

1. NOȚIUNI PRIVIND FUNCȚIILE MAȘINILOR INTELIGENTE

1.1 Mecatronica, știința mașinilor inteligente

Mecatronica este definită simplu “Știința mașinilor inteligente”. Acesta este și subtitlul revistei internaționale “Mechatronics”, începând cu primul număr din 1998.

1.1.1 Noțiunea de inteligență artificială

Etimologia acorda ființei inteligente facultatea de asociație. A fi inteligent, într-un prim sens, este deci, a putea repeta sau crea în mod liber, legături între obiecte. Aceasta este o viziune mai mult sintetică a inteligenței.

Prin extensie, astăzi se găsesc și alte conotații în acest cuvânt: rapiditate, adaptabilitate, facultatea de a analiza, aptitudinea de a învăța și de a se perfecționa.

Astfel vorbind despre inteligență pentru ființele non-umane sau pentru mașini, în mod explicit sau nu, se face numai prin referință la om. Turing a înțeles foarte bine aceasta, când a elaborat textul: “o mașină este inteligentă, dacă comportamentul său seamănă cu al omului care o poate înlocui”.

Inteligența mașinilor a fost prevăzută de multă vreme în literatură și cu mult înaintea apariției calculatoarelor, a trezit interesul oamenilor de știință. Astfel prima denumire a fost de “creier electronic” și cea de “neuroni”, pentru a desemna circuitele.

Ceea ce se numește azi inteligență artificială (I.A.), este, de altfel, departe de a fi perfect clar. Ea se dezvoltă în jurul a doi poli: informatica ca ramură a mecatronicii și științele cognitive, izvoare în același timp de convergențe și de divergențe. În mod curios, problemele cele mai dificile de rezolvat de către mașini, sunt probleme simple pentru om – a purta o discuție, a merge, a conduce o mașină.

O definiție general valabilă a inteligenței artificiale este greu de elaborat datorită punctelor de vedere diferite, corespunzând adepților inteligenței artificiale “ușoare” – în care mașina ajută la înțelegere – sau inteligenței artificiale “puternice” – când mașina este cea care înțelege.

E. Rich: “I.A. este studiul artei de a face calculatorul să facă lucruri, pentru care oamenii sunt mai buni pentru moment”.

A.Thayse: “ ..este integrarea diferitelor discipline...în vederea rezolvării problemelor complexe, care constituie obiectul a ceea ce se obișnuiește să fie numită I.A.”

Una din definițiile inteligenței artificiale, acceptate de comunitatea științifică, este cea propusă de către Marvin Minsky : “ Domeniul de cercetare vizând a face mașinile să facă ceea ce, după oameni, necesită inteligență. Nu există frontieră netă între psihologie și I.A., deoarece, creierul, este el însuși, un tip de mașină” (sau abilitatea unor structuri artificial create de om, de a îndeplini aceleași feluri de funcții ca și cele care caracterizează gândirea umană). Unii cercetători definesc inteligența artificială ca o reproducere sau duplicare a procesului uman de gândire. Odată cu avântul științei moderne, inteligența artificială s-a dezvoltat pe două mari direcții: cercetarea psihologică în domeniul gândirii umane și dezvoltarea tehnologică a sistemelor computerizate foarte sofisticate.

Inteligența artificială reprezintă o materializare a eforturilor începute în urmă cu peste patru decenii, de a face mașinile să gândească la fel de inteligent ca oamenii. Termenul este aplicat sistemelor computerizate și programelor capabile să îndeplinească funcții mult mai complexe decât programarea directă, dar încă departe de actuala gândire.

La baza mării majorități de variante de inteligență artificială stă ipoteza de interpretare a simbolurilor în conformitate cu care activitatea inteligentă poate avea loc prin simpla manipulare a simbolurilor, fără a fi necesară cunoașterea semnificațiilor acestor simboluri.

În prezent, cercetările în domeniul inteligenței artificiale includ:

Educarea mașinii

Educarea mașinii reprezintă un proces prin care un calculator învață să rezolve noi probleme. În anumite limite, mașinile pot învăța la fel ca și oamenii, prin intermediul unor exemple cu ceea ce este corect și cu ceea ce este greșit, prin compararea lor. Una din limite este reprezentată de faptul că mașinile nu cunosc ce noțiuni ar putea fi relevante pentru o anumită problemă, astfel că cei ce se ocupă de educarea computerelor trebuie să aibă grijă ca mașina să-și concentreze atenția către elementele specifice care fac distincția dintre un exemplu bun și unul rău.

