

Q.M.Məmmədov (Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası
Elmi-Tədqiqat İnstitutu)

OBJEKT LƏRİN HƏNDƏSİ PARAMETRLƏRİNİ ÖLÇƏN İNFORMASIYA- ÖLÇMƏ SİSTEMİNİN FUNKSIONAL İMKANLARININ GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ İLƏ İNVARİANTLIĞIN TƏMİN OLUNMASI

Giriş. Sənaye müəssisələrində mexaniki kəmiyyətlərin ölçülməsi və idarə edilməsi üçün yeni yüksək sürətli dəqiq alətlərin hazırlanması müasir cihazqayırma sənayesinin inkişafında təxirəsalınmaz istiqamətlərdən biridir. Bu istiqamət çərçivəsində obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsi sisteminin yaradılması imkanları araşdırılmışdır. Dəqiqliyi və sürəti artırmaq, yaradılmış ölçmə sisteminin funksional imkanlarını genişləndirmək üçün ölçmə obyektlərinin təsvirlərinin formalaşdırılması və kompüterli emalının müasir üsullarından istifadə edilmişdir. Mexaniki kəmiyyətlərin ölçmə alətlərinin metroloji xüsusiyyətlərini təkmilləşdirməyin ənənəvi yolu dizayn, eləcə də bu cihazların hazırlanması texnologiyasının təkmilləşdirilməsidir. Lakin bu cür yanaşmanın imkanları hazırda demək olar ki, tükənmişdir [1].

Ölçmə obyektləri haqqında faydalı məlumatları ehtiva edən siqnalın formalaşması və alqoritmik işlənməsi mexaniki kəmiyyətlərin ölçülməsinin müasir üsulu hesab edilir. Bununla əlaqədar olaraq mexaniki kəmiyyətlərin ölçülməsi vasitələrinin təkmilləşdirilməsinin perspektiv istiqaməti ölçmə məlumatlarının təsvirlərinin, habelə ölçmələrin nəticələrinin formalaşdırılması və kompüterləşdirilmiş emalı üçün müasir informasiya və kompüter texnologiyalarının imkanlarından istifadə etməkdir [2]. Təsvirlərin kompüterli emalı əsasında ölçmə obyektlərinin xarici konturunun həndəsi parametrləri (xətti ölçüləri, bucaqları, perimetri), həmçinin həndəsi parametr şəklində (sahə, kütlə mərkəzi, xətti ölçülər, bucaq mövqeyi, həndəsi ölçülərin əmsalları) ikiölçülü təsvir müstəvisində düz fiqur kimi ölçü obyektlərinin səthinin struktur elementləri ölçülə bilər. Qeyd olunan ölçmələrin nəticələri sənaye məhsullarının keyfiyyətinə nəzarət etmək, müxtəlif texniki obyektləri tədqiq etmək, ekoloji tədqiqatlarda obyektlərin həndəsi parametrlərini qiymətləndirmək və nəzarət etmək üçün istifadə edilə bilər [3]. Aparılan tədqiqatlar dəqiqliyin və sürətin artırılmasından, mexaniki kəmiyyətlərin ölçü vasitələrinin funksional imkanlarının genişləndirilməsindən ibarət olan aktual elmi problemin həllinə yönəldilmişdir. Təklif olunan ölçmə sistemi müxtəlif texniki obyektlərin və sənaye məhsullarının həndəsi parametrlərini təyin etmək üçün istifadə edilə bilər. Obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsi təsvirlərin kompüter vasitəsilə emalının istifadəsi əsasında həyata keçirilir [4].

