

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

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

3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri (sahələr üzrə)

Texnika elmləri

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi

almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı: _____ **Qurban Müşfiq oğlu Məmmədov**

Elmi rəhbər: texnika elmlər doktoru, professor

Rəhim Qurban oğlu Məmmədov

Bakı - 2024

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	4
I Fəsil TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN MƏLUM METODLARI VƏ ONLARIN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ	11
1.1 Təsvirləri tanıma sistemlərinin ümumiləşdirilmiş strukturu və tətbiqi.....	11
1.2 Təsvirləri mövcud tanıma sistemlərinin müqayisəli təhlili.....	16
1.3 Təsvirlərin xətti çevrilmələrə qarşı invariantlıq yaratmağın məlum metodları və onların müqayisəli təhlili.....	26
Birinci fəsilə aid nəticələr.....	30
II Fəsil TƏSVİRLƏRİN PARAMETRLƏRİNİ QIYMƏTİNƏ GÖRƏ ARTMA VƏ YA AZALMA SIRASINA DÜZMƏKLƏ ONLARIN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIĞININ YARADILMASININ TƏDQIQI	32
2.1 Təsvirlərin miqyaslama xətlərinin azaldılması hesabına tanıma səhhiyyəsinin artırılması.....	32
2.2 Ağıllı şəbəkə sistemləri üçün nümunələrin tanınmasında orta riskin minimuma endirilməsi.....	40
2.3 Xətti təsvir çevrilməsi zamanı obrazların tanınması invariantlığının təmin edilməsi alqoritminin təhlili.....	55
2.4 Robot sistemlərində sinif kəsişmə sahəsinin adaptiv qeyri-səlis təhlilindən istifadə edərək oxşar obyektlərin tanınmasının etibarlılığının artırılması.....	62
2.5 Təsvirlərin fırlanmasına və yerdəyişməsinə invariant olan obyektlərin xüsusiyyətlərin seçilməsinin əsaslandırılması.....	74
İkinci fəsilə aid nəticələr.....	86
III Fəsil FURYE VƏ RADON ÇEVRİLMƏLƏRİ VASİTƏSİLƏ TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN TƏDQIQI	88
3.1 Radon çevrilməsindən istifadə edərək obyektlərin invariant təsvirlərinin tanınması.....	88
3.2 Obyektlərin təsvirlərinin bir ölçülü tanınmasının diskret Furiye çevrilməsi vasitəsilə dəqiqliyinin artırılması.....	103
3.3 Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sisteminin funksional imkanlarının genişləndirilməsi ilə invariantlığın təmin olunması.....	104
Üçüncü fəsilə aid nəticələr.....	113

IV Fəsil	HƏNDƏSİ MOMENTLƏR VASİTƏSİLƏ TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN TƏDQIQI.....	115
4.1	Çevik istehsalatda məhsulun əndazə ölçülərinə nəzarət keyfiyyətini təkmilləşdirmək üçün ətalət momentinin tətbiqi.....	115
4.2	Nəqliyyat dəhlizlərinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün pilotsuz təyyarələr tərəfindən 3D obyektlərin tanınması.....	141
4.3	Təsvirlərin tanınmasında obyektlər arasında yaxınlığın ölçülməsinin qiymətləndirilməsi xətasının azaldılması.....	156
4.4	Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində xətalara paylanması təhlili ilə nümunənin tanınmasının səhhiyyəsinin artırılması.....	169
	Dördüncü fəsilə aid nəticələr.....	176
	NƏTİCƏLƏR	180
	ƏDƏBİYYAT.....	182
	ƏLAVƏLƏR.....	200
	İXTİSARLARIN SİYAHISI.....	208

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Hal-hazırda elm və texnikada mexatronikanın, kompüter texnologiyasının, nanotexnologiyanın, informasiya texnologiyasının və robototexnika texnologiyasının inkişafı müxtəlif sahələrin avtomatlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Geniş miqyaslı istehlakçılar 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 mülki və hərbi istehsalçılar intellektual çoxfunksiyalı robotlardan daha geniş istifadə etməyi qarşılarına məqsəd qoyurlar. Bu robotlardan effektiv istifadə etmək üçün onların problem təşkil edən blokları və qurğuları üzərində çox böyük elmi-tədqiqat işləri aparılır. Mobil robotların effektivliyini təmin edən qurğulardan biri robotun texniki görmə (TGS) sistemidir. Belə sistemlərin modeli kimi insan götürülür. Aydındır ki, insan ətraf mühitdən bütün qəbul edilən informasiyanın əsas hissəsini görmə orqanı vasitəsilə alır və bütünlüklə insanın icra fəaliyyəti informasiyanın vizual emalına əsaslanmışdır. Bu sistem robotun gözü olmaqla bərabər, onun beyninin də müəyyən hissəsini yerinə yetirməli və digər vacib hissələrini düzgün informasiya ilə təmin etməlidir. Texniki görmə sistemi, verilmiş təsvirlər əsasında obyektlərin aşkar edilməsini, avtomatik idarə edilməsini və təhlilini təmin edən sistemdir. İstehsal xəttindəki məhsulların keyfiyyətinə nəzarət və ya təhlili üçün süni yaradılmış insan yoxlamasıdır.

Rəqəmsal sənaye əsrində bir çox sənaye müəssisələrində tətbiq olunan sənaye robotlarının əksəriyyəti robotun işçi sahəsinin hüdudları çərçivəsində kompüterləşdirilmişdir. Lakin, həmin robotların tətbiqi fəaliyyət istiqamətində mühüm çətinliklər və məhdudiyyətlər meydana gəlir. Buna görə də, real zaman miqyasında istehsalat şəraitində işçi zonanın şərtlərinə uyğun sensor sistemləri əsasında öz

fəaliyyətini təshih etmə qabiliyyətinə malik adaptiv və intellektual robotların yaradılmasına və istismarına böyük diqqət göstərilir.

Belə məhdudiyyətlərin həllində texniki görmə sisteminin keyfiyyətini xarakterizə edən ümumiləşdirilmiş parametr effektivlikdir. İstismar zamanı texniki görmə sisteminin effektivliyi obyektlərin tanınmasının cəld işləməsi, etibarlılığı, səhhiyyəsi və funksional imkanları ilə xarakterizə olunur. Sürət və etibarlılığın səviyyəsi texniki vasitələrin inkişaf səviyyəsindən birbaşa asılıdır və hal-hazırda kifayət qədər yüksəkdir. Yüksək effektivliyi əldə etmək üçün səhhiyyəsi kifayət qədər artırmaq lazımdır. TGS obyektlərinin tanınmasının səhhiyyəsinə gəlinə, səhhiyyə qoyulan yüksək tələblərə görə problemlər, həmçinin müxtəliflik və qoyulmuş mürəkkəb məsələlər hələ də həll edilməmişdir, yəni obyektlərin tanınma səhhiyyəsi TGS işinin effektivliyini müəyyən edən əhəmiyyətli parametrlərdən biridir.

Tanıma sistemləri ilə bağlı mənbələrin öyrənilməsi göstərir ki, təsvirlərə görə obyektlərin tanınma səhhiyyəsinə ən azı üç amil neqativ təsir edir: təsvirlərdə küylərin mövcudluğu, affın çevrilmələri (sürüşmə, fırlanma və miqyas dəyişimi) və obyektlərin ölçülən parametrlərinə qoyulan sisteməlik və təsadüfi xətalara görə tanıma xətasının yaranması. Belə ki, Tanıma sisteminin səhhiyyəsi təsvirlərin affın çevrilmələrinə invariantlığından və obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təyin olunması dəqiqliyindən bir-başına asılıdır. Odur ki, dissertasiya işində bu iki problemin həll olunması dissertasiya işinin əsas məqsədidir.

Bununla əlaqədar, dissertasiya işində qeyd edilmiş faktorların azaldılması yolu ilə obyektlərin tanınma səhhiyyəsinin artırılması metodikasının və alqoritmlərinin hazırlanması, həmçinin təsvirlərin sürüşməyə, fırlanmaya və miqyas dəyişməsinə invariantlıq məsələsi həll olunmuşdur.

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

Tədqiqatın predmetini obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün hesablanması zamanı xətalara 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 səhhiyyəsinin və obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün (OAYÖ) hesablanması və dəqiqliyinin artırılmasında təsvirlərə görə obyektlərin effektiv tanınma metodikasının hazırlanmasıdır.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

1. Təsvirinə görə obyektlərin tanınmasının səhhiyyəsinin 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”, “Python” və “Delphi” 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 tanınması və etalon obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təyin olunması xətlərinin minimallaşdırılması metodikasını.

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

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

4. Obrazların tanınmasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiqliyini artırmaq və xətalari minimuma endirmək üçün mürəkkəb inteqrallanmış 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 etalət 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 tanınması 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 inteqrallanmış 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 dəyəri aşağıdakılardan ibarətdir:

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 affin 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.

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 IX МНПК “Информационные управляющие системы и технологии” (ИУСТ)» (ОДЕССА,2020), «Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems & Technologies (ICST)» (

ОДЕССА -2020), «International Conference Automatics and Informatics, ICAI'2020» (Bulgaria-Varna-2020), «15th International conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2021)» (Belarus, Minsk-2021), Материалы IX МНПК «Информационные управляющие системы и технологии» (ИУСТ)» (ОДЕССА-2021), «International Conference Automatics and Informatics, ICAI'2021» (Bulgaria, Varna-2021), «Materials of the II International scientific - technical conference “Smart Energy Systems 2021” (SES-2021)» (Russia, Kazan-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, 3rd International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk 2022- Neubiberg, Germany-2023), «7th “Computational Linguistics and Intelligent System” COLINS» (Poland-2023) Beynəlxalq elmi-praktik konfranslarında məruzə və müzakirə edilmişdir.

Həmçinin əsas nəticələr Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının 2022 və 2023-cü illərdəki fəaliyyəti haqqında hesabatlarda dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin nəticələrinin yerinə yetirilməsi. Təqdim edilmiş alqoritmlər və metodologiyalar Pilotsuz uçuş aparatları və hava hücumundan müdafiə sistemini sahəsində tətbiq edilə bilər. Həmçinin, elmi tədqiqatların nəticələri Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının 2022 və 2023-cü illərdəki fəaliyyəti haqqında hesabatda dərc olunmuşdur.

Nəşrlər. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 16 elmi işdə dərc edilmişdir, həmçinin:

- 6 məqalə Scopus siyahısına, həmçinin onlardan biri Web of Science siyahısına daxil olan Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Information Control Systems & Technologies (ICST-2020), 2020 International Conference Automatics and Informatics, ICAI'2020, International Conference Automatics and Informatics, ICAI 2021, 6th “Computational Linguistics and Intelligent System” COLINS, 3rd International Workshop on Computational &

Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk 2022- Neubiberg, Germany-2023), «7th “Computational Linguistics and Intelligent System” COLINS» (Poland-2023) konfrans materiallarında;

- 1 həmmüəllifsiz məqalə Index Copernicus siyahısına daxil olan « German International Journal of Modern Science » jurnalında;

- 2 həmmüəllifsiz məqalə Azərbaycan Respublikasının Ali Attestasiya Komissiyasının siyahısına daxil olan Milli Aerokosmik Agentliyin xəbərləri jurnalında;

- 1 məqalə Belarus Respublikasının Ali Attestasiya Komissiyasının siyahısına daxil olan 15th International conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP’2021) konfrans materialında;

- 1 məqalə IEEE –yə daxil olan International conference on problems of logistics, management and operation in the East-West transport corridor (PLMO) konfrans materialında;

-2 tezis və 1 məqalə Springer siyahısına daxil olan 4th International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering 2022 konfrans materialında və Engineering Cyber – Physical Systems and Critical Infrastructures, volume 7 jurnalında;

- 3 tezis Azərbaycan və Ukraynanın nüfuzlu konfrans materiallarında dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, istifadə olunan ədəbiyyatın siyahısı və əlavədən ibarətdir. İşin həcmi 208 səhifədən, 52 şəkil, 26 cədvəl, 160 adda istifadə olunmuş ədəbiyyatın siyahısı və 8 səhifə əlavədən ibarətdir.

I FƏSİL. TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN MƏLUM METODLARI VƏ ONLARIN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

1.1. Təsvirləri tanıma sistemlərinin ümumiləşdirilmiş strukturu və tətbiqi

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 hüdudları 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 təshih etmə qabiliyyətinə malik adaptiv və intellektual robotların yaradılmasına və istismarına böyük diqqət göstərilir. Adaptiv robotlar istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmasından süni intellektə malik pilotsuz uçuş aparatlarına qədər ölçmə, funksionallıq, hərəkətilik, çeviklik və zəka baxımından əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənə bilirlər. Adaptiv robotlar ətraf mühiti qavrayıb öyrənə və müstəqil qərarlar qəbul edə bilirlər. Başqa sözlə, onlar olduqca unikaldırlar, çünki ətrafdakı dünyanı dərk etmək üçün sensorlardan istifadə edirlər və sonra öz məlumatlarına və tapşırıqlarına əsaslanaraq optimal növbəti addımı atmaq üçün qərar qəbul etmə strukturlarından istifadə edirlər. Adaptiv robotlar proqramlaşdırılmış

biliklərin intellektual texniki bazası köməyilə ən mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirir. Adaptiv robotun strukturunda İnformasiya-Ölçmə Sistemi və Texniki Görmə Sistemi əsas komponentləri kimi əvəzolunmaz yer tutur. Texniki görmə sistemi, verilmiş təsvirlər əsasında obyektlərin aşkar edilməsini, avtomatik idarə edilməsini və təhlilini təmin edən sistemdir. İstehsal xəttindəki məhsulların keyfiyyətinə nəzarət və ya təhlili üçün süni yaradılmış insan yoxlamasıdır.

Texniki görmə informasiya-ölçmə sisteminin işi vizual informasiyanın qəbulu, təhlili və emalı, yəni robotun işlədiyi mühitin təsvirləri ilə sıx əlaqədədir.

Elmi araşdırmalar göstərmişdir ki, insan və robotun funksional strukturu və icra orqanları oxşar element bazasına malikdir.

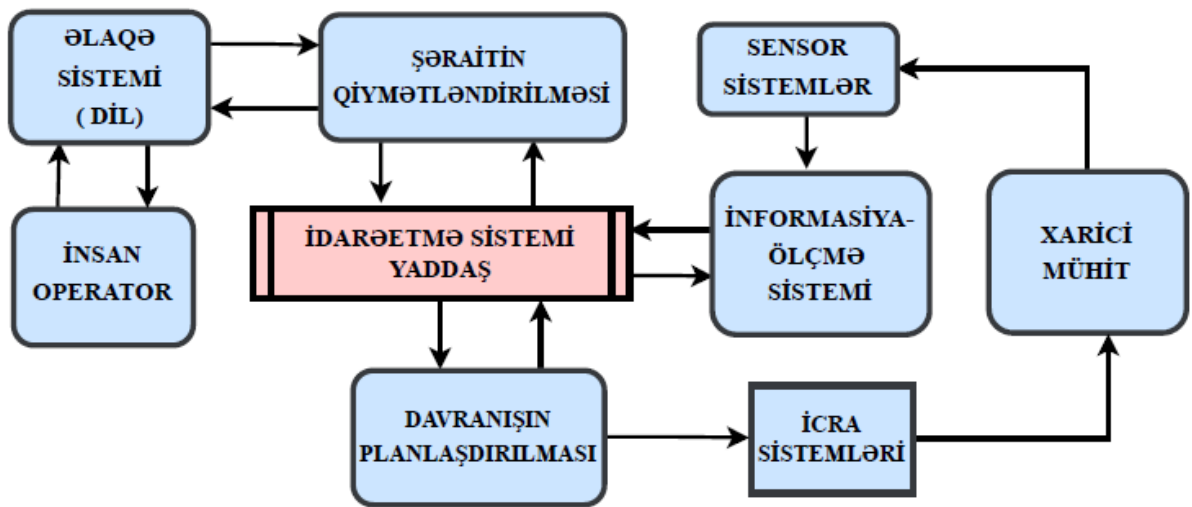
Avadanlıq və proseslərin dəqiqliyini və səmərəliliyini artırmaq üçün sənaye kameralarından alınan rəqəmsal təsvirlərin intellektual təhlili, tez-tez daha böyük sistemlərin komponenti kimi istifadə olunur və xüsusi tətbiq tapşırıqlarına yönəldilir. Şəkil 1.1.1-də ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olan adaptiv robotun ümumiləşdirilmiş struktur-funksional sxemi əks olunmuşdur. Robot ümumi halda 4 sistemdən təşkil olunur: İdarəetmə (yaddaş), İnformasiya-ölçmə, İcra və digər robotlarla, insanlarla və ya robotun digər daxili sistemləri ilə Əlaqə (dil) sistemləri.

İnformasiya-ölçmə sistemi – xarici mühitin və mobil robotun idarəetmə sisteminin iş mühitinin şərtlərinə uyğun olaraq robotun öz fəaliyyəti istiqamətində informasiyanın qəbul edilməsi və çevrilməsi üçün nəzərdə tutulmuş robotun süni hissiyyat orqanıdır.

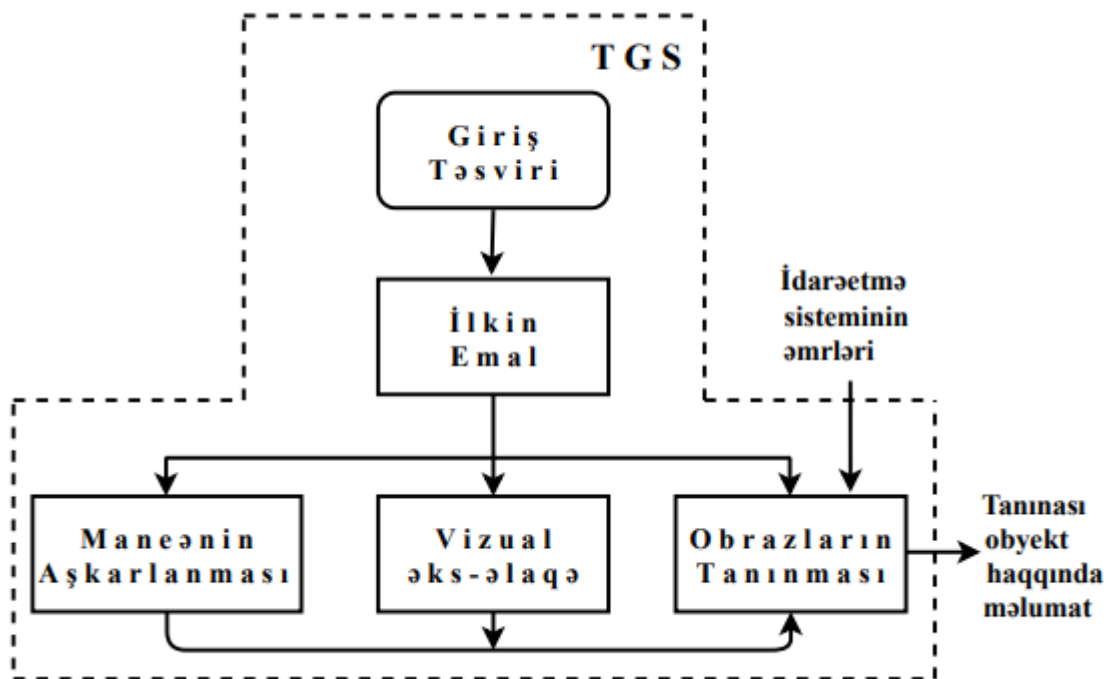
İdarəetmə sistemi - informasiya-ölçmə və əlaqə sistemlərinin birləşməsi olub robotun informasiya-nəzarət sistemini təşkil edir ki, bu da robotun digər robotlarla aktiv qarşılıqlı əlaqəsini təşkil etmək üçün informasiyanın emalını, ötürülməsini, icraedici sistemin icra mexanizmlərinə birbaşa nəzarətini, işçi mühit və operator tərəfindən formalaşdırılan vəzifələri yerinə yetirməyi təmin edir.

İcra sistemləri - ətraf mühit obyektlərinə birbaşa təsir etmək və ya informasiya-ölçmə sistemi və ya birbaşa operator tərəfindən tərtib edilmiş idarəetmə siqnallarına uyğun olaraq onlarla qarşılıqlı əlaqə yaratmaq üçün nəzərdə tutulmuş bir moduldur. İcra sisteminin elementləri kimi sürücülər (mühərriklər), ötürmə cihazları (ötürmələr),

əlaqəli mexaniki qollar (manipulyatorlar), mexaniki ayaqlar (pedikulyarlar), müxtəlif texnoloji alətlər, qrafik plotterlər, təkərli, tırtıllı və digər şassili arabalar və s.



Şəkil 1.1.1 Ətaf mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan robotun ümumiləşdirilmiş struktur-funksional sxemi



Şəkil 1.1.2 Mobil robotun texniki görmə sisteminin struktur-funksional sxemi

Sensor sistemləri - robotların informasiya-ölçmə sistemlərinin əsas tərkib hissəsini təşkil edir, onların məqsədi ətraf mühitdəki obyektlərin, proseslərin vəziyyəti və robotun funksionallığı üçün tələb olunan məlumatları formalaşdırmaq və

ötürməkdir. Sensor sisteminin elementləri kimi televiziya və optoelektron cihazlar, lazer və ultrasəs məsafəölçənlər, akustik sensorlar və sonarlar, toxunma, kontakt və induksiya sensorları, həmçinin mövqe, sürət, qüvvə və fırlanma momenti sensorları, potensiometrlər, takometrlər, akselerometrlər və s.

Əlaqə sistemi - robot sistemləri arasında informasiya siqnallarının ötürülməsinə, habelə dialoq aparmaq, formalaşdırmaq üçün robotla insan və ya digər robotlar və qurğular arasında məlumat mübadiləsinə təşkil etməyə xidmət edən robotun “dilidir”. Robot üçün tapşırıqlar, onun sistemlərinin işinə nəzarət etmək, nasazlıqları aşkar etmək, müntəzəm yoxlamalar və s.

İntellektual mobil robotların əsas tərkib hissəsi olan İÖS - texniki görmə sistemindən və sensor məlumatlarının ümumiləşdirilməsi sistemindən ibarətdir. Şəkil 1.1.2-dən də göründüyü kimi TGS giriş təsviri, ilkin emal, maneələrin aşkarlanması, vizual əks əlaqə və obrazların tanınması bloklarından ibarətdir. Obrazların tanınması blokuna kənardan idarəetmə sisteminin əməllərində təsir göstərə bilər.

"Giriş təsviri" bloku telekamera siqnalından kadrın ardıcıl tutulmasını təmin edir. Kameradan çəkilmiş video təsvirdə rəqəmsal və analoq səs-küy ola bilər və həmçinin kamera obyektinin aberrasiyası səbəbindən təhrifə məruz qalır. Video görüntünün bu mənfi cəhətləri nə qədər qabarıq olarsa, kameranın çəki və qabarit ölçü xüsusiyyətləri bir o qədər kiçik olur. Aberrasiyanı aradan qaldırmaq üçün adətən mürəkkəb optik sistemli linzalar istifadə olunur. Mini robotlar üçün belə linzaların istifadəsi çəki və ölçü xüsusiyyətlərinə görə həmişə mümkün olmur. Buna görə də, bu aberrasiyaları aradan qaldırmaq üçün "İlkin emal" blokunda həyata keçirilən xüsusi alqoritmik dəstəkdən istifadə etmək məqsədəuyğundur. İlkin emaldan sonra əldə edilən video təsviri üç sərbəst blokla təhlil edilir: "maneə aşkarlama" bloku, "vizual əks əlaqə" bloku və "obrazların tanınması" bloku. "Maneənin aşkarlanması" bloku bort kamerasından görünən ərazidə maneələrin aşkarlanması və məsafəsinin müəyyən edilməsi problemini həll edir. "Vizual əks əlaqə" bloku müşahidəçinin hərəkət parametrlərinin bərpası problemini həll edir ki, bu da intellektual mobil robotun hərəkət parametrləri haqqında məlumatların yaradılması üçün istifadə olunur. "Obrazların tanınması" bloku videotəsvirdə ətraf mühitin müəyyən obyektlərini aşkar edir, onları

tanıyır və verilmiş obyektin izlənməsi problemini həll edir. Obyektin izlənməsi məsələsini həll edərkən blok cari obyektin iş yerindəki koordinatlarını yaradır. Bu səbəbdən obrazların tanınması bloku davranışa nəzarət sistemi ilə sıx əlaqədə olmalıdır.

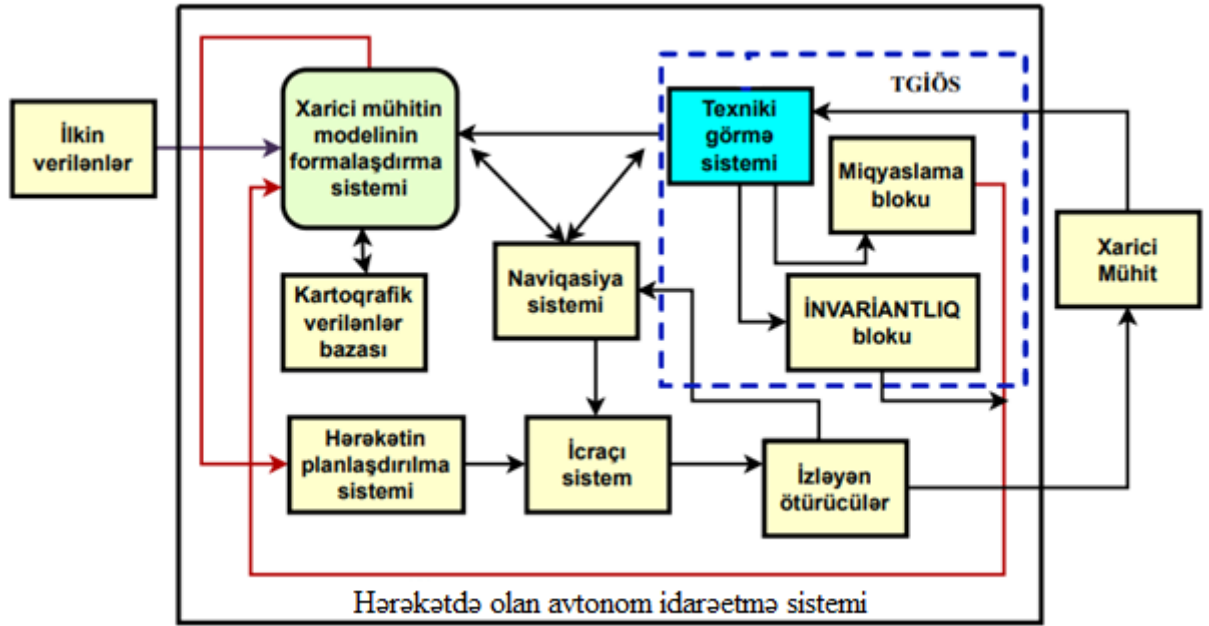
Tədqiqat işində mobil nəqliyyat robotlarında müasir informasiya-ölçmə idarəetmə sistemlərinin ümumiləşdirilmiş struktur sxemi göstərilmişdir (Şəkil 1.1.3). TGIÖS-nin funksional işi, başlıca olaraq ilkin verilən təsvirlərin qəbulu, emalı və təhlili ilə sıx bağlıdır. Elmi əsərlərdə vizual informasiyanın kompüter texnikasının köməyi ilə emalı məsələlərinə geniş yer ayrılmışdır. Lakin real zaman miqyasında istifadəçilər üçün əlçatan normal parametrlərə malik mikroprosessorlarda hesablama əməliyyatlarının həyata keçirilməsində iri massivli informasiyanın emalını tələb edən robototexniki məsələlərin xarakteri təsvirlərin rəqəmsal emal metodları və analizinin tətbiqini mürəkkəbləşdirir.

Robototexnika sistemlərində İÖS-nin funksiyasına obyektin tipinin icrası, onun cari vəziyyəti, mövqeyi və istiqamətin təyin edilməsi prosesləri daxildir. Tanınması obyekt texniki görmə sisteminin videokamerasından təyin edilmiş məsafə aralığında yerləşdikdə bu prosesin icrası müvəffəqiyyətlə aparılır, bir sözlə verilən təsvirin analizi və təhlili sabit miqyasda aparılır. Bugünün tələbinə uyğun olaraq, obyektin etibarlı və dəqiq tanınması prosesi üçün texniki görmə sisteminin işçi sahəsində yerdəyişməyə, fırlanmaya və sürüşməyə invariant əlamətlər və miqyaslama blokuna malik olması kifayətdir. Belə ki, affın çevrilmələrinə məruz qalan obyektin növünün, onun cari vəziyyətinin və istiqamətinin tapılması məsələsi öz aktuallığını qoruyur.

Aydındır ki, effektivlik robototexnika sahəsində qoyulmuş məsələlərin həllində TGIÖS –nin işinin keyfiyyətini xarakterizə edən ümumiləşdirilmiş parametrdir.

TGIÖS-nin istismarında onun işinin effektivliyi təsvirləri tanınmasının cəldişləməsi, etibarlılığı və səhihliyi kimi vacib 3 parametrlə xarakterizə edilir.

Sistemin cəldişləmə və etibarlılıq səviyyəsi texniki vasitələrin inkişaf səviyyəsindən bir-başa asılıdır və müasir dövrdə kifayət qədər yüksəkdir.



Şəkil 1.1.3 Hərəkətdə olan mobil robotların müasir informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemlərinin ümumiləşdirilmiş struktur sxemi

Təsvirlərin tanınması sahəsindəki xətalara ümumilikdə δ əlamətlərinə görə aşağıdakı asılılıqla təqdim etmək mümkündür:

$$\delta = f(\sigma_{küy}, \sigma_{fəza\ çevril.}, \sigma_{OAYÖ})$$

Burada $\sigma_{küy}$ – mobil obyektə və təsvirə aid olan piksellərin miqdarının, həmçinin təsvirin formasının dəyişmə əlamətlərinin hesablamaya xətası; $\sigma_{fəza\ çevril.}$ – obyektin həndəsi parametrlərinin və mütləq qiymətinin dəyişməsində əlamətlərin hesablamaya xətası; $\sigma_{OAYÖ}$ – sisteməlik və təsadüfi xətalara, həmçinin obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün miqyas dəyişməsinin təsirindən əlamətlərin hesablamaya xətası;

1.2. Təsvirləri mövcud tanıma sistemlərinin müqayisəli təhlili

Bu fəsilə ilkin çevrilmə təsvirlərinin köməylə sürüşmə və miqyaslama invariantlığının təmin olunması və təlim nümunələri dəstini genişləndirərək fırlanma invariantlığını təmin edən tanıma sistemləri araşdırılır. Bu vəziyyətdə təlim nümunələri seçilmiş mümkün olan bucaq yerdəyişmələrinə müvafiq olan təsvirlərdən ibarətdir. Sistem ilkin emal olunmuş lakin fırlanma üzrə invariant xüsusiyyətləri vurğulamadan

təsvirləri tanıyır. Təsnifləndiricilər kimi müxtəlif alqoritmlər və bəzi ənənəvi qeyri-parametrik təsnifləndiricilər tərəfindən öyrədilmiş çox qatlı qavrayış sistemi istifadə olunur. Səs-küy səviyyəsinin tanıma keyfiyyəti üzərindəki təsiri nəzərə alınır və həmçinin genişləndirilmiş təlim nümunələri olan neyroşəbəkə təsnifatı öyrənilərkən təsvirin tanınmasının effektivliyi araşdırılır. Bu genişləndirilmiş nümunələrdə səs-küy olmayan təsvirlərlə yanaşı fərqli siqnal-küylü nisbətlərinə malik olan səs-küylü təsvirlərdə mövcuddur. Bu fəsildə və sonrakı hesablama təcrübələrində 5 növ təyyarənin ikiölçülü təsvirlərinin nümunəsindən istifadə edərək mövcud kompüter texnikası vasitəsilə həyata keçirilir.

Mənbə məlumatları kimi 5 müxtəlif təyyarənin B1, F117A, VF22A, MIG29, RAFAL (şəkil 1.2.1) təsvirlərindən istifadə olunmuşdur.

İlkin emalın strukturu şəkil 1.2.2-də əks olunmuşdur. Aşağıdakı işarələr qəbul olunur: $I(x, y)$ -ilkin diskret siqnal; TÖNB- təsvir ölçüsünün normallaşdırma bloku; FB- Filtr bloku; KB- kvantlama bloku; h - kənar qiymət; TMFB- təsvirləri miqyaslama və fırlatma bloku.

İlk olaraq ixtiyari ölçülü ədədlərin (nümunələrin, piksellərin) matrisi şəklində ilkin təsvir TÖNB blokunda 65×65 ədəd matrisinə çevrilir. Təsvirin ölçüsünün dəyişdirilməsi interpolyasiya metodundan istifadə etməklə yerinə yetirilir. Ölçü nə qədər böyükdürsə, təsvirin kiçik detallarının təqdimatı bir o qədər düzgün olar amma onu emal etmək bir o qədər çətindir.

Tanıma avadanlığındakı texnoloji nasazlıqlar və bir sıra digər amillər səbəbiylə görünüşdə ortaya çıxan ən çox yayılmış səs-küy növləri impuls səs-küyü olduğundan və obyekt təsvirlərinin sərhədlərinin qorunması tələbi nəzərə alınaraq, filtrləmə blokunda (FB) orta filtr istifadə edilmişdir. [39, s. 5-6, 42, s. 755-756]. Bundan sonra, təsviri kvantlamanın 2 səviyyədə baş verdiyi kvantlama blokuna (KB) daxil olur-təsviri binarlaşdırma (ikiləşdirmə); nəticədə səs-küy azalır və əlavə hesablamalar sadələşdirilir. Nəzərə almaq lazımdır ki, h həddinin qiyməti çevrilmiş təsvirin keyfiyyətinə güclü təsir edir; bu qiymət müəyyən təsvirdən asılıdır və müəyyən metodla hesablanır. Miqyaslama və fırlanma üzrə invariantlığı təmin etmək üçün [43, s. 467-468, 46, s. 117-119] görə $g(x, y)$ diskret təsvir $f(x, y)$ çevirmək lazımdır.

$$g(x, y) = f\left(\bar{x} + \frac{x}{a}, \bar{y} + \frac{y}{a}\right), \quad (1.2.1)$$

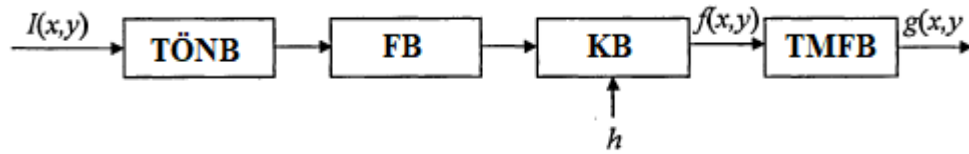
Burada (x, y) düsturlar üzrə hesablanan $f(x, y)$ mərkəzi koordinatlarıdır.

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{və} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}, \quad (1.2.2)$$

m_{pq} - geometrik momentdir;



Şəkil 1.2.1 Təyyarələrin təsvirləri (soldan sağa B1, F117A, VF22A, MIG29, RAFAL)



Şəkil 1.2.2 Təsvirlərin ilkin emalı

$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{M-1} x^p y^q f(x, y),$$

$M \times M$ təsvirin ölçüsü; $a = (\beta/m_{00})^{1/2}$; β - tanınan obyektin (təyyarənin) normallaşdırılmış təsvirində piksel sayıdır; Bu prosədə ilkin təsvirin birinci dərəcədə m_{01} və m_{10} momentlərinin sıfıra bərabər olduğu yeni bir təsvirə çevrilməsi ilə fırlanma invariantlığı əldə edilir. Bunun üçün $f(x, y)$ ilkin təsviri $f(x + \bar{x}, y + \bar{y})$ təsvirinə çevrilir. Miqyas invariantlığı hər obyektin ölçüsünü artıraraq və ya azaldaraq əldə edilir, beləliklə m_{00} sıfır dərəcəli moment β - ya bərabər olur. Digər sözlə desək, buna görə $f(x, y)$ ilkin təsvir $f(x/a, y/a)$ təsvirinə çevrilməsi həyata keçirilir. Beləliklə, (1.2.1) çevrilməsi təsvirlərin miqyaslama və fırlanmasına invariantlıq təmin edir. Təsvirləri miqyaslama və fırlatma blokunda təsvir böyüdülmür və ya kiçildilir və hərəkətə gətirilir ki, təyyarənin ölçüsü müəyyən bir səviyyədə olacaq və təsvirin

mərkəzi təyyarənin kütləsinin mərkəzi ilə üst-üstə düşsün. Çıxışdan təsvir miqyaslama və fırlanma bloku təsviri birbaşa təsnifatçıya yollayır.

Birbaşa təsvir, miqyaslama və fırlanmada daxil olmaqla, ilkin işlənmiş (şəkil 1.2.2) ancaq təsvirin fırlanmasına invariantlıq təmin edən xüsusiyyətləri vurğulamayan bir təsvirdir. Təsnifatçıya getməzdən əvvəl 65x65 ölçüsündə hər bir şəkil 4225 elementdən bir vektora çevrilir. Təlim sisteminin iş rejimində və sınaq rejimində eksperimental tədqiqatları aparmaq üçün iki təsvir dəsti yaradıldı: təlim dəsti adlandıracağımız bir təlim dəsti və bir test dəsti (nümunə). Baxılan şəkillərin fırlanma bucağı 0 ... 180 ° aralığında dəyişir. Təlim dəsti əvvəlcə beş təyyarənin 185 etalon küysüz görüntülərindən ibarət idi. Hər biri göstərilən aralığın ayrı-ayrı bucaqlarda mövqelərini tutdu və diskret dəyəri 5° idi. Test dəsti səs-küy olmadan 185 və fərqli səs-küy nisbətlərinə malik 570 şəkildən ibarət idi. Üstəlik, tanınmış obyektlərin hər biri yalnız göstərilən diskret olanları deyil (eyni zamanda təlim nümunəsində olduğu kimi) eyni aralığın (yəni 0 ... 180 °) hər hansı bir bucaqlarda mövqeyini tuta bilər. Təyyarənin müşahidə olunan təsvirdəki yeri və ölçüsü (sınaq nümunəsində) özbaşına seçilmişdir. Fərqli səs-küy nisbətləri olan təsvirlər yaratmaq üçün orijinal görüntünün pikselləri $l(x, y)$ təsadüfi seçildi, sonra bu qiymətlər həddən çox olduğu təqdirdə ədədi dəyərləri maksimuma, əksinə isə minimuma çevrildi. Təsadüfi piksel seçimi 1 ilə 4225 arasında vahid paylanma qanununa uyğun olaraq həyata keçirildi. Sinyal-səs-küy nisbəti aşağıdakı düsturla hesablandı:

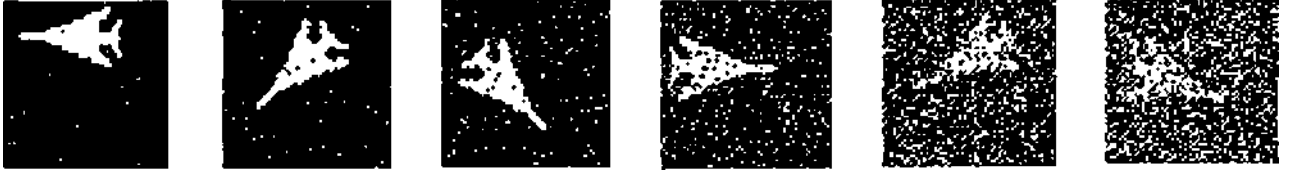
$$q = 20 \log[(4225 - P)/P]. \quad (1.2.3)$$

burada P - fərqli qiymətlərə malik olan orijinal və çevrilmiş təsvirlərdə eyni koordinatları olan piksel sayı (başqa sözlə, "səs-küy" nöqtələrinin sayı). Nəticədə signal-küy nisbətləri 50, 40, 30, 20, 10, 5 olan şəkillər yaradıldı. Şəkil 1.2.3, signal-səs-küy nisbəti q olan bir təyyarənin şəkillərini göstərir. Təsvirlərin təsnifatı ardıcıl əlaqələrlə çoxlaylı neyron şəbəkəsi tərəfindən həyata keçirilmişdir. Neyron şəbəkə qatlarının sayı giriş məkanının daha kiçik ölçülərə uyğunluqda necə parçalana biləcəyini xarakterizə edir. Nəzərdə tutulan problem üçün, giriş həddlərini hipersəthdən istifadə edərək siniflərə bölən bir gizli qat ilə üç qatlı bir sinir şəbəkəsinin istifadəsi ən rasionaldır [128, 132, s. 512-514]. Giriş qatının neyronlarının sayı

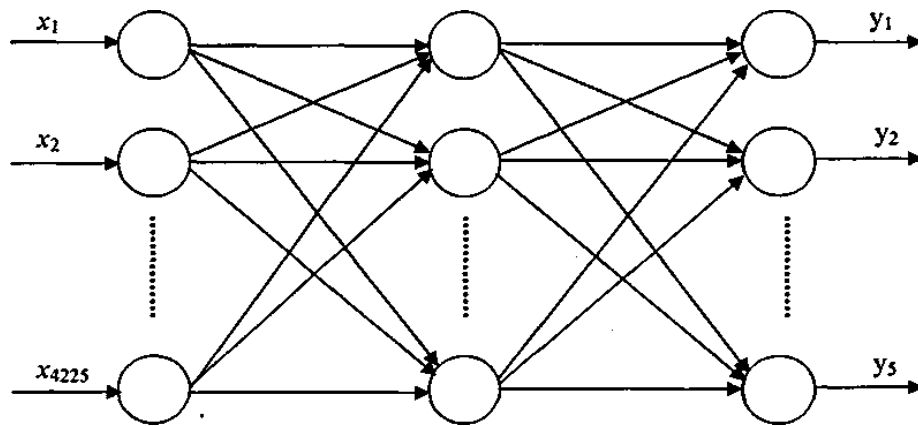
vektorun təsvir elementlərinin sayına, yəni 4225-ə bərabərdir, çıxış (üçüncü) qatının neyronlarının sayı isə təyyarələrin tanınması siniflərinin sayına, yəni 5-ə bərabərdir. Hər bir çıxış neyron bu siniflərdən biri ilə əlaqələndirilir. Müşahidə olunan təsvir çıxış signalının ən böyük qiymətinə sahib olan üçüncü qat neyrona uyğun olan sinifə aiddir. Gizli (ikinci) qatın neyronlarının sayı eksperimental olaraq seçilir. Eyni zamanda, gizli qatda 50 neyron seçilir. Gizli qatın neyronlarının sayının təsnifatın keyfiyyətinə təsiri növbəti fəsilə nəzərdən keçirilir. Gizli və çıxış qatlarının neyronları üçün aktiv funksiya sigmoiddır:

$$f(s) = 1/(1 + \exp(-s)).$$

Şəkil. 1.2.4 - də üç qatlı neyron şəbəkənin struktur diaqramı göstərilir. Şəbəkə müxtəlif alqoritmlərdən istifadə edərək təlim olundu. Bunlardan birincisi, səhvin əks yayılması üçün tanınmış alqoritmdir. Sinaptik əlaqələrin qurulması məqsədi ilə çəki əmsalları və neyron şəbəkənin həddləri məkanında qradiyental enmə metodundan istifadə olunur. Xətanın əks yayılması alqoritmi, ədəbiyyatlarda ətraflı şəkildə təhlil edilir [135, 142].



Şəkil 1.2.3 Fərqli signal-küy nisbətləri olan şəkillər. (soldan sağa $q = 50, 40, 30, 20, 10, 5$).



Giriş qat

Gizli qat

Çıxış qat

Şəkil 1.2.4 Üç qatlı neyron şəbəkənin strukturu.

Bu alqoritmin əsas mənfə cəhətləri-aşağı oxşarlıq dərəcəsi, bununla bağlı olaraq böyük öyrənmə vaxtı (cədvəl 1.2.1) yerli və qlobal funksiya uğursuzluq idarəetmə xətasının minimum balını müəyyən edə bilməməsidir. Nöqsanları aradan qaldırmaq üçün xətanın əks yayılması alqoritminin bəzi variantlarından istifadə edirik.

Bu alqoritmlər iki əsas qrupa aiddir: geri yayılma alqoritminin evristik modifikasiyası; ədədi optimallaşdırma metodlarından istifadə edərək əldə edilmiş alqoritmlər. Hər bir qrup da müxtəlif alqoritmlər daxildir.

Səhvin əks-yayılması alqoritminin evristik modifikasiyası-adaptiv təlim addımından istifadə olunan və ya impuls əmsalı nəzərə alınmaqla çəkilər və yerdəyişmə müəyyən edilən alqoritmlərdir [23, s. 69-71, 45, s. 27-29].

Adaptiv öyrənmə addımı, alqoritmin hər addımında şəbəkənin orta kvadrat səhvinə minimuma endirəcək şəkildə məqsədyönlü şəkildə seçilmiş bir addımdır. İmpuls əmsalının tətbiqi kiçik lokal minimumlardan çıxmağa imkan verir. Ədədi optimallaşdırma ilə yaradılan alqoritm metodları (kompleks-əlaqəli və kvazi-Nyuton) olduqca müxtəlifdir. Burada kompleks əlaqəli üsulla alınan alqoritmlərdən istifadə edirik. Bu alqoritmlərin təsviri mövcud əsərlərdə tapıla bilər. Bir neçə alqoritm var: Fletcher-Reeves, Polak-Ribiere, Powell-Beal, Scaled conjugate gradient. Bu alqoritmlər minimuma endirilməsini təmin edir neyron şəbəkənin orta kvadratik səhvləri; onları qısaca təsvir edəcəyik. x - bütün çəkilər və səddlər daxil olmaqla bir parametr vektoru olsun; p - axtarış istiqaməti; α təkrarlama addımının uzunluğunu təyin edən öyrənmə amilidir; $g_k = \nabla E(x)|_{x=x_k}$ - neyro şəbəkənin orta kvadratik xətanın gradienti.

1. İlk axtarış istiqaməti müəyyən edilir: $p_0 = -g_0$.
2. Parametrlərin vektoru qaydaya görə dəyişir: $x_{k+1} = x_k + \alpha_k p_k$.

burada növbəti axtarış istiqaməti və öyrənmə dərəcəsi düsturlar ilə müəyyən edilir:

$$p_k = -g_k + \beta_k p_{k-1} ,$$

$$\alpha_k = -\frac{g_k^T p_k}{p_k^T A_k p_k} , A_k = \nabla^2 E(x) |_{x=x_k}$$

Əlaqəli gradient metodunun müxtəlif modifikasiyası yalnız β_k sabitləri ilə fərqlənir. Fletcher-Reeves alqoritmi üçün: $\beta_k = g_k^T g_k / g_{k-1}^T g_{k-1}$, Polak-Ribiere alqoritmi üçün: $\beta_k = \Delta g_{k-1}^T g_k / g_{k-1}^T g_{k-1}$.

3. Alqoritm birləşməsə, 2 addımına qayıdırıq.

Powell-Beale alqoritmləri və Scaled conjugate gradient metodu üçün hesablama prosesi daha mürəkkəbdir.

Neyron şəbəkə yanaşmasının effektivliyini müəyyən etmək üçün yuxarıda göstərilən təsvirlərin tez-tez istifadə olunan qeyri-parametrik qaydalar, yəni yaxın qonşu və orta məsafənin minimumu vasitəsilə təsnifləşdirilməsini həyata keçirəcəyik. Müvafiq alqoritmlər, məsələn, [52, s.13-24, 56, s.213-217] təsvir olunur. Bizim vəziyyətimizdə bilinən bir təsnifata sahib bir görüntü nümunəsi, m-ci ölçülü istinad şəkillərinin vektorlarından ibarət bir təlim nümunəsidir ($m = 4225$). i -ci sinifin tanınmış bir obyektinin təsvirinə aid bir təlim vektoru $t_k^{(i)} = [t_{k1}^{(i)}, t_{k2}^{(i)}, \dots, t_{km}^{(i)}]$ təyin edək; $i = 1 \dots I$ (bizim tapşırıqda $I=5$). i -ci sinif etalon təsvirlər üçün K_i təlim vektorlarının sayını göstərsin. Sinifləndirilən təsvir eyni m ölçüsündə $x = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ əlamətli vektor tərəfindən təsvir olunur.

Müşahidə olunan və tədris vektoru arasındakı məsafə Evklid metrikaçı $d(x, t_k^{(i)})$ ilə müəyyən edilir. Xüsusiyyət vektorunun elementləri fərqli dinamik aralığa malik olduğundan xüsusiyyətlər normallaşdırılmalıdır. Ən yaxın qonşu qaydasına görə, müşahidə olunan x vektoru i^* sinifə aiddir.

$$i^* = \arg \min_{i,k} d(x, t_k^{(i)}), \quad i = 1, 2, \dots, I,$$

$$k = 1, 2, \dots, K_i.$$

$$d(x, t_k^{(i)}) = \left[\sum_{j=1}^m (\tilde{x}_j - \tilde{t}_{kj}^{(i)})^2 \right]^{1/2},$$

$$\tilde{x}_j = \frac{x_j - \bar{t}_j^{(i)}}{\sigma_{tj}^{(i)}}, \quad \tilde{t}_{kj}^{(i)} = \frac{t_{kj}^{(i)} - \bar{t}_j^{(i)}}{\sigma_{tj}^{(i)}}$$

burada $\bar{t}_j^{(i)}$ və $\sigma_{tj}^{(i)}$, i sinif üçün m ölçülü xüsusiyyətlərin tədris vektorunun j elementinin orta və standart kənara çıxmasıdır. Minimum orta məsafənin qaydasına uyğun olaraq, hər sinif xüsusiyyətlərin tədris vektorunun elementlərinin orta dəyərləri və orta kvadratik kənara çıxmaları ilə xarakterizə olunur, x ilə i sinif xüsusiyyətlərinin orta dəyəri arasındakı məsafə düsturla hesablanır.

$$d(x, i) = \sum_{j=1}^m \frac{(x_j - \bar{t}_j^{(i)})^2}{\sigma_{tj}^{2(i)}}.$$

X vektoru i^* sinifinə aiddir, bunun üçün $d(x, i^*)$ məsafəsi $\{d(x, i) \mid i = 1 \dots I\}$ arasında minimumdur.

Cədvəl 1.2.2 müxtəlif signal-səs-küyün münasibətləri zamanı müxtəlif tədris alqoritmləri olan birbaşa təsvirlərin neyron şəbəkə təsnifatı zamanı ənənəvi təsnifatçılar istifadə edildikdə göstərilən beş sinif təyyarənin tanınması üzrə hesablama eksperimentlərinin nəticələri təqdim olunur.

Gördüyünüz kimi, sürətli öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edərək Neyro şəbəkə təsnifatı zamanı öyrənmə vaxtı əhəmiyyətli dərəcədə azaldılır: Dəyişdirilmiş geri yayılma alqoritmləri ilə 3-4 dəfə və kompleks əlaqəli metodla əlaqəli alqoritmlərdə 12-15 dəfə.

Müxtəlif təlim alqoritmlərinin tətbiqi demək olar ki, tanınmanın dəqiqliyinə təsir göstərmir. Klassik metodlarla düzgün tanınma ehtimalı neyro şəbəkə təsnifatından daha azdır.

Orta məsafə və yaxın qonşunun minimum alqoritmləri üçün əvvəlcədən İşləmə müddəti və təsnifləşdirmə vaxtı olan tanınma vaxtı (test rejimində) olduqca böyükdür, lakin əvvəlcədən bu təsnifatçıları öyrətməyə ehtiyac yoxdur. Neyro-şəbəkə təsnifatçısı az vaxt tələb edir (sürətli alqoritmlərdən istifadə etməklə), bu zaman tanınma vaxtı əhəmiyyətsizdir.

Neyro şəbəkənin təlimi ümumiyyətlə işləmə rejimindən əvvəl bir dəfə baş verdiyindən, öyrənmə vaxtı səhv və tanınma vaxtından daha az əhəmiyyətli bir xüsusiyyətdir.

Cədvəl 1.2.1

Birbaşa şəkillərin tanınması nəticələri

Alqoritm	Öyrənmə	Tanınma	Signal səs-küy əlaqəsi, Db						
			без	50	40	30	20	10	5
			<i>Düzgün tanınma ehtimalı, %</i>						
OPO	62.40	0.02	100	100	100	98.4	91.1	84.0	74.9
OPO Adaptiv addımla	22.12	0.02	100	100	100	97.6	88.4	83.2	72.8
OPO impuls əmsalı ilə	16.30	0.02	100	100	100	98.9	89.2	82.5	71.7
Fletcher-Reeves	5.12	0.02	100	100	100	97.8	90.3	84.3	75.2
Polak-Ribiere	5.25	0.02	100	100	100	98.6	88.7	84.6	75.1
Powell-Beale	4.45	0.02	100	100	100	97.6	89.1	85.3	74.6
Miqyaslanan birgə şüalanma	4.30	0.02	100	100	100	98.2	88.6	84.7	75.3
MCP	-	74.52	63.8	57.5	46.6	27.5	19.7	11.1	10.2
BS	-	231.45	100	68.3	52.2	34.4	21.3	12.6	11.7

Beləliklə, təcrübə nəticələri neyro şəbəkənin tanınmasının ənənəvi tanınma qaydalarından xeyli yaxşı nəticələr verdiyini göstərdi. Təcrübə nəticələri (bax: Cədvəl 1.2.2) səs-küy səviyyəsinin signal-səs nisbətindən azalması ilə kifayət qədər sürətlə böyüyən tanınma xətaları üzərində əhəmiyyətli təsirini göstərir. Qeyd edək ki, səs-küyün bu təsiri qismən azaldıla bilər və əvvəlcədən təsvir emalını daha da optimallaşdırmaqla tanınma xətaları azaldıla bilər. Ancaq bu yol həm prinsipial, həm də hesablama baxımından olduqca mürəkkəbdir və nəticələrin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına səbəb olub-olmadığı hələ aydın deyil.

Bu işdə başqa yanaşmanı - təlim nümunələrinin genişləndirilməsini tətbiq edirik. Bu nümunələrdə, səs-küy olmayan şəkillərə əlavə, signal-küy nisbətləri fərqli olan bütün təyyarələrin şəkillərindən də istifadə edirik.

Genişləndirilmiş nümunələrlə təlim zamanı birbaşa təsvirlərin neyron şəbəkəsinin tanınmasının nəticələri

Təlim Nümunəsi	Təlim vaxtı, dəq	Signal-küy nisbəti, dB						
		<i>Səs-küysüz</i>	50	40	30	20	10	5
		<i>Düzgün tanınma ehtimalı, %</i>						
B_0	5.12	100	100	100	97.8	90.3	84.3	75.2
B_1	5.45	100	100	100	99.4	98.2	92.6	88.2
B_2	8.15	100	100	100	100	99.5	97.4	90.8
B_3	11.12	100	100	100	100	100	98.1	96.2
B_4	15.30	100	100	100	100	100	99.4	97.1

Bu işdə biz fərqli yanaşmadan - təlim nümunələrinin genişləndirilməsindən istifadə edirik. Bu nümunələrdə səs-küy olmayan şəkillərlə yanaşı, müxtəlif signal-səs nisbətlərinə malik bütün təyyarələrin təsvirlərindən də istifadə edirik. Əlavə dörd təlim nümunəsi (u1 və 2) yaradılmışdır. Birinci nümunəyə 210 səs-küylü görüntü əlavə edildi: yuxarıda göstərilən altı signal-küy nisbətinin hər biri üçün hər bir təyyarənin yeddi şəkli (fırlanma bucağında 30 dəyişikliklə). İkinci nümunədə - 240 səs-küylü təsvir: yuxarıda göstərilən altı signalın səs-küy nisbətinin hər biri üçün hər bir təyyarənin səkkiz şəkli (fırlanma bucağında 25 dəyişiklik ilə). Üçüncü nümunədə - 300 səs-küylü görüntü: yuxarıda göstərilən altı signalın səs-küy nisbətinin hər biri üçün hər bir təyyarənin on təsviri (fırlanma bucağında 20 dəyişiklik ilə). Və dördüncü nümunədə - 390 səs-küylü görüntü: yuxarıda göstərilən altı signal-küy nisbətinin hər biri üçün hər bir təyyarənin 13 şəkli (fırlanma bucağında 15 dəyişiklik ilə).

Cədvəl 1.2.2-də Fletçer-Reeves alqoritmi ilə öyrədilmiş neyron şəbəkə təsnifatçısından istifadə etməklə bu təlim nümunələri ilə aparılan təcrübələrin nəticələri təqdim olunur.

Birinci cərgənin məlumatlarını qalan sətirlərlə müqayisə etdikdə aydın olur ki, şəbəkənin genişləndirilmiş təlim nümunələri ilə öyrədilməsi neyroşəbəkə təsnifatının işini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır. Bu halda tanınma vaxtı dəyişmir.

1.3. Təsvirlərin xətti çevrilmələrə qarşı invariantlıq yaratmağın məlum metodları və onların müqayisəli təhlili

Təsvirlərin aşkarlanması və onun parametrlərinin ölçülməsi problemlərinin həllini birləşdirmək üçün bir sistemdən istifadə etməyə imkan verən tanıma üsullarını qısaca nəzərdən keçirək. Təsvirlərdəki bütün xüsusiyyətlərdən yalnız həndəsi xüsusiyyətləri nəzərdən keçirəcəyik (Cədvəl 1.3.1). Tanınma sisteminin transformasiyalarına qarşı həssaslığa nail olmaq üçün bir neçə üsul mövcuddur, xüsusən də ən çox öyrənilən transformasiya keçidləri arasında iki qrup yanaşmanı ayırd etmək olar [51, s.1835-1840, 73, s.90-92]. Birinci qrupun metodlarına yerdəyişməyə həssas olmayan xüsusiyyətlər (məsələn: Momentlər üsulu, təsvirlərin Furye üsulu) məkanı daxildir.

Başqa yanaşmanın tərəfdarları obyekt modelləri ilə işləyir və parametrləri seçməklə təlimdə müşahidə olunan və istifadə olunan obyektləri birləşdirməyə çalışırlar.

Təsvirlərin Furye spektrinin fərdi harmonikalarının amplitudlarının təhlilinə əsaslanan metodun bir sıra üstünlüklərə malikdir, məsələn, tanınma üçün az sayda vacib xüsusiyyət, təsvirin fırlanması və ya müvafiq fırlanma ilə miqyaslama və spektrin miqyaslanması arasında birmənalı əlaqənin olması. Təsvirdəki müvafiq sürüşməni ölçmək üçün spektrin harmonik yerdəyişməsindən istifadə etmək olar.

Mellin və Furye-Mellin çevrilmələri, həmçinin Furye çevrilməsi kimi xüsusiyyətlərin sayını azaltmağa imkan verir və bu, tanınma sxemini sadələşdirir. Ən son metodun 2 dəfə miqyasda invariantlığı onların əsasında qurulmuş ölçmə təsvirlərinin statistik xüsusiyyətlərinin dikliyini sabitləşdirməyə və bununla da ölçmənin dəqiqliyini artırmağa imkan verir. Bu üsullar yalnız koherent optik sistemlərdə həyata keçirilir, məlum bir şəkildə invariantlığa nail olmaq üçün kifayət qədər mürəkkəb görüntü analizatorları tələb olunur.

Sekant metodu seqmentlərdən və ya düz sekantlardan istifadə edərək kontura çəkilmək üçün kifayət qədər olan təsvirləri tanımaq üçün istifadə olunur.

Bu üsul üçün təsvirlərin konturlarını çəkmək kifayət deyil, eyni zamanda bir neçə və ya bir çox obyektə ehtiva edə bilən təsvirin bucaq sahəsini seqmentlərə bölmək lazımdır. Bu üsuldan istifadə edərkən ən vacib şərt obyektin görünən formasının sabitliyidir [24, s.789-813].

Həndəsi momentlər metodu qeyri-koherent optik sistemlərlə işləməyə, həmçinin bir çox növ obyektlərin xüsusiyyət vektorunun ölçüsünü azaltmağa imkan verir.