O metodă de rezolvare a acestei probleme constă în alegerea cu mare atenție a exemplelor utilizate în procesul de educare astfel încât fiecare să difere de celelalte doar prin una sau două însușiri semnificative. O altă metodă de învățare ar fi ca mașinile să încerce să încadreze fiecare exemplu într-un set de șabloane sau explicații predefinite și să fie asistate de un operator uman care să le corecteze atunci când greșesc. O metodă diferită de cele de mai sus este cea în care mașina servește pur și simplu ca “aide-memoire”, ținând o evidență cu toate situațiile întâlnite, astfel ca operatorul uman să obțină mai ușor o listă cu toate cazurile

similare celui cu care se confruntă. În fine, atât în cazul algoritmilor genetici, cât și în cel al rețelelor neuronale, învățarea se realizează adaptându-se la mediul lor.

Înțelegerea limbajului

Vorbirea este alcătuită din sunete complexe, produse de aparatul vocal, constituind modul de comunicare umană cel mai important. Pentru ca un om să poată percepe vorbirea unui alt om este necesar să utilizeze cunoștințele sale despre limbajul respectiv. Pentru ca o mașină să poată percepe vorbirea este necesar ca ea să fie “învățată” în mod corespunzător, ceea ce constituie obiectul acestui domeniu al inteligenței artificiale (procesul prin care un computer este învățat să înțeleagă mesajele vorbite). De regulă, se desfășoară în două etape: prima etapă urmărește recunoașterea cuvintelor izolate, iar cea de-a doua, înțelegerea propozițiilor formate din mai multe cuvinte (recunoașterea automată a vorbirii). Atunci când sunt scrise, cuvintele sunt ușor de recunoscut. Recunoașterea cuvintelor vorbite este, în schimb, mai dificilă.

Chiar dacă mașina a înțeles cuvintele, cea mai grea sarcină este să înțeleagă semnificația mesajului din acele cuvinte. Problema constă în dotarea ei cu un minim de cunoștințe pentru a putea pricepe chiar și propoziții foarte simple.

Raționament case (case-based reasoning)

Acesta reprezintă o tehnică de inteligență artificială care se bazează pe precedent (tehnica de a învăța computerele să se folosească de cunoaștere pentru a obține o nouă cunoaștere, de exemplu prin deducție). Această tehnologie creează o bază de date pentru a descrie situațiile anterioare și înregistrează operațiunile efectuate în fiecare etapă. Când apare o nouă situație, computerul încearcă să găsească o alta, suficient de asemănătoare, în care să fie valabile aceleași operațiuni. Este dificil de definit conceptul de similaritate.

Inteligență artificială distribuită

Aceasta este o versiune de inteligență artificială care pleacă de la ideea că mai multe inteligențe mici pot face mai mult decât o inteligență mai mare. Inteligența artificială distribuită încearcă să rezolve problemele mari prin fragmentarea lor în probleme mai mici și mai simple, fiecare fragment fiind repartizat spre soluționare unui agent separat.

Această concepție schimbă prioritățile de cercetare în domeniul inteligenței artificiale. În loc să exploateze la maximum fiecare agent, inteligența artificială distribuită încearcă să

descoperire modalități pentru ca agenții specializați să-și coordoneze eforturile în direcția negocierii, colaborării și delegării de responsabilități.

Cele mai importante câmpuri de interes în dezvoltarea cercetării în domeniul inteligenței artificiale sunt: procesarea informațională, recunoașterea formelor, prelucrarea imaginilor, analiza scenelor, vederea artificială, jocurile pe calculator precum și diagnosticarea medicală.

Diferența între inteligența naturală și cea artificială

Atributele inteligenței sunt proprietățile de a raționa, de a asimila, de a obține și aplica cunoștințe, de a manipula și comunica idei, de a învăța. La om, pe lângă ceea ce întâlnim în inteligența artificială, mai apare fenomenul de conștiință. Prin conștiință se înțelege o realitate obiectivă care descrie surplusul pe care îl avem peste inteligența artificială. Astfel, inteligența naturală se deosebește de cea artificială prin influența conștiinței asupra inteligenței omului.

