pot însă cerceta *corelatele lor neuronale*, adică structurile și procesele neuronale și sinaptice din care emerg reprezentările Studiul acestor structuri și procese este un obiectiv nu numai al neurocibernetice dar și al psihologiei cognitive și computaționale Acest studiu face parte din încercările de biologizare a psihologiei și se bazează pe modelele cibernetice ale activității cerebrale Corelatele neurale ale reprezentărilor pot fi astfel „structuri și procese computaționale, în care calculele sunt secvențe (reglementate de anumite reguli) de obiecte evaluabile semantic”¹⁷⁸ Aceste constructe neurobiologice sunt adevărate modele simbolice (care pot fi computaționale) ale cunoștințelor noastre Problema este dificilă pentru că *modelele reprezentărilor nu sunt totdeauna computaționale* Formalizarea (exprimarea matematică folosind un limbaj formal) a

¹⁷⁷Un simbol poate fi un obiect, o imagine, un cuvânt scris sau pronunțat, un concept sau o reprezentare, care exprimă altceva prin asemănare, asociație sau convenție

¹⁷⁸Stanford Encyclopedia of Philosophy <http://plato.stanford.edu/entries/mentalrepresentation/#Representational> (2012)

acestor modele ale reprezentării sunt denumite în informatică uneori **ontologii**¹⁷⁹. Cei ce se ocupă de inteligențele artificiale studiază aceste ontologii care „sunt instrumente de lucru pentru a prezenta un ansamblu (un corpus) de cunoștințe într-o formă utilizabilă de un computer”¹⁸⁰

Problema reprezentărilor este tot atât de complicată ca și a qualia-urilor. Avem un anumit eveniment complex (de exemplu o reuniune festivă) care este detectată de receptori sensitivosenzoriali (vizuali, auditivi, olfactivi etc.). Totul este transformat în impulsuri nervoase și molecule de neurotransmițători la nivelul anumitor neuroni și sinapse. Rezultă o configurație dinamică de neuroni și sinapse excitate în repaus și în stare refractară. Această configurație codifică în rețeaua nervoasă festivitățile respectivă. Totul se explică științific. Concomitent însă apare reprezentarea mentală cu imaginile sunetelor, mirosurilor ei etc.) care este cu totul altceva. Emergența acestui altceva este ca și aceea a qualiilor o enigmă. Natura însăși a reprezentării este un mister încă imposibil de accesat cu metodele științelor exacte.

7.3 Emotivitatea

Conștiința este și scena vieții noastre emotive. **Marea deosebire** dintre dispozitivele artificiale și creierul uman este că ultimul are în plus stări afective. În legătură cu acestea N. Wiener a luat în considerare existența unui **tonalizor afectiv** care ar genera emoțiile.

Emoțiile sau stările afective nu au nici un corespondent ca și durerea în lumea reală materială. Sunt și ele niște qualia afective a căror materialitate nu poate fi demonstrată. Ele nu sunt computabile și prezența lor – cum am spus – constituie principala deosebire dintre creierul natural și cel artificial.

Au fost imaginate ființe umane fără viață afectivă. Sunt acei **zombi filosofici**^{181,182,183} care nu au decât o activitate cognitivă rece, anafectivă și ansamblul celorlalte activități biologice normale. Se comportă ca niște roboți biologici fără viață emoțională și qualia.

Acești **zombi** sunt folosiți de filosofi și psihologi, în experimente mentale în special ca argumente împotriva fiziciștilor care consideră conștiința drept materială. Posibilitatea de a concepe astfel de zombi este folosită drept argument împotriva fizicalismului trăirilor emoționale susținut de sceptici, „Dumnezeu ne-a dat ceva în plus ca să nu fim niște zombi” (D. Chalmers)¹⁸⁴

¹⁷⁹ A nu se confunda cu ontologia care este un domeniu al filosofiei.

¹⁸⁰ https://fr.wikipedia.org/wiki/Ontologie_%28informatique%29

¹⁸¹ Dennett, D. C., *Consciousness Explained*, Little, Brown, Boston, Toronto, Londra, (1991),

¹⁸² Chalmers, D. J., *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*, New York și Oxford: Oxford University Press (1996),

¹⁸³ Klark R, *Zombies and Consciousness*, Oxford: Clarendon Press, Klarck (2005).....

¹⁸⁴ Chalmers D. *Zombies on the web* <http://consc.net/zombies.html>

Neurobiologii și neurociberneticienii au identificat în sistemul nervos *un automat care determină stările afective* în plan subiectiv și manifestările lor obiective somatice și vegetative ce le însoțesc în plan biologic. A fost denumit **sistemul de răsplată/pedeapsă**¹⁸⁵ și corespunde tonalizatorului afectiv al lui Wiener. Este un automat neurobiologic esențial pentru supraviețuirea indivizilor și a speciei. Prin trăirile afective pozitive (răsplată) și negative (pedeapsă) pe care le generează el este pe de o parte, *motorul motivațiilor* pe de altă parte, *instructorul intern* care intervine în procesele de învățare de tip pavlovian dar mai ales skinnerian.

