

PROIECTAREA INOVATIVĂ MECATRONICĂ A AUTOMOBILELOR AUTONOME INTELIGENTE

Prof. univ. dr. ing. Ioana ARMAȘ

Universitatea Hyperion, București

REZUMAT. Contextul tehnic și tehnologic actual al mecatronicii și roboticii oferă o bază extinsă pentru dezvoltarea unei noi clase de automobile, respectiv a automobilelor autonome inteligente (AAI) care prezintă capabilități de navigare, suport al factorului uman și chiar manipularea obiectelor într-o manieră inteligentă și independentă prin utilizarea de cunoștințe și experiențe. Din acest punct de vedere, prezenta lucrare stabilește definiția funcțională a AAI și clasificarea acestora ca sisteme inteligente, împreună cu capabilitățile corespunzătoare. Cadru de proiectare al AAI este dezvoltat pe baza relației de integrare sinergetică, definită și utilizată în identificarea arhitecturilor sinergetice, inclusiv ale celor reconfigurabile, ale AAI ca sisteme mecatronice. Astfel devine posibilă integrarea soluțiilor mecatronice pentru roboți mobili cu diferite posibilități de deplasare pentru AAI, ceea ce permite identificarea de noi direcții de cercetare și dezvoltare în domeniul transportului individual cu automobile.

Cuvinte cheie: automobile autonome inteligente, mecatronică, robotică, integrare sinergetică, arhitecturi sinergetice, sisteme inteligente.

ABSTRACT. The recent technical and technological context of mechatronics and robotics offers an extended basis for developing a new class of automobiles, respectively the intelligent autonomous automobiles (IAA) that present the capabilities of navigation, human support, and even objects manipulation, in an intelligent and independent manner by using knowledge and experience. From this point of view, the present paper establishes the functional definition of IAA and their classification as intelligent systems, together with their corresponding capabilities. The design framework of IAA is developed based on the relation of synergistic integration that is defined, and is applied in the identification of the synergistic architectures, including the reconfigurable ones, of IAA as mechatronic systems. Thus, the integration of mechatronic solutions of the mobile robots with different movement capabilities becomes possible for IAA, such that new directions of research and developments in the area of individual transportation by automobiles may be identified.

Keywords: intelligent autonomous automobiles, mechatronics, robotics, synergistic integration, synergistic architectures, intelligent systems.

1. INTRODUCERE

Diversificarea gamei de cerințe și necesități de siguranță și securitate în transportul individual al persoanelor pe baza utilizării automobilelor a condus la necesitatea dezvoltării și proiectării unor soluții complexe care să îndeplinească noile constrângeri și obiective, iar prin creșterea numărului de utilizatori să aibă capacitatea de a compensa eventualele inabilități naturale sau accidentale ale factorului uman.

Din această perspectivă, automobilele tind să devină sisteme complexe care rezolvă funcții de transport eterogene integrând deplasarea, decizia, planificarea, comunicarea etc., fapt care conduce către capabilități de realizare autonomă și inteligentă a rolului acestora.

Ca urmare, proiectarea acestor sisteme va prezenta dimensiuni suplimentare determinate de eterogenitatea funcțională, disciplinară și structurală, precum și de

noile capabilități corespunzătoare sistemelor inteligente autonome.

2. AUTOMOBILE AUTONOME INTELIGENTE (AAI)

Din perspectiva celor prezentate mai sus, automobilele autonome inteligente vor avea următoarele caracteristici funcționale:

a) percepția mediului sub toate aspectele sale naturale (geografice, meteorologice etc.) și artificiale, precum și a factorului uman utilizator sau nu, la nivelul stărilor și acțiunilor acestora;

b) modelarea și reprezentarea mediului și a factorului uman;

c) raționarea prin prelucrarea cunoștințelor, experiențelor și informațiilor, astfel încât să rezolve problemele conexe funcției globale de transport;

d) deplasarea în mediu și exercitarea de acțiuni specifice realizării cerințelor de siguranță și securitate.

În aceste condiții, considerând contextul sistemelor inteligente [1] se pot identifica, din perspectiva relaționării cu mediul și cu factorul uman, următoarele clase de automobile autonome inteligente:

1. **AAI orientate pe funcții:** consideră funcțiile realizate prin prisma celui mai bun model de execuție și rezolvă problemele atașate într-o manieră rigidă;

2. **AAI orientate pe evenimente:** pentru realizarea funcțiilor într-o anumită situație încearcă diverse acțiuni până când este identificată cea mai bună soluție care va fi aplicată în condițiile apariției unor cazuri similare;

3. **AAI orientate pe atitudine:** dețin modele explicite ale mediului și factorului uman, astfel încât își pot evalua acțiunile, privite ca atitudini, atașate funcțiilor, iar în raport cu un model de performanță urmează să le adopte pe cele mai bune. Aceasta presupune o capacitate de simulare prin care se realizează un prim nivel de comportament proactiv;

4. **AAI orientate pe descriere:** au capacități superioare de modelare a mediului și a factorului uman prin utilizarea de reprezentări simbolice și de experiențe conceptualizate și abstractizate, astfel încât comportamentul devine proactiv.

