

RECUNOAȘTEREA IMAGINILOR ÎN BAZA IMAGINILOR DE MOMENT - INOVAȚII ACTUALE

Veaceslav PERJU,
prof.univ. CNAU,
Vitalii MITITELU
lector universitar USEM
vitalie.mititelu@gmail.com

Abstract: *this paper presents the notion of moments, the role of moments in the image processing, recognition and analysis. It pays attention to geometric moments, which will be used to recognize images on the geometrical moment features (GMF). They are described algorithms of three methods of image recognition: on the bases of adaptive geometrical GMF classification, adaptive normalized geometrical GMF classification and adaptive invariant GMF classification.*

Key words: *moments; image; image recognition; index moment features.*

Rezumat: în această lucrare este prezentată noțiunea de moment, rolul momentelor în prelucrarea, recunoașterea și analiza imaginilor. Se acordă o atenție sporită momentelor geometrice, care se vor utiliza la recunoașterea imaginilor pe baza indicilor geometrici de moment (IGM). Sunt descrise algoritmi ai a trei metode de recunoaștere a imaginilor: pe baza clasificării geometrice adaptive IGM,, pe baza clasificării geometrice normalizate IGM adaptive și a clasificării adaptive invariante IGM.

Cuvinte cheie: momente; imagine; recunoaștere a imaginii; indici geometrici de moment.

Introducere:

Recunoașterea automată a obiectelor a devenit o disciplină foarte importantă în analiza imaginilor. Momentele și invarianții de moment joacă un rol foarte important ca indici de recunoaștere invariantă. Ei au fost introduși în comunitatea de recunoaștere a formelor în urmă cu aproape 50 de ani și fundalul matematic pe care îl folosesc este chiar mai vechi, provenind din a doua jumătate a secolului al XIX-lea. În viața noastră de zi cu zi, fiecare dintre noi primește, procesează și analizează aproape constant o cantitate mare de informații de diferite tipuri, semnificație și calitate și trebuie să ia decizii bazate pe analiza ei. Mai mult de 95% din informațiile pe care le percepem este de caracter optic. Imaginea este un mediu de informare și un instrument de comunicare foarte puternic, capabil de a reprezenta scene și procese complexe într-un mod compact și eficient. Datorită acestui fapt, imaginile nu sunt doar surse primare de informații, dar sunt, de asemenea, folosite pentru comunicare între oameni și în interacțiune dintre oameni și mașini.

Imaginile digitale conțin o cantitate enormă de informații. O imagine poate fi luată și transmisă în câteva secunde prietenilor printr-un telefon mobil, și conține mai multe informații decât câteva sute de pagini de text. Acesta este motivul pentru care există o nevoie urgentă de metode automate și puternice de analiză a imaginilor. Din punct de vedere matematic, momentele sunt „proiecții” ale unei funcții pe o bază polinomială (în mod similar, transformarea Fourier este o proiecție pe bază de funcții armonice). Există mai multe tipuri de momente. În lucrare se vor folosi momentele geometrice.

Au fost studiate 3 metode de recunoaștere a invarianților (fig.1): pe baza clasificării geometrice adaptive IGM (CGAIGM), pe baza clasificării geometrice normalizate IGM adaptive (CGNIGMA) și a clasificării adaptive invariante IGM (CAIIGM). A fost elaborat un soft care recunoaște imaginile pe baza normalizării lor, utilizând metoda clasificării geometrice adaptive IGM (CGAIGM). Au fost efectuate 5 tipuri de experimente: atunci când scara imaginii variază ($e_1 \neq 1$), atunci când imaginea este rotită ($e_2 \neq 0$), atunci când variază poziția (coordonatele x și y) imaginii ($e_3 \neq 0$ și $e_4 \neq 0$) și cazul când este prezent zgomotul ($N \neq 0$).

