

# MODELARE PERCEPTUALĂ DIN PERSPECTIVĂ TELEOLOGICĂ - IMPLICAȚII ÎN DEZVOLTAREA AGENȚILOR INTELIGENȚI AUTONOMI

**Bogdan Enciu**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

enciu@ici.ro

*“Non potevo affrontare facendo un  
merchandise della mia mente.”*

Petrarca

**Rezumat:** Articolul prezintă unele dintre rezultatele dezvoltării unor idei exprimate în [4] concretizate sub forma unui model conceptual care s-a dorit să constituie un suport pentru implementarea și testarea unor aplicații care să pună în evidență aspecte caracteristice percepției utilizând în acest scop un complex de metode, tehnici și algoritmi. Contextul însă nu a permis o astfel de implementare deși analiza unor componente structurale ale modelului a fost realizată până la nivelul la care poate fi pusă sub formă de proiect, componentele putând fi implementate pentru o anumită aplicație. Sunt descrise, ca elemente care stau la baza modelului, o serie de fundamente cognitive și, pentru a consolida punctul de vedere, și argumente logico-filosofice. Cercetarea a fost făcută în mod independent nu de dragul originalității, ci pentru a ajunge la o înțelegere proprie bazată pe o anumită viziune cognitivă. Este descris un modul semnificativ pentru a cărei implementare sunt prezentate două posibile abordări.

**Cuvinte cheie:** percepție, model, teleologie, acțiune, agenți autonomi, învățare automată.

**Abstract:** This article presents some of the results of the development of ideas expressed in [4] materialized as a conceptual model that was meant to be a support for the implementation and testing of applications that highlight specific aspects of perception using for this purpose a set of methods, techniques and algorithms. The context did not allow such an implementation although the analysis of certain structural components of the model was performed to the level that can be developed in project form and then the components can be implemented for a particular application. A series of cognitive foundations are described as elements underlying the model, and to strengthen the point of view, also logical and philosophical arguments. The research was done independently not for originality but to reach an understanding based on a certain cognitive vision. It describes a significant module and for its implementation two possible approaches are presented.

**Keywords:** perception, model, teleology, action, autonomous agents, machine learning.

## 1. Problematica

Similar agenților umani care i-au gândit, proiectat și realizat, agenții artificiali inteligenți, și în special cei autonomi, înmagazinează și prelucrează informații, formează și utilizează concepte și rezolvă probleme, în principal urmărind realizarea unui scop.

Problema privind modul în care este mintea umană, pentru a cunoaște așa cum o face, a fost și este încă o provocare. Dar înainte de această problemă se ridică o întrebare fundamentală, și anume, cum este posibilă cunoașterea în general și de ce, având în vedere contextul de ansamblu al materiei și al istoriei evoluționiste încât s-a ajuns la diferite forme de cunoaștere [1].

Procesele cognitive implică percepția. Unii cercetători, precum Gregory, au definit-o ca fiind un proces de formare a ipotezelor referitoare la ceea ce ne spun simțurile. Dar tot Gregory a afirmat că percepția nu este determinată, exclusiv, de caracteristicile stimulilor, ci este mai degrabă o căutare dinamică a celei mai bune interpretări a informațiilor disponibile [1]. O astfel de interpretare poate constitui expresia flexibilității percepției în sensul în care învățarea/formarea noilor concepte are loc pe baza sau sub influența conceptelor deja învățate.

La organismele mai puțin evolute, categorizarea, ca sarcină informațională care mediază între producție și utilizare, este realizată prin alinierea reflexelor comportamentale cu stimulii senzoriali care ating valori de control pre-stabilite. Dar libertatea de utilizare, de gândire și de vorbire, cu precădere, este permisă de conceptualizare. Conceptualizarea implică identificarea semantică a tipurilor de obiecte, de stări și fenomene. Rezultatele studiilor, în special din domeniul psihologiei, indică existența anumitor mecanisme prin care se realizează conceptualizarea și teoriile la care aceste studii au condus încearcă să le explice.