Məsələnin qoyuluşu. Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən qurğu sürətli emal və çəviklik parametrləri kimi müasir tələblərə cavab versə də, obyektlərin tanınmasında invariantlıq şərtinə cavab vermir [5]. Belə ki, obrazların tanınmasında etalon və tanınacaq təsvir müxtəlif təhriflərə, yəni affın çevrilmələrinə məruz qalır. Obyektlərin tanınması zamanı təsvirin sürüşməsi, fırlanması və miqyaslanması iki təsvir arasında böyük fərqlər yaradır və kompüter həmin təsvirləri ayırd edə bilmir. Beləliklə, həmin problem müxtəlif sənaye obyektlərində böyük maneələrə səbəb olaraq öz aktuallığını qoruyur [6].

Ölçmə obyektlərinin təsvirlərinin formalaşdırılması üçün mövcud texniki vasitələrdən istifadə yüksək ayırdetmə və icraetmə qabiliyyətlərini təmin etməyə qadirdir. Buna görə də ölçmə sistemi üçün yeni texniki vasitələrin hazırlanması məqsəduyğun deyil [7,8]. Obyektlərin həndəsi parametrlərini təyin etmək üçün mövcud ölçmə sistemi aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır.

Görüntülərin kompüterli emalının tətbiq sahələri aşağıdakılardır:

- təsvirlərin kompüterli emalının yeni metodlarının ölçmə sisteminə (təsvirlərin filtrlənməsi və bərpası üsulları, ölçmə obyektlərinin axtarışı və seçilməsi üsulları, ölçmə obyektlərinin hərəkət konturlarının və trayektoriyalarının yaxınlaşması üsulları) istifadəsi və inkişaf etdirilməsi;
- ölçmə sisteminə emal və sıxılma üsullarının işlənilib hazırlanması və istifadəsi;
- ölçmə obyektlərinin hərəkət parametrlərini müəyyən etmək üçün görüntülərin zaman ardıcılığından istifadə;
- ölçmə obyektlərinin cari xüsusiyyətlərinə və həndəsi parametrlərin ölçülməsi şərtlərinə uyğun olaraq ölçmə sisteminin parametrlərinin optimallaşdırılması;
- süni neyron şəbəkələri nəzəriyyəsi əsasında ölçmə obyektlərinin vizuallaşdırılması və ölçmə məlumatlarının emalının müasir texnologiyalarından istifadə [9,10].

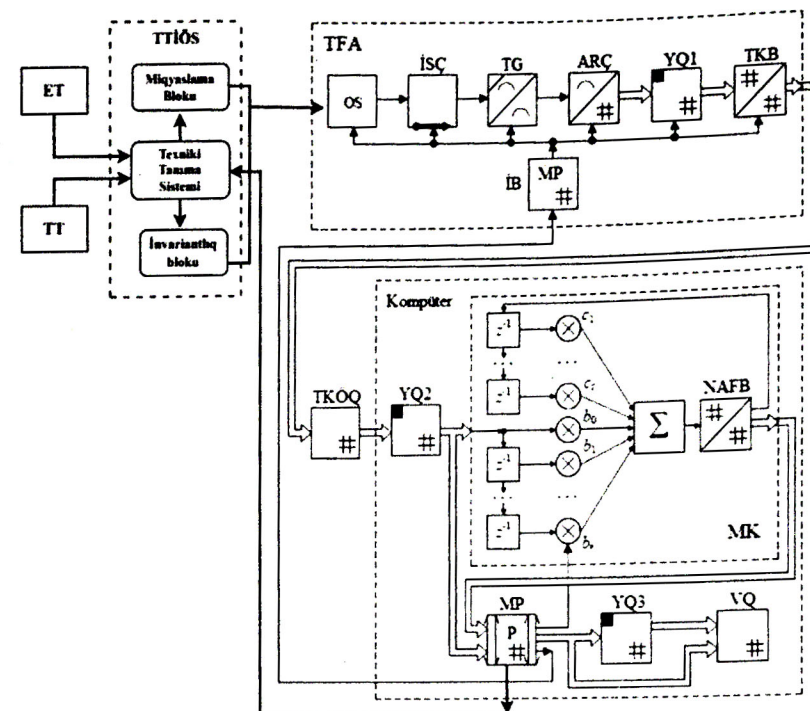
Məsələnin həlli. Müasir kompüter texnikasının və informasiya texnologiyasının köməyi ilə mövcud sistemə müxtəlif modul bloklar əlavə edərək obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sisteminin dəqiqliyini artırmaq mümkündür. Texniki tanıma informasiya-ölçmə sisteminin köməyi ilə miqyaslama və invariantlıq bloklarında təsvirlərin affın çevrilməsi zamanı tanınmanın dəqiqliyi daha yüksək olar. İnkişaf etdirilmiş konstruksiya prinsipləri əsasında obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsi üçün yeni informasiya-ölçmə sistemi təklif olunmuşdur (şək.1). Şəkildən göründüyü kimi ilk öncə etalon təsvir və tanınacaq təsvir göy rənglə ştrixlənmiş TTİÖS blokuna daxil olur.

