

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**TƏSVİRLƏRİ AFFİN ÇEVRİLMƏLƏRİNƏ İNVARİANT
TANIYAN SİSTEMİN SƏHİHLİYİNİN ARTIRILMASI**

**İxtisas: 3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri
(texnika)**

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: Qurban Müşfiq oğlu Məmmədov

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

AVTOREFERATI

BAKİ – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor

Rəhim Qurban oğlu Məmmədov

Rəsmi apponentlər

texnika elmləri doktoru, professor

texnika elmləri doktoru, professor

texnika elmləri doktoru, dosent

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

Texnika elmləri doktoru,
professor

Dissertasiya şurasının
elmi katibi

texnika elmləri namizədi,
dosent

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru,
professor

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Hal-hazırda elm və texnikada mexatronikanın, kompüter texnologiyasının, nanotexnologiyasının, informasiya texnologiyasının və robototexnika texnologiyasının inkişafı müxtəlif sahələrin avtomatlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Geniş miqyaslı alıcı kütləsi müasir istehsal xətlərində, yükləmə-boşaltma və digər anbar əməliyyatlarında, aqressiv mühitlərdə və insan həyatını təhdid edən digər şəraitlərdə, insanla ünsiyyətdə və əməkdaşlıqda təhlükəsizlik, xidmət və müxtəlif istehsal sahələrində işləyən intellektual çox funksiyalı mobil robotlarla yaxından maraqlanır. Belə ki, bu texnologiyalar insan faktorunun iştirakını azaltmağa imkan verdiyindən, məsafədən idarə olunan qurğuların işlənilməsi müasir dövrümüzdə öz aktuallığını saxlamaqdadır.

Hal-hazırda rəqəmsal sənaye əsrində bir çox avtomatlaşdırılmış müəsisələrdə tətbiq olunan sənaye robotlarının əksəriyyəti robotun işçi sahəsinin həddləri çərçivəsində sərt proqramla işləyir. Lakin, sərt proqramla işləyən robotların tətbiqi fəaliyyət istiqamətində mühüm çətinliklər meydana gətirir. Buna görə də, real zaman miqyasında istehsalat şəraitində işçi zonanın şərtlərinə uyğun sensor sistemləri əsasında öz fəaliyyətini təşih etmə qabiliyyətinə malik adaptiv və intellektual robotların yaradılmasına və istismarına böyük diqqət göstərilir.

Tədqiqat obyektı və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyektı olaraq təsvirləri tanıma sistemləri, texniki görmə sistemləri, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanması zamanı yaranan xətlər, ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağı, ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin tətbiqi götürülmüşdür.

Tədqiqatın predmeti obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün hesablanması zamanı xətlərin minimuma endirilməsi metodların işlənilməsindən, Radon çevrilməsindən istifadə edərək təsvirlərin cəld yoxlanılmasından, Obyektlərin təsvirlərinin məkan təhriflərinə invariant olan xüsusiyyətlərin aşkarlanması və ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağının təyin olunmasından ibarətdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi invariantlığın təmin olunması ilə tanıma sisteminin səhihliyinin və obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün (OAYÖ) hesablanmasının dəqiqliyinin artırılmasında təsvirlərə görə obyektlərin effektiv tanınma metodikasının hazırlanmasıdır.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

1. Təsvirinə görə obyektlərin tanınmasının səhihliyinin artırılması yolları və prioritet üsulların işlənilməsi.

2. Təsvirinə görə obyektlərin tanınması zamanı obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi xətlərinin minimallaşdırılması şərtlərinin təyin olunması.

3. İxtiyari formalı ikiölçülü təsvirlərin sürüşməyə, fırlanmaya və miqyas dəyişmələrinə invariant tanınması metodunun işlənilməsi.

4. Üçölçülü təsvirlərin koordinat oxları ətrafında fırlanması və miqyas dəyişmələri zamanı invariantlığın təmin olunması.

5. Təsvirlərin tanınması zamanı momentlərdən istifadə etməklə invariantlığın təmin olunması.

Tədqiqat metodları. Aparılmış tədqiqatlar obrazların tanınması nəzəriyyəsinin, materialların müqavimətlərinin, diskret riyaziyyatın, triqonometriyanın, “Matlab” və “Python” mühitində proqram təminatının istifadəsinə əsaslanır. Nəzəri nəticələrin yoxlanılması məqsədilə “Matlab” və “Python” mühitində kompüter modelləşdirilməsi aparılmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Obyektlərin tanınması zamanı orta riskin minimallaşdırılması məsələsinin tədqiqi nəticəsində tanınası və etalon obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təyin olunması xətlərinin minimallaşdırılması metodikası.

2. Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə və miqyasda yerləşən ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağının təyin olunması düsturu.

3. İkiölçülü binar təsvirlərin invariant tanınması üçün təsvirlərin ağırlıq mərkəzi ilə kontur nöqtələri arasındakı polyar koordinatların artma sırasına düzülməsi yolu ilə ikiölçülü massivə çevrilməsi alqoritmının kompüter modelləşdirilməsi.

4.Obrazların tanınmasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq və xətalari minimuma endirmək üçün mürəkkəb integrallanmış formullar əvəzinə diapazon analizi ilə həlli metodikası.

5.Obyektlərin təsvirlərinin məkan təhriflərinə invariant olan xüsusiyyətlərin aşkarlanması üçün ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin tətbiqinə əsaslanan tənliklər sistemi.

6.Obyektin fırlanma bucaqları üzrə fəzada üçqat fırlanması zamanı müstəvi fiqurun ətalət momentləri arasında asılılıq olduğu aşkarlanmışdır. Statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi istifadə edilməsi və bu prinsip əsasında 3D obyektlərin tanınması metodikası.

7.Radon çevrilməsinin invariant proyeksiya xüsusiyyətlərindən istifadə edərək təsvirlərin cəld yoxlanılması metodikası.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Tədqiqat prosesində aşağıdakı elmi nəticələrə nail olunmuşdur:

1.Obyektlərin tanınması zamanı orta riskin minimallaşdırılması məsələsinin tədqiqi nəticəsində tanınası və etalon obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təyin olunması xətalari azaldılmışdır.

2.Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə və miqyasda yerləşən ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağının təyin olunması düsturu əldə olunmuşdur.

3.İkiölçülü binar təsvirlərin invariant tanınması üçün təsvirlərin ağırlıq mərkəzi ilə kontur nöqtələri arasındakı polyar koordinatların artma sırasına düzülməsi yolu ilə ikiölçülü massivə çevrilməsi alqoritmi hazırlanmışdır.

4.Obrazların tanınmasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq üçün mürəkkəb integrallanmış formullar əvəzinə diapazon analizi tətbiq etməklə xətalari minimuma endirəcək alqoritm hazırlanmışdır.

5.Obyektlərin təsvirlərinin məkan təhriflərinə invariant olan xüsusiyyətlərin aşkarlanması üçün ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin tətbiqinə əsaslanan tənliklər sistemi təklif olunmuşdur.

6.Obyektin fırlanma bucaqları üzrə fəzada üçqat fırlanması zamanı müstəvi fiqurun ətalət momentləri arasında asılılıq olduğu aşkarlanmışdır. Statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi

istifadə edilməsi və bu prinsip əsasında 3D obyektlərin tanınması üçün effektiv metodika hazırlanmışdır.

7.Radon çevrilməsinin invariant proyeksiya xüsusiyyətlərindən istifadə edərək təsvirlərin cəld yoxlanılması üçün metodika hazırlanmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq məqsədilə mürəkkəb inteqrallanmış formullar əvəzinə diapazon analizi tətbiq etməklə xətalari minimuma endirmək üçün səmərəlidir.

2. Yüksək tanınma səhihliyinə və obyektlərin ikiölçülü təsvirlərinin affın çevrilmələrinə invariant olan tanıma sistemlərinin qurulması üçün həll edilmiş nəzəri və praktik məsələlər pilotsuz uçuş aparatlarında effektivdir.

3. Dekart koordinat müstəvisi üzərində ixtiyari vəziyyətdə və miqyasda yerləşən ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətinə əsasən dönmə bucağından istifadə etməklə ikiölçülü təsvirlərin fırlanmaya və miqyas dəyişməsinə invariant tanınması məsələsi həll olunmuşdur. Beləki, bu məsələ çevik avtomatlaşdırılmış sistemlərdə çox faydalıdır.

4. Statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi istifadə edilməsi və bu prinsip əsasında 3D obyektlərin tanınması üçün effektiv metodika hazırlanmışdır. Bu metodla hərəkət edən yer cisimlərinin tanınması üçün də tətbiq oluna bilər.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Dissertasiya işində təcrübənin aparılması, alınmış nəticələrin təhlili, ümumiləşdirmələr şəxsən müəllifin özü tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

Tədqiqatın aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri « Proceedings of the 1st International Conference: Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives (MIMCS'2019)» (Baku, 2019), «Материалы МНПК “Информационные управляющие системы и технологии” (ИУСТ)» (ОДЕССА,2020, 2021), «Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems & Technologies (ICST)» (ОДЕССА -2020), «International Conference Automatics and Informatics» (Bulgaria-Varna-2020, 2021), «15th International conference on Pattern

Recognition and Information Processing (PRIP'2021))» (Belarus, Minsk-2021), «International conference on problems of logistics, management and operation in the East-West transport corridor (PLMO))» (Baku-2021), «6th "Computational Linguistics and Intelligent System" COLINS» (Poland-2022), 4th International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering 2022 (Baku-2022), 3rd International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk 2022), 7th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems. Volume III: Intelligent Systems Workshop Beynəlxalq elmi-praktik konfranslarında məruzə və müzakirə edilmişdir. Həmçinin Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının 2022 və 2023-cü illərdəki fəaliyyəti haqqında hesabatlarda dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən, 160 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir.

Dissertasiya işi titullar sahəsi 369 şərti işarə sayı, mündəricat 3531 şərti işarə sayı, giriş 12654 şərti işarə sayı, birinci fəsil – 32314 işarə, ikinci fəsil – 69133 işarə, üçüncü fəsil – 38624 işarə, dördüncü fəsil – 74912 işarə, nəticə - 2099 işarə sayı, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiya işi cədvəlsiz, şəkilsiz və ədəbiyyat siyahısız 220020 işarədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılmış və tanıma səhhiyyətini artıran texniki görmə sistemi (TGS) obyektlərinin təsvirlərinin tanıma metodikasının zəruriliyi qeyd edilmiş, işin məqsədi şərh olunmuş, elmi yeniliyi və praktik əhəmiyyəti, nəticələrin reallaşdırılması və aprobasiyası verilmişdir.

Birinci fəsildə təsvirləri tanıma sistemlərinin ümumiləşdirilmiş strukturu və tətbiqi, təsvirləri mövcud tanıma sistemlərinin müqayisəli təhlili və təsvirlərin xətti çevrilmələrə qarşı invariantlıq yaratmağın məlum metodları və onların müqayisəli təhlili göstərilmişdir.

Təsvirlərin tanınması sahəsində invariantlıq yaratmaq üçün topoloji və həndəsi ölçülər metodlarından istifadə olunur. Topoloji üsulda invariantlıq əldə olunur, lakin informativlik çox azdır. Buna görə də tanınma səhhiyyətini artırmaq üçün həndəsi ölçülər üsulundan istifadə etmək məqsədəuyğundur. Aydındır ki invariantlıq yaratmaqda ilkin əlamətlər momentlər vasitəsilə tərtib olunur. Ədəbiyyatlar göstərdi ki, momentlər üsulu çox integrallaşmış olduğu üçün etibarlılığı aşağıdır buna görə də həndəsi ölçülər üsulu əsas götürülür. Furiye çevrilməsində harmonik amplitud ilkin əlamət olaraq nəzərə alınır. Sürüşməyə invariantlıq mümkün olsa da miqyasın dəyişməsi və dönməyə invarinatlıq əldə olunmur. Mellina çevrilməsində harmonik amplitud ilkin əlamət olaraq qeyd edilir. Miqyas dəyişməsinə invarinatlıq qeyd olunur lakin sürüşməyə və dönməyə mümkün deyil. Furiye-Mellina çevrilməsində harmonik amplitud ilkin əlamət olaraq nəzərə alınır. Sürüşməyə və miqyas dəyişməsinə invarinatlıq əldə olunsda da dönməyə mümkün deyil. Sekand metodunda sekand uzunluqların və bucaqlarının onlar arasında paylanması ilkin əlamət olaraq nəzərə alınır. Bu metodda sürüşməyə ,uzunluğa görə dönməyə və küncələrə görə miqyasın dəyişməsi invariantlıq əldə olunsda da küncələrə görə dönmədə və uzunluğa görə miqyas dəyişməsində mümkün deyil.

İkinci fəsildə Obyektlərin tanınması zamanı orta riskin minimallaşdırılması məsələsi, İkiölçülü binar təsvirlərin invariant tanınması üçün təsvirlərin ağırlıq mərkəzi ilə kontur nöqtələri

arasındakı polyar koordinatların artma sırasına düzülməsi yolu ilə ikiölçülü massivə çevrilməsi alqoritminin işlənməsi, Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə və miqyasda yerləşən ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağının təyin olunması məsələləri həll edilir:

1) Son tədqiqatlar zamanı təsvirlərin miqyas xətlərini aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünü təyin etmək təklif olunur:

$$z = \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i}{x_{orta}} - \frac{y_i}{y_{orta}} \right| \quad (1)$$

burada x_{orta} and y_{orta} uyğun olaraq, tanınası və standart obrazların parametrlərinin orta qiymətləridir.

Tanıma zamanı obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təsvirin miqyasından asılı olaraq dəyişməsi asılılığı kompüter modelləşdirilməsi yolu ilə yoxlanmışdır. Kompüter modelləşdirilməsi zamanı bu düstur məlum Kamberra düsturu¹ və müəllifin təklif etdiyi digər düsturla müqayisə edilmişdi.

Lakin araşdırmalar göstərdi ki, həmin düsturun bəzi nöqsanları mövcuddur. Bu düsturun mənfi cəhətləri: Təsvirin parametrlərinin sayı miqyaslamadan asılı olmamalıdır. Ümumilikdə təsvirin miqyası dəyişdikdə və skanlayıcı pikselin qiyməti sabit olduqda təsvirin nöqtələrinin və tanınası parametrlərin sayı dəyişir. Odur ki, bu zaman parametrlər kimi xarakterik nöqtələr götürülməlidir ki, say dəyişməsin. Çünki bu zaman təsvirin nöqtəsi yox, onun yanındakı nöqtə səhvən götürülə bilər. Parametrin qiyməti dəyişdikdə multiplikativ xəta da dəyişir və bu da əlavə xəta yaradır.

Odur ki, bu məsələni həll etmək üçün 2 varianta baxılmalıdır.

1. Təsvirin parametrlərinin sayı miqyasdan asılı deyil. Bu zaman təsvirin miqyaslama əmsalı tapılmalıdır.

¹ Нгуен Зуй Тхань. Инварианты в задачах распознавания графических образов. – Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика, 2016, № 1, с. 76-85.

Bu əmsal etalon və tanınası təsvirlərin perimetrlərinin, piksellərinin və ya sahələrinin nisbəti kimi tapılmalıdır.

Bundan sonra $x_{i,measure} = k * x_{i,real}(1 + \delta x) + \Delta x$ – düsturundan x_i , həqiqi qiymət tapılmalıdır. Burada – $x_{i,real}$, δx və Δx - uyğun olaraq, təsvirin parametrinin həqiqi qiyməti, multiplikativ və additiv xətalardır. Təsvirin parametrlərinin multiplikativ və additiv xətalrı aprior qaydada təyin oluna bilərlər.

Onda yekun düstur aşağıdakı kimi olur:

$$Z = z_1 + z_2 + \dots + z_n; \quad Z_i = x_{i,real} - y_i \quad (2)$$

2. Təsvirin papametrlərinin sayı miqyaslamadan asılıdır. Bu zaman 2 üsuldən istifadə etmək olar:

a. Parametr kimi xarakterik nöqtələr götürülməlidir.

b. Miqyaslama əmsalı tapıldıqdan sonra təsvirin miqyası süni olaraq dəyişdirilərək etalon təsvirin piksellərinin sayı ilə bərabərləşdirilməlidir. Bundan sonra yuxarıdakı düsturda $k=1$ qəbul etməklə, həmin düsturla z -lər tapılmalıdır.

Qeyd olunan yenilikləri nəzərə almaqla kompüterdə modelləşdirmə aparılmışdır. Tədqiqatın aparılması zamanı alınmış müsbət nəticələr cədvəllərdə verilmişdir.

2) Robot komplekslərində görmə sistemləri məhsulun keyfiyyətinə avtomatlaşdırılmış nəzarəti təmin etməklə məhsuldarlığı artırır və xərcləri azaldır. Lakin cisimlərin təsvirlərini tanıyarkən cismin xətti hərəkəti (şəklin ağırlıq mərkəzi ətrafında fırlanması və koordinat müstəvisində yerdəyişməsi) səbəbindən böyük metodik xətlər yaranır. Buna görə də, obyekt təsvirinin tanınması prosesi təsvirin mövqeyində dəyişikliklərə invariant olmalıdır. Təklif olunan alqoritmə görmə sisteminin çıxışında cisimlərin ikiölçülü təsvirlərinin kontur nöqtələri ekranın Dekart koordinat müstəvisində koordinatlar kimi göstərilmişdir. Bu koordinatların qiymətləri şəklin xətti yerdəyişməsinə və fırlanmasına invariant deyildir. Fəzada X_0Y_0 koordinat sistemi və müəyyən təsvir var. Koordinat oxları fırlandıqda, təsvirin koordinatları da dəyişir. Buna görə də, vəzifə koordinat oxlarının fırlanma bucağını və buna uyğun olaraq təsvirin hansı bucaqda fırlandığını müəyyən etmək idi. Aşağıdakı addımlar ardıcılığı yerinə yetirildi.