În altă ordine de idei, urmărind realizarea unui scop, organismele (cu atât mai evident cele evaluate) se orientează în mediu fiind atente la aspectele esențiale care asigură atingerea scopului, și nu atât ca răspuns la stimuli, cât mai ales la primate, ca rezultat aparent al unor deliberări (rezultat caracterizat ca intenție, o explicare teleologică a acțiunilor acestora constând în scoaterea în evidență a obiectului intenției). Luând ca exemplu vederea, ca element principal determinant al percepției, aceasta este implicată în orientarea imediată în mediu, dar și în crearea de reprezentări utilizate în deliberări prin care se urmărește realizarea unui anumit scop.

În general, considerând aspectul exterior al unei activități, acesta prezintă o serie de faze (prin succesiunea acțiunilor executate) a căror subordonare față de o (aceeași) intenție a agentului (și nu legătura cauzală dintre faze) constituie unitatea aspectului exterior. Dacă aspectul exterior al unei activități prezintă faze corelate în mod cauzal, se poate distinge una dintre acestea ca fiind obiectul intenției agentului.

Din punct de vedere tehnologic, în cadrul inteligenței artificiale și al învățării automate s-au dezvoltat o serie de metode și algoritmi de învățare și recunoaștere a conceptelor (prin concept înțelegând, în sens larg, și forme, obiecte, sunete etc.). În legătură cu vederea artificială există o multitudine de abordări, transformări Fourier, analiza zgomotului, a eroziunilor și dilatărilor, aplicarea de convoluții și deconvoluții, segmentarea imaginilor, recunoașterea texturii și a obiectelor, toate acestea permițând o analiză specifică a imaginilor sau a căutării anumitor caracteristici în imagini, în raport cu scopul urmărit. Dorința și necesitatea de a crea agenți inteligenți autonomi a constituit o puternică provocare pentru modelarea perceptuală și, implicit, pentru utilizarea tehnicilor de învățare și recunoaștere automată.

## 2. Fundamente cognitive și argumente logico-filosofice

Cercetarea problematicii și elaborarea modelului au pornit de la studiile în domeniul științei cognitive prezentate în [1]. Ideea de ghidare către scop este evidențiată de pe poziția biologiei, ale cărei descoperiri la nivelul compușilor macromoleculari organici complecși au stabilit existența unui program genetic care urmărește menținerea stabilității genetice și replicarea organismelor. La rândul ei, ghidarea către scop poate explica, și explică, funcționarea procesului cognitiv.

Un argument în acest demers l-a constituit și faptul că pentru Aristotel, și mai târziu pentru Hegel, explicația constă în a face fenomenele teleologic inteligibile mai degrabă decât predictibile prin cunoașterea cauzelor lor eficiente, ideea de lege fiind ideea de conexiune internă ce trebuie sesizată prin înțelegere reflexivă și nicidecum prin generalizarea inductivă stabilită prin observație și experiment [6].

Vom considera și un aspect de natură neurologică, și anume, problema preeminenței mâinii drepte, problemă cu implicații studiate sub multiple aspecte și în diverse domenii [3]. Această problemă este determinată de dezvoltarea superioară a emisferei stângi a creierului uman și, după cum s-a stabilit, fiecare emisferă controlează jumătatea din corp opusă ei. De asemenea, s-a stabilit că fiecare emisferă este responsabilă de anumite "capacități" manifestate de ființa umană. Astfel, capacitățile de limbaj și raționament/logică sunt determinate de emisfera stângă, iar capacitățile de intuiție și emoții/sentimente sunt determinate de emisfera dreaptă. Faptul că majoritatea covârșitoare a ființelor umane utilizează cu precădere mâna dreaptă demonstrează "superioritatea" emisferei stângi. Astfel, putem considera că acțiunile ființei umane sunt rezultatul mai degrabă al unui proces rațional, logic, reflexiv, căutând și/sau urmărind un scop, decât al unui empirism. Evident, s-ar putea contra-argumenta, inclusiv prin faptul că la animale (alt tip de agenți) cele două emisfere se află în echilibru. Dar și acest posibil contra-argument apare, de fapt, ca un argument în favoarea unei viziuni teleologice.