Məlum olduğu kimi, ümumi olaraq, təsvir sahəsinin D bölgəsi üçün iki ölçülü M_{pq} , p, q -tərtibi ortoqonal momenti ilə təsvir olunur:

$$M_{pq} = \iint_D x^p y^q f(x, y) dx dy; p, q = 0, 1, 2, 3 \dots \quad (1.3.1)$$

Birinci tərtibin momenti

$$M_{10} = \iint_D x f(x, y) dx dy; M_{01} = \iint_D y f(x, y) dx dy \quad (1.3.2)$$

Təsvirin ağırlıq mərkəzinin $\phi(x, y)$ mərkəzinin koordinatlarını təyin etmək üçün istifadə edilə bilər, bunlar aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$X_y = M_{01}/M_{00} : Y_y = M_{01}/M_{00} \quad (1.3.3)$$

Təsvirin ölçüsünü və istiqamətini təyin etmək üçün ikinci dərəcəli momentlərdən istifadə olunur. Bu, uzun müddət davam edən təsvir oxunun θ bucağında Dekart koordinat sisteminin x oxuna meylini təyin edir:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctg \frac{M_{11}}{M_{20} - M_{02}} \quad (1.3.4)$$

T -ci sıranın momentlərinin ümumi sayı $(T + 1)(T + 2)/2$ təşkil edir, buna görə də $T * T$ elementlərinə parçalanmış bir təsvir təhlil edilirsə, tanınma zamanı təhlil edilən qiymətlərin (xüsusiyyətlər) sayını azaltma momentləri metodundan istifadə edərkən, sözdə sıxılma nisbəti ilə müəyyən edilir, bərabərdir: $2N^2 / ((n + 1)(n + 2))$.

İnvariantlıq adlanan (təsvirin miqyasının dəyişdirilməsi, fırlanması və sürüşməsi üçün invariant olan ikinci moment) müəyyən ifadələr əldə edilir.

Cədvəl 1.3.1

Təsvirlərdə olan xüsusiyyətlərə görə müqayisəli təhlil

Təsvirin əsas xüsusiyyətlərini əldə etmək metodu	Furye (harmonik Furye spektrinin analizi) çevrilməsi	Mellina çevrilməsi	Furye-Mellina çevrilməsi	Sekand metodu	Həndəsi momentlərin metodu	Təsvirin fəza-tezlik spektrlərinin həndəsi momentləri üsulu	Optik korrelyasiya metodu	
İlkin əlamətlər	Harmonik amplitud	Harmonik amplitud	Harmonik amplitud	Sekand uzuluqlarının və bucaqlarının onlar arasında paylanması	Təsvirin həndəsi momentləri	Təsvirin fərdi harmonik Furye çevrilməsinin həndəsi momentləri	Korrelyasiya funksiyasının əsas maksimumu və onun mövqeyi	
Əldə edilmiş invariantlıq	Sürüşməyə	+ (+/-)	-	+ (+/-)	+	+ (+/-)	+ (+/-)	+ (+/-)
	Dönməyə	-	-	-	+(uzunluq) - (künclər)	+ (+/-)	+ (+/-)	+ (+/-)
	Miqyasın dəyişməsinə	-	+	+	+ küncələr) - uzunluq)	+ (+/-)	+ (+/-)	+ (+/-)

Parlaqlıq və ya işıqlandırma baxımından dinamik diapazonu artırmaq üçün momentlər normallaşdırılır.

Təsvirin dəyişməsinin invariantlığına nail olmaq üçün momentlərdən tanınma xüsusiyyətləri kimi istifadə edərkən mərkəzi momentləri müəyyən etmək lazımdır. Bunun üçün ilk növbədə birinci dərəcəli momentləri və təsvirin mərkəzinin koordinatlarını tapmaq lazımdır. Bu koordinatlar şüalanma mənbəyinin koordinatları kimi qəbul edilir. İkinci dərəcəli momentlər cəbri tənliklər sisteminin həlli ilə x_q və k_q -nin ilkin təyininədən sonra tapılır. Mənbənin düzgün tanınması zamanı ikinci dərəcəli momentlərin koordinatları kimi x_q və k_q kəmiyyətləri götürülür [154]. Müxtəlif metodlar müəyyən edilmişdir ki, xətlər çoxölçülü qəbuledici elementin ölçüsündən 1/100-1/250-ə qədər azaldıla bilər, həmçinin təsvirin ölçüsünün dəyişmə invariantlığı ölçüsünün yüksək keyfiyyətini təmin etməyə imkan verir, lakin bu da onun

koordinatlarının dəqiqliyinə təsir göstərə bilər, buna görə də aşağıdakı formanın normallaşdırılmış momentlər üçün istifadə etmək mümkündür.

$$M_{pq}/M_{\infty}^{(p+q+2)/2} \text{ və ya } M_{pq}/(M_{20} + M_{02})^{(p+q+2)/4} \quad (1.3.5)$$

Təsvirin tanınması üçün vacib olan təsvirin oriyentasiyasının invariantlığı ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin birləşmələrinin momentlərinin birləşməsindən ikinci dərəcəli momentlər kimi istifadə etməklə nail olunur. Təsvirin tanınması məsələlərinin keyfiyyətli həlli üçün yüksək dərəcəli momentlərdən istifadə etmək lazımdır, amma təsvirin səs-küyü (səs-küylü təsvir) həmçinin yüksək dərəcəli momentlərlə xarakterizə olunur ki, bu da nəzərdən keçirilmiş invariantlıqdan istifadə etməklə tanınmanın keyfiyyətinin pisləşməsinə gətirib çıxarır.

Buna görə də, belə hallarda dairəvi harmonik funksiyalardan istifadə etmək həm də invariant əlamətlərin formalaşması üçün daha məqsədəuyğundur, adətən, daha aşağı vəziyyətdə onların momentlərindən istifadə etmək kifayətdir ki, fırlanmaya, yerdəyişməyə, tanınması obyektin təsvirinin miqyasına və parlaqlığının dəyişməsinə invariant xüsusiyyətlər sistemini (ikinci momentlər) yaratmaq üçün xidmət edilə bilər. Momentlər metodunun mənfəəti odur ki, obyekt onu əhatə edən fonda aydın şəkildə seçilməlidir. Bu, təsvirin diskretləşdirilməsi və kvantlaşdırılması ilə həyata keçirilən təsvirin əvvəlcədən emalını (segmentasiyasını) tələb edir [27, s.171-180, 150, s.4-7].

Bu halda miqyas invariantlığına, ola bilsin ki, yalnız koherent optik sistemlərdə çevrilmələrdən istifadə etməklə nail olunur [45, s.27-29]. Furye-Mellin çevrilməsinin istifadəsi bu üsulu həyata keçirən təsvirlərin mürəkkəbləşməsinə gətirib çıxarır, çünki bu çevrilməni həyata keçirmək üçün istifadə olunan blokları onların tərkibinə daxil etmək lazımdır.

Miqyas invariantlığına nail olmaq üçün tez-tez Furye-Mellin çevrilməsindən istifadə olunur. Bu metodu həyata keçirən təsvirlər kifayət qədər mürəkkəb görünüşə malikdir və bununla əlaqədar olaraq çevrilməni həyata keçirən blokları onların tərkibinə daxil etmək zərurəti ilə əlaqədardır. Hazırda alimlər bu çevrilmələrin yalnız koherent optik sistemlərdə həyata keçirilməsinə nail olublar. Tək obyektlərin fərdi xüsusiyyətlərinin seçilməsinə əsaslanan tanınma üsullarından fərqli olaraq [133, s.83-85], korrelyasiya optik metodları mürəkkəb sahələri, yəni çox obyektli sahələri

tanımağa imkan verir. Bununla belə, yalnız bir obyektin parametrlərini ölçmək tələb olunursa, digər obyektlərin (səs-küylü sahə) olması ölçmə dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və bir çox hallarda bu, ümumiyyətlə mümkün deyildir, çünki, məsələn, pik nöqtəsinin və ya korrelyasiya funksiyasının pik nöqtələrinin idarə olunan obyektə nəzərən yerdəyişməsi qeyri-adekvatdır. Buna görə korrelyasiya üsulları tanınma üçün ən effektivdir; Onlar ölçmə problemlərini həll etmək üçün yalnız tənzimlənən obyektədən gələn siqnalın digər siqnallar və maneələr üzərində çox əhəmiyyətli artımları ilə istifadə edilə bilər [9, s.34, 10, s.144-146].

Sintezləşdirilmiş diskriminant funksiyalarından, fırlanan hesablanmış fəza filtrlərindən və bir sıra başqa üsullardan [53 s.] istifadə etməklə, optik korrelyatorun həm həndəsi təhriflərin bütün növlərinə, həm də hər ikisinə və ya birinə invariantlığına nail olmaq mümkündür. Bu funksiyalar və filtrlərin məkan tezlik xüsusiyyətləri aprior seçilmiş obyektlər üçün müəyyən edilir. Məlum obyektlərin tanınması və eyniləşdirilməsi problemlərinin həlli üçün müxtəlif alqoritmlərin və sxemlərin müqayisəsindən sonra belə qənaətə gəlmək olar ki, ən perspektivli sxemlər arasında bu təsvirin mərkəzinin sinxron aşkarlanması ilə onun təsvirinin həndəsi momentləri vasitəsilə müəyyən olunmuş (idarə olunan) obyektin xüsusiyyətləri vurğulanır, habelə ölçməni həyata keçirmək üçün onun Furye çevrilməsindən istifadə edilir və ya obyekt təsvirinin korrelyasiya funksiyasının əsas maksimumunun mövqeyini təyin etmək üsullarından hansı ki, aprior sintez edilmiş diskriminant funksiyalarından istifadə olunan korrelyasiya sxemləri mövcuddur. Bununla belə, həndəsi parametrlərdə (xüsusiyyətlərdə) kifayət qədər ixtiyari və apriori naməlum dəyişikliklər olduqda, məsələn, onun təsvirinin miqyası və forması, məsələn, nəzərdən keçirilən tanınma üsullarının istifadəsi kifayət qədər effektiv deyil.

I fəsildən alınan nəticələr

Neyron şəbəkəsi və görüntünün birbaşa tanınması üçün bəzi ənənəvi prosedurlar öyrənilir. Neyron şəbəkə təsnifatçıları, eləcə də geniş yayılmış qeyri-parametrik qaydaları həyata keçirən təsnifatçılar hazırlanmışdır: Ən yaxın qonşu və minimum orta məsafə. Orijinal şəkillərə səs-küyün əlavə edilməsi bütün tanınma prosesinin işləmə

keyfiyyətinin ümumi qiymətləndirilməsini verdi. Eksperimental tədqiqatlar göstərdi ki, neyron şəbəkə təsnifatı ənənəvi təsnifatdan (yaxın qonşu və minimum) böyük üstünlüyə malikdir. Düzgün təsnifat ehtimalını, səs-küyün təsiri altında işləmək qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa və təsnifat vaxtını azaltmağa imkan verdi. sürətli öyrənmə alqoritmlərindən birinin istifadəsi standart ODP alqoritmi ilə müqayisədə neyron şəbəkənin təlim vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə (3-15 dəfə) azaldı. Küylənmiş təsvirlərlə şəbəkənin öyrədilməsi təsnifatın dəqiqliyini xeyli yaxşılaşdırır. Bu, təlim nümunəsini genişləndirməklə əldə edilir.

II FƏSİL. TƏSVİRLƏRİN PARAMETRLƏRİNİ QIYMƏTİNƏ GÖRƏ ARTMA VƏ YA AZALMA SIRASINA DÜZMƏKLƏ ONLARIN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIĞININ YARADILMASININ TƏDQIQI

2.1. Təsvirlərin miqyaslama xətlərinin azaldılması hesabına tanıma səhhiyyəsinin artırılması

İntellektual və ya adaptiv robotlar atom energetikasında, qəza- xilasetmə işlərinin aparılmasında, kimya, neft - qaz və dağ - mədən sahələrində, terrorizmlə mübarizə zamanı, obyektlərin mühafizəsi zamanı, ərazini yoxlayarkən və digər ekstremal şəraitlərdə, həmçinin kosmik tədqiqatlarda istifadə oluna bilər. Bu şəraitdə insanlar obyekt daxilində ola bilməzlər və ya onların obyekt daxilində olması onların həyatı üçün təhlükəlidir. Bundan başqa, təhlükənin yüksək olduğu şəraitdə insan səhv etməyə başlayır, onun işləmə qabiliyyəti və işinin effektivliyi azalır [66, s.123-131].

Operatorlar tərəfindən məsafədən idarə olunan robotlar radiokölgələrə daxil olduqda onları idarə etmək olmur. Odur ki, onların heç olmasa qısa müddətli avtonom işləməsi çox vacibdir. Bundan başqa robotların idarə olunması daim diqqət tələb edir ki, bu da çox yorucudur. Bəzi mühitlərdə isə (dumanda, tüstüdə, gecə və s.) operatorlar çox vaxt istiqaməti itirirlər.

Radio və televiziya rabitə kanalları vasitəsilə idarə olunan robotlardan fərqli olaraq, intellektual və adaptiv robotlar hətta güclü radiomaneə zamanı, radiokölgələrin geniş ərazisində (çoxmərtəbəli binalar, dağlar, şaxtalar, sualtı məkan, ekranlaşdırılmış otaqlar), həmçinin komanda məntəqəsindən uzaq məsafədə çox effektiv işləyə bilərlər.

Yüksək məhsuldarlıqlı robotların hazırlanmasına maneə olan əsas səbəb bu cür sistemlərin qurulmasının, təşkilinin və işləməsinin dəqiq konsepsiyasının olmamasıdır. Müasir robotlar mövcud avtomatik idarəetmə və tənzimləmə nəzəriyyəsi əsasında hazırlandığı üçün real şəraitin dəyişməsinə zəif uyğunlaşmışlar.

İntellektual robotların inkişafının 2 istiqamətini qeyd etmək olar. Birinci istiqamət- müxtəlif müəyyənlik səviyyəsinə malik olan şəraitdə və daha mürəkkəb

məsələlərin həlli üçün tam müstəqil sistemlərin yaradılmasıdır. Şəraitin mürəkkəbliyi xarici mühit haqqında aprior informasiyanın olması ilə təyin olunur. Bu istiqamət yüksək səviyyədə müəyyənliyə malik mühitdə fəaliyyət göstərən robotların hazırlanması zamanı istifadə olunur.

İkinci istiqamət, maşının icra etdiyi funksiyaların sayının ardıcıl çoxaldığı inteqrallaşdırılmış insan- maşın sistemidir. Operatorun monoton işlərdən və bilavasitə idarəetmədən uzaqlaşdırılması, efir vasitəsilə göndərilən informasiyanın həcmi xeyli azaldır, operatorun mürəkkəb şəraitdə işə qarışması imkanı isə həll olunan məsələlərin dairəsini genişləndirir. Beləliklə, robotun intellektual imkanları operatorun intellektindən və professional hazırlığından, sadə əməliyyatları icra etdikdə yorulmamaq, etibarlılıq və səhvsizlik maşın tərəfindən təmin olunur. Bu istiqamət hərbiçilər üçün daha önəmli olduğu üçün hərbi məqsədlərə xidmət edən çoxlu sayda məsafədən idarə olunan robotlar hazırlanmışdır.

Hər iki istiqamət üzrə robotların əsas orqanlarından biri texniki görmə sistemləridir. Texniki görmə sistemləri vizual hissetmə orqanları, insanın ayrı- ayrı intellektual funksiyalarını texniki cəhətdən canlandıran və adaptasiya qurğuları ilə təmin olunduqda manipulyatorlarla birlikdə adaptiv robotların funksiyalarını yerinə yetirir. Lakin, hal- hazırda onun geniş tətbiqini məhdudlaşdıran bir sıra səbəblər mövcuddur. Bunlardan ən vacibi onun hələ kifayət qədər yüksək effektivliyə malik olmamasıdır. Odur ki, onun effektivliyinin artırılması elmin və texnikanın qarşısında duran ən vacib məsələlərdən biridir [122, s.275-290, 123, s.308-310].

Texniki görmə sisteminin (TGS) istismarı zamanı onun effektivliyi əsasən 3 parametrlə təyin olunur: tanıma səhihliyi, işləmə sürəti və funksional etibarlılığı. Odur ki, TGS- in effektivliyini artırmaq üçün tətbiq sahəsindən asılı olaraq onlardan birini artırmaqla digərlərini heç olmazsa dəyişməz saxlamaq lazımdır.

TGS- in işləmə sürətini artırmaq üçün real imkanlar mövcuddur. Bunlara elektronikanın və mikroelektronikanın son nailiyyətlərindən istifadə etməklə cəldişləyən elementlərdən və bloklardan istifadə, müasir kompüter texnikasından və texnologiyasından istifadə, paralel tipli matris, süni neyron və optik strukturlu hesablama vasitələrindən istifadə etməyi nümunə göstərmək olar. Beləliklə, TGS- in

işləmə sürətini artırmaq üçün nəzəri üsullar və vasitələr mövcuddur. Bu problem nəzəri olaraq həll olunmuşdur. Praktiki həlli isə texniki vasitələrin texnologiyalarının kifayət səviyyədə olmaması səbəbindən ləngiyir. TGS- in etibarlılığı bütün tətbiq sahələrində çox vacib bir məsələ olaraq qalır. Lakin onun artırılması məsələsi elektronika və mikroelektronika texnikasının, kompüter texnikasının və texnologiyasının inkişafı nəticəsindən çox asılıdır və onların etibarlılığı hal- hazırda çox yüksək səviyyədədir [108].

TGS- in tanıma səhihliyinə gəldikdə isə burada problemlər tam həll olunmamışdır. Çünki texnika və texnologiya inkişaf etdikcə obyektlərin və proseslərin mürəkkəbliyi artır və onların avtomatlaşdırılmasına ehtiyac daha da sərt şəkildə qoyulur. Bununla yanaşı tanınması obrazların ölçüləri kiçilir və daha da mürəkkəbləşir. Bu halda tanımanın səhihliyinin artırılması məsələsi daha da aktuallaşır.

TGS-in səhihliyi dedikdə, onun tanınması və standart obrazların bir-birinə uyğunluğunu düzgün təyin etmək nəzərdə tutulur. Bu obrazların yaxınlığını təyin etdikdə onları xarakterizə edən parametrlərin ölçülən qiymətlərinin yaxınlığı yoxlanılır.

Odur ki, bu parametrlərin həqiqi qiymətləri nə qədər yaxın olarsa, onların ölçmə xətalara da tələbat o qədər çox olur. Çünki bu zaman ölçmə xətalara tanınmanın səhihliyinə təsiri daha güclü olur. Əgər parametrlərin həqiqi qiymətləri bir- birindən ölçmə xətasına nisbətən xeyli böyükdürsə, onda tanımada səhvə yol verilmir. Qeyd etmək lazımdır ki, texniki məsələlərdə sonuncu hal daha geniş yayılmışdır. Yəni, tanınması və standart obrazların parametrləri biri- birindən çox az fərqlənirlər. Odur ki, obrazların parametrlərinin ölçmə xətalara minimallaşdırmaq çox aktual bir məsələdir [123, s.310, 156, s.287-289].

Obrazların parametrlərinin ölçmə xətalara artıran zərərli faktorlardan biri tanınması obrazların miqyas dəyişməsidir. Obrazların tanınması zamanı tanınması təsvirin miqyası standart təsvirin miqyasına nisbətən sabit qalmır və daim dəyişir. Buna səbəb olaraq obyektə texniki görmə sisteminin görmə müstəvisi arasındakı məsafənin daim dəyişməsini göstərmək olar. Bu zaman mövcud olan obrazlar arasındakı yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmə düsturlarından istifadə etdikdə hətta eyni obyektlər düzgün

tanınmayacaq. Odur ki, tanınası obyektlərin təsvirlərinin miqyas dəyişmələrinə invariantlıq təmin olunmalıdır [135,s. 5-7].

Obrazların tanınması zamanı tanınan və standart şəkillər arasında yaxınlıq (z) ölçüsünü qiymətləndirmək üçün bir çox formulalar, metodologiyalar və yanaşmalar mövcuddur: Evklid məsafəsi, Çebışev məsafəsi, Minkovski məsafəsi, standartlaşdırılmış Evklid məsafəsi, Hamming məsafəsi və s. [66, s.123-131]. Bununla belə, sadalanan düsturlar obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən əlavə xətalara və multiplikativ xətalara qismən aradan qaldırır. Təsvirlərin miqyasının dəyişməsi nəticəsində yaranan xətalara bu düsturlarla aradan qaldırılmaz. Ən sonda xətalara Kanberra düsturu ilə qismən aradan qaldırılabilir. Buna görə də, təsvirin tanınmasının miqyas dəyişikliklərindən asılılığını aradan qaldırmaq üçün başqa üsul və ya alqoritmdən istifadə edilməlidir.

Tanınan və standart nümunələr arasında yaxınlıq ölçüsü (z) müxtəlif düsturlardan istifadə etməklə ölçülə bilər. Bunlardan ən çox yayılmış Manxetten (1) və Kanberra (2) düsturlarıdır [66, s.196-201, 123, s.308, 156, s.289]:

$$z = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (2.1.1)$$

$$z = \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{|x_i + y_i|} \quad (2.1.2)$$

burada x_i və y_i – uyğun olaraq, tanınası və standart obrazların cari parametrləridir. Göründüyü kimi, Manxetten düsturu tanınası təsvirlərin miqyas dəyişmələrinə tamamilə yararsızdır. Kanberra düsturu isə tanınası təsvirlərin miqyas dəyişmələrinə qismən yararlıdır. Lakin təcrübə göstərir ki, bu, texniki görmə sistemlərinin effektiv işləməsi üçün kifayət deyil.

Texniki görmə sistemlərinin tanınası təsvirlərin miqyas dəyişmələrinə daha effektiv invariantlığını yaratmaq üçün müxtəlif struktur və alqoritmik üsullardan istifadə edilir. Lakin onlar sistemin strukturunu və işləmə alqoritmindən mürəkkəbləşdirməklə bərabər problemi tam həll etmir. Odur ki, obrazların tanınması zamanı tanınası təsvirlərin miqyas dəyişmələrinə invariantlığın təmin olunması məsələsi aktual bir məsələ olaraq qalır.

Son tədqiqatlar zamanı təsvirlərin miqyas xətalərini aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünü təyin etmək təklif olunur [124, s.211-214, 125, s.126-128]:

$$z = \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i}{x_{orta}} - \frac{y_i}{y_{orta}} \right| \quad (2.1.3)$$

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 yoxlanılmışdır. Kompüter modelləşdirilməsi zamanı bu düstur məlum Kamberra düsturu [2.2.1] və müəllifin təklif etdiyi digər düsturla [2.1.3] 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 [19, s.64-66, 126, s.78-80].

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

1. Təsvirin parametrlərinin sayı miqyasdan asılı deyil. Bu zaman təsvirin miqyaslama əmsalı tapılmalıdır. 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 $x_{i,real}$ qiymət tapılmalıdır. Burada $x_{i,real}$, δx və Δx - uyğun olaraq, təsvirin parametrinin həqiqi qiyməti, multiplikativ və additiv xətalardır. Təsvirin parametrlərinin multiplikativ və additiv xətaləri aprior qaydada təyin oluna bilər.

Onda yekun düstur aşağıdakı kimi olur:

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

2. Təsvirin parametrlərinin 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 nəticələr cədvəllərdə verilmişdir.

Cədvəl 2.1.1-də təsvirlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən multiplikativ və additiv xətlərin sabit olduğu qəbul edilir, tanınan təsvirin miqyasının dəyişməsi 0,1 qədər artdıqda təklif olunan metod Kanberra və Manhetten metodlarından daha effektiv görünür.

Tanıma zamanı obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün, tanınması təsvirin parametrlərinin ölçülməsi zamanı multiplikativ xətlərin dəyişməsindən asılı olaraq dəyişməsi asılılığı kompüter modelləşdirilməsi yolu ilə yoxlanmışdır. Alınmış nəticələr cədvəl 2.1.2- də verilmişdir.

Cədvəl 2.1.2-də obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən əlavə xəta və tanınan təsvirin miqyasının dəyişməsi sabit olaraq qəbul edərək, multiplikativ xətlərin artan qiymətlərində təklif olunan metod Kanberra və Manxetten üsullarından daha effektiv olduğu görünür.

Cədvəldəki Δz_1 , Δz_2 və Δz_3 aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta z_1 = \frac{z_{kn} - z_{k0}}{z_{k0}}; \quad \Delta z_2 = \frac{z_{2,n} - z_{2,0}}{z_{2,0}}; \quad \Delta z_3 = \frac{z_{3,n} - z_{3,0}}{z_{3,0}}$$

burada $z_{1,n}$, $z_{2,n}$ və $z_{3,n}$ – uyğun olaraq, tanınması təsvirin n cari miqyas dəyişməsində onunla standart təsvir arasındakı yaxınlıq ölçüsünün (1), (2) və (3) düsturlarından istifadə etməklə aldığı qiymətlər; $z_{1,0}$, $z_{2,0}$ və $z_{3,0}$ – uyğun olaraq, tanınması təsvirin miqyası standart təsvirin miqyasına bərabər olduqda onunla standart təsvir arasındakı yaxınlıq ölçüsünün (1), (2) və (3) düsturlarından istifadə etməklə aldığı qiymətlərdir.

Cədvəl 2.1.1

Obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün təsvirin miqyasından asılı olaraq dəyişməsi asılılığı

$\gamma - x_i$ - nin ölçülməsinin multiplikativ xətası	$\Delta - x_i$ - nin ölçülməsinin additiv xətası	K -tanınası obrazın miqyas dəyişməsi	Δz_1 (Manxetten düsturu üzrə)	$\Delta z_2 * 10^{-4}$ (təklif olunan düstur üzrə)	$\Delta z_3 * 10^{-4}$ (Kanberra düsturu üzrə)
0.01	0.5	1	0	0	0
0.01	0.5	1.1	0.5	2	2.48
0.01	0.5	1.2	1.4	3.7	4.5
0.01	0.5	1.3	2.31	5.1	6.2
0.01	0.5	1.4	3.18	6.3	7.7
0.01	0.5	1.5	3.99	7.4	9.02
0.01	0.5	1.6	4.72	8.3	10
0.01	0.5	1.7	5.4	9.1	11
0.01	0.5	1.8	6.04	9.9	12
0.01	0.5	1.9	6.63	10.5	12.8
0.01	0.5	2.0	7.18	11	13.5
0.01	0.5	2.1	7.7	11.6	14.2
0.01	0.5	2.2	8.18	12.1	14.8
0.01	0.5	2.3	8.64	12.5	15.3
0.01	0.5	2.4	9.07	12.9	15.8
0.01	0.5	2.5	9.47	13.3	16.2
0.01	0.5	2.6	9.85	13.7	16.7
0.01	0.5	2.7	10.21	14	17
0.01	0.5	2.8	10.55	14.3	17.4
0.01	0.5	2.9	10.88	14.5	17.7

Cədvəl 2.1.2-də obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən əlavə xəta və tanınan təsvirin miqyasının dəyişməsi sabit olaraq qəbul edərək, multiplikativ xətanın artan qiymətlərində təklif olunan metod Kanberra və Manxetten üsullarından daha effektiv olduğu görünür.

**Obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün multiplikativ xətdən asılı olaraq
dəyişməsi asılılığı**

$\gamma - x_i$ - nin ölçülməsinin multiplikativ xətası	$\Delta - x_i$ - nin ölçülməsinin additiv xətası	K -tanınası obrazın miqyas dəyişməsi	Δz_1 - (Manxetten düsturu üzrə)	$\Delta z_2 * 10^{-6}$ (təklif olunan düstur üzrə)	$\Delta z_3 * 10^{-6}$ (Kanberra düsturu üzrə)
0.01	0.5	1	0	0	0
0.011	0.5	1	3.97	2.59	2.37
0.012	0.5	1	7.94	4.48	4.82
0.013	0.5	1	11.9	6.64	7.73
0.014	0.5	1	15.8	8.72	10.3
0.015	0.5	1	19.8	11.1	12.9
0.016	0.5	1	23.7	13.5	15.5
0.017	0.5	1	27.7	15.1	18.1
0.018	0.5	1	31.6	17.6	21.08
0.019	0.5	1	35.5	19.6	23.66
0.020	0.5	1	39.5	21.8	26.1
0.021	0.5	1	43.4	24.0	28.7
0.022	0.5	1	47.3	26.2	31.2
0.023	0.5	1	51.3	27.8	33.9
0.024	0.5	1	55	30.4	36.6
0.025	0.5	1	59.1	33.1	39.1
0.026	0.5	1	63	35.1	41.6
0.027	0.5	1	66.9	37.1	44.1
0.028	0.5	1	70.8	39.1	47.1
0.029	0.5	1	74.7	40.8	49.57

Tanıma zamanı obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün, tanınası təsvirin parametrlərinin ölçülməsi zamanı additiv xətanın dəyişməsindən asılı olaraq dəyişməsi asılılığı kompüter modelləşdirilməsi yolu ilə yoxlanmışdır. Alınmış nəticələr cədvəl 2.1.3- də verilmişdir.

Cədvəl 2.1.3-də obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən multiplikativ xəta və tanınan təsvirin miqyasının dəyişməsi sabit olaraq qəbul edərək, additiv xətanın artan qiymətlərində təklif olunan metod Kanberra və Manxetten üsullarından daha effektiv olduğu görünür.

Cədvəl 2.1.3

Obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün additiv xətdən asılı olaraq dəyişməsi asılılığı

$\gamma - x_i$ - nin ölçülməsinin multiplikativ xətası	$\Delta - x_i$ - nin ölçülməsinin additiv xətası	K - tanınası obrazın miqyas dəyişməsi	$\Delta z_1 * 10^{-4}$ (Manhetten düsturu üzrə)	$\Delta z_2 * 10^{-4}$ (təklif olunan düstur üzrə)	$\Delta z_3 * 10^{-4}$ (Kanberra düsturu üzrə)
0.01	0.5	1	0	0	0
0.01	0.55	1	18.5	2.2	2.7
0.01	0.6	1	37.1	4.4	5.4
0.01	0.65	1	55.7	6.6	8.1
0.01	0.7	1	74.3	8.86	10.7
0.01	0.75	1	92.8	11.06	13.4
0.01	0.8	1	111.0	13.2	16.1
0.01	0.85	1	129.0	15.4	18.8
0.01	0.9	1	148.0	17.6	21.5
0.01	0.95	1	167.0	19.8	24.2
0.01	1.0	1	185.0	22.0	26.8
0.01	1.05	1	204.0	24.2	29.5
0.01	1.1	1	222.0	26.4	32.2
0.01	1.15	1	240.0	28.6	34.9
0.01	1.2	1	259.0	30.8	37.5
0.01	1.25	1	277.0	33.0	40.2
0.01	1.3	1	296.0	35.2	42.8
0.01	1.35	1	314.0	37.4	43.5
0.01	1.4	1	333.0	39.5	48.1
0.01	1.45	1	351.0	41.7	50.8

2.2. Ağıllı şəbəkə sistemləri üçün nümunələrin tanınmasında orta riskin minimuma endirilməsi

Son on ildə intellektual enerji sistemi mənasını verən Ağıllı Şəbəkə konsepsiyası xaricdə fəal şəkildə müzakirə olunur və inkişaf etdirilir. Ağıllı Şəbəkə vahid məlumat və idarəetmə cihazları şəbəkəsi və real vaxt sistemlərindən istifadə etməklə idarə olunan bütün istehsal mənbələrini, magistral və paylayıcı şəbəkələri və bütün növ elektrik istehlakçılarını əhatə edən şəbəkə topologiyası ilə tam inteqrasiya olunmuş özünü tənzimləyən və özünü yeniləyən elektrik enerjisi sistemidir. Əslində, intellektual elektrik şəbəkəsi bir deyil, iki şəbəkəni - bir-biri ilə sıx əlaqədə olan və eyni vaxtda

fəaliyyət göstərən elektrik və informasiya idarəetmə şəbəkəsini birləşdirir [79, s.14-17].

Müvafiq koordinasiya olmadan qənaətbəxş nəticələr verə bilməz. Bu cür koordinasiyaya nail olmaq və eyni zamanda, mərkəzləşdirilmiş kontroller arxitekturaları və xüsusi rabitə əlaqələri üçün xarakterik olan vahid uğursuzluq nöqtələrinin qarşısını almaq üçün qabaqcıl smart şəbəkələr paylanmış və avtonom kontrolleri birləşdirməlidir. Daha çox sayda paylanmış və avtonom kontroller həm də kibertəhlükəsizliyin pozulması nəticəsində qəsdən və qərəzsiz kəsilmə riskini azaldır. Bununla belə, burada əsas bir paradoks var: idarəetmə strukturu nə qədər çox yayılmış və avtonomdursa, o da bir o qədər mürəkkəb olmağa meyllidir. Daha mürəkkəb sistemlər müvafiq planlaşdırma və tərtibat olmadan əməliyyat uğursuzluqlarına daha çox meyli ola bildiyindən, paylanmış və avtonom idarəetmə arxitekturaları gözləniləndən daha pis etibarlılıq performansını verə bilər [128 s.].

SCADA sistemləri ilə elektrik enerjisi sənayesi obyektlərində kompüterləşdirilmiş idarəetmə onların parametrlərinin tələb olunan qiymətlərə uyğunluğunun yoxlanılması və sınaq nəticələrindən asılı olaraq bu obyektlərdə gedən proseslərin yoxlanılması və idarə edilməsi üçün müvafiq siqnalların formalaşdırılması problemlərini əhatə edir. Belə problemlər təsvirləri tanıma sistemlərinin (TTS) köməyi ilə həll edilə bilər. Lakin mövcud sistemlər güc obyektlərinin cari və tələb olunan vəziyyətlərinə uyğun gələn obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü (OAYÖ) səbəbindən nümunənin tanınmasında kifayət qədər əminliyi təmin edə bilmir [31, s.84-101, 49, s.31-42].

Nümunənin tanınması (NT) əminliyinin yoxlanılmasının mövcud üsulları mürəkkəb alqoritmləri və OAYÖ qiymətləndirmə xətalərini azaltmağa imkan verən, lakin strukturu mürəkkəbləşdirən və TTS sürətini azaldan struktur həlləri əhatə edir. OAYÖ qiymətləndirmə xətalərinin təhlili üçün riyazi model olmadığı halda onun işlənilib hazırlanması və bu xətalərin düzəldilməsi üçün modelin qurulması real problemlərdir [122,160].

İnvariant təsvirlərin tanınması prinsiplərinin inkişafında hər bir obyekt X_i şəklində təmsil oluna bilər, burada $i = 1, 2, \dots, n$ və $X_i = (x_i; b_1, b_2, \dots, b_n)$; x_i

tanınacaq təsvirin i -ci parametrinin real qiymətidir; b_1, b_2, \dots, b_n sabitliyi pozan amillərin x_i qiymətinə təsirinin parametrləridir. Standart nümunə y_i şəklində verilə bilər, burada $y_i = f(y_i; c_1, c_2, \dots, c_n)$; y_i zərərli təsirlərin i -ci parametrinin real məqbul qiymətidir; c_1, c_2, \dots, c_n sabitliyi pozan amillərin y_i qiymətlərinə təsirinin parametrləridir [8,79]. i -ci parametrlə dolaylı olaraq qiymətləndirilən OAYÖ-nün qiyməti aşağıdakı kimi müəyyən edilə bilər:

$$Z_i = F[f_i(x_i; b_1, b_2, \dots, b_n); f_2(y_i; c_1, c_2, \dots, c_n)] \quad (2.2.1)$$

Nümunələrin tanınmasının tam invariantlığına çatdıqda Z_i -nin arzu olunan qiyməti ifadə ilə müəyyən olunur:

$$Z_i^* = F[f_i(x_i); f_2(y_i)] \quad (2.2.2)$$

Şərti müəyyən etmək üçün $Z_i = Z_i^*$ formulu (1) yenidən təşkil edildikdə, Teylor sırasına genişləndirilə bilər. Xətti şərtləri götürərək, sabitliyi pozan amillərlə bağlı OAYÖ qiymətlərinin invariantlıq şərtlərini əldə edə bilərik:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i + \frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i \right) = 0 \quad (2.2.3)$$

Bu şərtləri yerinə yetirməyin üç yolu var:

$$\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i = 0, \quad \frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i = 0; \quad (2.2.4)$$

$$\left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i + \frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i \right) = 0; \quad (2.2.5)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i + \frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i \right) = 0. \quad (2.2.6)$$

Birinci həll yolu müxtəlif alqoritmik və struktur metodlardan istifadə etməkdir. Biz tanınacaq nümunənin və standartın birbaşa parametrlərinin ölçülməsinin hər bir xətasını minimuma endirə bilərik. Belə bir həll sabitliyi pozan amillərin sayının az olduğu halda həyata keçirilə bilər. Amma təcrübədə bu say adətən böyük olur (mühit temperaturu, enerji mənbəyinin gərginliyinin və tezliyinin qeyri-sabitliyi, həssas cihazın görmə sahəsinin işıqlandırılması, tanınacaq obyektin mövqeyinin dəyişməsi, avadanlığın köhnəlməsi və s.). Buna görə də, parametrlərin ölçülməsinin ayrı-ayrı

xətalarının minimuma endirilməsi prosesi mürəkkəbləşdirir və onun etibarlılığını azaldır. Üstəlik, əksər hallarda sistemin dinamik xüsusiyyətlərinin deqradasiyasına gətirib çıxarır [93, s.144-165, 140, s.4-9].

İkinci həll, tanınacaq obyekt və standart nümunə üçün parametr qiymətinin ölçülməsinin ayrı-ayrı növləri üçün nümunənin tanınmasının invariantlığını nəzərdə tutur. Lakin birincisi, bu həll yuxarıda göstərilən səbəbə görə səmərəli deyil, ikincisi, OAYÖ-nün formalaşdırılması məkan və zaman parametrlərinin bölünməsi ilə diferensial ölçüyə qədər azalır və bunun üçün həyata keçirilməsi çətin olan ekvivalent məkan və zaman şəraiti tələb olunur [40, s.23-27, 157, s.2191-2194].

Üçüncü həll, tanınacaq obyekt və standart nümunə üçün parametrlərin ölçmə xətalarının məcmusuna görə təsvirləri tanınmasının invariantlığını nəzərdə tutur hansı ki, digər həllər ilə müqayisədə daha üstün görünür. Bu halda sabitliyi pozan hər bir faktorun fiziki təbiətinə və ümumi xəyata töhfəsinə icazə verməyə ehtiyac yoxdur ki, bu da sabitliyi pozan amillərin bütün növlərinin həllini asanlaşdırır [14, s.135-150, 24, s.535-541].

İnvariantlıq şərtləri:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i \right) &= 0; \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i \right) &= 0; \\ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} db_i + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_2}{\partial c_i} dc_i \right) \right) &= 0.\end{aligned}\tag{2.2.7}$$

Göstərilir ki, sabitliyi pozan amillərin OAYÖ-nün qiymətinə təsirini minimuma endirmək üçün, birincisi, hər bir X və Y parametrinə təsiri minimuma endirilməli, ikincisi, bu parametrlərə təsirlərin cəmi minimal olmalıdır. Qeyri stabilləşdirici amillər OAYÖ-nün qiymətləndirməsinin sistematik və təsadüfi xətalarını təşkil edir [14, 25]. OAYÖ-nün sistematik qiymətləndirmə xətasının sabit və alternativ komponentləri üçün Evklid, Manxetten və Kanberra alqoritmlərinin təhlili nəticəsində aşağıdakı ümumiləşdirilmiş ifadələri əldə etdik:

$$D_Z = \Delta X_i \text{sign}(\Delta X_i) - \Delta Y_i \text{sign}(\Delta Y_i),\tag{2.2.8}$$

Burada ΔX_i və ΔY_i yoxlanılan obyekt və standart üçün parametrlərin ölçülməsinin sistematik xətalalarının sabit komponentləridir; $Sign(\cdot)$, X və Y parametrlərinin qiymətləndirilməsində xəta əlamətidir.

OAYÖ-nün qiymətinin hesablanması sistemik xətasının alternativ komponentinin müəyyən edilməsi üçün ümumiləşdirilmiş formula aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\begin{aligned} \Delta Z = & sign(\Delta K_x)f(\gamma_x)\Delta K_x - sign(\Delta K_y)f(\gamma_y)\Delta K_y + \\ & + sign(\Delta \gamma_x)f(\Delta K_x)\Delta \gamma_x - sign(\Delta \gamma_y)f(\Delta K_y)\Delta \gamma_y, \end{aligned} \quad (2.2.9)$$

Burada ΔK_x və ΔK_y , γ_x və γ_y parametrlərinin formaləşdirilməsinin alternativ sistemik xətalalarının multipikativ faktorlarıdır; X və Y sonuncunun nisbi qiymətləridir.

Eksperimental tədqiqatlar nəticəsində biz aydınlaşdırma bildik ki, OAYÖ-nün qiymətləndirilməsinin təsadüfi xətası normal qanunla paylanıb və bu fakt ədəbiyyatda təsdiqlənib [64]. Bu məlumatların təhlili göstərdi ki, σ_x tanınacaq obyektin parametrlərinin ölçülməsi xətası arasında korrelyasiya sıfıra yaxındır, çünki $\delta_{PMBP} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{\frac{1}{2}}$. Bu o deməkdir ki, X və Y ölçmələrində buraxılan xətalər texniki görmə sisteminin (TGS) işinin nəticələrində əks olunur [23, s.69-71, 75, s.143-151]. Bu faktlar “müəyyənlik” anlayışının müəyyən edilməsində bəzi düzəlişlər etməyə imkan verir ki, bu da standart obyekt parametrinin həqiqi qiymətlərinə daxil olan obyekt ölçülmüş parametrlərinin uyğunluq dərəcəsini əks etdirən yoxlanılan obyektin müvafiq sinifə mənsubluğunun düzgün müəyyən edilməsinin fidusial ehtimalını nəzərdə tutur. [25, s.179-183, 157, s.2193-2195].

Bu vəziyyətdə nümunənin tanınmasının qeyri-müəyyənliyi yoxlanılan və standart obyektlərin parametr qiymətlərinin ölçülməsi xətalalarını xarakterizə edən asılı olmayan əlaqəsiz hadisələrin cəmi kimi həyata keçirilə bilər. Nəticə etibarilə, nümunənin tanınmasının əminliyi hər iki obyektin parametr qiymətlərinin ölçülməsinin fidusial ehtimallarının məhsulu kimi müəyyən edilə bilər. Bu, texniki görmə sistemində əminliyin həmişə X və Y parametrlərinin ayrı-ayrı fidusial ölçülmə ehtimallarından az

olacağını təsdiqləyir. Etibarlılığı artırmaq üçün bu parametrlərin ölçülməsi səhvini azaltmaq lazımdır. Beləliklə, təbii obyektlərin təsvir parametrlərinin ölçmə xətlərinin korreksiyası üçün effektiv metodların işlənilib hazırlanması real problemdir [24, s.879-885].

OAYÖ-nün qiymətləndirilməsi üçün riyazi modeli aşkar formada təqdim edək:

$$Z = F(f_1(X, b_1, b_2, \dots, b_n); f_2(Y, b_1, b_2, \dots, b_n)), \quad (2.2.10)$$

burada $F(f_1(X, b_1, b_2, \dots, b_n) \text{ və } f_2(Y, b_1, b_2, \dots, b_n))$ müvafiq olaraq yoxlanılan obyektin və standart parametrlərinin ölçülməsində ölçmə kanalının çıxış siqnallarıdır; $F(\cdot)$ - OAYÖ-nün qiymətləndirilməsinin funksiyasıdır.

(10)-dan görə bilərik ki, sabitliyi pozan amillər X və Y parametrlərinə eyni şəkildə təsir edir. Buna görə də, bu təsirləri minimuma endirməklə, biz OAYÖ-nün qiymətinin informasiya orqanını artırabilirik. Ekstremal nöqtələri müəyyən etmək üçün (10)-u Teylor sırasına genişləndiririk və sonra yalnız xətti şərtləri nəzərdən keçiririk. Bəzi çevrilmələrdə sabitliyi pozan amillər üçün OAYÖ-nün qiymətləndirməsinin invariantlıq şərtlərini tapa bilərik:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} \right) db_i = 0; \quad (2.2.11)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_2}{\partial b_i} \right) db_i = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_1}{\partial b_i} \right) db_i + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_2}{\partial b_i} \right) db_i = 0.$$

Şərtlər (2.2.11) göstərir ki, sabitliyi pozan amillərin OAYÖ-nün qiymətinə təsirini minimuma endirmək üçün hər bir X və Y parametrinə bu təsirləri minimuma endirmək lazımdır və bu parametrlərə təsirlərin cəmi minimal olmalıdır.

Mövcud təsvirlər- İstinad təsviri və digər təsvir. Fərz edək ki, istinad şəklinin parlaqlıq səviyyəsi bəzi həqiqi gərginliyə mütənasibdir - y_{true} . Müşahidəçi bu gərginliyi xətlərlə ölçür - δ_y , nəticə də bu gərginliyin təxmini qiyməti vardır - y , belə ki $y = y_{true} + \delta_y$. Başqa bir təsvirin parlaqlıq səviyyəsi bəzi həqiqi x_{true} gərginliyi ilə mütənasibdir. Bu halda oxşar $x = x_{true} + \delta_x$ əlaqəsi baş verir, burada x_{true} - başqa bir görüntünün parlaqlığına uyğun gələn həqiqi gərginlikdir, δ_x bu gərginliyin ölçmə

xətasıdır, x bu gərginliyin təxmini qiyməti və ya müşahidəçi tərəfindən ölçülən gərginlikdir.

x və y gərginliklərinin qiymətləri təsadüfi qiymətlərdir və $\{m_y, \sigma_y\}$ və $\{m_x, \sigma_x\}$ parametrləri ilə normal qanuna uyğun olaraq paylanır.

Normal paylama qanunlarına əsasən, istinad təsvirinin (İT) və başqa bir təsvirin (BT) həqiqi gərginlikləri $y_{true} = m_y$ və $x_{true} = m_x$ riyazi gözləntilərinə bərabərdir.

Bundan əlavə, müşahidəçinin qarşısında ya yalnız p_1 ehtimalı olan istinad təsviri, ya da p_0 ehtimalı olan başqa bir təsvir görünə bilər. Bu bir-birini istisna edən hadisələrin ehtimalları $p_1 = 1 - p_0$ kimi əlaqələndirilir.

Müşahidəçinin vəzifəsi hansı təsviri, istinad və ya digərini müşahidə etdiyini müəyyən etməkdir, yəni müşahidə etdiyi təsviri ya istinad şəklinə, ya da başqasına aid etməkdir. Birinci növ xəta: Qərara alınır ki, müşahidə olunan təsvir fərqlidir (yaxud istinad deyil), lakin, müşahidə olunan təsvir əslində istinaddır. İkinci növ xəta: Müşahidə olunan təsvirin istinad olduğu (və ya fərqli olmadığı), lakin müşahidə olunan təsvir isə əslində fərqli təsvirdir. Müşahidəçi hələ qarşısında hansı təsvirin olduğuna qərar vermədiyindən, hansı dəyərin x və ya y ilə ölçüldüyü hələ məlum deyil. Buna görə də, ölçülmüş gərginliyin z qiymətini qeyd edirik. Dəqiqlik üçün fərz edək ki, istinad şəklının parlaqlığına mütənasib olan gərginliyin riyazi gözləntisi başqa bir təsvirinin parlaqlığına mütənasib olan gərginliyin riyazi gözləntisindən daha böyükdür $m_y > m_x$.

Və ya istinad şəklinin parlaqlığına mütənasib olan həqiqi gərginlik digər şəklinin parlaqlığına mütənasib olan həqiqi gərginlikdən böyükdür $y_{true} > x_{true}$.

Bu halda, ölçülmüş gərginlik z üçün müəyyən bir astana həddi - Z_{THLD} təyin edilir. Əgər ölçülmüş gərginlik z müəyyən edilmiş hədddən Z_{THLD} azdırsa, başqa bir görüntünün müşahidə olunduğuna qərar verilir:

$$z < Z_{THLD} \Rightarrow \text{müşahidə olunan təsvir} = \text{digər təsvir.}$$

Ölçülmüş gərginlik z müəyyən edilmiş həddən böyükdürsə, istinad şəklinin müşahidə edilməsinə qərar verilir:

$$z \geq Z_{THLD} \Rightarrow \text{müşahidə olunan təsvir} = \text{istinad təsviri.}$$

Bu vəziyyətdə belə xətlər mümkündür:

$z \geq Z_{THLD} \Rightarrow$ müşahidəçi görüntünün istinad təsviri olduğuna qərar verir lakin, reallıqda təsvir fərqlidir, statistik radiotexnikada bu vəziyyət yanlış həyəcan signalı adlanır - bu 1-ci tip xətdir.

$z < Z_{THLD} \Rightarrow$ müşahidəçi görüntünün fərqli təsvir olduğuna qərar verir, əslində görüntü bir istinad təsviridir, statistik radiotexnikada belə bir vəziyyət signalın keçməsi adlanır - bu 2-ci tip xətdir. (tapşırıqın ən əvvəlində bu vəziyyətlər qarışıqdır və əksinə göstərilir).

Birinci növ xəta ehtimalı aşağıdakı kimi yazılacaq:

$$P_{\alpha} = \int_{Z_{THLD}}^{\infty} f_0(x) dx,$$

Burada, $f_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left(-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}\right)$ - təsadüfi x gərginliyinin ehtimal sıxlığı funksiyasıdır.

İkinci növ xəta ehtimalı aşağıdakı kimi yazılacaq:

$$P_{\beta} = \int_{-\infty}^{Z_{THLD}} f_1(y) dy,$$

Burada, $f_1(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left(-\frac{(y-m_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$ - təsadüfi y gərginliyin ehtimal sıxlığı funksiyası.

Digər və istinad təsvirinin görünməsi ehtimalı bərabər olan $p_0 = p_1 = 0.5$ orta risk aşağıdakı kimi yazılacaqdır:

$$C = 0.5 \cdot (\alpha \cdot P_{\alpha} + \beta \cdot P_{\beta}), \quad (2.2.12)$$

Burada, α və β müvafiq olaraq birinci və ikinci növ xətalardan itkilərin qiymətidir.

Və qeyri-bərabər ehtimallarla orta risk bu ehtimallar üzərində aşağıdakı kimi ortalaşdırılmalıdır:

$$C = p_0 \cdot \alpha \cdot P_{\alpha} + (1 - p_0) \cdot \beta \cdot P_{\beta} = p_0 \cdot \alpha \cdot P_{\alpha} + \beta \cdot P_{\beta} - p_0 \cdot \beta \cdot P_{\beta}. \quad (2.2.13)$$

Z_{THLD} astana həddini təyin etmək tələb olunur ki, bu zaman orta risk minimum C olur.

Məsələnin yuxarıdakı tərtibində m_x, m_y təsadüfi gərginliklərin riyazi gözləntiləri, standart kənarçıxmalar σ_x, σ_y korrelyasiya əmsalı ρ_{xy} - sabitdir və müşahidəçiyə məlumdur. Bu halda, bu parametrlər üzrə statistik ortalama mümkündür.

OAYÖ-nün qiymətləndirmə xətalərini minimuma endirmək üçün bir metod hazırlamaq üçün biz tanınan və istinad təsvirlərinin parametrlərinin ölçmə xətaləri üçün paylanma qanunlarının tərkibini təhlil edirik.

Tutaq ki, giriş və istinad xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin $p(x)$ and $p(y)$ ehtimal sıxlıqları x və y ixtiyari formaya malikdir və x və y qiymətlərinin üzərinə qoyulan γ_x və γ_y xətaləri aşağıdakılara normal qanuna görə paylanır (m_x and m_y, γ_x and γ_y).

γ_x və γ_y xətalərinin korrelyasiya olduğunu, lakin x -in qiymətindən asılı olmadığı güman edilir. Əgər x və y -nin qiymətləri z ($z = x - y$) dəyəri ilə fərqlənsə, birinci ($x > y$ və $x + \gamma_x \leq y - z + \gamma_y$) və ikinci ($x \leq y$ və $x + \gamma_x > y - z + \gamma_y$) növ xətasıdır. Məlum olduğu kimi, nəzarət və tanınma məsələlərində hər bir xətanın mənfi olmayan qiymətləri qəbul edən α və β öz qiymətləri vardır. Bu halda, orta risk S dəyərin riyazi gözləntisinə bərabər olacaqdır:

$$C = \alpha P_\alpha + \beta P_\beta, \quad (2.2.14)$$

Burada P_α və P_β müvafiq olaraq birinci və ikinci növ xətalərin ehtimalıdır.

Təsvirlərin tanınması sistemində çıxış signalının qiymətinə uyğun gələn x və y qiymətləri arasındakı fərqi tapmaq lazımdır. Bunun üçün $\gamma_x - \gamma_y = \gamma_z$ dəyişəninə münasibətdə ehtimal sıxlığının iki normal qanununun tərkibi tərtib edilir:

$$g(\gamma) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\gamma - m_0)^2}{2\sigma_0^2}\right), \quad (2.2.15)$$

Burada, $m_0 = m_x - m_y$; $\sigma_0 = \sqrt{\sigma_x^2 - 2\rho\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2}$.

γ_z dəyişənindən istifadə etməklə birinci və ikinci növ xətalərin baş vermə şərtləri aşağıdakı kimi təqdim edilə bilər:

$$x > y \text{ və } x - y \leq y - z \quad \text{və} \quad x \leq y \text{ və } x - y > y - z$$

P_α və P_β ehtimallarının təyini sahələrini nəzərə alaraq:

$$C = \alpha \int_y^{x_{max}} dx \int_{x-y+z}^{\infty} f(x)g(\gamma)d\gamma + \beta \int_{x_{min}}^y dx \int_{-\infty}^{x-y+z} f(x)g(z)dz. \quad (2.2.16)$$

Çıxış siqnalının qiyməti minimum orta risklə müəyyən edilməlidir. Bunun üçün sonuncu düsturu diferensiasiya edirik və sifıra bərabərləşdiririk. Bu tənliyin həlli ümumi formada z-nin arzu olunan qiymətini verir. z-nin dəqiq qiyməti hesablama əməliyyatı ilə təyin olunduğu üçün biz onu təxminən müəyyən edəcəyik. Orta qiymət teoremi ilə düsturu aşağıdakı formaya çeviririk:

$$\alpha f(x_\alpha) \int_y^{x_{max}} g(x - y + z) dx + \beta f(x_\beta) \int_{x_{min}}^y g(x - y + z) dx = 0. \quad (2.2.17)$$

Aşağıda $a = \alpha * f(x_\alpha) / \beta * f(x_\beta)$ ifadəsini götürüb, $m_1 = y + m_0 - z$ yazıb bilirik:

$$g(x - y - z) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - m_1)^2}{2\sigma_0^2}\right), \quad (2.2.18)$$

$x = m_1$ üçün Teylor sırasındakı sonuncu düsturu genişləndiririk:

$$g(x - y + z) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \left[1 - \frac{1}{2\sigma_0^2} (x - m_1)^2 + \frac{1}{8\sigma_0^4} (x - m_1)^4\right]. \quad (2.2.19)$$

Bu düsturu (17) tənliyində əvəz edərək əldə edirik:

$$\frac{a}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \left[x - \frac{1}{6\sigma_0^2} (x - m_1)^3 + \frac{(x - m_1)^5}{40\sigma_0^4} \right] \Big|_{x_{max}}^y - \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \left[\frac{(x - m_1)^3}{6\sigma_0^2} - \frac{(x - m_1)^5}{40\sigma_0^4} \right] \Big|_y^{x_{min}}. \quad (2.2.20)$$

Sərhəd qiymətləri nəzərə alınmaqla:

$$a \left[x_{max} - \frac{(x_{max} - m_1)^3}{6\sigma_0^2} + \frac{(x_{max} - m_1)^5}{40\sigma_0^4} - \frac{(y - m_1)^3}{6\sigma_0^2} - \frac{(y - m_1)^5}{40\sigma_0^4} \right] = \quad (2.2.21)$$

$$y - \frac{(y - m_1)^3}{6\sigma_0^2} + \frac{(y - m_1)^5}{40\sigma_0^4} - x_{min} + \frac{(x_{min} - m_1)^3}{6\sigma_0^2} - \frac{(x_{min} - m_1)^5}{40\sigma_0^4}$$

Bəzi çevrilmələrdən sonra sonuncu tənlik aşağıdakı formanı alacaq:

$$F(z) = 120\sigma_0^4 [a(x_{max} - y) - y + x_{min}] + 20\sigma_0^2 [a(z - m_0)^3 - a(x_{max} - y - m_0 + z)^2 + (z - m_0)^3 - (x_{min} - y - m_0 + z)^3] + 3a(x_{max} - y - m_0 + z)^5 - 3a(z - m_0)^5 - 3(z - m_0)^5 + 3(x_{min} - y - m_0 + z)^5 \quad (2.2.22)$$

Bu düsturun birinci və ikinci törəmələrini təyin edək:

$$F'(z) = 20\sigma_0^2 [3a(z - m_0)^2 - 3a(x_{max} - y - m_0 + z)^2 + 3(z - m_0)^2 - 3(x_{min} - y - m_0 + z)^2] + 15a(x_{max} - y - m_0 + z)^4 - 15a(z - m_0)^4 - 15(z - m_0)^4 + 15(x_{min} - y - m_0 + z)^4 \quad (2.2.23)$$

$$F''(z) = 20\sigma_0^2 [6a(z - m_0)^2 - 6a(x_{max} - y - m_0 + z)^2 + 6(z - m_0) - 6(x_{min} - y - m_0 + z)] + 60a(x_{max} - y - m_0 + z)^3 - 60a(z - m_0)^3 - 60(z - m_0)^3 + 60(x_{min} - y - m_0 + z)^3 \quad (2.2.24)$$

z-nin dəqiq dəyəri Simpson metodu ilə aşağıdakı alqoritmdən istifadə etməklə müəyyən edilir:

$$z_{i+1} = z_i - F(z_i)/F'(z_i) \quad (2.2.25)$$

z-nin ilkin qiyməti $[x_{min}, x_{max}]$ diapazonunun sonu kimi qəbul edilir və bu zaman aşağıdakılar yerinə yetirilir:

$$F(x''_{min})_{min} \text{ or } F(x''_{max})_{max}. \quad (2.2.26)$$

z dəyərinin daha sadələşdirilmiş tərifini ilə şərtin yerinə yetirilməsi tələb olunur:

$$\frac{\alpha}{\beta} - \frac{\alpha'}{\beta'} \leq |k| \frac{\alpha}{\beta} \quad (2.2.27)$$

Burada k , α və β qiymətlərindəki dəyişiklikləri nəzərə alan əmsaldır:

$$\alpha' = \alpha f(x_\alpha) \text{ və } \beta' = \beta f(x_\beta) \quad (2.2.28)$$

Bu şərt aşağıdakılara bərabərdir:

$$f(x_\alpha) - f(x_\beta) \leq |k| f(x_\beta), \quad (2.2.29)$$

Yerinə yetirilməsi $f(x)$ funksiyasına qoyulan əsas məhdudiyyətdir. Bu məhdudiyyəti yumşaltmaq üçün γ -nın $n\sigma$ ($n = 6$) və $n\sigma_0 \ll x_{max} - x_{min}$ intervalı ilə məhdudlaşdığı güman edilir. Beləliklə, əsas məhdudiyyət indi praktikada adətən yerinə yetirilən şərtə gətirib çıxarır ki, x çox dar intervalda dəyişdikdə $f(x)$ funksiyasında nisbi dəyişikliklər kiçik olur. $n\sigma_0 \ll x_{max} - x_{min}$ şərtinin tətbiqi xətası 2,5%-dən çox olmayan hesab edilən sistemlərin sinfini məhdudlaşdırır.