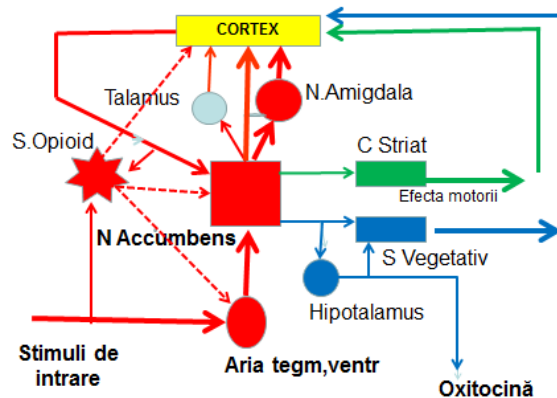


Fig 70 Sistemul de răsplată/

Sistemul de răsplată e format (fig 70) din neuronii dopaminergici din *aria ventrală mesencefalică* a căror axoni acționează asupra *nucleului accumbens* (din striatul ventral), *nucleului amigdală* (din sistemul limbic) și asupra *cortexului cerebral* (din regiunea prefrontal-orbitală, insulară și cingulară anterioară). Aceste trei structuri au fost denumite *punctele calde* (hotspots). Punctele calde antrenează și alte structuri ca *hipotalamusul* responsabil de reacțiile vegetative ce însoțesc stările emoționale și de eliberarea oxitocinei, un hormon hedonizant și *corpul striat* care determină reacțiile motorii (mimica, gesturile, atitudinea corpului specifice stărilor emoționale). Tot acest sistem se află sub influența *sistemului opioid* și a scoarței cerebrale^{186,187}. S-a mai atribuit automatului respectiv substanța cenușie periventriculară și cea periapeductulară care ar avea un rol în stările emoționale negative ca și unele componente serotoninergice din nucleii rafeului.

Importante sunt conexiunile inverse (feedback) care informează cortexul cerebral despre efectele motorii și vegetative declanșate de acest automat. Aceste informații retroactive au fost considerate de unii drept esențiale pentru apariția trăirilor emoționale. Teoria lui W. James¹⁸⁸ este notorie în acest sens (teoria James-Lange).

Menționăm că inima acestui automat (cuplul *aria ventrală mesencefalică* – *nucleul accumbens*) este și ținta drogurilor hedonice care operează din punct de vedere cibernetic ca niște agenți de desinformare a automatului descris.

Este unul din cele mai complexe automate neurobiologice de tip cibernetic care utilizează comenzi feed before și feedback dar și programe înnăscute (determinate genetic) și învățate.

Cunoașterea lui a necesitat studii comportamentale de tip behaviorist (printre care cele mai importante au fost cele legate de învățare ale lui Pavlov și Skinner), studii experimentale cu implantări de electrozi

¹⁸⁵ Mai este denumit sistemul hedonic, sistemul de reîntărire, sistemul de condiționare operant sau instrumental,

¹⁸⁶ Berridge C. Kent. Brain Rewards System for Food. In: Progress in Brain Research: Appetite and Body Weight. T.C. Kirkham & S.J. Cooper (Eds.), Academic Press, pp. 191-216, 2007.

¹⁸⁷ Balaceanu Stolnici, Adrian Papari, Aurel Papari, Georgiana Cozaru și Ion Bradu Iamandescu. Tentație și Dependință. București (2012).

¹⁸⁸ James, William (1884). "What Is an Emotion?". Mind 9 (34): 188–205.

stimulatori¹⁸⁹, studii anatomice macroscopice și microscopice și studii de biologie neuronală, și genetică Medicina, mai ales psihiatria a fost și ea implicată

Există și *studii de informatică* care s-au axat în special pe *recunoașterea stărilor emotive* indirect prin identificarea și măsurarea manifestărilor vegetative și somatice care însoțesc stările afective¹⁹⁰ S-au luat în considerare efectele stărilor emoționale asupra vorbirii, asupra mușchilor faciali, asupra gesturilor, pulsului, tensiunii arteriale, ritmului respirator, transpirației etc. Printre acestea cel mai vechi și clasic indicator este reflexul electrodermal (legat de modificările de conductibilitate electrică a pielii produse de transpirații) Este clasicul *reflex psihogalvanic* descris de Vigouroux în 1879 de care la noi s-a ocupat mult C I Parhon și L Copelman

Unele cercetări au urmărit proiectarea unor mașini care să se comporte **ca și când** ar avea emoții^{191, 192} Nu sunt însă mașini care au trăiri emotive ci mașini care reproduc manifestările stărilor emotive

Toate aceste dispozitive neurobiologice sunt implicate în geneza emoțiilor și pot fi studiate și informațional Emoțiile însă pe care le generează scapă cercetărilor din cauza lipsei lor de fizicalitate ele fiind „realități” subiective Ca și în cazul reprezentărilor avem, pe de o parte activitatea neurobiologică și informațională a sistemului de răsplată și pe de altă parte trăirile subiective afective (și a durerilor) care sunt de o natură diferită Aceste trăiri aparțin unui alt domeniu al existenței ce nu poate fi computerizat dar nici studiat cu metodologiile științelor exacte Ca și qualia stările emoționale sunt epifenomene ce merg misterios din activitatea cerebrală și nu pot fi studiate decât fenomenologic prin introspecțiune ele fiind ca toate trăirile conștiente solipsiste