Atât activitatea cât și re-activitatea unui agent pot fi considerate ca având un scop, re-activitatea putând avea ca scop supraviețuirea agentului în mediu. Un agent fără cunoștințe nu poate desfășura o acțiune/activitate care să aibă o anumită finalitate dorită/urmărită. Activitatea însăși este condusă/orientată de scopul urmărit/impus. Dar la rândul său, și procesul de cunoaștere poate să fie și chiar este influențat de orientarea către scop. Astfel, mulțimea interacțiunilor (ca transformări informaționale) dintre agent și mediu este captată într-un mod specific de procesul de

orientare către scop. Orice informație materială din mediu, indiferent de tipul ei, este supusă unui proces de transformare funcțională devenind astfel o informație funcțională care poate fi utilă în orientarea teleologică [1]. În acest sens, agentul trebuie să urmărească și să analizeze mediul, considerat ca spațiu informațional.

De mare importanță pentru explicarea și înțelegerea acțiunii unui agent este ideea aristotelică a silogismului practic, în care intervin și percepția și cunoașterea agentului. O formulare generală, care consideră și elementul timp, a raționamentului practic este următoarea [6]:

De acum agentul intenționează să cauzeze  $p$  în momentul  $t$ .

De acum agentul consideră că, dacă nu face  $a$  nu mai târziu decât în momentul  $t'$ , nu va putea cauza  $p$  în momentul  $t$ .

Deci, nu mai târziu decât atunci când crede că momentul  $t'$  a sosit, agentul se apucă să facă  $a$ , dacă nu uită de timp și dacă nu este împiedicat.

Această formulare, cu caracter dinamic, este utilizată pentru rezolvarea multor probleme în care nu se pot stabili elementele necesare și suficiente pentru a cauza  $p$  ci doar condiții sub care  $p$  poate fi cauzat. Cunoașterea, conținută în premisa minoră, indică faptul că acțiunea  $a$  este o condiție necesară, nu și suficientă cauzării lui  $p$ , astfel, problema este pusă în termenii relațiilor de condiționare. Trebuie subliniat faptul că premisele unui silogism practic nu implică cu necesitate logică un anumit comportament. Când are drept rezultat o acțiune efectivă, silogismul este 'practic', nu o parte a unei demonstrații logice. Doar atunci când acțiunea s-a realizat și se încearcă explicarea acesteia prin construirea unui argument practic, se poate aduce un argument decisiv din punct de vedere logic. Astfel, acțiunile unui agent (atunci când apar) pot avea cauze humeene, dar acest lucru nu poate fi dovedit 'a priori' ca fiind adevărat [6]. Scopul (ca intenție) ar putea fi considerat "cauză" a comportamentului dar nu se poate spune că acțiunile unui agent sunt explicate doar prin simplul fapt că au urmărit un scop. Oricum, pentru agenți artificiali este un mod convenabil de a descrie comportamentul printr-un limbaj intenționalist (acționalist).

Putem pune în evidență percepția, cunoașterea și atenția agentului descriind raționamentul practic astfel:

Într-un anumit context perceput ca atare (de acum), agentul urmărește un scop (să cauzeze  $p$  în momentul  $t$ ).

În acest context perceput ca atare (de acum) agentul cunoaște (în mod necesar, nu și suficient) că, dacă nu face  $a$  nu mai târziu decât în momentul  $t'$ , nu va putea cauza  $p$  în momentul  $t$ .

Deci, în condițiile persistenței percepției și pe baza a ceea ce cunoaște (nu mai târziu decât atunci când crede că momentul  $t'$  a sosit), agentul se apucă să facă  $a$ , dacă percepția persistă fiind atent (nu uită de timp) și dacă nu este împiedicat.

Revenind la problematica cognitivă, unii cercetători în domeniu (precum Gibson) au considerat percepția ca având funcția primară de ghidare a acțiunilor în sensul că reflexele constituie nivelul primitiv la care trebuie reduse funcțiile cognitive, în timp ce alții (precum Fodor) au considerat că percepția este corelată cu comportamentul numai prin intermediul unor interacțiuni între opinie și utilități, printr-o decizie cu caracter teoretic. Percepția apare ca având două sarcini informaționale, una de orientare a agentului în mediu și a comportamentului agentului către scop prin urmărirea obiectelor și evenimentelor din mediu și alta de codificare a intrărilor în așa fel încât să constituie o bază pentru formarea judecăților și opiniilor despre mediu și în legătură cu acțiunile [1], ierarhic privind, prima la un nivel inferior, cea de a doua la un nivel superior.