Având în vedere relaționare cu mediul și cu factorul uman, se evidențiază următoarele capacități fundamentale ale automobilelor autonome inteligente:

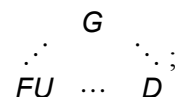
- comunicare cu entitățile tehnice din mediu și cu factorul uman;
- învățare din experiență;
- raționare pe baza cunoștințelor reprezentate intern;
- memorare complexă a situațiilor, evenimentelor și configurațiilor;
- achiziție și procesare sensorială;
- adaptare și flexibilitate;
- interfațare formal compatibilă cu factorul uman;
- acțiune în mediu;
- reactivitate și proactivitate;
- estimare temporală a fenomenelor, evenimentelor, riscurilor etc.
- răspuns optim la stresul uman;
- resurse energetice de procesare;
- cunoaștere internă.

3. CONTEXTUL MECATRONIC DE DEZVOLTARE A AUTOMOBILELOR AUTONOME INTELIGENTE

Prin reprezentarea și analiza problemei corespunzătoare de navigare și transport ca realizarea

unei tranziții între două configurații spațio-temporale în mediul natural complex geografic, $C_0 = C(t_0) \rightarrow C_f = C(t_f > t_0)$, se identifică următoarele aspecte:

a) realitatea care integrează configurațiile este determinată de mediul geografic, G , factorul uman utilizator sau nu, FU , cerințele de realizare a deplasării, D , împreună cu relațiile dintre acestea:



b) îndeplinirea obiectivelor presupune realizarea de acțiuni specifice de tip deplasare, generare și aplicare de forțe în contextul interacțiunii cu realitatea $R = \{G, FU, D\}$ prin percepție și decizie;

c) cadrul de operare presupune satisfacerea la nivelul acțiunilor și interacțiunilor cu R a cerințelor suplimentare privind siguranța, securitatea, eficiența și rapiditatea.

Prin aspectele de mai sus, problema de navigare și transport se evidențiază ca fiind una de tip mecatronic (vezi [2]) iar contextul tehnic și tehnologic de rezolvare și implementare a soluției se înscrie domeniul deschis și sinergetic al mecatronicii prin dezvoltarea automobilelor autonome inteligente ca sisteme mecatronice sau robotice cu capacități decizionale corespunzătoare inteligenței artificiale.

4. DEZVOLTAREA FUNCȚIONAL - SINERGETICĂ ȘI ARHITECTURI AAI

Pornind de la definiția AAI în contextul mecatronic de dezvoltare, rezultă următoarele funcții principale ale acestora: F_1 – funcția de percepție; F_2 – funcția conceptuală de decizie și prelucrare a informațiilor; F_3 – funcția de procesare; F_4 – funcția de exercitare a acțiunilor în mediul extern pentru navigare prin deplasare și orientare și, eventual pentru generare și aplicare de forțe.

Relația funcțională de dezvoltare a AAI va fi cea a integrării sinergetice prin comunicare, conlucrare, colaborare, (auto)organizare și (auto)structurare, conform următoarelor aspecte:

• funcțiile omogene sau eterogene sunt exprimate prin mulțimi de acțiuni, $A_i, i = \overline{1,4}$ și de relații între acestea, $R_i, i = \overline{1,4}$, astfel încât $F_i = (A_i, R_i), i = \overline{1,4}$;

• comportamentul factorului uman, F_5 , și evoluția mediului extern, F_6 , sunt descrise prin A_5

și A_6 reprezentând mulțimea de evenimente, fenomene și acțiuni specifice factorului uman (FU) și respectiv, mediului extern (ME), iar R_5 și R_6 sunt relațiile corespunzătoare între acestea;