1. Şəkilin ilkin koordinatları x_0, y_0 qoyulur
2. Yeni təsvir koordinatları oxlar döndürüldükdə hesablanır

$$\begin{aligned}x_1 &= y \sin \alpha + x \cos \alpha \\ y_1 &= y \cos \alpha - x \sin \alpha\end{aligned}\quad (3)$$

3. Fiğurun oxlara nisbətən ilkin ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentləri OX_0 və OY_0

$$J_x = \sum_{i=1}^n (x_{oi} - x_{sr})^2 \quad (4)$$

$$J_y = \sum_{i=1}^n (y_{oi} - y_{sr})^2 \quad (5)$$

$$J_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_{oi} - x_{sr})(y_{oi} - y_{sr})$$

Burada

$$x_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

$$y_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (7)$$

4. OX_1 və OY_1 fırlanan oxlara nisbətən fiğurun ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentlərini tapılır.

$$J_{x1} = J_{x0} \cos^2 \alpha + J_{y0} \sin^2 \alpha - J_{x1y1} \sin 2\alpha \quad (8)$$

$$J_{y1} = J_{y0} \cos^2 \alpha + J_{x0} \sin^2 \alpha + J_{x1y1} \sin 2\alpha \quad (9)$$

$$J_{x1y1} = \frac{J_{x0} - J_{y0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x0y0} \cdot \cos 2\alpha \quad (10)$$

Koordinat oxlarının fırlanma bucağını tapmaq tələb olunur. Başqa sözlə, fiğurun orijinal X_0Y_0 koordinat oxlarına nisbətən fırlandığı bucağı tapmaq lazımdır.

Variant 1. ArcSin funksiyasından istifadə edərək həll yolu araşdırılmışdır.

Bu məqsədlə (1) tənliyini həll edilərək aşağıdakı formada yazılmışdır:

$$\frac{J_{x0}-J_{y0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x0y0} \cdot \cos 2\alpha = J_{x1y1} \quad (11)$$

Aşağıdakı əvəzetmələr edilmişdir:

$$\begin{aligned} a &= \frac{J_{x0}-J_{y0}}{2} \\ b &= J_{x0y0} \\ c &= J_{x1y1} \\ \varphi &= 2\alpha \end{aligned} \quad (12)$$

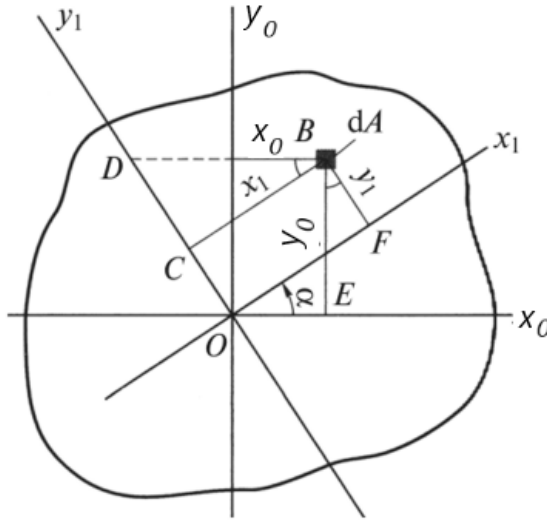
Sonra (11) tənliyi ifadəyə çevrilir

$$a \cdot \sin \varphi + b \cdot \cos \varphi = c \quad (13)$$

Daha sonra əldə olunmuş tənliyin hər iki tərəfi d bərabərliyinə bölünmüşdür:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin \varphi + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos \varphi &= \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}} \\ \frac{a}{d} \cdot \sin \varphi + \frac{b}{d} \cdot \cos \varphi &= \frac{c}{d} \end{aligned} \quad (14)$$

BCD və BEF üçbucaqlarından şəkil 1-ə əsasən



Şəkil 1. Orijinal koordinat oxlarına α bucaq altında əyilmiş yeni oxlara nisbətən fiqurun koordinatları

$$\begin{aligned}\cos\beta &= \frac{a}{d} \\ \sin\beta &= \frac{b}{d}\end{aligned}\tag{15}$$

$$\cos\beta \cdot \sin\varphi + \sin\beta \cdot \cos\varphi = \frac{c}{d}$$

Və ya

$$\sin(\beta + \varphi) = \frac{c}{d}\tag{16}$$

Daha sonra aşağıdakı formada yazılır:

$$\beta = \text{ArcCos}\left(\frac{a}{d}\right)\tag{17}$$

və ya başqa cür

$$\beta = \text{ArcSin}\left(\frac{b}{d}\right)$$

Buna görə də, koordinat oxlarının ikiqat fırlanma bucağı φ belə hesablanır:

$$\varphi = \text{ArcSin}\left(\frac{c}{d}\right) - \text{ArcSin}\left(\frac{b}{d}\right)\tag{18}$$

Və istənilən fırlanma bucağı tapılan bucağın yarısıdır, yəni..

$$\alpha = \frac{\varphi}{2}\tag{19}$$

Fiqurun fırlanma bucağını təyin etmək üçün son düstur aşağıdakı kimi alacaq:

$$\alpha = \frac{\text{ArcSin}\left(\frac{c}{d}\right) - \text{ArcSin}\left(\frac{b}{d}\right)}{2} + \mu\tag{20}$$

İkinci variant olaraq tangens triqonometrik funksiyasından istifadə edərək müəyyən hesablamalar aparılmışdır.

(10) tənliyini həll edərək aşağıdakı formada yenidən yazılmışdır:

$$\frac{J_{x0} - J_{y0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x0y0} \cdot \cos 2\alpha = J_{x1y1}\tag{21}$$

Aşağıdakı əvəzetmə edilmişdir:

$$\alpha = \frac{J_{x0} - J_{y0}}{2}\tag{21.1}$$

$$b = J_{x_0 y_0}$$

$$c = J_{x_1 y_1}$$

Sonra (21) tənliyi ifadəyə çevrilir

$$a \cdot \sin 2\alpha + b \cdot \cos 2\alpha = c \quad (22)$$

Bu tənliyi həll etmək üçün sinus və kosinus üçün ikiqat bucaq düsturunu tangens funksiyası vasitəsilə tətbiq edirik.

$$\sin 2\alpha = \frac{2tg\alpha}{1 + tg^2\alpha} \quad (23)$$

$$\cos 2\alpha = \frac{1 - tg^2\alpha}{1 + tg^2\alpha} \quad (24)$$

Bu zaman

$$\frac{2 \cdot a \cdot tg\alpha}{1 + tg^2\alpha} + \frac{1 - tg^2\alpha}{1 + tg^2\alpha} = c \quad (24.1)$$

$$2 \cdot a \cdot tg\alpha + b - b \cdot tg^2\alpha = c + c \cdot tg^2\alpha \quad (25)$$

$$(c + b) \cdot tg^2\alpha + (-2) \cdot a \cdot tg\alpha + (c - b) = 0 \quad (26)$$

Əvəzetmə edildikdə

$$a_1 = c + b, \quad b_1 = -2a, \quad c_1 = c - b, \quad x = tg\alpha \quad (27)$$

Onda (26) tənliyi formada yazıla bilər:

$$a_1 x^2 + b_1 x + c = 0 \quad (28)$$

Göründüyü kimi kvadrat tənlik alınır. Belə ki, kvadrat tənliyin kökləri aşağıdakı düsturla tapılır:

$$x_{1,2} = \frac{-b_1 \pm d_1}{2a_1} \quad (29)$$

Burada

$$d_1 = \sqrt{b_1^2 - 4a_1c_1} \quad (30)$$

Sonra (27) düsturundan istifadə edildikdə (29) və (30) düsturları aşağıdakı kimi yazılacaq:

$$d_1 = 2\sqrt{a^2 + b^2 - c^2} \quad (31)$$

$$x_1 = \frac{2a + d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (32)$$

$$x_2 = \frac{2a - d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (33)$$

Müvafiq olaraq

$$\alpha_1 = \text{Arctg} \frac{2a + d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (34)$$

$$\alpha_1 = \text{Arctg} \frac{2a + d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (35)$$

$$\alpha_2 = \text{Arctg} \frac{2a - d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (36)$$

$$\alpha_2 = \text{Arctg} \frac{2a - d_1}{2 \cdot (c + b)} \quad (37)$$

Orijinal tənliyə və başlanğıcına qayıtsaq əvəzetmələr nəticəsində aşağıdakı düstur əldə olunur:

$$\alpha_1 = \text{Arctg} \frac{(J_{x0} - J_{y0}) + \sqrt{\left(\frac{J_{x0} - J_{y0}}{2}\right)^2 + J_{x0y0}^2 - J_{x1y1}^2}}{2 \cdot (J_{x1y1} + J_{x0y0})} \quad (38)$$

$$\alpha_1 = \text{Arctg} \frac{(J_{x0}-J_{y0}) - \sqrt{\left(\frac{J_{x0}-J_{y0}}{2}\right)^2 + J_{x0y0}^2 - J_{x1y1}^2}}{2 \cdot (J_{x1y1} + J_{x0y0})} \quad (39)$$

Burada μ koordinat oxlarının fırlanması nəticəsində fiqurun hansı rübdə yerləşəcəyini nəzərə alan bucaqdır.