7.4 Demonul metacibernetic

Cum am văzut mai sus, problema dificilă în legătură cu trăirile emoționale cu reprezentările și cu qualia este caracterul lor **pur subiectiv** care le situează **într-un alt plan ontologic** Ele nu fac parte din lumea noastră materială Nu există nici o teorie științific valabilă (consistentă) care să explice cum emerg trăirile subiective (emoțiile, reprezentările și qualia) din activitatea biochimică și biofizică a rețelelor neuronale și nici din eventuala luare în considerare a evenimentelor cuantice ce au loc în neuroni și sinapse Geneza subiectivului din activitatea materială (fizică, chimică, cuantică) a rețelelor neuronale (și eventual a nevroglii) nu poate fi explicate consistent (fără de mari contradicții) Este ceea ce

¹⁸⁹Olds J, Milner P. « Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other areas of the brain » J Comp Physiol Psychol. 1954;47:419-427, 1954.

¹⁹⁰Garay, Nestor; Idoia Cearreta; Juan Miguel López; Inmaculada Fajardo (April 2006). "Assistive Technology and Affective Mediation" (PDF). Human Technology: an Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments 2 (1): 55–83.

¹⁹¹Restak, Richard (2006-12-17). "Mind Over Matter". The Washington Post. Retrieved 2008-05-13.

¹⁹²Minsky, Marvin (2006). The Emotion Machine. Simon & Schuster.

filosoful Levine¹⁹³ a numit „**Explanatory gap**” și filosoful Chalmers „The hard probleme of consciousness”¹⁹⁴ Neurobiologia modernă neurocibernetica, psihocibernetica și în genere științele exacte nu pot explica această emergență și nici natura lor

Pentru a putea depăși acest impas am luat în considerare **modelul dualist** a lui Descartes potrivit căruia în sistemul nervos activează o entitate spirituală nonmaterială care monitorizează și utilizează creierul așa cum noi utilizăm computerele noastre Știm că Maxwell¹⁹⁵ a făcut apel la un demon pentru a explica unele probleme ale termodinamicii

Acest experiment mental cu demonul lui Maxwell a permis printre altele lui N Wiener să stabilească o corelație între conceptul de entropie termodinamică și cel de entropie informațională care să nu fie numai formală

Ca și Maxwell vom recurge și noi la un **demon metacibernetic** care controlează și utilizează creierul uman și corpul pentru a putea să se integreze în universul material la nivelul planetei noastre O idee asemănătoare a fost aceea a unui *coordonator central* (Baddeley și Hirsh, 1974)¹⁹⁶

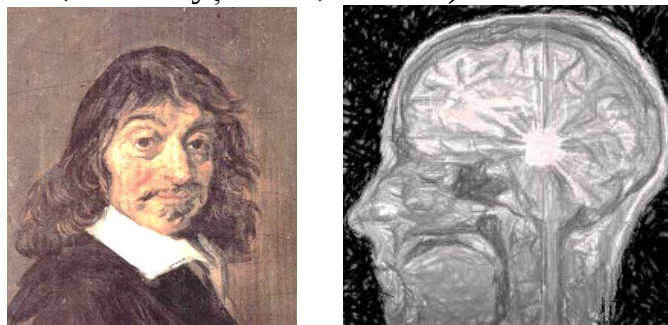


Fig71 R Descartes

R Descartes menționa un **res cogitans** (chosesensente, obiect gânditor) non material, spiritual a cărui interfață cu creierul material s-ar afla în epifiză După cum se vede este vorba de un dualism l interactiv desprecare s-a spus că poate fi descris drept o stafie într-o mașină („ghost in themachine”¹⁹⁷) Modele dualiste au mai fost propuse în epoca noastră de Swinburne¹⁹⁸, și Foster¹⁹⁹.

O idee similară a fost susținută de Zaharia din Constantinopol din secolul XIII și de vestitul rosicrucian Robert Fludd în secolul XVII Ei au considerat că există un *ochi intern* care monitorizează activitatea mentală și au publicat și imagini sugestiv Prin 1890 marele psiholog W James a emis ipoteza existenței în creier a unei **celule pontificale** care trăiește toate experiențele noastre subiective (este sediul experimentării datelor noastre subiective) pe care restul creierului o aprovizionează cu reprezentările realităților lumii²⁰⁰

¹⁹³ Levine, J. Materialism and qualia: the explanatory gap. Pacific Philosophical Quarterly 64: 354-361.

¹⁹⁴ David Chalmers, Facing Up to the Problem of Consciousness, JCS, 2 (3), pp. 200-19. (1995,)

¹⁹⁵ JAMES Clarck Maxwell Theory of Heat Leff & Rex Londra (2002)

¹⁹⁶ Baddeley, A.D., și Hitch, G. Working memory. In G.H. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory (Vol. 8, pp. 47-89). Academic Press. New York: (1974).