Rezultate și discuții:

Noțiuni generale despre momente

Momentele sunt cantități scalare folosite pentru a caracteriza o funcție și pentru a determina caracteristicile sale semnificative. Acestea au fost utilizate pe scară largă de sute de ani în statistici pentru descrierea formelor funcției densității de probabilitate și în mecanica clasică a corpului rigid pentru a măsura distribuția masei unui corp. Din punct de vedere matematic, momentele sunt „proiecții” ale unei funcții pe o bază polinomială (în mod similar, transformarea Fourier este o proiecție pe bază de funcții armonice). Din motive de claritate, vom introduce niște termeni de bază și propuneri, pe care le vom folosi în acest articol.

Definiția 1.1 Printr-o funcție imagine (sau imagine) se înțelege orice funcție continuă reală pe porțiuni $f(x, y)$ de două variabile definită pe un suport compact $D \subset \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ și având o integrală finită nenulă.

Definiția 1.2 Momentul general $M_{pq}^{(f)}$ a unei imagini $f(x, y)$, unde p, q sunt numere întregi nenegative și $r = p + q$ este numit ordin de moment, definit ca

$$M_{pq}^{(f)} = \iint_D p_{pq}(x, y) f(x, y) dx dy, \quad (1)$$

unde $p_{00}(x, y)$, $p_{10}(x, y)$, ..., $p_{kj}(x, y)$, ... sunt funcții polinomiale de bază definite pe D . (Se omite exponentul $^{(f)}$ în cazul în care nu există nici un pericol de confuzie.)

Tipuri de momente

Alegerea cea mai frecventă este o bază de putere standard $p_{kj}(x, y) = x^k y^j$ care duce la momentele geometrice, descrise prin formula:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy. \quad (2)$$

Caracterizarea imaginii prin intermediul unor momente geometrice este completă în următorul sens. Pentru orice funcție de imagine, momentele geometrice de toate ordinele există și sunt finite. Funcția de imagine poate fi reconstruită cu exactitate din setul de momente (această afirmație este cunoscut ca teorema de unicitate).

O altă alegere populară a polinoamelor de bază $p_{kj}(x, y) = (x + iy)^k (x - iy)^j$, unde i este unitatea imaginară, duce la momente complexe

$$c_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x + iy)^p (x - iy)^q f(x, y) dx dy. \quad (3)$$

Momentele geometrice și complexe au aceeași cantitate de informații. Fiecare moment complex poate fi exprimat în termeni de momente geometrice de același ordin ca și

$$c_{pq} = \sum_{k=0}^p \sum_{j=0}^q \binom{p}{k} \binom{q}{j} (-1)^{q-j} \cdot i^{p+q-k-j} \cdot m_{k+j, p+q-k-j} \quad (4)$$

și invers

$$m_{pq} = \frac{1}{2^{p+q} i^q} \sum_{k=0}^p \sum_{j=0}^q \binom{p}{k} \binom{q}{j} (-1)^{q-j} \cdot c_{k+j, p+q-k-j} \quad (5)$$

Momentele complexe sunt introduse deoarece ele se comportă în mod favorabil la rotirea imaginii. Această proprietate poate fi utilizată în mod avantajos, atunci când construim invarianți în raport cu rotația, așa cum va fi arătat în continuare.

În cazul în care baza polinomului $\{p_{kj}(x, y)\}$ este ortogonală, de exemplu, în cazul în care elementele sale îndeplinesc condiția de ortogonalitate

$$\int_{\Omega} p_{pq}(x, y) \cdot p_{mn}(x, y) dx dy = 0 \quad (6)$$

sau ortogonalitate ponderată

$$\int_{\Omega} w(x, y) \cdot p_{pq}(x, y) \cdot p_{mn}(x, y) dx dy = 0 \quad (7)$$