1.1.2 Arhitectura unei mașini inteligente

În continuare, prin *mașină* se înțelege un obiect manufacturat care interacționează cu mediul său. Pentru această interacțiune fie că ia din mediu energia necesară și o convertește în energie mecanică și căldură disipată, fie manipulează informații.

Din punct de vedere cronologic, au existat mașini simple, conduse de către un operator uman, mașini programate să se comporte într-un anumit fel, mai avansate decât primele și, în fine, mașini cu proprietăți senzoriale, cu capacitate de planificare, recunoaștere a formelor, navigare, învățare (cu disponibilități de prelucrare avansată a informațiilor), numite mașini inteligente. Acestea au posibilitatea să își modifice comportarea ca o adaptare la modificările din mediul intern și extern.

În acest context, prin inteligență se înțelege capacitatea unui sistem de a atinge un anumit scop sau de a avea o comportare dorită în condiții de incertitudine.

Sursele de incertitudine sunt reprezentate de apariția unor evenimente neașteptate și neprevăzute și de informațiile incomplete și insuficiente pentru a decide ce trebuie făcut. Mașinile inteligente, capabile să ia decizii în aceste condiții de incertitudine, se deosebesc de mașinile programate să desfășoare operații repetitive, capabile și ele de modificarea propriului comportament dar pe baza unor comenzi date de către un operator uman.

Definiția inteligenței dată mai sus se referă la un nivel de bază al acesteia; nivelele mai înalte de inteligență implementată în mașini presupun abilitatea de a învăța din interacțiunea cu mediul, de a se adapta mediului cu scopul de a atinge un anumit obiectiv, de a formula noi obiective. Inteligența înglobată într-o mașină are rolul de a îmbunătăți performanțele ei funcționale, de a face mașina mai prietenoasă cu utilizatorul și cu mediul.

Mașinile inteligente interacționează cu mediul lor prin intermediul unor intrări (informații, energie, material, acțiuni mecanică a mediului asupra mașinilor) precum și a unor ieșiri (informații, energie, acțiuni exercitate de mașini asupra mediului).

Mașinile inteligente pot opera individual sau conectate în cadrul unor sisteme. În acest ultim caz, performanțele globale ale acestor sisteme sunt mai bune decât suma performanțelor mașinilor componente. De asemenea, mașinile inteligente operează autonom, fără un control total al operatorului uman dar cu posibilitatea de a colabora cu acesta, operează în medii nestructurate, ce pot fi periculoase sau lipsite de confort. Domeniile lor de aplicabilitate sunt variate: inginerie nucleară, industrie alimentară, tehnică aero-spațială, construcții, transport, inginerie biomedicală, exploatare minereu, gaz, petrol, stingere incendii, aplicații militare, intervenții subacvatice etc.

Dintre tipurile de structuri, pentru mașinile inteligente, cea mai adecvată arhitectură este cea de tip rețea, prezentată în figura 1.

Această arhitectură răspunde setului de funcții pe care le are fiecare mașină inteligentă. Astfel, o mașină inteligentă cuprinde următoarele subsisteme de bază:

a. *Subsistemul de percepție*, care are rolul de a colecta, stoca, procesa și distribui informații despre starea actuală a mașinii și a mediului în care operează.

b. *Subsistemul de cunoaștere*, care are rolul de a evalua informațiile colectate de subsistemul de percepție și de a planifica acțiunile mașinii.

