METODA ŞABLONULUI ACTUALIZATĂ CU FUNCŢII AUTOLISP

THE PATTERN METHOD UPDATED WITH AUTOLISP FUNCTIONS

Prof. dr. Ing. Dinel POPA[1]
Dr. ing. Claudia-Mari POPA[2]

[1]Universitatea din Piteşti, Romania
E-mail: dinel_popa@yahoo.com
[2]Colegiul Tehnic Armand Călinescu, Piteşti, Romania

Rezumat. *În lucrare se prezintă o metodă de analiză poziţională bazată pe metoda şablonului. Cu ajutorul funcţiilor AutoLisp, în AutoCAD se obţine soluţia exactă a poziţionării unui triunghi cu vârfurile pe trei cercuri. După prezentarea funcţiilor întocmite se efectuează o aplicaţie numerică. Rezultatele obţinute sunt identice cu cele obţinute pe cale analitică.*
Cuvinte cheie. *Metoda şablonului, AutoLisp, AutoCAD, funcţii, algoritm, triadă*

Abstract. *In this paper is presented an analytical method based on the pattern method. With the AutoLisp functions is presented in AutoCAD the exact solution of a triangle positioned with the tops on three circles. After the presentation of used functions, a numerical application will be made. The obtained result are identical like the one obtained by an analytical method.*
Keywords. *Pattern method, AutoLisp, AutoCAD, function, algorithm, triad.*

1. INTRODUCERE

Metoda şablonului se aplică în cazul analizei poziţionale prin metode grafice. Exemplul clasic este cel aplicat în cazul analizei poziţionale a triadei 6R din figura 1. Se cunosc: poziţiile punctelor $O_1(a_1,b_1)$, $O_2(a_2,b_2)$, $O_3(a_3,b_3)$, lungimile $R_1 = O_1A_1$, $R_2 = O_2A_2$, $R_3 = O_3A_3$ şi dimensiunile triunghiului $A_1A_2A_3$: $l_{12} = A_1A_2$, $l_{13} = A_1A_3$ şi $l_{23} = A_2A_3$. Se cere poziţia triunghiului $A_1A_2A_3$.

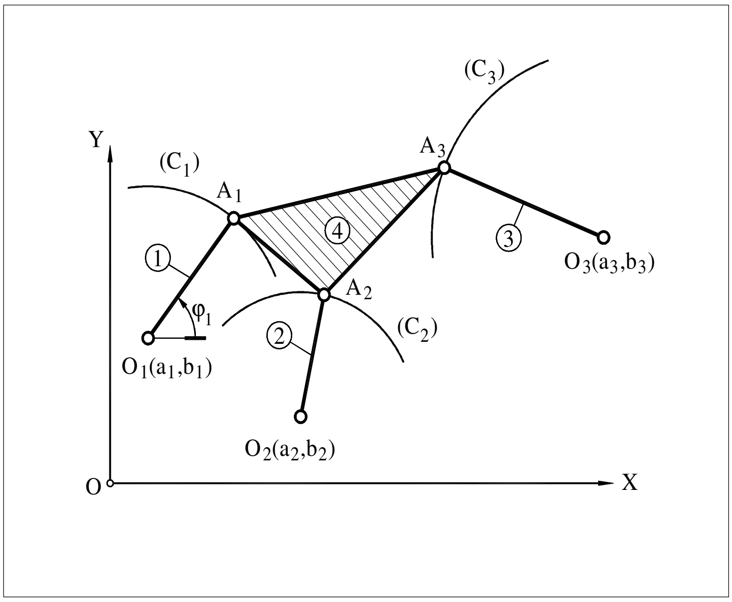

Fig. 1. Triada 6R.