¹⁹⁷ Koestler, Arthur The Ghost in the Machine (1990) reprint Penguin Group. (Oxford 1967)

¹⁹⁸ Swinburne, R.. The Evolution of the Soul.: Oxford University Press. (1986)

¹⁹⁹ Foster, J.. “A defense of dualism”. In J. Smythies and J. Beloff, eds. The Case for Dualism. University of Virginia Press Charlottesville, VA.: (1989)

²⁰⁰ James W The principles of psychology. New York: Dover. (1890).

Prin 1967 neuropsihologul Jerzy Konorski²⁰¹ a preluat această noțiune și a dezvoltat-o sub numele de **unitatea gnostică**

Acest demon interior, (nu exterior ca cel al lui Socrate²⁰²), experimentează existențial și acționează, ia decizii și operează în simbioză cu creierul uman ce face legătura dintre aceștia și lumea materială. Științele creierului se izbesc însă de un adevărat zid atunci când vor să elucideze misterul acestui demon.

Filosofii și ei nu sunt de acord asupra unei interpretări. Astfel în concluziile capitolului despre conștiință din enciclopedia filosofică de la Stanford este menționat că o înțelegere satisfăcătoare a conștiinței necesită luarea în considerare concomitent a mai multor teorii. Este imposibil ca o singură perspectivă teoretică să fie suficientă pentru a explica toate aspectele conștiinței pe care am vrea să le înțelegem (Robert Van Gulick²⁰³).

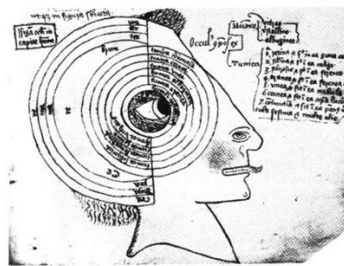


Fig 72 Zahartas Ochiul Intern



Fig 73 R Fludd Ochiul Intern

Neurociberneticianul (informaticianul) modern este confruntat cu problema naturii acestui demon. În cazul că ar fi material ar putea fi o emergență din activitatea rețelelor neuronale (conform teoriei generale a sistemelor) sau rezultanta integrării unui mare număr de informații (Giulio Tononi²⁰⁴). Există și o serie de teorii neurale ("neural correlates of consciousness" or NCCs).

Neurociberneticianul trebuie să opteze între o poziție strict materialistă (mecanicistă, fizicistă, radical reduționistă) și o poziție dualistă ca cea a lui Descartes²⁰⁵.

Există și posibilitatea unei interpretări idealiste care însă ni se pare greu de analizat într-o lucrare științifică.

În varianta dualistă (pe care am acceptat-o) demonul metacibernetice aparține ontologic unei alte realități decât Universul material și utilizează creierul uman ca un instrument de legătură (în dublu sens) între el și lumea reală.

²⁰¹ Konorski J. Integrative activity of the brain. An interdisciplinary approach. Univ. Chicago Press, Chicago, . (1967)

²⁰² Menționat de Socrate și citat de Platon în Griton și Fedra 92014)

²⁰³ Robert Van Gulick Consciousness Stanford Encyclopedia of Philosophy <http://plato.stanford.edu/entries/consciousness/> 2014

²⁰⁴ Tononi, G.. Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. Biological Bulletin 215: 216–42. (2008)

²⁰⁵ Descartes Renati Principia Philosophiae Ed L Elzevirium Amsterdam 1644



Fig. 74 Demonul metacibernetic

Ipoteza demonului metacibernetic explică și conștientizarea unicității și identității noastre (self-ului) în planul **mintal** (Eul (Self)) este reprezentat (conștientizat) drept subiectul care trăiește și memorează toate senzațiile și percepțiile, care gândește, ia decizii și acționează, care experimentează toate stările emotive (pozitive și negative) care definește identitatea fiecăruia. Eul este conștientizarea cognitivă, în propria sa conștiință, a fiecărui exemplar uman în stare de veghe sau vis. Este, conștientizarea unui Eu persistent, a trăsăturilor sale de personalitate, a identității sale. Eul nostru subiectiv este un obiect al introspecției fără substrat material. *El poate fi echivalat cu demonul metacibernetic* din modelul propus care este conformă cu modelul dualist, cartezian al Eului și conștiinței umane. De aceea self-ul nu este computabil și nu poate fi interpretat cibernetic.

Conștientizarea unității și identității noastre corporale este altă problemă. Ea este realizată prin formarea **imaginii noastre corporale**. Nu trebuie confundată conștientizarea Eului nostru subiectiv cu imaginea corpului nostru. Imaginea corpului nostru este bazată pe o sinteză multisenzorială a senzațiilor proprioceptive (de la mușchi, tendoane, articulații, fascii și aponevroze) cu cele vizuale și cutanate exteroceptive. Sinteza proprioceptivă este efectuată la nivelul talamusului (cum o dovedesc simptomele produse de leziunile acestei formațiuni așa numitul sindrom Dejerine și Roussy²⁰⁶) iar sinteza generală este efectuată de cortexul cerebral parietotemporal și prefrontal. Este vorba de creierea unui model computațional al corpului nostru în rețelele neuronale talamocorticale la care contribuie mult ariile parietale (3, 1, 2 Brodmann) unde se află aria primară a sensibilității generale cu somatotopia sa stabilită de Penfield (Homunculusul senzitiv) în scoarță. Mai există un homunculus stabilit de Dusser de Barenne și Sager la nivelul talamusului.