Qəbul edilmiş məhdudiyyətlər (2.2.17) düsturunda α' və β' işarələrini α və β ilə əvəz etməyə imkan verir:

$$-\alpha \int_y^{x_{max}} g(x - y + z) dx + \beta \int_{x_{min}}^y g(x - y + z) dx = 0. \quad (2.2.30)$$

Əgər $f(x) = const$, $n\sigma_0$ diapazonunda və ya bütün x diapazonunda daha çox olarsa, təqribən (2.2.30) daha sərt olur. Onda (2.2.30) tənliyi aşağıdakı kimi təqdim olunur:

$$-\alpha \left[\Phi \left(\frac{x_{1max}}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{z - m_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) \right] + \beta \left[\Phi \left(\frac{z - m_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{x_{1min}}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) \right] = 0. \quad (2.2.31)$$

(2.2.31) formulunda Laplas funksiyaları cədvəl şəklində verilmişdir. $x_{max} - y + z - m_0 > 3\sigma_0$ və $x_{min} - y + z - m_0 > 3\sigma_0$ olduğuna görə birinci Laplas funksiyası birə, dördüncüsü isə sifira bərabərdir. Nəticədə:

$$\Phi\left(\frac{z-m_0}{\sigma_0\sqrt{2}}\right) = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}. \quad (2.2.32)$$

(2.2.32) ifadəsi verilmiş α və β üçün $\Phi(*)$ -nin cədvəl qiyməti olan k ədədini tapmaq imkanı verir. Beləliklə, çıxış parametri z düsturla qiymətləndirilir:

$$z = k * \sqrt{2(\sigma_x^2 - 2\rho\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2)} + m_x - m_y. \quad (2.2.33)$$

İdeal müşahidəçi ($\alpha = \beta$) meyarının mövcudluğu ilə z parametri yalnız m_x və m_y ($z = m_x - m_y$) parametrləri ilə müəyyən edilə bilər, çünki $k^* = 0$ olduqda $\phi(k^*) = 0.5$ olur. Bu prosesin daha mürəkkəb işlənməsi bizə OAYÖ qiymətinin invariantlığını təmin etmək üçün şərtlər təklif etməyə imkan verir.

Təsadüfi xətlər üçün

$$\sigma_x = \sigma_y = \min; \text{sign}(\sigma_y) \text{ və ya } \rho = 1. \quad (2.2.34)$$

$z = F(X, Y)$ seçirik, bir şərtlə ki, $\Delta F(\sigma_x, \sigma_y) = \min$.

Sistematik xətlər üçün

$$\Delta x = \Delta y = \min; \text{sign}(\Delta x) = \text{sign}(\Delta y). \quad (2.2.35)$$

Biz $z = F(X, Y)$ seçirik, bir şərtlə ki, $\Delta F(\Delta X, \Delta Y) = \min$.

Nəzəri tədqiqatın düzgünlüyünü yoxlamaq üçün elektrik enerjisi siqnallarının parametrləri ilə tanınmasında OAYÖ-nün qiymətləndirməsinin daha dəqiqliyi üçün təcrübələr apardıq. Cari və arzu olunan obyekt vəziyyətlərinin parametr ölçülməsi zamanı əldə edilən məlumatlar Cədvəl 2.2.1-də göstərilmişdir.

Obyekt parametrlərinin ölçülməsi kanalında OAYÖ-nün qiymətləndirməsinin düzgünlüyünü artırmaq üçün (2.2.34) və (2.2.35) şərtlər yerinə yetirildi və OAYÖ-nün qiymətləndirilməsi aşağıdakı alqoritmlə yerinə yetirildi.

Birinci mərhələdə ilkin massivlərin məlumatlarından istifadə etməklə X_i və Y_i qiymətlərinin massivi formalaşır. İkinci mərhələdə m_z riyazi gözləntiləri və bu σ_z massivinin elementlərinin orta kvadrat meyletmələri müəyyən edilir.

Alınan məlumatlardan istifadə edərək, təklif olunan invariantlığın şərtlərini nəzərə almaq üçün yeni A_i massivi formalaşdırılmalıdır. Onun elementləri aşağıdakı qaydalarla müəyyən edilə bilər:

$$\begin{aligned} \text{if } X_i < m_z, \text{ then } A_i &= m_z; \\ \text{if } X_i > m_z, \text{ then } A_i &= m_i. \end{aligned} \quad (2.2.36)$$

Bu alqoritmin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, giriş və standart obyektlər üçün ayrı-ayrı parametrlər üzrə OAYÖ-nün qiymətləndirmə xətalari müsbət və ya mənfi işarələrə malik ola bilər. Amma onların qiymətləri normal paylanma qanununa tabe olmalıdır. Buna görə də, ilkin və standart obyektlər üst-üstə düşdükdə, müvafiq fidusial ehtimalla onların OAYÖ-lərinin qiymətlərində yayılma verilmiş diapazonda olmalıdır. Bu diapazonda olan və mənfi artımlar alan elementlər OAYÖ-nün riyazi gözlənti qiyməti üçün dəyişdirilir.

X və Y parametrlərinin mənfi artımlarla formalaşmasında yaranan xətlər yeni massivdə aradan qaldırılır. Yeni massiv elementlərinin riyazi gözləntisi dəqiqləşdirilmiş OAYÖ-nün qiymətidir.

Beləliklə, tədqiqat işində müəyyən olundu ki, (2.2.34) və (2.2.35) yerinə yetirilirsə, OAYÖ-nün qiymətləndirilməsində yaranan nəticə xətası düsturlarla müəyyən edilə bilər.

$$\begin{aligned} \delta_{OAYÖ} &= -5.878 \cdot 10^{-3} + 153.86 \sigma_x - 152.93 \sigma_y; \\ \delta_{OAYÖ} &= -5.4 \cdot 10^{-3} + 130.74 \sigma_x - 129.67 \sigma_y; \\ \delta_{OAYÖ} &= -18.34 \cdot 10^{-3} + 399.07 \sigma_x - 398.5 \sigma_y; \\ \delta_{OAYÖ} &= -7.35 \cdot 10^{-3} + 181.46 \sigma_x - 180.62 \sigma_y; \end{aligned} \quad (2.2.37)$$

Formullar (2.2.37) Manxetten, Evklid və Kanberra məsafələrindən və bu tədqiqatda OAYÖ-nün qiymətləndirilməsi üçün təklif edilənlərdən istifadə etməklə əldə edilmiş eksperimental məlumatlar əsasında qurulmuşdur. Bu tədqiqat nəticəsində

ortaya çıxan OAYÖ-nün qiymətləndirmə xətasının iki dəfədən çox azaldığını göstərdi. Obyektin yaxınlıq ölçüsü üçün sabitliyi pozan amillərə fərdi invariantlıq şəraitindən asılı olaraq texniki görmə sisteminin işinin etibarlılığını artırmaq imkanını müzakirə edək. Bu məqsədlə indi sübut edirik ki, σ_x və σ_y xətaləri bərabər olduqda δ xətası minimum qiymətə çatır. Bu asılılıq minimum nöqtə ətrafında simmetrikdir və aşağıdakı formada yazıla bilər:

$$\frac{\Delta\delta_{OAYÖ}}{\delta_{OAYÖ}} = -0.38 + 1.5 \frac{\sigma_x - \sigma_y}{\sigma_y} + 0.004 \frac{\sigma_x - \sigma_y^2}{\sigma_y^2}. \quad (2.2.38)$$

Cədvəl 2.2.1

OAYÖ-nün qiymətləndirilməsi orta kvadratik kök qiymətlər asılılıq qiymətləri və OAYÖ təklif olunan şərtlərin yerinə yetirilməsi zamanı giriş və etalon obyektlərinin parametrlərinin ölçülməsinin orta kvadratmetrik qiymətləri cədvəli

σ_x	σ_y	δ_{PMBP}	d_{PMBP}
7.6	7.6	8.9	10.4
14.08	14.08	17.39	21.1
20.67	20.67	25.86	31.3
27.3	27.3	34.33	41.6
31.34	31.34	40.45	51.9
33.92	33.92	42.81	52.2
36.98	36.98	48.40	61.2
42.73	42.73	56.37	71.1
44.35	44.35	57.38	79.9
55.16	55.16	72.97	92.4
61.49	61.49	81.37	102.9
67.33	67.33	90.06	115.4
74.31	74.31	98.31	124.1
80.78	80.78	106.83	134.7
87.28	87.28	115.38	145.4
93.79	93.79	123.96	156.1
100.33	100.33	132.57	166.8

Manxetten, Evklid və Canberra məsafəsi

Eksperimental asılılıqlar	Orta kvadratik meyletmənin xətti modeli
Manxetten məsafəsi	
$M_{OAYÖ} = -0.11959 - 0.2021939 d_{OAYÖ} + 0.8611193 \sigma_x - 0.76389 \sigma_y + 0.0109959 \delta_{OAYÖ}$	0.138857
$M_{OAYÖ} = -0.1152137 - 0.1607265 d_{OAYÖ} + 0.8572778 \sigma_x - 0.772278 \sigma_y$	0.139636 0.993784
$M_{OAYÖ} = -0.3369 - 2.57924 d_{OAYÖ} + 1.36307 \delta_{OAYÖ}$	
Evklid məsafəsi	
$M_{OAYÖ} = -0.05447 - 0.022103 d_{OAYÖ} + 0.778079 \sigma_x - 0.78622 \sigma_y + 0.0304211 \delta_{OAYÖ}$	0.144857
$M_{OAYÖ} = -0.0540528 + 0.0060352 d_{OAYÖ} + 0.7825238 \sigma_x - 0.788432 \sigma_y$	0.145470
$M_{OAYÖ} = -0.1912 + 0.58971 d_{OAYÖ} - 0.5965 \delta_{OAYÖ}$	0.907906
Kanberra məsafəsi	
$M_{OAYÖ} = 0.05213687 - 0.2092843 d_{OAYÖ} + 0.8298258 \sigma_x - 0.77639 \sigma_y + 0.0068988 \delta_{OAYÖ}$	0.142832
$M_{OAYÖ} = -0.0903373 - 0.122526 d_{OAYÖ} + 0.8181384 \sigma_x - 0.785087 \sigma_y$	0.144424
$M_{OAYÖ} = -1.4982 - 3.68793 d_{OAYÖ} + 0.99132 \delta_{OAYÖ}$	1.10174
Təklif olunan alqoritm	
$M_{OAYÖ} = -0.03038 - 0.0057578 d_{OAYÖ} + 0.0723113 \sigma_x - 0.05927 \sigma_y + 0.0125336 \delta_{OAYÖ}$	0.128857
$M_{OAYÖ} = -0.027262 + 0.018385 d_{OAYÖ} - 0.0694287 \sigma_x - 0.58578 \sigma_y$	0.139634 0.993784
$M_{OAYÖ} = 0.1699 - 0.11542 d_{OAYÖ} - 0.6771 \delta_{OAYÖ}$	

Formula (2.2.38) $(\sigma_x) = \text{sign}(\sigma_y)$ işarəsi ilə doğrudur və giriş və standart obyektlər üçün parametrlərin ölçülməsi prosesləri arasında simmetriyanın təmin edilməsinin zəruriliyini göstərir.

OAYÖ-nün qiymətləndirilməsinin fidusial ehtimalının σ_x və σ_y xətaləri arasındakı korrelyasiyadan asılılığını yoxlamaq üçün aşağıdakı formulu əldə etmək üçün tədqiqat apardıq:

$$P_{OAYÖ} = 0.572 - 0.6763\rho + 1.6807\rho^2. \quad (2.2.39)$$

Asılılıq (2.2.39) ρ korrelyasiyasının $[0, 0.8]$ diapazonu daxilində dəyişməsi şərti və obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin fidusial intervalı ilə orta kvadratik meyiletməyə (MSD) bərabər olan şərtlə əldə edilmişdir.

Eksperimental asılılıqlar:

$$\begin{aligned} m_{OAYÖ} &= f(d_{OAYÖ}, \sigma_x, \sigma_y, \delta_{OAYÖ}), \\ m_{OAYÖ} &= f(d_{OAYÖ}, \sigma_x, \sigma_y), \\ m_{OAYÖ} &= f(d_{OAYÖ}, \delta_{OAYÖ}). \end{aligned} \quad (2.2.40)$$

Cədvəl 2.2.2 əldə edilmiş nəticələrin kəmiyyətə qiymətləndirilməsinə imkan yaratmaq üçün qurulmuşdur.

Beləliklə, $\delta_{OAYÖ}$, σ_x , σ_y və $d_{OAYÖ}$ -nin təxmin edilən qiymətlərindən istifadə edərək, OAYÖ-nün qiymətini 2-4 dəfə daha dəqiq hesablaya bilərik ki, bu da nümunənin tanınmasının əminliyini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

2.3. Xətti təsvir çevrilməsi zamanı obrazların tanınması invariantlığının təmin edilməsi algoritminin təhlili

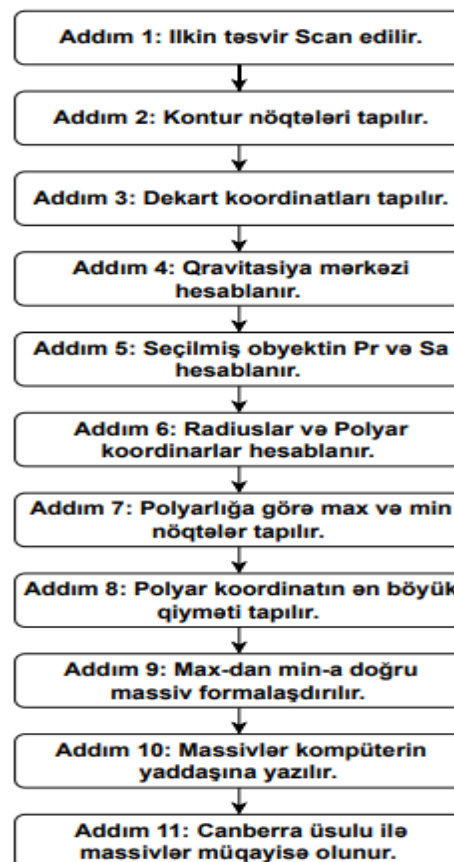
Müasir avtomatlaşdırılmış istehsalatda texniki görmə sistemləri və manipulyatorlar istehsal olunan məhsulun keyfiyyətinə təsir edən vizual və manual əməliyyatları təmin edən operatora real alternativdir. Həmin proses şirkətlərdə istehsalın məhsuldarlığını artırılmasını və hər bir məhsulun keyfiyyətinin təmin edilməsi zamanı yaranan xərcləri ayrı-ayrılıqda aşağı salınmasına imkan verir [75, s.358-365]. Lakin obyektlərin təsvirinin tanınması zamanı onların xətti yerdəyişməsi

ilə bağlı bəzi çətinliklər (təsvirin ağırlıq mərkəzi ətrafında fırlanması və koordinat müstəvisində yerdəyişməsi) məhsullar istehsaldan sonra konveyer xəttində yaranır. Obyektin fəzada təsadüfi oriyentasiyasının tətbiqi mürəkkəb və yüksək maliyyəli problemdir. Qeyri-stabil faktorlar təsvirlərin tanınması zamanı obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsünün hesablanması təsadüfi xətlər, obyektin atributlarının sayının və mövqeyinin itirilməsi kimi orijinal parametrləri aşağı salır baxmayaraq ki, tanıma təsvirin mövqeyinin dəyişməsinə invariant olmalıdır [93, s.243-247, 96, s.658-663].

Dünyanın inkişaf etmiş ölkələrinin müasir hərbi texnologiyası öz diqqətini hava hücumundan müdafiə sistemə yönəlmişdir [137]. Son zamanlar ölkələr arasında yaranan gərginlikdə qısa mənzilli raketlərin qarşısını almaq üçün hava hücumundan müdafiə sistemi əsas rol oynayır. Sistem uzaq məsafədən gələn cismi hər hansı çox bucaqlı müstəvi fiqur kimi qəbul edir. Təbiidir ki, uzaq məsafədən sistemə daxil olan obraz sürüşməyə, fırlanmaya və miqyas dəyişməsinə məruz qalacaqdır [106, s.2477-2479, 144, s.153-156]. Hava hücumundan müdafiə sistemi daxil olan obrazı ya düşmən hücumu və ya ölkə daxili nəqliyyat kimi qiymətləndirə bilər. Buna görə də obrazların tanınması zamanı oxşar və ya yaxın obyektlərin müqayisəsi anında OAYÖ-nün düzgün qiymətləndirilməsi mühim şərtidir. Obrazların tanınmasının səhəliyi obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanmasının dəqiqliyindən asılıdır. Təsvirlərin tanınması sahəsində Manxetten, Evklid, Kanberra və bir çox başqa düsturlar mövcuddur [20, s.107-109, 114, s.270-272]. Hal-hazırda onlar obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü hesablamaq üçün istifadə olunur. Kompüter sistemi vasitəsilə təbii ki obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək, xətlərini təhlil etmək mümkündür, lakin bu proseslərin icrası üçün çox vaxt tələb olunur [143, s.112-113]. Sistemin intellektual və operativ işləməsi üçün ilk öncə gələn cismin vaxt itirmədən məsafədən müqayisə aparılması lazımdır. Tədqiqatlar göstərir ki, belə sistemin yaradılması obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi zamanı həm vaxt itkisinin qarşısı alınması və düzgün qərar qəbul etməyə zəmin yaradır. Obrazların tanınmasında tanıma səhəliyinin fırlanmadan və miqyas dəyişməsindən asılı olmadan icra olunması aktual mövzudur [97, s.105-108, 130, s.22-23, 155].

Qoyulmuş məsələnin həlli üçün tətbiq olunmuş alqoritmin blok sxemi şəkil 2.3.1-də əks olunmuşdur. Blok sxemin tanıma zamanı icrası aşağıdakı addımlarla tətbiq olunur:

Texniki görmə vasitəsilə ilkin təsvir qəbul edilir və scan olunur. Obyektin kontur nöqtələri təyin olunur [109, s.3-6]. 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 köməyi ilə müqayisə edilir.



Şəkil 2.3.1 Tanıma prosesində təklif olunmuş alqoritmin blok sxemi

Qoyulmuş məsələnin həlli 4 mərhələdə aparılmışdır. İlkin olaraq eyni miqyaslı müxtəlif ölçülərə malik 2 müstəvi fiquru, eyni miqyaslı müəyyən bucaq altında fırlanmış 2 müstəvi fiquru və müxtəlif miqyaslarda iki müxtəlif müstəvi fiqur əsasında tədqiqat aparılmışdır.

AutoCAD proqramının köməyilə n tərəfli və ya n bucaqlı ixtiyari müstəvi fiquru götürülür. Tədqiqat işində prosesi sadələşdirmək üçün 18 bucaqlı ixtiyari müstəvi fiquru tətbiq edilir (şəkil 2.3.2).

Daha sonra AutoCAD imkanlarından istifadə edərək ixtiyari fiqurun qravitasiya mərkəzi tapılır. Müstəvi fiqurun mərkəz nöqtəsindən bucaqlara radiuslar çəkilir. Həmçinin AutoCAD sisteminin imkanlarından istifadə edərək avtomatik olaraq, reper nöqtələrinin və qravitasiya mərkəzinin koordinatlarını, radiusların uzunluqlarını, müstəvi fiqurunun perimetri və sahəsini əldə edirik. Baza sistemində müqayisə edəcək fiqur olmadığından həmin təsviri etalon qəbul edirik. Növbəti addımda etalon və tanınan təsvirin radiuslarının ölçüləri massiv şəklində kompüterə daxil edilir.

$R_{etalon} = [5506.28, 4645.23, 4828.72, 5105.91, 5150.74, 4546.02, 5501.38, 5593.31, 5360.2, 4472.99, 6125.26, 5697.86, 4078.77, 5317.06, 5148.4, 4059.56, 5684.45, 5117.4]$

$R_{tanınan} = [4314.08, 5265.3, 4436.2, 3329.07, 4639.27, 4554.47, 4832.77, 4854.11, 5040.22, 4493.92, 3562.69, 4517.84, 5688.34, 4705.01, 4178.14, 4622.59, 4822.34, 4937.27]$

Python proqramlaşdırma dilində Scipy kitabxanasından istifadə edərək obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü tapılmış və müəyyən əməliyyatlar yerinə yetirilmişdir. İlk öncə reper nöqtələrindən azad olmaq üçün tanınan və etalon fiqurların ən böyük radiusu tapılaraq massivin ilkin elementi təyin olunur və yeni massiv formalaşdırılır. Daha sonra iki massiv arasında Canberra məsafəsindən istifadə edərək müqayisə aparılmışdır. Müqayisə nəticəsində kompüterdə 1.2694560619475443 qiyməti alınmışdır. Alınan qiymət ε – na yaxın olduğu üçün deməli təsvirlər bir –birinə yaxındır.

Əlavə olaraq, AutoCAD sistemində sabit miqyas altında çox bucaqlı müstəvi fiquru (şəkil 2.3.3) çəkilir. Həmin fiqurun qravitasiya mərkəzindən bucaqlara radiuslar endirilir. Həmin radiusların ölçüləri massiv şəkildə kompüterə daxil edilir.

$R_{tanınan} = [4691.72, 4126.62, 4544.32, 4481.42, 5140.85, 4817.25, 5565.66, 4197.39, 5175.88, 4370.83, 3310.23, 4653.39, 4619.12, 4936.96, 4978.75, 5195.85, 4586.24, 4543.8]$

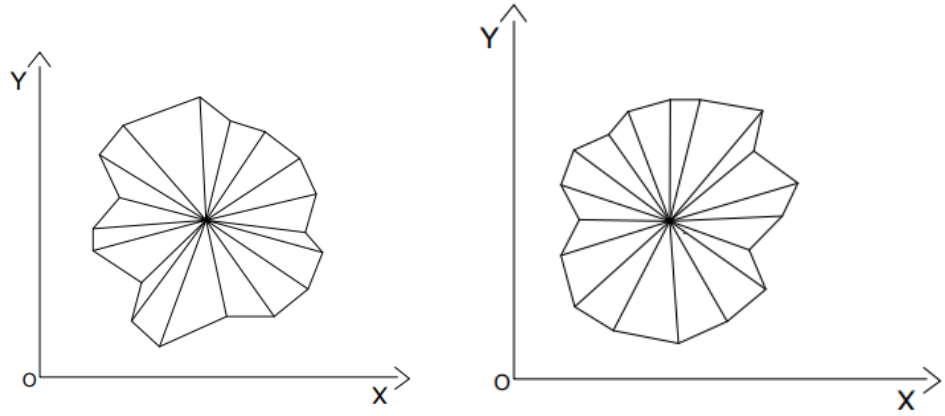
Daha sonra şəkildəki müstəvi fiquru proqram vasitəsilə Dekart koordinat sistemində müsbət istiqamətdə 60 dərəcə bucaq altında fırladaraq, invariantlığı yoxlayırıq. Alınan iki massivi Canberra düsturu ilə kompüterdə yoxladıqda nəticə 0.0 alınmışdır.

Yuxarıdakı təsvirdən və proqramdanda görüldüyü kimi sabit miqyaslı fiquru 60 dərəcə dekart koordinat müstəvisində fırlatdıqda komputer massivlər arasında fərqi sıfır olaraq hesabladı. Yəni, sistem eyni obyekt olduğunu tanıdı.

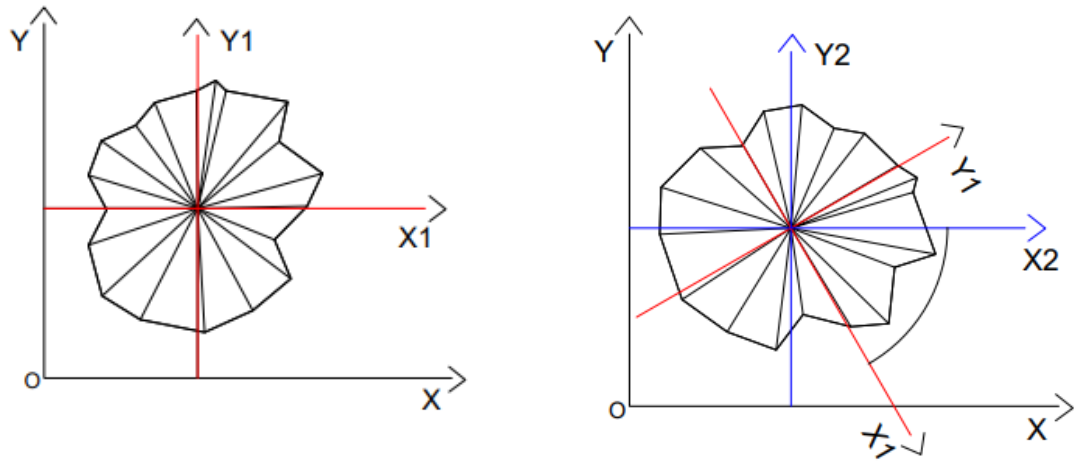
Daha sonra müxtəlif miqyaslara malik iki müxtəlif fiqur (2.3.4) götürürük. Autocad sistemində sahəsi digərindən 2 dəfə fərqlənən müstəvi fiqurun qravitasiya mərkəzindən max və min nöqtələrinə radiuslar endiririk. Sabit müstəvidə olduqda həmin fiqurların piksellərin sayına görə müqayisə etmək mümkündür. Tədqiqat işində hərəkətdə olan fiqur götürdüyümüz üçün radiusların ölçülərindən istifadə edirik.

Təsvirdəndə görüldüyü kimi müxtəlif miqyaslı və müxtəlif ölçülərə malik 2 fiqur arsında müqayisə aparılır. Canberra üsulu ilə massivlər arasında müqayisə apararaq 4.734554325179965 qiyməti alınmışdır. Alınan nəticə ε -dan çox böyük olduğu üçün deməli tanınan fiqur etalondan fərqlidir.

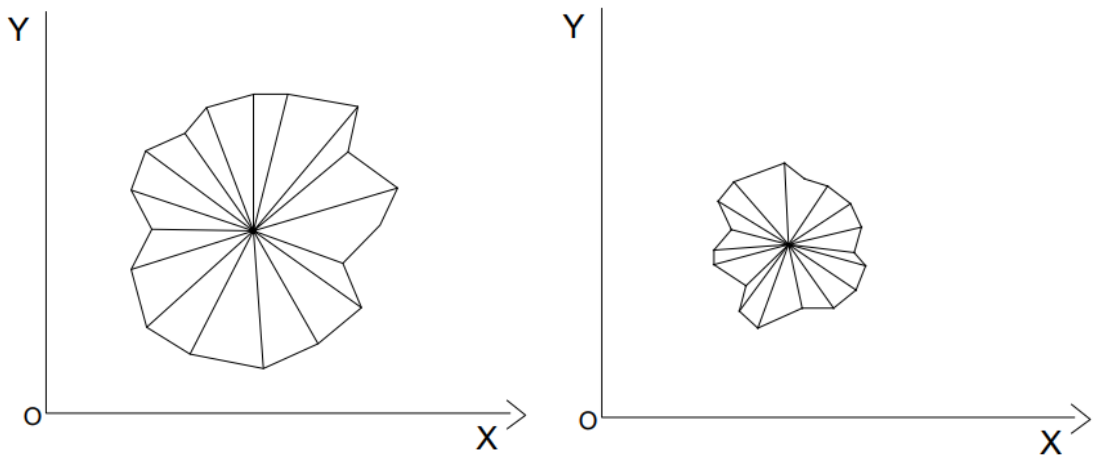
Sonuncu mərhələdə bir-birindən kəskin fərqlənən iki müstəvi fiquru AutoCAD –da götürülmüşdür. Tanıma prosesini mürəkkəbləşdirmək üçün tanınan müstəvi fiqurunda xüsusilə 3 ən böyük bərabər radius götürülərək müqayisə aparılmışdır. Şəkildən görüldüyü kimi tanınması təsvirdə qırmızı, mavi və çəhrayı rəngli radiuslar bərabərdir. Fırlanma əməliyyatı aparılan zaman dəqiqlik və səmərəlilik üçün müxtəlif rənglər seçilmişdir.



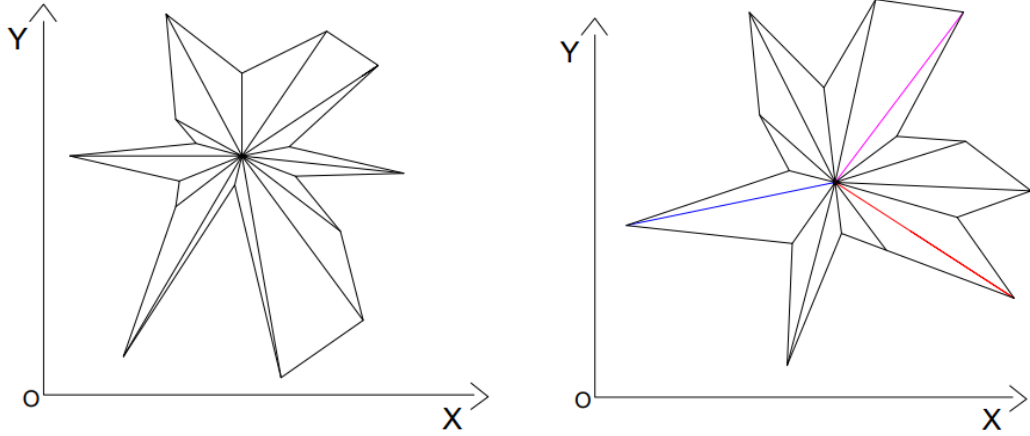
Şəkil 2.3.2 Etalon və tanınması obyektlər



Şəkil 2.3.3 Eyni fiqurun müəyyən bucaq altında fırlanması



Şəkil 2.3.4 Müxtəlif miqyaslı etalon və tanınması obyektlərin müqayisəsi



Şəkil 2.3.5 Tanıma zamanı etalon və tanınası təsvir

Verilmiş müstəvi fiqurlarının radiusları massiv şəklində kompüterin yaddaşına yazılır.

$R_{etalon} = [3125.2, 5697.8, 6178.7, 1817.0, 6148.4, 2159.5, 4684.4, 7717.4, 8506.2, 1128.7, 8805.9, 3150.7, 2546.0, 6501.3, 1793.3, 2860.2, 6072.9]$

$R_{tanınan} = [8300.0, 3314.0, 2005.2, 7369.0, 2909.2, 5884.4, 8300.0, 1839.1, 3940.2, 7413.9, 3712.6, 7297.8, 8300.0, 2988.1, 5322.5, 7634.3, 4937.2]$

Daha sonra Python proqramı vasitəsilə Counter operatorundan istifadə edərək hər massivdə bərabər radiusların sayını hesablanılır.

Nəticədən görüldüyü kimi müxtəlif rəngli radiusların sayı 3-ə bərabərdir. Maksimum radiusun sayı 3 olduğu üçün tanınası təsvir massivini də 3 ədəd götürülür. Hər massivin ilkin elementi maksimum radius təyin olunaraq tamamlanacaq. Prosesin sonunda hər 3 massivi etalon massivlə Canberra üsulu ilə müqayisə edərək müəyyən nəticələr alınmışdır:

7.407217415420809

6.299219925396201

5.309411978088644

Həmin nəticələr arasından ε -na nəzərən ən kiçik qiymət tədqiqat işimiz üçün ən idealdır.

2.4. Robot sistemlərində sinif kəşimə sahəsinin adaptiv qeyri-səlis təhlilindən istifadə edərək oxşar obyektlərin tanınmasının etibarlılığının artırılması

İstehsal proseslərinin monitorinqi zamanı tez-tez individual olaraq obyektlərin tanınması vəzifəsi meydana çıxır. Bu zaman tədqiq olunan obyektin təsnifat qruplarından birinə aid edilməsi barədə qərarın qəbul edilməsi problemi giriş təsvirinin ümumiləşdirilmiş xarakteristikalarının müvafiq standart xarakteristikası ilə müqayisəsi əsasında həll edilir. Bununla belə, mövcud binar qərar qəbuletmə modeli nümunənin tanınmasının yüksək etibarlılığı ilə həll əldə etməyə imkan vermir. Bunun sübutu odur ki, giriş və istinadın xüsusiyyətləri və ya parametrləri ölçmə yolu ilə aşkar edilir, lakin xətasız ölçmə yoxdur. Buna görə də nümunənin tanınması barədə qərar qəbul edərkən obrazların parametrlərinin qiymətlərinin birbaşa ölçülməsində yaranan xətalara, həmçinin giriş və istinad obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dolaylı ölçülməsində yaranan xətalara nəzərə almaq lazımdır [31, s.31-44, 152, s.966-968].

Nümunələrin tanınması istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmasında obyektlərin və proseslərin idarə edilməsi və diaqnostikasında çox geniş istifadə olunur. Sənayenin inkişafı ilə texnologiyalar daha mürəkkəbləşir və monitorinq və diaqnostika metodlarına tələblər daha sərt olur. Bu baxımdan, müəyyən edilmiş tanınma üsulları artan tələbatı ödəyə bilmir. Getdikcə tanınan obyektlər bir-birlərinə çox oxşar və ya çox yaxın olur. Bu halda, mövcud alqoritmlərdən istifadə obrazların tanınmasının kifayət qədər etibarlılığını təmin edə bilməz.

Bu baxımdan, informasiya texnologiyalarının və süni intellekt metodlarının inkişafı fonunda oxşar və yaxın təsvirlərin tanınması probleminin mövcud vəziyyətinin təhlili aktualdır.

Hər bir obyekt adətən onun parametrlərinin ədədi qiymətləri $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ massivi kimi təqdim olunur, burada x_i giriş obyektinin i -ci parametrlərinin qiymətidir. Eyni şəkildə, standart obyektin parametrlərinin ədədi qiymətləri $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ massivi kimi təqdim olunur, burada y_i standart obyektin i -ci parametrlərinin qiymətidir. Hər bir parametr dəyəri müəyyən xəta ilə ölçüldüyü üçün onlar $x_i \pm \Delta x_i$ və $y_i \pm \Delta y_i$ kimi

təmsil olunurlar. Giriş obyektinin qiyməti ilə standart obyektlərinin qiymətləri arasındakı fərqə ($x_i - y_i$) uyğun olduğu halda bu tip obyektlərin tanınması çətinidir. Eyni zamanda, siniflər arasında aydın sərhədlərin olmaması səbəbindən obyekt əslində başqa bir sinifə aid olduğu halda xətlər nəticəsində digər sinifə aid olduğu göstərilə bilər. Buna görə də, obrazların tanınması ilə bağlı qərarlar qəbul edərkən, X və Y parametrlərinin qiymətlərinin ölçülməsində icazə verilən xətlərin qərar qəbulunun etibarlılığına təsirini azaltmaq çox vacibdir ki, bu da əsasən obyektlər arasında sərhədlərin dəqiq müəyyən edilməsini geniş şəkildə müəyyən edir.

Obrazların tanınması üçün qərarların struktur modeli giriş və istinad obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün blokdan, istinad məkanı blokundan, qərar qəbuletmə blokundan və parametrlərin verilməsi blokundan ibarətdir. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi blokunda giriş və standart parametrlərin qiymətləri və ya onların funksional asılılıqları müqayisə edilir və nəticələr müqayisə üçün formalaşdırılır.

Aşağıdakı halda parametrlərin müxtəlif informativliyi nəzərə alındıqda, qərar işlənmiş modelə əsasən qəbul edilir, onun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, obyektlərin bütün parametrləri cüt-cüt yoxlanılır və parametrlərdən heç olmasa biri üst-üstə düşmürsə, obyektlər eyniləşdirilmir [22, s.114-120, 49, s.76-83].

Əksər hallarda obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü Manxetten, Evklid, Kanberra və Çebışev düsturlarından istifadə etməklə qiymətləndirilir [152, s.969]. Bununla belə, bütün bu formullar obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində yüksək dəqiqliyi təmin etmir, xüsusən də təsvir parametrlərinin ölçülmüş qiymətlərində sistemik və təsadüfi xətlər olduqda.

Oxşar obyektlərin tanınması üçün qərar qəbuletmə əməliyyatının riyazi modelini verilmiş zamanın impuls selektorunun riyazi modeli formasında, o cümlədən giriş impulsunun başlanğıcını təcrid etmək üçün dövrə şəklində təqdim etmək rahatdır. O, qərar qəbul etmək üçün müəyyən edilmiş qiymətə uyğun olan sabit enli kvadrat dalğa impulsunu yaradan dövrəni işə salmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Selektora eyni zamanda uyğunlaşma sxemi, istinad və giriş impulslarının arxa kənarlarını ayırmaq

üçün dövrə daxildir, həmin müddət obyektlərin istinad və giriş parametrlərinin formalaşmasında tolerantlıqlara uyğun gəlir (şək.2.4.1).

$$U_1(t - t_1) = \begin{cases} a, & \text{if } |t - t_1| \leq \frac{\tau_1}{2}, \\ a, & \text{if } |t - t_1| > \frac{\tau_1}{2}, \end{cases} \quad (2.4.1)$$

$$U_2(t - t_2) = \begin{cases} a, & \text{if } |t - t_2| \leq \frac{\tau_2}{2}, \\ a, & \text{if } |t - t_2| > \frac{\tau_2}{2}, \end{cases} \quad (2.4.2)$$

burada $U_1(t - t_1)$ və $U_2(t - t_2)$ giriş və istinad impulslarının arxa kənarlarının impulslarıdır; τ_1 və τ_2 eyni impulsların müddətləridir; $\tau_1 - \tau_1/2$ və $\tau_2 - \tau_2/2$ giriş və istinad impulslarının müddətləridir.

Uyğunlaşdırma dövrəsində siqnalların məntiqi vurulması baş verir ki, bu da həmin siqnalların arifmetik vurulması və onların normallaşdırılmış formaya qədər kiçilməsidir [92, s.3644-3647]. Uyğunlaşdırma dövrəsinin çıxış siqnalını qiymətləndirmək üçün giriş siqnalları Furiye çevrilməsinə məruz qalır və onların məhsulu müəyyən edilir. Sonra tərs Furiye çevrilməsini həyata keçiririk [119, s.8606-8607, 120, s.141].

1. İki funksiyanın hər biri üçün Furiye çevrilməsi:

$$\begin{aligned} F(U_1(t - t_1)) &= \alpha \int_{t_1 - \frac{\tau_1}{2}}^{t_1 + \frac{\tau_1}{2}} \exp(-i\omega t) dt = \alpha \frac{i}{\omega} \exp(-i\omega t) \Big|_{t_1 - \frac{\tau_1}{2}}^{t_1 + \frac{\tau_1}{2}} = \\ &= \alpha \frac{i}{\omega} \left(\exp\left(-i\omega \left(t_1 + \frac{\tau_1}{2}\right)\right) - \exp\left(-i\omega \left(t_1 - \frac{\tau_1}{2}\right)\right) \right) \end{aligned} \quad (2.4.3)$$

$$F(U_2(t - t_2))(\omega) = \alpha \frac{i}{\omega} \left(\exp\left(-i\omega \left(t_2 + \frac{\tau_2}{2}\right)\right) - \exp\left(-i\omega \left(t_2 - \frac{\tau_2}{2}\right)\right) \right) \quad (2.4.4)$$

2. Onların məhsulunu götürürük və ondan tərs Furiye çevrilməsini edirik:

$$\begin{aligned} E(t) &= -\frac{\alpha^2}{2\pi} \int \frac{1}{\omega^2} \left\{ \exp\left(i\omega \left(t - t_1 - \frac{\tau_1}{2} - t_2 - \frac{\tau_2}{2}\right)\right) - \exp\left(i\omega \left(t - t_1 - \frac{\tau_1}{2} - t_2 + \frac{\tau_2}{2}\right)\right) \right. \\ &\quad \left. - \exp\left(i\omega \left(t - t_1 + \frac{\tau_1}{2} - t_2 - \frac{\tau_2}{2}\right)\right) + \exp\left(i\omega \left(t - t_1 + \frac{\tau_1}{2} - t_2 + \frac{\tau_2}{2}\right)\right) \right\} \end{aligned}$$

$$\text{Əgər } a = \frac{\tau_1 + \tau_2 - 2t_1 - 2t_2 + 2t}{2}$$

Sonra əldə edirik:

$$E(t) = -\frac{a^2}{2\pi} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\omega^2} \exp(j\omega a) d\omega + \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\omega^2} \exp(j\omega(a - \tau_1 - \tau_2)) d\omega - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\omega^2} \exp(j\omega(a - \tau_2)) d\omega - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\omega^2} \exp(j\omega(a - \tau_1)) d\omega \right]$$

İnteqraldan alınır:

$$J(a) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\omega^2} \exp(j\omega a) d\omega$$

Aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$\begin{aligned} J(a) &= -2\pi a, \text{ at } a > 0 \\ J(a) &= 0, \text{ at } a < 0 \end{aligned} \quad (2.4.5)$$

Bu ifadələri α -nın fərdi dəyişmə intervalları üçün hesablayaraq, $\tau_1 < \tau_2$ olduqda, çıxış seçim signalının qiymətlərini tapırıq:

$$\tau_{\text{çixış}} = \begin{cases} 0, \text{ if } -\infty < a < 0 \\ a, \text{ if } 0 < a < \tau_2 \\ \tau_2, \text{ if } \tau_2 < a < \tau_1 \\ \tau_1 + \tau_2, \text{ if } \tau_1 < a < \tau_1 + \tau_2 \\ 0, \text{ if } \tau_1 + \tau_2 < a < \infty \end{cases} \quad (2.4.6)$$

$\tau_1 > \tau_2$ üçün sonuncu ifadə aşağıdakı kimi çevrilir:

$$\tau_{\text{çixış}} = \begin{cases} 0, \text{ if } -\infty < a < 0 \\ a, \text{ if } 0 < a < \tau_1 \\ \tau_2, \text{ if } \tau_2 < a < \tau_2 \\ \tau_1 + \tau_2 - a, \text{ if } \tau_2 < a < \tau_1 + \tau_2 \\ 0, \text{ if } \tau_1 + \tau_2 < a < \infty \end{cases} \quad (2.4.7)$$

Bu modellər düzgündür, əgər $t_1 > t_2$. Düsturlarda seçicinin ($t_1 < t_2$ olduqda) çevrilməsi üçün bir model əldə etmək üçün 1 indeksləri 2 ilə və əksinə əvəz edilməlidir. Alınan tənliklər giriş impulslarının seçilməsində yaranan qanunauyğunluqları aşkar etməyə, selektor parametrlərini müəyyən etməyə və $\Phi = \tau_1 + \tau_2$ qurğusunun buraxılış zolağının enini tapmağa kömək edir.

Beləliklə, qərar blokunun çıxış cavabı aşağıdakı kimi formalaşdırıla bilər:

$$Z_{TGS} = \begin{cases} \text{tanınıb, əgər } Z < Z_1 \\ \text{tanınmayıb, əgər } Z > Z_2 \\ \text{müəyyən edilməyib, əgər } Z \in [Z_1, Z_2] \end{cases} \quad (2.4.8)$$

Son ifadə obyektlərin təsvirlərinin parametrlərinin ölçülməsi zamanı buraxılan xətalara görə nümunənin tanınması ilə bağlı qərarların qəbul edilməsində $[Z_1, Z_2]$ qeyri-müəyyənlik zolağını nəzərə alır.

Bu qeyri-müəyyənlik zonasını nəzərə alaraq qərarlar qəbul etmək üçün siqnal formasından və mənsubiyyət funksiyalarının növlərindən istifadə etmək lazımdır [16,26,62 s. 54-63].

Təcrübədə siqnallar müxtəlif formalı ola bilər və müvafiq olaraq, müxtəlif növ mənsubiyyət funksiyaları ilə təsvir edilə bilər. Mənsubiyyət funksiyalarını təyin etmək üçün ondan bir çox standart əyri formaları mövcuddur. Bunlardan ən geniş yayılmışlar: üçbucaqlı, trapezoidal və Qauss mənsubiyyət funksiyalarıdır. Tədqiqat işində trapezoidal siqnalları və buna uyğun olaraq trapezoidal mənsubiyyət funksiyasını nəzərdən keçiriləcək. Trapezoidal mənsubiyyət funksiyasını təyin etmək üçün dörd ədəd nöqtə (a, b, c, d) lazımdır (şək.2.4.2): [57, s.645-657, 65, s.114-121].

Ümumi halda trapezoidal mənsubiyyət funksiyası analitik olaraq aşağıdakı ifadələrdən biri ilə verilə bilər:

$$\mu F(x)_1 = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & , b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c} & , c \leq x \leq d \\ 0 & , \text{in the other case} \end{cases} \quad (2.4.9)$$

Və ya:

$$\mu F(x)_2 = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & , b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & , c \leq x \leq d \\ 0 & , \text{in the other case} \end{cases} \quad (2.4.10)$$

burada a, b, c, d ixtiyari real qiymətləri qəbul edən və əlaqəli sıralanan bəzi ədədi parametrlərdir:

$$a \leq b \leq c \leq d$$

$(b - a) = (d - c)$ olduqda trapezoidal mənsubiyyət funksiyası simmetrik forma alır.

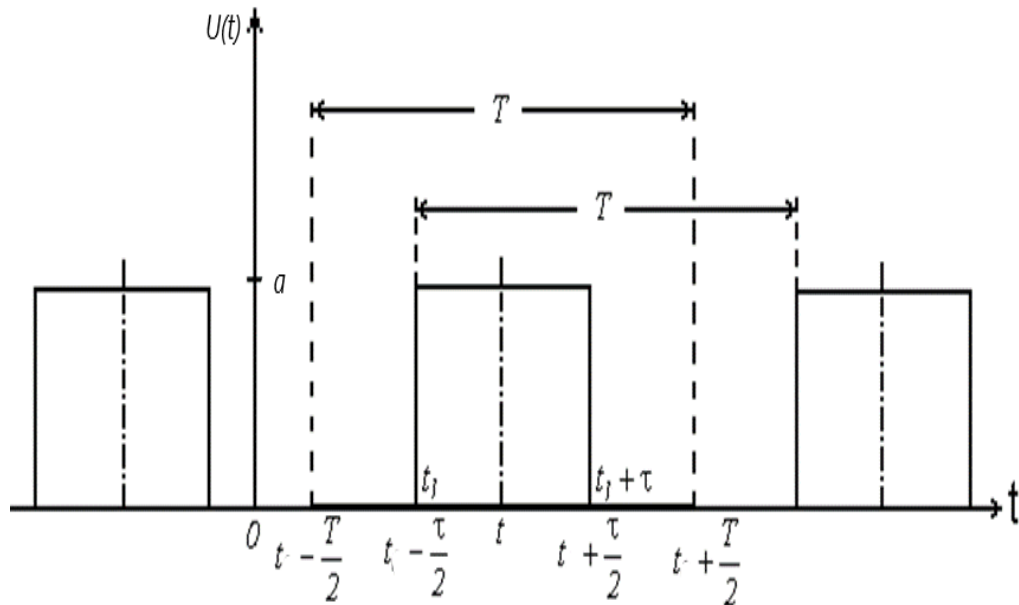
Bununla belə, siqnalları nəzərdən keçirərkən, qiymətlər ədədlər ardıcılığı kimi göstərilir, buna görə də trapezoidal funksiyanı təsvir etmək üçün aşağıdakı mənsubiyyət funksiyası təklif edilmişdir:

$$\mu F(u)_3 = \begin{cases} 1 - \frac{ml-u}{\alpha} & , ml - \alpha < u < ml \\ 1 & , ml < u < mr \\ 1 - \frac{u-mr_1}{\beta} & , mr < u < mr + \beta \\ 0 & , \text{in the other case} \end{cases} \quad (2.4.11)$$

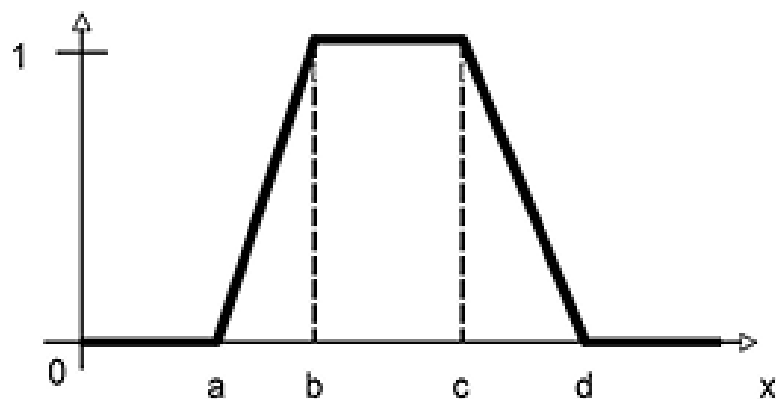
Formula (2.4.11)-ə daxil olan parametrlər aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$ml = my - sy \quad (2.4.12)$$

$$mr = my + sy \quad (2.4.13)$$



Şəkil 2.4.1 Uyğunlaşma dövrəsinin girişində hərəkətdə olan iki impuls



Şəkil 2.4.2 Trapezoidal mənsubiyyət funksiyası

Burada my verilmiş siqnalın riyazi gözləntisidir; sy siqnalın standart kənaraxıxmasıdır.

α və β seçimi bir qədər problemlidir. Onların qiymətləri siniflərarası my və sinifdaxili sy məsafələrindən asılıdır. Buna görə də aşağıdakı nisbət seçilir:

$$\alpha = \beta = sy.$$

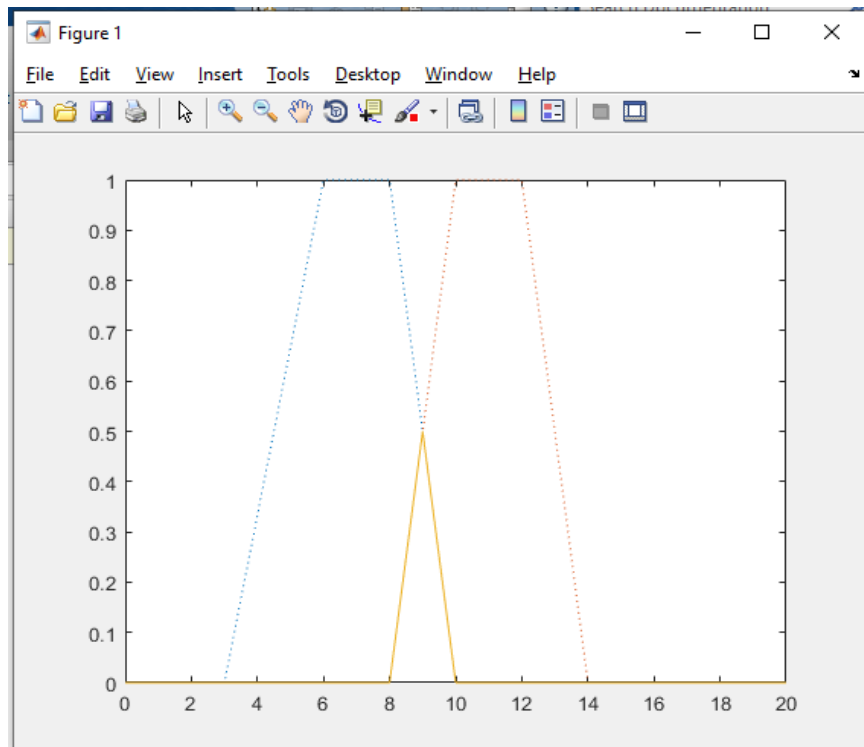
Tədqiq olunan siqnalın iki nümunəvi müəyyən edilmiş trapezoidal siqnal ilə kəsişməsi problemini nəzərdən keçirək. Tədqiqat işində qeyri-səlis çoxluqların kəsişməsi əməliyyatından istifadə edilmişdir. Qeyri-səlis $Y1$ çoxluğu qeyri-səlis X çoxluğu ilə kəsişir:

$$Y1 \cap X, \text{ if } \mu_{Y1 \cap X} = \min(\mu_{Y1}(x), \mu_X(x))$$

Qeyri-səlis $Y2$ çoxluğu qeyri-səlis X çoxluğu ilə kəsişir:

$$Y2 \cap X, \text{ if } \mu_{Y2 \cap X} = \min(\mu_{Y2}(x), \mu_X(x))$$

Bu zaman tədqiq olunan siqnalın verilmiş nümunəvi siqnallardan hansına mənsubluğunun müəyyən edilməsi məsələsi ortaya qoyulur. Nəzərə almaq lazımdır ki, kəsişmə sahəsinin forması həm trapezoid formasına, həm də üçbucaq formasına malik ola bilər (şək.2.4.3).



Şəkil 2.4.3 İki trapezoidal qeyri-səlis çoxluğun kəsişməsi

Tərtib olunmuş alqoritmin əsas məqsədi trapezoidal siqnalları və tədqiq olunan siqnalın nümunəvi siqnallardan birinə aidiyyət dərəcəsini tapmaq və müqayisə etməkdir. Bunun üçün nümunəvi və tədqiq olunan siqnalların qiymətləri daxil edildikdən sonra (2.4.11) düsturuna uyğun olaraq, habelə (2.4.12) və (2.4.13) düsturları nəzərə alınmaqla müvafiq siqnalların mənsubiyyət funksiyaları hesablanır. Bunun üçün siqnalların verilmiş paylanma funksiyalarının riyazi gözləntisi, dispersiya və standart meyletmə qiymətləri hesablanır. Növbəti addım model əyrilərinin tədqiq olunan əyri ilə kəsişmə intervallarının müəyyən edilməsi və müvafiq mənsubiyyət funksiyalarının hesablanması olmuşdur. Sonra kəsişmə intervalları üçün alınmış mənsubiyyət funksiyalarını müqayisə etdikdən sonra ən böyük interval seçilir ki, bu da iki əyrinin ən böyük kəsişməsinə uyğun olacaq.

Sözü gedən məsələlər üçün Şəkil 2.4.4÷2.4.6-da göstərilən alqoritm yazılmışdır. Şəkil 2.4.4-dəki alqoritm aşağıdakı addımları əhatə edir [14, s.78-84, 15, s.117-124].

Blok 1: Proqramı işə salın

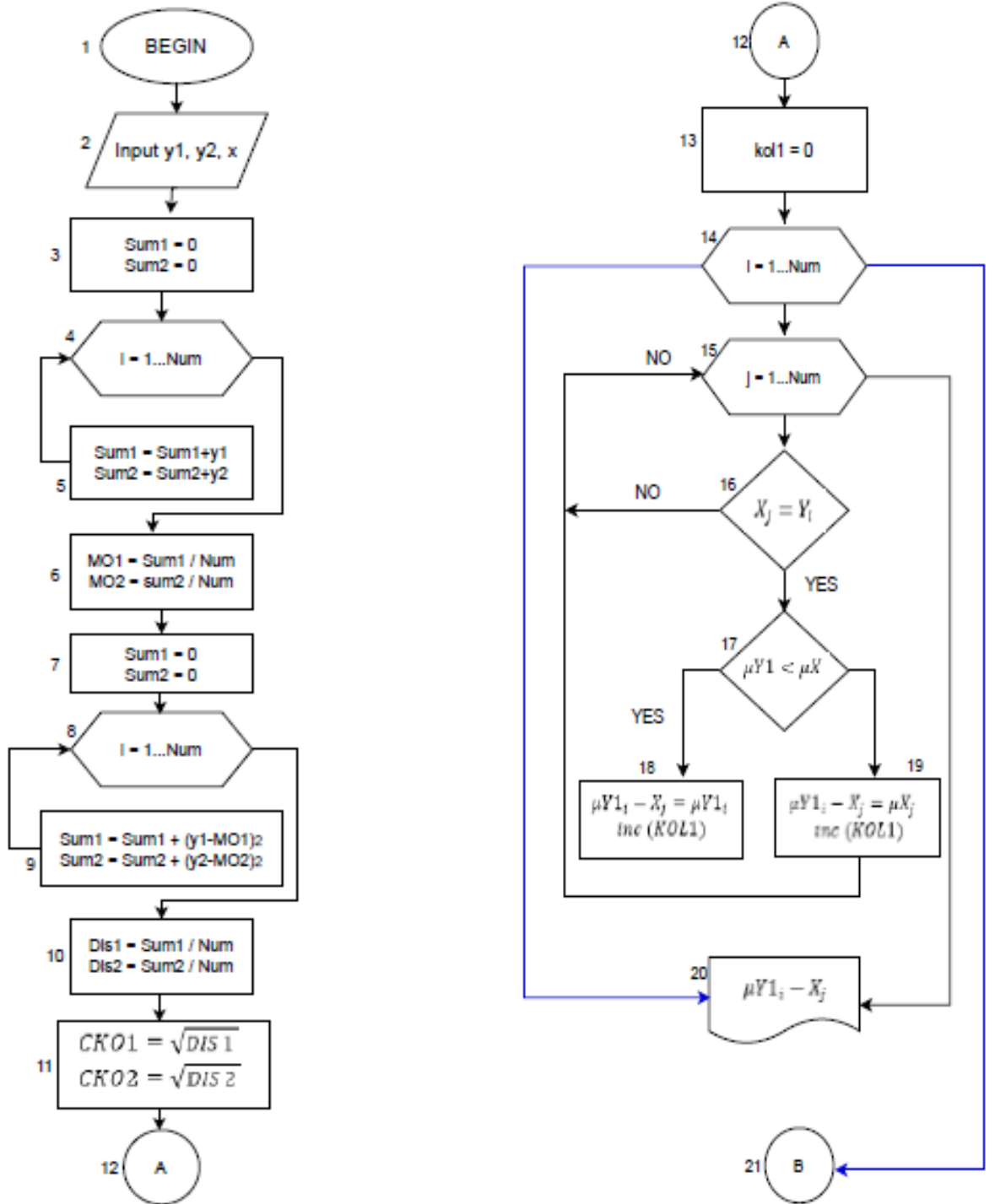
Blok 2: Verilmiş $Y1, Y2$ paylanma funksiyalarının, tədqiq edilmiş X paylanma funksiyasının ($Y1, Y2, X$ əyrilərin nöqtələri) və müvafiq mənsubiyyət funksiyalarının ($\mu Y1, \mu Y2, \mu X$) daxil edilməsi (Cədvəl 2.4.1-ə baxın).

Blok 3-6: Verilmiş $Y1, Y2$ paylanma funksiyalarının riyazi gözləntisinin tapılması.

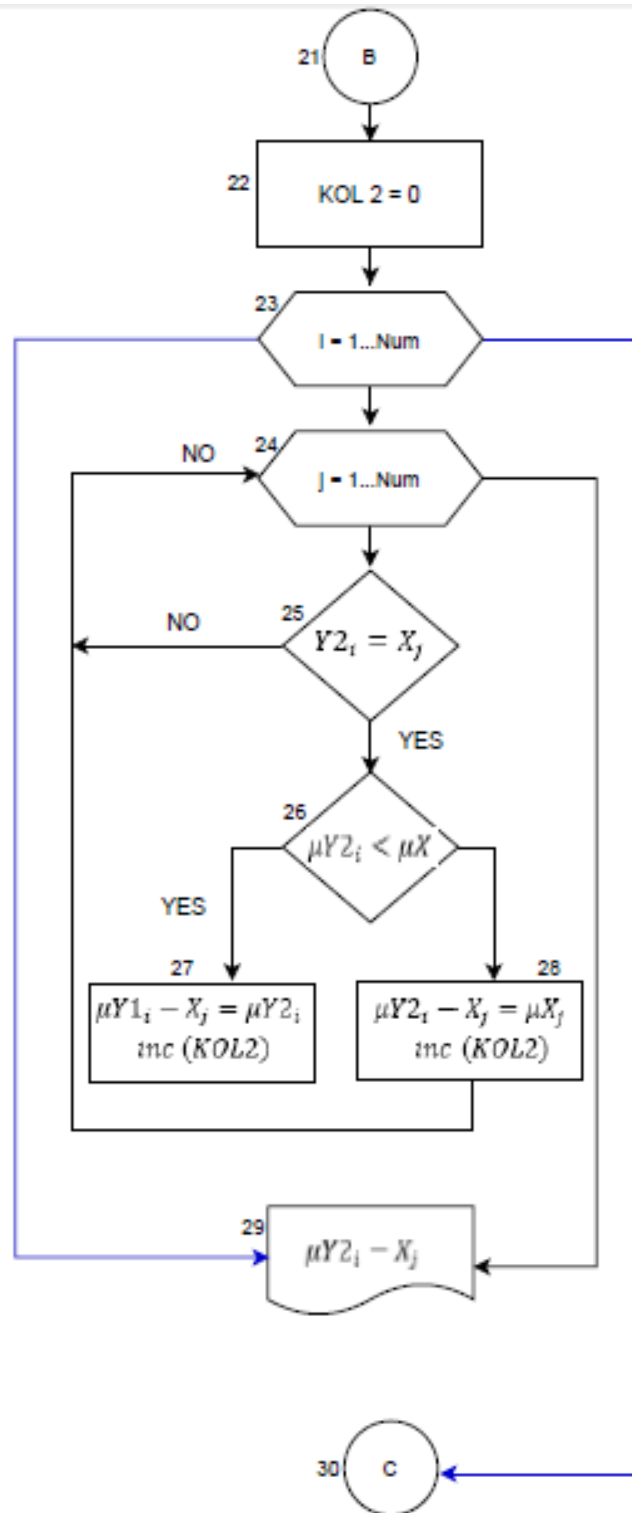
Blok 7-11: Verilmiş $Y1, Y2$ paylanma funksiyalarının dispersiyasının və standart meyletməsinin tapılması.

