

# LANȚURI CINEMATICE REDUNDANTE CU 7 ȘI 8 AXE PENTRU ROBOȚI – SISTEMATIZAREA STRUCTURALĂ ȘI ANALIZA CINEMATICĂ

Prof. dr. ing. Eur Ing Ionel STAREȚU, Drd. ing. Sebastian JITARIU

Universitatea „Transilvania” din Brașov

**REZUMAT.** Pentru a constitui o bază de lucru utilă, inclusiv pentru promovarea unor noi structuri redundante, în afara celor deja aplicate, în această lucrare se face o sistematizare a structurilor lanțurilor cinematice cu 7 și 8 axe. Reprezentarea spațiilor de lucru corespunzătoare poate ajuta proiectantul în alegerea structurii cu funcționalitate maximă pentru o aplicație dată. Se dă un exemplu de calcul al cinematicii directe pentru un lanț cinematic cu 7 axe, aplicându-se metoda operatorilor omogeni.

**Cuvinte cheie:** robot redundant, sistematizare structurală, lanț cinematic, analiză cinematică.

**ABSTRACT.** This paper presents the most possible structures with 7 or 8 axes, which correspond to non-degenerate workspaces of which one can choose other variants than existing ones, to be manufactured. Representation of workspace helps the designer to choose structures that may have a high degree of functionality for a given range of applications. Kinematic analysis based on the method of homogeneous operators exemplifies the possibility to resolve this issue in the case of these redundant robots too.

**Key words:** redundant robot, structural systematization, kinematic chain, kinematic analyse.

## 1. INTRODUCERE

În mod tradițional s-a convenit că lanțul cinematic al unui robot industrial trebuie să aibă 6 axe (3 axe corespunzătoare lanțului cinematic de poziționare și 3 axe corespunzătoare lanțului cinematic de orientare), orice număr suplimentar de axe (cuple cinematice monomobile), conducând la o anumită redundanță. Inițial s-a considerat că lanțurile cinematice redundante nu sunt de dorit pentru că duc la creșterea complexității inutile, unui timp mai mare pentru calculul traiectoriilor și a costurilor. În ultimii ani (2-4 ani) au apărut însă preocupări pentru promovarea și chiar realizarea roboților industriali cu lanțuri cinematice redundante, mai ales a celor cu 7 axe, dar și cu 8 axe [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Acestea au dovedit că au spații de lucru mai mari și posibilități crescute de manevrare în aceste spații. Dezavantajele amintite și-au redus semnificativ importanța prin creșterea vitezei de calcul a traiectoriilor datorită creșterii explozive a puterii de calcul a procesoarelor folosite, reducerea costurilor de proiectare și fabricare, iar structura mai complicată a devenit practic un avantaj funcțional foarte important. Pentru a constitui o bază de lucru utilă, inclusiv pentru promovarea unor noi structuri redundante, în afara celor deja aplicate, în această lucrare se face o sistematizare a structurilor lanțurilor cinematice cu 7 și 8 axe și se dă câte un exemplu de calcul al cinematicii directe pentru un

lanț cinematic cu 7 axe aplicându-se metoda operatorilor omogeni.

## 2. SISTEMATIZAREA STRUCTURALĂ A LANȚURILOR CINEMATICE CU 7 AXE PENTRU ROBOȚI

Conform [2], există un număr de structuri de lanțuri cinematice cu 6 axe pentru roboți, care au spații de lucru nedegenerate (redușe la o linie sau la o suprafață) și care sunt utilizabile. Acestea s-au obținut prin identificarea combinațiilor posibile între 3 axe (cuple monomobile) de rotație, respectiv de translație (RRR-TTT), luându-se în considerare numai situațiile în care două cuple succesive sunt perpendiculare sau paralele, pentru lanțurile cinematice de poziționare, cu considerarea excentricităților posibile egale sau nu cu zero și a 3 axelor (cuple monomobile) de rotație (RRR), corespunzătoare lanțului cinematic de orientare. S-au reținut numai structurile la care corespund spații de lucru nedegenerate. S-au luat în considerare numai structurile la care pozițiile relative ale cuplelor succesive sunt perpendiculare sau paralele deoarece aceste structuri au aplicabilitatea cea mai frecventă la roboții industriali și au fost validate de practică drept cele mai funcționale. Structurile cu 7 axe (cuple cinematice monomobile) se obțin din cele cu 6 axe prin adăugarea unei cuple

cinematice monomobile de rotație (R) sau de translație (T), de asemenea într-o poziție relativă perpendiculară sau paralelă cu cupla anterioară sau posterioară. Evident pentru fiecare structură se generează spațiul de lucru corespunzător și se rețin numai cele la care corespund spații de lucru nedegenerate. Variantele de bază se obțin în cazul în care excentricitatea dintre două cuple succesive este egală cu zero, iar variantele derivate pentru cazul în care excentricitatea este diferită de zero, dezvoltată după o axă, după două axe sau după trei axe. Astfel conform [2], există 20 de structuri distincte de lanțuri cinematice de poziționare trimobile, care generează volume-spații de lucru nedegenerate și 8 structuri de lanțuri cinematice de orientare trimobile. În figura 1 se dau 2 exemple de lanțuri cinematice de poziționare cu evidențierea parametrilor cinematici semnificativi:  $a_1, a_2, d, r, S_0, S$ , iar  $M$  este punctul caracteristic al extremității robotului [2].