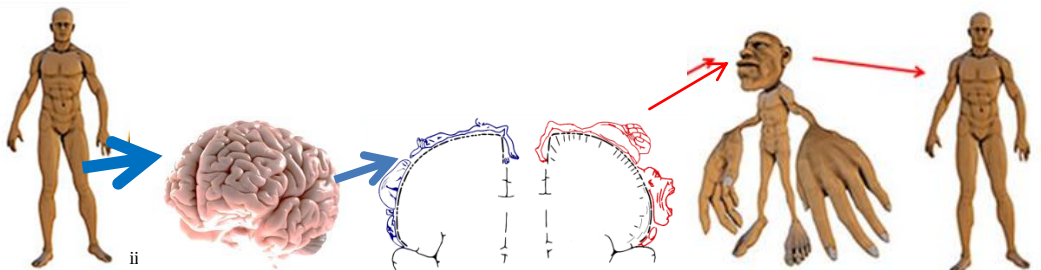


Fig 75 Problema homunculusului

²⁰⁶ A nu se confunda identitatea corporală neurobiologică cu cea imunologică (selful imunologic) Burnet, F. M., , The Clonal Selection Theory of Acquired Immunity, Vanderbilt University Press Nashville: (1959)

Formarea imaginii corporale mentale este o problemă de geometrie complicată pe care rețelele neuronale o rezolvă. Imaginea corporală mentală unică se formează prin juxtapunerea celor două imagini a hemicorpurilor drept și stâng care se procesează separat fiecare în câte o emisferă cerebrală. Pe de altă parte imaginile respective nu sunt topografice ci topologice; dimensiunile relative ale diferitelor segmente sunt foarte diferite de cele reale. Aceste diferențe provin din faptul că dimensiunile respective depind nu de dimensiunile corpului ci de volumul de informații ce vine de la segmentele corporale diferite. Este problema homunculusului lui Penfield.

Problema este și mai complexă deoarece la om imaginea proprioceptivă a corpului nostru se „combina” cu percepțiile vizuale provenite din contemplarea directă a acestei imagini dar și în *oglinză*.

Recunoașterea *imaginii din oglindă* este o problemă neurocibernetică complicată pe care creierul de *Homosapiens* o rezolvă. Este vorba de trecerea testului la oglindă a lui Gordon Galup (1970)²⁰⁷

Nu trebuie să confundăm selful mintal cu cel imunologic potrivit căruia celulele acestui sistem recunosc celulele și toate componentele corpului cărora le aparțin și le deosebesc de orice lementbstre.

O problemă dificilă este faptul că deși avem *două emisfere* care au funcții diferite, avem o reprezentare unică a noastră. Fluxul conștiinței este unic. Toate realitățile le raportăm la un eu unic. Experiențele și constatările clinice în legătură cu cazurile de „split brain”²⁰⁸ (creier despicat) prin secționarea corpului calos demonstrează clar că emisferele cerebrale au fiecare activitatea ei.

„Colaborarea” celor două emisfere este o problemă de neurobiologie, de neurologie și de neurocibernetică încă nerezolvată. Corpul calos nu este singura legătură dintre cele două emisfere. Mai sunt comisurile subcorticeale ca trigonul, comisura albă anterioară, comisura albă posterioară, comisura interhabenulară, comisura lui Meynert, comisura lui Gudden. Din punct de vedere anatomic problema nu este dificilă, dar din punct de vedere operațional este încă obscură. Penfield – cum am mai spus – considera că unicitatea eului nostru și a conștiinței noastre este realizată subcortical de trunchiul cerebral hipotalamus și talamus, de ceea ce el a numit complexul centrencefalic. Soluția lui nu este însă acceptabilă.

Demonul metacibernetice nu ia contact direct cu realitățile lumii ci indirect prin sistemul nervos.

Demonul (conștiința noastră) nu „cunoaște” lumea și realitățile ei așa cum sunt ci așa **cum îi sunt transmise codificate de rețelele neuronale**.

La rândul lui el le codifică realizând reprezentări sale

Unele molecule le percepe drept mirosuri, altele drept gusturi, undele electromagnetice în funcție de frecvența lor le identifică drept culori ș.a.m.d. În *Univers* însă nu există dureri, culori, acorduri muzicale, gusturi sau parfumuri.

În conștiință, realitatea se regăsește **exprimată prin codificări, redusă și simplificată, grație intervenției atenției, și perturbată de diferite zgomote (ca orice sistem informațional real)**.