Blok 13-20: $Y1$ əyrisinin X əyrisi ilə qiymətlərini sadalamaq və müqayisə etməklə $Y1$ əyrisinin X əyrisi ilə $\mu Y1$ və μX mənsubiyyət funksiyalarının müvafiq qiymətlərinin kəsişmə intervalı tapılır (blok 16).

Blok 17-19: $Y1$ və X kəsişmə intervalının əyrisinin nöqtələrinin mənsubiyyət funksiyaları müqayisə edilir, sonra kəsişmə intervalına aid olacaq mənsubiyyət funksiyasının minimum qiyməti seçilir. $Y1$ və X əyrilərinin kəsişmə nöqtələrinin sayı hesablanır.



Şəkil 2.4.4 Verilənlərin daxil edilməsi, riyazi gözləmənin hesablanması və qeyri-səlis Y1 və Y2 dəstlərinin standart kənarçıxması üçün alqoritmin blok sxemi



Şəkil 2.4.5 Orijinal qeyri-səlis çoxluqların və tədqiq olunan çoxluğun kəsişməsini hesablamak üçün algoritmin blok sxemi

Blok 22-29: $Y2$ əyrisinin X əyrisi ilə qiymətlərini sadalamaq və müqayisə etməklə, $\mu Y2$ və μX mənsubiyyət funksiyalarının müvafiq qiymətləri ilə $Y2$ əyrisinin X əyrisi ilə kəsişmə intervalı tapılır (blok 25).

Blok 26-28: $Y2$ və X kəsişmə intervalının əyrisinin nöqtələrinin mənsubiyyət funksiyaları müqayisə edilir, sonra kəsişmə intervalına aid olacaq mənsubiyyət funksiyasının minimum qiyməti seçilir. $Y2$ və X əyrilərinin kəsişmə nöqtələrinin sayı hesablanır.

Blok 31-34: $Y1$ və X əyrilərinin kəsişməsinin tapılmış mənsubiyyət funksiyaları arasından sıfırdan başqa kəsişmə nöqtələrinin sayı seçilir və hesablanır.

Blok 35-38: $Y2$ və X əyrilərinin kəsişməsinin tapılmış mənsubiyyət funksiyaları arasından sıfırdan başqa kəsişmə nöqtələrinin sayı seçilir və hesablanır.

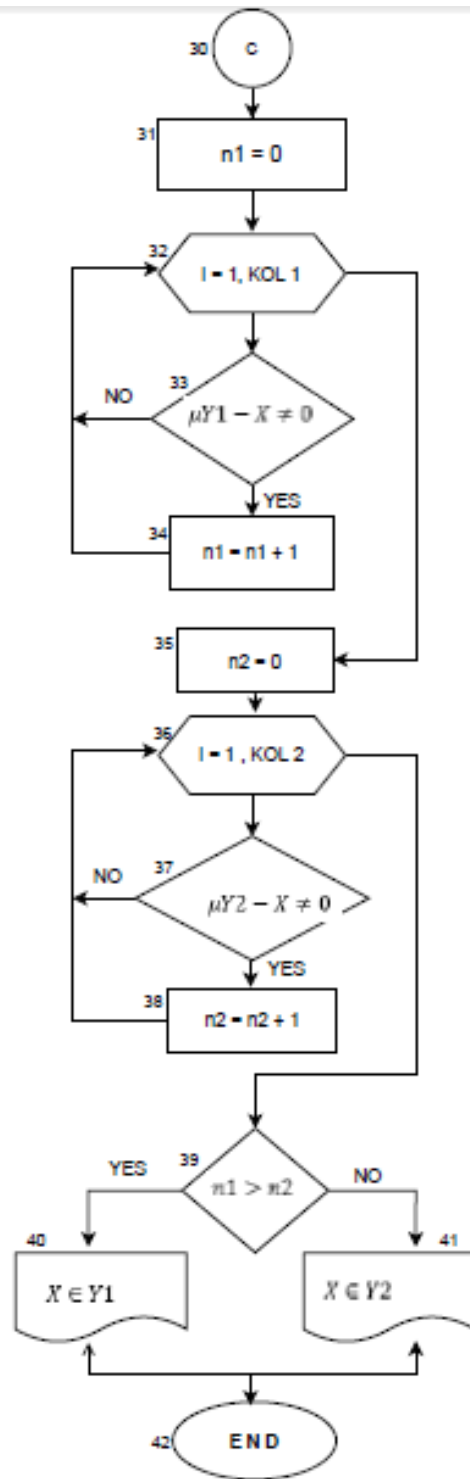
Blok 39-41: Tədqiq olunan əyrinin verilmiş əyrilərdən hansına aid olmasının müqayisəsi və seçilməsi.

Proqramın nəticəsi Cədvəl 2.4.1 və Şəkil 2.4.7-də göstərilmişdir.

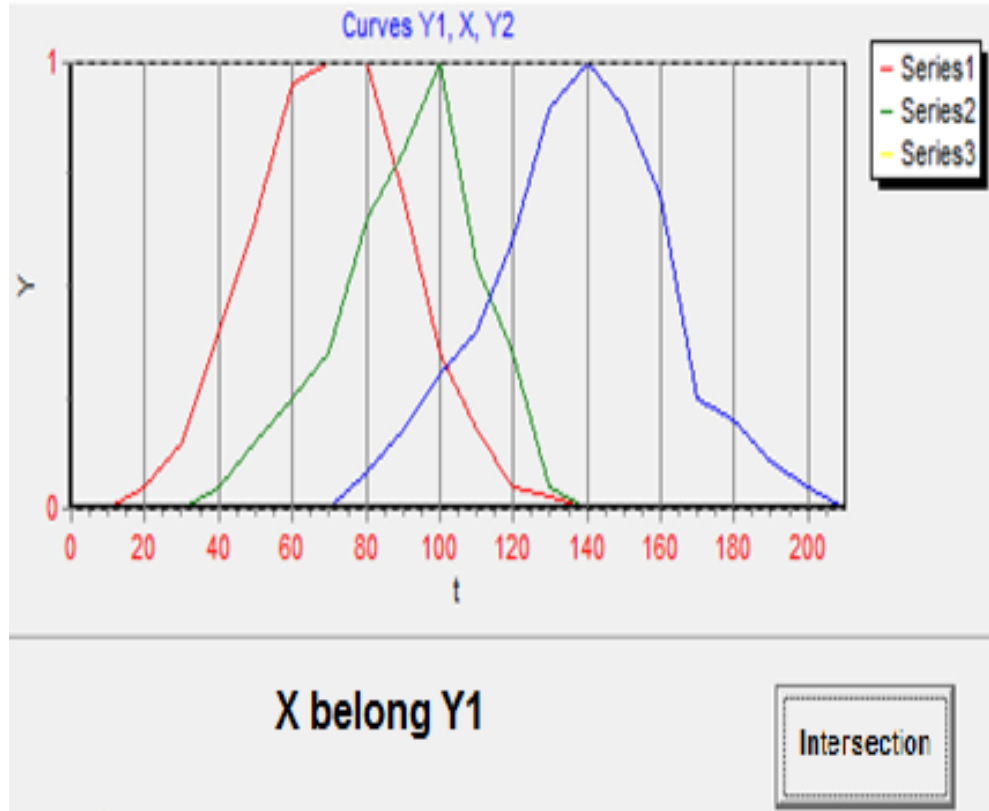
Cədvəl 2.4.1

İki əyrinin kəsişməsinin nəticəsinin çıxışı

$Mu (X - Y1)$	$X - Y1$	$Mu (X - Y2)$	$X - Y2$
0	30	0	70
0.05	40	0.08	80
0.15	50	0.18	90
0.25	60	0.3	100
0.35	70	0.4	110
0.65	80	0	0
0.7	90	0	0
0.35	100	0	0
0.18	110	0	0
0.05	120	0	0
0.03	130	0	0
0	140	-	-
0	150	-	-



Şəkil 2.4.6 İki çoxluğun kəsişmə nöqtələrinin hesablanmış qiymətləri barədə qərar qəbul etmək üçün alqoritmin blok sxemi



Şəkil 2.4.7 Y1, Y2 model ayrılarının mənsubiyyət funksiyalarının X paylanma funksiyasının tədqiq edilən əyrisi ilə kəsişməsi

Burada:

$(X - Y1)$ - Y1 və X ayrılarının kəsişmə intervalı;

$\mu(X - Y1)$ - Y1 və X ayrılarının kəsişməsinin mənsubiyyət funksiyası intervalı;

$(X - Y2)$ - Y2 və X ayrılarının kəsişmə intervalı;

$\mu(X - Y2)$ - Y2 və X ayrılarının kəsişməsinin mənsubiyyət funksiyası intervalı;

2.5. Təsvirlərin fırlanmasına və yerdəyişməsinə invariant olan obyektlərin xüsusiyyətlərinin seçilməsinin əsaslandırılması

Uyğunlaşan robotların texniki görmə sistemlərində və çevik sənaye sistemlərində həll edilməli olan problemlərdən asılı olaraq, müvafiq siqnalları emal etmək və hazırlamaq üçün həm obyekt qanunauyğunluqlarının, həm də texnoloji proseslərin qavranılması və tanınması problemləri mövcuddur. Onların effektivliyi və səmərəliliyi ölçmə prosesinin dəqiq yerinə yetirilməsinin etibarlılığından, tanınma və istinad

təsvirlərinin parametrlərinin uyğunluğundan, nümunənin tanınması ilə bağlı əldə edilmiş nəticələrlə lazımi qərarın qəbul edilməsindən birbaşa asılıdır. Belə proseslər qeyri-stabiləşdirici amillərin olması səbəbindən baş verir, çünki bu amillərin təsiri ilə ölçmə və təsvir parametrlərinin tənzimlənməsində səhvlər yaranır [75, s.289-294, 94]. Bu cür xətlər adaptiv robotların düzgün qərarlar qəbul etmələri üçün müəyyən çətinliklər yaradır. Təsvirin tanınmasında qərar vermənin dəqiqliyi verilənlər bazasına daxil olan məlumatların üzvlüyündən asılı olaraq tanınan və istinad təsvirləri arasında yaxınlıq ölçüsüdür. Hal-hazırda görmə sistemləri məhsulların vizual və ya əl ilə keyfiyyətə nəzarət əməliyyatlarının yerinə yetirilməsində insan amilinə alternativ olmuşdur. Beləliklə, şirkətlər məhsuldarlığı artırmağı və insan nəzarəti zamanı baş verə biləcək keyfiyyət səhvləri ilə bağlı xərcləri azaltmağı öhdələrinə götürürlər. Cisimlərin şəkillərini tanıyarkən, onların xətti yerdəyişməsi (şəklin ağırlıq mərkəzinin fırlanması və ya koordinat müstəvisində mövqeyinin dəyişməsi) səbəbindən çətinliklər yaranır. Belə ki, məhsul konveyer xəttində yaddıqda və ya istehsaldan sonra istiqamətini dəyişdikdə belə problemlər yaranır. Aydın ki, obyektlərin məkan oriyentasiyasını təyin etmək həm mürəkkəb, həm də bahalı işdir. Bu amillər məhsulların sayının dəyişməsinə, koordinat parametrlərinin mütləq qiymətlərinə, obyekt parametrlərinin qiymətlərində təsadüfi ölçmə xətasına səbəb olur. Bu və digər qeyri-sabit amillər təsvirin tanınmasının dəqiqliyini azaldır, ona görə də tanınma sistemi təsvirin mövqeyinin dəyişməsinə qarşı invariant olmalıdır [96, s.254-261, 109, s.3-6].

Ağırlıq mərkəzi ətrafında təsvirin fırlanmasının dəyişməzliyini və təsvirin mövqeyinin dəyişməsinə təmin etmək üçün müxtəlif üsul və vasitələr təklif edilmişdir. Bununla belə, bu üsullar təsvirin tanınmasında ən böyük dəyişkənliyi təmin edə bilməz. Bu əsərlərdə obyekt təsvirlərində xətti yerdəyişmənin dəyişməzliyini təmin etmək üçün onların əsas xüsusiyyəti hesab edilən statik momentlərə əsas diqqət yetirilir. Bu üsulların təhlili göstərdi ki, bu halda simvollar çox mürəkkəbdir və buna görə də etibarlılıq aşağıdır. Buna görə də texniki görmə sistemlərində təsvirin tanınmasının dəyişməzliyinə nail olmaq üçün ən yaxşı üsul və vasitələrin tapılmasına yönəlmiş tədqiqatlar aktual olaraq qalır [20, s.107-109, 114, s.270-272, 130, s.22-23].

Robot sistemlərində cisimlərin təsvirlərinin tanınması zamanı təsvirin ağırlıq mərkəzi ətrafında fırlanması və miqyasının artması ilə əlaqədar müəyyən çətinliklər yaranır. Bu cür problemlər əmlakların sayı, yeri və mütləq qiyməti haqqında məlumatların itirilməsinə, qiymətlərin hesablanmasında təsadüfi səhvlərə yol açır. Belə qeyri-sabitləşdirici amillər təsvirin tanınmasının etibarlılığını aşağı saldığından, təsvirlərin xətti yerdəyişmələrinə invariantlıq məsələsinin aradan qaldırılması zəruridir [97, 137].

Cisimlərin təsvirlərinin ağırlıq mərkəzi ətrafında fırlanmasının dəyişməzliyini və təsvirdə irimiqyaslı dəyişiklikləri təmin etmək üçün müxtəlif üsul və vasitələr təklif edilmişdir. Bununla belə, bu üsul və alətlər obyektin tanınmasında ən dəqiq dəyişkənliyi təmin edə bilməz. Buna görə də, təsvirin tanınmasında invariantlığa nail olmaq üçün ən yaxşı üsul və vasitələrin tapılmasına yönəlmiş tədqiqatlar aktual olaraq qalır [143, 144].

Fəza X_0Y_0 koordinat sistemində və müəyyən təsvirə malikdir. Koordinat oxları fırlandıqda təsvirin koordinatları da dəyişir. Buna görə də, vəzifə koordinat oxlarının fırlanma bucağını və buna uyğun olaraq təsvirin hansı bucaq altında döndüyünü müəyyən etməkdir. Tapşırıqə uyğun olaraq aşağıdakı addımlar ardıcılığı yerinə yetirildi.

1. Təsvirin ilkin koordinatları x_0, y_0 təyin edilir
2. Yeni təsvirin koordinatları oxlar fırlanan zaman aşağıdakı düsturlarla hesablanır

$$x_1 = y \sin \alpha + x \cos \alpha$$

$$y_1 = y \cos \alpha - x \sin \alpha$$

3. Fiqurun oxlara nisbətən ilkin ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentləri aşağıdakı düsturlarla müəyyən edilir. OX_0 və OY_0

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

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

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

Haradakı

$$x_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$y_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

4. OX1 və OY1 fırlanan oxlara nisbətən fiqurun ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentləri tapıldı.

$$\begin{aligned} J_{x1} &= J_{x0} \cos^2 \alpha + J_{y0} \sin^2 \alpha - J_{x1y1} \sin 2\alpha \\ J_{y1} &= J_{y0} \cos^2 \alpha + J_{x0} \sin^2 \alpha + J_{x1y1} \sin 2\alpha \end{aligned} \quad (2.5.1)$$

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

Tədqiqatın məqsədi koordinat oxlarının fırlanma bucağını tapmaqdır. Başqa sözlə desək, ilkin x_0, y_0 koordinat oxlarına nisbətən fiqurun fırlanma bucağını tapmaq lazımdır.

Tədqiqatda triqonometrik funksiyalardan ArcSin və tangens funksiyasından istifadə edərək müxtəlif həll yolu tapıldı. İlk öncə arcsin həll variantını nəzərdən keçirək.

Bu məqsədlə (2.5.1) tənliyini həll edək və formasını dəyişərək aşağıdakı formada yenidən yazaq:

$$\frac{J_{x0} - J_{y0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x0y0} \cdot \cos 2\alpha = J_{x1y1} \quad (2.5.2)$$

İfadələri daha da sadələşdirmək üçün aşağıdakı əvəzetmələr edilmişdir:

$$a = \frac{J_{x0} - J_{y0}}{2}$$

$$b = J_{x0y0}$$

$$c = J_{x1y1}$$

$$\varphi = 2\alpha$$

Sonra (2.5.2) tənliyi aşağıdakı sadələşdirilmiş ifadəyə çevrilir:

$$a \cdot \sin\varphi + b \cdot \cos\varphi = c \quad (2.5.3)$$

Tənliyin hər iki tərəfini $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ bərabərliyinə bölmək aşağıdakı ifadəni verir.

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sin\varphi + \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \cos\varphi = \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

Və ya

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

BCD və BEF üçbucaqlarından Şəkil 2.5.1-ə uyğun olaraq aşağıdakı ifadələr alınır həmçinin Şəkil 2.5.2-də təklif olunan algoritmin blok sxemi əks olunur:

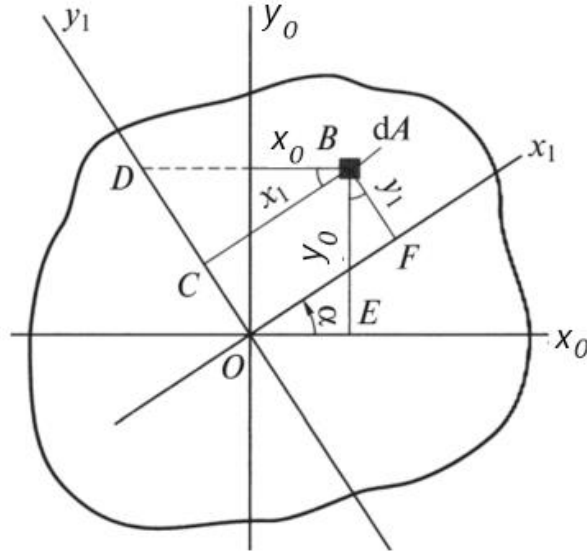
$$\cos\beta = \frac{a}{d}; \sin\beta = \frac{b}{d}$$

Yuxarıdakı əvəzetməni əvvəlki düsturda tətbiq etməklə aşağıdakı ifadə alınır:

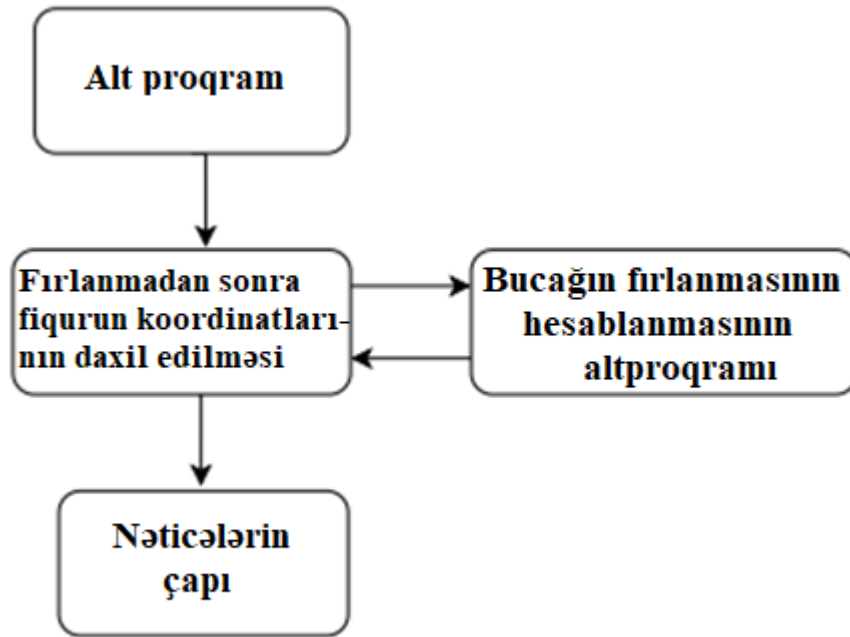
$$\cos\beta \cdot \sin\varphi + \sin\beta \cdot \cos\varphi = \frac{c}{d}$$

Və ya

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



Şəkil 2.5.1 İlk koordinat oxlarına α bucaq altında əyilmiş yeni oxlara nisbətən fiqurun koordinatları



Şəkil 2.5.2 Təklif olunan alqoritmin blok diaqramı

Sadələşdirərək yazmaq olar

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

Yaxud başqa triqonometrik funksiyyaya çevirərkən aşağıdakı ifadə alınacaq:

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

Buna görə də, koordinat oxlarının və nəzərdən keçirilən fiqurun ikiqat fırlanma bucağı φ olduqda:

$$\varphi = \text{ArcSin} \left(\frac{c}{d} \right) - \text{ArcSin} \left(\frac{b}{d} \right) \quad (2.5.4)$$

İstənilən fırlanma bucağı tapılan bucağın yarısıdır, belə ki:

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

Nəticədə, fiqurun fırlanma bucağını təyin etmək üçün son formul belə olacaqdır:

$$\alpha = \frac{\text{ArcSin} \left(\frac{c}{d} \right) - \text{ArcSin} \left(\frac{b}{d} \right)}{2} + \mu \quad (2.5.5)$$

Burada μ koordinat oxlarının fırlanması nəticəsində fiqurun Dekart koordinat müstəvisində hansı rübdə yerləşəcəyini nəzərə alan bucaqdır (cədvəl 2.5.1).

Burada, eləcə də 1-ci variantın (arcsin) həllində fırlanma nəticəsində fiqurun hansı rübdə yerləşdiyini nəzərə almaq lazımdır.

Cədvəl 2.5.2-də nümunə olaraq götürülmüş müstəvi fiqurunun fırlanma zamanı koordinatları göstərilmişdir.

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

(2.5.1) tənliyini həll edək. Gəlin onu formada yenidən yazaq:

$$\frac{J_{x0}-J_{y0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x0y0} \cdot \cos 2\alpha = J_{x1y1} \quad (2.5.2)$$

Cədvəl 2.5.1

μ Bucağının təyini cədvəli

Rüb nömrəsi	Bucaqlarda rübün qiymətləri	Hansı rübə düşdüyünü nəzərə alaraq, μ bucağının qiyməti
I	$0 \leq \alpha < 90$	0
II	$90 \leq \alpha < 180$	90
III	$180 \leq \alpha < 270$	180
IV	$270 \leq \alpha < 360$	270

Cədvəl 2.5.2

Dekart müstəvisində fırlanan dördbucağın koordinatları

x	20	36	51	51	51	36	20	20
y	50	50	50	34	17	17	17	35

Gəlin aşağıdakı əvəzetməni edək:

$$a = \frac{J_{x0}-J_{y0}}{2}$$

$$b = J_{x0y0}$$

$$c = J_{x1y1}$$

Sonra (2.5.2) tənliyi ifadəyə çevrilir

$$a \cdot \sin 2\alpha + b \cdot \cos 2\alpha = c \quad (2.5.6)$$

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

$$\sin 2\alpha = \frac{2tg\alpha}{1 + tg^2\alpha}$$

$$\cos 2\alpha = \frac{1 - tg^2\alpha}{1 + tg^2\alpha}$$

Bu zaman

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

$$2 \cdot a \cdot tg\alpha + b - b \cdot tg^2\alpha = c + c \cdot tg^2\alpha$$

$$(c + b) \cdot tg^2\alpha + (-2) \cdot a \cdot tg\alpha + (c - b) = 0 \quad (2.5.7)$$

Gəlin əvəz etmə edək

$$a_1 = c + b, \quad b_1 = -2a, \quad c_1 = c - b, \quad x = tg\alpha \quad (2.5.8)$$

Onda (2.5.7) tənliyi formada yazıla bilər:

$$a_1x^2 + b_1x + c = 0$$

Kvadrat tənlik var. Kvadrat tənliyin kökləri düsturla tapılır:

$$x_{1,2} = \frac{-b_1 \pm d_1}{2a_1} \quad (2.5.9)$$

Burada

$$d_1 = \sqrt{b_1^2 - 4a_1c_1} \quad (2.5.10)$$

Sonra (2.5.8) düsturundan istifadə edildikdə (2.5.9) və (2.5.10) düsturları aşağıdakı kimi yazılacaq:

$$d_1 = 2\sqrt{a^2 + b^2 - c^2}$$

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

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

Müvafiq olaraq

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

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

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

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

Orijinal tənliyə və başlanğıcına qayıtsaq əvəzetmə, nəhayət alırıq

$$\alpha_1 = \text{Arctg} \frac{(J_{x0} - J_{y0}) + \sqrt{\left(\frac{J_{x0} - J_{y0}}{2}\right)^2 + J_{x0y0}^2 - J_{x1y1}^2}}{2 \cdot (J_{x1y1} + J_{x0y0})} \quad (2.5.11)$$

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

Burada, eləcə də 1-ci variantın həllində fırlanma nəticəsində fiqurun hansı rübdə yerləşdiyini nəzərə almaq lazımdır. Alınan düsturlara (2.5.5) və (2.5.11) uyğun olaraq hesablamaq üçün alınan düsturların düzgünlüyünü təsdiq edən proqram yazılmışdır.

Təklif olunan alqoritmdə görmə sisteminin çıxışında obyektlərin ikiölçülü binar təsvirlərinin kontur nöqtələri displeyin Dekart koordinat müstəvisində koordinatlar kimi göstərilir. Göstərilən koordinatların qiymətləri təsvirin xətti yerdəyişməsinə və fırlanmasına invariant deyildir. Buna görə də, belə təsvirlərin düzgün tanınması üçün təsvir nöqtələrinin yerdəyişmə və fırlanma ilə dəyişməz olmasını təmin etmək lazımdır. Şəklin ortoqonal yerdəyişməyə invariant olması üçün koordinat sistemi müəyyən edilmiş təsvirin ağırlıq mərkəzinə köçürülməlidir. Sonra, istinad obyektinin başlanğıc mövqeyinə nisbətən fırlanma bucağı təsvirin koordinat oxlarına nisbətən ətalət anları ilə müəyyən edilir. Şəklin fırlanma bucağını qiymətləndirdikdən sonra kompüter yaddaşındakı istinad şəklini bu bucaqla fırlatmaqla kontur nöqtələrinin koordinatları tapılır. Sonra cari təsvirin kontur nöqtələrinin koordinatları fırlanan istinad şəklinin kontur nöqtələrinin koordinatları ilə müqayisə edilir. Bu müqayisə cari təsvirin istinad

şekli ilə eyni və ya fərqli olması barədə dəqiq məlumat verir. Beləliklə, təklif olunan alqoritm ikiölçülü ikili təsvirlərin invariant tanınmasına imkan verir. Kompüter simulyasiyası üçün alqoritmin blok diaqramı şəkildə verilmişdir. Əsas proqram alt proqram girişindən, fırlanmadan sonra fiqur koordinatlarının daxil edilməsindən, fırlanma bucağının hesablanması alt proqramından və nəticənin çap bloklarından ibarətdir. Alt proqram girişində alınan ilkin məlumatların kompüterə daxil edilməsi prosesi baş verir. Müstəvi fiqurun karteziyan koordinatları ilkin məlumat kimi qəbul edilir. Sonra özbaşına çəkilmiş müstəvi fiqurunu müəyyən bucaq altında döndəririk. Mövqeyini dəyişmiş təyyarə fiqurunun yeni koordinatları kompüterə daxil edilir. Fırlanma zamanı yaranan bucağı hesablamaq üçün alt proqram istifadə olunur. Həmçinin, istifadə olunan alt proqram fırlanmadan sonra birbaşa koordinat daxiletmə bloku ilə qarşılıqlı əlaqədə olur.

Fırlanma zamanı yeni koordinatların hesablanması aşağıdakı düsturlara əsasən müəyyən edilir:

$$x_1 = y \sin \alpha + x \cos \alpha$$

$$y_1 = y \cos \alpha - x \sin \alpha$$

Fırlanma zamanı yeni koordinatların hesablanması aşağıdakı düsturlara əsasən müəyyən edilir:

$$J_{x_1} = J_{x_0} \cos 2\alpha + J_{y_0} \sin 2\alpha - J_{x_1 y_1} \sin 2\alpha$$

$$J_{y_1} = J_{y_0} \cos 2\alpha + J_{x_0} \sin 2\alpha + J_{x_1 y_1} \sin 2\alpha$$

$$J_{x_1 y_1} = \frac{J_{x_0} - J_{y_0}}{2} \cdot \sin 2\alpha + J_{x_0 y_0} \cdot \cos 2\alpha$$

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

Proqramda yuxarıda göstərilənlərə uyğun olaraq fırlanan zaman fiqurun koordinatları hesablanmışdır. (2.5.5) və (2.5.11) düsturuna görə hesablayarkən aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir. Cədvəllərdə 0-dan 360 dərəcəyə qədər fırlanan zaman müstəvi fiqurunun koordinatları verilmişdir.

Şəkil 2.5.3-dən göründüyü kimi, tətbiq edilən alqoritm nəticəsində fırlanma bucaqları eyni qiymətləri aldı. Buna görə də təklif olunan alqoritm digər kvadrantlara düşmüş α bucağını hər dəfə birinci kvadranta qaytarmaqla lazımi əməliyyatları yerinə yetirir. Bunun sayəsində 2D ikili şəkillər fırlanma bucağından asılı olmayaraq fırlanma invariantı kimi tanınır.

Cədvəl 2.5.3

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

Cədvəl 2.5.4

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

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 2.5.3 Təklif olunan alqoritmin tətbiqi zamanı bucaqların təyini

Cədvəlin birinci sütunu fiqurun fırlanma bucaqlarını təyin edir. 2-ci sütunda arcsinus funksiyası əsasında düstur (2.5.5) ilə üçüncü və dördüncü sütunda arctg funksiyasının müxtəlif işarəli qiymətlərində hesablanmış fırlanma bucaqları göstərilir.

II fəsildə alınan nəticələr

Təklif olunan düstur, obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsü hesablanan zaman tanınası təsvirin miqyas dəyişmələrinə invariantlığına yönəlmiş mövcud düsturlardan ən yaxşısı olan Kamberra düsturuna nisbətən daha az xəta verir.

Təklif olunan düstur, obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsü hesablanan zaman tanınası təsvirin parametrlərinin ölçülməsinin multiplikativ xətasına görə Kamberra düsturuna nisbətən daha az xəta verir.

Təklif olunan düstur, obyektlər arasındakı yaxınlıq ölçüsü hesablanan zaman tanınası təsvirin parametrlərinin ölçülməsinin additiv xətasına görə Kamberra düsturuna nisbətən daha az xəta verir.

SCADA sistemləri ilə elektrik enerjisi sənayesi obyektinin / prosesinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsində xətaların minimuma endirilməsi üçün təklif olunan metodun tətbiqi enerji təchizatının etibarlılığını və keyfiyyətini artıracaqdır. Buna real vaxt rejimində elektrik stansiyalarının, yarımstansiyaların və elektrik xətləri avadanlıqlarında istehsal olunan avadanlığın vəziyyətinin daha dəqiq diaqnostikasi yolu ilə nail olunur. Düzgün təhlil, mümkün şəbəkə nasazlığı barədə erkən xəbərdarlıq almağa, avadanlıqların nasazlığının səbəblərini müəyyənləşdirməyə, təmirin həcmi və vaxtını, habelə avadanlıqlara xidmət göstərməyə imkan verəcəkdir. Beləliklə, istehlakçıya dayanıqlı elektrik enerjisi verməklə enerji sisteminin səmərəliliyini artırmaq, həmçinin avadanlıqların nasazlığının sayını azaltmaqla təmir xərclərini azaltmaq mümkündür.

Avtomatik tanıma sistemlərində obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi problemlərini nəzərə alaraq, texniki görmə sistemində daxil olan ixtiyari müstəvi fiqurları arasında zahirən qısa zamanda müqayisə aparması üçün alqoritm təklif edilmişdir. Bu alqoritm kompüterdə simulyasiya edilmiş və müsbət nəticələr alınmışdır. Müstəvi fiqurları arasında bənzərliyi azaltdıqca sistem bu fərqliliyə həssas reaksiya vermişdir. Proses eyni miqyaslı, müxtəlif ölçülü 2 müstəvi fiquru, eyni ölçülü və miqyaslı müəyyən bucaq altında fırladılmış 2 müstəvi fiquru, müxtəlif miqyaslı və ölçülü 2 müstəvi fiquru əsasında aparılmışdır. Sonda mürəkkəbli

dərəcəsinə artıraraq 3 bərabər radiuslu tanınası obyektini etalonla müqayisə edərək müsbət nəticələr alınmışdır. Nəticələrdən görüldüyü kimi alınan qiymətlər ε -dan kiçik olduğu üçün təklif olunan metodika faydalıdır.

İkiölçülü binar təsvirlərin invariant tanınması alqoritmlərinin müqayisəli təhlili göstərdi ki, bu problemi tam həll edə biləcək heç bir üsul yoxdur. Bunun əvəzinə müəyyən məhdudiyyətlər daxilində problemi qismən həll edə bilən alqoritmlər var. 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. 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 kvartal 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.

III FƏSİL. FURYE VƏ RADON ÇEVRİLMƏLƏRİ VASİTƏSİLƏ TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN TƏDQIQI

3.1. Radon çevrilməsindən istifadə edərək obyektlərin invariant təsvirlərinin tanınması

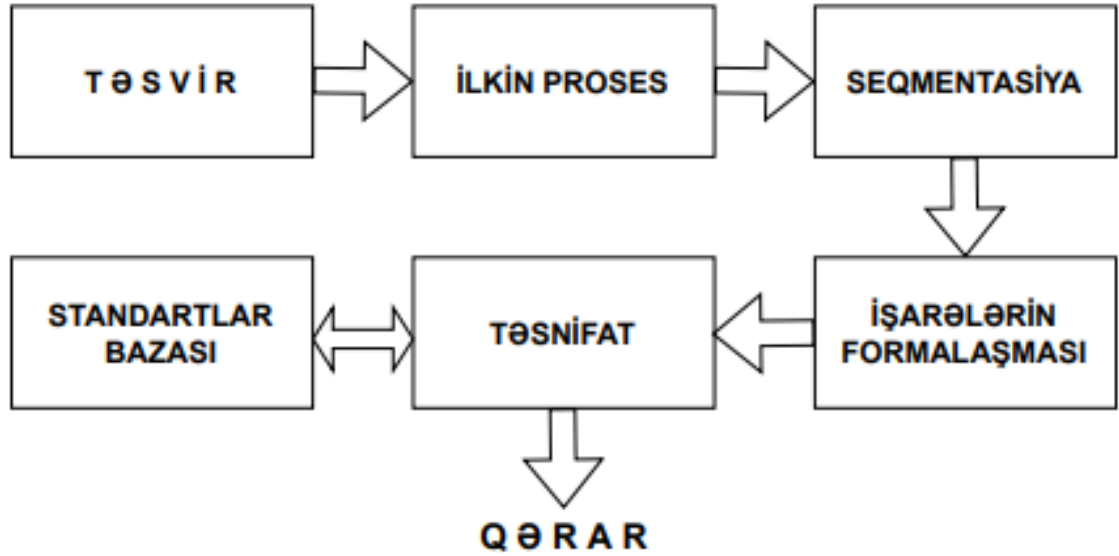
Kompüter görmə tapşırığı hal-hazırda aktual problem hesab olunur. Kompüter görməsindən istifadə etməklə həll olunan tapşırıq növlərindən biridə bir sıra təsvirlərdən sınaq obyektinin seçilməsi və müəyyən edilməsi kimi tapşırıq ola bilər [24, s.945-950, 45, s.28-29, 160, s.256-258]. Bu məqsədlə fırlanma, yerdəyişmə və miqyaslama üçün invariant olan əlamətləri müəyyən etmək vacibdir çünki, real təsvirlər müxtəlif çevrilmələrə məruz qala və səs-küylü ola bilər, sonra isə sınaq təsvirinə bənzəyən təsvirləri seçmək lazımdır [9, s.34-36, 32, s.82-84, 70, s.9-12, 108, 122, s.215-224, 156, s.287-288]. Tanıma probleminin həlli üçün standart informasiyanın emalı sxemi şəkil 3.1.1-də təsvir olunmuşdur [63, s.7, 135, s.4-7].

Təsvirin tanınması sahəsində mühüm yeri təsvirin miqyaslama, dönmə və yerdəyişməsinə görə tanınmanın invariantlığını təmin etmək problemi tutur, yəni sistem obyektin oriyentasiyasından, ölçülərindən və yerləşməsindən asılı olmayaraq obyekti tanınmalıdır. İnvariant tanıma sistemlərinin qurulması üçün 3 əsas yanaşma var [18, s.79-84, 67, s.59-66].

Bunlardan birincisi, bütün mümkün vəziyyətlərdə tanınan təsvirləri kifayət qədər tam şəkildə göstərən iri həcmli təlim dəsti təsvirlərinin istifadəsi ilə əlaqələndirilir. İkincisi təsvirlərin ilkin çevrilməsi və sonradan təsvirlərin təsnifatında istifadə olunan invariant xüsusiyyətlərin formalaşması ilə əlaqələndirilir. Üçüncü yanaşma isə neyron şəbəkənin yaradılması ilə sistemin tanınması ilə bağlıdır ki, burada xüsusiyyətlərin dəyişməzliyi neyron şəbəkənin xüsusi strukturu tərəfindən təmin edilir.

Aparılan tədqiqatlar [18, s.98-107, 32, s.27-35, 67, s.81-90, 102, s.651-658] göstərmişdir ki, invariant tanınmanı təmin etmək üçün birinci yanaşmada təlim təsvirlərinin sayı çox olmalıdır. İstənilən invariant parametrlərin artması ilə təlim təsvirlərinin sayı artır. Eyni zamanda üç çevrilməyə (fırlanma, miqyas və köçürmə)

invariant olan təsvirin tanınması zamanı təlim təsvirlərinin sayı çox olacaqdır. Bu yanaşma sadə və intuitivdir və bir sıra praktiki tapşırıqlar üçün uyğundur.



Şəkil 3.1.1 Tanıma probleminin həlli üçün standart informasiyanın emalı sxemi

Praktikada bu yanaşma digər yanaşmalarla birlikdə tətbiq oluna bilər, məsələn, təsvirlərin yerdəyişməsinə və miqyasına invariantlığı təmin etmək üçün əvvəlcədən emaldan istifadə etməklə; Bu halda, təlim dəstində yalnız bütün mümkün bucaq fırlanma bucaqlarında tanınan təsvirləri adekvat şəkildə əks etdirən təsvirlər tələb olunur. Buna görə də, təlim təsvirlərinin sayı əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Ona görə də, təsvirlərin tanınması sistemi yaradılarkən bu üsul alternativ yanaşmalardan biridir və araşdırılmalıdır.

İkinci yanaşmada riyazi çevrilmələrdən istifadə etməklə invariant xüsusiyyətlər yaradılır. Bəzi çevrilmələr, məsələn, Furye çevrilməsi [74, s.4-5] kəsilmə və fırlanma invariantlığını təmin etmək üçün tətbiq edilmişdir. [25, s.117-119]-də çevirmə və miqyaslama invariantlığını təmin etmək üçün xətti interpolyasiya və Hotelling çevrilməsindən istifadə edilmişdir.

Affin çevrilmələrinə invariant olan tanınma xüsusiyyətlərini əldə etmək üçün ortoqonal çevrilmə də [27, s.119-135] nəzərdən keçirilmişdir.

Tədqiqatda [25, s.117-123, 27, s.62-68, 64, s.54-58, 68, s.73-74, 74, s.7-8] momentlər üsulundan istifadə edilmişdir. Qeyd edək ki, invariant tanınma xüsusiyyətlərinin formalaşması üçün momentlər üsulu ən çox istifadə olunur.

Momentlər üsulunun nəzəri əsasları [25, s.251-255, 27, s.217-225, 64, s.28-33, 68, s.72-74]- də ətraflı verilmişdir. [64, s.72-85]-də aparılan araşdırmalar göstərdi ki, Zerniki və psedue-zerniki momentləri təsvirin səs-küyünə həssaslıq, faydalı məlumatların miqdarı və təsviri təkrar istehsal etmək qabiliyyəti baxımından digər momentlərdən daha təsirli olur.

[147, s.3-7, 152, s.966-968]-də göstərilmişdir ki, ingilis simvollarının Zerniki momentlərini vasitəsilə bərpası və təsnifatı həndəsi momentlərin köməyi ilə müqayisədə daha yaxşı nəticələr verir. Bununla yanaşı qeyd edək ki, tədqiqatda orijinal təsvirlərə deyil, sürüşdürmə və miqyaslama üçün invariant olan normallaşdırılmış təsvirlərə müxtəlif səviyyələrdə səs-küy əlavə edilmişdir. Buna görə də, əldə edilən nəticələr səs-küyün bütün tanıma prosesinə təsirini tam şəkildə ortaya qoymur.

[23, s.66-68]-də parametrik və qeyri-parametrik təsnifat alqoritmlərindən istifadə etməklə həndəsi moment xüsusiyyətlərinin avtomatik təsnifatı yaradılmışdır. Tanınma keyfiyyəti aşağıdır, emal müddəti uzundur və müdaxilə edən amillər (səs-küy, təsvirin fırlanma bucağının seçilməsi və s) təsnifat keyfiyyətinə təsiri nəzərə alınmamışdır.

Bundan əlavə, [30]-də Zernike momentlərinin təsnifatı Kohonen özünü təşkil edən neyron şəbəkəsi əsasında təklif olunmuşdur. Təsnifatın dəqiqliyi aşağı olduğu ortaya çıxdı. [36, s.73-78]-da gəmi təsvirlərini şərh etmək üçün həndəsi momentlərdən istifadə olunmuşdur. Bununla belə, təfsir xətası böyükdür.

[72, s.14-18]-də təsvirləri normallaşdırmaq və təsnif etmək üçün mürəkkəb momentlərdən istifadə edilir. Lakin bu işdə neyroşəbəkə tətbiq edilməyib və kəmiyyət nəticələri təqdim edilməmişdir. [28, s.58-60]-də fırlanma, yerdəyişmə və təsvir miqyasına invariant xüsusiyyət kimi obyektlərin normallaşdırılmış ətalət momentləri və topoloji xarakteristikaları toplusu istifadə edilmişdir. Təsnifat ən yaxın qonşu qaydası modifikasiyası əsasında aparılmışdır. Bu yanaşmanın tətbiqi nisbətən mürəkkəbdir və çoxlu hesablamalar tələb edir.

Xüsusiyyətlərin invariantlığının neyron şəbəkənin xüsusi strukturu vasitəsilə təmin edildiyi neyron şəbəkənin tanınması sisteminin yaradılması təsvirlərin tanınması sahəsində tədqiqatların yeni istiqamətidir. Çevrilmə qruplarına invariantlığı həyata keçirməyə imkan verən daha yüksək səviyyəli neyron şəbəkələri [37, s.177-179, 38, s.513-515]-də araşdırılır. Təcrübədə bu yanaşmanın tətbiqi şəbəkənin böyük ölçüsünə görə məhduddur; Tədqiqat nəticələri həmçinin yüksək səviyyəli neyron şəbəkələrinin momentlər metodundan əhəmiyyətli dərəcədə aşağı olduğunu göstərdi. [32, s.78-81, 34, s.73-77, 60, s.139]-də təsvirlərin kəsilməyə və kiçik deformasiyaya invariantlığını təmin edən “neokoqnitron” neyron şəbəkəsinin modeli təqdim olunmuşdur. Bu modelin əsas çatışmazlığı, tanınan obyektlərin sayının artması ilə şəbəkə elementlərinin sayının artmasıdır. Bu, şəbəkənin öyrənməsi zamanının artmasına gətirib çıxarır.

Təhlildən məlum olur ki, fırlanma, yerdəyişmə və miqyaslamaya invariant olan təsvirlərin tanınması sistemlərinin yaradılması mühüm və aktual mövzu olaraq qalır. Tibbi təsvirlərin təhlili və tanınması üçün bir neçə əsas metod qrupu [29, 35, s.11-16, 51, s.1830-1833, 76] mövcuddur. Metodların əksəriyyəti xarakterik xüsusiyyətlərin seçilməsinə və onların həm ədədi, həm də struktur kontekstində bir-biri ilə müqayisəsinə yönəlmişdir ki, bu da çox vaxt hesablama baxımından olduqca çətin olan metod və alqoritmlərin həyata keçirilməsidir. Bu yanaşmalardan biri təsvirin funksional proyeksiyasının hesablanması əsaslanan Trace/Radon çevrilməsi [35, s.24-27, 51, s.1839-1841] ilə əlaqələndirilir.

Tədqiqat işinin məqsədi invariant proyeksiya əlamətlərindən istifadə edərək kardio-siqnal təsvirinin operativ yoxlanılması (və ya tanınması) üçün bir üsul hazırlamaqdır.

Doğrulama xüsusi bir tanıma halını, yeni giriş və etalon təsvirlərinin eyni ekvivalentlik sinifinin nümayəndəsi olub-olmaması ilə bağlı fərziyyənin sınaqdan keçirilməsi deməkdir.

Təsvirin proyeksiyalar toplusuna parçalanması (Scan edilməsi) kompüter görmə problemləri sahəsində geniş yayılmışdır, çünki proyeksiyalar digər üsullarla müqayisədə əhəmiyyətli hesablama xərcləri olmadan zəruri invariant işarələr

toplusunu əldə etmək üçün vacib potensiala [29,76] malikdir. Hal-hazırda, seqmentasiya və işarələrin formalaşması mərhələsi üçün ciddi nəzəri həll yoxdur, çünki səs-küy (müdaxilə) olduqda bu tapşırıqlar doğru deyil. Və buna görə də bu mərhələlərdə təsvirin tanınması probleminin yüksək keyfiyyətli təhlili, xüsusən də real vaxt miqyasında mümkün deyil. İki ölçülü qrafik obyektlərin tanınması problemlərində həndəsi çevrilmələrə invariant olan işarələrin müəyyən edilməsi mühüm məsələdir. Tədqiqat tapşırığı miqyaslamada, yerdəyişmədə və fırlanmalarda asılı olmayan işarələri, başqa sözlə, invariant işarələri tapmaq idi. İnvariantlıq həndəsi çevrilmələrə məruz qalan təsvirləri düzgün müqayisə etməyə imkan verir. Və buda öz növbəsində düzgün qərarın qəbuluna gətirib çıxarır. Obyektin əlamətlərini müəyyən etmək üçün Radon çevrilməsindən istifadə etmək daha əlverişlidir.

Radon çevrilməsi təsvirlərin xarakterik xüsusiyyətlərini seçmək üçün istifadə edilə bilər ki, bu da gələcəkdə istənilən təsviri tanımaq üçün istifadə oluna bilər. Tədqiqat işində ikili (binar) təsviri nəzərdən keçirəcəyik. Radonun iki ölçülü təsviri üçün çevrilmənin fiziki mənası çevrilmə istiqamətində düz xətt boyunca bu təsviri formalaşdıran piksellərin cəmini tapmaqdır. Bu çevrilmələrin nəticələri iki ölçülü ədədlər massivi şəklində olacaqdır. Fasiləsiz $f(x, y)$ funksiyasının $R(k, b)$ Radon çevrilməsi şəkil 3.1.2-də göstərildiyi kimi, maili xətt boyunca f -in qiymətlərini əlavə etməklə hesablanır [9, s.36].

Sonra Radon çevrilməsinin ifadəsini aşağıdakı kimi yazıla bilər (3.1.1):

$$R(k, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, kx + b) dx \quad (3.1.1)$$

Və ya Dirac δ funksiyasından istifadə edərək aşağıdakı ifadəni əldə edə bilərik:

$$R(k, b) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(y - kx - b) dx dy \quad (3.1.2)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, çevrilmələr (3.1.1) və ya (k, b) təsvirlərlə işləmək üçün çox vacib olan bəzi xüsusiyyətlərə malikdir, məsələn, xəttilik (3.1.3), yerdəyişmə (3.1.4) və miqyaslılıq (3.1.5).

Xəttilik xassəsini aşağıdakı kimi tərtib etmək mümkündür: “Funksiyaların dayandırılmış cəminin Radon çevrilməsi hər bir funksiyanın dayandırılmış çevrilmə cəminə bərabərdir”:

$$R\{\sum_i w_i f_i(x, y)\} = \sum_i w_i R\{f_i(x, y)\} \quad (3.1.3)$$

(3.1.4) və (3.1.5) xassələri (yerdəyişmə və miqyaslama) inteqral edilə bilən funksiyanın arqumentləri dəyişdikdə çevrilmənin (k, b) necə hesablandığını göstərir.

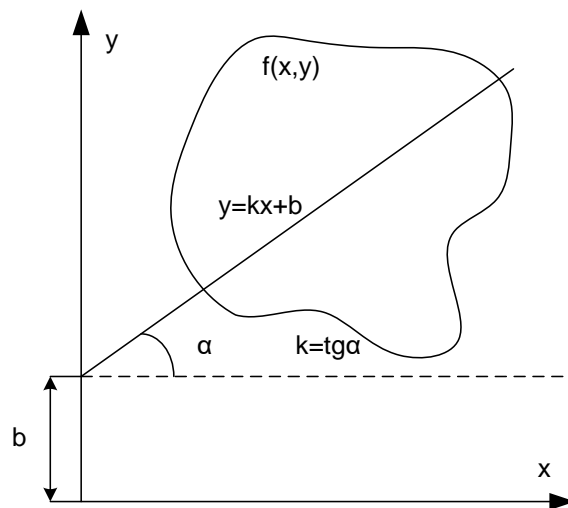
$$R\{f(x - \tilde{x}, y - \tilde{y})\} = R(k, b - \tilde{y} + k\tilde{x}) \quad (3.1.4)$$

$$R\{f\left(\frac{x}{n}, \frac{y}{m}\right)\} = nR\left(\frac{kn}{m}, \frac{b}{m}\right) \quad (3.1.5)$$

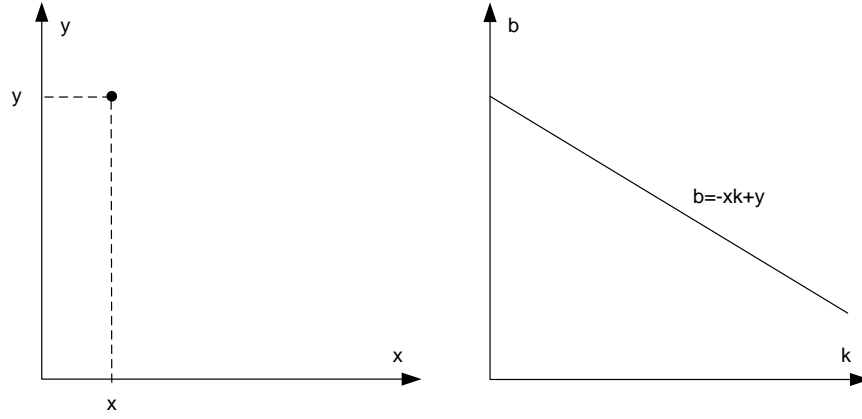
Tədqiqatın məsələsi tibbi əyri siqnal olduğu üçün demək lazımdır ki, istənilən siqnal ümumi halda nöqtələr toplusundan, konkret halda isə düz xəttlərdən ibarətdir. Ona görə də tədqiqat işində bu halları nəzərdən keçiririk.

İstənilən nöqtə 2δ funksiyanının (3.1.6) hasili kimi göstərilə bilər:

$$f(x, y) = \delta(x)\delta(y) \quad (3.1.6)$$



Şəkil 3.1.2 Xəttilik Radon çevrilməsi



Şəkil 3.1.3 Tək nöqtə çevrilməsi

Sonra bir nöqtə üçün Radon çevrilməsi aşağıdakı kimi təqdim edilə bilər (3.1.7):

$$R(k, b) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) \delta(kx + b) dx = \delta(b) \quad (3.1.7)$$

Yerdəyişmə xüsusiyyətindən istifadə edərək aşağıdakı ifadəni əldə edərək (3.1.8):

$$f(\tilde{x}, \tilde{y}) = \delta(x - \tilde{x}) \delta(y - \tilde{y}) \quad (3.1.8)$$

Bu halda Radon çevrilməsi aşağıdakı kimi nəzərdən keçiriləcək:

$$R(k, b) = \delta(b - \tilde{y} + k\tilde{x}) \quad (3.1.9)$$

Beləliklə, nöqtənin Radon çevrilməsi düz formaya malikdir (şəkil 3.1.3).

Müvafiq olaraq $y = kx + b$ tənliyi ilə müəyyən edilmiş düz xətt (şəkil 3.1.4) üçün aşağıdakı ifadəni alırız:

$$f(x, y) = \delta(y - \tilde{k}x - \tilde{b}) \quad (3.1.10)$$

Bu vəziyyətdə Radon çevrilməsi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\begin{aligned} R(k, b) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(y - \tilde{k}x - \tilde{b}) \delta(y - kx - b) dx dy = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \delta((k - \tilde{k})x + b - \tilde{b}) dx \end{aligned} \quad (3.1.11)$$

Təsdiqləmə üçün invariant qiymətlər olaraq, təsvirin və həndəsi momentlərin proyeksiyasının analizinə əsaslanan işarələrdən istifadə edəcəyik :

$$I_k = (m_0)^{-(k+1)} \int_p (R(p, \theta))^{k+1} \left(p - \frac{m_1}{m_0}\right)^k dp,$$

$$m_0 = \int_p R(p, \theta) dp, \quad m_1 = \int_p p(R(p, \theta)) dp$$

$$R(p, \theta) = \int_x \int_y B(x, y) \delta(p - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy$$

Burada, $B(x, y)$ təhlil edilən təsvirdir; $R(p, \theta)$ Radon çevrilməsidir; k -moment sırasıdır (həll olunan problemdən, həmçinin layihənin hesablamaya və vaxt məhdudiyyətlərindən asılıdır); θ -proyeksiya bucağıdır. İşarələr (3.1.6) təsvir haqqında struktur məlumatları rəqəmsal təsvirlə birləşdirir ki, bu da rəqəmsal informasiyanın müqayisəsi əsasında öyrətmək və tanımaq imkanı verir. İşarələr (3.1.6) miqyaslama təhriflərinə və baxış sahəsində obyektin yerdəyişməsinə davamlıdır.

İnvariant işarələr həm birbaşa (3.1.6) ifadəsi əsasında $B(x, y)$ parlaqlıq funksiyasından istifadə etməklə, həm də $\psi(B(x, y))$ formasının modifikasiyalarından istifadə etməklə qurula bilər, burada ψ -bəzi çevrilmə funksiyasıdır. Birinci üsul Radon çevrilməsinə uyğundur, ikincisi mümkün invariant işarələr toplusunu genişləndirən Trace çevrilməsi adlanır.

(3.1.6) ifadəsinə görə, I_k invariantlığın əsas xarakteristikası k sırasıdır. Məsələn, birinci və yeddinci sıraların işarələri min dəfədən çox qiymətdə fərqlənə bilər ki, bu da onları ilkin normallaşdırmadan müqayisə etməyi qeyri-mümkün edir. I_k invariantlığını normallaşdırmaq üçün müəyyən sabit intervala $[-10; 10]$ çevrilmə tətbiq edirik:

$$F = 10^{f-1}, \quad f = \begin{cases} \min_i(I_k \times 10^i < -10), I_k < 0 \\ \min_i(I_k \times 10^i > 10), I_k \geq 0 \end{cases}$$

Burada $i \in [0; 100]$ tam (tam qiymətli) parametrdir. Təklif olunan çevrilmələrə görə biz eyni sıranın normallaşdırılmış işarələrini əldə edirik.

P - işarəsi və ya işarələr çoxluğu, m - təsvir nişanlarının dəsti Q olsun; Əgər $Q(rb) = Q(B)$ olarsa, $M \rightarrow P$ həndəsi çevrilmələr qrupuna nisbətən invariant adlanır, $r \in R$ bunun üçün doğrudur. Aşağıdakı əlamətlər invariant əlamətlər ola bilər.

1. Fiqur sahəsi (fiqur daxilində piksellərin sayı). O, yerdəyişmələr üçün invariantdır, lakin miqyas üçün invariant deyil.

2. Konturun uzunluğu sahədən daha çox hesablama tələb edir. Konturun uzunluğu yerdəyişmələrə və fırlanmalara görə invariantdır, lakin o həmçinin sahə əlamətində daxil olmaqla miqyasdan asılıdır. $S(B)$ sahə, $L(B)$ isə konturun uzunluğu olsun. Sonra işarə $V(B) = \frac{\sqrt{S(B)}}{L(B)}$ kimi təqdim oluna bilər; Yerdəyişmələrə, fırlanmaya və miqyaslamaya invariantdır.

3. İşarədə həmçinin aşağıdakı kimi invariantdır:

$$V_1(B) = \frac{\sqrt{S(B)}}{L^2(B)}$$

Lakin 2 işarə ilə birlikdə istifadə edilə bilməz, çünki bu iki işarə bir-birinə bağlıdır.

4. Fıqur kütləsinin mərkəzindən ($hbs/5$) ən qısa d_{min} və ən böyük d_{max} məsafəsini nəzərdən keçirin (şəkil 3.1.5). Bu işarələr yerdəyişmələrə və fırlanmalara invariantdır, lakin miqyasdan asılıdır.

Daha sonra miqyaslama və fırlanma əməliyyatlarının invariantları belədir: $\frac{d_{min}}{d_{max}}$ və $\frac{L}{2S}$. Fərdi təsvirin ətrafında dairə təsvir edilərsə, $\frac{S}{S_R}$ -R nisbəti miqyas və yerdəyişməyə görə invariantdır. Burada S -təsvir sahəsi, S_R - təsvir edilən dairənin sahəsidir.

Yuxarıda qeyd olunan ifadəyə əsasən, mürəkkəb təsvirin tanınması və müqayisəsi üçün bir üsul təklif edilə bilər. Bunun üçün fərdi təsvirlər içərisində yazılmış dairələr dəsti kimi təqdim edilə bilər. Beləliklə, istinad və sınaqdan keçirilmiş təsvirlər, komponentləri müvafiq dairələrin mərkəzlərinin radiusları və koordinatları olan bir vektor ilə müqayisə edilir. Buna əsasən təsvirlər arasındakı məsafəni tapmaq olar.

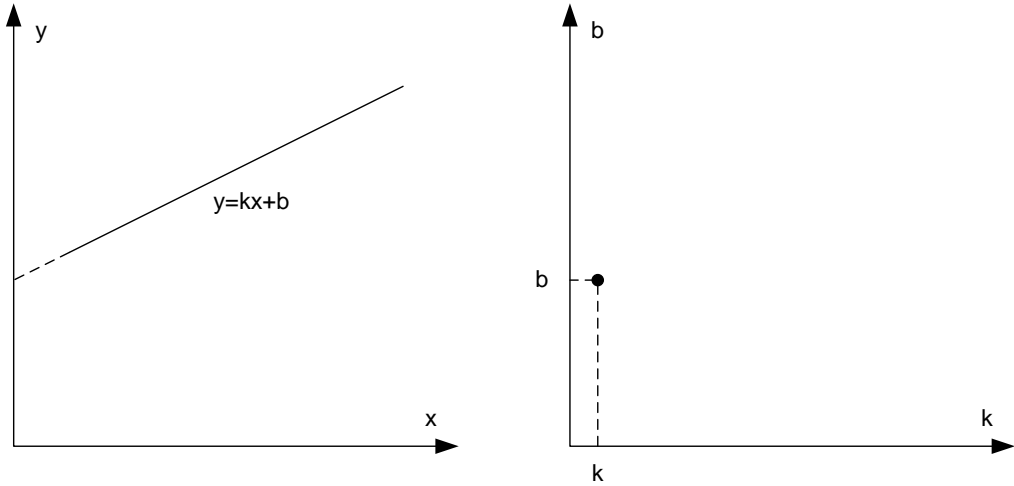
Bunun üçün işarə məkanında oxşarlıq ölçüləri müəyyən edilir.

$Q_l(P_1, P_2, \dots, P_r)$ – obyektə təsvir edən işarə vektorudur.

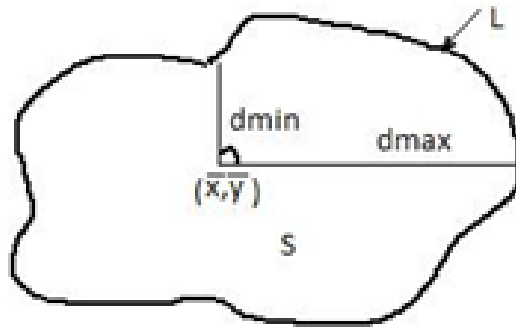
$Q_0(P_1^0, P_2^0, \dots, P_r^0)$ – digər istinad obyektini təsvir edən işarə vektorudur.