Pentru obţinerea poziţiei triadei prin metoda şablonului în cazul unei metode grafice se procedează astfel:

- se alege o scară $k_l\left[\frac{\text{m}}{\text{mm}}\right]$ a lungimilor cu ajutorul căreia, prin împărţire, se obţin lungimile şi coordonatele punctelor în mm pe desen; pentru mărimile la scară se folosesc parantezele [];
- se decupează din carton un triunghi (şablon) egal (la scara k_l) cu triunghiul $A_1A_2A_3$;
- se trasează (la scara k_l) arcele de cerc (C_1), (C_2), (C_3) cu centrele în $[O_1]$, $[O_2]$ respectiv $[O_3]$ având razele egale cu $[R_1]$, $[R_2]$ şi respectiv $[R_3]$;
- se deplasează şablonul cu punctele $[A_1]$, $[A_2]$ pe arcele de cerc (C_1), (C_2) până când punctul $[A_3]$ ajunge pe arcul de cerc (C_3);
- se notează valorile obţinute pentru coordonatele punctelor $[A_1]$, $[A_2]$ şi $[A_3]$, care, înmulţite cu scara lungimilor k_l, va duce la obţinerea coordonatelor reale, în m, a punctelor A_1, A_2, A_3.

AutoCAD-ul este cunoscut pentru precizia obţinută în urma construcţiilor grafice (dublă precizie de calcul şi reprezentare). În continuare ne propunem a utiliza metoda şablonului în acest soft CAD.

Deoarece nu există o comandă directă în AutoCAD care să poziţioneze o figură geometrică pe trei arce de cerc, vom realiza o funcţie AutoLisp care, în AutoCAD, să realizeze această cerinţă.

O funcţie AutoLisp este o succesiune dinamică de liste, elementele listelor fiind închise între paranteze. Dintre particularităţile AutoLisp-ului putem enumera: nedeclararea tipului de date, inexistenţa diferenţelor între date şi programe (într-un program se pot crea programe noi sau se modifică programul existent), definirea de structuri oricât de mari datorită administrării dinamice a memoriei etc.

2. ALGORITM DE LUCRU

Conform cu cele specificate în capitolul anterior, algoritmul de lucru propus pentru poziţionarea triunghiului $A_1A_2A_3$ este:

I- se alege un punct A_1 pe cercul (C_1),

II- se obţine punctul A_2 la intersecţia dintre cercul de centru A_1 şi rază l_{12} cu cercul de centru O_2 şi rază R_2,

III- se obţine punctul A_3 la intersecţia dintre cercul de centru A_1 şi rază l_{13} cu cercul de centru A_2 şi rază l_{23},

IV- se determină distanţa A_3O_3 şi se compară cu R_3,

V- se repetă paşii I ÷ IV până se obţine o abatere acceptată pentru diferenţa $|A_3O_3 - R_3|$.

Notând cu φ_1, unghiul de poziţie ale elementului 1 cu axa OX (fig. 1), va rezulta că poziţia punctului $A_1(x_{O_1}, y_{O_1})$ în sistemul de referinţă OXY va fi dată de relaţiile:

$$x_{O_1} = a_1 + R_1 \cos \varphi_1$$
$$y_{O_1} = b_1 + R_1 \sin \varphi_1 \quad . \tag{1}$$

În algoritmul propus mai sus, alegerea punctului A_1 pe cercul (C_1) este similară cu alegerea unghiului φ_1, iar căutarea poziţiei exacte a triunghiului ce se sprijină cu vârfurile pe cele trei cercuri se face variind unghiul φ_1 până când diferenţa dintre distanţa A_3O_3 şi R_3 este, în modul, mai mică cu o valoare impusă.

Algoritmul de variaţie al unghiului φ_1 este următorul:

– se determină distanţa $d_1 = A_3O_3$ pentru unghiul φ_1,

– se determină distanţa $d_2 = A_3O_3$ pentru unghiul $\varphi_1 + \Delta\varphi$,

– se calculează diferenţa $dif = |R_3 - d_1|$ care dacă nu este mai mică decât o eroare impusă ε se variază unghiul φ_1 cu relaţia

$$\varphi_1 = \varphi_1 + \Delta\varphi \frac{R_3 - d_1}{d_2 - d_1} \tag{2}$$

– se reiau paşii anteriori micşorându-se pasul $\Delta\varphi$ (spre exemplu $\Delta\varphi = \Delta\varphi / 10$) până când

$$|R_3 - d_1| < \varepsilon \, . \tag{3}$$

În continuare vom prezenta funcţiile AutoLisp ce vor duce la rezolvarea problemei.