Spre deosebire de momente geometrice, momentele OG sunt coordonate de f în baza polinoamelor în sensul obișnuit utilizat în algebra liniară. Datorită acestui lucru, reconstrucția imaginii de momente OG pot fi efectuate cu ușurință, așa ca

$$f(x, y) = \sum_{kj} M_{kj} \cdot p_{kj}(x, y). \quad (8)$$

Mai mult decât atât, această reconstrucție este „optimală”, deoarece minimizează eroarea medie - pătratică utilizând doar un set finit de momente. Pe de altă parte, reconstrucția imaginii din momentele geometrice nu poate fi efectuată direct în domeniul spațial. Aceasta se realizează în domeniul Fourier folosind faptul că momentele geometrice formează coeficienții Taylor ai transformării Fourier $F(u, v)$

$$F(u, v) = \sum_p \sum_q \frac{(-2\pi i)^{p+q}}{p! q!} m_{pq} u^p v^q \quad (9)$$

Recunoașterea formelor invariante pe baza calculării adaptive a indicilor de moment ai imaginii (IMG)

Să presupunem că imaginea de referință este descrisă de funcția $P(x, y)$, iar imaginea distorsionată este descrisă de funcția:

$$P(x',y') = DF \{P(x,y)\}, \quad (10)$$

unde DF - operator al distorsiunii imaginii, și

$$P(x',y') = P(x, y, e_1, e_2, e_3, e_4). \quad (11)$$

Aici e_1 – scara de modificare a imaginii; e_2 – schimbarea de orientare unghiulară a imaginii; e_3, e_4 – translarea imaginii după coordonatele x și y . În caz general $e_1 [\neq v]=1, e_2, e_3, e_4 [\neq v]=0$, unde operația $[\neq v]=$ este “ \neq ” or “ $=$ ”.

Indicii geometrice de moment ai imaginilor (IGM) de ordin $(p+q)$ ai funcției $P(x',y')$ sunt definiți ca:

$$m'_{pq} = \iint_{-\infty}^{\infty} (x')^p (y')^q P_R(x', y') dx' dy' \quad (12)$$

IGM, invariant în translarea imaginilor, poate fi descris ca:

$$\mu_{pq} = \iint_{-\infty}^{\infty} (x')^p (y')^q P(x+(m')_{10}/(m')_{00}, y+(m')_{01}/(m')_{00}) dx' dy' \quad (13)$$

IGM, invariant în scalarea modificării imaginilor, este:

$$\eta_{pq} = (m')_{pq} / [(m')_{00}]^{(p+q+2)/2} \quad (14)$$

IGM, invariant în schimbarea orientării unghiulare a imaginii, este:

$$b_1 = (m')_{20} + (m')_{02} \quad (15)$$

$$b_2 = [(m')_{20} - (m')_{02}]^2 + 4(m')_{11}^2 \quad (16)$$

$$b_3 = [(m')_{30} - 3(m')_{12}]^2 + [3(m')_{21} - (m')_{03}]^2 \quad (17)$$

$$b_4 = [(m')_{30} + (m')_{12}]^2 + [(m')_{21} + (m')_{03}]^2 \quad (18)$$

$$b_5 = [(m')_{30} - 3(m')_{12}][[(m')_{30} + (m')_{12}] \{[(m')_{30} + (m')_{12}]^2 - 3[(m')_{21} + (m')_{03}]^2\} + [3(m')_{21} - (m')_{03}][[(m')_{21} + (m')_{03}] \{3[(m')_{30} + (m')_{12}]^2 - [(m')_{21} + (m')_{03}]^2\}] \quad (19)$$

$$b_6 = [(m')_{20} - (m')_{02}] \{[(m')_{30} + (m')_{12}]^2 - [(m')_{21} + (m')_{03}]^2\} + 4 \{ (m')_{11} [(m')_{30} + (m')_{12}] [(m')_{21} + (m')_{03}] \} \quad (20)$$

$$b_7 = [3(m')_{21} - (m')_{03}][[(m')_{30} + (m')_{12}] \{[(m')_{30} + (m')_{12}]^2 - 3[(m')_{21} + (m')_{03}]^2\}] - [(m')_{30} - 3(m')_{12}] x [(m')_{21} + (m')_{03}] \{3[(m')_{30} + (m')_{12}]^2 - [(m')_{21} + (m')_{03}]^2\} \quad (21)$$