În figura 2 se dau două exemple de lanțuri cinematice de orientare (formate din 3 cuple de rotație,  $R \perp R \perp R$ ;  $a, b$  – parametri geometrici;  $l, n$  – dispunerea prehesorului longitudinală sau normală față de ultima axă a mecanismului de orientare; la varianta  $b, a = 0$ ) [2]. Prin înscrierea unui lanț cinematic de poziționare cu un lanț cinematic de orientare se obține lanțul cinematic de ghidare, în acest caz având șase axe (șase cuple cinematice monomobile de rotație sau de translație), în care

două axe-cuple succesive sunt perpendiculare ( $\perp$ ), sau paralele ( $\parallel$ ).

Structurile cinematice de ghidare cu șapte axe (șapte cuple cinematice monomobile de rotație sau translație, poziționate relativ perpendicular sau paralel) se obțin din cele cu șase axe prin adăugarea unei cuple cinematice monomobile (unei axe suplimentare) de rotație (R) sau de translație (T). Această cuplă poate fi adăugată la începutul, la sfârșitul lanțului cinematic de ghidare sau între cele două lanțuri cinematice componente. Pentru obținerea tuturor combinațiilor posibile, fără pierderea funcționalității lanțului cinematic de poziționare și a lanțului cinematic de orientare, se consideră lanțul cinematic de poziționare un modul cinematic distinct denumit modul cinematic de poziționare (MP) și lanțul cinematic de orientare un modul cinematic de orientare denumit modul cinematic de orientare (MO). Poziția relativă a celei de a șaptea cuplă (axă) față de prima sau ultima cuplă a uneia dintre cele două module poate fi perpendiculară ( $\perp$ ) sau paralelă ( $\parallel$ ). Rezultă 12 combinații posibile:

$$R \perp (MP)(MO), R \parallel (MP)(MO), T \perp (MP)(MO), \\ T \parallel (MP)(MO), (MP) \perp R(MO), (MP) \parallel R(MO), \\ (MP) \perp T(MO), (MP) \parallel T(MO), (MP)(MO) \perp R, \\ (MP)(MO) \parallel R, (MP)(MO) \perp T, (MP)(MO) \parallel T.$$

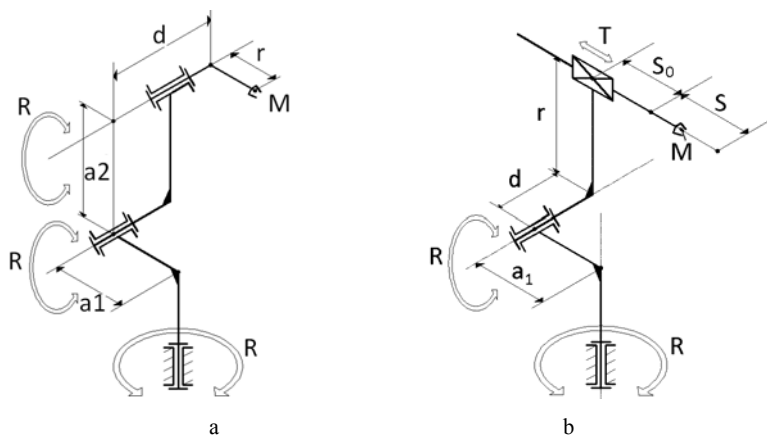


Fig. 1. Două exemple de lanțuri cinematice de poziționare trimobile.

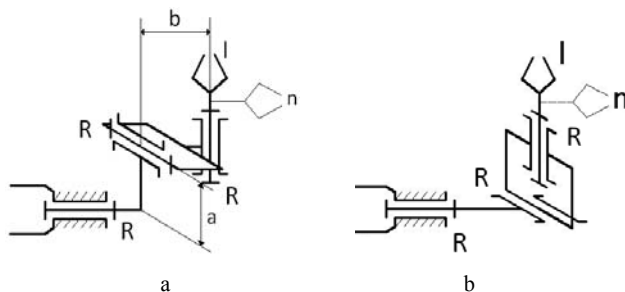


Fig. 2. Două exemple de lanțuri cinematice de orientare trimobile.