3. FUNCŢII AUTOLISP

Din cele prezentate anterior a rezultat că o primă problemă ce trebuie rezolvată în AutoLisp este cea a intersecţiei dintre două cercuri.

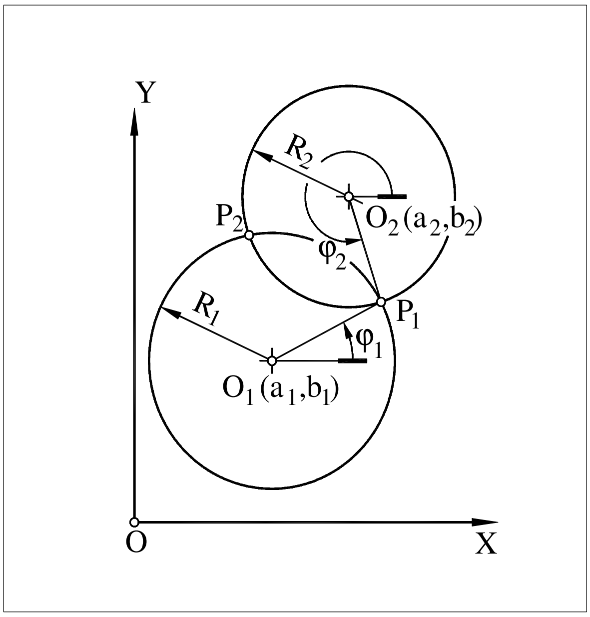

Fig. 2. Intersecţia a două cercuri.

Notând centrele cercurilor cu $O_1(a_1,b_1)$ şi respectiv $O_2(a_2,b_2)$, acestea având razele R_1 şi respectiv R_2, cu notaţiile din figura 2, obţinem relaţia vectorială:

$\overline{OO_1}+\overline{O_1P}=\overline{OO_2}+\overline{O_2P}$ (4)

care proiectată pe sistemul de axe XOY duce la obţinerea sistemului neliniar:

$$\begin{cases} a_1+R_1\cos\varphi_1=a_2+R_2\cos\varphi_2 \\ b_1+R_1\sin\varphi_1=b_2+R_2\sin\varphi_2 \end{cases} \tag{5}$$

Se obţine din (5) pentru φ_1 soluţia

$$\varphi_{1_{1,2}}=2\arctan\frac{-B\pm\sqrt{A^2+B^2-C^2}}{C-A} \tag{6}$$

unde:

$$\begin{aligned} &A=2R_1(a_1-a_2) \\ &B=2R_1(b_1-b_2) \\ &C=(a_1-a_2)^2+(b_1-b_2)^2+R_1^2-R_2^2 \end{aligned} \tag{7}$$

Se obţin astfel, atunci când există, punctele de intersecţie $P_1(x_1,y_1)$ şi $P_2(x_2,y_2)$, unde:

$$x_1=a_1+R_1\cos\varphi_{1_1};\, y_1=a_1+R_1\sin\varphi_{1_1}, \tag{8}$$

$x_2=a_1+R_1\cos\varphi_{1_2} y_2=a_1+R_1\sin\varphi_{1_2}$ (9)

Existenţa punctelor de intersecţie este dată de semnul expresiei de sub radicalul relaţiei (6):

$A^2+B^2-C^2>0$ două puncte de intersecţie,

$A^2+B^2-C^2=0$ un singur punct de intersecţie (cercuri tangente),

$A^2+B^2-C^2<0$ nici-un punct de intersecţie.