IGM geometric, normalizat în modificarea scalară e_1 :

$$m_{pq} = (e_1)^{2+p+q} m'_{pq} \quad (22)$$

IGM geometric, normalizat în modificarea de rotație e_2 :

$$m_{pq} = \sum_{r=0}^p \sum_{s=0}^q \{ C_r^p C_s^q [\cos(e_2)]^{p-r+s} [\sin(e_2)]^{q+r-s} m'_{p+q-r-s, r+s} \} \quad (23)$$

unde C - numărul de combinații.

IGM geometric, normalizat în modificarea poziției e_3, e_4 :

$$m_{pq} = \sum_{r=0}^p \sum_{s=0}^q \{ C_r^p C_s^q (e_3)^{p-r} (e_4)^{q-s} m'_{rs} \} \quad (24)$$

Valoarea parametrilor de distorsiune este definită după cum urmează:

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= (m'_{00} / m_{00})^{1/2}, \\ \text{unde } m'_{00}, m_{00} &\text{ sunt IGM geometrice} \\ &\text{ale obiectelor de intrare și a celor standard.} \\ e_2 &= [\arctg \{ 2\mu'_{11} / (\mu'_{20} - \mu'_{02}) \}] / 2 \\ e_3 &= m'_{10} / m'_{00} \\ e_4 &= m'_{01} / m'_{00} \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Au fost studiate 3 metode de recunoaștere a invariantilor (fig.1): pe baza clasificării geometrice adaptive IGM (CGAIGM), pe baza clasificării geometrice normalizate IGM adaptive (CGNIGMA) și a clasificării adaptive invariante IGM (CAIIGM).

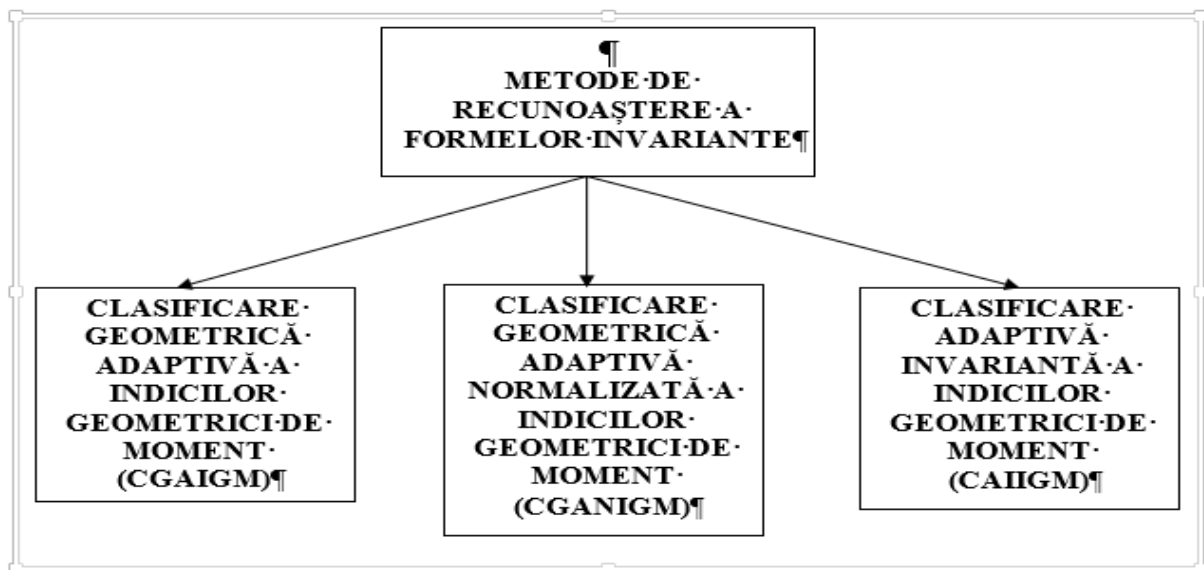


Fig. 1. Metode de recunoaștere a formelor invariante

Aceste metode permit să extragem volumul cerut de informație din imaginea inițială și permite să o procesăm în dependență de complexitatea imaginii analizate, capabile să reorganizeze procesele de calcul și să formeze IGM geometrici, centrali, normalizați și invarianți în dependență de posibile schimbări ale scalei, orientării unghiulare a obiectului.