Məlumdur ki, təsvirlər sürüşməyə, fırlanmağa və miqyas dəyişməsinə məruz qaldığı üçün tanıma prosesində mütləq müqayisə əməliyyatı aparılmalıdır. Təsvirlər texniki tanıma sisteminə müqayisə edilərək invariantlıq və miqyaslama bloklarının köməyi ilə yekun qərar əldə edilir. Həmçinin texniki tanıma sistemi birbaşa mərkəzi prosessorla əlaqədədir. Tanımda və ya bloklarda xəta baş verdikdə siqnal vasitəsilə (qırmızı xətt) məlumatlandırılır.

Ölçmə sisteminə kompüter əlavə olaraq mikroprosessoru özündə birləşdirən təsvirin emalı cihazı kimi istifadə olunur. Mikroprosessor müəyyən ardıcılıqla birləşdirilən süni neyron şəbəkələrinin əsas elementlərini özündə birləşdirir və həndəsi parametrlər haqqında ölçmə məlumatlarında təsadüfi və dinamik xətalara təsvirlərin bərpası, ölçmə obyektlərinin və təsvirdə struktur elementlərin axtarışı və seçilməsi üçün istifadə olunur. Tipik olaraq belə kompüterləşdirilmiş emal əməliyyatları təsvir və onların xətalara haqqında aprior məlumatlara əsaslanır. Məlumatlar normal ölçmə şərtlərinə, təsvirin və rəqəmsal kameranın orta kəmiyyətinə uyğun gəlir. İş şəraitində ölçmələrin həmin parametrləri hesablamalarda istifadə olunan qiymətlərdən kənara çıxma bilər. Nəticədə həndəsi parametrlərin və cisimlərin hərəkət parametrlərinin ölçülməsində yaranan əlavə xəta kompensasiya edilir.

Süni neyron şəbəkəsinin adaptiv xassələri sayəsində təsvirin emalı alqoritmlərinin parametrləri hazırkı ölçmə şərtlərinə və ölçmə obyektlərinin xassələrinə uyğun olaraq tənzimlənmə bilər. Nəticədə əlavə xəta kompensasiya edilir və obyektlərin həndəsi

parametrlərinin ölçülməsinin dəqiqliyi əhəmiyyətli dərəcədə artır. Təsvirin rəqəmsal məlumatlarının yüksək sürətli paralel işlənməsini həyata keçirən mikroprosessorun istifadə etməklə ölçmə sisteminin sürəti də əhəmiyyətli dərəcədə artır.