Funcţia AutoLisp întocmită pe baza relaţiilor (6) ÷ (9) este intitulată "Int_2C" şi are conţinutul următor:

```
(Defun Int_2C ()
  (setq A (* 2 R1 (- a1 a2))
 B (* 2 R1 (- b1 b2))
 C (+ (* (- a1 a2) (- a1 a2))(* (- b1 b2) (- b1 b2))(* R1 R1)(* R2 R2 -1))
 aa (+ (* A A) (* B B) (* C C -1)))
  (If (>= aa 0)
```

```
    (PROGN                    ;Then instructiuni
      (setq ramuri 2)
      (setq bb (/ (+ (* -1 B) (Sqrt aa)) (- C A)))
      (If (> bb 0)                  ;daca bb>0
      (setq fi11 (* 2 (atan bb)))   ;Then
      (setq fi11 (+ (* 2 Pi) (* 2 (atan bb)))) ;Else
      )                             ;Sfarsit If bb>0
      (setq bb (/ (- (* -1 B) (Sqrt aa)) (- C A)))
      (If (> bb 0)                  ;daca bb>0
      (setq fi12 (* 2 (atan bb)))   ;Then
      (setq fi12 (+ (* 2 Pi) (* 2 (atan bb)))) ;Else
      )                             ;sfarsit If bb>0
    )                         ;gata instructiuni Then aa>0
    (setq ramuri 1)                 ;Else de la aa>0
  )                           ;sfarsit IF aa>0
  (If (= ramuri 2)
    (PROGN                    ;Then instructiuni
      (setq x1 (+ a1 (* R1 (cos fi11)))
          y1 (+ b1 (* R1 (sin Fi11)))
          x2 (+ a1 (* R1 (cos fi12)))
          y2 (+ b1 (* R1 (sin Fi12)))
          P1 (list x1 y1)
          P2 (list x2 y2))
    )                         ;de la PROGN
    (Print "Cecurile nu se intersecteaza") ;Else de la ramuri = 2
  )                           ;sfarsit IF ramuri =2
)
```

Funcţia de mai sus returnează punctele de intersecţie P1 şi P2 dintre două cercuri şi atribuie variabilei *ramuri* valoarea 2 pentru două puncte de intersecţie şi valoarea 1 pentru cazul în care cercurile nu se intersectează.

În algoritmul de lucru prezentat în capitolul 2 obţinerea poziţiilor punctelor A_1, A_2 şi A_3 se face apelând de două ori funcţia AutoLisp de mai sus. De aceea este util a realiza o nouă funcţie AutoLisp intitulată "Calcule" care determină, funcţie de unghiul φ_1, în ordine:

- coordonatele punctului $A_1(x_{A1}, y_{A_1})$ cu relaţiile (1),
- punctele P1 şi P2 de intersecţie dintre cercul de centru A_1 şi rază l_{12} cu cercul de centru O_2 şi rază R_2 cu funcţia "Int_2C",
- determinarea coordonatelor punctului A_2 prin alegerea unuia dintre punctele P1, P2, funcţie de poziţia mecanismului,
- punctele P1 şi P2 de intersecţie dintre cercul de centru A_1 şi rază l_{13} cu cercul de centru A_2 şi rază l_{23} cu funcţia "Int_2C",
- determinarea coordonatelor punctului A_3 prin alegerea unuia dintre punctele P1, P2, funcţie de poziţia mecanismului,
- determinarea distanţei A_3O_3 cu relaţia $d = A_3O_3 = \sqrt{(x_{A_3} - a_3)^2 + (y_{A_3} - b_3)^2}$ sau cu funcţia AutoLisp "Distance".

Funcţia are conţinutul de mai jos:

```
(Defun Calcule ()
(setq xA1 (+ amic1 (* rmic1 (Cos fi)))
```

```
      yA1 (+ bmic1 (* rmic1 (Sin fi)))
     a1 amic2 b1 bmic2 r1 rmic2 a2 xA1 b2 yA1 r2 l12)
 (Int_2C)
 (Setq xA2 x2 yA2 y2)
 (setq a1 x2 b1 y2 r1 l23 r2 l13)
 (Int_2C)
 (Setq xA3 x2 yA3 y2
        d  (Sqrt(+(*(-  xA3  amic3)(-  xA3  amic3))(*  (-  yA3  bmic3)(-  yA3
bmic3)))))
)
```