Algoritmul metodei recunoașterii formelor pe baza clasificării adaptive geometrice a indicilor geometrici de moment

1. La primul pas complexitatea imaginii IC de intrare $P(x', y')$ este calculată și apoi se determină numărul necesar de pixeli care trebuie procesați $DE=K \times L$. Datele IC, DE sunt folosite pentru extragerea informațiilor necesare de la imaginea de pe scenele de formațiuni geometrice IGM și normalizare a imaginii.
2. În funcție de valoarea parametrului IC, volumul necesar de informații este extras din imaginea P (x', y') , care trebuie să fie procesată:

$$P(x', y') \rightarrow P_R(x'_1, y'_1) \tag{26}$$
unde $x' = 1 \div N$, $y' = 1 \div M$, $x'_1 = 1 \div K$, $y'_1 = 1 \div L$, și $K=f_1(IC)$, $L=f_2(IC)$; $K \leq N$, $L \leq M$.
3. Mulțimea de IGM geometrice a imaginii $P_R(x'_1, y'_1)$ se calculează:

$$m'_{pq} = \iint_{-\infty}^{\infty} (x'_1)^p (y'_1)^q P_R(x'_1, y'_1) dx'_1 dy'_1; \text{ unde } p=q=0 \div 2 \tag{27}$$
4. Pe baza expresiilor (24), se definesc tipurile de distorsiuni de imagine.
Schimbară orientării unghiulare a imaginii e_2 este îndeplinirea condiției: $m'_{11} \neq 0$
Atributele deplasării imaginii e_3, e_4 sunt: $m'_{10} \neq 0$ și $m'_{01} \neq 0$ respectiv
5. Parametrii necesari pentru distorsiunea imaginii sunt calculați:

$$e_3 = m'_{10} / m'_{00}, \tag{28}$$

$$e_4 = m'_{01} / m'_{00}, \tag{29}$$

$$e_2 = [\arctg \{ 2\mu'_{11} / (\mu'_{20} - \mu'_{02}) \}] / 2, \tag{30}$$
unde $\mu'_{11} = m'_{11} - e_4 m'_{10}$, $\tag{31}$
 $\mu'_{20} = m'_{20} - e_3 m'_{10}$, $\tag{32}$
 $\mu'_{02} = m'_{02} - e_4 m'_{01}$. $\tag{33}$
6. Parametrul de schimbare a scării imaginii e_1 este determinat (de echipament spațial)
7. Pe baza valorilor parametrilor $e_1 \div e_4$ și în funcție de complexitatea imaginii IC, normalizarea imaginii $P_R(x'_1, y'_1)$ este executată:

$$P_R(x_1', y_1') \rightarrow P_N(x_2, y_2), \quad (34)$$

$$\text{unde } x_2 = e_1[x_1' \cos(e_2) - y_1' \sin(e_2)] + e_3, \quad y_2 = e_1[x_1' \sin(e_2) + y_1' \cos(e_2)] + e_4. \quad (35)$$

8. IGM geometrice ai imaginii $P_N(x_2, y_2)$ sunt calculate, care în acest caz vor fi normalizați IGM:

$$m_{pq} = \iint_{-\infty}^{\infty} (x_2)^p (y_2)^q P_N(x_2, y_2) dx_2 dy_2 \quad (36)$$

9. Clasificarea obiectului este realizată pe baza de calcul a măsurii:

$$D_{m_i} = \sum_p \sum_q \left\{ \frac{|(m_{pq})_i - m_{pq}|}{(m_{pq})_i} \right\} \quad (37)$$

unde $(m_{pq})_i$ sunt IGM geometrice ai obiectului i standard, $i=1 \div Q$.