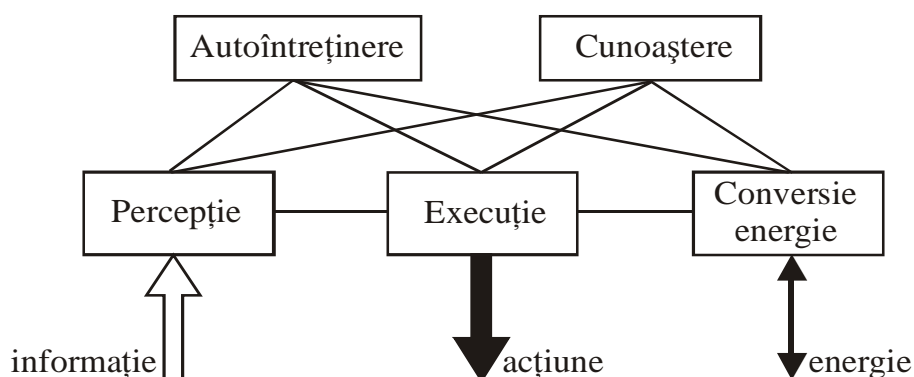


Fig. 1- Arhitectura unei mașini inteligente

c. *Subsistemul de execuție*, responsabil cu desfășurarea tuturor acțiunilor mașinii, pe baza instrucțiunilor de la celelalte două subsisteme.

Așa cum este ilustrat în figura 2, instrucțiunile primite de la subsistemul de cunoaștere determină *comportamentul planificat* iar cele de la subsistemul de percepție determină *comportamentul reactiv*. În mod obișnuit, acesta din urmă este predominant.

d. *Subsistemul de autoîntreținere* are rolul de a menține mașina în condiții bune de funcționare. Acest subsistem asigură o monitorizare intermitentă a comportării mașinii pentru a preveni eventualele defecte (autoîntreținere preventivă) sau pentru a le sesiza imediat ce apar (autodiagnostic). În cazuri particulare autoîntreținerea poate însemna chiar și autoreparare.

e. *Subsistemul de conversie a energiei* asigură cantitatea și forma de energie necesară pentru ca toate celelalte subsisteme să aibă o bună funcționare.

Componentele fizice din structura acestor subsisteme sunt: senzorii și traductorii, actuatorii, microprocesoarele, rețelele de comunicații, dispozitivele de intrare/ieșire, efectorii finali, sursele de energie etc.

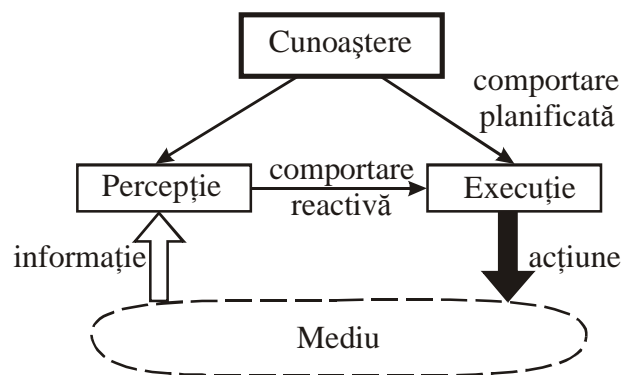


Fig. 2 - Comportament planificat și reactiv

1.2 Definirea funcțiilor de bază ale unei mașini inteligente

Având în vedere cele prezentate mai sus, în figura 3 sunt arătate funcțiile de bază ale unei mașini inteligente :

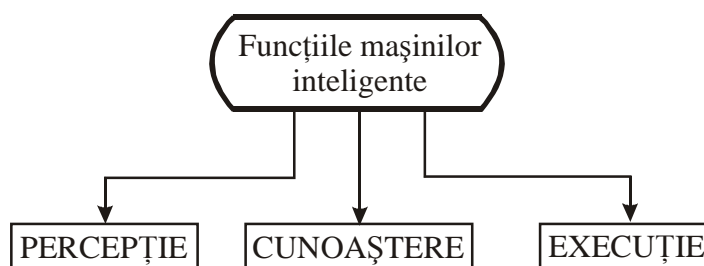


Fig. 3 - Funcțiile de bază ale unei mașini inteligente

Nu există metode generale de a determina granițele dintre percepție, cunoaștere și execuție. Aceste funcții distincte ale unei mașini inteligente nu sunt în mod obligatoriu implementate ca și componente fizice sau subansamble diferite.

1.2.1 Funcția de percepție

Funcția de percepție asigură necesarul de informații despre stadiul actual al sistemului și mediului în care operează acesta. Pentru realizarea acestei funcții se utilizează senzori, traductori și sisteme de achiziții de date. Informațiile colectate sunt organizate și pre-procesate pentru a reduce incertitudinea privind starea mașinii și a mediului.