Burada, eləcə də 1-ci variantın həllində fırlanma nəticəsində rəqəmin hansı rübdə yerləşdiyini nəzərə almaq lazımdır.

Alınan (20) və (38, 39) düsturlarına əsasən hesablamaq üçün alınan düsturların düzgünlüyünü təsdiq edən proqram tərtib edilmişdir.

Proqramda yuxarıdakılara uyğun olaraq fırlanan zaman fiqurun koordinatları hesablanmışdır

Cədvəl 1

Dekart koordinat sistemində birinci və ikinci kvadrantlar tərəfindən fırlanan təyyarə fiqurunun koordinatları

0°	0°	30°	30°	60°	60°	90°	90°	120°	120°	150°	150°	180°	180°
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
20	50	42	33	53	8	20	50	42	33	53	8	20	50
36	50	56	25	61	-6	36	50	56	25	61	-6	36	50
51	50	69	18	69	-19	51	50	69	18	69	-19	51	50
51	34	61	4	55	-27	51	34	61	4	55	-27	51	34
51	17	53	-11	40	-36	51	17	53	-11	40	-36	51	17
36	17	40	-3	33	-23	36	17	40	-3	33	-23	36	17
20	17	26	5	25	-9	20	17	26	5	25	-9	20	17
20	35	35	20	40	0	20	35	35	20	40	0	20	35

Məsələnin həll edilməməsinin səbəblərindən biri də təsvirin fırlanması zamanı fırlanma bucağının triqonometrik funksiyalarının müxtəlif rüblərdə müxtəlif işarələr almasıdır. Buna görə də əldə edilən nəticə müxtəlif rüblərdə bir-birinə adekvat deyil. Buna görə də, təklif olunan üsul bu çatışmazlığı tamamilə aradan qaldırır. Nəzəri və kompüter modelləşdirmə nəticələri göstərir ki, təklif olunan düstur yalnız birinci rübdə dəqiq nəticələr verir.

Cədvəl 2

Dekart koordinat sistemində üçüncü və dördüncü kvadrantlar tərəfindən fırlanan təyyarə fiqurunun koordinatları

210°	210°	240°	240°	270°	270°	300°	300°	330°	330°	360°	360°
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
42	33	53	8	20	50	42	33	53	8	20	50
56	25	61	-6	36	50	56	25	61	-6	36	50
69	18	69	-19	51	50	69	18	69	-19	51	50
61	4	55	-27	51	34	61	4	55	-27	51	34
53	-11	40	-36	51	17	53	-11	40	-36	51	17
40	-3	33	-23	36	17	40	-3	33	-23	36	17
26	5	25	-9	20	17	26	5	25	-9	20	17
35	20	40	0	20	35	35	20	40	0	20	35

Və (20) və (38, 39) düsturlarına görə hesablayarkən aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir.

NƏTİCƏLƏR			
	ArcSin	ArcTan-alfa1	ArcTan-alfa2
0	0	3	0
30	30	33	30
60	60	63	60
90	90	93	90
120	120	123	120
150	150	153	150
180	180	183	180
210	210	213	210
240	240	243	240
270	270	273	270
300	300	303	300
330	330	333	330
360	360	363	360

Şəkil 2. Təklif olunan alqoritmin tətbiqi zamanı bucaqların təyini

Sütun 1 rəqəmin fırlanma bucaqlarını təyin edir.

2-ci sütunda arcsinus funksiyasına əsasən düstur (20) ilə hesablanmış fırlanma bucaqları göstərilir, 3 və 4-cü sütunlarda qövs tangensi funksiyası ilə düsturlar (38 və 39) ilə hesablanmış fırlanma bucaqları göstərilir.

Triqonometrik funksiyaların müxtəlif kvartallarda işarələri fərqli olduğuna görə eyni düstur digər rüblərdə düzgün nəticə vermir. Buna görə də təklif olunan alqoritm digər kvartallara düşmüş α bucağını hər dəfə birinci kvartala qaytarmaqla lazımi əməliyyatları yerinə yetirir. Bunun sayəsində 2D ikili təsvirlər fırlanma bucağından asılı olmayaraq fırlanma invariantı kimi tanınır. Kompüter modelləşdirməsi təklif olunan metodun düzgün olduğunu sübut edir

3) Obyekt və siqnalın tanınması problemlərində birinci və ikinci növ xətlərin hər birinin mənfi olmayan qiymətləri alan öz qiyməti var. Əgər onlar bərabərsə, problemi həll etmək nisbətən asandır. Çünki bəzi çevrilmələrdən sonra tənlik elə çevrilir ki, ona Laplas funksiyası tətbiq olunsun və təqribi qiymətləri tapılsın. Bununla belə, birinci və ikinci növ xətlərin bərabərsizliyi ilə daha dəqiq qiymətlər tapmaq və orta riski minimuma endirmək tələbatı zəruridir. Tədqiqat zamanı normal paylanmaya, həmçinin müstəqil riyazi gözləməyə və standart kənaraçıxmağa malik iki funksiya üçün orta riskin minimum qiymətinin tapılması metodu işlənib hazırlanmışdır.

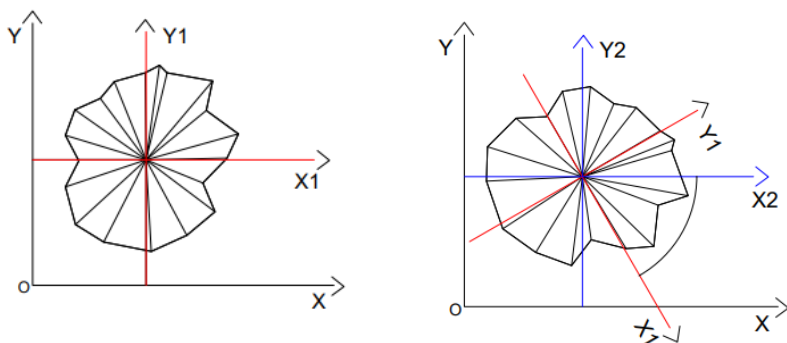
Alınan nəzəri nəticələr kompüterdə simulyasiya edilmişdir. Modelləşdirmə zamanı birinci və ikinci növ xətlərin ehtimallarının müxtəlif kombinasiyaları təyin edilmiş, onların gedişində orta riskdə dəyişiklik tendensiyası müəyyən edilmişdir. Kompüter modelləşdirməsinin nəticələri təklif olunan metodikanın effektivliyini göstərir.

4) İkiölçülü qapalı binar təsvirlərin invariant tanınması üçün təsvirlərin ağırlıq mərkəzi ilə kontur nöqtələri arasındakı polyar koordinatların artma sırasına düzülməsi yolu ilə ikiölçülü massivə çevrilməsi məsələsinin həlli üçün tətbiq olunmuş alqoritmin icrası aşağıdakı addımlarla tətbiq olunur.

Bu zaman obyektin kontur nöqtələri təyin olunur. Daha sonra iki ölçülü Dekart koordinat müstəvisində dekart koordinatları tapılır. Obyektin qravitasiya mərkəzi riyazi düsturların köməyi ilə təyin

olunur. Seçilmiş obyektin perimetri və sahəsi hesablanır. Qravitasiya mərkəzindən pik nöqtələrə çəkilmiş radiusların uzunluqları və polyar koordinatları hesablanır. Həmin polyarlığa görə maksimum və minimum nöqtələr tapılır. Prosesin ardınca polyar koordinatlar arasında ən böyük qiyməti təyin olunur. Sonrakı addımda əldə olunmuş qiymətlərlə maksimumdan minimuma doğru ardıcılıqla massiv formalaşdırılır. Təyin olunmuş massivlər kompüterin yaddaşına yazılır. Prosesin sonunda etalon massivlə tanınası massivi Canberra düsturunun köməyiylə müqayisə edilir.

Python proqramlaşdırma dilində Scipy kitabxanasından istifadə edərək obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü tapılmışdır. Müqayisə nəticəsində kompüterdə alınan qiymət buraxıla bilən ε – na yaxın olduqda təsvirlərin tanınması qəbul edilir.