Astfel, se evidențiază rolul de intermediere între producerea de informații (de la un anumit nivel) și utilizarea de informații (la un alt nivel), rol deținut de una dintre funcțiile percepției care este categorizarea. Aceasta este de natură comportamentală și de natură conceptuală (conceptualizare), o sarcină comună fiind identificarea semantică a tipurilor de obiecte și evenimente, conceptualizarea având și o altă sarcină răspunzătoare de flexibilitatea ghidării mentale [1].

Oricare dintre sarcinile percepției poate fi gândită ca o funcție de transformare informațională între două niveluri, formal  $t : I_l \rightarrow I_h$ , unde  $I_l$  reprezintă mulțimea informațiilor de la nivelul mai scăzut și  $I_h$  reprezintă mulțimea informațiilor de la nivelul mai înalt.

### 3. Un model perceptual general

Modelul este prezentat sub forma unor module funcționale (Fig.1) al căror rol reiese din reprezentare.

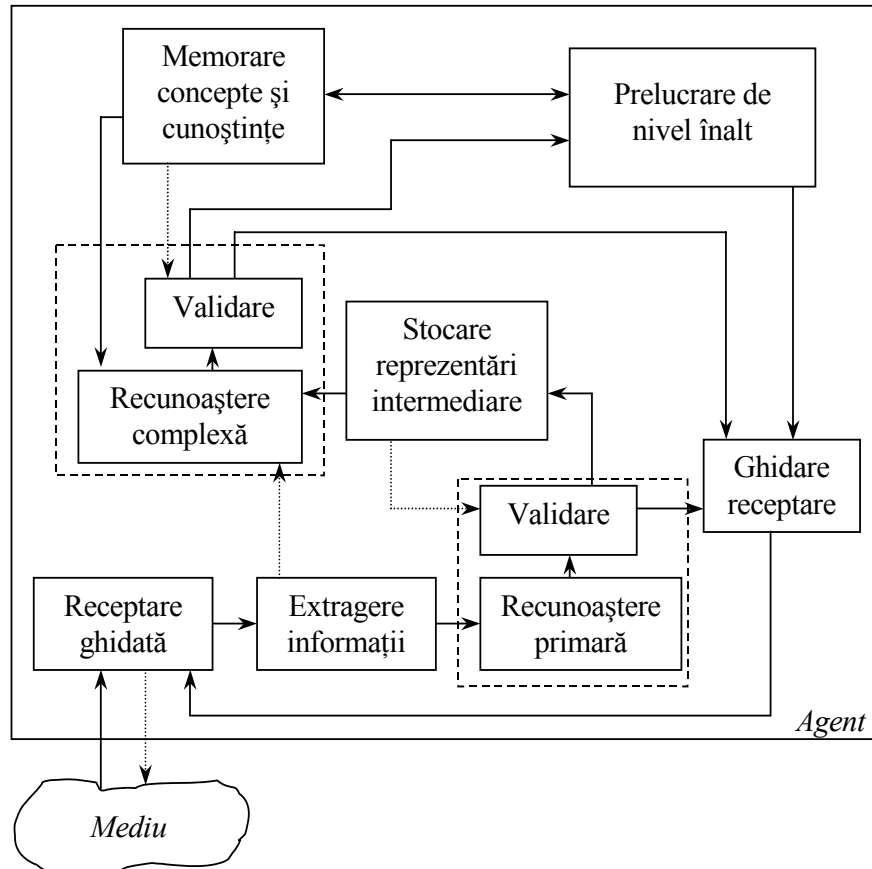


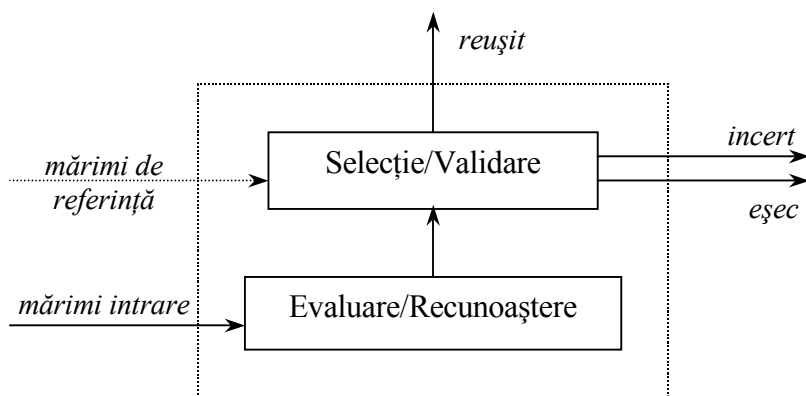
Figura 1. Model perceptual general (reprezentare funcțională)

### 4. Modulul de recunoaștere-validare – structură și implementare

Prezentăm modulul de recunoaștere-validare, acesta fiind o expresie a caracterului teleologic al modelului, precum și posibile modalități de implementare a acestuia.