Percepția este, în același timp, și una din funcțiile importante ale biosistemelor. Multe soluții prin care se materializează în tehnică această funcție au la bază analogia cu lumea vie.

Organismul uman este un biosistem deschis, aflat într-un permanent schimb de energie, substanțe și informații cu mediul înconjurător. Schimbul de informații cu mediul extern este realizat prin intermediul simțurilor: văzul, auzul, simțul tactil, mirosul și gustul. Omul primește informații din mediu, în proporție de 1% prin gust, 1, 5% prin simțul tactil, 3, 5% prin miros, 11% prin auz și 83% prin văz.

Pe lângă informațiile din mediul extern captate prin cele cinci simțuri amintite mai sus, organismul uman culege permanent și informații din mediul intern, referitoare la starea organismului. Capacitățile senzoriale sporesc prin combinarea informațiilor captate din interiorul și exteriorul organismului.

Recunoașterea conștientă a unui stimul ce acționează asupra organismului se numește *senzație*. Prin *percepție* se înțelege procesul de interpretare a senzației, de apreciere a caracterului senzației. Senzația este un proces elementar, pe când percepția este un proces complex care reclamă compararea, diferențierea și integrarea senzațiilor. Percepția senzorială

și senzitivă presupune convertirea informațiilor purtate de stimulii din mediul extern și intern în informații purtate de impulsuri nervoase precum și în interpretarea acestora. Prin stimul se înțelege un factor fizico-chimic din mediul extern sau intern ale unui organism care, acționând la nivelul celulelor receptoare, provoacă modificări tranzitorii și propagabile ale stării acestora. Se caracterizează prin natură (electrică, mecanică, chimică, etc.), tipul variației (continuă, alternativă, în impulsuri), intensitate, variație în timp a intensității, durată de acțiune, întindere spațială, distribuție temporală. Biosistemele obțin informații referitoare la mediul extern, la starea și funcționarea diferitelor subsisteme componente prin intermediul unor structuri specializate, numite analizor. Aceștia reprezintă structuri complexe de recepție, transmisie, prelucrare și interpretare a informației senzoriale.

1.2.2 Funcția de cunoaștere

Funcția de cunoaștere constă în a planifica și iniția acțiunile mașinii, luând în considerare informația asigurată de percepție. Cunoașterea se referă la luarea unor decizii privind acțiunile pe care le va întreprinde mașina. În orice moment de timp subsistemul de cunoaștere se află în fața unei multitudini de viitoare posibile stadii ale mașinii. Prin această funcție se alege cea evoluție a mașinii care să asigure avantaje pe termen lung (exprimate variat, ca și cheltuieli minime de material, resurse, energie, risc minim de defectare etc.) Termenul “cunoaștere” este utilizat numai pentru acele subsisteme ale mașinii care pot lua decizii în condiții variate și incerte. Un bun subsistem de cunoaștere este capabil să învețe din propria experiență și astfel să-și modifice comportarea privind luarea deciziilor.

Putem privi în continuare o analogie a unei mașini inteligente cu cea a unui biosistem uman.

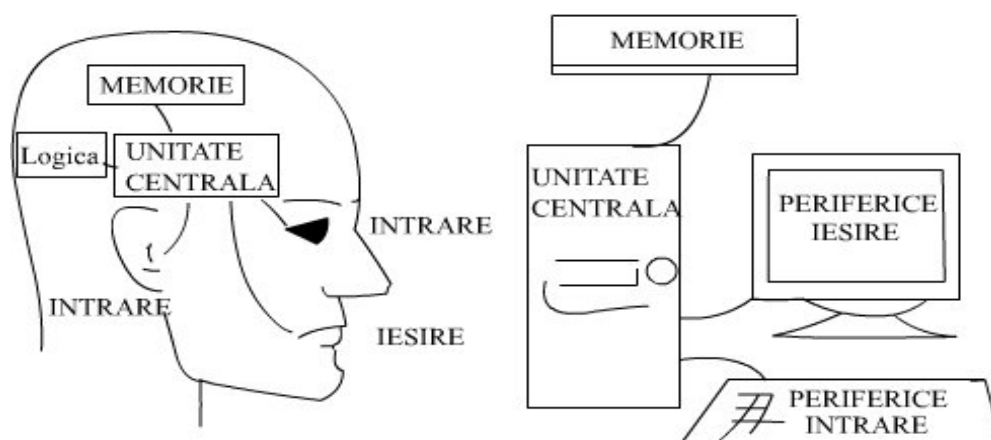


Fig. 4 - Analogia creier – computer

Calculatorul are cinci componente hard fundamentale: unitate logică aritmetică, unitate de control, memorie și echipamentele de intrare și ieșire. Această structură este similară cu cea a creierului și a sistemului senzorial uman (fig. 4).