Simplificarea cea mai reprezentativă se observă pentru spațiu. Spațiul real este neeuclidian, multidimensional (potrivit teoriei corzilor în unele modele ajunge la 26 dimensiuni), curb și finit (ovoid sau hiperboloid). Spațiul conștientizat de om este euclidian, tridimensional și infinit.

²⁰⁷ Animalele care își recunosc corpul în oglindă sunt puține: cimpanzeii, urangutanii, delfinii, elefanții, corbii, gaițele și papalii cenușii.

²⁰⁸ Sperry, R. W. Cerebral Organization and Behavior: The split brain behaves in many respects like two separate brains, providing new research possibilities". Science 133 (3466): 1749–1757. (1961).

Aceasta este un aspect a ceea ce a fost numit de Chalmers, „The hard probleme of consciousness” Este o problemă de filozofie dar și de cibernetică nerezolvată

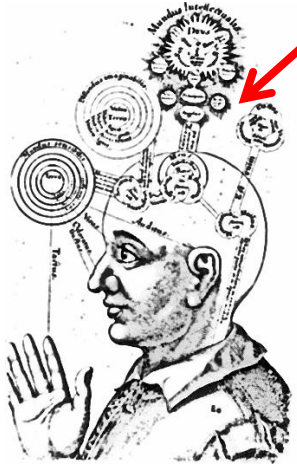


Fig 71 Imaginea lui R Fludd²⁰⁹

În istoria spirituală a omenirii un aspect important este *comunicarea omului cu Dumnezeu sau cu lumea transcedentală*. Cei ce se cufundă în meditații, misticii care au trăit contactul cu Divinitatea, sau chiar cei care se roagă în gând lui Dumnezeu toți stabilesc într-un mod sau altul o legătură informațională cu realități din lumea de dincolo. Neurobiologia nu poate explica acest lucru deoarece organismul nostru nu are receptori în transcendent și nici un canal de comunicare cu această lume. Nici neurocibernetica nu poate rezolva această problemă de comunicare de informații între mintea umană și lumea spirituală. Problema este foarte veche. Robert Fludd a dat în secolul XVII o rezolvare de tip informațional problemei acesteia pe care a prezentat-o printr-o celebră gravură în care a imaginat un canal de comunicare între minte (plasată în creier) și lumea spirituală, canal care iese din encefal și se ridică străbătând craniul la nivelul vertexului.²¹⁰ Evident că o astfel de soluție nu este acceptabilă. Singura rezolvare e să se imagineze comunicări prin altfel de sisteme de comunicare între demonul metacibernetice și lumea spirituală, sisteme care scapă investigației științifice. Imaginea lui Fludd este interesantă deoarece prezintă legăturile minții (mens) cu transcendentul, cu lumea reală, cu lumea imaginară și cu memoria ca pe niște canale de comunicare.

7.5 Visele

Visele sunt o enigmă pentru neurobiologi, psihologi dar și pentru filosofi. Este vorba de o altă formă de activitate conștientă (**conștienta onirică**). Ele sunt *manifestări pur subiective* care nu au nici un echivalent în lumea reală. Ca și conștienta din starea de veghe, conștienta onirică este subiectivă și solipsistă. Sunt trăiri complexe predominant vizuale dar în cursul cărora pot fi și alte manifestări senzitiv-senzoriale care nu își au sursa la nivelul receptorilor ci provin din banca de date a nevraxului. Sunt o formă particulară de eforturi și procesări care se produc automat. Ele se înfățișează sub forma unor adevărate clipuri sau filme de foarte scurt metraj în care se succed imagini vizuale colorate.

²⁰⁹ Robert Fludd: *Utriusque cosmimaioris scilicet et minoris metaphysica, physica atque technica historia*. Oppenheim, (1619.)

²¹⁰ Acest canal din vertex a fost interpretat ca un axis mundi.

sau în alb-negru uneori cu detalii regizorale foarte amănunțite, alte senzații, idei evenimente, luări de decizii, dialoguri toate cu o încărcătură emoțională uneori foarte intensă ca în coșmaruri. Aceste minispectacole sau trăiri sunt construite artificiale realizate de rețelele de neuroni din enramele la care au acces pe care le iau ca atare sau iau fragmente din ele (după ce le-au detașat din ansamblurile existente) și le recombina. Organizarea lor logică este de obicei dar nu totdeauna incoerentă și de multe ori au un caracter fantastic. Visele presupun realizarea unor scenarii creiere sau evocarea unor personaje, obiecte, peisagii, animale etc. În jurul unui fir anecdotic uneori cu totul aberant. Această activitate subiectivă durează între 15 și 30 de minute și se repetă regulat la circa 90 minute potrivit ritmului ultradian care asigură apariția regulată a somnului REM în cursul stării de somn. Pentru ca lucrurile să fie și mai complicate visele mai pot apărea și în cursul somnului lent (vise non-REM). Toate aceste construcții se realizează în rețelele și circuitele din etajele superioare ale sistemului nervos când procesarea semnalelor de la receptori este blocată. Ele sunt expresia unor procesări informaționale interne automate. Memorarea lor este parțială. Cea mai mare parte nu sunt memorate și o mare parte sunt memorate numai în memoria volatilă (de scurtă durată). Un om visează aproximativ de 4 ori câte 10-15 minute pe noapte (Cu alte cuvinte 40-60 minute pe zi). Aceasta înseamnă că un om de 70 de ani a visat circa 2-3 ani.