Metoda recunoașterii formelor pe baza clasificării geometrice adaptive normalizate a indicilor geometrice de moment

Etapele 1-5 ale acestei metode sunt aceleași ca și la cea precedentă.

6. Pe baza valorii parametrilor de distorsiune $e_2 \div e_4$ și a dependenței complexității imaginii SL , normalizarea imaginii $P_R(x_1', y_1')$ este descrisă:

$$P_R(x_1', y_1') \rightarrow P_N(x_2', y_2') = P_N(x_2, y_2, e_1), \quad (38)$$

$$\text{unde } x_2' = [x_1' \cos(e_2) - y_1' \sin(e_2)] + e_3, \quad y_2' = [x_1' \sin(e_2) + y_1' \cos(e_2)] + e_4. \quad (39)$$

7. IGM geometric al funcției $P_N(x_2', y_2')$ este definită, atunci, în acest caz, va fi normalizată la deplasarea și rotirea imaginii de intrare, dar nu este invariantă la modificarea scării:

$$m'_{pq} = \iint (x_2')^p (y_2')^q P_N(x_2', y_2') dx_2' dy_2', \quad p=q=0 \div 3. \quad (40)$$

8. IGM normalizate sunt calculate, ele sunt invariante la schimbarea scării, și se calculează:

$$\eta_{pq} = m'_{pq} / [m'_{00}]^{(p+q+2)/2} \quad (41)$$

9. Clasificarea obiectului este realizată pe bază de calcul a măsurii:

$$D_{\eta_i} = \sum_p \sum_q \left\{ |(\eta_{pq})_i - \eta_{pq}| / |(\eta_{pq})_i| \right\}, \quad (42)$$

unde $(\eta_{pq})_i$ este IGM normalizat al i -lui obiect standard.

10. Parametrul modificării scării e_1 este calculat ca:

$$e_1 = m'_{00} / m_{00}, \quad (43)$$

unde m'_{00} , m_{00} sunt IGM geometrice a obiectelor de intrare și a celor standarde.

Metoda recunoașterii formelor pe baza clasificării adaptive invariante a indicilor geometrice de moment

Etapele 1-4 ale acestei metode sunt aceleași ca la prima metodă.

5. Dacă $m'_{10} \neq 0$ or $m'_{01} \neq 0$, parametrul necesar pentru translarea imaginii se calculează:

$$e_3 = m'_{10} / m'_{00}, \quad (44)$$

$$e_4 = m'_{01} / m'_{00}. \quad (45)$$

6. Pe baza imaginii $P_R(x_1', y_1')$ IGM sunt formate, ele vor fi invariante la deplasările obiectului:

$$\mu'_{pq} = \iint (x_1')^p (y_1')^q P_R(x_1' + e_3, y_1' + e_4) dx_1' dy_1', \quad p=q=0 \div 3. \quad (46)$$

7. Normalizarea IGM μ'_{pq} este efectuată, ea permite să se obțină IGM, invariant la schimbarea scării obiectului:

$$\eta'_{pq} = \mu'_{pq} / [\mu'_{00}]^{(p+q+2)/2}. \quad (47)$$

8. Invariantul la rotirea obiectului IGM se calculează ca o combinație a IGM η'_{pq} :

$$b_1 = \eta'_{20} + \eta'_{02} \quad (48)$$

$$b_2 = (\eta'_{20} - \eta'_{02})^2 + 4(\eta'_{11})^2 \quad (49)$$

$$b_3 = (\eta'_{30} - 3\eta'_{12})^2 + (3\eta'_{21} - \eta'_{03})^2 \quad (50)$$

$$b_4 = (\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 + (\eta'_{21} + \eta'_{03})^2 \quad (51)$$