## LANȚURI CINEMATICE REDUNDANTE CU 7 ȘI 8 AXE PENTRU ROBOȚI

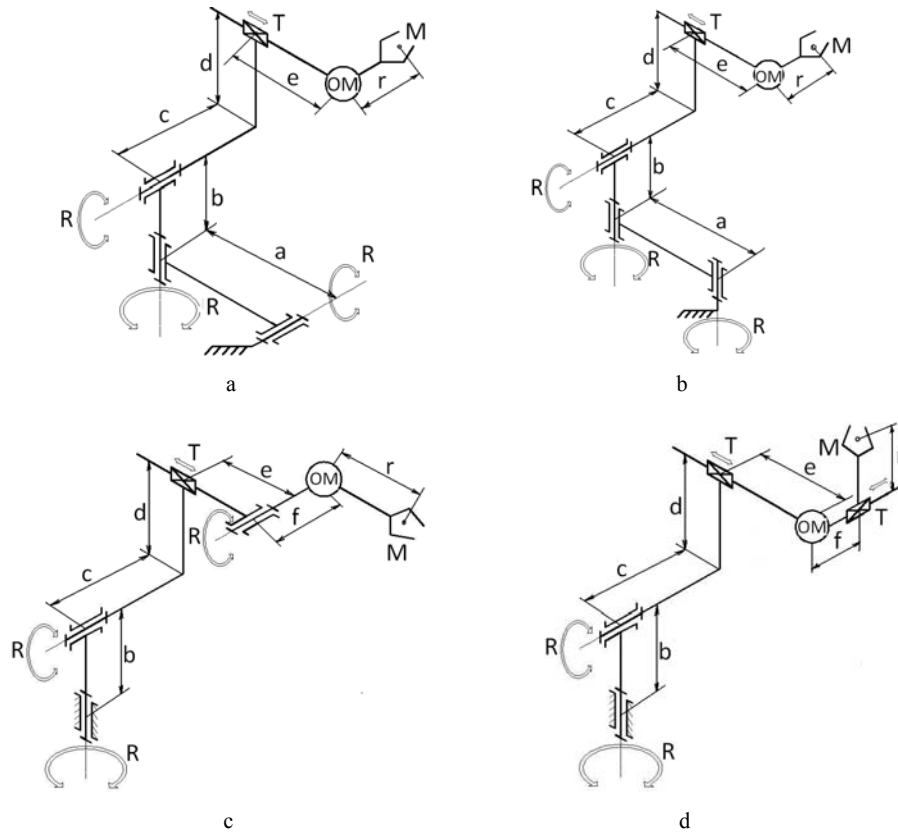


Fig. 3. Exemple de lanțuri cinematice de ghidare cu șapte axe:  
 $a - R \perp (MP)(MO)$ ;  $b - R \parallel (MP)(MO)$ ;  $c - (MP) \perp R(MO)$ ;  $d - (MP)(MO) \parallel T$ .

În figura 3 sunt reprezentate 4 variante cinematice cu șapte axe, cu reprezentarea în detaliu al modului de poziționare și condensată a modului de orientare. Schema structurală a modului de poziționare corespunde variantei 2 din figura 1 (T, R – cuple monomobile de translație, respectiv, de rotație; a, b, c, d, e, f, r sunt parametrii cinematici semnificativi, iar M este punctul caracteristic al robotului). Se face precizarea că în cazul poziției perpendiculare a axei sunt două variante: prima perpendiculară pe direcția dintre cele două axe (ca în cazul din figura 3a,

iar a doua coliniară cu direcția dintre cele două axe, variante care se vor detalia în lucrări viitoare).

În figura 4, pentru structurile 1, 2 și 3 din figura 3, abstracție făcând de modulul de orientare (care nu influențează forma și dimensiunile volumului spațiului de lucru), sunt reprezentate schemele cinematice, ale unor roboți cu astfel de structuri cinematice.

În figura 5 se face o exemplificare a unui lanț cinematic cu 7 axe:  $R \parallel (MP \cdot R \perp R \parallel R)(MO : R \perp R \perp R)$ , produs de firma CLOOS și utilizat în operațiile de sudură robotizată.