Ochii au rolul echipamentelor de intrare, corzile vocale pe cel al dispozitivelor de ieșire iar sistemul nervos central asigură rolul de control, memorie și calcule logice. Deși creierul este structurat în același fel ca și un calculator, el este mult mai lent (computerele operează cu viteze de 1 milion de ori mai mari). Pe de altă parte, deși creierul are o viteză mai mică, el procesează informațiile simultan, în paralel, pe când majoritatea calculatoarelor îndeplinesc funcțiile secvențial, în serie.

În tabelul 1 sunt prezentate comparativ și alte caracteristici ale creierului și computerului.

Tabelul 1

Creierul uman	Computer digital
Lent	Rapid
Judecată intuitivă	Judecată deductivă
Estimare	Calcul exact
Perceptibil	Non perceptibil
Uituc	Memorie pe termen lung
Creativitate	Activitate repetitivă
Emoțional	Non emoțional
Memorie asociativă	Stocare și regăsire a datelor
Învață	Trebuie programat să învețe
Electro-chimic	Electronic

De remarcat că printre caracteristicile specifice numai creierului se află percepția, inventivitatea, gândirea abstractă, înțelepciunea, flexibilitatea, gândirea asociativă, creativă și adaptivă. Calculatoarele sunt, în schimb, mai rapide și mai exacte.

1.2.3 Funcția de execuție

Funcția de execuție constă în a iniția, controla, desfășura și încheia acțiunile mașinii, pe baza instrucțiunilor primite de la cunoaștere și de la percepție. Acțiunile mașinii constituie

interacțiunea mașinii cu mediul său. Elementele principale din structura subsistemului de execuție sunt actuatorii.

Deși actuatorii specifici aplicațiilor din mecatronică se realizează într-o mare varietate funcțională și constructivă, în general au caracteristică următoarea structură (fig. 5):

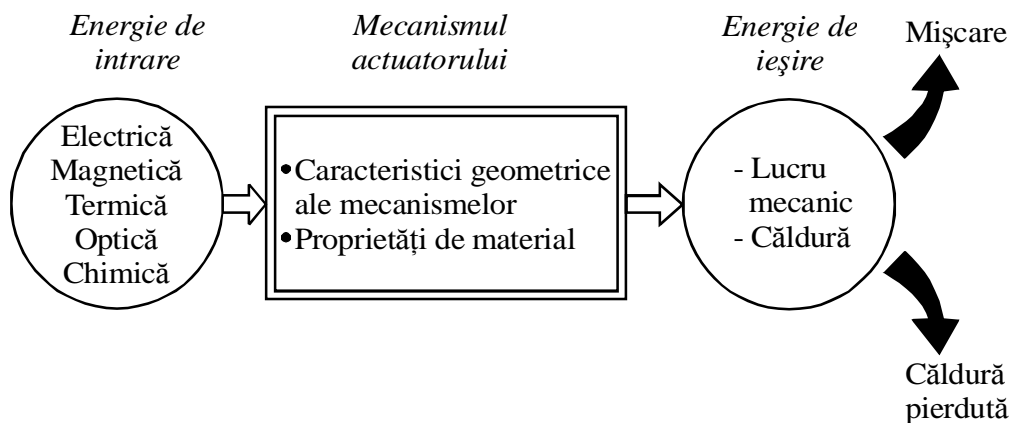


Fig. 5 - Structura actuatorilor

Conversia energiei de intrare în energie utilă de ieșire și căldură disipată se realizează prin intermediul câmpurilor electrice, magnetice, ca urmare a unor fenomene fizice: fenomenul piezoelectric, fenomenul magnetostrictiv, fenomenul de memorare a formei, ca urmare a dilatării corpurilor la creșterea temperaturii, a schimbărilor de fază, a efectului electro-reologic, electrohidrodinamic, de diamagnetism. Mecanismul actuatorului transformă, amplifică și transmite mișcarea făcând acordul cu parametrii specifici scopului tehnologic.