$$b_5 = (\eta'_{30} - 3\eta'_{12})(\eta'_{30} + \eta'_{12})[(\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 - 3(\eta'_{21} + \eta'_{03})^2] + (3\eta'_{21} - \eta'_{03})(\eta'_{21} + \eta'_{03})[3(\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 - (\eta'_{21} + \eta'_{03})^2] \quad (52)$$

$$b_6 = (\eta'_{20} - \eta'_{02})[(\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 - (\eta'_{21} + \eta'_{03})^2] + 4\eta'_{11}(\eta'_{30} + \eta'_{12})(\eta'_{21} + \eta'_{03}) \quad (53)$$

$$b_7 = (3\eta'_{21} - \eta'_{03})(\eta'_{30} + \eta'_{12})[(\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 - 3(\eta'_{21} + \eta'_{03})^2] - (\eta'_{30} - 3\eta'_{12})(\eta'_{21} + \eta'_{03})[(3\eta'_{30} + \eta'_{12})^2 - (\eta'_{21} + \eta'_{03})^2] \quad (54)$$

9. Clasificarea obiectului se desfășoară în baza de calcul a măsurii:

$$D_{bi} = \sum_j \{|b_{ji} - b_j|/|b_{ji}|\}, j=1 \div 7, \quad (55)$$

unde b_{ji} sunt invarianții IGM ai i-lui obiect standard.

10. Parametrii e_1, e_2 se calculează astfel:

$$e_1 = m'_{00}/m_{00}, \quad (56)$$

unde m'_{00}, m_{00} sunt IGM geometrice ai obiectului de intrare standard;

$$e_2 = [\arctg\{2\mu'_{11}/(\mu'_{20} - \mu'_{02})\}]/2. \quad (57)$$

Concluzii:

Sunt studiate trei metode de recunoaștere a modelelor invariante, bazate pe calcularea adaptivă a indicilor de moment ale imaginii (IGM): pe baza clasificării geometrice adaptive IGM (CGAIGM), pe baza clasificării geometrice normalizate IGM adaptive (CGNIGMA) și a clasificării adaptive invariante IGM (CAIIGM). Aceste metode permit să extragem volumul necesar de informații din imaginea inițială și să-l procesăm în dependență de complexitatea imaginii analizate, capabil de a reorganiza procesele de calcul și pentru a forma IGM geometrice, centrali, normalizați și invarianți.

Pe baza acestor metode am elaborat un sistem informatic, care permite de a identifica obiectele care pot avea diferite poziții, orientare unghiulară, scară, și, de asemenea, pentru a determina toți parametrii necesari de distorsiune. Am efectuat și unele experimente cu diferite categorii de obiecte, cele mai bune rezultate fiind oferite de a treia metodă, care necesită și mai calcule, deci este mai exactă.

Referințe bibliografice:

1. Hu M. K., "Visual pattern recognition by moment invariants", IRE Trans. Information Theory, vol. IT-8, pp. 179-187, Feb. 1962.
2. Teague M. R., "Image analysis via the general theory of moments", J. Opt. Soc. Amer., vol. 70, pp. 920-930, Aug. 1980.
3. Hilbert D., *Theory of Algebraic Invariants*. Cambridge University Press, 1993.
4. Wong W. H., Siu W. C., and Lam K. M., "Generation of moment invariants and their uses for character recognition," *Pattern Recognition Letters*, vol. 16, pp. 115-123, 1995.
5. The C. H. and Chin R. T., "On image analysis by the method of Moments," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 10, pp. 496-513, 1988.
6. Perju V. L. "Organization of the computer means controlled by the image's parameters", in: *Parallel and Distributed Methods for Image Processing*, Hongchi Shi, Patrick C. Coffield, Editors, Proc. SPIE Vol. 3166, pp. 360-370 (1997).

Recomandat spre publicare: 10.10.2014.