Əgər obyektlər eynidirsə, işarələr üst-üstə düşəcəkdir. Əgər ancaq səs-küy (müdaxilə) varsa, əlamətlər fərqli ola bilər. Buradan aşağıdakı təsvirin tanınması qaydasını əldə edə bilərik. Giriş təsvirinin işarə vektoru istinad vektorları ilə müqayisə edilir. Obyekt oxşarlığın ən çox olacağı sinifə təyin edilməlidir.

$k = 1, 2, \dots, s$ sonlu siniflər toplusu olsun. Hər sinifin istinadı var, yəni tamamilə s standartlarına malikdir. İşarələrin seçilməsi bizə obyektlərin tanınması və ya eyniləşdirilməsinin həyata keçirilməsini sadələşdirməyə imkan verir. Ən informativ işarələri seçərkən həm obyektlərin öz xüsusiyyətlərini həm də əsas aparıcı təsvir siqnallarının imkanlarını nəzərə almaq lazımdır. İşarənin seçimi monoxrom (bir qatlı) təsvirlərin işlənməsi nümunəsi ilə həyata keçirilir.



Şəkil 3.1.4 Düz xətt çevrilməsi



Şəkil 3.1.5 Fiqur kütləsinin mərkəzindən ən qısa d_{min} və ən böyük d_{max} məsafəsi

Rəngli təsvirlərdə nəzərdən keçirilən alqoritmlər hər bir rəngə ayrıca tətbiq oluna bilər. Emal zamanı adətən obyektlərin aşağıdakı həndəsi işarələrinə üstünlük verilir:

- Obyekt təsvirinin sahəsi və perimetri;
- Yazılmış sadə həndəsi fiqurların ölçüləri (dairə, düzbucaqlı, üçbucaq və s);
- Bucaqların sayı və nisbi mövqeyi;
- Obyekt təsvirlərinin ətalət momentləri.

Əksər hündəsi işarələrin əhəmiyyətli xüsusiyyəti obyekt təsvirinin tərsinə çevrilməsinə görə invariantdır və hündəsi işarələri bir-birinə nisbətən normallaşdırmaqla obyekt təsvirinin miqyasına görə invariantlığa nail olur.

2000-ci illərin əvvəllərində müəyyən edilmişdir ki, elektrokardiogramlarda (EKQ) insanın fiziki və psixo-emosional vəziyyətindən asılı olmayan, fərdin biometrik identifikasiyasına imkan verən invariant əlamətlər vardır. Elektrokardiogrammanın saxtalaşdırılmasının praktiki olaraq mümkün olmadığına inanılır [35, s.17-19].

EKQ ilə bir şəxsin müəyyən edilməsi üçün böyük perspektivləri olmasına baxmayaraq, bir sıra problemlər vardır. Xüsusilə, identifikasiya üçün hansı biometrik işarələrdən daha yaxşı istifadə olunacağına dair fikir birliyi yoxdur.

İndiki zamanda insanın EKQ vasitəsilə müəyyən edilməsinin mövcud üsullarını iki qrupa bölmək olar: Xarakterik EKQ nöqtələrindən (etibarlı işarələr) istifadə edənlər və onlardan istifadə etməyənlər. Metodların birinci kateqoriyasına elektrokardiogrammanın müvəqqəti, amplituda və morfoloji xüsusiyyətlərindən istifadə edən yanaşmalar, ikinci kateqoriyaya isə EKQ-nin avtokorrelyasiya, faza və tezlik xüsusiyyətlərinin təhlilinə əsaslanan üsullar daxildir. Çox vaxt müvəqqəti əlamətlərdən, o cümlədən kardio-dövrün müxtəlif fazalarının müddəti (şəkil 3.1.6) və onlar arasındakı vaxt intervalları, bəzən R-pik nöqtələri arasındakı məsafələr istifadə olunur.

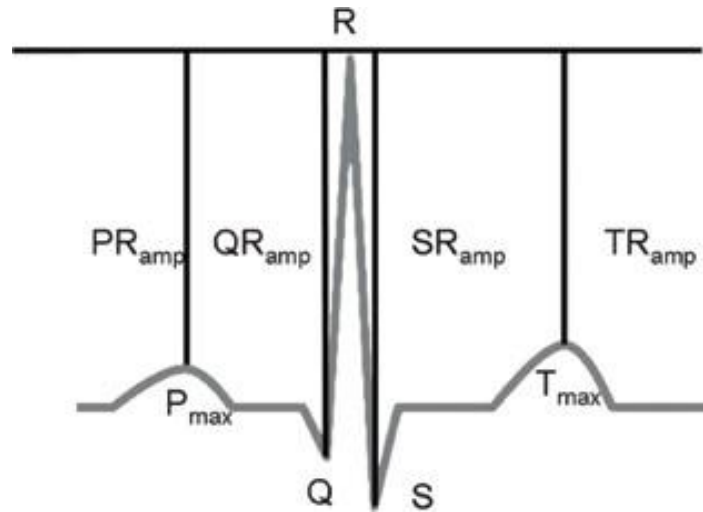
Bir sıra müəlliflər R pik nöqtələri ilə (şəkil 3.1.7) müqayisədə ölçülən kardio-dövr pik nöqtələrinin amplitudunun şəxslər arasında dəyişkənliyi göstərir [17, s.87-90, 73, s.90-92, 113, s.17-20].

Yuxarıdakı ifadənin nəticəsi olaraq, kardio-signal nöqtələrinin amplituda və zaman qiymətlərini əlamətlər kimi nəzərdən keçirəcək. Sonra, bu informativ əlamətlərin invariantlığını yoxlamaq üçün Radon paylanması istifadə edərək əldə edilmiş materialı emal edəcəyik.

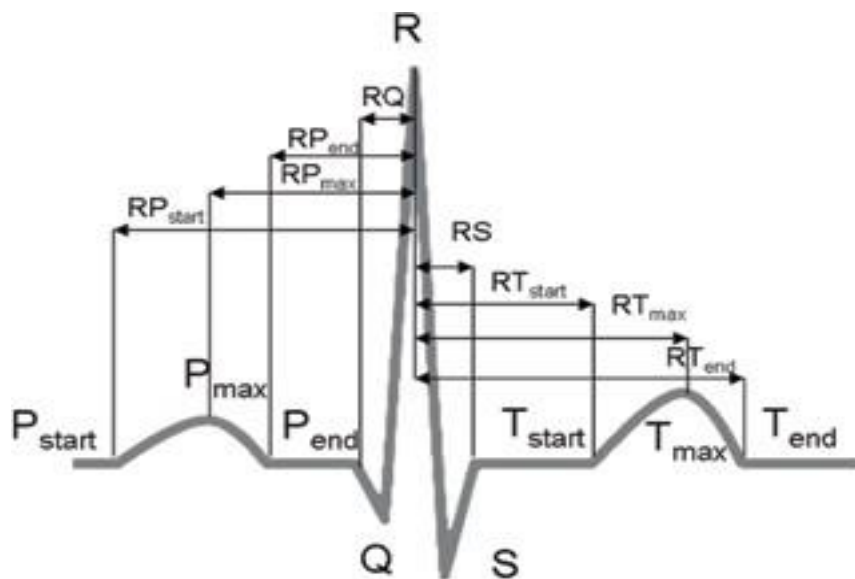
Tədqiqat aparılarkən Almaniyanın Berlin şəhərindəki Benjamin Franklin adına Universitet xəstəxanasının kardiologiya şöbəsinin professoru Michael Oeff, Almaniya Milli Metrologiya İnstitutunun nəzdində Physio-Net layihəsi altında təqdim olunan rəqəmsallaşdırılmış EKQ (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) məlumat

bazasından istifadə edilmişdir. PTB 17 yaşdan 87 yaşa qədər olan 290 testdə ölçülmüş 549 EKQ nümunəsini ehtiva edir. Testlərin əksəriyyəti ürək-damar sisteminin müxtəlif pozğunluqlarından əziyyət çəkənlər idi, nəzarət qrupuna 51 sağlam test daxil edildi.

Təklif olunan tədqiqat işində tədqiqatın EKQ nəzarət qrupu (n=51) istifadə edilmişdir. Hər bir EKQ qeydinə 12 ümumi təxribat (qeydiyyat) (i, ii, iii, avr, avl, avf, v1, v2, v3, v4, v5, v6) və üç Frank təxribatı (qeydiyyat) (vx, vy, vz) daxildir. Diskretləşmə tezliyi 1kHz idi, ± 16.384 mV gərginlik diapazonunda görüntü imkanı 16 bitdir. İlk kardio-siqnal 700 və ya 1000 ms -lik fraqmentlərə kəsilməsi və sonra R pik [35] nöqtələri vasitəsilə əldə edilən fraqmentlərin sinxronlaşdırılması təklif edilmişdir.



Şəkil 3.1.6 Kardio-dövrün müvəqqəti əlaməti



Şəkil 3.1.7 R pik nöqtələrinə nisbətən ölçülən amplitud əlamətləri

İlkin emal mərhələsində elektrokardio siqnalın (elektrokardioqram) fraqmentlərində P, Q, S və T sahələri müəyyən edilmişdir. R pik nöqtələrinin sahələri müəyyən edilməmişdir, çünki fraqmentlər onlar tərəfindən sinxronlaşdırılmışdır (şəkil 3.1.8). Şəkil 3.1.8-dən görüldüyü kimi nöqtə buludları kifayət qədər böyük dispersiyaya malikdir.

Şəkil 3.1.8-dən görüldüyü kimi elektrokardio siqnalın (elektrokardioqrama) ilkin emalından sonra kardio siqnalın P, Q, S və T sahələrinə uyğun olaraq 4 nöqtəli bulud əldə edilmişdir. Hər bir nöqtənin iki koordinatı var-biri amplituda oxu boyunca, ikincisi isə zaman oxu boyunca. Yəni ümumilikdə elektrokardio siqnalların PQST sahələrinin amplituda və zaman qiymətlərinə uyğun olan 8 əlamət ($P_{\text{value}}, P_{\text{index}}, Q_{\text{value}}, Q_{\text{index}}, S_{\text{value}}, S_{\text{index}}, T_{\text{value}}, T_{\text{index}}$) var. Əldə edilmiş işarələr əsasında Monte Karlo üsulu ilə yeni işarələr yaradılmışdır. Ən informativ əlamətlər elektrokardio siqnalın (elektrokardioqrama) S və T sahələrində amplitud qiymətləri idi. Bu işarələrin birgə istifadəsi fərdin biometrik identifikasiyasına 100% dəqiqliklə imkan verir.

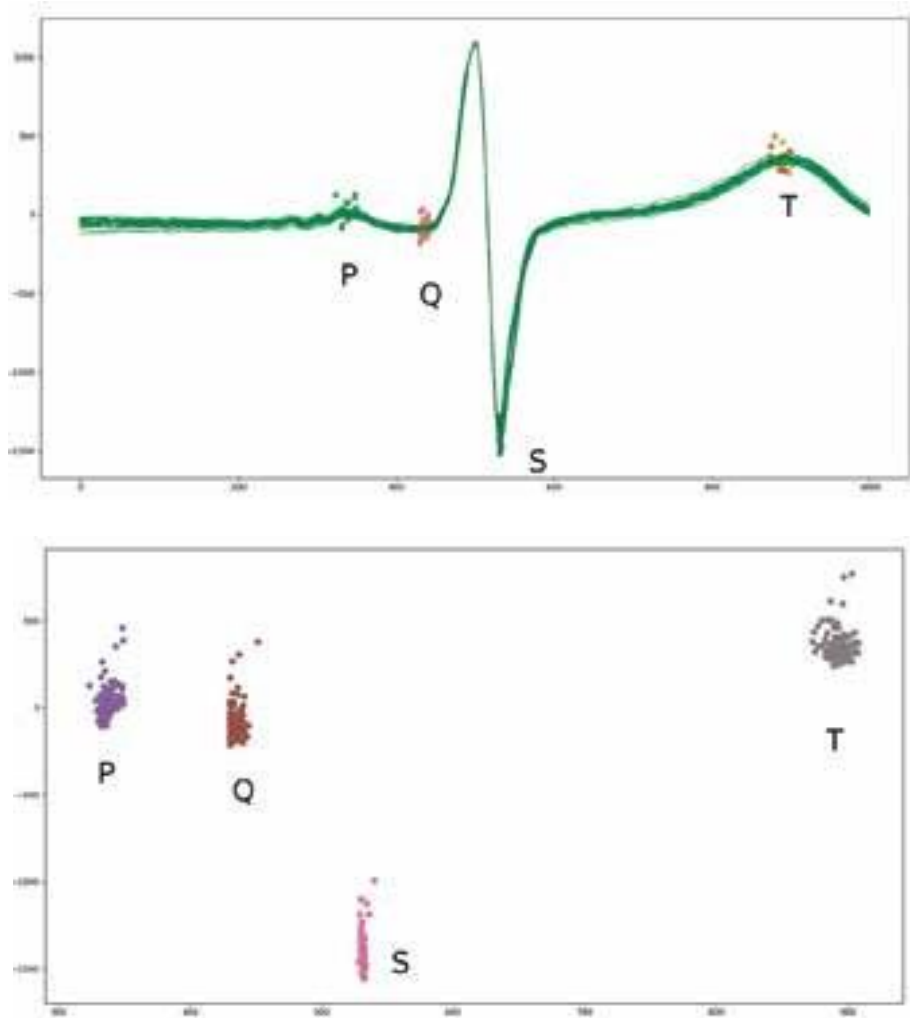
Növbəti addım seçilmiş invariant işarələrdən istifadə edərək Radon çevrilməsini tətbiq etmək idi. Bir-başə transformasiya işi 0 ilə 179 dərəcə bucaqlarda proyeksiyalar yaradacaq. Tərs Radon çevrilməsi arzu olunan təsviri toplayacaqdır.

Müxtəlif bucaqlar üçün Radon çevrilmələrinin kök orta kvadratik nisbi xətası hesablanmış, kök orta kvadratik xəta, maksimum nisbi xəta və kök orta mütləq standart xətası normallaşdırılır.

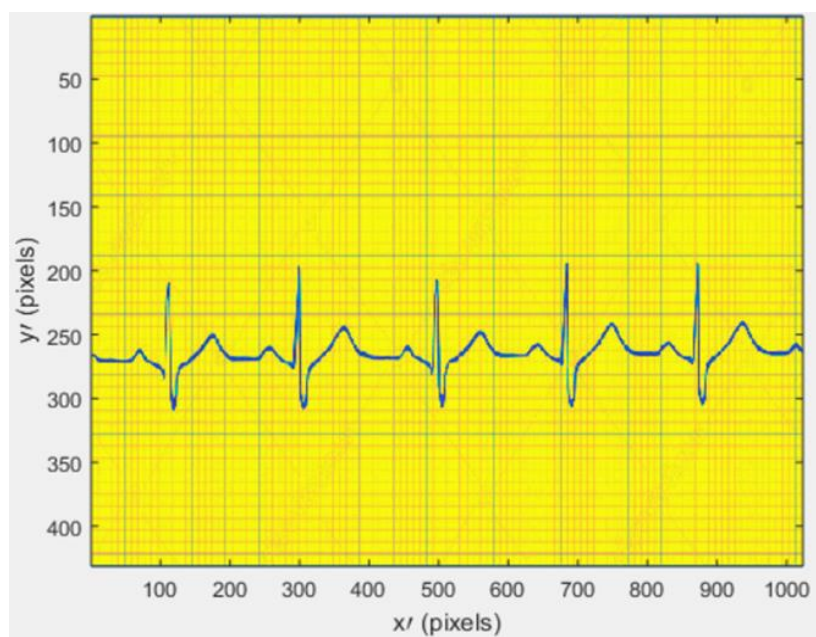
Giriş və istinad təsvirlərinin eyni ekvivalentlik sinfinin nümayəndələri olub-olmaması ilə bağlı fərziyyəni yoxlamaq üçün proyeksiya təsvirlərini müqayisə etmək üçün hesablama aspektində ən sadə üsullardan biri Manxetten metrikasıdır.

$$\rho_M(B, B_0) = \sum_K \sum_{\theta} |I_k(\theta) - I_k^0(\theta)|$$

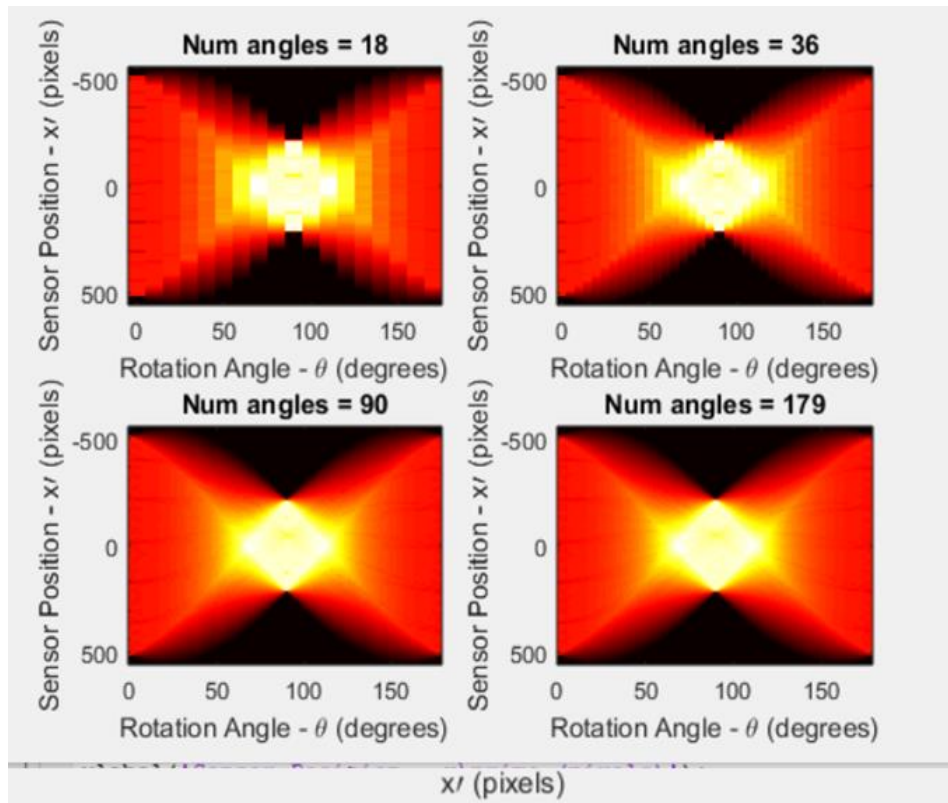
Burada: B_0 – şəkil nümunəsidir; B – mənbə təsviridir; $\{I_k^0(\theta)\}$ – işarələr çoxluğu; $B_0, \{I_k(\theta)\}$ B işarələrinin toplusudur.



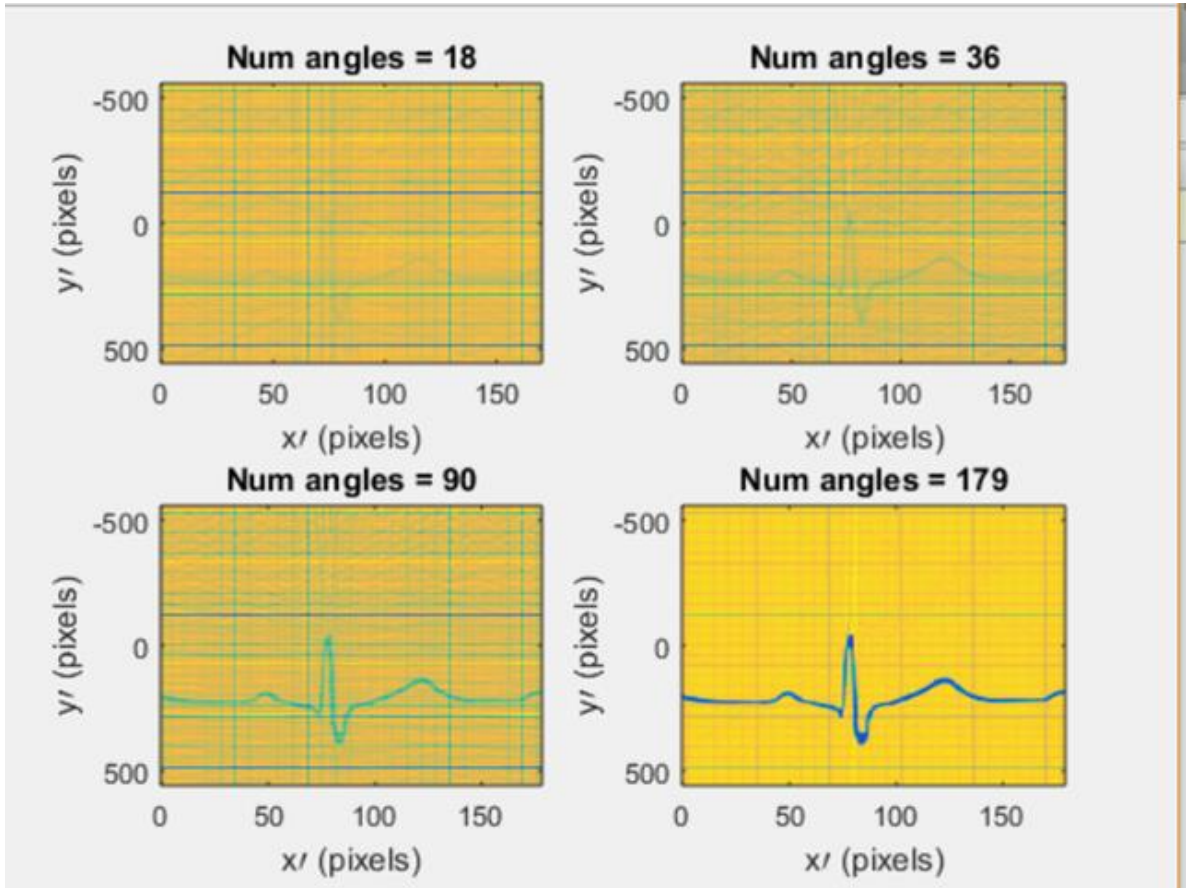
Şəkil 3.1.8 Elektrokardio siqnalın (elektrokardioqram) P, S, T və Q sahələrinə uyğun olan nöqtə buludları



Şəkil 3.1.9 İlk təsvirlər



Şəkil 3.1.10 Müxtəlif bucaqlı θ ilə bir-başa Radon çevrilmələri



Şəkil 3.1.11 Müxtəlif θ bucağı altında tərs Radon hesablanması

Nəticədə ya oxşarlıq ölçüsü ya da fərqlilik ölçüsü ilə bağlı qərar qəbul edilir. Tapşırıqdan asılı olaraq, tədqiqat aparılan obyektlər toplusunu klasterlər adlanan “oxşar” obyektlər qrupuna bölmək qərarına alınır. Obyektlərin “oxşarlığını” müəyyən etmək üçün məsafə adlanan yaxınlıq ölçüsü tətbiq edilir.

Klasterləşdirmənin vəzifəsi aşağıdakı kimi dəsti qurmaqdır:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_g\}$$

$$C_k = \{i_j, i_p \mid i_j \in I, i_p \in I \text{ və } d(i_j, i_p) < \sigma\}$$

Burada C_k -klaster, σ -obyektlərin bir klasterə daxil edilməsi üçün yaxınlıq ölçüsünü müəyyən edən kəmiyyət, $d(i_j, i_p)$ -obyektlər arasındakı məsafə adlanan yaxınlıq ölçüsüdür.

Əgər məsafə $d(i_j, i_p) < \sigma$ olarsa, o zaman elementlər yaxın olub bir klasterdə yerləşmiş, əks halda isə elementlərin bir-birindən fərqli olduğu və müxtəlif klasterlərdə yerləşdirildiyi deyilir.

3.2 Obyektlərin təsvirlərinin bir ölçülü tanınmasının diskret Furiye çevrilməsi vasitəsilə dəqiqliyinin artırılması

Tədqiqat işində sahədə yeni quraşdırılmış və quyulara ağır obyektlərin qaldırılması və endirilməsi üçün istifadə olunan qazma qüllələrinin yükqaldırma qabiliyyətinin müəyyən edilməsi üçün mövcud metodologiyanın əsas çatışmazlıqları təsvir edilmişdir. İnformasiya texnologiyası və kompüter texnikasının ən son nailiyyətlərinə əsaslanan daha dəqiq metod təklif olunur. Alət kimi diskret Furiye çevrilməsi qəbul edilir.

Məlum avadanlıqlarda qazma qurğularının yükqaldırma qabiliyyəti (N) qismən yüklənmiş ($f_{yüklü}$) və yüksüz ($f_{yüksüz}$) rejimlərində qazma qurğusunun təbii vibrasiya tezliklərindən asılı olan empirik $N = F(f_{yüksüz}, f_{yüklü})$ düsturu ilə qiymətləndirilir.

Bu qiymətləndirmə metodunun aşağıdakı çatışmazlıqları var [47, s.228]:

Qazma qurğusunun yükqaldırma qabiliyyəti ilə onun təbii rəqs tezliyi arasında əlaqə mövcud deyil; ölçmə heç bir standart olmadan həyata keçirilir, buna görə

standartsız ölçmələr adətən aşağı dəqiqliyə malikdir; düstur (1) empirik və həddən artıq inteqraldır və ölçmədən ölçməyə dəyişən müxtəlif sabitliyi pozan amilləri nəzərə almır. Məsələn, küləyin gücü, havanın rütubəti, günün vaxtı, ipin zərbə qüvvəsi, havanın temperaturu və s.; yüklənmiş rejimdə yükün optimal dəyəri məlum deyil. Qəbul edilmiş dəyər 10 ton motivasiya edilmir və araşdırılmır. Buna görə də, qazma qurğusunun yükqaldırma qabiliyyətinin daha dəqiq müəyyən edilməsi üçün alqoritmin hazırlanması aktual olaraq qalır.

Aşağıdakı alqoritm təklif olunur: 1. Qazma qurğusu zavodda (və ya çox yaxşı parametrlərə malik qazma qurğusu) istehsal edildikdən sonra vibrasiyaya məruz qalır; 2. Seysmoqrafın köməyi ilə qazma qurğusunun salınmasının seysmoqramması qeydə alınır; 3. Diskret Furye çevrilməsindən istifadə edərək seysmoqram qiymətlərinin diskret massivi müəyyən edilir; 4. Qazma qurğularının müxtəlif daşıma qabiliyyətinin simulyasiyası ilə diskret massivlərin qazma qurğularının müxtəlif daşıma qabiliyyətinə uyğunluğu cədvəli tərtib edilir; 5. Bu massiv eyni tipli qazma qurğularının sınaqdan keçirilməsi üçün standart kimi xidmət edəcək; 6. Sahədə qazma qurğuları yoxlanılarkən istinad seysmoqrammasının götürülməsi şərtləri saxlanılmaqla seysmoqrammalar da götürülür; 7. Diskret Furye çevrilməsindən istifadə edərək, cari seysmoqramın diskret qiymətlər massivi müəyyən edilir; 8. Bu massiv qazma qurğusunun yükötürmə qabiliyyətinin müəyyən dəyərinə uyğunluğu 4-cü bənddəki cədvələ uyğun olaraq yoxlanılır.

Beləliklə, qazma qurğusunun qaldırma qabiliyyətinin təyin edilməsinin dəqiqliyini təkmilləşdirmək mümkündür.

3.3 Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sisteminin funksional imkanlarının genişləndirilməsi ilə invariantlığın təmin olunması

Müasir cihazqayırma sənayesinin inkişafının təxirəsalınmaz istiqaməti sənaye müəssisələri üçün mexaniki kəmiyyətlərin ölçülməsi və idarə edilməsi üçün yeni yüksək sürətli dəqiq alətlərin hazırlanmasıdır. 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. Amma bu cür yanaşmanın imkanları hazırda demək olar ki, tükənib [1, s.47-53, 2, s.45-50].

Mexanik kəmiyyətlərin ölçülməsinin müasir üsulu, ölçmə obyektləri haqqında faydalı məlumatları ehtiva edən siqnalların formalaşması və alqoritmik işlənməsidir. 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. Təsvirlərin kompüterli emalı əsasında ölçmə obyektlərinin xarici konturunun həndəsi parametrləri (xətti ölçüləri, bucaqları, perimetri), həmçinin həndəsi parametrləri (sahə, kütlə mərkəzi, xətti ölçülər, bucaq mövqeyi, həndəsi ölçülərin əmsalları). forması) 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. 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. Cisimlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsi təsvirlərin kompüter vasitəsilə emalının istifadəsi əsasında həyata keçirilir [3, s.225-230, 4, s.48-49].

Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçən qurğu müasir tələblər olan sürətli emal və çeviklik parametrlərinə cavab versədə, obyektlərin tanınmasında invariantlıq şərtinə cavab vermir [5, s.46, 6 s.]. Belə ki, obrazların tanınmasında etalon və tanınası təsvir müxtəlif təhriflərə yəni affin 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 manələrə səbəb olaraq öz aktuallığını qoruyur. Obyektlərin həndəsi parametrlərini təyin etmək üçün mövcud ölçmə sistemi aşağıdakı prinsiplərə əsaslanır:

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 məqsədəuyğun deyil.

Görüntülərin kompüterli emalının tətbiqi. Kompüterli emalın məqsədi təsvir xətlərinin, eləcə də obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçmə xətlərinin alqoritmik kompensasiyasıdır. Beləliklə, ölçmələrin dəqiqliyində əhəmiyyətli bir artım təmin edilir. Təsvirlərin və həndəsi parametrlərin ölçülməsi nəticələrinin toplanması, təhlili və vizuallaşdırılması üçün müasir üsullardan istifadə də ölçmə sisteminin funksional imkanlarını genişləndirir.

Təsvirlərin kompüterli emalının yeni metodlarının ölçmə sistemində (təsvirlərin filtrlənməsi və bərpası üsulları, ölçmə obyektlərinin axtarışı və seçilməsi üsulları, ölçmə obyektlərinin hərəkət konturlarının və trayektoriyalarının yaxınlaşması üsulları) istifadəsi və inkişaf etdirilməsi. Bu üsullar həndəsi parametrlərin və ölçmə obyektlərinin hərəkət parametrlərinin ölçülməsinin dəqiqliyi və sürəti üçün yüksək tələbləri nəzərə almalıdır.

Ölçmə sistemində emal və sıxılma üsullarının işlənilib hazırlanması və istifadəsi. Bu üsulların məqsədi həndəsi parametrlər haqqında ölçmə məlumatının toplanması və saxlanması zamanı onun dəqiqliyini və yığcamlığını artırmaq, həmçinin ölçmə sisteminin sürətini artırmaqdır.

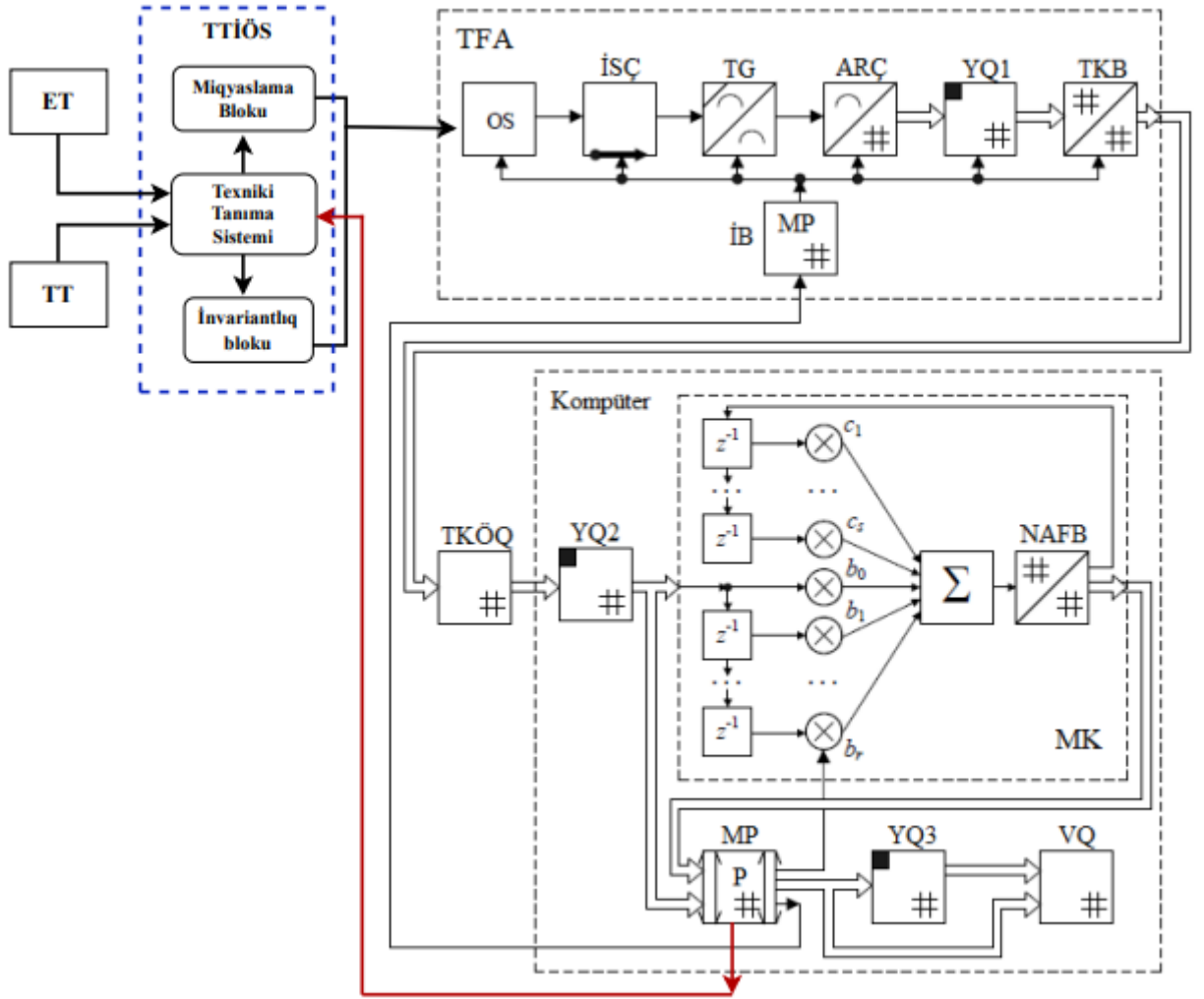
Ölçmə obyektlərinin hərəkət parametrlərini müəyyən etmək üçün görüntülərin zaman ardıcılığından istifadə. Hərəkət parametrlərini müəyyən etmək üçün texniki sistemlərin identifikasiyası nəzəriyyəsi əsasında real vaxt rejimində təsvirlərin kompüterli emalı üsullarını daha da inkişaf etdirmək lazımdır. İdentifikasiya nəticələri

ölçmə prosesində hərəkət edən obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsinin dinamik xətalərini kompensasiya etmək üçün istifadə olunur.

Ölçmə obyektlərinin cari xüsusiyyətlərinə və həndəsi parametrlərin ölçülməsi şərtlərinə uyğun olaraq ölçmə sisteminin parametrlərinin optimallaşdırılması. O cümlədən – təsvirlərin parametrlərinin, ölçü kanalının texniki vasitələrinin parametrlərinin və təsvirlərin kompüterli emalı parametrlərinin optimallaşdırılması. Nəzərə almaq lazımdır ki, ölçmə sisteminin dəqiqliyini və sürətini artırmaq bu parametrlərə qoyulmuş müxtəlif tələblər və vəzifələrdir. Buna görə də optimallaşdırma üsullarından istifadə etmək əlverişlidir. Optimallaşdırma məsələlərinin həllinin nəticəsi verilən sürətdə ölçmə sisteminin dəqiqliyini artırmaq və ya verilmiş dəqiqlikdə sürəti artırmaqdır.

Süni neyron şəbəkələri nəzəriyyəsi əsasında ölçmə obyektlərinin vizuallaşdırılması və ölçmə məlumatlarının emalının müasir texnologiyalarından istifadə. Bu şəbəkələr mənfi və qeyri-stasionar amillərin təsiri ilə xarakterizə olunan həndəsi parametrlərin ölçülməsinin iş şəraitinə uyğun olaraq ölçmə sisteminin parametrlərini uyğunlaşdırır və optimal şəkildə tənzimləyir. Süni neyron şəbəkələrinin tətbiqinin nəticəsi həndəsi parametrlərin və ölçmə obyektlərinin hərəkət parametrlərinin göstərilən şəraitdə ölçülməsinin əlavə xətasının kompensasiyasıdır. Əgər sistemdə mikroprosessor istifadə edilərsə, sürətdə əhəmiyyətli bir artım da təmin edilir.

Müasir kompüter texnikasının və informasiya texnologiyasının köməyi ilə 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 dəqiqlik daha yüksək olacaq.



Şəkil 3.3.1 Təsvirin həndəsi parametrlərini ölçən informasiya-ölçmə sistemi

İnkişaf etdirilmiş konstruksiya prinsipləri əsasında obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsi üçün yeni informasiya-ölçmə sistemi təklif olunur (şək. 3.3.1).

Şəkil 3.3.1-də : ET-etalon təsvir; TT – Tənnəsi təsvir; TTIÖS- Texniki tanıma informasiya-ölçmə sistemi; TFA – təsvirlərin formalaşdırılması üçün avadanlıq (rəqəmsal kamera); OS- təsvirləri formalaşdıran avadanlıq üçün optik sistem; İŞÇ- işıq signalı çeviricisi; TG- təsvir gücləndirici; ARC- analog-rəqəm çeviricisi; YQ1 ... YQ3 – təsvirlər üçün yadda saxlama qurğuları; TKQ- təsvirlərin kodlaşdırılması bloku; İB – təsvirlərin formalaşdırılması üçün qurğunun idarəetmə bloku; TKÖQ – 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; NAFB – neyron şəbəkənin aktivləşdirmə funksiyasının bloku; MP - mərkəzi prosessor; VQ – obyektlərin həndəsi parametrlərinin ölçülməsinin nəticələri və təsvirlər üçün vizuallaşdırma qurğusu.

Ölçmə sistemində kompüter əlavə olaraq mikroprosessoru özündə birləşdirən təsviri emal cihazı kimi istifadə olunur. Mikroprosessor müəyyən ardıcılıqla birləşdirilən süni neyron şəbəkələrinin əsas elementlərini özündə birləşdirir və həndəsi parametrlər haqqında ölçmə məlumatlarında təsadüfi və dinamik xətlərlə təsvirlərin bərpası, ölçmə obyektlərinin və təsvirdə struktur elementlərin axtarışı və seçilməsi üçün istifadə olunur. Tipik olaraq, bu kompüterləşdirilmiş emal əməliyyatları təsviri və onların xətləri haqqında apriori məlumatlara əsaslanır. Bu məlumat normal ölçmə şərtlərinə və təsvirin və rəqəmsal kameranın orta dəyərinə uyğundur. İş şəraitində ölçmələrin həmin parametrləri hesablamalarda istifadə olunan qiymətlərindən 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 istifadəsi ilə ölçmə sisteminin sürəti də əhəmiyyətli dərəcədə artır.

Obyektlərin həndəsi parametrlərini ölçmək üçün onların təsvirlərinin kompüterli emalından istifadə olunur. Bu optik-elektron üsullarda ölçmə obyektlərinin təsviri formalaşdırılır. Bu, optik sistem tərəfindən "ışığıq siqnalı" matris çeviricisinin səthində yaradılmış ölçmə obyektlərinin ikiölçülü təsvirinin skan edilməsi ilə həyata keçirilir. Formalaşdırılmış şəkillərin kompüterli emalı üçün filtrasiya və bərpa üsulları, ölçmə obyektlərinin konturlarının və bu obyektlərə aid nöqtələrin 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 müəssisələrinin şəraitində ölçmə sisteminə 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 aşağıdakılardır:

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

2. Təsvirlərin və həndəsi parametrlərin ölçülməsi nəticələrinin kompüterləşdirilmiş emalı üçün süni neyron şəbəkələrinin və mikroprosessorların istifadəsi. 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 sisteminə nisbətən, 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.

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.

Desimbalasiya 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 göstəricilərində sürəti artırmaq yolu ilə həyata keçirilməlidir.

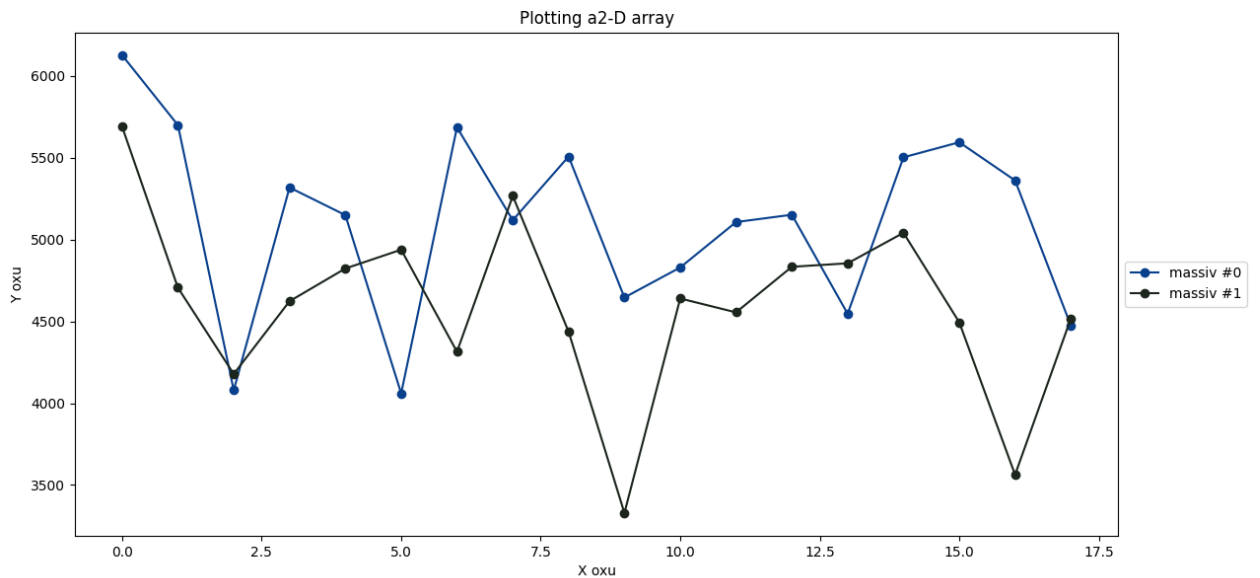
Daha sonra iki fərqli müstəvi fiqurunun radiuslarını massiv şəklində komputer modelləşdirməsində qeyd edərək iki harmonik siqnal alırıq (Şəkil 3.3.2).

Şəkildən görüldüyü kimi göy rəngli siqnal birinci massivə, qara rəngli isə ikinci massivə aiddir.

Hər iki funksiya diskret Furje çevirmə düsturundan istifadə edərək spektrə genişləndirilə bilər:

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

Formullardan görüldüyü kimi, aşağıdakı nəticədə $f_1(x)$ və $f_2(x)$ funksiyalarının harmoniklərinin amplitudlərinin kompleks qiymətlərini alırıq.



Şəkil 3.3.2 Qapalı konturlu 2 fərqli müstəvi fiqurun harmonik siqnala çevrilməsi

[91939.54-0.j,1117.50176257+769.35243551j,

926.30183213+1577.26664069j,692.845-1274.72877259j, -267.52441156 -

712.4370935j, 3849.11090918-1545.32434284j, 2804.305-1709.2829997j,-

413.75267174-2983.57747973j,-965.64742057-185.36592604j,2828.86-0.j, -

965.64742057 +185.36592604j, -413.75267174+2983.57747973j, 2804.305

+1709.2829997j,3849.11090918+1545.32434284j,-267.52441156 +712.4370935j,

692.845 +1274.72877259j,926.30183213-1577.26664069j 1117.50176257 -
769.35243551j]

[82793.63-0.j, 902.39174116 -376.63770223j,-1516.23984422-614.57893477j,
3467.18-1251.49331101j,1617.42520819+15.43592711j 4326.59935209
+218.10203776j,-475.66-159.85096903j, 1803.30890675+1608.04142393j,-
443.99536397-1051.8757543j,234.47-0.j, -
443.99536397+1051.8757543j,1803.30890675-1608.04142393j,-
475.66+159.85096903j, 4326.59935209 -218.10203776j,1617.42520819-
15.43592711j, 3467.18+1251.49331101j,-1516.23984422+614.57893477j
902.39174116 +376.63770223j]

$f_1(x)$ və $f_2(x)$ funksiyalarını bir-biri ilə müqayisə etmək üçün $f_1(x)$ və $f_2(x)$ harmonik funksiyalarının amplitudlarının kompleks qiymətlərinin mütləq qiymətindən istifadə etmək daha rahatdır.

Daha sonra proqramlaşdırmanın köməyi ilə xəyali hissəni həqiqi hissəyə çevirib aşağıdakı nəticələr alınmışdır.

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

Daha sonra iki müstəvi fiquru müqayisə etmək üçün obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsündən istifadə edilir.

$$\frac{Z_1(k)}{Z_2(k)} = M = \text{const}; \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

Burada: $Z_1(k)$ və $Z_2(k)$ birinci və ikinci funksiyalar olan $f_1(x)$ və $f_2(x)$ -in harmonikləridir. M miqyas amilidir. Əgər k -nin hər bir qiyməti üçün şərt ödənilirsə, onda funksiyalar eyni spektrə malikdir, yəni eynidir. Nəticə etibarilə, obyektlərin özlərinin formaları eynidir.

Əgər k -nin ən azı bir qiyməti üçün şərt ödənilmirsə, o zaman cisimlər müxtəlif formalara malikdir.

[[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 hesablanması üçün Canberra metodundan istifadə edərək müqayisə edilmişdir.

Nəticədə 7.8 alınmışdır belə ki, alınmış qiymət ε dan böyük olduğu üçün fiqurlar fərqli ölçülərə malikdir. ε – Təsvirləri tanıma həddidir.

III fəsildən alınan nəticələr

Monte Karlo metodu vasitəsilə təsvirlərdən istifadə etməklə obyektlərin invariant əlamətlərinin tapılması prinsipləri və Radon çevrilməsi vasitəsilə onun tanıma imkanları araşdırılmışdır.

Tədqiqatlar göstərir ki, təsvirlərin faktiki olaraq saxtalaşdırılması qeyri-mümkündür və onların tərkibində vəziyyətdən asılı olmayaraq, identifikasiyaya imkan verən invariant əlamətlər vardır. Siqnalların invariant əlamətlərinin tapılması prinsipləri nəzərdən keçirilmişdir. Radon çevrilməsindən istifadə etməklə siqnalın tanınması imkanı reallaşdırıldı və Manxetten metrikasından istifadə edərək siqnalın yoxlanılmasının mümkünüyü göstərildi.

Sınaq nəzarət qrupundakı insanların elektrokardio siqnallarından əldə edilən P, Q, S və T sahələrində nöqtə buludunun tədqiqi göstərdi ki, elektrokardioqrafik təsvirlərin ən informativ invariant əlamətləri elektrokardioqramın S və T sahələrindəki amplitud qiymətləridir. Elektrokardioqramı xarakterizə edən nəzərdən keçirilən xüsusiyyətlərin əhəmiyyətini nümunə götürmək üçün Monte Karlo metodundan istifadə edilmişdir. Bu funksiyaların birgə istifadəsi şəxsin yüksək dəqiqliklə biometrik identifikasiyasına imkan verir.

Subyektlər üçün bir-başa Radon çevrilməsi halında, tədqiqatın nəticələrinə əsasən elektrokardioqramma qurulur. Tərs problemdə, elektrokardioqramın öyrənilməsi-nin

nəticələrinə görə, elektrokardiogramın S və T sahələrindəki amplitud qiymətləri insanın şəxsiyyətini yoxlaya bilər. Riyazi formulun variantında, bu funksiyanın müəyyən səthlər dəstinin elementləri üzrə hesablanmış inteqralların məlum qiymətləri üzrə funksiyanın qiymətinin bərpasıdır, yəni funksiyanın özü məlum deyil. Yalnız eksperimentlər nəticəsində əldə edilmiş bu funksiyanın xətti və ya səthi inteqrallarının dəsti məlumdur.

Tərs Radon çevrilməsi ilə təsvirin aydınlığı fırlanma bucağının artması ilə artır, çünki elektrokardiogramın proyeksiyaları fiziki obyektədən keçən şüalanmanın intensivliyini müxtəlif bucaqlarda ölçməklə formalaşır.

Tədqiqatın nəticələri verilən təsvirlərin formalaşması və kompüterli emalı hesabına təsvirlərin affın çevrilmələrinə (sürüşmə, fırlanma və miqyas dəyişməsi) invariant tanınmasının (o cümlədən ölçmə obyektlərinin həndəsi parametrlərinin) səhihliyinin hesabına dəqiqliyinin artırılması, elmi-texniki vəzifəsinin həllinə yönəlmişdir.

Invariantlıq bloku, miqyaslama bloku və Texniki tanıma sistemini özündə birləşdirən təklif olunmuş Texniki Tanıma İnformasiya-Ölçmə Sistemi mövcud sistemin funksional imkanlarını genişləndirməyə, habelə obyektlərin tanınmasında invariantlığı təmin etməklə Tanıma sisteminin səhihliyin artırılmasına nail olmuşdur. Həmçinin TTIÖS yaranmış xətalara nisbətən özünü təshih etmək üçün bir-başla mərkəzi prosessorla əlaqələndirilmişdir.

Ölçmə obyektlərinin təsadüfi nöqtəsinin koordinatlarının ölçülməsinin nəticəsi üçün dəqiqlik həddi rəqəmsal təsvirin diskret təbiətindən qaynaqlanan xətdir. Bu xəta qonşu nöqtələrin mərkəzləri arasındakı məsafənin yarısına bərabərdir və həndəsi parametrlərin, hərəkət parametrlərinin və digər mexaniki kəmiyyətlərin hesablamalarının sərhəd düzgünlüyünü koordinatların ölçülməsinin nəticələrinin kompüterlə işlənməsi yolu ilə müəyyən edir. Göstərilən qiymətlərin müəyyən edilməsinin düzgünlüyünü 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.

IV FƏSİL. HƏNDƏSİ MOMENTLƏR VASİTƏSİLƏ TƏSVİRLƏRİN XƏTTİ ÇEVRİLMƏLƏRƏ QARŞI İNVARİANTLIQ YARATMAĞIN TƏDQIQI

4.1. Çevik istehsalatda məhsulun əndazə ölçülərinə nəzarət keyfiyyətini təkmilləşdirmək üçün ətalət momentinin tətbiqi

Sənaye istehsalında texnoloji proseslər rəqabət-qabiliyyətli məhsulların istehsalı üçün yüksək səmərəlilik tələb edir. Buna görə də istehsal xəttləri həmişə tez-tez təkrarlanan tapşırıqların avtomatlaşdırılması yolu ilə səmərəlilik arzusu ilə qurulmuşdur [104, s.105-111, 151, s.262-268]. Avtomatlaşdırmanın tətbiqi istehsalatda inqilab yaratdı, burada mürəkkəb əməliyyatlar maşında təkrarlana bilən sadə addım-addım prosedurlara bölündü [152, s.966]. Bu, qarışıq məhsul axınının mövcudluğu şəraitində dəyişən marketinq təlabatının öhdəsindən gələ bilən istehsal sistemlərinin yüksək çevikliyinə səbəb olmuşdur [111, s.276-278].

Montaj sistemləri bir çox sənaye sahələrində geniş istifadə olunur. Bu sistemlər istehsal tapşırığının dəqiq icrası üçün robot manipulyatorlardan və informasiya-ölçmə sistemlərindən ibarətdir [136, s.220-225]. Bundan əlavə, ölçmə sisteminin avtomatlaşdırma sistemləri ilə inteqrasiyası bir başa fiziki təmas olmadan obyekt və onun ətraf mühiti haqqında geniş həcmdə məlumat əldə etməyə imkan verir [122, s.113-124].

Görmə sistemləri sənaye robotlarının əsas ümumi təyinatlı sistemlərindən biridir [39, 142, s.430-433]. Onlar tədqiqat obyektinin tapılması, onun müəyyən edilməsi, onun yer üzərində koordinatlarının və manipulyatorun işçi sahəsindəki mövqeyinin müəyyən edilməsi, onun saxlanılmasını təmin etmək üçün obyektin həndəsi parametrlərinin müəyyən edilməsi, habelə istehsal yığımı və keyfiyyətinə nəzarət kimi məsələləri həll edirlər [23, s.66-68].

Modul komponentlərin kombinasiyası vasitəsilə müxtəlif məhsullar istehsal etmək bacarığı avtomatlaşdırılmış istehsalın inkişafının əsas yoludur [136, s.222-226]. Eyni zamanda hissələr montaj sahəsinə yalnız ardıcılıqla, yəni lazimi vaxtda və yerdə

çatdırılır [104, s.105-109]. Sənaye robotlarının vəzifəsi maşının iş sahəsinə əvvəlcədən təyin edilmiş işçi hissələri quraşdırmaq və hazır hissələri konveyer xəttinə quraşdırmaqla maşından çıxarmaqdır [105, s.521-525].

Bununla belə, bir işçi sahədən digərinə daşınma zamanı xarici amillərin təsiri ilə xüsusəndə məhsulların məkan oriyentasiyasında dəyişmələr olduqda gözlənilməz vəziyyətlər mümkündür [136, s.227-232]. Bu baxımdan, emalın hər mərhələsində boşluqları müəyyən etmək perspektivli görünür.

Hal-hazırda, obyektlərin məkan təsvirlərinin tanınması üçün bir çox üsul hazırlanmışdır, lakin onların hər birinin öz çatışmazlıqları vardır.

Beləliklə, [127, s.260-261]-də təsvirin paralel köçürülməsi və fırlanması nəzərdən keçirilir ki, bu da məkan yerdəyişmələrinin xüsusi bir halıdır. [151, s.263-267, 156, s.288-290]-da təhlil həmişə əldə edilə bilməyən məkan təhrifləri altında nömrələnməsi sabit qalmalı olan istinad nöqtələrindən istifadə etməklə həyata keçirilir. [100, s.859-862, 159, s.376-381]-də təsvirin analizi təhrifedici amillərə ən həssas olan kontur boyunca aparılır. [135, s.4-7]-də ətalət momentləri əsas xüsusiyyət kimi qəbul edilir, lakin onlar obyektin geniş diapazonu üçün inteqraldır, bu da bir klasterin obyektlərinin tanınmasını çətinləşdirir.

Təsvirlərdən məkan obyektinin tanınması prosesi bütün həndəsi xüsusiyyətlərin dəyişməsi səbəbindən xeyli mürəkkəbləşir. Bunun səbəbi, təsvirin eyni zamanda fırlanma, sürüşmə (fəzada fırlanmaya görə), həmçinin miqyasda dəyişikliklərə (obyektdən görmə orqanına qədər olan məsafənin dəyişməsi ilə əlaqədar) məruz qalması ilə əlaqədardır.

Beləliklə, bu qənaətə gəlmək olar ki, obyektlərin təsvirlərinin məkan təhriflərinə invariant olan xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsi vəzifələri tam həll olunmamışdır.

Fəzada ixtiyari yerləşən obyektin tanınması üsullarından biri onun tərəflərinin iki ölçülü təsviri ilə istinad təsvirlərini müqayisə etməklə tanınmasıdır. Əslində, obyektin tərəfinin təsviri qapalı müstəvi tək dövrəli və ya çox dövrəli fiqurdur. Fəzada ixtiyari yerləşən obyektin tanınması prosesi zamanı nəticədə yaranan təsviri istinadla müqayisə etməklə fəzada ixtiyari yerləşən bir neçə müstəvi fiqurun tanınmasına qədər azaldıla bilər.

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 keçiriləcək. 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 edildi, şaquli ox ətrafında ikinci fırlanma β bucaq altında müstəvi fiqurundan keçir.

Şəkil 4.1.1 düzbucaqlı koordinat sistemində fəzada A nöqtəsinin iki qat fırlanmasının hərtərəfli təsvirini təqdim edir. Birinci fırlanma üfüqi OX oxu ətrafında, ikinci fırlanma şaquli OY oxu ətrafında təsvir müstəvisindən keçməklə həyata keçirilir.

A_0 nöqtəsi V frontal müstəvisindədir və OX oxundakı proyeksiyası x_0 bərabərdir, OY oxundakı proyeksiyası y_0 -a, OZ oxundakı proyeksiyası isə $z_0 = 0$ bərabərdir.

A_0 nöqtəsinin bəzi α bucaqlarında OX oxu ətrafında ilk fırlanması zamanı V müstəvisi həmin müstəvidən keçir və OY oxu OY1 yeni mövqeyini tutur. Bu halda, A_0 nöqtəsi yeni A_1 mövqeyini alacaq.

A_1 nöqtəsinin OX oxuna proyeksiyası fırlanma istiqamətindən asılı deyil və dəyişmir (çünki A nöqtəsi W profil müstəvisinə paralel müstəvidə fırlanır).

Şəkil 4.1.1-dən görüldüyü kimi $A_1 A_1''' = A_0 A_0''' = x_0 0$. Sonra ifadəni aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$x_1 = x_0 \quad (4.1.1)$$

A_1 nöqtəsinin OY oxundakı y_1 proyeksiyası α bucağından asılı olaraq öz mövqeyini dəyişəcək. Lakin, bu fırlanma istiqamətindən asılı deyil.

Şəkil 4.1.1-dən görüldüyü kimi, $A_0 x_0 A_1$ üçbucağı bərabər tərəflidir, yəni $A_0 x_0 = A_1 x_0$. Sonra ifadəni aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$A_1'' x_0 = A_1 x_0 \cdot \cos \alpha \quad (4.1.2)$$

Şəkil 4.1.1-dən görüldüyü kimi, $A_0 x_0 A_1$ üçbucağı $A_0''' 0 A_1'''$ üçbucağına bərabərdir, yəni $A_1 x_0 = A_1''' 0 = y_0 0$.

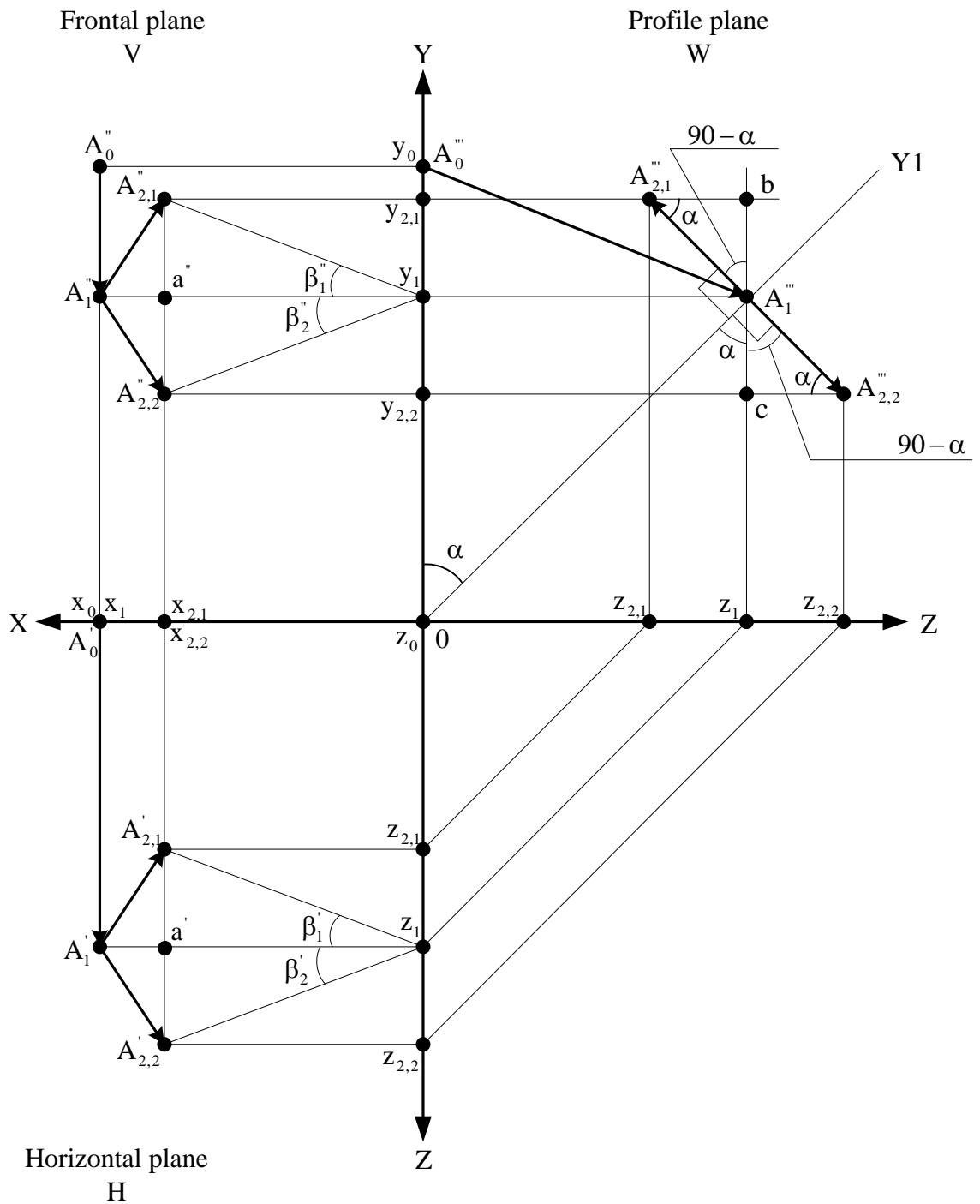
Sonra A_1 nöqtəsinin y_1 proyeksiyası bərabər olacaqdır:

$$y_1 = A_1''' 0 \cdot \cos \alpha = y_0 \cdot \cos \alpha \quad (4.1.3)$$

A_1 nöqtəsinin ikinci fırlanması bəzi β bucaqlarında OY1 oxu ətrafında baş verir. Bu halda, A_1 nöqtəsi yeni A_2 mövqeyini alacaq.