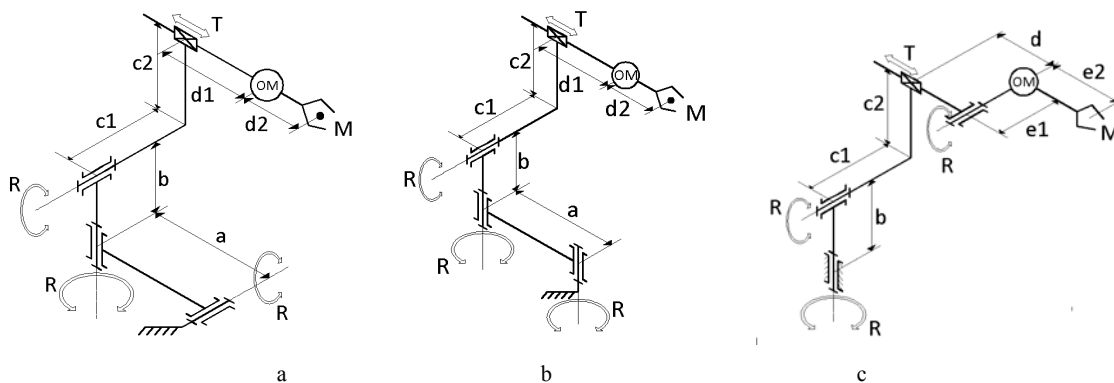


Fig. 4. Scheme cinematice pentru roboți cu șapte axe:  
 $a - R \perp (MP)(MO)$ ;  $b - R \parallel (MP)(MO)$ ;  $c - (MP) \perp R(MO)$ .

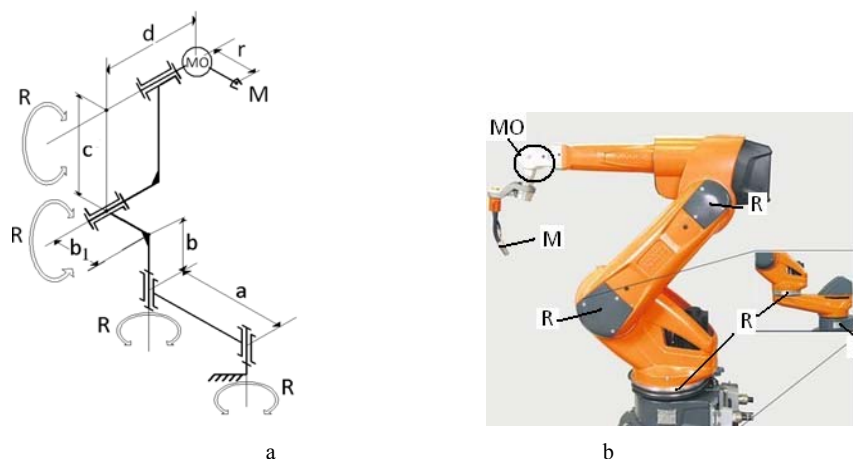


Fig. 5. Exemplu de structură robotizată cu 7 axe de forma:  
 $a - R \parallel (MP:R \perp R \parallel R)(MO:R \perp R \perp R)$ ;  $b$  - varianta constructivă [9].

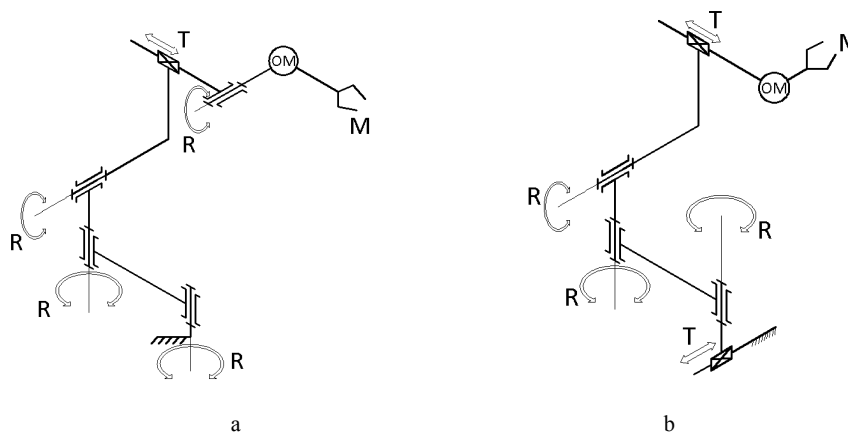


Fig. 6. Schemele structurale a doua variante de lanțuri cinematice cu 8 axe.

### 3. SISTEMATIZAREA STRUCTURALĂ A LANȚURILOR CINEMATICE CU 8 AXE PENTRU ROBOȚI

Structurile lanțurilor cinematice cu 8 axe se pot obține din cele cu 6 axe, prin adăugarea a două axe (două cuple cinematice monomobile) de rotație sau de translație sau combinate RT, respectiv, TR, ambele la unul din capetele lanțului cinematic cu 6 axe, sau una la un capăt iar cealaltă la celălalt capăt al lanțului cinematic precizat, sau prin adăugarea unei axe de R sau de T la structurile cu 7 axe. Această axă suplimentară se adaugă în mod asemănător ca în cazul obținerii structurilor cu 7 axe din cele cu 6 axe. Ca urmare, se obține un număr de structuri distincte la care corespund spații de lucru nedegenerate. Astfel, prin adăugarea unei cuple de rotație (R) sau de translație (T), în poziție perpendiculară ( $\perp$ ) sau paralelă ( $\parallel$ ) la primele patru structuri  $(R/T)(\perp/\parallel)(MP)(MO)$  ale lanțurilor cinematice cu șapte axe se obțin 16 structuri de lanțuri cinematice cu opt axe:  $R \perp R \perp (MP)(MO), \dots, T \parallel T \parallel (MP)(MO)$ . În