Componenta de validare are funcția de a stabili dacă o mulțime de caracteristici/ mărimi (informații funcționale) aplicate unui proces de recunoaștere corespund sau nu unui anumit 'pattern', eventual, după o serie de receptări. Astfel, se poate spune dacă în urma procesului de recunoaștere, s-a reușit identificarea 'pattern'-ului (acesta fiind transferat pentru stocare sau prelucrare ulterioară), rezultatul este incert (sistemul trebuind să re-recepteze mărimile materiale din mediu) sau s-a eșuat în identificare (sistemul trebuind să re-ghideze receptarea mărimilor fizice din mediu).

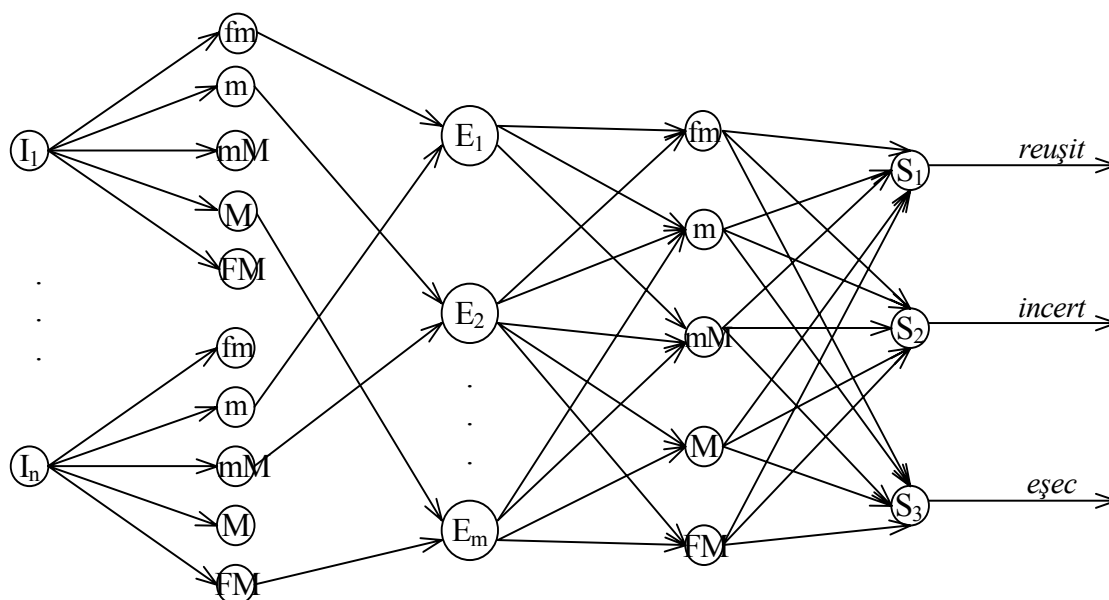
Având în vedere structura modulului și funcționalitatea componentelor, am putea reprezenta modulul (Fig.2) în termenii schemei de evaluare-selecție prezentată în [4], în care intrările/ieșirile în/din componente pot fi gradate în valori cuprinse în intervalul [0,1].



**Figura 2. Schema de validare a recunoașterii**

În cazul unei abordări individuale a fiecărei componente, se poate adapta implementarea pentru schema prezentată în [4] putându-se utiliza aceiași algoritmi pentru învățarea automată a fiecărei componente ('candidate-elimination' pentru componenta de recunoaștere și 'back-propagation' pentru componenta de validare).