Şəkil 4.1.1-də iki hal nəzərdən keçirilir: OY1 oxu ətrafında fırlanma istiqaməti saat əqrəbinin fırlanma istiqamətinə uyğun olduqda, A_1 nöqtəsi $A_{2,1}$ mövqeyini alır və OY1 oxu ətrafında fırlanma istiqaməti saat əqrəbinin fırlanma istiqamətinə əks olduqda, A_1 nöqtəsi $A_{2,2}$ mövqeyini alır.

A_2 nöqtəsinin OX oxundakı x_2 proyeksiyası β bucağından asılı olaraq öz mövqeyini dəyişəcək. Ancaq fırlanma istiqamətindən asılı deyil.



Şəkil 4.1.1 Fəzada iki qat fırlanma ilə Dekart koordinat sistemində proyeksiya nöqtəsinin dəyişməsi

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $A_1A_{2,1}A_1'''$ və $A_1A_{2,2}A_1'''$ üçbucaqları bir-birinə bərabər və bərabər tərəflidirlər, yəni $A_1A_1''' = A_{2,1}A_1''' = A_{2,2}A_1'''$.

Sonra yazı bilərik:

$$aA_1'' = A_{2,1}A_1''' \cdot \cos \beta = A_{2,2}A_1''' \cdot \cos \beta \quad (4.1.4)$$

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $aA_1''' = a''y_1 = x_{2,1}0 = x_{2,1}0$.

Onda A_2 nöqtəsinin x_2 proyeksiyası bərabər olacaqdır:

$$x_2 = A_{2,1}A_1''' \cdot \cos \beta = A_{2,2}A_1''' \cdot \cos \beta = x_1 \cdot \cos \beta = x_0 \cdot \cos \beta \quad (4.1.5)$$

A_2 nöqtəsinin OY oxuna Y_2 proyeksiyası β bucağının dəyərinin böyüklüyündən və istiqamətindən asılı olaraq öz mövqeyini dəyişəcək.

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $\angle A_1A_1'''A_{2,1} = \angle A_1''A_{2,1}A_{2,1}'' = \beta$. Daha sonra aşağıdakıları əldə edirik:

$$aA_{2,1} = A_1'''A_{2,1}'' = x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (4.1.6)$$

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $\angle OA_1'''A_{2,1}'' = 90^\circ$ və $\angle OA_1'''z_1 = \angle y_0OA_1''' = \alpha$. Buna görə də, $\angle A_{2,1}'''A_1'''b = 180^\circ - 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \alpha$. Sonra aşağıdakıları əldə edirik:

$$A_1'''b = A_1'''A_{2,1}'' \cdot \cos(90 - \alpha) = x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(90 - \alpha) \quad (4.1.7)$$

Onda $A_{2,1}$ nöqtəsinin $y_{2,1}$ proyeksiyası bərabər olacaqdır:

$$y_{2,1} = y_1 + A_1'''b = y_0 \cdot \cos \alpha + x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(90 - \alpha) \quad (4.1.8)$$

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $\angle A_1A_1'''A_{2,2} = \angle A_1'''A_{2,2}A_{2,2}'' = \beta$. Daha sonra aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$aA_{2,2} = A_1'''A_{2,2}'' = x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (4.1.9)$$

Şəkil 4.1.1-dən göründüyü kimi, $\angle OA_1'''A_{2,2}'' = 90^\circ$. Beləliklə, $\angle A_{2,2}'''A_1'''c = 90^\circ - \alpha$. Sonra aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$A_1'''c = A_1'''A_{2,2}'' \cdot \cos(90 - \alpha) = x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(90 - \alpha) \quad (4.1.10)$$

Onda $A_{2,2}$ nöqtəsinin $y_{2,2}$ proyeksiyası bərabər olacaqdır:

$$y_{2,2} = y_1 - A_1'''c = y_0 \cdot \cos \alpha - x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(90 - \alpha) \quad (4.1.11)$$

(4.1.6) və (4.1.9) tənlikləri bir-birinə birləşdirilə bilər:

$$y_2 = y_0 \cdot \cos \alpha \pm x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \alpha \quad (4.1.12)$$

(4.1.5) formulunu (4.1.12) tənliyində əvəz edək, A_2 nöqtəsinin y_2 proyeksiyasının ifadəsini alırıq:

$$\begin{aligned} y_2 &= y_0 \cdot \cos \alpha \pm x_2 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= y_0 \cdot \cos \alpha \pm x_0 \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \alpha = y_0 \cdot \cos \alpha \pm x_0 \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (4.1.13)$$

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.

Bu zaman A_0 nöqtəsinin proyeksiyasının x_0 və y_0 koordinatları müvafiq olaraq dəyişir:

$$x_{0M} = M \cdot x_0, \quad y_{0M} = M \cdot y_0. \quad (4.1.14)$$

Sonra (4.1.5) və (4.1.13) düsturlarına uyğun olaraq, nöqtənin proyeksiyasının koordinatlarının dəyişməsinin onun miqyasının dəyişməsindən və fəzada iki qat fırlanmadan asılılıqları aşağıdakı formada olacaqdır:

$$x_2 = x_{0M} \cdot \cos \beta = M \cdot x_0 \cdot \cos \beta \quad (4.1.15)$$

$$\begin{aligned} y_2 &= y_{0M} \cdot \cos \alpha \pm x_{0M} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= M \cdot y_0 \cdot \cos \alpha \pm M \cdot x_0 \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (4.1.16)$$

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.

Bu zaman A_0 nöqtəsinin proyeksiyasının x_0 və y_0 koordinatları müvafiq olaraq dəyişir:

$$\begin{aligned} x_{0\gamma} &= x_0 \cdot \cos \gamma - y_0 \cdot \sin \gamma, \\ y_{0\gamma} &= x_0 \cdot \sin \gamma + y_0 \cdot \cos \gamma \end{aligned} \quad (4.1.17)$$

Sonra (4.1.5) və (4.1.13) düsturlarına görə nöqtə proyeksiyasının koordinatlarının dəyişməsinin proyeksiya müstəvisində fırlanma və fəzada iki qat fırlanmadan asılılıqları aşağıdakı formada olacaqdır:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_{0\gamma} \cdot \cos \beta = (x_0 \cdot \cos \gamma - y_0 \cdot \sin \gamma) \cdot \cos \beta = \\ &= x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \beta - y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \beta. \end{aligned} \quad (4.1.18)$$

$$\begin{aligned} y_2 &= y_{0\gamma} \cdot \cos \alpha \pm x_{0\gamma} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= (x_0 \cdot \sin \gamma + y_0 \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \alpha \pm \\ &\pm (x_0 \cdot \cos \gamma - y_0 \cdot \sin \gamma) \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= x_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha + y_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha \pm \\ &\pm x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha - y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha. \end{aligned} \quad (4.1.19)$$

Addım 4 – Yuxarıda göstərilən bütün variantların ümumiləşdirilməsi 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 keçiririk: 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 olduğunu güman edə bilərik: Birinci fırlanma üfüqi ox ətrafında α bucağında, ikinci fırlanma- β bucağında fiqur müstəvisində keçən şaquli ox ətrafında həyata keçirilir.

(4.1.14) və (4.1.17) düsturlarını birləşdirərək, A_0 nöqtəsinin proyeksiyasının x_0 və y_0 koordinatlarında dəyişikliklərin mərkəzə nisbətən miqyasda və fırlanma dəyişməsindən asılılıqlarını əldə edirik:

$$\begin{aligned} x_{0M\gamma} &= M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma, \\ y_{0M\gamma} &= M \cdot x_0 \cdot \sin \gamma + M \cdot y_0 \cdot \cos \gamma \end{aligned} \quad (4.1.20)$$

Sonra (4.1.5) və (4.1.13) düsturlarına görə nöqtə proyeksiyasının koordinatlarında dəyişməsinin miqyaslamadan, proyeksiya müstəvisində fırlanmadan və fəzada iki qat fırlanmasından asılılıqları aşağıdakı formada verilmişdir:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_{0M\gamma} \cdot \cos \beta = (M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma) \cdot \cos \beta = \\ &= M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \beta - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \beta \end{aligned} \quad (4.1.21)$$

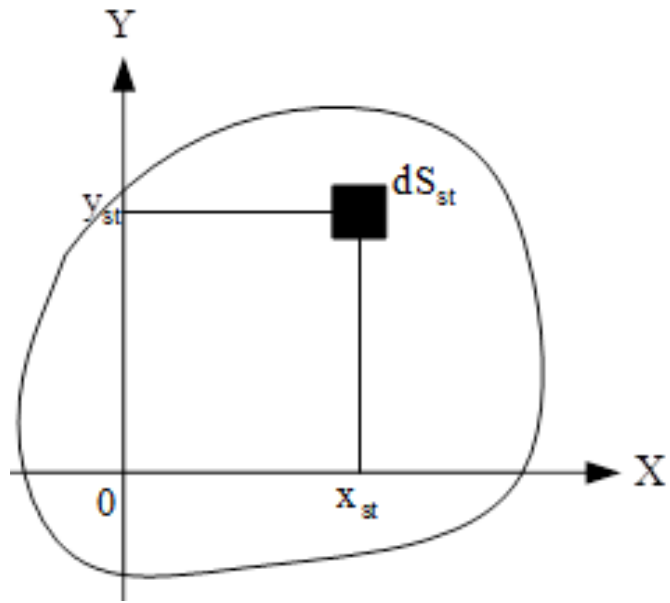
$$\begin{aligned} y_2 &= y_{0M\gamma} \cdot \cos \alpha \pm x_{0M\gamma} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= (M \cdot x_0 \cdot \sin \gamma + M \cdot y_0 \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \alpha \pm \\ &\pm (M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma) \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = \\ &= M \cdot x_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha + M \cdot y_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha \pm \\ &\pm (M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha) \end{aligned} \quad (4.1.22)$$

İkinci və üçüncü dərəcəli ətalət momentlərinin ifadələrini əldə etmək üçün bütün müstəvi fiqur üçün (4.1.21) və (4.1.22) düsturlarını inteqrallamaq lazımdır.

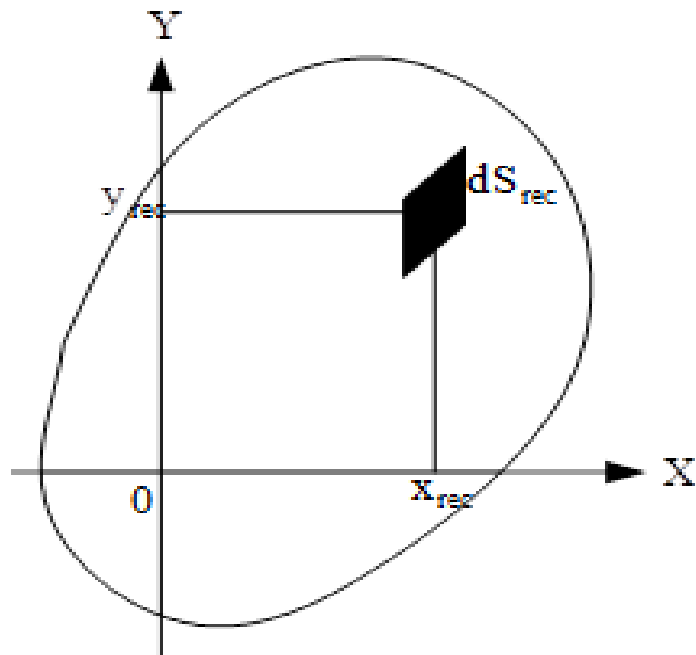
Şəkil 4.1.2-də elementar platforma dS_{st} -nin yerləşdiyi müstəvi fiqurun təsviri göstərilir. Elementar sahənin mərkəzinin koordinatları $(x_{st}; y_{st})$ – dir.

Verilmiş ilkin təsvir üçün ikinci və üçüncü dərəcəli ətalət momentlərinin ifadələri [4.1.23] kimi təqdim edilə bilər:

$$\begin{aligned} Z_{X^2} &= \int_S x^2 dS ; \quad Z_{Y^2} = \int_S y^2 dS ; \quad Z_{X \cdot Y} = \int_S (x \cdot y) dS \\ Z_{X^3} &= \int_S x^3 dS ; \quad Z_{Y^3} = \int_S y^3 dS ; \\ Z_{X^2 \cdot Y} &= \int_S (x^2 \cdot y) dS ; \quad Z_{X \cdot Y^2} = \int_S (x \cdot y^2) dS ; \end{aligned} \quad (4.1.23)$$



Şəkil 4.1.2 Orijinal müstəvi fiqurun təsviri



Şəkil 4.1.3 Fəzada fırlanandan və miqyası dəyişdirildikdən sonra müstəvi fiqurun təsviri

Burada Z_X^2 və Z_X^3 məhsul təsvirinin OX oxu üzrə ikinci və üçüncü dərəcəli momentləridir; Z_Y^2 və Z_Y^3 təsvir obyektinin OY oxu üzrə ikinci və üçüncü dərəcəli momentləridir; Z_{XY} , Z_{X^2Y} və Z_{XY^2} məhsul təsvirlərinin mərkəzdən qaçma momentləridir.

İstinad təsviri üçün (1)-də təqdim olunan integralların həlli:

$$Z_{Xst^2} = \int_{Sst} x_{st}^2 dS_{st} = \iint_{Dst} x_{st}^2 dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{3} \cdot \Delta Xst^3 \cdot \Delta Yst \quad (4.1.24)$$

$$Z_{Yst^2} = \int_{Sst} y_{st}^2 dS_{st} = \iint_{Dst} y_{st}^2 dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{3} \cdot \Delta Xst \cdot \Delta Yst^3 \quad (4.1.25)$$

$$Z_{Xst \cdot Yst} = \int_{Sst} (x_{st} \cdot y_{st}) dS_{st} = \iint_{Dst} (x_{st} \cdot y_{st}) dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{4} \cdot \Delta Xst^2 \cdot \Delta Yst^2 \quad (4.1.26)$$

$$Z_{Xst^3} = \int_{Sst} x_{st}^3 dS_{st} = \iint_{Dst} x_{st}^3 dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{4} \cdot \Delta Xst^4 \cdot \Delta Yst \quad (4.1.27)$$

$$Z_{Yst^3} = \int_{Sst} y_{st}^3 dS_{st} = \iint_{Dst} y_{st}^3 dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{4} \cdot \Delta Xst \cdot \Delta Yst^4 \quad (4.1.28)$$

$$Z_{Xst^2 \cdot Yst} = \int_{Sst} (x_{st}^2 \cdot y_{st}) dS_{st} = \iint_{Dste} (x_{st}^2 \cdot y_{st}) dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{6} \cdot \Delta Xst^3 \cdot \Delta Yst^2 \quad (4.1.29)$$

$$Z_{Xst \cdot Yst^2} = \int_{Sst} (x_{st} \cdot y_{st}^2) dS_{st} = \iint_{Dst} (x_{st} \cdot y_{st}^2) dx_{st} dy_{st} = \frac{1}{6} \cdot \Delta Xst^2 \cdot \Delta Yst^3 \quad (4.1.30)$$

Burada dS_{st} - elementar platformadır; x_{st} - elementar dS_{st} platformanın hündəsi mərkəzindən OX oxuna qədər olan məsafədir; y_{st} - elementar dS_{st} platformanın hündəsi mərkəzindən OY oxuna qədər olan məsafədir; S_{st} – en kəsiyin sahəsidir; D_{st} - inteqrasiyanın əhatə dairəsi; dx_{st} – OX oxunda elementar dS_{st} platformanın ölçüsüdür; ΔX_{st} – OX oxundan inteqrasiyanın yuxarı həddidir; ΔY_{st} – OY oxundan inteqrasiyanın yuxarı həddidir.

Şəkil 4.1.2-də göstərilən müstəvi fiqurun təsviri 0 nöqtəsinə nisbətən aşağıdakı təhriflərə məruz qalmışdır:

- M qiyməti ilə 0 nöqtəsinə nisbətən miqyasın eyni dəyişməsi;
- 0 nöqtəsi ətrafında γ bucağı ilə fırlanması;
- OX oxu ətrafında α bucağı ilə fırlanması;
- OY oxu ətrafında β bucağı ilə fırlanması.

Nəticədə Şəkil 4.1.3-də göstərilən formanı aldı. Bu halda, elementar platforma $(x_{rec}; y_{rec})$ mərkəzin koordinatları ilə dS_{rec} formasını aldı.

Müstəvi fiqurun təsvirini proyeksiya müstəvisində mərkəz ətrafında fırladarkən, proyeksiya müstəvisində keçən üfüqi və şaquli oxlar ətrafında fırlanan zaman frontal

müstəvidə elementar sahənin mərkəzinin proyeksiyasının dəyişməsindən asılılıq, həmçinin onun miqyasının dəyişdirilməsi ifadələrlə təsvir edilə bilər:

$$x_{rec} = M \cdot \cos \beta \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.31)$$

$$y_{rec} = M \cdot \cos \alpha \cdot (x_{st} \cdot \sin \gamma + y_{st} \cdot \cos \gamma) \pm \\ \pm M \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.32)$$

Burada: x_{st} və y_{st} istinad təsvirində elementar sahənin mərkəzinin koordinatlarıdır; x_{rec} və y_{rec} yastı fiqurun nəticə təsviri üzərində elementar sahənin mərkəzinin koordinatlarıdır; α, β və γ məhsulun üfüqi oxu, şaquli oxu və mərkəzi ətrafında təsvirinin növbə ilə tanınması bucaqlarıdır; M - istinada nisbətən məhsulun tərəfinin tanınan təsvirinin miqyasıdır.

Təhrifdən sonra (şəkil 4.1.3) müstəvi fiqurun sahəsi, inteqrasiya ərazisi, OX oxunda inteqrasiyanın yuxarı həddi, OY oxunda elementar sahənin ölçüsü, OY oxunda inteqrasiyanın yuxarı həddi və OY oxunda elementar sahənin ölçüsü dəyişəcək.

Çünki miqyası dəyişdirdikdə elementar sahənin həndəsi mərkəzi öz koordinatlarını saxlayır, onda elementar sahələrin həndəsi mərkəzlərindən OX və OY oxlarına qədər olan məsafələr, eləcə də elementar sahələrin sayı dəyişməz qalacaqdır. (4.1.31) və (4.1.32) tənliklər sistemi iki tənlik sistemi kimi yazıla bilər:

$$x_{rec1} = M \cdot \cos \beta \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.33)$$

$$y_{rec1} = M \cdot \cos \alpha \cdot (x_{st} \cdot \sin \gamma + y_{st} \cdot \cos \gamma) + \\ + M \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.34)$$

Və

$$x_{rec2} = M \cdot \cos \beta \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.35)$$

$$y_{rec2} = M \cdot \cos \alpha \cdot (x_{st} \cdot \sin \gamma + y_{st} \cdot \cos \gamma) - \\ - M \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot (x_{st} \cdot \cos \gamma - y_{st} \cdot \sin \gamma) \quad (4.1.36)$$

Tədqiqatlar göstərdi ki, birinci və ikinci tənliklər sistemi üçün Jacobi ifadəsi bərabərdir və aşağıdakı formada olacaqdır:

$$|J| = M^2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha \quad (4.1.37)$$

Bütün təsvir məhsulları üçün (4.1.33) ÷ (4.1.34) və (4.1.35) ÷ (4.1.36) asılılıqlarını birləşdirərək, tanınan təsvir üçün ikinci və üçüncü dərəcəli momentlər üçün aşağıdakı ifadələri alırıq:

$$\begin{aligned} Z_{Xrec^2} &= \int_{Srec} x_{rec}^2 dS_{rec} = \iint_{Drec} x_{rec}^2 dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} x_{rec}^2 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \end{aligned} \quad (4.1.38)$$

$$\begin{aligned} Z_{Yrec^2} &= \int_{Srec} y_{rec}^2 dS_{rec} = \iint_{Drec} y_{rec}^2 dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} y_{rec}^2 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \end{aligned} \quad (4.1.39)$$

$$\begin{aligned} Z_{Xrec \cdot Yrec} &= \int_{Srec} (x_{rec} \cdot y_{rec}) dS_{rec} = \iint_{Drec} (x_{rec} \cdot y_{rec}) dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} (x_{rec} \cdot y_{rec}) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^2}, Z_{Xst \cdot Yst}, Z_{Yst^2}), \end{aligned} \quad (4.1.40)$$

$$\begin{aligned} Z_{Xrec^3} &= \int_{Srecr} x_{rec}^3 dS_{rec} = \iint_{Drec} x_{rec}^3 dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} x_{rec}^3 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}), \end{aligned} \quad (4.1.41)$$

$$\begin{aligned} Z_{Yrec^3} &= \int_{Srec} y_{rec}^3 dS_{rec} = \iint_{Drec} y_{rec}^3 dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} y_{rec}^3 \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}), \end{aligned} \quad (4.1.42)$$

$$\begin{aligned} Z_{Xrec^2 \cdot Yr} &= \int_{Srec} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) dS_{rec} = \iint_{Drec} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} (x_{rec}^2 \cdot y_{rec}) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xe^3}, Z_{Xe^2 \cdot Ye}, Z_{Xe \cdot Ye^2}, Z_{Ye^3}), \end{aligned} \quad (4.1.43)$$

$$\begin{aligned} Z_{Xrec \cdot Yrec^2} &= \int_{Srec} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) dS_r = \iint_{Drec} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) dx_{rec} dy_{rec} = \\ &= \iint_{Dst} (x_{rec} \cdot y_{rec}^2) \cdot |J| dx_{st} dy_{st} = f(M, \alpha, \beta, \gamma, Z_{Xst^3}, Z_{Xst^2 \cdot Yst}, Z_{Xst \cdot Yst^2}, Z_{Yst^3}) \end{aligned} \quad (4.1.44)$$

Burada $|J|$, (4.1.31) ÷ (4.1.32) tənliklər sisteminin Jacobidir.

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

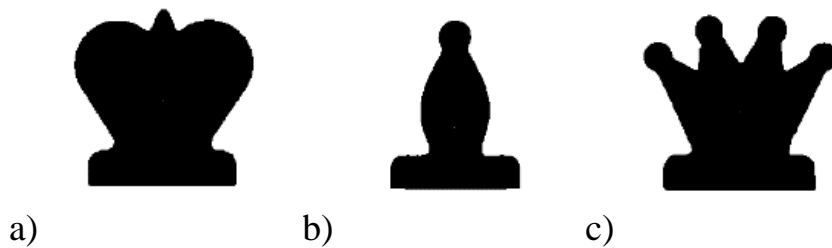
(4.1.38) ÷ (4.1.44) tənliklər sistemi dörd məchullu yeddi tənliklər sistemidir. Bu sistemi qrafik-analitik üsulla həll etməklə α, β, γ və M qiymət qrupları alınır. Tanınma məhsulun tərəfinin etalon təsvirini hesablanmış bucaqlar olan α, β, γ ilə çevirərək, miqyasın tənzimlənməsi və alınan təsvirin tanınan ilə birbaşa müqayisəsi ilə həyata keçirilir. Yəni, ilkin hesablamalardan sonra müxtəlif mövqelərin sadalanması bir neçə mövqe ilə məhdudlaşır. Əgər təsvir standartının yeni müddəələrindən 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 [4.1.45] ifadəsi ilə müəyyən olunan “forma göstəricisi” seçilmişdir.

$$\rho = \frac{\text{Perimeter}^2}{\text{Area}} \quad (4.1.45)$$

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 stilizə edilmiş şahmat fiqurları seçilmişdir.

Şəkil 4.1.4-də orijinal təsvirlər olan üç müstəvi fiqur təqdim olunur.



Şəkil 4.1.4 Orijinal təsvirlər

Cədvəl 4.1.1

Orijinal təsvirlərin parametrləri

Təsvir	Obyektin hündürlüyü, piksel	Obyektin eni, piksel	Obyekt sahəsi, piksel	Obyekt formasının göstəricisi (ρ).
Şək.4.1.4,a.	256	258	50212	30
Şək.4.1.4,b.	256	197	25501	37
Şək.4.1.4,c.	254	283	45433	54

Cədvəl 4.1.2

α, β, γ fırlanma bucaqlarının birləşməsi

№	1	2	3	4	5	6	7	8
α°	10	20	30	40	50	60	70	80
β°	10	20	30	40	50	60	70	80
γ°	40	80	120	160	200	240	280	320

Cədvəl 4.1.2 fırlanma bucaqlarının seçilmiş birləşmələrini ümumiləşdirir.

Cədvəl 4.1.1 bu fiqurların əsas parametrlərini ümumiləşdirir.

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, üfüqi ox ətrafında β bucaqlarında 10° bərabər addımla fırlandı.

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 ölçüldü. Əlavə olaraq, (4.1.16) ÷ (4.1.22) 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.

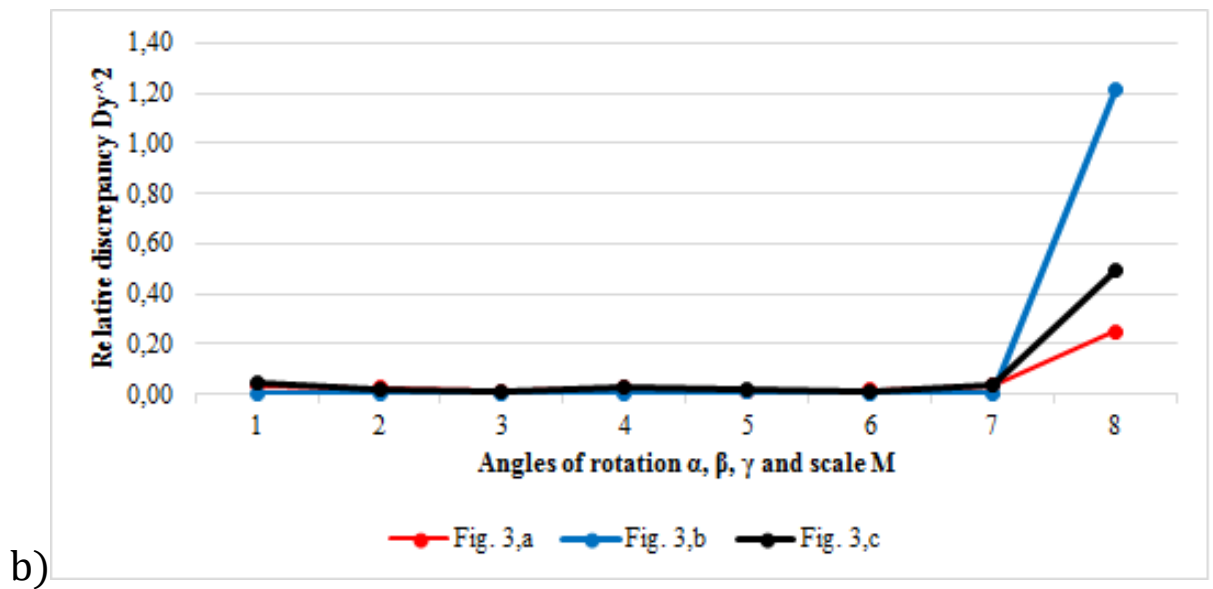
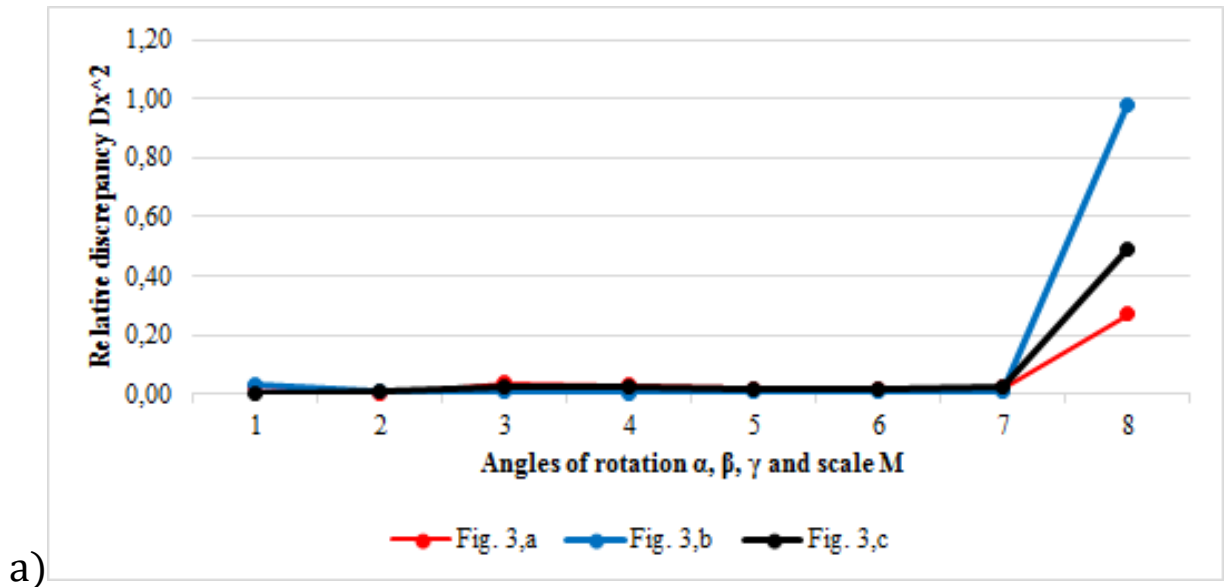
$$D_{X^2} = \frac{|Z_{X^2_meas} - Z_{X^2_calc}|}{Z_{X^2_meas}}, \quad D_{Y^2} = \frac{|Z_{Y^2_meas} - Z_{Y^2_calc}|}{Z_{Y^2_meas}},$$

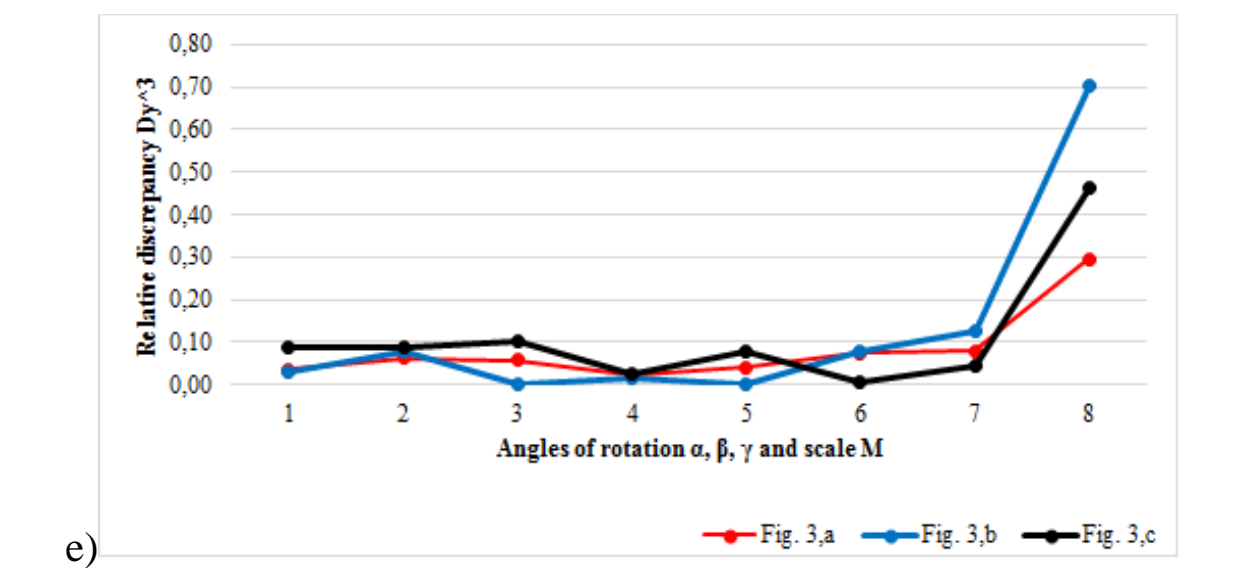
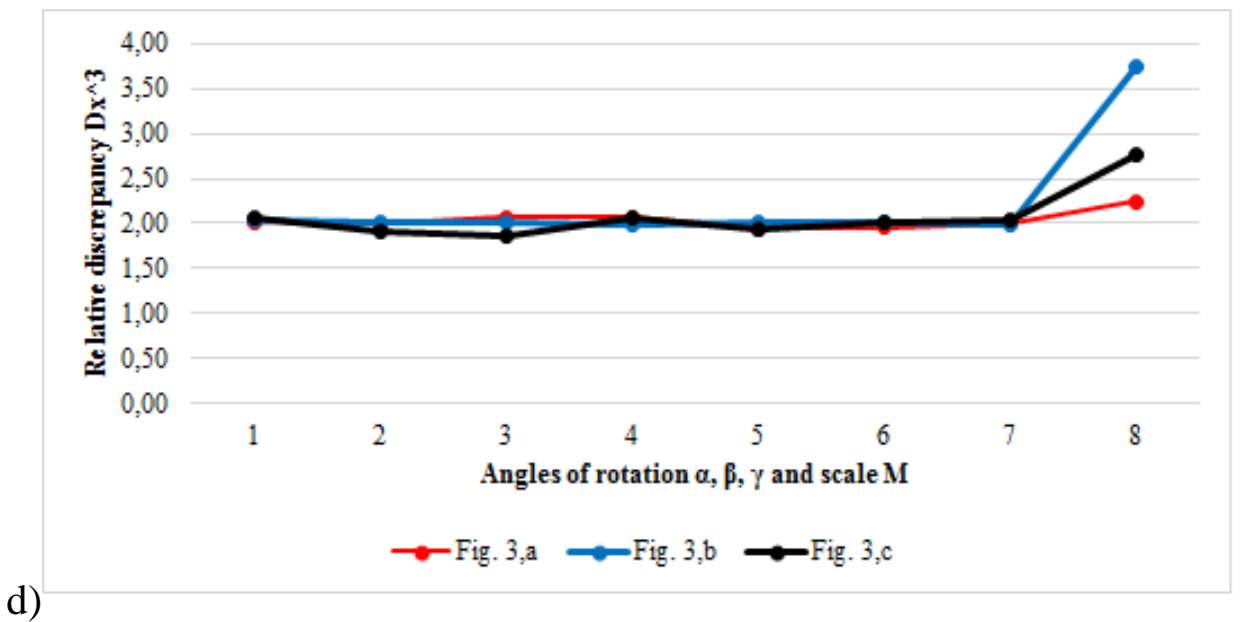
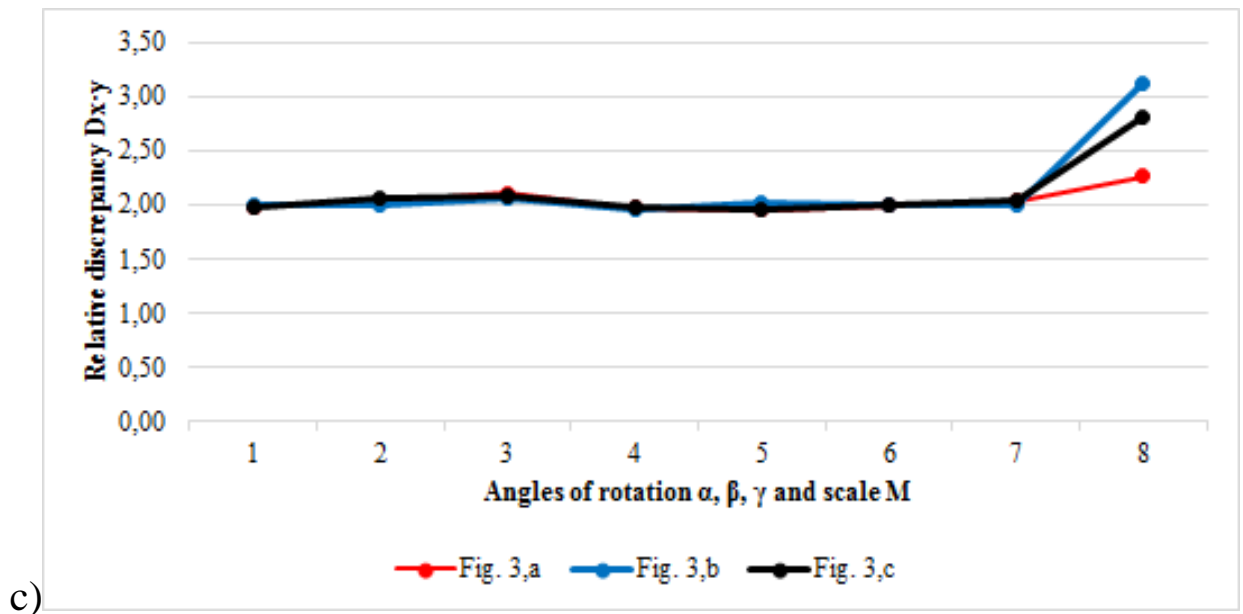
$$D_{XY} = \frac{|Z_{XY_meas} - Z_{XY_calc}|}{Z_{XY_meas}}, \quad D_{X^3} = \frac{|Z_{X^3_meas} - Z_{X^3_calc}|}{Z_{X^3_meas}},$$

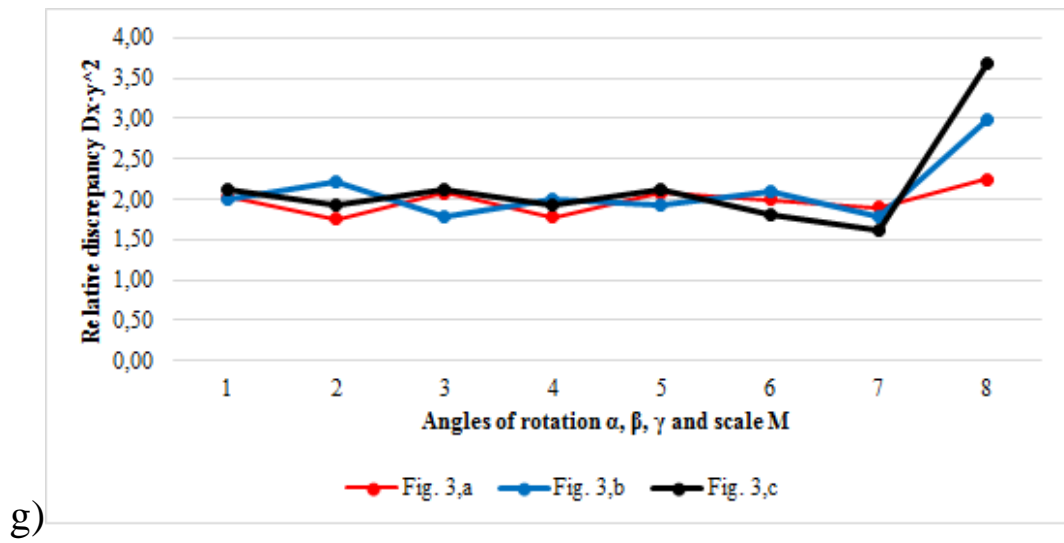
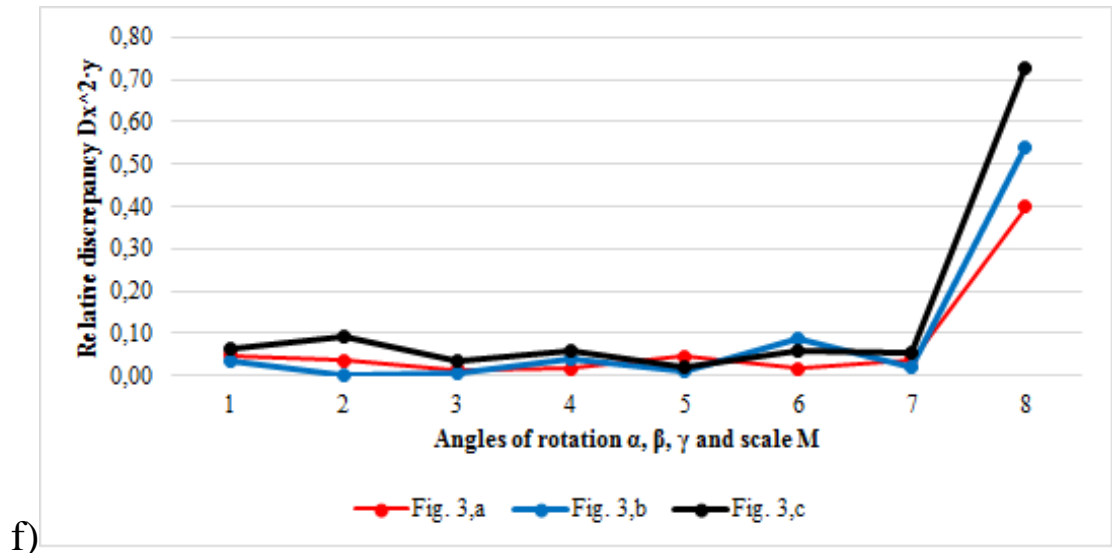
$$D_{Y^3} = \frac{|Z_{Y^3_meas} - Z_{Y^3_calc}|}{Z_{Y^3_meas}}, \quad D_{X^2Y} = \frac{|Z_{X^2Y_meas} - Z_{X^2Y_calc}|}{Z_{X^2Y_meas}},$$

$$D_{XY^2} = \frac{|Z_{XY^2_meas} - Z_{XY^2_calc}|}{Z_{XY^2_meas}} \quad (46)$$

Şəkil 4.1.5-də nisbi fərqlər (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.







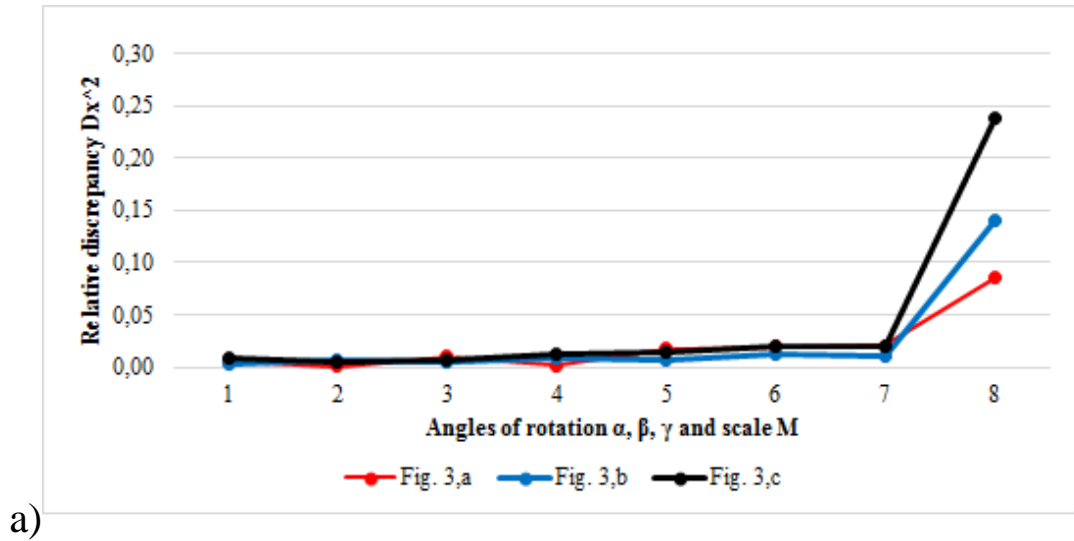
Şəkil 4.1.5 M=0.5 olduqda müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərqlərin asılılığı

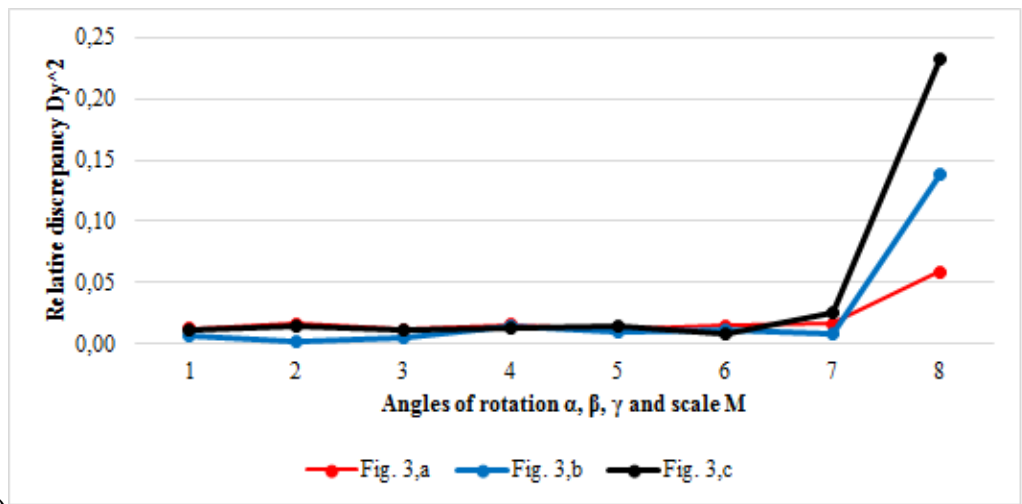
İkinci mərhələdə, AutoCAD sistemindən istifadə edərək orijinal təsvirlər $M=0.75$ miqyasında dəyişdirildi. Sonra birinci mərhələdə olduğu kimi, təsvirlər α, β, γ bucaqlarında fırlandı və birləşmələri cədvəl 4.1.2-də göstərilmişdir. Nəticədə 8 yeni təsvir əldə edilmişdir. Sonra ətalət momentləri ($Z_{X^2_meas}, Z_{Y^2_meas}, Z_{XY_meas}, Z_{X^3_meas}, Z_{Y^3_meas}, Z_{X^2Y_meas}, Z_{XY^2_meas}$) ölçülmüşdür; Təsvir informasiyası üçün (4.1.16) ÷ (4.1.22) formullarından istifadə edərək ($Z_{X^2_calc}, Z_{Y^2_calc}, Z_{XY_calc}, Z_{X^3_calc}, Z_{Y^3_calc}, Z_{X^2Y_calc}, Z_{XY^2_calc}$) ətalət momentləri hesablanmışdır; (4.1.46) formullarından müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərqləri (D) hesablamaq üçün istifadə olunur.

Şəkil 4.1.6-da (D) nisbi fərqlərinin $M=0.75$ miqyasından asılılığının və $Z_X^2, Z_Y^2, Z_{XY}, Z_X^3, Z_Y^3, Z_{X^2Y}, Z_{XY^2}$ ətalət momentləri üçün müvafiq olaraq α, β, γ fırlanma bucaqlarının qrafikləri verilmişdir.

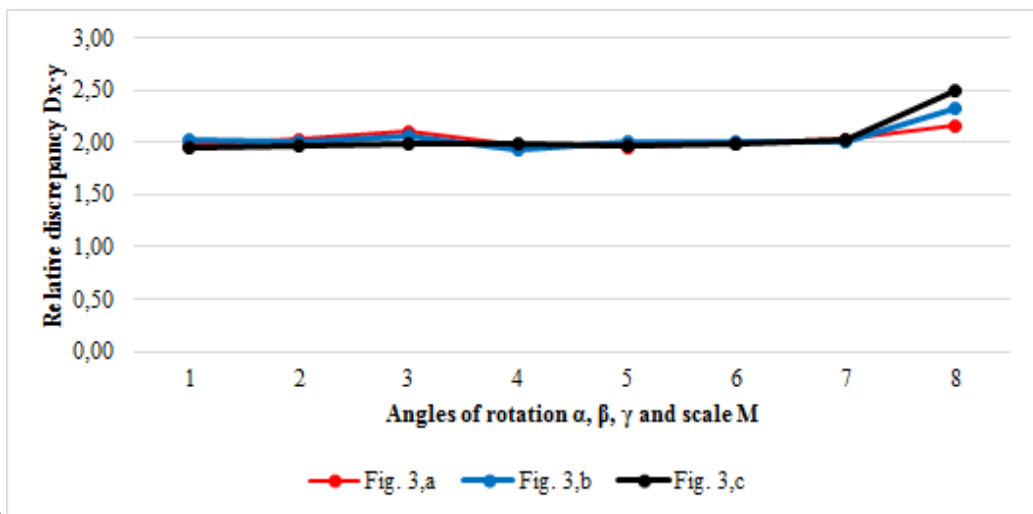
Üçüncü mərhələdə, AutoCAD sistemindən istifadə edərək orijinal təsvirlər $M=1.5$ miqyasında dəyişdirildi. Sonra, birinci mərhələdə olduğu kimi təsvirlər α, β və γ bucaqlarında fırlandı və birləşmələr cədvəl 4.1.2-də göstərilmişdir. Nəticədə 8 yeni təsvir əldə edildi. Sonra ətalət momentləri ($Z_{X^2_meas}, Z_{Y^2_meas}, Z_{XY_meas}, Z_{X^3_meas}, Z_{Y^3_meas}, Z_{X^2Y_meas}, Z_{XY^2_meas}$) ölçüldü. 4.1.16 ÷ 4.1.22 formullarından istifadə edərək 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. (4.1.46) düsturundan müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərq (D) hesablamaq üçün istifadə olunur.

Şəkil 4.1.7-də nisbi fərqlərin (D) $M=1.5$ miqyasından asılılığının və 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 α, β və γ fırlanma bucaqlarının qrafikləri göstərilir.

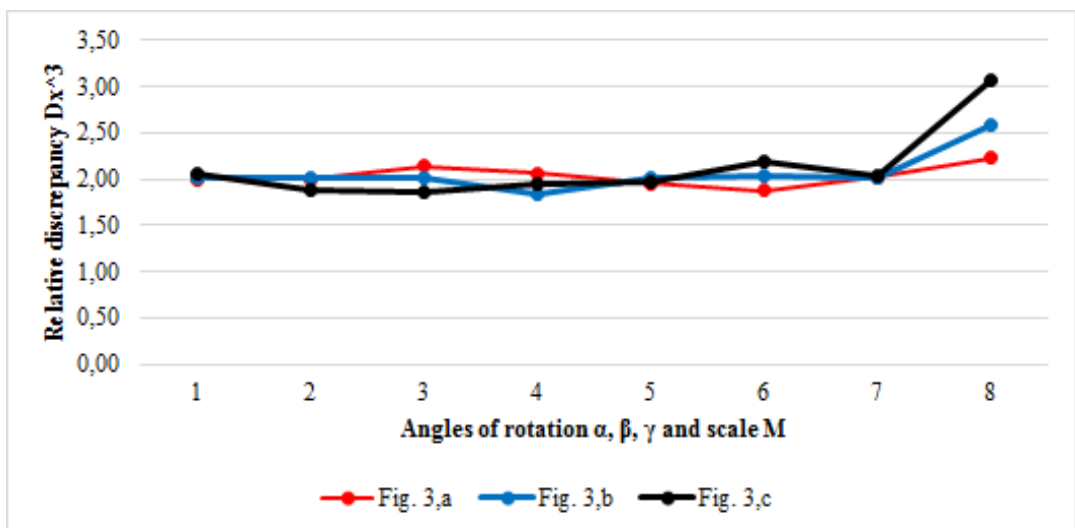




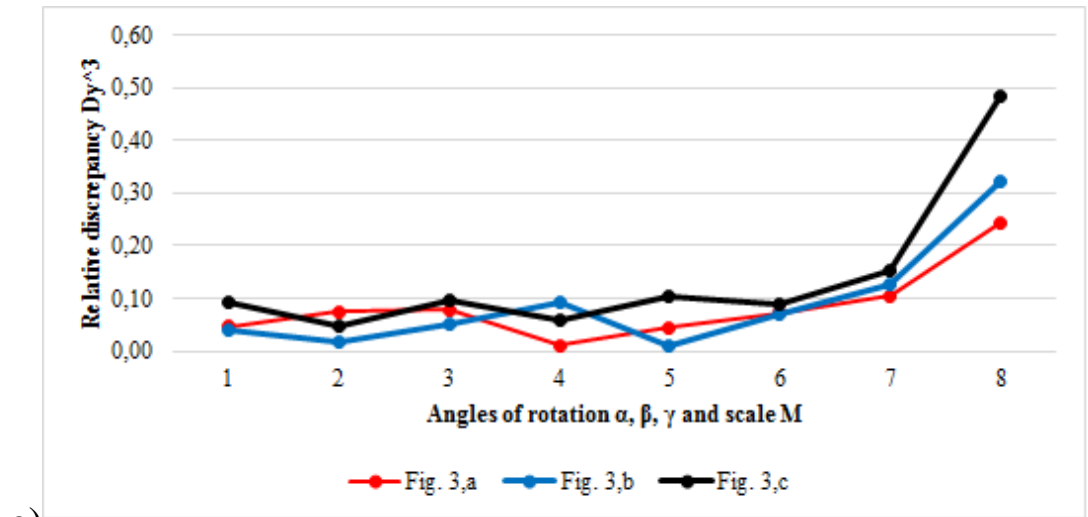
b)



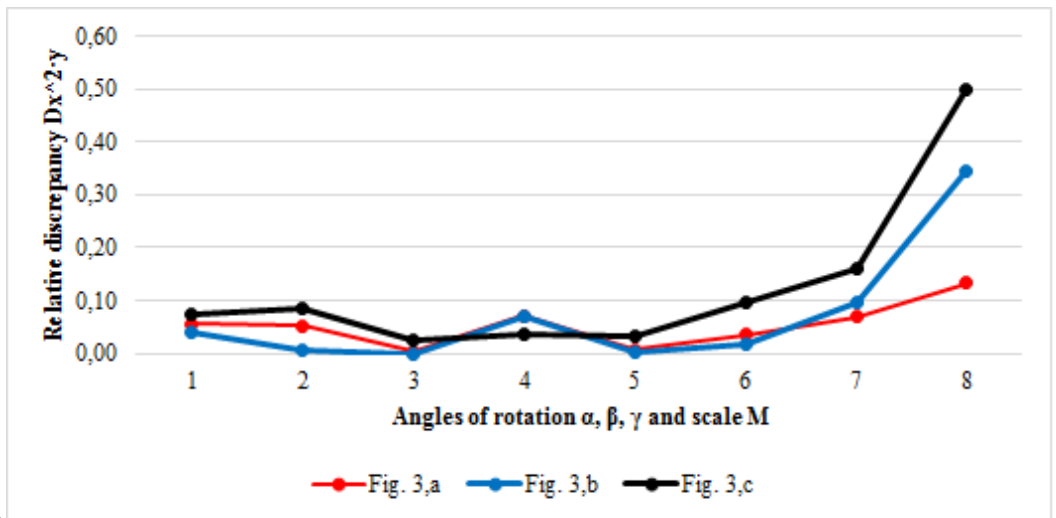
c)



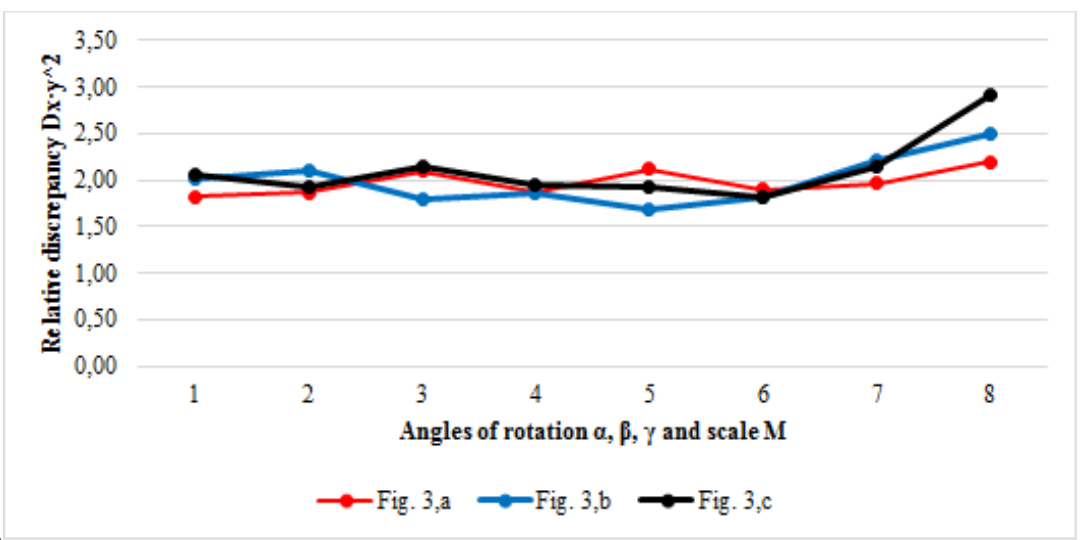
d)



e)

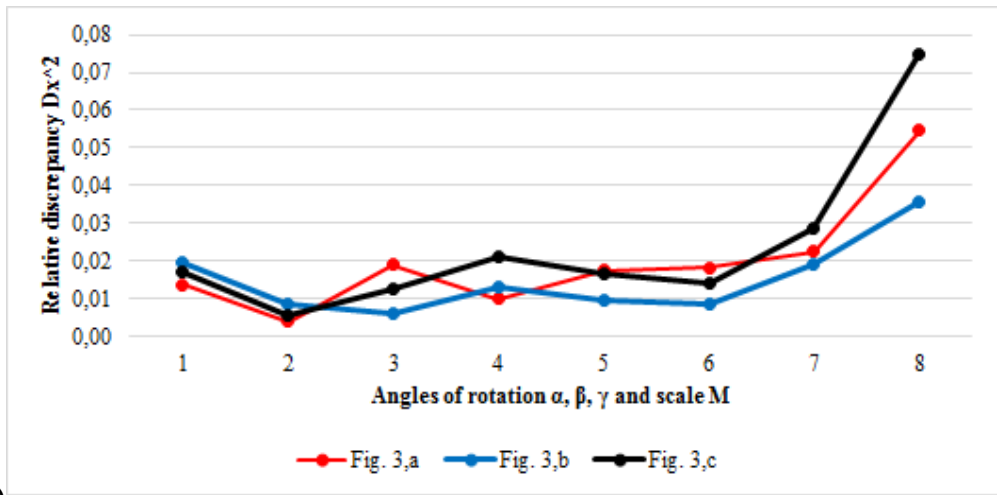


f)

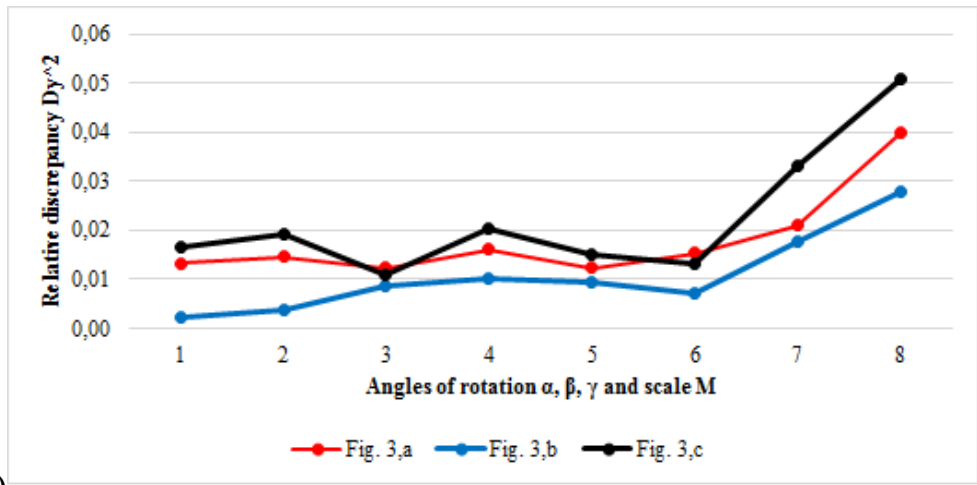


g)