Şək.1. Təsvirin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sisteminin strukturu: ET-etalon təsvir; TT – tanınacaq təsvir; TTİÖS- texniki tanıma informasiya-ölçmə sistemi; TFA – təsvirlərin formalaşdırılması üçün avadanlıq (rəqəmsal kamera); OS- təsvirləri formalaşdırın avadanlıq üçün optik sistem; İŞÇ- işıq siqnalı çeviricisi; TG- təsvir gücləndiricisi; ARC- analoq-rəqəm çeviricisi; YQ1, YQ2, YQ3 – təsvirlər üçün yadda saxlama qurğuları; TKB- təsvirlərin kodlaşdırılması bloku; İB – təsvirlərin formalaşdırılması üçün qurğunun idarəetmə bloku; TKOQ – təsvirləri kompüterə ötürmək üçün qurğu; MK – mikroprosessorlu kompüter; z^{-1} - gecikmə bloku; $c_1, \dots, c_s, b_0, \dots, b_r$ - cari ölçmə şərtlərinə uyğun olaraq tənzimlənən süni neyron şəbəkəsinin orta əmsalları; s-vektorların sayı; r-vektorların uzunluğu; NAFB – neyron şəbəkənin aktivləşdirmə funksiyasının bloku; MP – mərkəzi prosessor; VQ – obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülmə nəticələri və təsvirlər üçün vizuallaşdırma qurğusu.

Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçmək üçün onların təsvirlərinin kompüterli emalından istifadə olunur. Bu optik-elektron üsullarla ölçmə obyektlərinin təsviri formalaşdırılır. Optik sistem tərəfindən matris çeviricisinin səthində yaradılmış ölçmə

obyektlərinin ikiölçülü təsvirinin skan edilməsi ilə "ışq siqnalı" həyata keçirilir.

Formalaşdırılmış şəkillərin kompüterli emalı üçün filtrasiya və bərpa üsullarından, ölçmə obyektlərinin konturlarının və bu obyektlərə aid nöqtələr toplusunun axtarışı və seçilməsi üsullarından istifadə olunur. Nəticədə bu obyektlərə aid olan nöqtələrin koordinatları ölçülür. Nöqtələrin koordinatlarının nəticələri ölçmə obyektlərinin xarici konturu boyunca həndəsi parametrləri (xətti ölçülər və bucaqlar), eləcə də bu obyektlərin səthinin struktur elementlərinin həndəsi parametrlərini (uzunluğu, eni, sahəsi, baş ətalət oxunun oriyentasiya bucağı, həndəsi formanın əmsalları) hesablamaq üçün istifadə olunur. Məhsulların və digər mexaniki kəmiyyətlərin hərəkət parametrləri ölçülmüş həndəsi parametrlərlə təsvirlərin zaman ardıcılığının kompüterli emalı ilə müəyyən edilir.

Sənaye müəssisələri şəraitində ölçmə sistemində qeyri-stasionar və əlverişsiz amillərin təsirini kompensasiya etməyə imkan verən süni neyron şəbəkələrinin səthinin məlum xarakteristikaları, adaptasiya və öyrədilməsi prosedurlarına malik test ölçmə obyektləri tətbiq olunur.

Sənaye məhsullarının həndəsi parametrlərinin ölçülməsi sürətinin artırılmasının əsas yolları aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Fəzanın bir çox nöqtələrində ölçmə obyektlərinin xassələrini eyni zamanda xarakterizə edən təsvirlərin üstünlüklərindən istifadə. Bu isə o deməkdir ki, müasir texniki vasitələrlə qısa müddət ərzində formalaşan bir rəqəmsal təsvir mövcud ölçmə vasitələri ilə müəyyən vaxt ərzində aparılmış onlarla, yüzlərlə ölçmələrin nəticələrini əvəz edə bilər.

2. Obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülmə nəticələrinin və təsvirlərin kompüter emalı üçün süni neyron şəbəkələrindən və mikroprosessorlardan istifadə. Mikroprosessorlar yüksək sürətli hesablamaları yerinə yetirmək üçün paralel rejimdə rəqəmsal təsvirin emalını təmin edir.