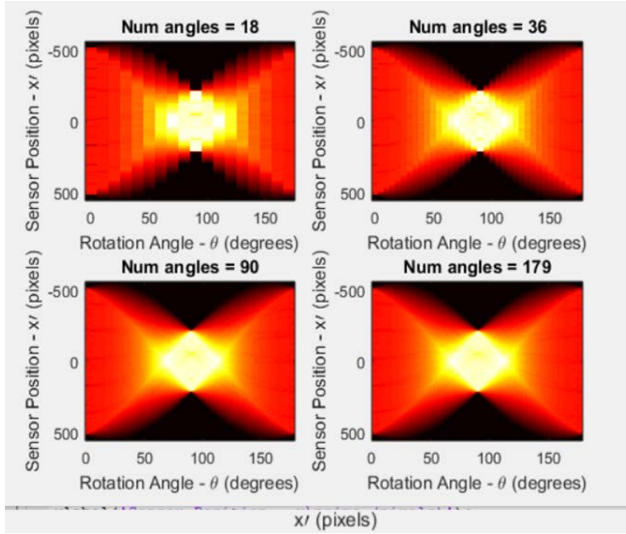


Şəkil 3: Eyni fiqurun müəyyən bucaq altında fırlanması

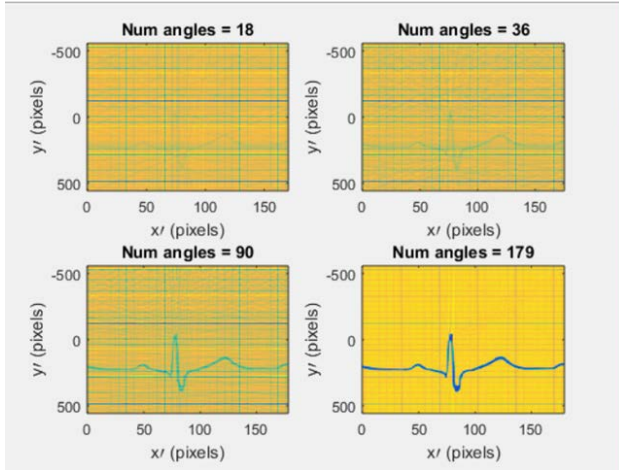
Üçüncü fəsildə Radon çevrilməsinin invariant proyeksiya xüsusiyyətlərindən istifadə edərək təsvirlərin cəld yoxlanılmasının nəzəri və kompüter modelləşdirilməsi verilmişdir:

Kompüter görmə qabiliyyətindən istifadə edərək həll olunan tapşırıq növlərindən biri sınaq obyektini bir sıra təsvirlərdən müəyyən edilməsi və təcrid edilməsi kimi bir vəzifə ola bilər. Bunun üçün çox vacib məqam invariant xüsusiyyətlərin müəyyən edilməsidir. Tədqiqatın məqsədi invariant proyeksiya xüsusiyyətlərindən istifadə edərək təsvirin cəld yoxlanılması üçün üsul hazırlamaqdır. Bunun üçün Monte-Karlo metodundan istifadə edərək tibbi elektro-

kardioqrafik təsvirlərdən istifadə etməklə təsvirlərin invariant əlamətlərinin tapılması prinsipləri və Radon çevrilməsindən istifadə edərək onu tanıma imkanları araşdırılmışdır. İnsanın fiziki və psixiemosional vəziyyətindən asılı olmayan invariant xüsusiyyətlər müəyyən edilir ki, bu da insanın biometrik identifikasiyasına imkan verir. Müəyyən edilmişdir ki, elektrokardioqrafik təsvirlərin ən informativ invariant xüsusiyyətləri elektrokardioqrammanın S və T hissələrindəki Amplitud qiymətləridir. Elektrokardioqrammı xarakterizə edən əlamətlərin əhəmiyyətini müəyyən etmək üçün Monte-Karlo üsulundan istifadə olunmuşdur. Bu funksiyaların birgə istifadəsi biometrik olaraq insanı yüksək dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir.



Şəkil 4. Müxtəlif bucaqlı θ ilə bir-başa Radon çevrilmələri



Şəkil 5. Müxtəlif θ bucağı altında tərs Radon hesablanması

Dördüncü fəsildə Obrazların tanınmasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq və xətalrı minimuma endirmək üçün mürəkkəb integrallanmış formullar əvəzinə diapazon analizi ilə həlli və Statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi istifadə edilməsi yolu ilə 3D obyektlərin tanınması məsələsinə baxılmışdır.

Nümunələrin tanınmasının etibarlılığı obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün düzgün hesablanmasından asılıdır. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçülərini nə qədər dəqiq hesablasaq, nəticələr bir o qədər dəqiq olar. Bundan əlavə, aşağıdakı çatışmazlıqlar bu düsturlardan istifadə edərək səhv nəticələrə səbəb olur:

1. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi üçün mövcud formullarda modul işarənin olması;
2. Ölçmələr arasında korrelyasiya əmsalı nəzərə alınmır (güman edilir ki, yoxdur) lakin korrelyasiya mövcuddur;
3. Təsadüfi xətalrı azaltmaq üçün təkrar ölçmələr aparmaq lazımdır ki, bu da emal sürətini azaldır;
4. Ölçmələr zamanı ortaya çıxan kobud xətalər nəzərə alınmır.

Bu səbəblərə görə, təsvirlərin tanınma müddəti baxımından texniki görmə sisteminin imkanlarını azaltmayan xüsusiyyət

qiymətlərinin müəyyən sayda təkrar ölçülməsindən istifadə edən alqoritmlərin işlənməsi obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətlərin səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaltması aktualdır məsələdir.

Təqdim olunan hesabatda bu məsələnin həllinə nail olan alqoritm təklif olunur. Alqoritm aşağıdakı kimi həyata keçirilir:

Giriş və istinad parametrləri $\{x_i | i = \overline{1, n}\}$ və $\{y_i | i = \overline{1, n}\}$ kompüterə daxil edilir. Proqram metodu ədədi orta, standart meyletmə, korrelyasiya əmsalı və obyektlər arasında yaxınlıq ölçülərinin yekun xətasını daxil edilən və istinad parametrlərinin qiymətlərini hesablanmasında tapılmışdır.

Obyektlər arasında yaxınlığın ölçüsünü qiymətləndirmək üçün təklif olunan alqoritm kompüterdə proqram təminatında riyazi modelləşdirilmişdir. Cari parametr a -nın qiymətini verilmiş intervalın minimum, orta və maksimum qiymətləri ilə əvəz etməklə proqram z_k (təklif olunan) qiymətləri hesablayır. Sonra z_m (Manxetten) və z_k (təklif olunan) hesablanmış qiymətlərinin xətləri ölçmələrin bir daha NK dəfə təkrarlanması ilə hesablanır.

Əvvəlcə, cari a parametrinin minimum qiyməti ilə əldə edilmiş Şəkil 4.3.1-i təhlil etdikdə belə görünür ki, təkrar NK ölçmələri yerinə yetirməklə təklif olunan alqoritm nəticəsində təsadüfi ölçmə xətası daha kiçik olur və onu variantlar arasında ən yaxşısı hesab etmək olar.

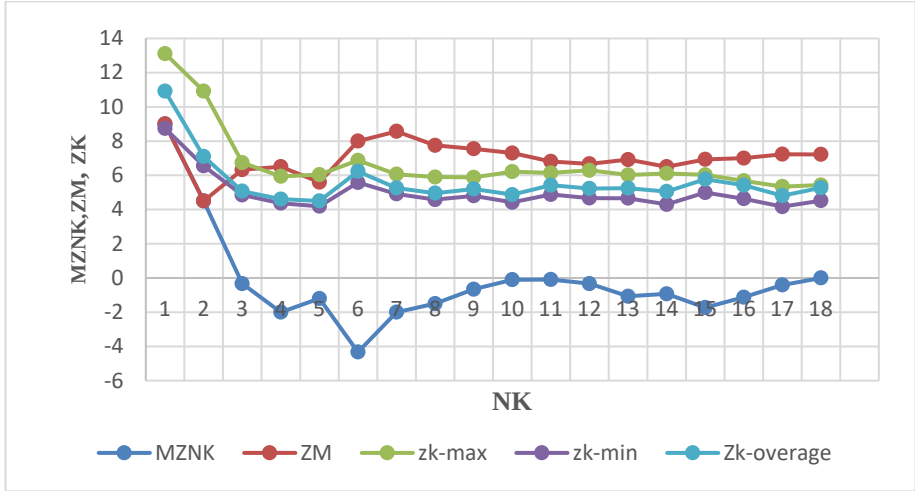
Verilmiş intervalda cari a parametrinin orta qiymətini götürdükdə, nəticələr çox yaxşıdır və NK təkrar ölçmələr apardıqda dəqiqlik əhəmiyyətli dərəcədə artır.