Visele nu sunt importante numai prin durata și regularitatea lor. Visele (ca și somnul REM) trebuie să aibă un anumit rol.²¹¹

Nu există nici un consens cu privire la acest rol și sunt autori care consideră visele un produs colateral ce apare fără de nici un scop ca un epifenomen al unor procese din hardware-ul cerebral (de ordin metabolic) sau din software. Considerăm că aspectul destul de complicat al viselor cu structura lor de microfilm regizat uneori cu amănunte extraordinare necesită un efort informațional mare. E puțin probabil ca acest efort să nu aibă o finalitate care pentru moment ne scapă.

Este probabil vorba de o activitate de reorganizare și curățare a informațiilor stocate. E posibil să fie vorba și de transferul unor informații din memoria scurtă sau memoria procedurală în memoria de lungă durată. M. Juvet²¹² crede că în timpul viselor au loc interferențe între informațiile evenimentelor trăite și programele genetice din rețelele neuronale. Majoritatea euro-ciberneticienilor consideră că visele sunt corelate cu evenimente ce au loc la nivelul stocurilor de informații (engrame etc.) și care sunt apoi procesate de etajele superioare ale creierului cu participarea structurilor limbice ca amigdala (ceea ce explică conținutul emoțional al viselor) și cu hipocampusul (ceea ce explică relațiile cu procesele memorice). În mod surprinzător privirea instrumentală sau

²¹¹Jerome Siegel: REM sleep, Functions of <http://www.npi.ucla.edu/sleepresearch/en507/en507.pdf> (2003)

farmacologică de vise dă tulburări mici Uneori apar halucinații De obicei apare un rebound la nivelul producerii de somn REM (M Juvet)²¹³ Se mai produc anxietate, iritabilitate, tulburări de memorie, de atenție și de comportament și chiar alterări ale motilității și echilibrului Lipsa de somn REM în cazul somnului indus de barbiturice nu antrenează nici o tulburare²¹⁴ Visele sunt încă o enigmă pentru neurobiologi și neurociberneticieni

7.6 Inconștientul

Unul din misterele creierului este că cea mai mare parte a activității sale nu se conștientizează

Existența unei activități a sistemului nervos care **nu se conștientizează** este certă Am amintit deja marea diferență dintre fluxul informațiilor conștiente (maximum 200 biți/sec) și cel al informațiilor ce pătrund (10^9 biți/sec) sau ies (10^7 biți/sec) din sistemul nervos E vorba de toate activitățile ce au loc în encefal și pe care niciodată nu le conștientizăm Nimeni de ex nu conștientizează activitatea de coordonare a cerebelului sau cea a hipotalamusului de a menține homeostazia fiziologică Figura 7 demonstrează clar cele de mai sus

Problema inițiată de filosofi (Schelling, Nietzsche, Schopenhauer, Coleridge ș.a.) este dacă există o *activitate cognitivă* care are loc în *afara conștienței* și bine înțeles dacă această activitate inconștientă poate influența activitatea conștientă sau comportamentul uman Problema este dificilă deoarece prin introspecție nu poți explora decât activitatea conștientă și nu pe cea inconștientă iar aceasta nu se exprimă în exterior

Existența unei *activități cognitive inconștiente* este sugerată de cazurile relatate potrivit cărora rezolvarea unor probleme se realizează câte odată în afara conștienței și soluția apare dintr-odată, chiar uneori ca o surpriză în conștiență (fenomenul Evrika) Este un fenomen trăit de mulți

Pe de altă parte știm din experiența noastră și a altora că adesea căutând uneori cu eforturi și inutil să ne amintim un nume, după ce am abandonat orice încercare la un moment dintr-odată numele respectiv țâșnește în conștiență Nu vorbesc de cei care au adormit căutând să rezolve o problemă și care când s-au trezit au găsit imediat soluționarea terminată Se menționează procesări automate (fără de o intervenție conștientă) de informații^{215,216} de tip cognitiv și de unele învățări procedurale

De asemenea considerăm că **intuiția** prin care se rezolvă probleme fără de intervenția unor procese cognitive sau decizionale conștiente, are de multe ori la baza ei o activitate cognitivă inconștientă

²¹³ Juvet M. Lereve L. recherche 1996 http://sommeil.univ-lyon1.fr/articles/juvet/la_recherche/privation.php

²¹⁴ Aecanes XVI (fără autor) <https://arcanexvii.wordpress.com/physiologie-du-reve/>

²¹⁵ Hasher L., Zacks R.T. Automatic processing of fundamental information: the case of frequency of occurrence Am Psychol 39 (12): 1372–88. (1984)

²¹⁶ Augusto, L.M. Unconscious knowledge: A survey. Advances in Cognitive Psychology 6: 116–141. (2010).