mod asemănător se obțin variantele structurale cu opt axe pe baza structurilor cu șapte axe de forma:  $(MP)(\perp/\parallel)(R/T)(MO)$  și  $(MP)(MO)(\perp/\parallel)(R/T)$ . Rezultă în final 96 de variante, câte 16 pentru fiecare combinație de tipul:

$$\begin{aligned} &(R/T)(\perp/\parallel)(R/T)(\perp/\parallel)(MP)(MO), \\ &(R/T)(\perp/\parallel)(MP)(\perp/\parallel)(R/T)(MO), \\ &(R/T)(\perp/\parallel)(MP)(MO)(\perp/\parallel)(R/T), \\ &(MP)(\perp/\parallel)(R/T)(MO)(\perp/\parallel)(R/T), \\ &(MP)(\perp/\parallel)(R/T)(\perp/\parallel)(R/T)(MO), \\ &(MP)(MO)(\perp/\parallel)(R/T)(\perp/\parallel)(R/T). \end{aligned}$$

În figura 6 sunt arătate 2 structuri cinematice cu 8 axe, cu reprezentarea în detaliu a structurii modului de poziționare și condensată a modului de orientare. Scheme structurale corespunzătoare se pot reprezenta pentru toate cele 96 de combinații distincte posibile.

În figura 7, pentru structurile din figura 6, abstracție făcând de modulul de orientare, sunt reprezentate

## LANȚURI CINEMATICE REDUNDANTE CU 7 ȘI 8 AXE PENTRU ROBOȚI

schemele cinematice cu indicarea parametrilor dimensionali cinematici semnificativi.

Se face observația că, în mod asemănător, se pot obține structuri redundante utilizabile la roboții industriali și cu mai mult de 8 axe: 9, 10, 11 sau chiar 12 axe. Unele din aceste structuri pot avea avantaje

funcționale certe în anumite situații, care cu siguranță vor fi validate de aplicațiile practice viitoare. Un număr mai mare de 12 axe deja apropie structura de structura robotică trompoidă, formată prin înserierea mai multor module constructive identice sau asemenea[2].

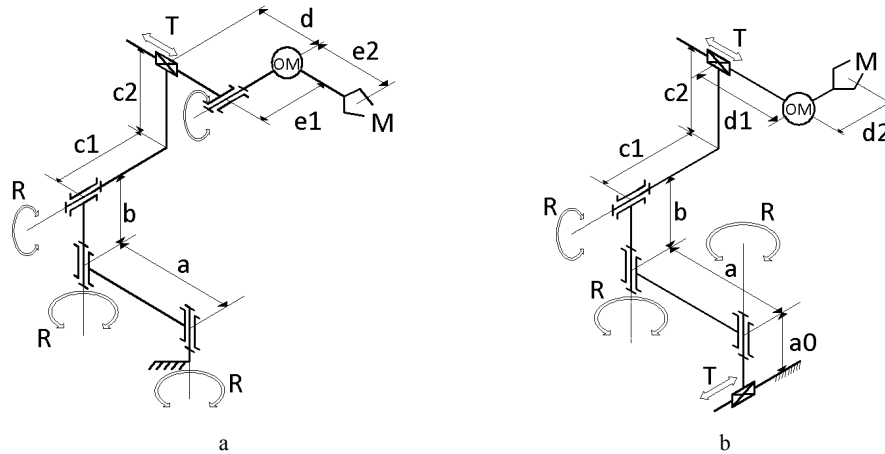


Figura 7. Schemele cinematice a două structuri cu 8 axe.

### 4. ANALIZA CINEMATICĂ A LANȚURILOR CINEMATICE CU 7 AXE

Problema analizei cinematice se rezolvă cu metoda operatorilor omogeni [2]. Se poate aborda atât problema cinematicii directe cât și problema cinematicii inverse. Se exemplifică aplicarea metodei operatorilor cinematici omogeni la rezolvarea cinematicii directe (calcularea coordonatelor sistemului de referință final sau punctului caracteristic al robotului, în conformitate cu mișcările din cuplele cinematice, ca și în funcție de distanțele dintre cuplele cinematice consecutive), pentru o structură cu 7 axe, considerată reprezentativă. Aplicarea metodei presupune folosirea operatorilor omogeni de rotație, de translație și a operatorilor compuși de rotație-translație, respectiv, de translație-rotație. În concordanță cu figura 8,a, forma operatorului omogen elementar de translație de la sistemul de referință  $O_m x_m y_m z_m$  la sistemul de referință  $O_n x_n y_n z_n$ , după axa  $x_m = x_n$ , este:

$$A_{mn} = T_{mn}^x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ d_{nm} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Formele matriceale ale operatorilor omogeni elementari de rotație după axa x, axa y și axa z, conform figurii 8,b, c și d, sunt:

$$A_{mn} = R_{mn}^x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{nm} & -S_{nm} \\ 0 & 0 & S_{nm} & C_{nm} \end{bmatrix};$$

$$A_{mn} = R_{mn}^y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{nm} & 0 & S_{nm} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -S_{nm} & 0 & C_{nm} \end{bmatrix}; \quad (2)$$

$$A_{mn} = R_{mn}^z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{nm} & -S_{nm} & 0 \\ 0 & S_{nm} & C_{nm} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