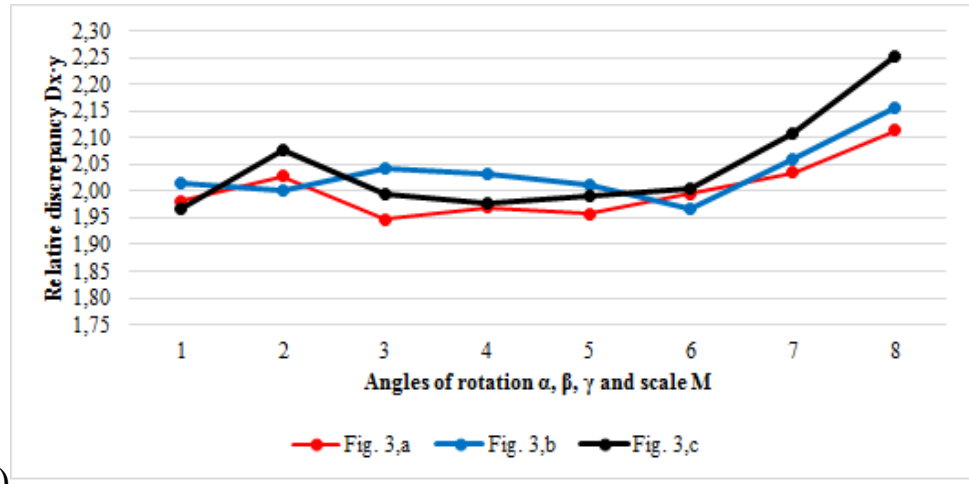
Şəkil 4.1.6 $M=0.75$ -də müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərqiñ asılılığı



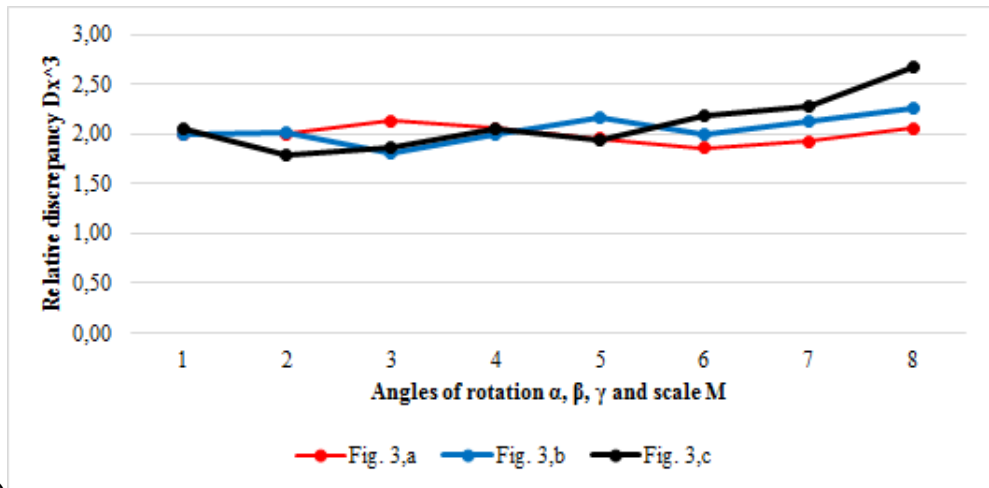
a)



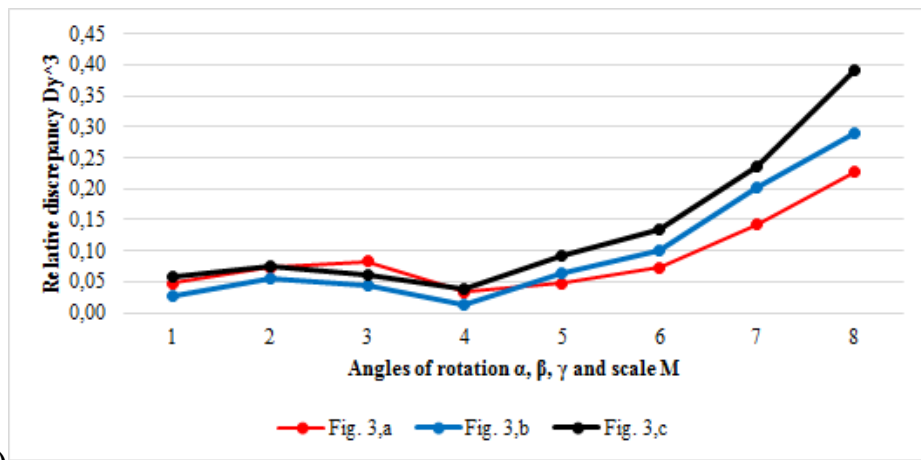
b)



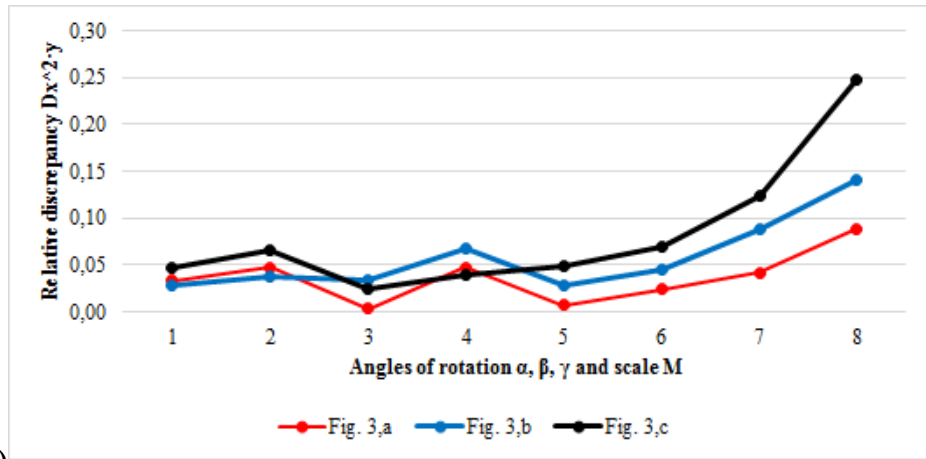
c)



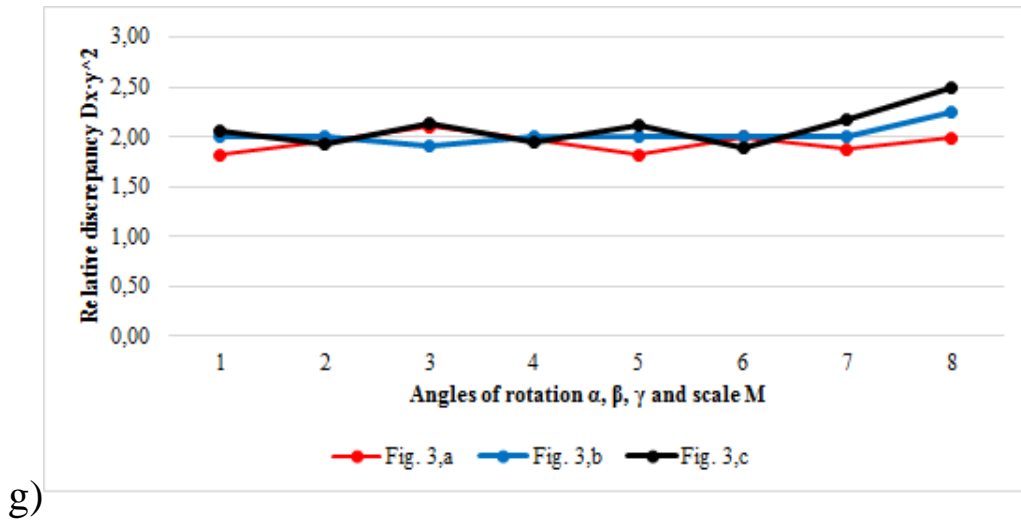
d)



e)

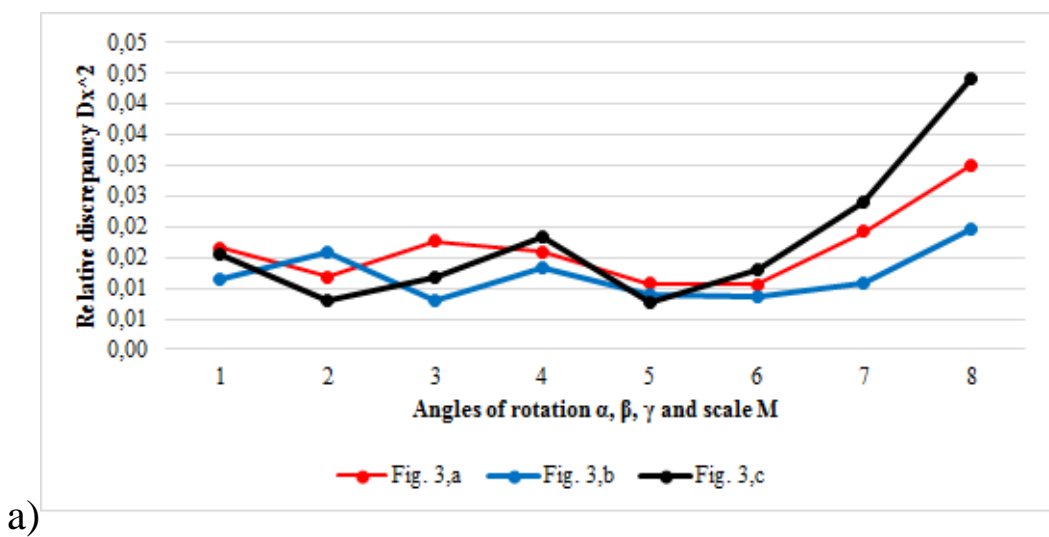


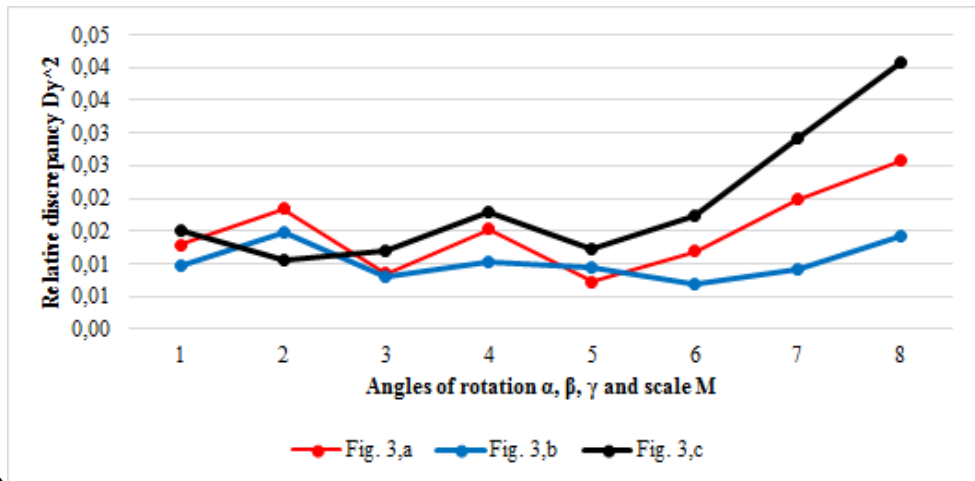
f)



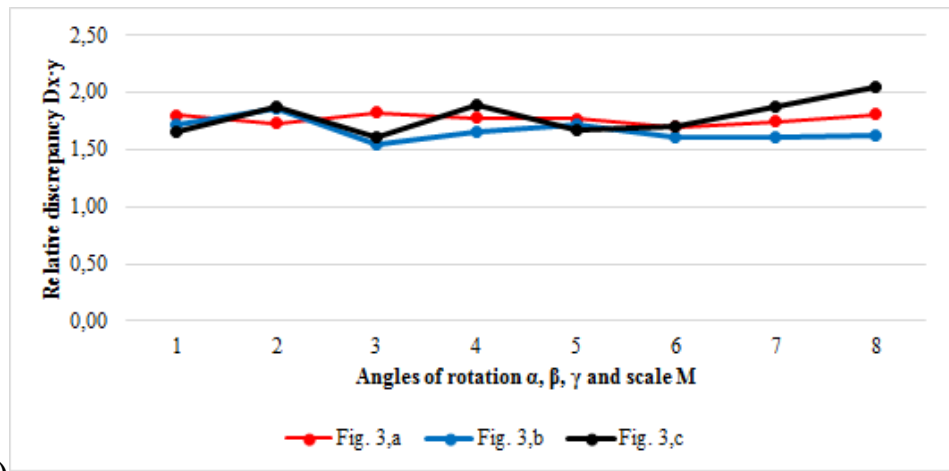
Şəkil 4.1.7 M=1.5-də müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərqin asılılığı

Dördüncü mərhələdə, AutoCAD sistemindən istifadə edərək orijinal təsvirlər $M=2$ miqyasında dəyişdirildi. Sonra, birinci mərhələdə olduğu kimi təsvirlər α, β və γ bucaqlarında fırlandı və birləşmələr cədvəl 4.1.2-də göstərilmişdir. Nəticədə 8 yeni təsvir əldə edildi. Sonra ətalət momentləri ($Z_X^2_{_meas}, Z_Y^2_{_meas}, Z_{XY_meas}, Z_X^3_{_meas}, Z_Y^3_{_meas}, Z_X^2Y_{_meas}, Z_{XY}^2_{_meas}$) ölçüldü. 4.1.16 ÷ 4.1.22 formullarından istifadə edərək 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. (4.1.46) düsturundan müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərq (D) hesablamaq üçün istifadə olunur.

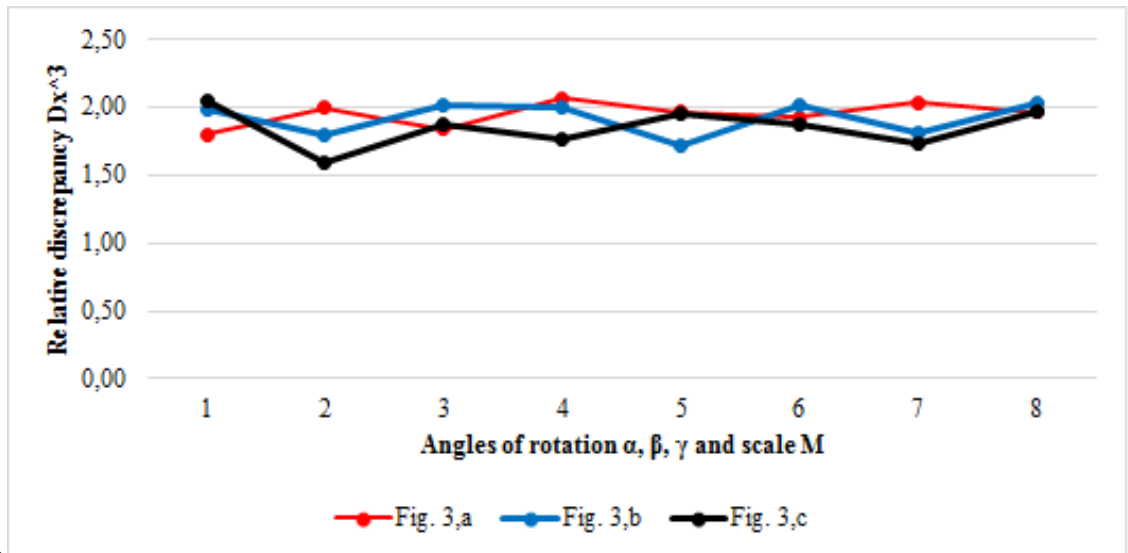




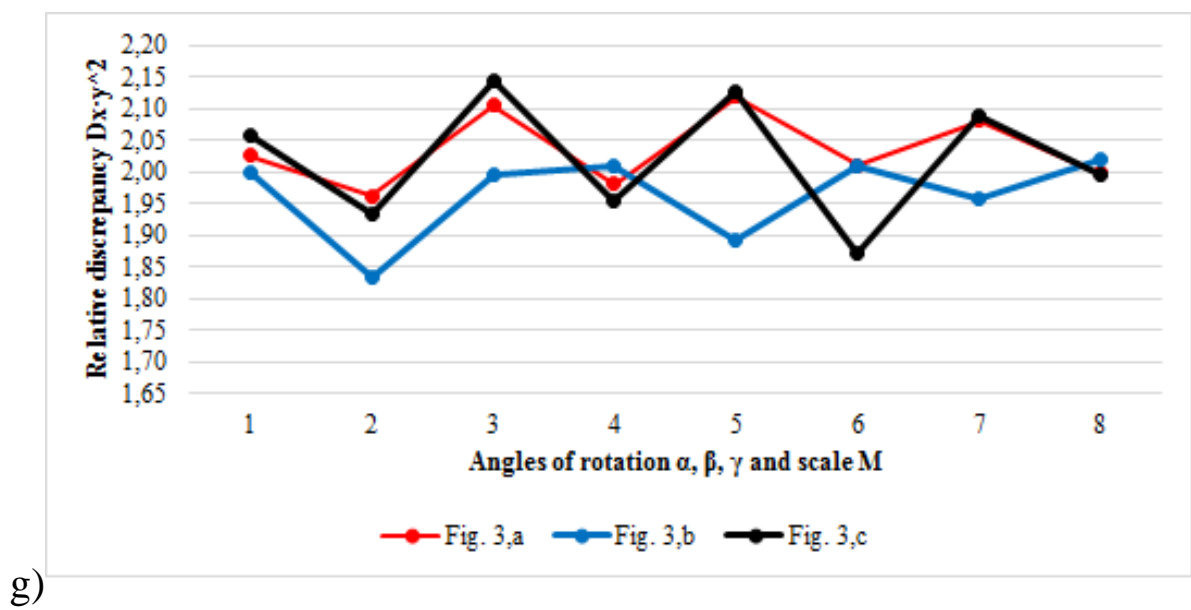
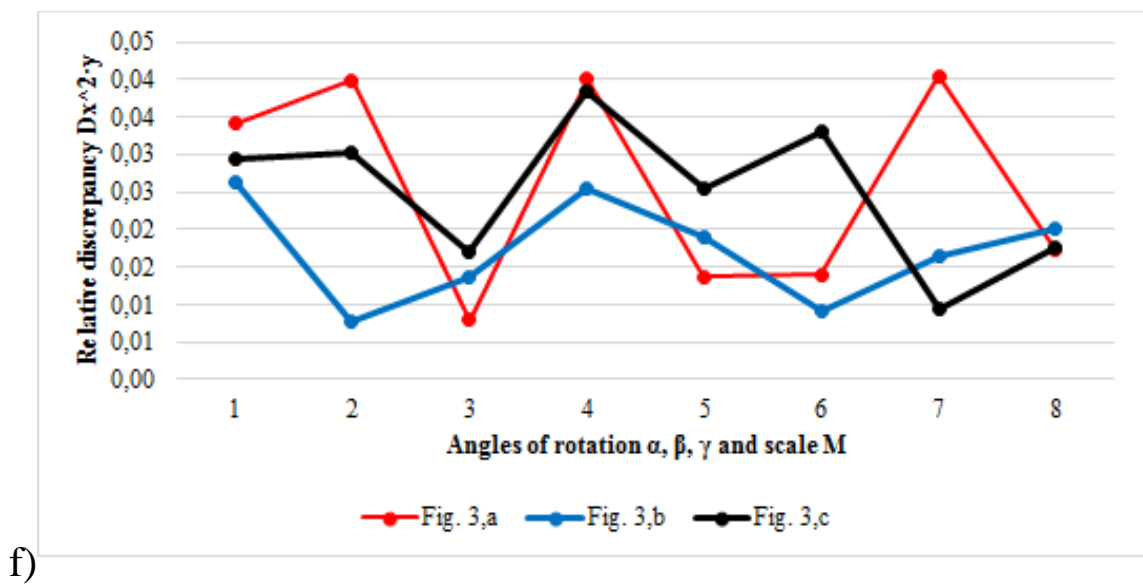
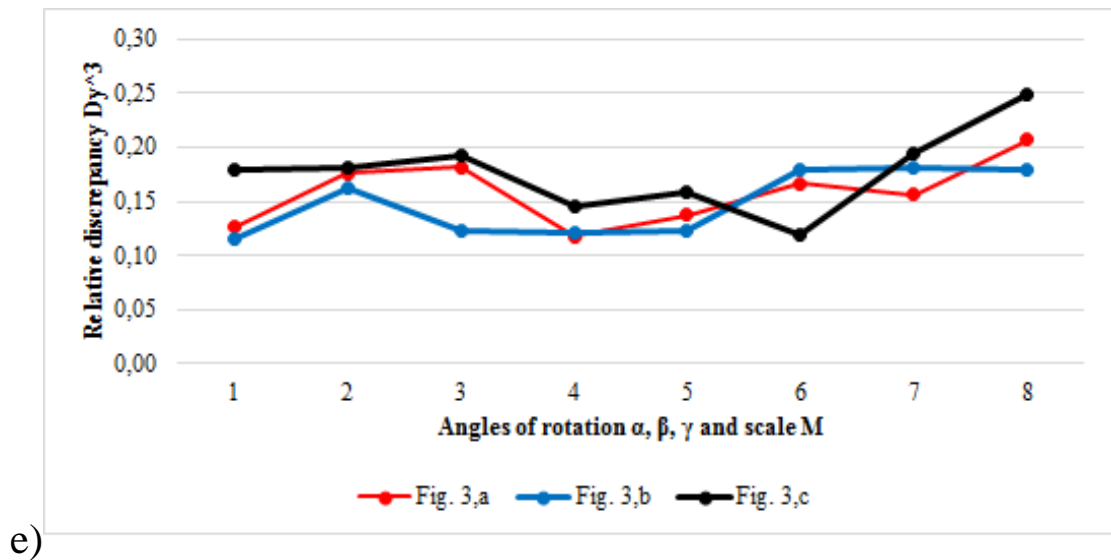
b)



c)



d)



Şəkil 4.1.8 $M=2$ -də müvafiq ətalət momentləri arasındakı nisbi fərqin asılılığı

Şəkil 4.1.8-də nisbi fərqin (D) $M=2$ miqyasından asılılığının və 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 α , β və γ fırlanma bucaqlarının qrafikləri göstərilir.

4.2 Nəqliyyat dəhlizlərinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün pilotsuz təyyarələr tərəfindən 3D obyektlərin tanınması

Yeni İpək Yolu rəsmi olaraq çinlilər tərəfindən “kəmər və yol təşəbbüsü” layihəsi kimi adlandırılıb və Avrasiya qitəsinin 70-ə yaxın ölkəsini əhatə edir. Layihənin konsepsiyası quru və dəniz yolunun inkişafını nəzərdə tutmur. Bunun əvəzinə, əslində Uzaq Şərq və Avropanı birləşdirən geniş ərazidə bütöv bir nəqliyyat və iqtisadi əlaqələrin qurulması sisteminin qurulmasını ehtiva edir. Layihənin inkişafı, qazan-qazan əməkdaşlığı vasitəsilə ümumi inkişaf və faydaların bölüşdürülməsi üçün birgə səydə marşrutlar boyunca bütün ölkələrdən insanları bir araya gətirir [79, s.12-17, 138, 160, s.257-259].

Paralel olaraq “Mərkəzi Asiya Regional İqtisadi Əməkdaşlıq Proqramı” fəal inkişaf edir. Çin, Mərkəzi Asiya və Qafqaz ölkələri arasında tərəfdaşlıq nəqliyyat və enerjinin inkişafına təkan verir, həmçinin Avrasiyanın geniş ərazisində ticarəti asanlaşdırır [153, s.122-127].

Şərqi Asiya ilə Qərbi Avropanı birləşdirən Trans-Avrasiya dəhlizi çərçivəsində Cənubi Qafqazı mərkəzi şəbəkə hesab etmək olar. Bakı-Tbilisi-Qars dəmir yolu kimi infrastruktur layihələri bu marşrutun əhəmiyyətini vurğulayır. Bundan əlavə, Çin və Asiya ölkələrindən Xəzər dənizi vasitəsilə Avropaya malların çatdırılması qısa və rahat yoldur. Mövcud iqtisadi inkişafın coğrafi mövqeyini nəzərə alaraq, Azərbaycan həm transmilli əmtəə mübadiləsi, həm də turizm layihələri üçün mərkəz hesab edilə bilər [148, s.23-27, 150, s.4-8].

Terrorizm yeni bir hadisə deyil. Avropa, Latın Amerikas, Afrika və Asiyanın bir çox ölkələri günahsız mülki insanlara qarşı zorakılıqdan istifadə etmək istəyi ilə məqsədlərinə çatmaq üçün birləşmiş hər cür terror hərəkətləri ilə üzləşiblər. Terrorçular çox vaxt ən çox yayılmış silahlardan biri kimi partlayıcı qurğulardan

istifadə edirlər. Partlayıcı qurğuların hazırlanması haqqında məlumatı kitablarda və digər mənbələrdə asanlıqla əldə etmək olar. Partlayıcı qurğu üçün lazım olan materialları bir çox yerlərdə, o cümlədən müxtəlif məişət texnikası və avtomobil hissələri mağazalarında tapmaq olar. Hücumlərin böyük əksəriyyəti sıx məskunlaşan və ya çox simvolik yerləri hədəf alan, çox vaxt məhdud təlim və hazır silahlarla təkbəşinə fəaliyyət göstərən şəxslər tərəfindən həyata keçirilir [91, s.860-864, 98, s.663-670, 101].

Hazırda bu cür təhlükənin qarşısını almaq üçün çoxlu sayda tədbirlər həyata keçirilir [155, 159, s.373-379]. Lakin 20-ci əsrin sonu və 21-ci əsrin əvvəllərində texnologiyanın sürətli inkişafı, eləcə də iqtisadiyyatın qloballaşması öz məqsədlərinə çatmaq üçün minlərlə insanın həyatını qurban verməyə hazır olan yüksək mütəşəkkil terror qruplarının yaranmasına səbəb oldu. (məsələn, sentyabrın 11-də Nyu-Yorkda Dünya Ticarət Mərkəzinə hücum). Eyni zamanda, meqaterrorizm riski kifayət qədər reallaşmış və nəqliyyat sistemi bütün dünya üzrə təhlükəsizlik xidmətlərinin nəzərində əsas hədəf və yaxud gələcək hücumlar üçün vasitə kimi böyük əhəmiyyət qazanmış. Yüksək texnologiyanın inkişafı mürəkkəb avadanlıqların qiymətlərini aşağı salmağa imkan verdi və "qara bazar"ın qloballaşması hətta orta ölçülü terror təşkilatlarına da avtomobil qiyməti ilə müqayisə oluna biləcək qiymətdə, döyüş pilotsuz uçuş aparatı almaq imkanı verdi [145, s.1755-1757]. Bundan əlavə, bir təşkilatın iştirakçısı üçün döyüş təyyarəsini və ya nəqliyyat vasitəsini idarə etmək üçün təlimlər mövcud olmuşdur.

Qiymətlər həddən artıq yüksəkdir, çünki nəqliyyat sistemində baş verən hər hansı ciddi pozuntu ölkə iqtisadiyyatına ciddi ziyan vura və onun dünyadakı nüfuzunu aşağı sala bilər.

Hazırda dəniz dəhlizlərinin mühafizəsi üçün kifayət qədər effektiv vasitələr hazırlanmışdır. Lakin quru nəqliyyat dəhlizlərində işlər daha bərbaddır. Dəhlizin əhalinin az məskunlaşdığı və ya əlçatmaz ərazilərdə yerləşməsi onun təhlükəsizliyini təmin etməyi çətinləşdirir. Bu, Pilotsuz uçuş aparatının kifayət qədər cəld və (ərazidən istifadə edərək) hiss olunmadan yaxınlaşa, vura və gizlənmə bilməsi ilə əlaqədardır.

Beləliklə, açıq-aydındır ki, nəqliyyat dəhlizlərinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi hər bir ölkənin milli təhlükəsizliyinin əsas vəzifələrindən biridir və olacaqdır.

Dron, pilotsuz uçuş aparatları (PUA), pilotsuz təyyarə sistemləri (PTS) və kiçik pilotsuz təyyarə sistemləri (kPTS) kimi tanınan cihazların qeyri-rəsmi adıdır. Pilotsuz təyyarə sistemləri dedikdə, təyyarə və yerüstü idarəetmə bloku daxil olmaqla, drondan istifadə üçün bütün sistem nəzərdə tutulur, pilotsuz uçuş aparatları isə yalnız nəqliyyat vasitəsinin özünə aiddir. Dron imkanlarına həyatın demək olar ki, bütün sahələrində rast gəlmək olar. Mülki sektorun istiqamətlərindən biri də müxtəlif növ cinayətlərin və terror aktlarının qarşısının alınması üçün pilotsuz təyyarə sistemlərindən istifadə edilməsidir .

Rutin və monoton işi avtomatlaşdırmaq üçün dronlardan istifadə təhlükəsizlik göstəricilərini yaxşılaşdırır, riskləri azaldır və keyfiyyəti yaxşılaşdırır bilər. Bu, həm də işsiz insanların diqqətini daha məsuliyyətli, maraqlı və qazanclı işə fokuslanmağa kömək edəcək.

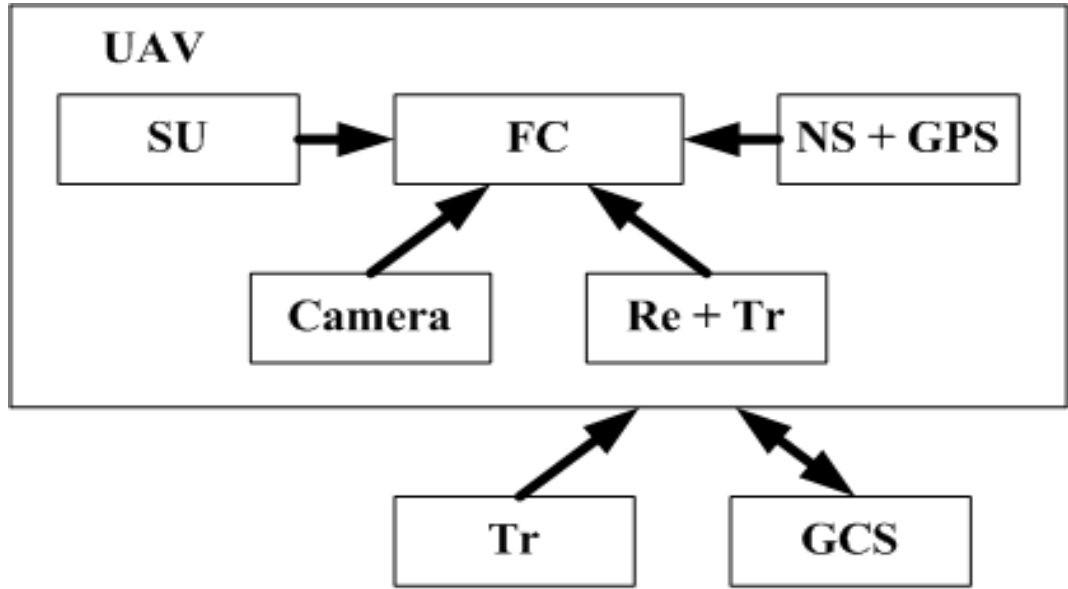
Şəkil 4.2.1-də PTS-nin ümumiləşdirilmiş blok-sxemi təqdim edilir. Əksər pilotsuz təyyarə sistemlərində istifadə edilən standart avadanlıq dəstinə aşağıdakılar daxildir: pilotsuz uçuş aparatlarının idarə edilməsi üçün ötürücü (Tr); idarəetmə signalının qəbul edicisi və faydalı məlumat ötürücüsü (Re+Tr), uçuş kompüter (FC), naviqasiya sistemi (NS+GPS), sensor blok (SU), foto və video çəkiliş üçün kameradan ibarət olan pilotsuz uçuş aparatlarının özü; qəbul edilmiş məlumatların yarı avtonom idarə edilməsi və emalı üçün yerüstü idarəetmə stansiyası (GCS).

Təhlükəsizliyi təmin etmək üçün nəqliyyat dəhlizləri ərazisində şübhəli və ya yad obyektlərin axtarışı və müəyyən edilməsi üçün bu tədqiqat işi 3D obyektlərin tanınması sistemindən istifadə etməyi təklif edir. Sistemin görmə orqanının (yüksək uçan PUA-da yerləşən kamera) köməyi ilə biz yer səthinin ikiölçülü görüntüsünü əldə edirik. Bu təsvirdə aşağı hündürlükdə yerləşən obyektlər də olacaq. Bundan əlavə, bu məlumatlar sonrakı emal üçün yerə ötürüləcəkdir.

Maraq obyekt (OI) əksər hallarda PUA-dan uzaqda olacağına görə (şək. 4.2.2) onun təsviri fırlanma və yerdəyişmə kimi təhriflərə məruz qalacaq. Nəticədə, bütün

həndəsi xüsusiyyətlər güclü şəkildə təhrif ediləcək və həndəsi xüsusiyyətlərlə tanınması daha çətinləşəcəkdir.

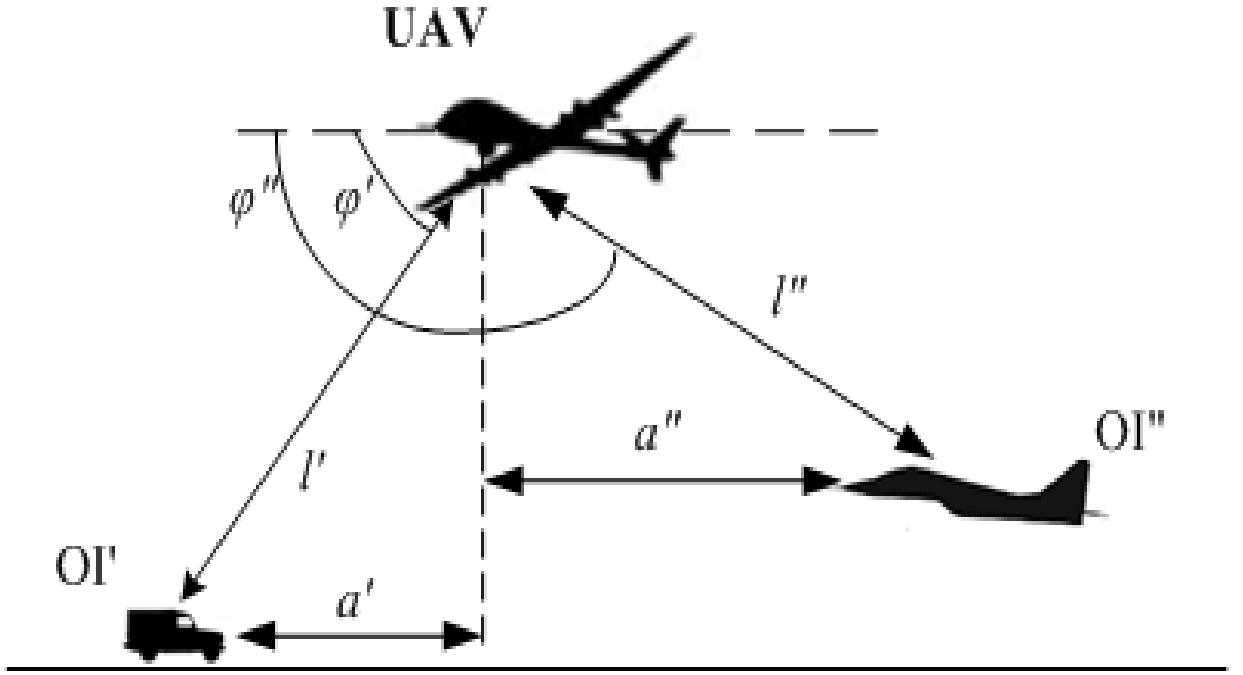
Hal-hazırda, obyektlərin məkan təsvirlərinin tanınması üçün bir çox üsul hazırlanmışdır, lakin onların hər birinin öz çatışmazlıqları var. Beləliklə [39]-da təsvirin paralel ötürülməsi və fırlanması nəzərdən keçirilir ki, bu da məkan yerdəyişmələrinin xüsusi halıdır.



Şəkil 4.2.1 PTS-nin ümumiləşdirilmiş blok-sxemi

[151, s.264-268, 156, s.287-289]-də təhlil istinad nöqtələri ilə aparılır, nömrələnməsi həmişə əldə edilə bilməyən məkan təhrifləri ilə sabit qalmalıdır. [100, s.860-865, 159, s.381-384]-də təsvirin təhlili təhrifedici amillərə ən həssas olan kontur boyunca aparılır.

[135, s.3-6]-də ətalət momentləri əsas əlamətlər kimi qəbul edilir, lakin ətalət momentlərinin xassələrinin təhlili göstərdi ki, ətalət momentləri xüsusiyyət kimi obyektlərin geniş spektri üçün kifayət qədər inteqraldır. Bu, eyni qrupun obyektlərinin tanınmasını çətinləşdirir.



Şəkil 4.2.2 PUA-ya nisbətən maraq obyektlərinin nisbi mövqeyi

Bu tədqiqat işində statistik momentlərdən təsvirin orientirləri kimi istifadə edilməsi və bu prinsip əsasında 3D obyektlərin tanınması üçün effektiv metodun işlənilib hazırlanması təklif olunur.

Fəzada ixtiyari şəkildə yerləşən obyektin tanınmasının yollarından biri onun tərəflərini istinad təsvirləri ilə müqayisə edərək ikiölçülü təsvirlərdən tanımaqdır. Əslində, obyektin tərəfinin təsviri düz qapalı tək konturlu və ya çox konturlu bir fiqurdur. Fəzada ixtiyari yerləşən obyektin tanınması prosesi fəzada ixtiyari yerləşən bir neçə müstəvi fiqurun tanınmasına qədər azaldıla bilər. Müstəvi fiqur bərk cisim olduğundan, onun fəzadakı vəziyyətinin təhlili müstəvi fiqurda yerləşən sabit marker nöqtəsinin mövqeyini təhlil etməklə həyata keçirilə bilər. Bu halda müstəvi fiqurun ixtiyari yerləşməsi və deməli, fəzada marker nöqtəsi müstəvi fiqurun üç koordinat oxu ətrafında fırlanmaları kimi qəbul edilir. Müstəvi fiqurun mövqeyinin təhlili marker nöqtəsinin frontal müstəvidə proyeksiyasının mövqeyini təhlil etməklə həyata keçiriləcək. Bu halda başlanğıc nöqtəsi müstəvi fiqurun mərkəzində yerləşir.

Tədqiqat zamanı [40, s.53-58], frontal müstəvi OX üfüqi oxu ətrafında fırlandıqda, ardınca OY şaquli oxu ətrafında fırlandıqda marker nöqtəsinin proyeksiyasının koordinatlarının dəyişməsindən asılılığı əldə edilmişdir:

$$x_2 = x_0 \cdot \cos \beta \quad (4.2.1)$$

$$y_2 = y_0 \cdot \cos \alpha \pm x_0 \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \quad (4.2.2)$$

Burada, x_0, y_0 – orijinal frontal müstəvidə marker nöqtəsinin koordinatları; x_2, y_2 – iki qat fırlanmadan sonra gözlənilən marker nöqtəsinin koordinatları; α – üfüqi ox ətrafında fırlanma bucağı; β – şaquli ox ətrafında fırlanma bucağı.

Bütün fiqur üçün (4.2.1) və (4.2.2) ifadələrini birləşdirdikdən sonra müstəvi fiqurun fəzada ikiqat fırlanmasından sonra ətalət momentləri üçün ifadələr alırıq:

$$J_{X_2} = \cos^3 \alpha \cdot \cos \beta \cdot J_{X_0} \pm 2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot J_{X_0 Y_0} + \cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \beta \cdot \sin^2 \beta \cdot J_{Y_0} \quad (4.2.3)$$

$$J_{Y_2} = \cos \alpha \cdot \cos^3 \beta \cdot J_{Y_0} \quad (4.2.4)$$

$$J_{X_2 Y_2} = \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta \cdot J_{X_0 Y_0} \pm \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin \beta \cdot J_{Y_0} \quad (4.2.5)$$

Burada: $J_{X_0}, J_{Y_0}, J_{X_0 Y_0}$ – müvafiq olaraq, OX oxu boyunca, OY oxu boyunca orijinal fiqurun ətalət momenti və mərkəzdənqaçma ətalət momenti; $J_{X_2}, J_{Y_2}, J_{X_2 Y_2}$ – müvafiq olaraq, müstəvi fiqurun fəzada ikiqat fırlanmasından sonra OX oxu boyunca, OY oxu boyunca və mərkəzdənqaçma ətalət momenti.

Məlum olduğu kimi [156, s.287-289], kəsik müstəvisində keçən oxların kəsik müstəvisinə perpendikulyar keçən ox ətrafında fırlanması zamanı kəsiyin ətalət momentləri (4.2.6) ÷ (4.2.8) tənlikləri ilə əlaqələndirilir:

$$J_U = J_X \cdot \cos^2 \gamma + J_Y \cdot \sin^2 \gamma - J_{XY} \cdot \sin 2 \gamma \quad (4.2.6)$$

$$J_V = J_X \cdot \sin^2 \gamma + J_Y \cdot \cos^2 \gamma + J_{XY} \cdot \sin 2 \gamma \quad (4.2.7)$$

$$J_{UV} = J_{XY} \cdot \cos 2 \gamma + \frac{J_X - J_Y}{2} \cdot \sin 2 \gamma \quad (4.2.8)$$

Burada: J_X, J_Y, J_{XY} - ilkin oxlara nisbətən kəsiyin ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentləri; J_U, J_V, J_{UV} - fırlanan oxlara nisbətən kəsiyin ox və mərkəzdənqaçma ətalət momentləri; γ – fırlanma bucağı.

(4.2.3) ÷ (4.2.5) ifadələrini (4.2.6) ÷ (4.2.8) tənliklərində əvəz etməklə və müvafiq olaraq J_U, J_V, J_{UV} sabitlərini $J_{X_3}, J_{Y_3}, J_{X_3 Y_3}$ kimi ifadə edərək, fəzada onun üç qat fırlanması zamanı müstəvi fiqurun ətalət momentlərinin dəyişməsinin asılılığını alırıq:

$$J_{X_3} = f(\alpha, \beta, \gamma, J_{X_0}, J_{Y_0}, J_{X_0 Y_0}) \quad (4.2.9)$$

$$J_{Y_3} = f(\alpha, \beta, \gamma, J_{X_0}, J_{Y_0}, J_{X_0 Y_0}) \quad (4.2.10)$$

$$J_{X_3 Y_3} = f(\alpha, \beta, \gamma, J_{X_0}, J_{Y_0}, J_{X_0 Y_0}) \quad (4.2.11)$$

(4.2.9) ÷ (4.2.11) tənliklər sistemini həll etməklə α , β və γ dəyişənləri üçün ifadələr müəyyən edilir.

Tanınma üç mərhələdə həyata keçirilir:

- Birinci mərhələdə obyektin istinad təsviri hesablanmış α , β , γ bucaqları ilə fırladılır. Geri dönmələr aşağıdakı ardıcılıqla edilir: başlanğıcda, γ bucağı altında kütlə mərkəzi ətrafında bir dönmə; absis oxu ətrafında α bucağı ilə sonrakı fırlanma (bu halda ordinat oxu təsvir ilə birlikdə fırlanacaq); və sonda, β bucağı altında fırlanan ordinat ətrafında bir dönmə.

- İkinci mərhələdə miqyas tənzimlənilir. Təyyarədə olan məsafə ölçən alətdən (lazer və ya radio məsafəölçən) istifadə edərək, maraq obyektinə olan məsafə l müəyyən edilir (şək. 4.2.2). Məsafə əsasında obyektin təsvirinin miqyasının dəyişməsi hesablanır. Məsafəölçənlər olmadıqda miqyası naviqasiya sistemindən istifadə etməklə müəyyən edilə bilər. Məsafə dolayı yolla fəzanın müxtəlif nöqtələrində çəkilmiş iki təsvirdən müəyyən edilir. PUA-nın fəzada dəqiq yerini müəyyən etməyə uzununa ox ilə kameranın istiqaməti arasındakı φ bucağının qiyməti kömək edir (şək. 4.2.2). İki şəkildən maraq obyektinə qədər olan məsafəni və buna görə də miqyasını hesablaya bilərsiniz.

- Üçüncü mərhələdə, əldə edilən görüntünün tanınan ilə birbaşa müqayisəsi aparılır. Bunun üçün tanınan təsvirin kütlə mərkəzi çevrilmiş istinad təsvirinin kütlə mərkəzinə azaldılır.

Əgər istinad təsvirlərinin yeni mövqelərindən hər hansı birində üst-üstə düşsə, o zaman tanınmış təsvirin istinada uyğun olduğu qənaətinə gəlinir. Bu zaman α , β və γ kəmiyyətləri cismin fəzada oriyentasiyasını müəyyən edir.

Yəni ilkin hesablamalardan sonra bütün mümkün mövqələrin sadalanması müəyyən sayda mümkün mövqələrlə məhdudlaşır.

Bununla belə, çevrilmiş təsvirdə seçmə təhrifinin olması səbəbindən şəkillərin tam təsadüfi olmayacaq. Bu, öz konturunda ayrı-ayrı piksellərin qiymətlərinin dəyişməsi şəklində özünü göstərir. İstinad və tanınan təsvir arasındakı oxşarlığın ədədi təxmini olaraq, Manxetten məsafəsinin dəyişdirilmiş ölçüsündən istifadə etmək mümkündür [125, s.126-127]:

$$Z = \sum_{i=1}^m |A(x,y)_i - B(x,y)_i| \leq \varepsilon = 2 \cdot P \quad (4.2.12)$$

Burada: $A(x, y)$ və $B(x, y)$ - müvafiq olaraq standart və tanınan təsvirə aid nöqtələrin qiymətləri; x, y – təsvirdəki piksel koordinatları; i – təsvirdəki piksellərin sayı; ε - təsvirlərin ölçüsündən və təhlilin hesablamada xətasından asılı olaraq etimad həddinin qiyməti; P – istinad perimetri.

Bu ölçü təsvirlər arasındakı uyğunsuzluğu, yəni birbaşa müqayisədə uyğun olmayan piksellərin sayını göstərir.

Əgər hər hansı təsvir üçün uyğunsuzluq yol verilən kənara çıxmada çox deyilsə, onda belə nəticəyə gəlinir ki, baxılan təsvir istinad təsvirinə uyğun gəlir və obyekt α, β və γ -a uyğun olaraq fəzada istiqamətləndirilir.

Əldə edilmiş nəzəri nəticələri yoxlamaq üçün kompüter simulyasiyası aparılmışdır.

Təklif olunan metod eyni təbiətli obyektlərin təsvirlərindən istifadə etməklə tədqiq edilmişdir. Uçuş və istənilən döyüş yükünü daşımaq qabiliyyəti əsas xarakter kimi götürülüb. Məsələn, MiQ-25, SU-25 və SU-30 təyyarələri götürüldü.

Şəkil 4.2.3-də bu obyektlərin üfüqi proyeksiyaları olan üç müstəvi fiqur göstərilir. Bu təsvirlər nəzəri olaraq yer səthini davamlı olaraq yoxlayan yüksək uçan PUA tərəfindən əldə edilə bilər. Bu təsvirlər tanınmanın həyata keçirildiyi yerüstü idarəetmə stansiyasının (GCS) məlumat bazasına istinad obyektləri kimi daxil edilir.

Obyektlərin təsvirlərindəki fərqi müəyyən etmək üçün xarakterik olaraq “forma göstəricisi” ρ götürülə bilər:

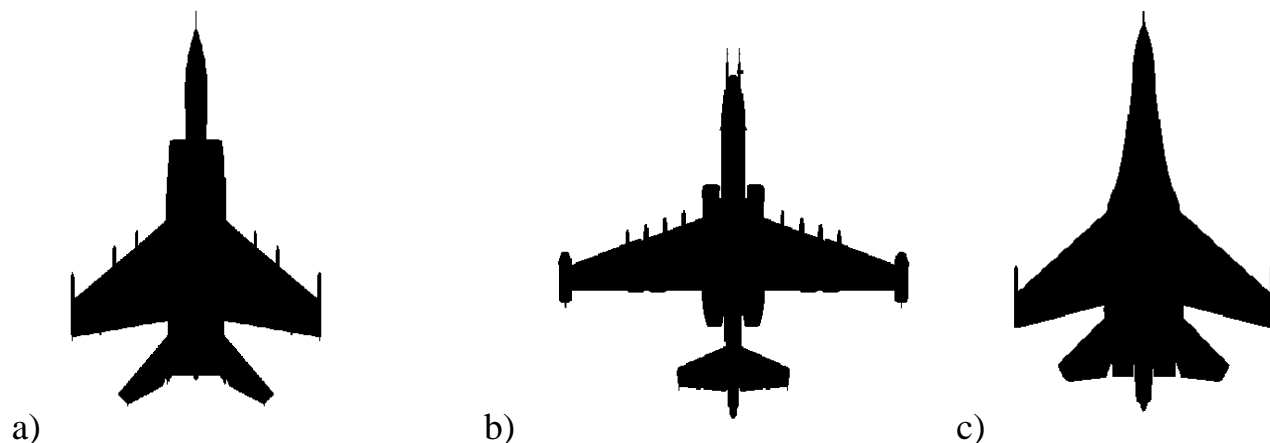
$$\rho = \frac{\text{Perimeter}^2}{\text{Area}}. \quad (4.2.13)$$

Daha ətraflı araşdırma üçün ölçüləri ilə fərqlənən təklif olunan obyektlərin təsvirlərinin bir neçə variantı nəzərdən keçirildi. Cədvəl 4.2.1 nəzərdən keçirilən təsvirlərin əsas parametrlərini ümumiləşdirir.

Maraq obyekti PUA-ya nisbətən dörd mövqedə ola bilər:

1. Maraq obyekti birbaşa PUA-nın altında yerləşir. Bu zaman təsvirin alındığı kameranın perpendikulyar olaraq aşağıya doğru yönəldiyini söyləyə bilərik.
2. Maraq obyekti PUA-dan uzaqda yerləşir, obyektin uzununa oxunun təsviri isə PUA-nın uzununa oxuna paralel və ya üst-üstə düşür.

3. Maraq obyektı PUA-dan uzaqda yerləşir, obyektin uzununa oxunun təsviri isə PUA-nın uzununa oxuna perpendikulyardır.
4. Maraq obyektı PUA-dan uzaqda yerləşir və onun mövqeyi təsadüfidir.



Şəkil 4.2.3 Məlumat bazasından şəkillər:

a – MIG-25; b – SU-25; c – SU-30

**Cədvəl 4.2.1
İstinad təsviri parametrləri**

Təsvir	Obyektin hündürlüyü, piksellə	Obyektin eni, piksellə	Obyekt sahəsi, piksellə	Obyektin forma göstəricisi, (ρ).
Şək.4.2.3,a.	300	190	18646	107
	350	222	25370	
	400	253	32995	
	450	285	41910	
	500	317	51768	
Şək.4.2.3,b.	300	284	20119	153
	350	331	27292	
	400	379	35464	
	450	426	44712	
	500	473	55437	
Şək.4.2.3,c.	300	194	19766	93
	350	226	26772	
	400	258	34794	
	450	291	44113	
	500	323	54378	

Birinci mövqe üçün bir sıra təsvirlər əldə etmək üçün istinad şəkilləri 40° (40° ; 80° ; 120° ; 160° ; 200° ; 240° ; 280° ; 320°) addım ilə γ bucaqları ilə kütlə mərkəzi ətrafında fırlandı. Nəticədə, hər bir formanın hər ölçüsü üçün 8 çevrilmiş təsvir əldə edilmişdir. Alınan təsvirlər əsasında (J_{Xfig}, J_{Yfig}) xətti və (J_{XYfig}) mərkəzdənqaçma momentləri təyin edilmişdir.

Həmçinin bu təsvirlər üçün (4.2.9) ÷ (4.2.11) düsturlarına əsasən J_{X3}, J_{Y3}, J_{X3Y3} ətalət momentləri hesablanmışdır. Təsvirin yalnız bir fırlanma etdiyini nəzərə alsaq, hesablamalar zamanı α və β dəyişənləri 0-a bərabər idi.

İkinci mövqe üçün bir sıra təsvirlər əldə etmək üçün istinad şəkilləri absis oxu ətrafında α bucaqları ilə 10° (10° ; 20° ; 30° ; 40° ; 50° ; 60° ; 70° ; 80°) addımlarla fırladıldı. Nəticədə, hər bir formanın hər ölçüsü üçün 8 çevrilmə edilmiş təsvir əldə edilmişdir. Alınmış təsvirlər xətti (J_{Xfig}, J_{Yfig}) və mərkəzdənqaçma (J_{XYfig}) momentlərini təyin etmək üçün istifadə edilmişdir.

Həmçinin bu təsvirlər üçün (4.2.9) ÷ (4.2.11) düsturlarına əsasən J_{X3}, J_{Y3}, J_{X3Y3} ətalət momentləri hesablanmışdır. Təsvirin yalnız bir fırlanma etdiyini nəzərə alsaq, hesablamalar zamanı β və γ dəyişənləri 0-a bərabər idi.

Üçüncü mövqe üçün təsvirlər toplusunu əldə etmək üçün istinad şəkilləri 10° (10° ; 20° ; 30° ; 40° ; 50° ; 60° ; 70° ; 80°) addım ilə β bucaqları ilə ordinat ətrafında fırlandı. Nəticədə, hər bir formanın hər ölçüsü üçün 8 çevrilmə edilmiş təsvir əldə edilmişdir. Alınmış təsvirlər xətti (J_{Xfig}, J_{Yfig}) və mərkəzdənqaçma (J_{XYfig}) momentlərini təyin etmək üçün istifadə edilmişdir. Həmçinin bu təsvirlər üçün (4.2.9) ÷ (4.2.11) düsturlarına əsasən J_{X3}, J_{Y3}, J_{X3Y3} ətalət momentləri hesablanmışdır. Təsvirin yalnız bir fırlanma etdiyini nəzərə alsaq, hesablamalar zamanı α və γ dəyişənləri 0-a bərabər idi.

Dördüncü mövqe üçün təsvirlər toplusunu əldə etmək üçün istinad şəkilləri kütlə mərkəzi ətrafında γ bucaqlarında 40° -yə bərabər addımla, ardınca üfüqi ox ətrafında α bucaqlarında 10° -yə bərabər addımla və şaquli ox ətrafında β bucaqları ilə 10° -ə bərabər addımla ($10^\circ, 10^\circ, 40^\circ$; $20^\circ, 20^\circ, 80^\circ$; $30^\circ, 30^\circ, 120^\circ$; $40^\circ, 40^\circ, 160^\circ$; $50^\circ, 50^\circ, 200^\circ$; $60^\circ, 60^\circ, 240^\circ$; $70^\circ, 70^\circ, 280^\circ$; $80^\circ, 80^\circ, 320^\circ$) döndərildi. Nəticədə, hər bir formanın hər ölçüsü üçün 8 çevrilmə edilmiş təsvir əldə edilmişdir. Alınmış təsvirlər xətti

(J_{Xfig}, J_{Yfig}) və mərkəzdənqaçma (J_{XYfig}) momentlərini təyin etmək üçün istifadə edilmişdir. Həmçinin bu təsvirlər üçün (4.2.9) ÷ (4.2.11) düsturlarına əsasən J_{X3}, J_{Y3}, J_{X3Y3} ətalət momentləri hesablanmışdır.

Bundan əlavə, Δ mütləq fərq şəkillərdən alınan müvafiq ətalət momentləri arasında və (4.2.9) ÷ (4.2.11) düsturları ilə hesablanmışdır:

$$\Delta_X = |J_{Xfig} - J_{X3}|,$$

$$\Delta_Y = |J_{Yfig} - J_{Y3}|,$$

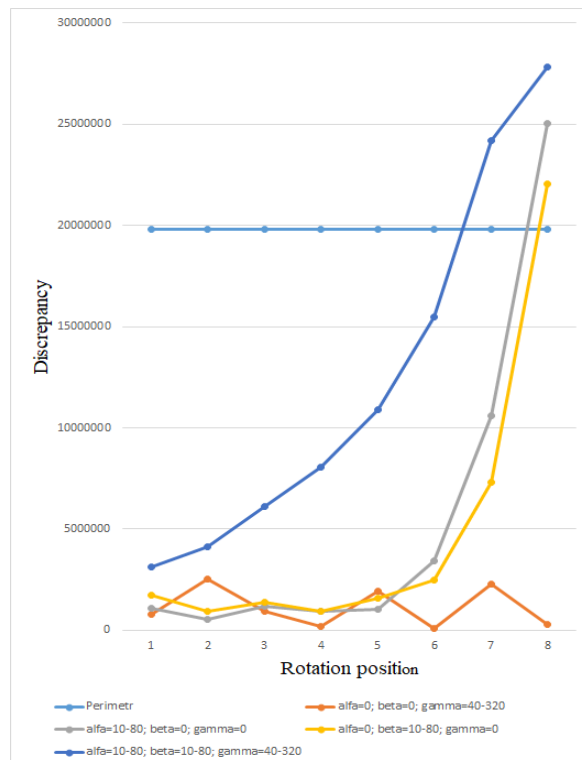
$$\Delta_{XY} = |J_{XYfig} - J_{X3Y3}|. \quad (4.2.14)$$

Şəkil 4.2.4-də şəkil 4.2.3.a üçün göstərilən obyekt üçün ΔX (şəkil.4.2.4, a), ΔY (şəkil.4.2.4, b) və ΔXY (şəkil.4.2.4, c) mütləq fərq orta hesabla dəyişikliklər göstərilir.

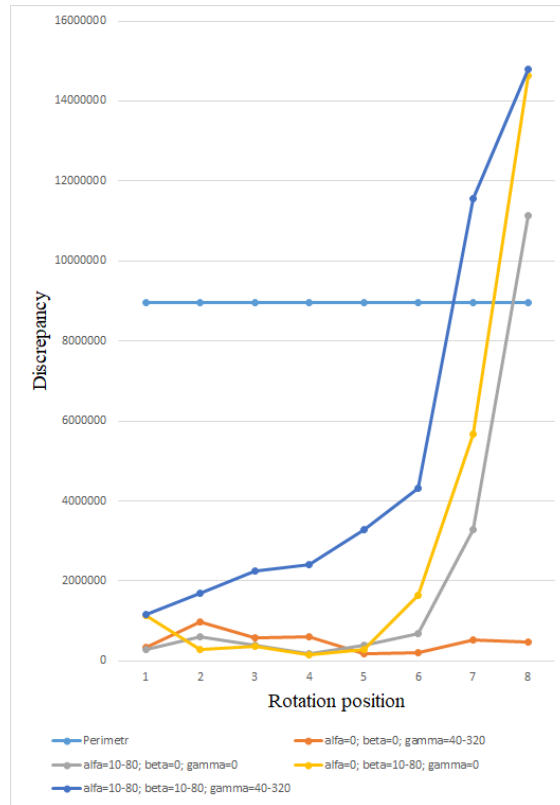
Şəkil 4.2.5-də şəkil 4.2.3.b üçün göstərilən obyekt üçün ΔX (şəkil.4.2.5, a), ΔY (şəkil.4.2.5, b) və ΔXY (şəkil.4.2.5, c) mütləq fərq orta hesabla dəyişikliklər göstərilir.

Şəkil 4.2.6-də şəkil 3.c üçün göstərilən obyekt üçün ΔX (şəkil.4.2.6, a), ΔY (şəkil.4.2.6, b) və ΔXY (şəkil.4.2.6, c) mütləq fərq orta hesabla dəyişikliklər göstərilir.