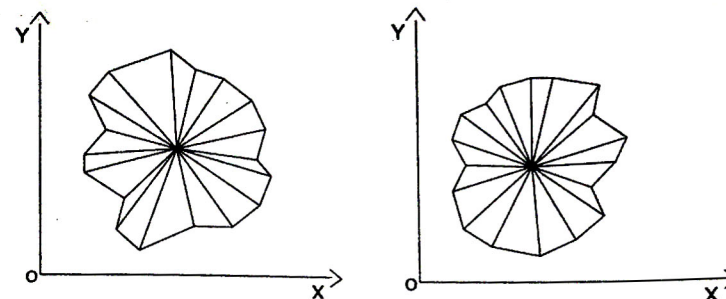
3. Sənaye məhsullarının həndəsi parametrlərinin ölçülməsi onların hərəkəti prosesində bilavasitə ölçmə sistemində nüfuzunda bu məhsulların istehsalının texnoloji prosesi ilə əlaqədardır. Real zaman miqyasında həyata keçirilə bilən və məhsulların hərəkəti nəticəsində həndəsi parametrlərin ölçülməsinin dinamik xətasını kompensasiya edən təsvirlərin alqoritmik emalının belə ölçmələrinin işlənilməsi hazırlanması.

4. Rəqəmsal təsvirlərin sətir və sütunlarda ayrıca alqoritmik işlənməsi. Bu yanaşma hesablama əməliyyatlarının sayının əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasını təmin edir.

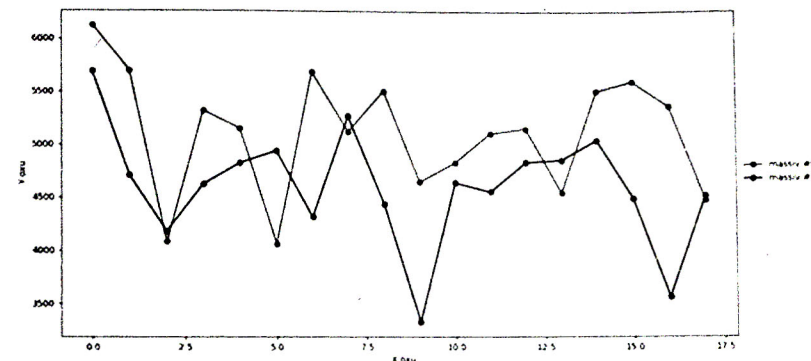
5. Rəqəmsal təsvir parametrlərinin və ölçmə kanalının parametrlərinin optimallaşdırılması.

Simvollaşdırma sisteminin texniki xarakteristikalarının təkmilləşdirilməsi onun verilmiş iş göstəriciləri ilə dəqiqliyini artırmaq və ya sənaye müəssisələrində həll olunan konkret tətbiq məsələlərinin tələblərinə uyğun olaraq verilmiş dəqiqlik göstəriciləri həddində sürəti artırmaq yolu ilə həyata keçirilməlidir.

Kompüter modelləşdirilməsi. Təcrübə olaraq kompüter vasitəsilə Autocad sistemində ixtiyari fərqli iki müstəvi fiqur hazırlanır (şə.2). Daha sonra həmin fiqurların qravitasiya mərkəzindən pik nöqtələrə qədər olan məsafələri (radiusları) hesablanaraq massiv şəkildə kompüterdə qeyd edilir. Python proqramlaşdırma dilinin tətbiqi ilə həmin massivlərdən iki harmonik siqnal alınır (şə.3).