Apelarea celor două funcţii AutoLisp se face în corpul principal al funcţiei intitulată "Triada" al cărei conţinut este prezentat mai jos:

```
(Defun C:Triada ()
(Setq amic1 15.0 bmic1 30.0 rmic1 50.0
       amic2 90.0 bmic2 20.0 rmic2 60.0
      amic3 150.0 bmic3 40.0 rmic3 84.0
       l12 50.0 l23 50.0 l13 92.0 err 0.00001)
 (setq fi  (/ (* 90.0 pi) 180) pas (/ (* 0.01 pi) 180))
  (setq  PC1  (List  amic1  bmic1)  PC2  (List  amic2  bmic2)  PC3  (List  amic3
bmic3))
  (Command "Erase" "All" "" "OSNAP" "OFF" "Color" "1")
 (Command "Circle" PC1 rmic1 "Circle" PC2 rmic2 "Circle" PC3 rmic3)
 (Calcule)
 (Setq A1 (List xA1 yA1) A2 (List xA2 yA2) A3 (List xA3 yA3))
 (Command "Pline" A1 "W" "0.5" "0.5" A2 A3 "Close")
 (Setq d1 d fi (+ fi pas))
 (Calcule) (Setq d2 d)
 (Setq fi (+ fi (/ (* pas (- rmic3 d1)) (- d2 d1))))
 (Calcule) (Setq d1 d dif (ABS(- rmic3 d1)))
 (IF (>= dif err)
  (PROGN                            ;Then instructiuni
   (Setq pas (/ pas 10) fi (+ fi pas))
   (Calcule) (Setq d2 d fi (+ fi (/ (* pas (- rmic3 d1)) (- d2 d1))))
   (Calcule) (Setq d1 d dif (ABS(- rmic3 d1)))
   )                                ;de la PROGN
 )                                  ;Sfarsit If
 (setq A1 (List xA1 yA1) A2 (List xA2 yA2) A3 (List xA3 yA3))
 (Command "Color" "7" "Pline" A1 "W" "0.5" "0.5" A2 A3 "Close")
)
```

După atribuirea de valori (funcţia setq) distanţelor şi coordonatelor punctelor fixe se alege pentru unghiul φ_1 valoarea de 90° iar pentru $\Delta\varphi$ valoarea 0,01°.

După ştergerea construcţiilor existente şi inhibarea modurilor "OSNAP" se construiesc trei cercuri cu centrele în O_1, O_2, O_3 de raze R_1, R_2, R_3.

Se apelează funcţia "Calcule" ce determină coordonatele punctelor A_1, A_2, A_3 şi se construieşte cu comanda AutoCAD "PLine" triunghiul $A_1A_2A_3$ (poziţia aproximativă) cu culoarea roşie. Se continuă algoritmul prezentat în capitolul 2 cu varierea unghiului φ_1 într-un ciclu repetitiv IF, până când abaterea de la distanţa O_3A_3 este inferioară valorii 0,00001.

Funcţia se încheie după ce se construieşte cu negru triunghiul $A_1A_2A_3$.

4. CONCLUZII

Funcţia AutoLisp "Triada" este realizată în scopul obţinerii poziţiei unui triunghi cu vârfurile pe trei cercuri. Ea poate fi utilizată cu modificări minore şi în analiza cinematică a unei triade atunci când poziţia punctelor O_1, O_2 sau O_3 variază funcţie de un parametru.

Într-o aplicaţie numerică, cu valorile: $a_1 = 15$, $b_1 = 30$, $R_1 = 50$, $a_2 = 90$, $b_2 = 20$, $R_2 = 60$, $a_3 = 150$, $b_3 = 40$, $R_3 = 84$, $l_{12} = 50$, $l_{23} = 50$, $l_{23} = 92$, se obţine după apelarea funcţiei construcţia din figura 3. S-a pornit de la valoarea aproximativă $\varphi_1 = 90°$ şi s-a obţinut valoarea exactă $\varphi_1 = 75{,}77°$. În figura 3 soluţia aproximativă este cu linie întreruptă, soluţia exactă cu linie continuă şi s-au cotat unghiurile de poziţie ale elementelor 1, 2 şi 3 cu comanda AutoCAD "DIMANGular".

Valorile obţinute sunt identice cu cele obţinute printr-o metodă analitică ([3]). Metoda analitică folosită în [3] duce la obţinerea unui sistem neliniar cu necunoscutele φ_1, φ_2, φ_3, sistem rezolvat prin metoda iterativă Newton-Raphson.

Metoda propusă în lucrarea are marele avantaj al soluţiilor grafice, acela de a vizualiza soluţia obţinută şi de a aprecia corectitudinea acesteia.