În aceste matrice  $S_{nm} = \sin \varphi_{nm}$ , și  $C_{nm} = \cos \varphi_{nm}$  sunt sinușii, respectiv, cosinușii unghiurilor de rotație în jurul axelor respective, de la sistemul de referință  $m$  la sistemul de referință  $n$ . Cu ajutorul a doi operatori omogeni elementari de rotație și translație, respectiv, de translație și rotație se pot obține operatorii omogeni compuși la care le corespund matrice rezultate prin înmulțirea matricelor corespunzătoare operatorilor omogeni elementari. Operatorii compuși simplifică, într-o oarecare măsură, calculul cinematic, prin reducerea numărului operațiilor de înmulțire a matricelor corespunzătoare rotațiilor în jurul axelor din cuplele cinematice și translațiilor între doua axe din două cuple succesive. Se exemplifică rezolvarea

problemei cinematice directe pentru structura cinematică cu 7 axe din figura 8,a și b, corespunzătoare combinației R|| (MP:  $R \perp R \perp T$ ) (MO:  $R \perp R \perp R$ ).

punzătoare combinației R|| (MP:  $R \perp R \perp T$ ) (MO:  $R \perp R \perp R$ ).

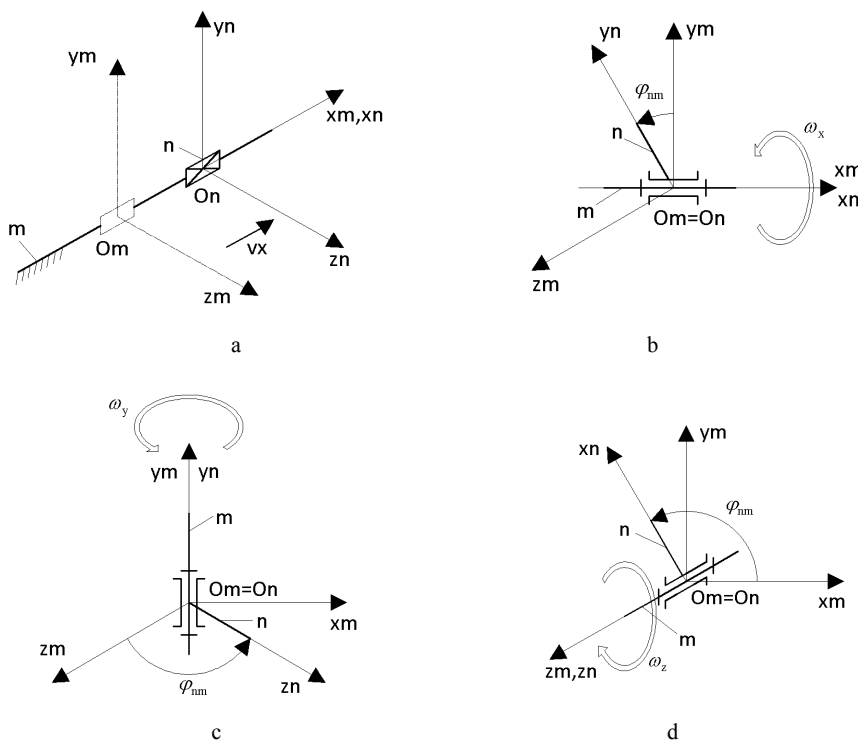


Fig. 8. Schemele cinematice corespunzătoare operatorilor omogeni elementari: a – de translație; b – de rotație după axa x; c – de rotație după axa y; d – de rotație după axa z.