Într-o abordare globală a întregului modul, o modalitate de implementare ar fi sub forma unei rețele hibride neuro-'fuzzy'. Rețelele neurale sunt eficiente în recunoașterea de 'pattern'-uri dar nu permit explicarea deciziilor pe care le iau. Sistemele 'fuzzy' pot utiliza informație imprecisă și permit oferirea unei explicații cu privire la deciziile luate dar nu pot capta reguli pe baza cărora iau decizii. Pentru a se depăși astfel de limitări individuale, s-au dezvoltat sistemele hibride [5]. Aceste sisteme, care utilizează caracteristicile particulare și avantajele oferite de fiecare dintre cele două tehnologii implicate, și-au dovedit eficacitatea în abordarea a diverse probleme cu grad ridicat de complexitate.



**Figura 3. Rețea neuro-'fuzzy' ca suport de implementare a modului de recunoaștere-validare**

Rețeaua prezentată (Fig.3) conține și o așa-numită rețea neurală logică [7]. Numărul de noduri reprezentând mulțimi 'fuzzy' poate fi diferit de cel reprezentat ca exemplu. Intrările (caracteristici/mărimi) sunt 'fuzzy'-ficate în primul strat (excluzând stratul de intrare). În stratul

următor, care are ca intrări valorile ‘fuzzy’ într-o anumită secvență (conexiunile fiind ponderate utilizând numere naturale pentru a indica secvența), se structurează premisele unor reguli prin efectuarea unor operații logice având ca variabile intrările. Ulterior are loc o evaluare într-un strat ‘fuzzy’-ficat (ale cărui intrări pot fi ponderate cu valori obținute prin funcții de distribuție a posibilităților). Ieșirile rezultate în urma evaluării sunt, la rândul lor, ponderate (ponderile fiind modificate prin antrenarea rețelei) și se aplică ultimului strat pentru a stabili ponderea stărilor de ‘reușită’, ‘incertitudine’ și ‘eșec’, acest ultim strat având trei “neuroni”. Învățarea pentru această rețea implică două aspecte: învățarea ponderilor și învățarea regulilor ‘fuzzy’.

## 5. Observații și concluzii

Existând argumente de diverse naturi pentru o abordare din perspectivă teleologică a percepției, s-a elaborat un model general în cadrul căruia există elemente de funcționalitate dedicată în acest sens. Unele sunt explicite în reprezentare, altele implicite, unele sugerate de conexiuni. A fost prezentat un modul reprezentativ și două variante de implementare pentru un ‘pattern’ general de mărimi fizice de intrare. În cazul recunoașterii din imagini, există alte modalități de implementare. Dar dacă intrările constituie caracteristici preluate dintr-o imagine (de exemplu, linii), asupra cărora se pot stabili o mulțime de reguli, implementările descrise sunt utilizabile.

Probabil că problema explicației opiniilor/intențiilor și a acțiunilor unui agent va constitui în continuare o provocare și va rămâne deschisă dezbaterilor. Bunul-simț rațional (*sensus communis*), ca rezultat al “evoluției” cognitive, înclină adesea către o explicație teleologică a comportamentului agenților. La antipod se află “*fast, cheap and out of control*” [2]. Așteptările au fost și au rămas orientate către cercetările din biologie și neurofiziologie. În ceea ce privește realizarea, pe baza a diverse concepte tehnologice, a diverși agenți/roboți inteligenți autonomi destinați unor diverse tipuri de activități, tehnologia informației și mecatronica și-au demonstrat deja posibilitățile în condițiile în care se dispune de resurse.

## BIBLIOGRAFIE

1. **BOGDAN, R. J.:** Grounds for cognition. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1994.
2. **BROOKS, R. A.; FLYNN, A. M.:** Fast, cheap and out of control: a robot invasion of the solar system. Journal of The British Interplanetary Society, vol. 42. 1989.
3. **CULIANU, I. P.:** Les gnosés dualistes d’Occident. Plon. 1990.
4. **ENCIU, B.:** Sinergia metodelor orientate-obiect cu cele de prelucrare paralelă a cunoștințelor. Universitatea “Politehnica” București. 2001.
5. **FULLÉR, R.:** Neural Fuzzy Systems. Åbo Akademi University. 1995.
6. **WRIGHT VON, G. H.:** Explanation and understanding. Cornell University Press. 1971.
7. **ZHANG, X. H.; WONG, F.; WANG, P. Z.:** Decision-Support Neural Networks and Its Applications in Financial Forecast. National University of Singapore. 1993.