Cari a parametri həmin intervalda maksimum qiyməti aldıqda və klassik metodun istifadəsi ilə müqayisədə daha yüksək olduqda kompüter modelləşdirməsində əldə edilən nəticələr yaxşıdır.

Beləliklə, cədvəl və şəkillərdən göründüyü kimi, təklif olunan alqoritmın nəticəsi klassik üsulla alınan nəticələrdən xeyli yüksəkdir və təklif olunan alqoritmədən istifadə edildikdə texniki görmə sisteminin dəqiqliyi əhəmiyyətli dərəcədə artır və emal sürəti tələb olunan səviyyədə qalır.

Bu cədvəldə NK giriş parametrinin təkrar ölçmələrinin sayı (1-18); $MZNK$ -modul işarəsiz Manxetten düsturunun təzahürü; ZM -

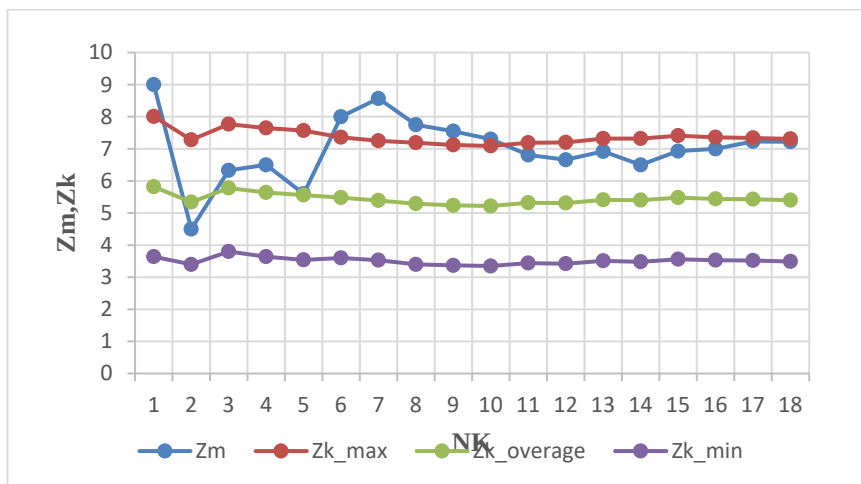
Manxetten düsturu əsasında hesablanmış obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü; Zk_{min} , $Zk_{average}$ and Zk_{max} ölçülən qiymətlərdən hansının hər hansı diapazona düşməsinə görə onun qiyməti əvəzinə diapazonun aşağı, orta və yuxarı qiymətləri kimi götürülür.



Şəkil 6. İstinad və giriş parametrlərinin təkrar ölçmələrinin sayı eyni olduqda əldə edilən nəticələr

Şəkil 6-da göstərildiyi kimi, MZNK (modul işarəsiz Manxetten düsturunun təzahürü) və ZM (Manhetten) təkrar ölçmələrin sayından (NK) asılılıq diaqramı qeyri-sabitdir. Bununla belə, təklif olunan alqoritmin (ZK) maksimum, minimum və orta qiymətlərinin təkrar ölçmələrin sayından asılılığının diaqramı daha sabitdir.

Şəkil 7-də göstərildiyi kimi, Zm (Manxetten) təkrar ölçmələrin sayından (NK) asılılığı qeyri-sabitdir. Bununla belə, təklif olunan alqoritmin maksimum, orta və minimum qiymətlərinin təkrar ölçmələrin sayından asılılığı daha sabitdir.



Şəkil 7. Zaman məhdudiyyətləri altında təkrar ölçmələrin sayı fərqli olduqda əldə edilən nəticələr

3) Tədqiqat işində ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin tətbiqi əsasında məhsulun təsviri ilə onun oriyentasiyasını təyin etmək üsulu təklif olunur.

Müstəvi fiqur bərk cisim olduğundan onun fəzadakı mövqeyinin təhlili müstəvi fiqurda yerləşən sabit marker nöqtəsinin mövqeyini təhlil etməklə həyata keçirilə bilər.

Bu halda, müstəvi fiqurun və buna uyğun olaraq marker nöqtəsinin fəzada ixtiyari yerləşməsi, miqyas dəyişikliyi ilə müstəvi fiqurun üç koordinat oxu ətrafında fırlanması kimi qəbul edilir.

Müstəvi fiqurun mövqeyinin təhlili marker nöqtəsinin frontal müstəvidə proyeksiyasının mövqeyini təhlil etməklə həyata keçirilmişdir. Bu halda, başlanğıc nöqtəsi müstəvi fiqurun mərkəzində yerləşir.

Marker nöqtəsinin mövqeyinin təhlili dörd mərhələyə bölünür: Müstəvi fiqur iki koordinat oxu ətrafında fırlanıqda marker nöqtəsinin mövqeyinin təhlili; İki koordinat oxu ətrafında müstəvi fiqurun miqyaslanması və fırlanması zamanı marker nöqtəsinin vəziyyətinin təhlili; Müstəvi fiqurun üç koordinat oxu ətrafında

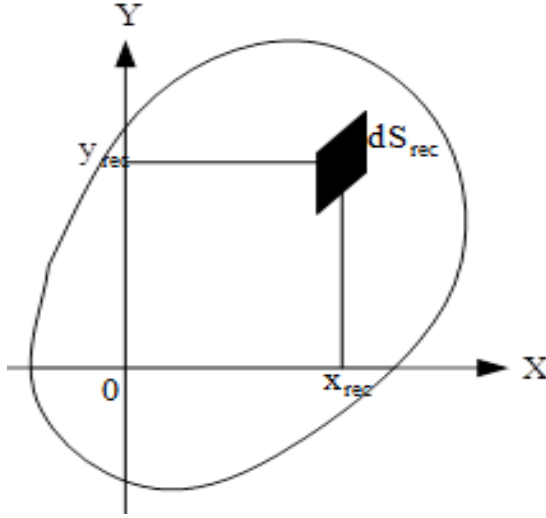
fırlanması zamanı marker nöqtəsinin vəziyyətinin təhlili; Miqyasın dəyişdirilməsi və müstəvi fiqurun üç koordinat oxu ətrafında fırlanması zamanı marker nöqtəsinin mövqeyinin təhlilində addımların birləşdirilməsi.

Addım 1 – Əgər müstəvi fiqur öz mərkəzi ətrafında nisbətən fırlanma etməyibsə və miqyasını dəyişməyibsə, bu halda müstəvi fiqur koordinat oxu ətrafında iki qat fırlanma edən marker nöqtəsi hesab oluna bilər; Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağı altında tətbiq edildi, şaquli ox ətrafında ikinci fırlanma β bucaq altında müstəvi fiqurundan keçdi.

Addım 2 - Əgər iki qat fırlanmadan əvvəl müstəvi fiqurun miqyası onun mərkəzinə nisbətən M dəfə dəyişibsə, bu halda yastı fiqur OX və OY oxları boyunca eyni istiqamətdə M dəfə hərəkət etmiş marker nöqtələri kimi qəbul edilə bilər, sonra koordinat oxları ətrafında iki qat fırlanma: Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağı altında, ikinci fırlanma isə fiqur müstəvisində β bucağı altında keçən şaquli ox ətrafında aparılır.

Addım 3 – Əgər iki qat fırlanmadan əvvəl müstəvi fiquru öz mərkəzinə nisbətən γ bucağı altında fırlanıbsa, bu halda müstəvi fiquru OZ oxu ətrafında γ bucağı ilə fırlanan marker nöqtəsi kimi qəbul edilə bilər, sonra koordinat oxları ətrafında fırlanma: Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağı ilə, ikinci fırlanma- fiqur müstəvisində keçən şaquli ox ətrafında, β bucağı ilə həyata keçirilir.

Addım 4 – Yuxarıda göstərilən bütün variantların ümumi-ləşdirilməsi kimi, müstəvi fiqurun ardıcıl olaraq M dəfə dəyişdirilməsi və OZ oxu ətrafında γ bucağı ilə fırlanması, ardınca koordinat oxları ətrafında iki qat fırlanma halını nəzərdən keçirilmişdir: Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağı ilə, ikinci fırlanma-fiqur müstəvisində keçən şaquli ox ətrafında β bucağı ilə həyata keçirilir. Bu halda, marker nöqtəsinin OX və OY oxları boyunca eyni istiqamətlərdə M dəfə hərəkət etdiyini, OZ oxu ətrafında γ bucağı ilə fırlandığını, ardınca isə koordinat oxları ətrafında iki qat fırlanma olduğu güman edilir: Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağında, ikinci fırlanma- β bucağında fiqur müstəvisində keçən şaquli ox ətrafında həyata keçirilir.