• comunicarea, conlucrarea și colaborarea sunt exprimate prin mulțimea informațională, I_F , determinată ca:

$$I_F = \left\{ \Omega_{kj} = (\sigma_{kj}, \psi_{jk}) : \sigma_{kj} \neq 0, \psi_{jk} \neq 0, \right. \\ \left. : \quad \forall k \neq j, k, j = \overline{1,6}, \right. \\ \left. \sigma_{kj} : F_k \mid F_j \rightarrow F_j, \psi_{jk} : F_j \mid F_k \rightarrow F_k \right\}$$

cu $\text{card}(I_F) \geq 5$, unde $F_\alpha \mid F_\beta$ reprezintă mulțimea acțiunilor și a relațiilor între acestea corespunzătoare lui F_α , condiționate de mulțimea acțiunilor și relațiilor aferente lui F_β , cu $\alpha, \beta = k, j, \alpha \neq \beta$;

• condițiile de (auto)organizare și (auto)structurare, prin care fiecare funcție, $F_i, i = \overline{1,6}$, este interconectată cu cel puțin o alta diferită, $F_m, m = \overline{1,6}, m \neq i$;

• funcția globală a AAI este determinată de relația: $F = F_1 \cup_\Gamma F_2 \cup_\Gamma \dots \cup_\Gamma F_6 \cup_\Gamma I_F$, unde \cup_Γ reprezintă **reuniunea sinergetică**, avînd proprietatea că nerealizarea uneia dintre funcții, $\neg F_i, i = \overline{1,6}$, sau nerealizarea mulțimii informaționale, $\neg I_F$, conduc la nerealizarea funcției globale, $\neg F$.

În aceste condiții, rezultă contextul sinergetic funcțional al AAI ca sistem mecatronic din figura 1.

Considerând ca elemente de construcție a arhitecturii AAI blocurile funcționale $B_i, i = \overline{1,6}$ corespunzătoare funcțiilor $F_i, i = \overline{1,6}$, atunci se obține **arhitectura sinergetică a AAI** prin:

• comunicarea, conlucrarea și colaborarea între blocurile funcționale la nivelul stărilor exprimate prin mulțimea informațională, I_B , determinată ca :

$$I_B = \left\{ \Lambda_{kj} = (\phi_{kj}, \delta_{jk}) : \phi_{kj} \neq 0, \delta_{jk} \neq 0, \right. \\ \left. \forall k \neq j, k, j = \overline{1,6}, \right. \\ \left. \phi_{kj} : S_k \mid S_j \rightarrow S_j, \delta_{jk} : S_j \mid S_k \rightarrow S_k \right\} \quad (1),$$

cu $\text{card}(I_B) \geq 5$, unde $S_\alpha \mid S_\beta$ reprezintă mulțimea stărilor blocului B_α , condiționată de mulțimea sărilor blocului B_β , cu $\alpha, \beta = k, j, \alpha \neq \beta$;

• condițiile de (auto)organizare și (auto)structurare, prin care fiecare bloc, $B_i, i = \overline{1,6}$, este interconectat cu cel puțin un altul diferit, $B_m, m = \overline{1,6}, m \neq j$;

• starea globală a AAI corespunzătoare lui F este determinată de relația:

$$S = S_1 \cup_\Gamma S_2 \cup_\Gamma \dots \cup_\Gamma S_6 \cup_\Gamma I_B,$$

unde \cup_Γ reprezintă **reuniunea sinergetică**, avînd proprietatea că nerealizarea uneia dintre stările funcționale, $\neg S_i, i = \overline{1,6}$, sau nerealizarea mulțimii informaționale, $\neg I_B$, conduc la nerealizarea stării globale, $\neg S$ și implicit a funcției globale, $\neg F$.

Prin particularizarea relațiilor (1) și a condițiilor de (auto)organizare și (auto)structurare se obțin următoarele arhitecturi sinergetice principale ale AAI (fig. 2a, b).

De asemenea, se pot dezvolta: **arhitecturi ierarhice** care integrează sinergetic mai multe sisteme mecatronice (fig. 3) cu observația că există pericolul segmentării proceselor funcționale cu efecte asupra fiabilității globale a AAI, precum și arhitecturi de tip stea (fig. 3a, b).

Automobilele autonome independente care se bazează pe integrarea sinergetică de sisteme / structuri mecatronice pot fi orientate spre reconfigurarea funcțională și structurală cu evidențierea de forme variabile, posibilități multiple de deplasare, capacități diverse de manipulare obiecte și de suport al factorului uman (figura 4).