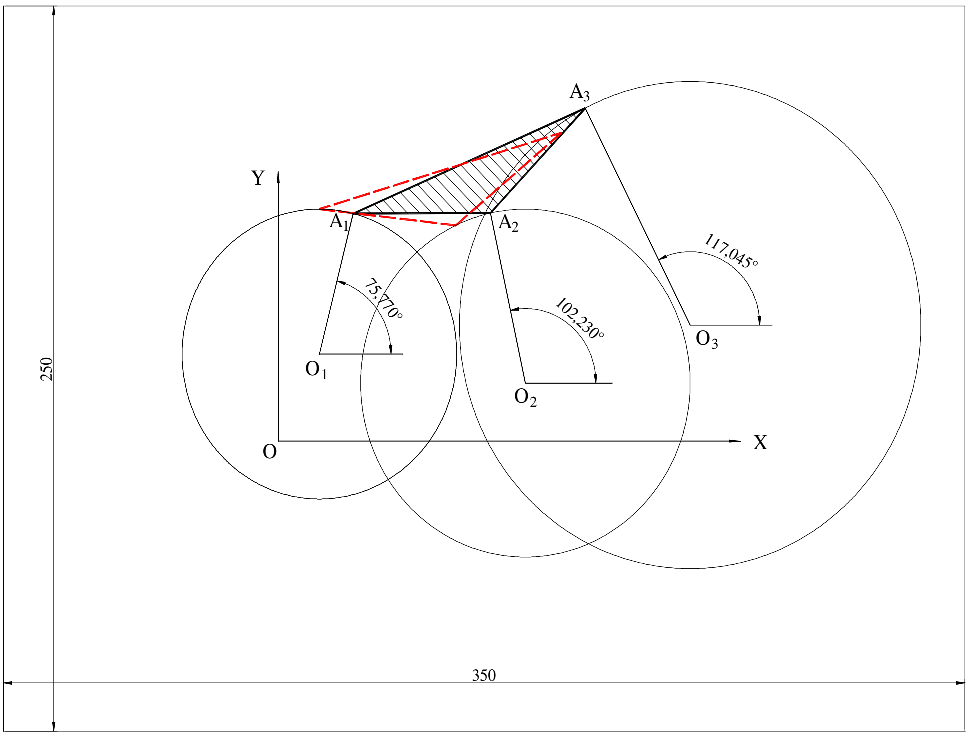

Fig. 3. Poziţia triadei.

Funcţia AutoLisp prezentată poate fi modificată pentru a putea fi utilizată în exclusivitate de la tastatură. În forma actuală se intervine în funcţie pentru a alege una din soluţii în cazul punctelor A_2 sau A_3 (unul din punctele de intersecţie a două cercuri).

De asemenea funcţia se poate completa pentru a realiza interogarea, astfel încât să se poată introduce de la tastatură, sau specifica cu mouse-ul, valorile coordonatelor punctelor O_1, O_2, O_3, a lungimilor O_1A_1, O_2A_2, O_3A_3 şi a dimensiunilor triunghiului $A_1A_2A_3$.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Manolescu, N., Kovacs, Fr., Orănescu, A.,** Teoria mecanismelor şi a maşinilor, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972

[2] **Pelecudi, Chr., Maros, D., Merticaru, V., Pandrea, N., Simionescu, I.,** Mecanisme, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1985.

[3] **Pandrea, N., Popa, D.,** Mecanisme. Teorie şi aplicaţii CAD, Editura Tehnică, Bucureşti, 2000.

[4] **Popa, D., Popa, Claudia,** Proiectarea asistată în ingineria mecanică, Editura Tehnică, Bucureşti, 2003 .

[5] **Popa, D., Stan, M., Popa, C.,** Proceduri AutoLisp utilizate în analiza cinematică a mecanismelor, A XXVIII-a Conferinţă Naţională de Mecanica Solidului, Târgovişte 2004, vol. II, pag. 132 – 136.

[6] **Popa, D., Pandrea, N.,** The construction of the centers curve with AutoLisp functions, The XXX-th National Conference of solid mechanisms, Constanţa Maritime University MECSOL 2006, pag. 111 – 118.