Actuatorii utilizați în mecatronică pot fi concepuți ca și actuatori liniari sau rotativi, având cursă limitată sau teoretic nelimitată, cu un element activ sau cu mai multe elemente active în structură.

Aționarea propriu-zisă este obținută pe trei căi distincte, prezentate în figura 6.

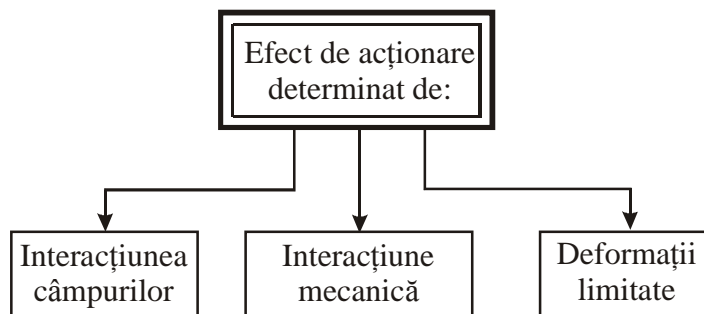


Fig. 6 - Mijloace de obținere a efectului de acționare

Interacțiunea câmpurilor magnetice, a curentului electric cu câmpuri magnetice precum și interacțiunea sarcinilor electrice permit materializarea unor actuatori care au cursă teoretic nelimitată (micromotoare de curent continuu, micromotoare de curent alternativ asincrone și sincrone - în special cu rotor pe bază de magneți permanenți, micromotoare electrostatice), sau limitată (micromotoare liniare de curent continuu, microelectromagneți).

În funcție de semnalul de intrare folosit pentru deformarea controlată a elementului activ, actuatorii din această categorie se împart, la rândul lor în:

- actuatori comandați termic (prin intermediul unui flux de căldură):
 - actuatori pe bază de bimetale;
 - actuatori pe bază de aliaje cu memoria formei;
- actuatori comandați electric (prin intermediul intensității câmpului electric):
 - actuatori piezoelectrics, cu elemente active din piezocristale, piezoceramici sau piezopolimeri;
 - actuatori electrorheologici;
- actuatori comandați magnetic (prin intermediul inducției câmpului magnetic):
 - actuatori magnetostrictivi;
 - actuatori pe bază de ferofluide;
- actuatori comandați optic (optoelectric sau optotermic):
 - actuatori termo- / electro - fotostrictivi;
 - actuatori piro - piezoelectrics;
- actuatori comandați chimic:
 - mușchi artificiali;

alte tipuri de actuatori, bazați pe alte fenomene fizice.

Actuatorii specifici aplicațiilor din mecatronică completează gama de elemente de execuție utilizate curent în construcția de aparate sau de mașini, și anume servomotoarele de curent continuu, motoarele pas cu pas, motoarele electrice sincrone sau asincrone, elementele de execuție pneumatice, hidraulice, electro- hidraulice, ș.a.m.d. Diversitatea fenomenelor fizice care stau la baza materializării constructive a actuatorilor prezentați mai sus deschide noi orizonturi în cercetările privind proiectarea, realizarea și utilizarea acestora și stimulează luarea în considerare a noi principii fizice și căutarea a noi materiale cu proprietăți deosebite prin intermediul cărora să se răspundă cerințelor de acționare din domeniul mecatronicii.

Prin analogie cu locomoția în lumea vie și sistemele tehnice pot să se deplaseze într-un singur mediu sau la limita de separare dintre două medii. Astfel sistemele mobile se pot deplasa:

- prin târâre, imitând mișcările șerpilor, râmei, viermilor etc.;
- prin pășire (de regulă, având 2, 4 sau 6 picioare);
- prin sărituri repetate (având un picior);
- prin intermediul roților (de regulă, cu 2, 3 sau 4 roți);
- pe șenile;
- pe baza unor soluții hibride (roți și picioare sau roți și șenile).