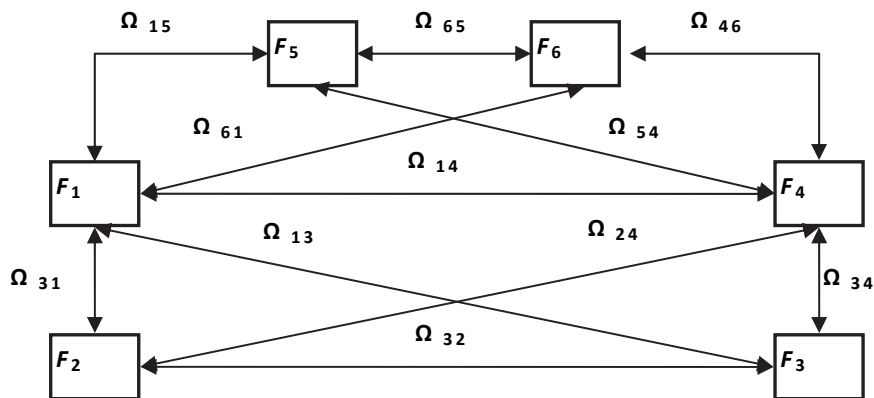


Fig. 1. Contextul sinergetic funcțional al AAI ca sisteme mecatronice.

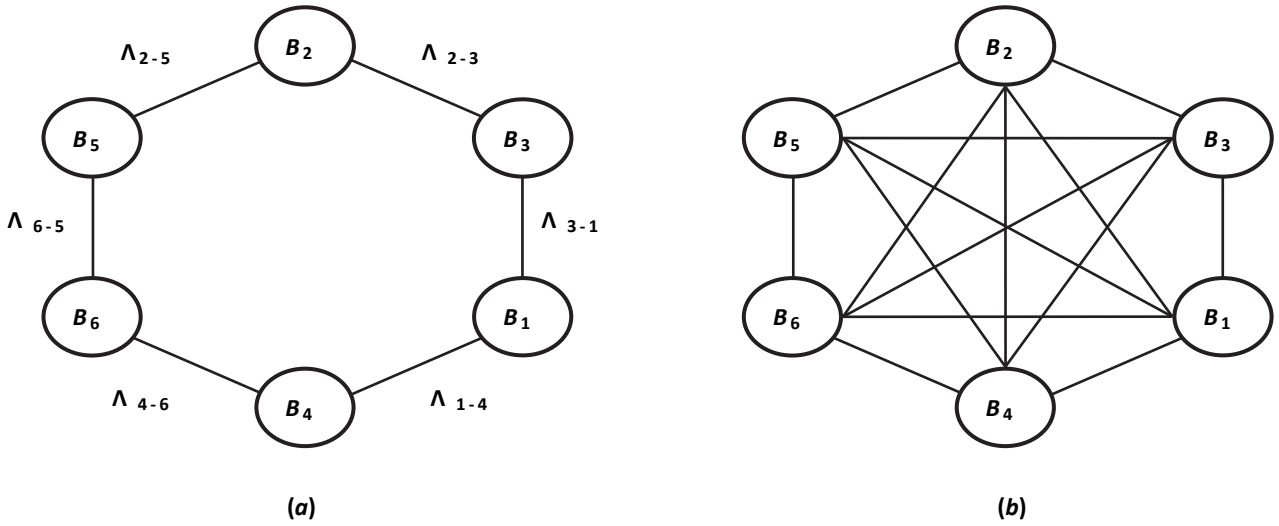


Fig. 2. Arhitecturi sinergice ale AAI:
a – arhitectura cu organizare directă; *b* – arhitectura cu organizare completă.