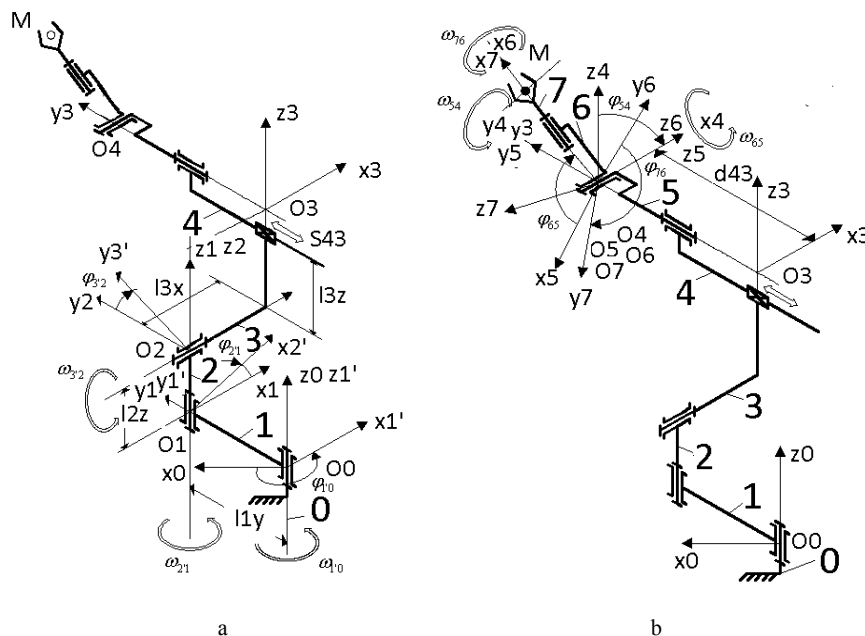


Fig. 8. Schemele cinematice cu reprezentarea notațiilor corespunzătoare aplicării metodei operatorilor omogeni: a – pentru mecanismul de poziționare cu cuplă de rotație suplimentară; b – pentru mecanismul de orientare.

Pentru obținerea coordonatelor sistemului de referință  $O_7 x_7 y_7 z_7$  față de sistemul de referință  $O_0 x_0 y_0 z_0$  (problema cinematicii directe) se scriu

formele matriciale ale operatorilor de rotație sau de translație, de trecere succesivă de la sistemul de referință  $m$  la sistemul de referință  $n$ :  $m=0, \dots, 6$ ;  $n=1, \dots, 7$ .

## LANȚURI CINEMATICE REDUNDANTE CU 7 ȘI 8 AXE PENTRU ROBOȚI

Aceste matrice sunt:

$$A_{01'} = R_{01'}^z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{1'0} - S_{1'0} & 0 & 0 \\ 0 & S_{1'0} & C_{1'0} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{1'1} = T_{1'1}^y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ l_{1y} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{12} = R_{12}^z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{21} - S_{21} & 0 & 0 \\ 0 & S_{21} & C_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{23'} = R_{23'}^x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{3'2} - S_{3'2} & 0 \\ 0 & 0 & S_{3'2} & C_{3'2} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$A_{3'3} = T_{3'3}^x T_{3'3}^z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ l_{3x} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ l_{3z} & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{34} = T_{34}^y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ d_{43} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{45} = R_{45}^y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{54} & 0 & S_{54} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -S_{54} & 0 & C_{54} \end{bmatrix};$$

$$A_{56} = R_{56}^z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{65} - S_{65} & 0 & 0 \\ 0 & S_{65} & C_{65} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{67} = R_{67}^x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{76} - S_{76} & 0 \\ 0 & 0 & S_{76} & C_{76} \end{bmatrix}.$$

În aceste matrice, notațiile au următoarele semnificații:

$$C_{1'0} = \cos \varphi_{1'0}^z; S_{1'0} = \sin \varphi_{1'0}^z; l_{1y} = \overline{O_0 O_1};$$

$$C_{21} = \cos \varphi_{21}^z; S_{21} = \sin \varphi_{21}^z; l_{2z} = \overline{O_1 O_2};$$

$$l_{3x} = \overline{O_2 O_3}; C_{3'2} = \cos \varphi_{3'2}^x; S_{3'2} = \sin \varphi_{3'2}^x;$$

$$l_{3z} = \overline{O_3 O_3}; d_{43} = \overline{O_3 O_4}; C_{54} = \cos \varphi_{54}^y;$$

$$S_{54} = \sin \varphi_{54}^y;$$

$$C_{65} = \cos \varphi_{65}^z; S_{65} = \sin \varphi_{65}^z; C_{76} = \cos \varphi_{76}^x;$$

$$S_{76} = \sin \varphi_{76}^x;$$

Unghiurile  $\varphi_{ij}^k$  sunt unghiurile între sistemele de referință  $i$  și  $j$  ( $i, j = 0, 1', 1, 2', 2, 3', 3, 4, 5, 6, 7$  și  $k$  este axa  $x, y$  sau  $z$ ) și  $l_{ik}$  sau  $d_{ij}$  sunt distanțele între sistemele de referință consecutive cu axele paralele. Matricea coordonatelor sistemului de referință  $O_7 x_7 y_7 z_7$  față de sistemul de referință  $O_0 x_0 y_0 z_0$  rezultă ca produs al matricelor de transfer de mai sus, sub forma:

$$A_{07} = A_{01'} A_{1'1} A_{12} A_{22} A_{23'} A_{3'3} A_{34} A_{45} A_{56} A_{67}. \quad (4)$$

Analiza cinematică prezentată se poate extrapola la orice altă structură cu 7 axe. De asemenea această metodă se poate aplica la structurile cinematice cu 8 axe.