Şə.2. Etalon və tanınacaq obyekt



Şə.3. Qapalı konturlu 2 fərqli müstəvi fiqurun harmonik siqnalə çevrilməsi

Şəkildən görüldüyü kimi göy rəngli siqnal birinci massivə, qara rəngli isə ikinci massivə aiddir. Hər iki funksiya üçün invariantlıq blokunda tətbiq olunan diskret Furje çevirmə düsturundan istifadə etməklə spektrə genişləndirilə bilər:

$$F(k) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-j2\pi xk/N}; \quad k = 0, 1, \dots, N-1.$$

Düsturlardan görüldüyü kimi $f_1(x)$ və $f_2(x)$ funksiyalarının harmoniklərinin amplitudlarının kompleks qiymətləri alınır. $f_1(x)$ və $f_2(x)$ funksiyalarını bir-biri ilə müqayisə etmək üçün onların harmonik funksiyalarının amplitudlarının kompleks qiymətlərinin mütləq qiymətindən istifadə etmək daha müvafiq hesab edilmişdir. Daha sonra proqramlaşdırmanın köməyiylə xəyali hissəni həqiqi hissəyə çevrilməklə modul işarəsi ilə müsbət qiymətlər tətbiq olunmuşdur.

$$Z(k) = |F(k)|; \quad k = 0, 1, \dots, N-1.$$

Sonra iki müstəvi fiquru müqayisə etmək üçün obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsündən (OAYÖ) istifadə olunmuşdur:

$$\frac{z_1(k)}{z_2(k)} = M = const; \quad k = 0, 1, \dots, N-1.$$

Burada $Z_1(k)$ və $Z_2(k)$ uyğun olaraq birinci və ikinci funksiyaların harmonikaları, M miqyas göstəricisidir. Əgər k -nin hər bir qiyməti üçün baxılan şərt ödənilirsə, onda funksiyalar eyni spektrə malikdir, yəni eynidirlər, nəticədə isə obyektlərin özlərinin formaları da eynidir.

Əgər k -nin ən azı bir qiyməti üçün həmin şərt ödənilmirsə, o zaman cisimlər müxtəlif formalara malikdirlər:

[91939.54; 1117.50176257; 926.30183213; 692.845; 267.52441156; 3849.11090918; 2804.305; 413.75267174; 965.64742057; 2828.86; 965.64742057; 413.75267174; 2804.305; 3849.11090918; 267.52441156; 692.845; 926.30183213; 1117.50176257]

[82793.63; 902.39174116; 1516.23984422; 3467.18; 1617.42520819; 4326.59935209; 475.66; 1803.30890675; 443.99536397; 234.47; 443.99536397; 1803.30890675; 475.66; 4326.59935209; 1617.42520819; 3467.18; 1516.23984422; 902.39174116]

Daha sonra alınmış iki massivi OAYÖ-nün hesablanması üçün Canberra metodundan istifadə edərək müqayisə edilmişdir. Nəticədə 7.8 qiyməti alınmışdır ki, bu da ε - dan (təsvirləri tanıma həddindən) böyük olduğu üçün fiqurlar fərqli ölçülərə malik olmuşlar.

Nəticə. Tədqiqat verilən təsvirlərin formalaşması və kompüter emalı hesabına təsvirlərin affın çevrilmələrinə (sürüşmə, fırlanma və miqyas dəyişməsi) invariant tanınmasının (o cümlədən, ölçmə obyektlərinin həndəsi parametrlərinin) səhhiyyəli hesabına dəqiqliyin artırılması məsələsinin həllinə həsr edilmişdir.

Invariantlıq və miqyaslama blokunun, həmçinin texniki tanıma sistemini özündə birləşdirən təklif olunmuş texniki tanıma informasiya-ölçmə sistemi mövcud sistemin funksional imkanlarını genişləndirməyə, habelə obyektlərin tanınmasında invariantlığı təmin etməklə tanıma sisteminin səhhiyyəlinin artırılmasına imkan vermişdir. Həmçinin, TTIÖS yaranmış xətalara nisbətən özünü təhvil etmək üçün birbaşa mərkəzi prosessorla əlaqələndirilmişdir.