Activitatea inconștientă poate genera și tensiuni afective care apar fără de nici o explicație dar care la o analiză atentă se constată că pot fi determinate de procese cognitive ce au loc inconștient. De aceea psihologia modernă admite existența unui creier inconștient activ care are o activitate cognitivă, ia decizii, rezolvă probleme²¹⁷ sau creează. Câte o dată deciziile luate inconștient sunt mai bune decât cele luate conștient²¹⁸. Creierul inconștient - după unii autori – este capabil să proceseze concomitent consecințele mai multor luări de decizii în timp ce creierul conștient nu poate procesa decât consecințele uneia sau a două decizii²¹⁹. Oamenii înregistrează automat și inconștient date care nu au trecut prin câmpul conștienței (Augusto²²⁰). Datele par să sugereze că în lipsa monitorizării demonului metacibernetice creierul este mai activ. Aceste procesări cognitive inconștiente se realizează desigur prin mecanisme similare cu cele ale activității cognitive conștiente. Faptul că nu apar în câmpul conștienței este o altă problemă care nu poate fi soluționată atâta vreme cât nu avem un model cibernetic privind conștiența.

Putem spune că demonul metacibernetice este influențat de tumultul informațional din creierul inconștient. Unele decizii, unele tensiuni emoționale și poate și visele sunt expresia acestei influențe.

Datele pe care le avem despre conștiență, despre emotivitate și despre inconștient nu ne permit să stabilim un model cibernetic consistent al activității psihice inconștiente a encefalului.

Nu am luat în considerare modelele psihanalitice deoarece au un caracter empiric și speculativ care nu îngăduie interpretarea lor cibernetică.

8. Interfețe creier-mașină

Una din aplicațiile importante ale ciberneticei a fost creierea de dispozitive informaționale artificiale care comunică direct cu rețele neurale naturale, dispozitive denumite **interfețe creier-mașină**²²¹. Astfel de dispozitive au început să se dezvolte începând din anii 70²²².

Electroencefalografia descoperită de H. Berger în 1917 este un prim exemplu important de cuplu creier-mașină.

²¹⁷Dijksterhuis A. Think different: the merits of unconscious thought in preference development and decision making. *Journal of Personality and Social Psychology* 87 (5): 586–98. A (2004).

²¹⁸González-Vallejo, C., Lassiter, G. D., Bellezza, F. S., & Lindberg, M. J. "Save angels perhaps: A critical examination of the deliberation-without-attention effect." *Review of General Psychology*, 12(3), 282–296. (2008).

²¹⁹Cleeremans A. The Radical Plasticity Thesis: How the Brain Learns to be Conscious. *Frontiers in Psychology* 2: 86. 2011. (2011).

²²⁰Augusto, L.M. loc citat

²²¹Semai numesc brain-computer interface (BCI), -machine interface (MMI), direct neural interface (DNI), sau brain-machine interface (BMI),

²²²Vidal, J. J. Toward direct brain-computer communication. *Annual review of biophysics and bioengineering* 2 (1): 157–80. (1973).

Cele mai interesante din punct de vedere teoretic sunt interfețele între dispozitive electronice și **culturi de neuroni**. Se realizează culturi de neuroni într-un recipient de laborator. Neuronii se interconectează spontan și construiesc o rețea naturală care apoi se pune în contact cu o rețea artificială creându-se astfel o rețea hibridă. Sunt construcții pentru studii experimentale asupra aptitudinilor rețelelor de neuroni de a opera calcule și/sau de a fi instruite²²³.

Au fost realizate legături directe între populații neuronale (in situ) din cortex sau unele formațiuni mai profunde cu dispozitive informaționale care au permis decodarea activităților neuronilor izolați sau în grupuri operaționale. Un dispozitiv de legătură eficient este cel numit „Brain gate” care dispune de circa 100 de microelectrozi. Rezultatele au elucidat în special activitățile neuronilor corticali la animale și oameni. Astfel de implantări de electrozi în substanța cenușie a cortexului uman au îngăduit studii noi asupra cortexului vizual și motor. Pentru a evita apariția unor cicatrici s-a recurs la contacte parțial invazive și non-invazive care numai traumatizează țesutul nervos.

Aceste cercetări au dus și la realizarea unor proteze care utilizează semnalele neuronale pentru a comanda motilitatea membrilor paralizați pentru a permite bolnavilor nevorbitori să comunice prin computere și să permită nevăzătorilor să se orienteze²²⁴.

Este vorba de un domeniu nou în plină dezvoltare care va permite noi descifrări ale activităților neuronale dar și creierea unei clase noi de proteze.

La ora actuală există fonduri mari investite în companii puternice pentru dezvoltarea domeniului interfețelor creier-mașină.

²²³Thomas DeMarse, 'Brain' In A Dish Acts As Autopilot, Living Computer University Of Florida 2004 <http://www.wireheading.com/misc/artificial-brain.html> (2004)

²²⁴Jonathan Wolpaw, Elizabeth Winter Wolpaw (Hrsg): Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice. Oxford Univ. Press, (2012)