Şəkil 8. Fəzada fırlanandan və miqyası dəyişdirildikdən sonra müstəvi fiqurun təsviri

Bütün təsvir məhsulları üçün dissertasiya işində verilmiş asılılıqları birləşdirərək, tanınan təsvir üçün ikinci və üçüncü dərəcəli momentlər üçün aşağıdakı ifadələri alırıq:

$$\begin{aligned}
 Z_{Xrec^2} &= \int_{S_{rec}} x_{rec}^2 dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} x_{rec}^2 dx_{rec} dy_{rec} = \\
 &= \iint_{D_{st}} x_{rec}^2 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
 &= f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \quad (40)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{Yrec^2} &= \int_{S_{rec}} y_{rec}^2 dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} y_{rec}^2 dx_{rec} dy_{rec} = \\
 &= \iint_{D_{st}} y_{rec}^2 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \\
 Z_{Xrec \cdot Yrec} &= \int_{S_{rec}} (x_{rec} \cdot y_{rec}) dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} (x_{rec} \cdot y_{rec}) dx_{rec} dy_{rec} = \\
 &= \iint_{D_{st}} (x_{rec} \cdot y_{rec}) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
 &= f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \quad (41)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{Xrec^3} &= \int_{S_{recr}} x_{rec}^3 dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} x_{rec}^3 dx_{rec} dy_{rec} = \\
&= \iint_{D_{st}} x_{rec}^3 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
&\quad f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}), \quad (43)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{Yrec^3} &= \int_{S_{rec}} y_{rec}^3 dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} y_{rec}^3 dx_{rec} dy_{rec} = \\
&= \iint_{D_{st}} y_{rec}^3 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
&\quad f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}), \quad (44)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{Xrec^2 \cdot Yr} &= \int_{S_{rec}} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) dS_{rec} = \iint_{D_{rec}} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) dx_{rec} dy_{rec} \\
&= \\
&= \iint_{D_{st}} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
&\quad f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xe^3}, Z_{Xe^2 \cdot Ye}, Z_{Xe \cdot Ye^2}, Z_{Ye^3}), \quad (45)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{Xrec \cdot Yrec^2} &= \int_{S_{rec}} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) dS_r = \iint_{D_{rec}} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) dx_{rec} dy_{rec} \\
&= \\
&= \iint_{D_{st}} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = \\
&\quad f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}) \quad (46)
\end{aligned}$$

Bu halda, ikinci və üçüncü dərəcəli hər moment üçün iki ifadə alırıq:

(40) ÷ (46) tənliklər sistemi dörd məchullu yeddi tənliklər sistemidir. Bu sistemi grafik-analitik üsulla həll etməklə α, β, γ və M qiymət qrupları alınır. Tanınma məhsulun tərəfinin etalon təsvirini hesablanmış bucaqlar olan α, β, γ ilə çevirərək, miqyasın tənzimlənməsi və alınan təsvirin tanınan ilə birbaşa müqayisəsi ilə həyata keçirilir. Yəni, ilkin hesablamalardan sonra müxtəlif mövqələrin sadalanması bir neçə mövqe ilə məhdudlaşır. Əgər təsvir standartının yeni müddəalarından hər hansı birində üst-üstə düşərsə, məhsulun tərəfinin tanınan təsvirinin istinad şəklinə uyğun olduğu qənaətinə gəlinir. Üstəlik, α, β, γ qiymətləri onun fəzada oriyentasiyasını müəyyən edir və M qiyməti isə təsvirin mərkəzindən görmə orqanına qədər olan məsafədir.

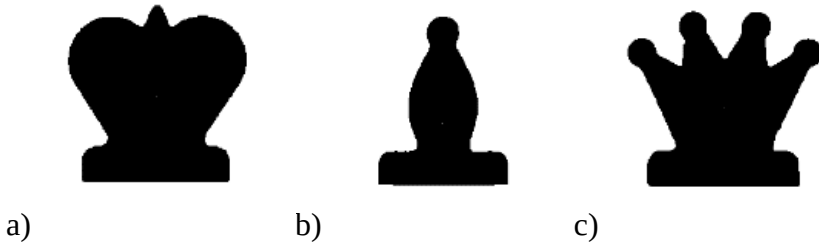
Alınan nəzəri nəticələri yoxlamaq üçün kompüter simulyasiyası aparılmışdır.

Təklif olunan metodologiyanın daha ətraflı təhlili üçün eyni klasterə aid olan, lakin formaca əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən obyektlərin öyrənilməsi məqsədəuyğundur. Obyektin formasını xarakterizə edən xüsusiyyət kimi [47] ifadəsi ilə müəyyən olunan “forma göstəricisi” seçilmişdir.

$$\rho = \frac{\text{Perimeter}^2}{\text{Area}} \quad (47)$$

Tədqiqatlar göstərdi ki, çevik avtomatlaşdırılmış istehsalla istehsal olunan real hissələr üçün forma indeksi 80-dən çox deyil. Buna görə də, kompüter modelləşdirməsində mücərrəd təsvirlərdən istifadə edilmişdir. Sadələşdirmək üçün obyektin təsvirləri kimi filtr edilmiş şahmat fiqurları seçilmişdir.

Şəkil 9-da orijinal təsvirlər olan üç müstəvi fiqur təqdim olunur.



Şəkil 9. Orijinal təsvirlər

Birinci mərhələdə AutoCAD sistemindən istifadə edərək orijinal təsvirlər $M = 0.5$ miqyasında dəyişdirilib. Sonra əldə edilən şəkil, təsvir müstəvisində γ bucaqlarında 40° -ə bərabər bir addımla, daha sonra şaquli ox ətrafında α bucaqlarında 10° bərabər olan artımla, üfqi ox ətrafında β bucaqlarında 10° bərabər addımla fırladıldı.

Nəticədə 8 yeni təsvir əldə edilmişdir. Bundan əlavə, əldə edilən təsvirlər üçün $(Z_{X^2_meas}, Z_{Y^2_meas}, Z_{XY_meas}, Z_{X^3_meas}, Z_{Y^3_meas}, Z_{X^2Y_meas}, Z_{XY^2_meas})$ ətalət momentləri ölçülmüşdür. Əlavə olaraq, (40) ÷ (46) formullarından istifadə edərək bu təsvirlər üçün ətalət

momentləri ($Z_{X^2_calc}$, $Z_{Y^2_calc}$, Z_{XY_calc} , $Z_{X^3_calc}$, $Z_{Y^3_calc}$, $Z_{X^2Y_calc}$, $Z_{XY^2_calc}$) hesablanmışdır. Müvafiq ətalət momentləri arasında nisbi fərqlərdə (D) hesablanmışdır.

$$\begin{aligned} D_{X^2} &= \frac{|Z_{X^2_meas} - Z_{X^2_calc}|}{Z_{X^2_meas}}, & D_{Y^2} &= \frac{|Z_{Y^2_meas} - Z_{Y^2_calc}|}{Z_{Y^2_meas}}, \\ D_{XY} &= \frac{|Z_{XY_meas} - Z_{XY_calc}|}{Z_{XY_meas}}, & D_{X^3} &= \frac{|Z_{X^3_meas} - Z_{X^3_calc}|}{Z_{X^3_meas}}, \\ D_{Y^3} &= \frac{|Z_{Y^3_meas} - Z_{Y^3_calc}|}{Z_{Y^3_meas}}, & D_{X^2Y} &= \frac{|Z_{X^2Y_meas} - Z_{X^2Y_calc}|}{Z_{X^2Y_meas}}, \\ D_{XY^2} &= \frac{|Z_{XY^2_meas} - Z_{XY^2_calc}|}{Z_{XY^2_meas}} \end{aligned} \quad (48)$$

Dissertasiya işində nisbi fərqin (D) müvafiq olaraq Z_{X^2} , Z_{Y^2} , Z_{XY} , Z_{X^3} , Z_{Y^3} , Z_{X^2Y} , Z_{XY^2} ətalət momentləri üçün $M = 0.5$ miqyasından və α, β, γ fırlanma bucaqlarından asılılıq qrafikləri verilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Obyektlərin tanınması zamanı orta riskin minimallaşdırılması məsələsinin tədqiqi nəticəsində tanınası və etalon obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təyin olunması xətalalarının minimallaşdırılması üçün zəruri şərtlər müəyyən olunmuşdur.

2. Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə və miqyasda yerləşən ikiölçülü obyektin ilkin vəziyyətə görə dönmə bucağının təyin olunması düsturu təklif olunmuşdur. Bu bucaqdan istifadə etməklə ikiölçülü təsvirlərin fırlanmaya və miqyas dəyişməsinə invariant tanınması məsələsi həll olunmuşdur.

3. İkiölçülü binar təsvirlərin invariant tanınması üçün təsvirlərin ağırlıq mərkəzi ilə kontur nöqtələri arasındakı polyar koordinatların artma sırasına düzülməsi yolu ilə ikiölçülü massivə çevrilməsi alqoritmi təklif edilmişdir. Bu massivdən istifadə etməklə ixtiyari oriyentasiyalı və miqyaslı təsvirləri invariant tanıma məsələsi həll olunmuşdur.