Obyektlərin təsadüfi nöqtəsinin koordinatlarının ölçülmə nəticəsi üçün dəqiqlik həddi rəqəmsal təsvirin diskret təbiətindən yaranan xəta ilə xarakterizə olunur. Bu xəta qonşu nöqtələrin mərkəzləri arasındakı məsafənin yarısına bərabərdir. Göstərilən qiymətlərin müəyyən edilməsinin doğruluğunu daha da təkmilləşdirmək üçün bu təsvirləri zaman ardıcılığı çərçivəsində ölçmə obyektlərinə aid çoxlu nöqtələrin koordinatlarının kompüterli emalı üsullarından istifadə etmək lazımdır. Belə üsulların əsasını ölçmə obyektlərinin konturlarının və trayektoriyalarının yaxınlaşması təşkil edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс, – Москва: Техносфера, 2012. – 1104с.
2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 763с.
3. Абрамов, Н.С., Фраленко, В.П. Определение расстояний на основе системы технического зрения и метода инвариантных моментов // - Россия: информационные технологии и вычислительные системы, - 2012. No 4, - с.32–39.
4. Salas, R.R. Rotation invariant CNN using scattering transform for image classification / R.R. Salas, E. Dokladalova, P. Dokladal // In Proceedings of the 2019 IEEE International

Conference on Image Processing (ICIP). - Taipei, Taiwan: 22–25 September. – 2019. - pp.654–658.

5. Jiri Stastny, Vladislav Skorpil. Ensuring Invariances for Structural Methods of Object Recognition // 38th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), -US: - 2015. pp.271-275.

6. Li Deng. Recent advances in deep learning for speech research at Microsoft / Deng Li, Jinyu Li, Jui-Ting Huang, Kaisheng Yao, Dong Yu, Frank Seide, Michael Seltzer, Geoff Zweig, Xiaodong He, Jason Williams, Yifan Gong, Alex Acero // Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2013 IEEE International Conference on. – British Columbia: - 2013. pp. 8604-8608.

7. Li Deng. The MNIST database of handwritten digit images for machine learning research // IEEE Signal Processing Magazine, Vol.29, - 2012. №6, pp.141-142.

8. Aliyev, T.Ch., İbrahimova, A.E, Mammadov, G.M. Application of Inertia Moments for Improving the Quality of Dimensional Control in Flexible Production // Varna, Bulgaria: 2020 International Conference Automatics and Informatics, ICAI 2020 – Proceedings, 1-3 October, - 2021.

9. Mammadov, R.G., Aliyev, T.Ch., Mammadov, G.M. Minimization of the Average Risk in Pattern Recognition for Smart Grid Systems // Gliwice, Poland: 6th "Computational Linguistics and Intelligent Systems" COLINS 2022, May 12-13, - 2022, pp.365-375.

10. Mammadov R.G., Aliyev T.M. Determination of the spatial orientation of objects in automated production.- Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems & Technologies (ICST-2020)" published in CEUR WS - <http://ceur-ws.org/Vol-2711>, Odessa, pp. 191-201.

Г.М.Мамедов

Обеспечение инвариантности путем расширения функциональных возможностей информационно-измерительной системы измерения геометрических параметров объектов

Резюме

С учетом принципов работы существующих систем рассматривается вопрос расширения функциональных возможностей информационно-измерительной системы, измеряющей геометрические параметры объектов. Добавляя в существующую систему блоки инвариантности, масштабирования и технического распознавания, показана возможность повышения точности информационно-измерительной системы. В качестве эксперимента две замкнутые по контуру плоские фигуры были введены в компьютер в виде массивов, смоделированы и получены положительные результаты.

G.M.Mammadov

Ensuring invariance by expanding the functional capabilities of the information measurement system measuring geometric parameters of objects

Abstract

Taking into account the principles of operation of existing systems, the issue of expanding the functionality of an information-measuring system that measures the geometric parameters of objects is considered. By adding blocks of invariance, scaling and technical recognition to the existing system, the possibility of increasing the accuracy of the information-measuring system is shown. As an experiment, two flat figures closed along the contour were entered into the computer in the form of arrays, simulated and positive results were obtained.