## 5. CONCLUZII

LANȚURILE cinematice redundante cu 7 sau 8 axe (7 sau 8 cuple monomobile de rotație sau de translație) s-au dovedit utile și unele variante deja se aplică la unii roboți industriali deja realizați în practică. Lucrarea prezintă o metodă de obținere a majorității structurilor posibile cu 7 sau 8 axe, la care corespund spații de lucru nedegenerate, dintre care se pot alege alte variante, decât cele cunoscute, pentru a fi realizate. Reprezentarea spațiilor de lucru ajută proiectantul în alegerea acelei structuri care poate avea un grad de funcționalitate maxim pentru o gamă de aplicații dată. Analiza cinematică bazată pe metoda operatorilor omogeni exemplifică posibilitatea rezolvării acestei probleme și în cazul acestor roboți redundanți.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Brell-Cokcan S., Reis, M., Schmiedhofer, H. and Braumann, J., *Digital Design to Digital Production: Flank Milling with a 7-Axis Robot and Parametric Design*. In: *Computation: The New Realm of Architectural Design – Proceedings of the 27th eCAADe Conference*, Istanbul, 2009, p. 323-330.
- [2] Dutita, Fl., et al., *Linkages mechanisms* (in Romanian). Bucharest, Tehnica Press, Romania, 1987.

- [3] Qi, R., Lam, T. L., Qian, H., Xu, Y., *Arc tracking on an eight-axis robot system*. În: ROBIO 2011, p. 678-683.
- [4] Wang, J., Li, Y. and Zhao, X., *Inverse Kinematics and Control of a 7-DOF Redundant Manipulator Based on the Closed-Loop Algorithm*. În: International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 7, No. 4 (2010), p. 1-9.
- [5] [www1:www.foodengineeringmag.com/.../seven-ax..](http://www1:www.foodengineeringmag.com/.../seven-ax..)
- [6] [www2: www.motoman.co](http://www2: www.motoman.co).
- [7] [www3:www.yaskawa.co.jp/en/.../robotics/01.html](http://www3:www.yaskawa.co.jp/en/.../robotics/01.html).
- [8] [www4:www.ragroup.com.au/robots/.../sda\\_sia\\_seri....](http://www4:www.ragroup.com.au/robots/.../sda_sia_seri....)
- [9] [www5:www.cloos.de/QIROX/.../roboter/.../index.p...](http://www5:www.cloos.de/QIROX/.../roboter/.../index.p...)
- [10] [www6:www.densorobotics.com/news/34](http://www6:www.densorobotics.com/news/34).

---

### Despre autori

Prof. dr. ing. Eur Ing **Ionel Starețu**  
Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este absolvent al Facultății TCM a Universității „Transilvania” din Brașov(1983). A obținut titlul de doctor inginer în specializarea Roboți industriali în 1995. Specializări în :Tribologie (Universitatea „Transilvania” – 1990), Robotique et Productique (INSTN din Saclay, Franța –1992/1993), Managementul organizației (IAI și Universitatea „Transilvania” –1999/2000), Managementul calității (2003) și Auditul calității (2004) la Universitatea „Transilvania”. Din 2003 este expert tehnic extrajudiciar și consultant certificat de CERTEXPERT – București și A.E.X.E.A. – Paris. Activează din 1985 la catedra de Design de Produs și Robotica de la Universitatea „Transilvania” din Brașov. A publicat: 6 cărți, 5 lucrări didactice și peste 170 de articole științifice în țară și în străinătate. Este autor sau coautor la 11 brevete de invenție. A contribuit la rezolvarea a peste 24 granturi de cercetare științifică naționale și internaționale (la 4 ca director de grant). Este președintele Filialei Brașov a Societății Române de Robotică, vicepreședinte al Filialei AGIR Brașov, membru ARO/TMM și expert în Robotică al Societății Academice din România, membru CRIFȘT – Academia Română. Este conducător de doctorat în domeniul Inginerie industrială. E-mail: [staretu@unitbv.ro](mailto:staretu@unitbv.ro)

Drd. ing. **Sebatian Jitariu**  
Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este absolvent al Universității „Transilvania” din Brașov, cu specializarea de licență Robotică (2010), și al masterului de Inginerie virtuală aplicată în inginerie (2012). A fost admis la doctorat în anul 2012, în domeniul Inginerie industrială. A rezolvat mai multe teme din domeniul modelării structurilor robotice și simulării funcționării acestora în medii CAD și în medii virtuale, de tip VRML. E-mail : [sebatian.jitariu@yahoo.com](mailto:sebatian.jitariu@yahoo.com)