4. Obrazların tanınmasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq üçün mürəkkəb integrallanmış formullar əvəzinə diapazon analizi tətbiq etməklə xətalari minimuma endirəcək alqoritm hazırlanmışdır. Ölçmə xətalalarının paylanma diapazonunu intervallara bölmək və həmin intervalları təhlil etməklə təkrar ölçmələrin sayını və hər diapazona neçə dəfə düşdüyünü təyin edən alqoritm hazırlanmışdır.

5. Obyektlərin təsvirlərinin məkan təhriflərinə invariant olan xüsusiyyətlərin aşkarlanması üçün ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin tətbiqinə əsaslanan tənliklər sistemi əldə olunmuşdur. Bu formulalardan istifadə etməklə müstəvi fiqur fəzada təsadüfi yerləşdikdə onun ətalət momentinin dəyişməsindən asılı olaraq eyni vaxtda tanıma, məkan oriyentasiyası və obyektə qədər olan məsafəni təyin etmək məsələsi həll olunmuşdur.

6. Obyektin üç koordinat oxu ətrafında fırlanması zamanı müstəvi fiqurun ətalət momentlərinin dəyişməsinin təhlili göstərdi ki, fırlanma bucaqları üzrə fəzada üçqat fırlanması zamanı müstəvi fiqurun ətalət momentləri arasında asılılıq olduğu aşkarlanmışdır. statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi istifadə edilməsi və bu prinsip əsasında 3D obyektlərin tanınması üçün effektiv metodika hazırlanmışdır.

7. Radon çevrilməsindən istifadə edərək onu tanıma imkanları araşdırılmış və araşdırma nəticəsində Radon çevrilməsinin invariant proyeksiya xüsusiyyətlərindən istifadə edərək təsvirlərin cəld yoxlanılması üçün metodika hazırlanmışdır.

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə çap olunmuş işlərin siyahısı

1. Məmmədov,Q.M. Təsvirləri affin çevrilmələrinə invariant tanıyan sistemin səhihliyinin artırılması // 1st International Conference: Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives (MIMCS'2019),- Baku, Azerbaijan: 01-02 July, -2019.pp.45-46.
<https://zenodo.org/record/3783978#.Ytk0Z71BzIU>

2. Мамедов, Р. К., Мамедов, К. М. Повышение точности оценки грузоподъемности буровой вышки путем использования дискретного преобразования Фурье // Одесса: «Материалы IX МНПК «Информационные управляющие системы и технологии», -2020. с.227-229. <http://icst-conf.com/2020.pdf>
3. Mammadov, R.G., Rahimova, E.G and Mammadov, G.M. Invariant image recognition of objects using the Radon transformation // - Odessa, Ukraine: 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>, 2021. pp. 503-517. Scopus
4. Aliyev, T.Ch., İbrahimova, A., 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. Scopus <https://ieeexplore.ieee.org/document/9311303>
5. Rahim Mammadov, Elena Rahimova, Gurban Mammadov. Increasing the Reliability of Pattern Recognition by Analyzing the Distribution of Errors in Estimating the Measure of Proximity between Objects. Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2021): Proceedings of the 15th International Conference, 21–24 Sept. 2021, Minsk, Belarus. – Minsk: UIIP NASB, 2021. – pp.111-114. https://prip.by/2021/assets/files/papers/2124092021PRIP_proceedings_A2-5.pdf
6. Mammadov, R.G, Mammadov, G.M. Increasing of accuracy of the measurement of proximity between objects with interval analysis during pattern recognition in robotic systems // «Материалы IX МНПК «Информационные управляющие системы и технологии» (ИУСТ-ОДЕССА, 2021. pp. 55-57. <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/3467/1/ICST-2021%20-UA.pdf>

7. Mammadov, R.G., Rahimova, E. G and Mammadov, G.M. Reducing the estimation error of the measure of proximity between objects in pattern recognition // - Varna, Bulgaria: The International Conference on Automatics and Informatics (ICAİ'2021) IEEE- 30 Sept.-2 Oct. 2021, - p. 76- 81. Scopus
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9639548>
8. Mammadov, R.G., Aliyev, T.Ch., Mammadov, G.M. 3D Object Recognition by Unmanned Aircraft to Ensure the Safety of Transport Corridors // - Baku, Azerbaijan: International conference on problems of logistics, management and operation in the East-West transport corridor (PLMO), - October 27-29, - 2021.- p. 209-216.
https://conf.cyber.az/files/papers/PLMO_All_Papers.pdf
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. **Scopus, Web of Science**
<http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper30.pdf>
10. Mammadov, R.G., Rahimova, E. G and Mammadov, G.M. Ensuring the Invariance of Object Images to Linear Movements for Their Recognition // 4th International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering 2022, - Baku: - 20-22 May, - 2022, - p.51.
<http://icaiaame.com/wp-content/uploads/2022/06/ICAIAAME-2022-Accepted-Abstracts-E-Book.pdf>
11. Mammadov, G.M. Improving the accuracy of object recognition by reducing the scaling errors of pattern // - Germany: German International Journal of Modern Science, - 2022. №29, - pp.82-87.
<https://dizzw.com/wp-content/uploads/2022/04/Deutsche-internationale-Zeitschrift-f%C3%BCr-zeitgen%C3%B6ssische-Wissenschaft-%E2%84%9629-2022.pdf>
12. Məmmədov, Q.M. Obyektlərin ikiölçülü binar təsvirlərinin miqyasdan və fırlanmadan invariant olaraq tanınması // - Bakı:

Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri, - 2022. №2 (25), - səh.39-45.

13. Məmmədov, Q.M. Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sisteminin funksional imkanlarının genişləndirilməsi ilə invariantlığın təmin olunması // - Bakı: Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri, - 2022. №3 (25), - səh.67-73.
14. Mammadov, R.G., Rahimova, E.G., Mammadov, G.M. Improving Accuracy by Ensuring Invariance of Two-Dimensional Binary Images in Intelligent Systems // - Gliwice, Poland: 7th “Computational Linguistics and Intelligent Systems” COLINS 2023, - April 20-21, - 2023. pp.42-52.

Scopus, Web of Science

<https://ceur-ws.org/Vol-3403/paper4.pdf>

15. Mammadov, R.G., Rahimova, E.G., Mammadov, G.M. Reducing Average Risk by Providing Invariance of Two-Dimensional Binary Images// - Kherson, Ukraine: Proceedings of the 1st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk 2020, - April 20-21, - 2023. pp.365-375.

Scopus, Web of Science

<https://ceur-ws.org/Vol-3422/paper4.pdf>

16. Mammadov, R.G., Rahimova, E.G., Mammadov, G.M. Ensuring the Invariance of Object Images to Linear Movements for Their Recognition// 4th International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering-Engineering Cyber – Physical Systems and Critical Infrastructures, volume 7, - pp 140-148. Springer
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-31956-3_12#citeas

Müştərək müəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə müəllifin şəxsi rolu:

- [2] - Etalon və tanınası signalın vəziyyətlərinin təhlilinin mövcud metodologiyasının çatışmazlıqlarının təklifi;
- [3] - Radon çevrilməsinin tətbiqi ilə təsvirlərin tanınmasının modelləşdirilməsi;
- [4] - Təsvirlərin ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərinin tətbiqi əsasında məkan oriyentasiyasını müəyyən etmək;
- [5, 7] - Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanmasında xətalari minimuma endirmək üçün alqoritmın işlənməsi;
- [6] - OAYÖ-nün qiymətləndirilməsində yaranan xətalari aradan qaldırmaq üçün tanınan və istinad obyektlərinin parametrlərinin çoxsaylı ölçülməsinin nəticələrinə əsasən qərar qəbul etmək üçün alqoritm təklifi;
- [8] - Ətalət momentlərinin dəyişməsinin absis, ordinat və tətbiq oxları ətrafında obyekt təsvirinin fırlanma bucaqlarından asılılığını göstərən tənliklər sisteminin alınması;
- [9] - Alınmış nəzəri nəticələr əsasında təklif olunan tanıma üsulunun kompüter modelləşdirilməsi;
- [10, 16] - Tanınası obyektlərin xətti yerdəyişməsi zamanı tanımada yaranan çətinlikləri həll edəcək metodikanın təklifi;
- [14,15] - Koordinat oxlarının fırlanma bucağını və buna uyğun olaraq təsvirin hansı bucaq altında döndüyünün müəyyən edilməsi.

Dissertasiyanın müdafiəsi ____ __ 2024-cü il tarixində, _____ da
Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Dissertasiya
şurasının iclasında keçiriləcək.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.aztu.edu.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ 2024 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 04.05.2024
Kağızın formatı: A 5
Həcm: 40990
Tiraj: 100