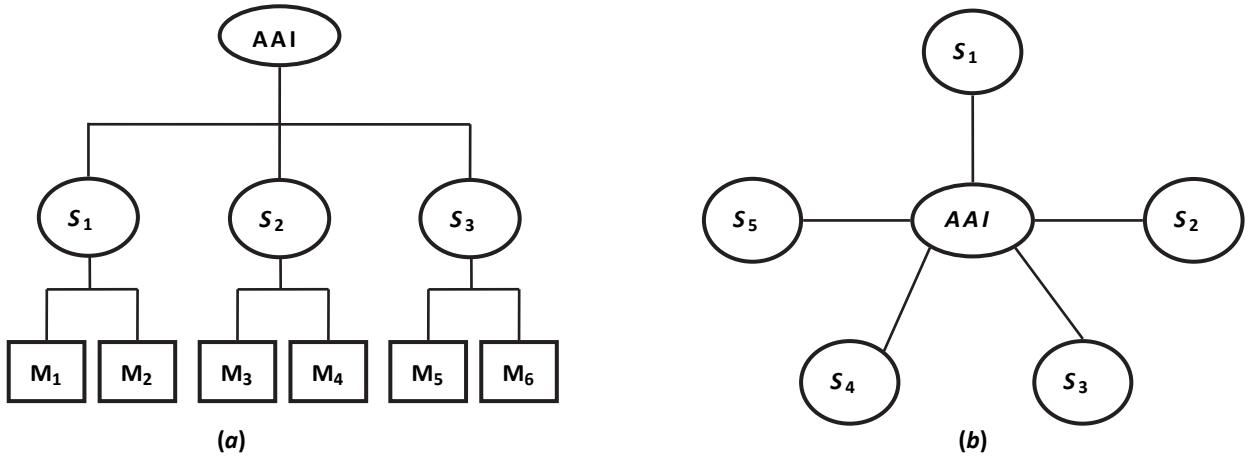


Fig. 3. Arhitecturi sinergice ale AAI, care integrează mai multe sisteme mecatronice:
a – arhitectura ierarhică; *b* – arhitectura de tip stea.

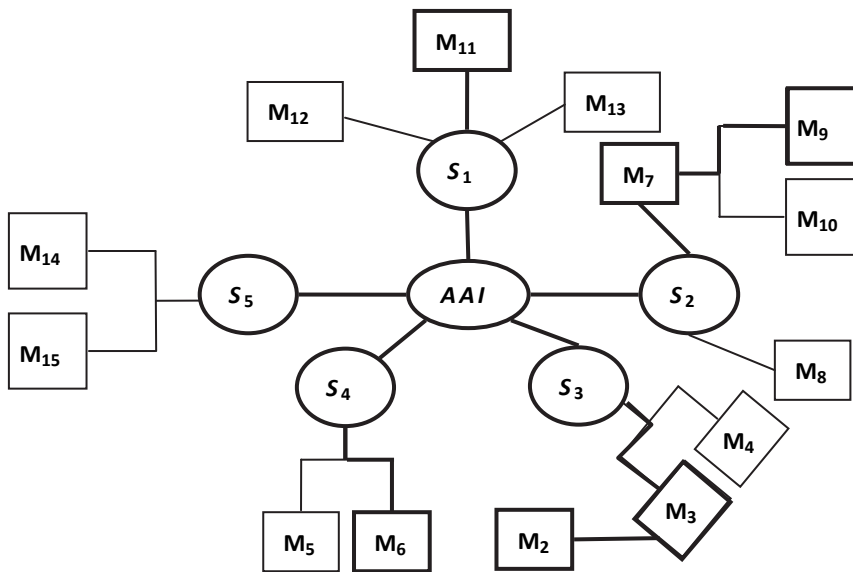


Fig. 4. Arhitecturi sinergice de reconfigurare în dezvoltarea AAI, bazate pe integrarea de sisteme mecatronice.

4. CONCLUZII

Dimensiunile tehnice și tehnologice ale mecatronicii evidențiază numeroase direcții de aplicabilitate, printre care, una dintre cele mai importante este cea a transportului individual, respectiv a industriei de automobile. În contextul actual de trecere la automobilele electrice, de utilizare a tehnologiilor IT&C pentru suportul utilizatorului și al implementării unor subsisteme mecatronice, lucrarea evidențiază posibilitatea trecerii la un nou nivel în conceperea acestor produse, și anume la automobilele autonome inteligente (AAI).

Din această perspectivă rezultatele se constituie ca fundamentele unor noi direcții de dezvoltare ale domeniului AAI prin integrarea inovativă a soluțiilor

de proiectare a sistemelor mecatronice și robotice de tip roboți mobili cu multiple posibilități de deplasare (roți, miriapod, patruped etc.) adaptabile diverselor infrastructuri ale mediului geografic și cu o mai mare diversitate a posibilităților de utilizare (de exemplu, prin manipularea obiectelor, asistarea pasagerilor cu dizabilități etc.).

BIBLIOGRAFIE

- [1] I. Armaș, *Proiectarea sistemelor inteligente în context logic computațional*, Editura AGIR, București, 2013.
- [2] I. Armaș, *Proiectare în mecatronică și robotică*, Editura AGIR, București, 2011.
- [3] A.A. Hopgood, *Intelligent Systems for Engineers and Scientists*, CRC Press, 2009.

Despre autor

Prof. univ. dr. ing. **Ioana ARMAȘ**
Universitatea „Hyperion“, București

Este cadru didactic la Facultatea de Științe Exacte și Inginerești a Universității „Hyperion“ din București, specializarea Automatică și Informatică Aplicată. Principalele domenii de cercetare, în care a publicat numeroase cărți, articole și comunicări științifice la conferințe naționale și internaționale sunt: fiabilitatea, mecatronica, robotica, inteligența artificială.