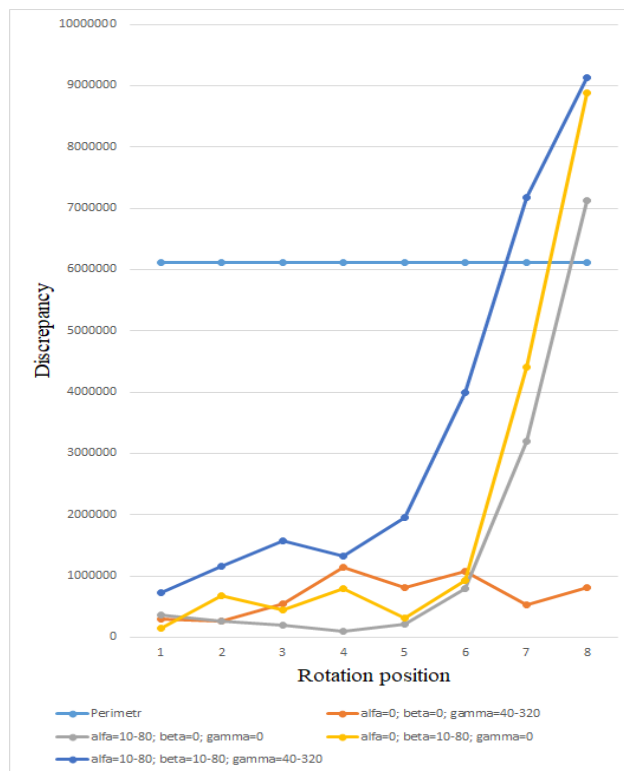
a)



b)

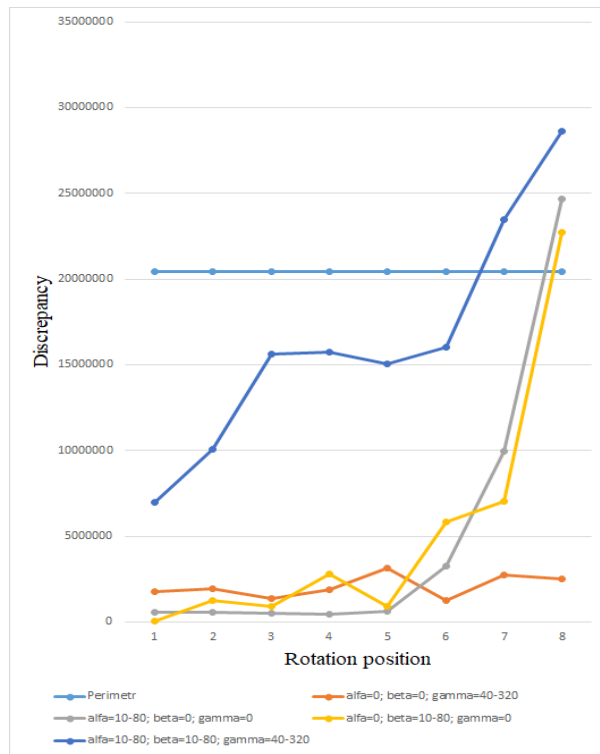


c)

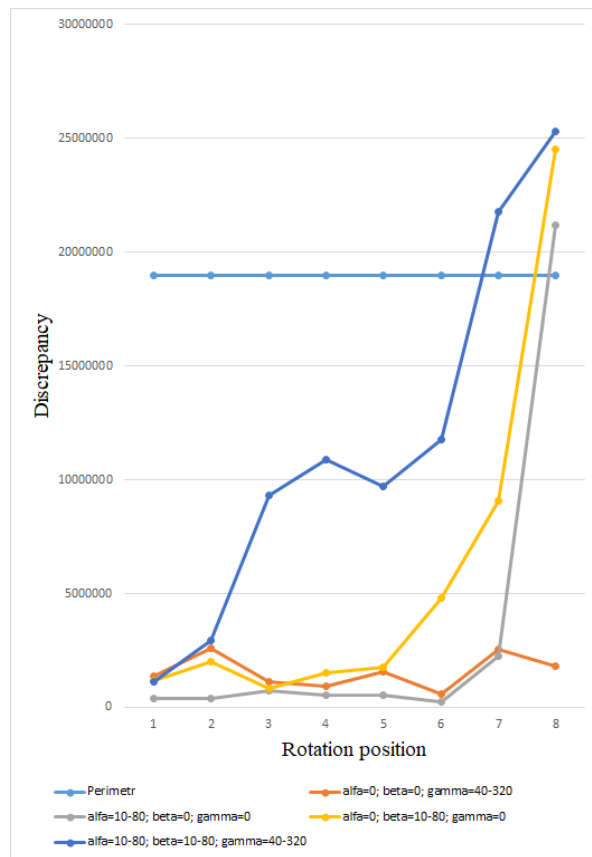


Şəkil 4.2.4 MIQ-25 təyyarəsinin təsviri üçün ətalət momentlərində mütləq fərqin orta dəyişməsi.

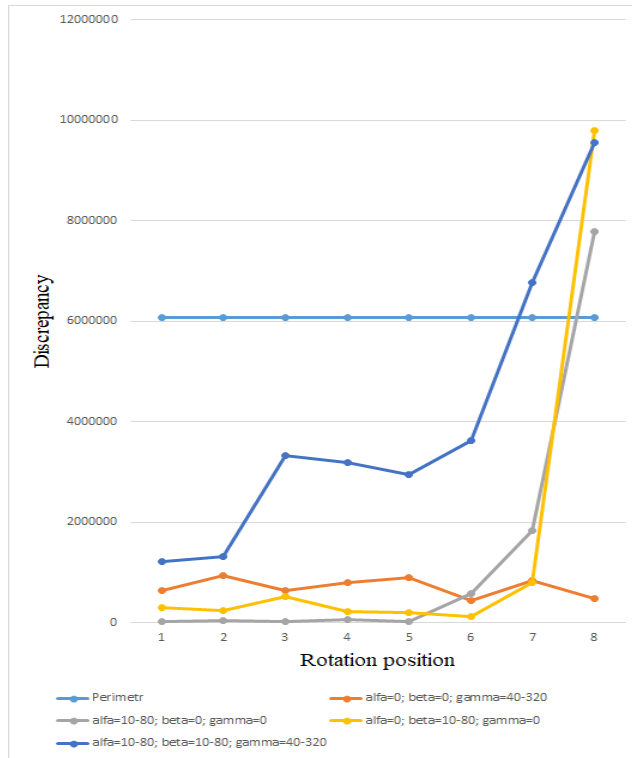
a)



b)

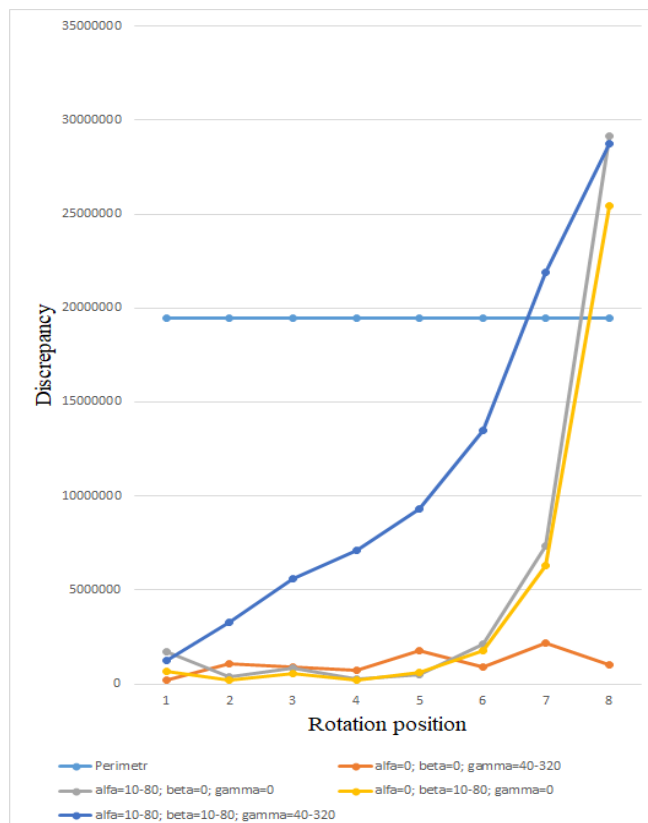


c)

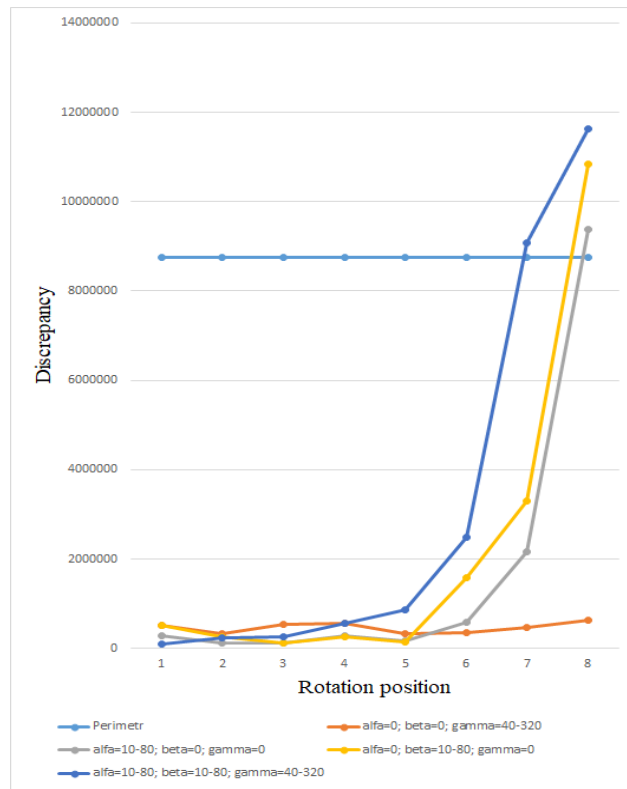


Şəkil 4.2.5 SU-25 təyyarəsinin təsviri üçün ətalət momentlərində mütləq fərqlə orta dəyişikliklər.

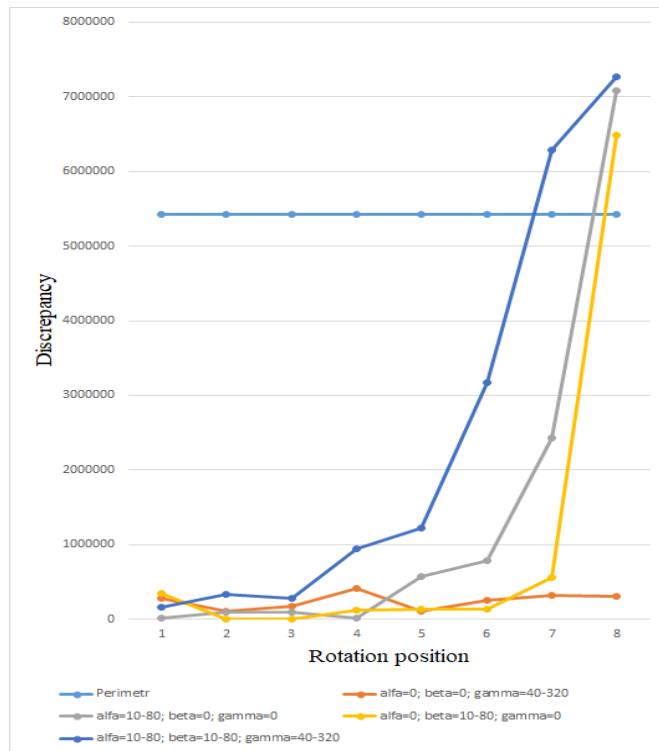
a)



b)



c)



Şəkil 4.2.6 SU-30 təyyarəsinin təsviri üçün ətalət momentlərində mütləq fərqin orta dəyişməsi.

Sadəlik üçün metodun təkliflərinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi Δ qiymətlərinə əsasən aparılmışdır. Yəni, əgər Δ qiyməti həddi keçmirsə, o zaman tanınma etibarlı hesab edilə bilər. Obyektin perimetri istənilən şəkil çevrilmələrinə ən həssas olduğundan perimetrin müvafiq ətalət momenti həddi qiymət kimi seçilmişdir.

4.3 Təsvirlərin tanınmasında obyektlər arasında yaxınlığın ölçülməsinin qiymətləndirilməsi xətasının azaldılması

Çevik avtomatlaşdırılmış istehsalın (ÇAİ) və mobil robotların (MR) effektivliyi əsasən onlara çeviklik və uyğunlaşma təmin edən əsas komponentlərdən biri olan texniki görmə sisteminin (TGS) nümunə tanınmasının (PR) etibarlılığından asılıdır [14, s.175-186, 105, s.521-522, 111, s.275-278, 118, s.279-283, 140, s.11-16, 142, s.429-433, 152, s.966-969]. Nümunələrin tanınmasının etibarlılığının xüsusiyyətləri ölçmə ilə müəyyən edilən obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin düzgünlüyü ilə müəyyən edilir. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin düzgünlüyünə bir çox sabitliyi pozan amillər təsir edir. Bundan əlavə, son xətanın təyini üsulu əlavə xətalara təqdim edir. Təsvirlərin xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin ölçülməsi zamanı yol verilən xətalara, ən mürəkkəb qanuna uyğun olaraq cəmlənərək, kompüter görmə sistemində obyektlərin xüsusiyyətləri arasındakı məsafənin faktiki qiymətinə mütənasib olan obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirməkdə xəta yaradır [17, s.86-89, 23, s.70-72, 39, s.5-6]. Buna görə də, təsvirin tanınmasının etibarlılığının qiymətlərini azaldan bu xətalara çevik avtomatlaşdırılmış istehsalın və mobil robotların geniş tətbiqi üçün texniki görmə sistemlərinin istifadəsinə ciddi maneədir [151, s.267-268, 156, s.288-290].

Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində sisteməlik xətalara minimuma endirilməsinə çoxlu tədqiqatlar həsr olunmuş və onların azaldılması üçün tövsiyələr verilmişdir [40, s.23-35, 61, s.65, 128].

Bununla birlikdə, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində xətalara nəzəri və eksperimental tədqiqatları göstərir ki, bu üsullar gizli təsirlərlə əlaqəli təsadüfi xətalara yekun qiymətləndirilməsinin düzgünlüyünü əhəmiyyətli

dərəcədə artırma bilməz və obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin aktual qiyməti ilə mütənəsnəlik kifayət qədər böyükdür, belə ki bu xətalara minimuma endirmək lazımdır. Bu qeyri-sabitləşdirici amillərin obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində xətalara meydana gəlməsinə təsirinin təbiəti və funksiyasının bizim biliklərimizdən bir qədər fərqli olması səbəbindən yaranır. Məsələn, çeviricinin ötürmə xarakteristikası, bildiyimizin əksinə olaraq, xətti olandan bir qədər fərqlənə bilər və hətta müxtəlif sahələrdə bu qeyri-xəttiliklər dəyər və istiqamət baxımından fərqlidir. Mövcud texnika bunlara qeyri-xəttiliyini aşkar etmək iqtidarında deyil.

Bunun üçün təsadüfi xətalara baş vermə mənbələrini təhlil etmək lazımdır və onların aradan qaldırılması vacibdir. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirməkdə təsadüfi xətalara azaltmaq üsullarının axtarışında sistemətik və təsadüfi xətalara yaranmasının mənbələri kimi müxtəlif sabitliyi pozan amillər təhlil edilmişdir.

Bu amillərin təsiri əlavə, multiplikativ və daha yüksək dərəcəli xətalara yaradır. Sonuncu, mövcud sabitliyi pozan amillərlə yanaşı, ya müəyyən edilməmiş, ya da onların təsirini nəzərə almaq çətindir, ya da bu hərəkətlər ayrı-ayrılıqda o qədər kiçikdir ki, ayrıca nəzərə alınmır. Bununla belə, bu xətalara bir araya toplanır və proqnozlaşdırması mümkün olmayan fərqli qiymətlər və təsadüfi xətalara yaradır. Təcrübələr göstərdi ki, tanınan σ_x və istinad təsvirinin σ_y xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin ölçülməsində təsadüfi xətalara normal qanuna uyğun olaraq paylanır. Bu xətalara və onlar arasındakı ρ - korrelyasiya əmsalı əsasında obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətalara tapmaq mümkündür, sonunda tanınan və istinad təsvirlərinin xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin ölçülməsində təsadüfi xətalara paylanması qanunun tərkibi həmçinin normal qanuna uyğun olaraq paylanmalıdır. Kompüter görmə sistemində bütün xüsusiyyətlər bir ölçmə cihazı ilə və eyni şəraitdə ölçülürsə, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən, ayrı-ayrı xüsusiyyətlərin qiymətlərinin təsadüfi xətalara çıxılmaqla obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində ümumi xətanı əhəmiyyətli dərəcədə azaltmalı idi. [21, s.123-131, 46, s.116-118, 61, s.67].

Bununla belə, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün düsturlarda modul işarəsinin olması obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətlərin formalaşmasına mənfi təsir göstərir. Bu halda mənfi işarəli xətlər müsbətə çevrildiyi üçün obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində xətlərin paylanması kəsilir və təxmin edilən qiymət müsbət istiqamətə keçir. Bu çatışmazlıq, tanınan və istinad təsvirləri o qədər yaxın olduqda ortaya çıxır ki, onların obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü onun dəyərinin qiymətləndirilməsində xətəyə uyğundur. Texniki görmə sistemindən istifadə praktikasında belə hallar çox olduğundan, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin standart kənara çıxmanın dəyərinə uyğun olaraq ortaya çıxan əlavə səhv nümunəyə əhəmiyyətli dərəcədə mənfi töhfə verir. tanınması [112, s. 3739-3745, 157, s.2191-2195].

Buna görə də, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən, onun qiyməti qeyri-müəyyən miqdarda sağ tərəfə köçürülür, bu da nəticəni səhv edir və obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün düsturlarda modul işarəsinin istifadəsi ilə əlaqəli xəta vardır. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün həqiqi dəyəri tanınan və istinad obyektlərinin fərdi xüsusiyyətlərinin qiymətləri arasındakı fərqlərin minimumuna bərabər və ya ondan çox olana qədər yerdəyişmə davam edir. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətlərin belə real paylanması tamamilə Evklid metrikanın müsbət müstəvisindədir. Buna görə də bu sabitliyi pozan amillərin təsirini azaltmaq üçün müxtəlif metod və texnikalardan istifadə etmək əhəmiyyətli təsir göstərmir. Beləliklə, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətlərin birbaşa azaldılması lazımdır. Nümunələrin xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin çoxsaylı ölçülməsindən istifadə etməklə ölçmə nəticələrinin statistik emalının ənənəvi üsullarından istifadə nümunənin tanınması vaxtını artırır ki, bu da arzuolunmazdır.

Buna görə də, təsvirlərin tanınması vaxtı baxımından kompüter görmə sisteminin imkanlarını azaltmayan, xüsusiyyətlərin qiymətlərinin müəyyən sayda təkrar ölçülməsindən istifadə edən alqoritmlərin inkişafı, obyektlər arasındakı yaxınlıq

ölçüsünün qiymətləndirilməsində təsadüfi xətalara səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması aktual məsələdir [112, s.3742-3745, 135, s.8-9].

Məlumdur ki, elmi araşdırmalar təkcə Yer kürəsində deyil, həm də yaşayış olmayan kosmosa, sualtı və digər planetlərə mobil robotlar göndərməklə həyata keçirilir. Göndərilən robotların ətraf mühitə uyğunlaşması və verilən tapşırıqları yerinə yetirməsi üçün ilk növbədə təsvirləri tanımaq vacibdir. Təsvirin tanınmasının etibarlılığının əsas məsələsi real obyektlərdən çəkilməmiş şəkillərlə istinad təsvirləri arasında uyğunluğu tapmaqdır. Amma bəzi hallarda insanın sadalanan yerlərə getməsi mümkün olmadığından istinad şəkilləri əldə etmək və müəyyən təlimlərdən keçmək mümkün olmur. Bu zaman tanınma əməliyyatı yalnız daxil olan real görüntülər əsasında həyata keçirilir. Təsvirin tanınmasının etibarlılığı obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün düzgün hesablanmasından asılıdır. Məlum tanınma və idarəetmə sistemlərində obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü tapmaq üçün müəyyən düsturlardan (məsələn, Manxetten, Evklid, Kanberra və s.) istifadə olunur. Bu düsturlar yüksək dərəcədə inteqrallaşdırılıb və onların hamısı modul işarəsindən istifadə edir. Bu düsturlar inteqrallaşmış olduğundan, fərdi qiymətlərin xüsusiyyətləri nəzərə alınmır. Obyektə ümumi qiymət verilir. Modul işarəsi də onun xarakteristikasını kəsir və müsbət istiqamətə əyilir. Buna görə də, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəqiq qiymətini müəyyən etmək mümkün deyil.

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 xətalara azaltmaq üçün təkrar ölçmələr aparmaq lazımdır ki, bu da emal sürətini azaldır;
4. Ölçmələr zamanı ortaya çıxan kobud xətalara 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 xətalara səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaltması aktualdır məsələdir. Tanınan və istinad təsvirlərinin parametrlərinin birgə paylanması üçün bimodulluq şərtlərinin təhlili göstərdi ki, təsvirlərin tanınması etibarlılığının minimum qəbul olunan qiyməti obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində (σ) xəyata bərabər olan kompüter görmə sisteminin (Δm) qərarı ilə əldə edilir və artım $|\Delta m|/2$ ikiyə bərabər olduqda öz maksimumuna çatır. Nəticə etibarilə, mövcud tərifə uyğun olaraq təsvirin tanınmasının etibarlılığını müəyyən edən əsas parametr obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsindəki xətaadır. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin dəqiqliyi təsvirlərin xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin ölçülməsi zamanı yol verilən xətalara müəyyən edilir. Ən mürəkkəb qanuna əsasən yekunlaşdıraraq, texniki görmə sistemində obyektlərin xüsusiyyətləri arasındakı məsafənin faktiki qiymətinə uyğun olan obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirməkdə xəta yaradırlar. Buna görə də, təsvirlərin tanınmasının etibarlılıq qiymətlərini azaldan bu xətalara yüksək əməliyyat etibarlılığına malik kompüter görmə sisteminin yaradılması yolunda ciddi maneədir [14, s.149-154, 152, s.965-968].

Təsvirlərin tanınması üçün bir alqoritm seçərkən mühüm vəzifə obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün düsturun seçilməsidir. Tanınan (x) və istinad (y) obyektlərinin parametrlərinin ölçülmüş dəyərləri arasındakı fərqlərin (z) inteqral qiyməti müəyyən olunur: $z = F[f(x, y)]$.

Tanınan və istinad təsvirlərin parametrlərinin qiymətləri aşağıdakı formada ölçmə xətalara ehtiva edir: $x = k(x' + \gamma_x x') \pm \Delta x$ və $y = y' + \gamma_y y' \pm \Delta y$, haradaki $x, x', \Delta x, \gamma_x$ və k müvafiq olaraq, müvafiq olaraq, tanınan nümunənin parametrinin ölçülmüş və faktiki qiymətləri, əlavə və multiplikativ ölçmə xətalara və istinad nümunəsinin miqyasına nisbətən qiymətləndirilən tanınmış nümunənin ilkin miqyasında dəyişiklik əmsalı; $y, y', \Delta y$ və γ_y müvafiq olaraq, istinad təsvirin

parametrinin ölçülmüş və faktiki qiymətləri, sonuncunun parametrinin ölçülməsində əlavə və multiplikativ xətalər.

Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirərkən, təsvirlərin parametrlərinin ölçülməsində göstərilən xətalər müəyyən bir qanuna uyğun olaraq yekunlaşdırılır və bununla da nəticə qeyri-dəqiq olur. Buna görə də seçilmiş düstur təkcə hesablama alqoritminin sadəliyini deyil, həm də obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü və tanınan təsvirdə geniş miqyaslı dəyişikliklərə invariantlığı qiymətləndirməkdə minimum xətanı təmin etməlidir.

Hal-hazırda, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün bir çox düsturlar məlumdur. Bununla belə, əksər hallarda, hesablama asanlıqı baxımından obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün adətən Manxetten məsafəsi istifadə olunurdu. Bununla belə, elektronika və kompüter texnologiyasının müasir inkişafı ilə hesablamanın sadəliyi üçün düsturun seçimi əlverişsizdir. Buna görə də, təsvirlərdə xətalara və genişmiqyaslı dəyişikliklərə invariantlıq üçün məlum düsturların təhlili və onlardan ən yaxşısının seçilməsi aktualdır.

Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləri metrik çoxölçülü fəzada məsafələrdir [111, s.275-278]. Buna görə də, obyektlər arasında yaxınlığın ölçüsü x və y nöqtələr ilə müəyyən edilən real say olmalıdır və üçbucaq aksiomunun simmetriya, degenerasiya, qeyri-mənfilik və etibarlılıq xüsusiyyətlərinə malik olmalıdır. Tədqiqatlar göstərdi ki, tapşırıqın belə formalaşdırılması ilə bu düsturlar məsafə anlayışının riyazi tərifinə qoyulan bütün riyazi şərtləri yerinə yetirdi. Ən böyük xəta ilkin istinad təsvirinə ən yaxın olan obyektlərin tanınması zamanı müşahidə olunub, onların birinci və ya qonşu təsvirlərə aidiyyəti müəyyən ehtimalla müəyyən edilib.

Tədqiqatlar göstərdi ki: obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün blokun struktur modeli tanınan və istinad obyektlərinin parametrlərinin ölçülməsi üçün kanalların məkan olaraq ayrılması ilə diferensial cihaz şəklində təqdim olunur. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsi prosesinin riyazi modeli obyektlərin statistik asılı xüsusiyyətlərindən obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətinin analitik funksiyasıdır; Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün

qiymətləndirilməsində yaranan xəta həm də analitik olaraq təsvirlərin parametrlərinin ölçülməsində xətalərin statistik asılı qiymətlərindən asılıdır.

Bu səbəblərdən nümunənin tanınmasının etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün modelin əsas parametri şəkillərin parametrlərinin qiymətlərinin ölçülməsində yaranan xətdir və mövcud üsullar onun qiymətlərinin azaldılmasına yönəldilmişdir.

Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün məlum riyazi model (4.3.6) aşağıdakı formaya çevrilir:

$$\Delta Z = K_F(x) K_f(x)\Delta x - K_F(y) K_f(y)\Delta y \quad (4.3.1)$$

Burada: $K_F(x)$ və $K_F(y)$ müvafiq olaraq, girişlər üzrə obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü qiymətləndirmək üçün blokun çevrilmə əmsalları; $K_f(x)$ və $K_f(y)$ müvafiq olaraq, tanınan və istinad təsvirlərinin xüsusiyyətlərinin qiymətlərinin ölçülməsi üçün kanalların çevrilmə əmsallarıdır.

Bu ifadənin lokal minimumunu təyin edək:

$$K_F(x) K_f(x) + K_F(x)\Delta x + K_f(x)\Delta x - K_F(y) K_f(y) - K_f(y)\Delta y - K_F(y)\Delta y = 0. \quad (4.3.2)$$

Bu şərti yerinə yetirmək üçün aşağıdakılar olmalıdır:

$$\begin{aligned} K_F(x) &= K_F(y), \\ K_f(x) &= K_f(y) \text{ və } \Delta x = \Delta y. \end{aligned} \quad (4.3.3)$$

Verilmiş ilkin şərtlər altında, $m \neq n$, $a \neq b$ olduqda, giriş siqnallarının məkan ayrılması ilə diferensial qurğunun mövcud modeli bu şərtin yerinə yetirilməsi Δx və Δy qiymətlərini ayrı-ayrılıqda azaltmaqla Δz -nin azalmasına səbəb olur.

Normal qanuna görə paylanmış giriş verilənləri ilə Manxetten, Evklid və Kanberra düsturlarından istifadə edərkən obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün (OAYÖ) qiymətləndirilməsində Δx və Δy qiymətlərinin azalmasının xətanın azalmasına təsir dərəcəsini araşdıraraq (Cədvəl 4.3.1 və 4.3.2).

Hər bir halda (Manxetten, Evklid və Kanberra) OAYÖ-nün qiymətləndirilməsində təsadüfi xəta eyni qiymətə $\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$ bərabər olacaq.

Qeyd 1 Manxetten düsturu üçün : $\delta_{xy} = \text{sign}(x_i - y_i)$;

Qeyd 2 Evklid düsturu üçün: $x_i = x_{i0}(1 + \gamma_{ix})k_{ix}$;

Qeyd 3 Kanberra düsturu üçün: $y_i = y_{i0}(1 + \gamma_{iy})k_{iy}$, $\delta_k = \text{sign}(z_i)$ və $k_i = \frac{1}{(x_i + y_i)^2}$.

Cədvəl 4.3.1

Manxetten, Evklid və Kanberra düsturlarının giriş məlumatları ilə normal qanuna görə paylanma

OAYÖ-nün hesablanma düsturları		OAYÖ-nü hesablanmasında additiv xətlər
<i>Düsturun adı</i>	<i>Düstur</i>	
Manxetten Məsafəsi	$z = \sum_{i=1}^n x_i - y_i $	$\Delta z_i = \Delta x_i \text{sign}(\Delta x_i) - y_i \text{sign}(\Delta y_i) $
Evklid Məsafəsi	$z = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right)^{0,5}$	$\Delta z_i = \Delta x_i \text{sign}(\Delta x_i) - y_i \text{sign}(\Delta y_i) $
Kanberra Məsafəsi	$z = \sum_{i=1}^n \frac{ x_i - y_i }{ x_i + y_i }$	$\Delta z_i = \frac{ \Delta x_i \text{sign}(\Delta x_i) - \Delta y_i \text{sign}(\Delta y_i) }{ x_i + y_i + \Delta x_i + \Delta y_i }$

Cədvəl 4.3.2

Manxetten, Evklid və Kamberra düsturlarının giriş məlumatları ilə normal qanuna görə paylanma

OAYÖ-nün hesablanma düsturları	OAYÖ-nü hesablanmasında multiplikativ xətlər
<i>Manxetten Məsafəsi</i>	$dz_i = \delta_{xy} x_{i\partial} (1 + \gamma_{ix}) dk_{ix} + \delta_{xy} x_{i\partial} \gamma_{ix} dk_{ix} - \delta_{xy} y_{i\partial} (1 + \gamma_{iy}) dk_{iy} - \delta_{xy} y_{i\partial} \gamma_{iy} dk_{iy}$
<i>Evklid məsafəsi</i>	$\Delta z_i = 2(x_i - y_i) [x_{i\partial} (1 + \gamma_{ix}) dk_{ix} - x_{i\partial} d\gamma_{ix} dk_{ix}] - 2(x_i - y_i) [y_{i\partial} (1 + \gamma_{iy}) dk_{iy} \delta_{xy} + y_{i\partial} d\gamma_{iy} dk_{iy}]$
<i>Kanberra məsafəsi</i>	$\Delta z_i = k_i [y_i x_{i\partial} (1 + \gamma_{ix}) dk_{ix} \delta_k + y_i x_{i\partial} d\gamma_{ix} k_{ix} \delta_k - y_{i\partial} x_i (1 + \gamma_{iy}) dk_{ix} \delta_k - y_i x_{i\partial} d\gamma_{iy} k_{iy} \delta_k]$

Bu ifadələri emal edərək ümumiləşdirilə bilər ki, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün dəyərinin qiymətləndirilməsində əlavə və multiplikativ xətlər aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$\Delta Z_a = \Delta x_i \text{sign}(\Delta x_i) - \Delta y_i \text{sign}(\Delta y_i), \quad (4.3.4)$$

$$\begin{aligned} \Delta Z_m = & \text{sign}(\Delta K_x) f(\Delta x) \Delta K_x - \text{sign}(\Delta K_y) f(\Delta y) \Delta K_y + \\ & + \text{sign} \Delta_x f(\Delta K_x) \Delta_x - \text{sign} \Delta_y f(\Delta K_y) \Delta_y, \end{aligned} \quad (4.3.5)$$

Burada: ΔK_x , ΔK_y , Δ_x və Δ_y – müvafiq olaraq multiplikativlik əmsalı və x və y parametrlərin ölçülməsində sistemik xətlərin dəyişən komponentlərinin nisbi qiymətləri; Δx_i , Δy_i və $\text{sign}(\cdot)$ – müvafiq olaraq təsvirlərin parametrlərinin ölçülməsində əlavə xətlər və onların polyarlığı.

Nanotexnologiyaların, informasiya texnologiyalarının və kompüterlərin müasir inkişafı mövcud düsturlardan imtina edərək, obyektlər arasında yaxınlığın ölçüsünü qiymətləndirməyə daha intellektual yanaşmaya imkan verir, məlum və müqayisə edilə bilən təsvirlərin hər bir parametrlərinin qiymətlərinin ölçülməsində xətlərin təhlili üçün yeni metodologiyaların işlənilib hazırlanmasına imkan verir. 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 tapır [111, s.278, 142, s.431-432].

Manxetten düsturuna əsasən, giriş və istinad parametrləri bir-biri ilə uyğunluq üçün yoxlanılır [152, s.968]:

$$Z = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (4.3.6)$$

Çünki σ_x və σ_y normal paylanma qanuna tabe olduğu üçün, σ_z -də normal paylanma qanuna tabe olacaqdır. Buna görə də, giriş və istinad parametrləri arasındakı fərqi bu paylanmanın hansı hissəsinə düşdüyünü öyrənmək lazımdır. Giriş və istinad parametrləri arasındakı fərq $a = x_i - y_j$ bərabərdir. x və y parametrləri n dəfə ölçülür, adətən x -in hər bir qiyməti üçün y -in hər bir qiyməti ilə yoxlanılır. Yəni :

$$\begin{array}{cccc}
x_1 - y_1, & x_1 - y_2, & \dots & x_1 - y_n \\
x_2 - y_1, & x_2 - y_2, & \dots & x_2 - y_n \\
\dots & \dots & \dots & \dots \\
x_n - y_1, & x_n - y_2, & \dots & x_n - y_n
\end{array} \tag{4.3.7}$$

a parametr fərqi hər $0.5 \cdot \sigma_z$ addımında $-3 \cdot \sigma_z$ - $+3 \cdot \sigma_z$ diapazonda ($[-3 \cdot \sigma_z, -2.5 \cdot \sigma_z]$, $[-2.5 \cdot \sigma_z, -2 \cdot \sigma_z]$, $[-2 \cdot \sigma_z, -1.5 \cdot \sigma_z]$, $[-1.5 \cdot \sigma_z, -\sigma_z]$, $[-\sigma_z, -0.5 \cdot \sigma_z]$, $[-0.5 \cdot \sigma_z, 0]$, $[0, 0.5 \cdot \sigma_z]$, $[0.5 \cdot \sigma_z, \sigma_z]$, $[\sigma_z, 1.5 \cdot \sigma_z]$, $[1.5 \cdot \sigma_z, 2 \cdot \sigma_z]$, $[2 \cdot \sigma_z, 2.5 \cdot \sigma_z]$ və $[2.5 \cdot \sigma_z, 3 \cdot \sigma_z]$) yoxlanılır. Əgər a parametri həmin aralığa düşmürsə, proqram təminatı onun digər diapazonlara düşüb-düşmədiyini yoxlayır. Bir intervalın düşməsi halında, a parametrinin qiyməti kimi, aralığın ən kiçik qiyməti qəbul edilir və ümumi girişə göndərilir və mümkün kənarlaşmalar minimuma endirilir. Ölçmə texnikasında $\pm 3 \cdot \sigma$ -ya qədər ölçmə xətalrı qəbul olunandır. Bu xətdən daha böyüklər kobud xəta kimi kənarlaşdırılır. Buna görə də a parametrinin $-3 \cdot \sigma_z$ -dan kiçik, $+3 \cdot \sigma_z$ -dan böyük qiymətləri nəzərə alınmır. Daha sonra $[-3 \cdot \sigma_z, 0]$ və $[0, +3 \cdot \sigma_z]$ aralığında a -lar toplanır və ölçmələrin sayına bölünərək orta qiymət tapılır. Yekun qiymətlər Manxetten düsturu ilə ümumi qaydada daxilində təklif olunan alqoritmin işləməsi ilə hesablanır. Təkrar ölçmələrin sayını n yerinə NK kimi qəbul edirik. NK parametrinin qiymətləri 1 ilə n arasında dəyişir. Alqoritmin müxtəlif sayda ölçmə əməliyyatlarında özünü necə idarə etməsi bizim üçün maraqlıdır. Yəni nəticə əslində "0" olmalıdır. Çünki X və Y massivləri əvvəlcədən eyni yerdən qəsdən götürülür. Sadəcə olaraq xəta ilə gəldiklərinə və modul işarəsi ilə toplandıqlarına görə sıfırdan fərqlənirlər. Riyazi statistikaya görə, təkrar ölçmələrin sayı nə qədər çox olarsa, təsadüfi xətalarda bir o qədər kiçik olur. Lakin düsturda modul işarənin olması bu qaydanı xeyli zəiflədir. Beləliklə, təkrar ölçmələrin effektivliyi itir. Odur ki, nisbətən az sayda təkrar ölçmə apararaq interval analizindən istifadə həm tanınma sisteminin sürətini ləngidir, həm də bu proqramda öz əksini tapmış müvafiq dəqiqliyə malikdir. Alqoritmədə zm (*Manxetten*) və zk (*təklif olunan*) qiymətlərinin n -in maksimum qiymətində alınan uyğun qiymətlərə daha yaxın olduğunu söyləmək daha məqsəduyğundur.

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 xətalrı ölçmələrin bir daha NK dəfə təkrarlanması ilə hesablanır.

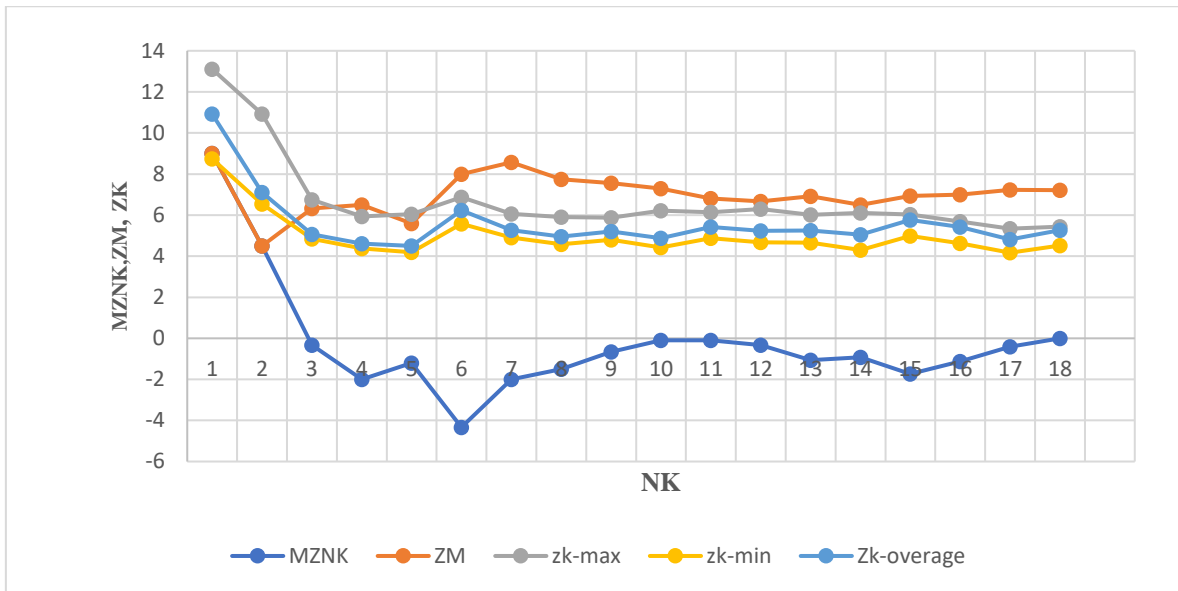
Əvvəlcə, cari a parametrinin minimum qiyməti ilə əldə edilmiş Cədvəl 4.3.3 və Şəkil 4.3.1-i təhlil etdikdə belə görünür ki, təkrar NK ölçmələri yerinə yetirməklə təklif olunan alqoritm nəticəsində təsadüfi ölçmə xətası daha kiçik olur və onu variantlar arasında ən yaxşısı hesab etmək olar.

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 görüldüyü kimi, təklif olunan alqoritmin 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 4.3.1 İstinad və giriş parametrlərinin təkrar ölçmələrinin sayı eyni olduqda əldə edilən nəticələr

Cədvəl 4.3.3
İstinad və giriş parametrlərinin təkrar ölçmələrinin sayı eyni olduqda əldə edilən nəticələr

<i>NK</i>	<i>MZNK</i>	<i>ZM</i>	<i>ZK_{min}</i>	<i>ZK_{overage}</i>	<i>ZK_{max}</i>
1	9	9	8,74	10,92	13,11
2	4,5	4,5	6,55	7,1	10,92
3	-0,33	6,33	4,85	5,07	6,74
4	-2	6,5	4,37	4,61	5,94
5	-1,2	5,6	4,19	4,5	6,04
6	-4,33	8	5,58	6,23	6,87
7	-2	8,57	4,91	5,26	6,06
8	-1,5	7,75	4,58	4,96	5,9
9	-0,66	7,55	4,8	5,2	5,88
10	-0,1	7,3	4,42	4,87	6,21
11	-0,09	6,81	4,88	5,42	6,14
12	-0,33	6,67	4,67	5,23	6,29
13	-1,07	6,92	4,66	5,25	6,02
14	-0,93	6,5	4,3	5,05	6,11
15	-1,73	6,93	4,99	5,77	6,03
16	-1,125	7	4,63	5,42	5,68
17	-0,411	7,23	4,17	4,81	5,34
18	0	7,22	4,52	5,27	5,43

Şəkil 4.3.1-də 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.

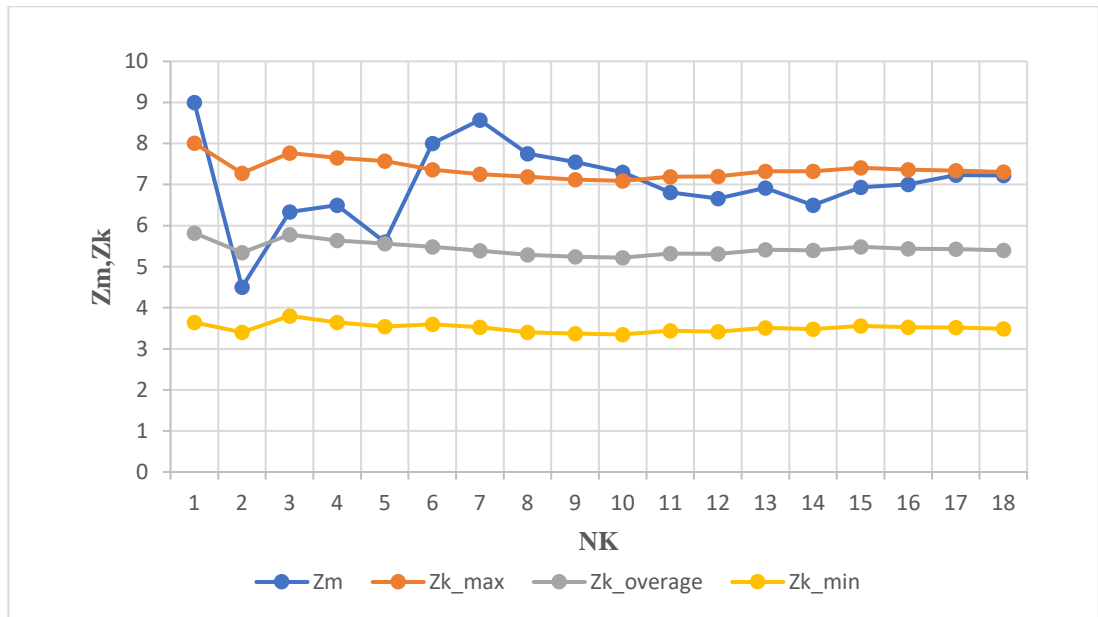
Cədvəl 4.3.4 təkrar ölçmələrin sayı dəyişdikdə çıxış kəmiyyətinin daha böyük diapazonda dəyişdiyini göstərir. Təklif olunan variantlarda çıxış kəmiyyəti təkrar ölçmələrin sayından daha az asılıdır və daha sabit nəticələr əldə edilir. Ona görə də bu 3 variantın hər biri praktikada istifadə oluna bilər.

Şəkil 4.3.2-də göstərildiyi kimi, Z_m (Manxetten) təkrar ölçmələrin sayından (NK) asılılığı qeyri-sabitdir. Bununla belə, təklif olunan alqoritmin maksimum, orta və minimum qiymətlərinin təkrar ölçmələrin sayından asılılığı daha sabitdir.

Cədvəl 4.3.4

Zaman məhdudiyyətləri altında təkrar ölçmələrin sayı fərqli olduqda əldə edilən nəticələr

<i>NK</i>	<i>ZM_{manhattan}</i>	<i>ZK_{max}</i>	<i>ZK_{overage}</i>	<i>ZK_{min}</i>
1	9	8,01	5,820	3,640
2	4,5	7,28	5,340	3,400
3	6,33	7,77	5,780	3,800
4	6,5	7,65	5,640	3,640
5	5,6	7,57	5,560	3,540
6	8	7,36	5,480	3,600
7	8,57	7,25	5,390	3,530
8	7,75	7,19	5,290	3,400
9	7,55	7,12	5,240	3,370
10	7,3	7,09	5,220	3,350
11	6,81	7,19	5,320	3,440
12	6,66	7,2	5,310	3,420
13	6,92	7,32	5,410	3,510
14	6,5	7,32	5,400	3,480
15	6,93	7,41	5,480	3,560
16	7	7,36	5,440	3,530
17	7,23	7,34	5,430	3,520
18	7,22	7,31	5,400	3,490



Şəkil 4.3.2 Zaman məhdudiyətləri altında təkrar ölçmələrin sayı fərqli olduqda əldə edilən nəticələr

4.4.Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində xətalərin paylanmasının təhlili ilə nümunənin tanınmasının səhhiyyəsinin artırılması

Texniki görmə sistemləri, mobil robotlara vizual dünyanı şərh etməyi və başa düşməyi öyrədən süni intellekt sahəsidir. Texniki görmə sistemləri xarici vəziyyəti real zaman miqyasında təhlil etmək qabiliyyətinə malik kosmos, aviasiya, yerüstü, su səthi və sualtı mobil nəqliyyat vasitələrində istifadə olunur. Texniki görmə sistemləri şəkillər, videolar və modelləşdirilmiş rəqəmsal şəkillərdən istifadə edərək obyektləri dəqiq müəyyən edib təsnif etdikdən sonra gördüklərini təhlil etmək qabiliyyətinə malikdir [14, s.114-118, 111, s.275-278, 118, s.279-283, 142, s.431-434, 152, s.965-969]. Texniki görmə sistemi tərəfindən alınan məlumatların etibarlılığı təsvirin tanınması xətalərinin minimuma endirilməsi baxımından tanınma obyektinin formalaşmasına əhəmiyyətli təsir göstərir. İntellektual informasiya-ölçmə sistemləri olan mobil robotların iş keyfiyyətini təmin edən texniki görmə sistemləri tərəfindən alınan məlumatların etibarlılığı ilk növbədə sensorların keyfiyyət xüsusiyyətləri və obyektin tanınma dəqiqliyi parametrləri ilə müəyyən edilir. Obyektin tanınma dəqiqliyi parametrləri hesablama metodu ilə müəyyən edilən obyektlər arasında yaxınlıq

ölçüsünün (OAYÖ) qiymətləndirilməsinin düzgünlüyü ilə xarakterizə olunur. Təsvirlərin əlamətlərinin ölçülməsində yol verilən səhvlər ən mürəkkəb qanun üzrə cəmlənərək, obyektlərin əlamətləri arasındakı məsafənin faktiki dəyəri ilə kompüter görmə sistemində ölçülə bilən obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsində səhv yaradır. Buna görə də təsvirin tanınmasının etibarlılığının dəyərini azaldan bu xətlər müxtəlif sahələrdə mobil robotların geniş tətbiqi üçün intellektual İnformasiya-ölçmə sistemlərinin və texniki görmə sistemlərinin istifadəsinə ciddi maneələr yaradır.

Nümunələrin tanınmasının səhhiyyəsi obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanması dəqiqliyindən asılıdır. Təsvirlərin tanınması sahəsində Manxetten, Evklid, Kanberra və bir çox başqa düsturlar mövcuddur. Hal-hazırda onlar obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünü hesablamaq üçün istifadə olunur. Bununla belə, hər bir düstur həddən artıq inteqrallaşdırılmış olduğuna görə, obyektlər arasında yaxınlığın ölçülməsi xətasının düzgün hesablanması və buna görə də şəkillərin tanınmasının yüksək dəqiqliyinin aktuallığını təmin edən bir sıra çatışmazlıqlar var. Tədqiqatlar göstərir ki, mövcud empirik düsturlardan istifadə etməklə müəyyən təsadüfi və kobud xətləri aradan qaldırmaq mümkün deyil. Hətta təkrar ölçmələrin sayını artırmaq da bu problemi həll etmir. Buna səbəb mövcud düsturlarda modul işarənin istifadəsi ilə bağlıdır (məsafə heç vaxt mənfi ola bilməz). Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanmasında kobud xəta, statistik emal, mövcud düsturlarda modul işarənin olması və ölçmələr arasında korrelyasiya əmsalı səhv nəticələrin birbaşa səbəbi ola bilər. Təklif olunan metodologiyada texniki vasitələrin köməyi ilə tanınan (giriş) və nümunəvi (istinad) obyektləri kompüterə daxil edilir. Proqram metodu ilə ədədi orta, standart kənarçıxma, korrelyasiya əmsalı, giriş və istinad parametrlərinin obyektlərin qiymətləri arasında yaxınlıq ölçülərinin yekun xətasının hesablanmasında tapılır [17 s. 86-87, 23 s. 67-69, 105 s. 511-514, 140 s. 13-16, 151 s. 263-266, 156 s. 288-287].

$$Z = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

Burada, x_i və y_i uyğun olaraq giriş və etalon parametrlərin i - ci təkrar ölçülməsinin nəticəsidir. Giriş və istinad parametrləri ölçərkən, σ_x və σ_y həddindən artıq kvadratik xətalər normal paylanma qanununa tabe olmalıdır, belə ki σ_z normal paylanma qanununa tabe olmalıdır [39 s. 6-7, 40 s. 37-43, 46 s. 119-120, 61 s. 65]. Lakin mütləq qiymətin hesablanması yekun xətanın paylanmasını pozur və nəticədə orta qiymət müsbət istiqamətdə dəyişir. Beləliklə, yekun nəticə yanlış alınır. Buna görə də təklif olunan alqoritmdə giriş və istinad parametrləri arasındakı fərqi bu paylanmanın hansı hissəsinə düşdüyünü öyrənmək vacibdir. Giriş və istinad parametrləri arasındakı fərq $a = x_i - y_j$ bərabərdir. x and y qiymətləri n dəfə ölçülür, adətən hər x qiyməti üçün y -nin hər bir qiyməti ilə yoxlanılır. Yəni,

$$\begin{array}{cccc} x_1 - y_1, & x_1 - y_2, & \dots & x_1 - y_n \\ x_2 - y_1, & x_2 - y_2, & \dots & x_2 - y_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n - y_1, & x_n - y_2, & \dots & x_n - y_n \end{array}$$

a fərqi hər $0.5 \cdot \sigma_z$ addımında $-3 \cdot \sigma_z - +3 \cdot \sigma_z$ aralığında ($[-3 \cdot \sigma_z, -2,5 \cdot \sigma_z]$, $[-2,5 \cdot \sigma_z, -2 \cdot \sigma_z]$, $[-2 \cdot \sigma_z, -1,5 \cdot \sigma_z]$, $[-1,5 \cdot \sigma_z, -\sigma_z]$, $[-\sigma_z, -0,5 \cdot \sigma_z]$, $[-0,5 \cdot \sigma_z, 0]$, $[0, 0,5 \cdot \sigma_z]$, $[0,5 \cdot \sigma_z, \sigma_z]$, $[\sigma_z, 1,5 \cdot \sigma_z]$, $[1,5 \cdot \sigma_z, 2 \cdot \sigma_z]$, $[2 \cdot \sigma_z, 2,5 \cdot \sigma_z]$ və $[2,5 \cdot \sigma_z, 3 \cdot \sigma_z]$) yoxlanılır. Əgər a həmin intervala düşmürsə, proqram onun digər intervallara düşüb-düşmədiyini yoxlayır. Bir intervalın düşməsi halında, a -nın qiyməti kimi, intervalın ən kiçik qiyməti qəbul edilir və ümumi girişə göndərilir və mümkün kənarlaşmalar minimuma endirilir. Ölçmə texnikasında $\pm 3 \cdot \sigma$ -ya qədər xətalər qəbul olunandır. Bundan daha böyüklər kobud xəta kimi kənarlaşdırılır. Buna görə də a -nın $-3 \cdot \sigma_z$ -dan kiçik, $+3 \cdot \sigma_z$ -dan böyük qiymətləri nəzərə alınmır. Sonra $[-3 \cdot \sigma_z, 0]$ və $[0, +3 \cdot \sigma_z]$ intervalında a -lar toplanır və ölçmələrin sayına bölünərək orta qiymət tapılır. Yekun qiymətlər Manxetten düsturu ilə ümumi qaydada tapılır və təklif olunan alqoritmin işləməsi ilə tapılır. Ölçmələrin sayı 1-dən n -ə qədər dəyişir. Giriş parametrlərinin təkrar ölçmələrinin sayı nə qədər çox olarsa, dəqiqlik də bir o qədər yüksək olar. Lakin bu zaman tanınma sisteminin sürəti azalır. Buna görə də təklif olunan alqoritmdə giriş və istinad parametrlərinin təkrar ölçmələrinin sayı fərqli qəbul edilir. İstinad parametrlərinin təkrar ölçmələri öyrənmə rejimində olduğundan, onların sayı mümkün

qədər çox alınmalıdır. Çünki bu halda dəqiqlik yüksək olur və sistemin sürəti dəyişmir. İdentifikasiya və istinad obyektləri əvvəlcədən eynidən götürüldüyü üçün əslində nəticə “0” olmalıdır.

Odur ki, nisbətən az sayda təkrar ölçmə apararaq interval analizindən istifadə həm tanınma sisteminin işini ləngidir, həm də bu proqramda öz əksini tapmış müvafiq dəqiqliyə malikdir. Alqoritmdə zm (manxetten) və zk (təklif olunan) qiymətlərinin n -in maksimum qiymətində alınan uyğun qiymətlərə daha yaxın olduğunu görmək mümkündür. Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanması üçün təklif olunan alqoritmin riyazi modelləşdirilməsi və nəticələri əvvəlki elmi məqalələrdə verilmişdir. Verilmiş parametrlər diapazonunun maksimum, orta və minimum qiymətlərində cari a parametrini hesablayır. Verilmiş intervalda cari a parametrinin orta qiymətinin hesablanması zamanı nəticələr çox yaxşıdır və NK təkrar ölçmələr apardıqda dəqiqlik əhəmiyyətli dərəcədə artır. O, həmçinin emal sürətinə təsir etmir. Verilmiş cədvəl və diaqramlardan görüldüyü kimi, təklif olunan alqoritmin nəticəsi klassik üsulla alınan nəticələrdən xeyli yüksəkdir və təklif olunan alqoritmdən istifadə edildikdə texniki görmə sisteminin dəqiqliyi əhəmiyyətli dərəcədə artır və işləmə sürəti tələb olunan səviyyədə qalır. Sonra Manxetten və təklif olunan alqoritmin ölçmə xətaları NK dəfə təkrarlanaraq hesablanır.

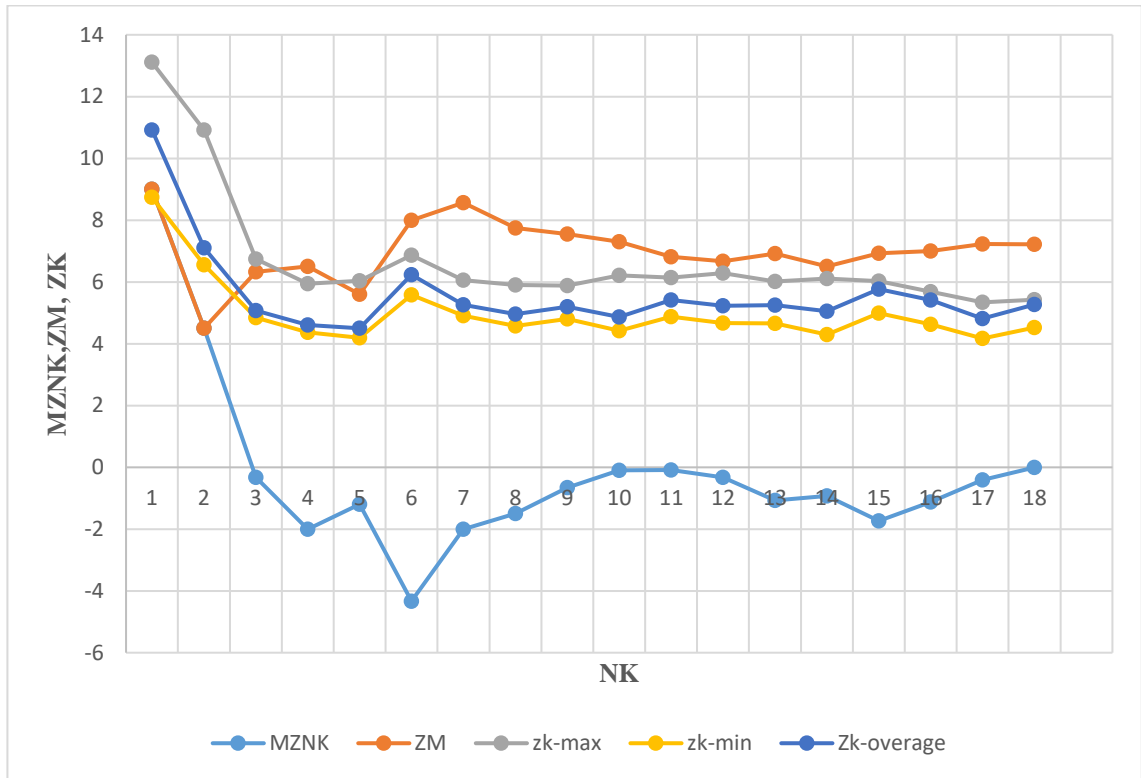
Şəkil 4.4.1-də mavi rəngdə modul olmayan hesablamalar, qırmızı rəngdə Manxetten düsturuna əsasən hesablamalar göstərilir və boz rəngdə diapazona düşən parametrlərin əvəzinə aralığın maksimum qiymətləri, sarı rəngdə diapazona düşən parametrlərin əvəzinə aralığın minimum qiymətləri, bənövşəyi rəngdə diapazona düşən parametrlərin əvəzinə aralığın orta qiymətləri götürülür. Qrafiklər təklif olunan alqoritmin klassik üsullardan daha dəqiq olduğunu göstərir.

Bu cədvəldə giriş parametrlərinin təkrar ölçmələrini sayı NK (1-18); $MZNK$ -modul işarəsiz Manxetten formulunun təsviri; ZM – Manxetten düsturu əsasında hesablanmış obyektlər arasında yaxınlığın ölçüsü; Zk_{min} , $Zk_{average}$ və Zk_{max} ölçülən qiymətlərdən hansının hər hansı diapazona düşməsinə görə onun qiyməti əvəzinə diapazonun aşağı, orta və yuxarı qiymətləri kimi götürülür.

Cədvəl 4.4.1 və şəkil 4.4.1 –dən görüldüyü kimi hər üç variantda təklif olunan alqoritm böyük üstünlüyə malikdir. Amma görüldüyü kimi, nəticələr bir-birindən fərqlidir və ortaq fikrə gəlmək nəticə üçün müəyyən fərziyyələr yaradır.

Buna görə də başqa bir alqoritm təklif edilmişdir. Bu alqoritmə əsasən, hər hansı diapazon üzrə təkrar ölçmələrin sayı hesablanır və diapazon üzrə təkrar ölçmələrin maksimum sayına qərar verilir.

Formulalar təsvirlərin tanınması üçün mövcud sistemində istifadə olunur. Bununla belə, xətlər çox böyükdür, çünki düsturlar çox inteqrallaşdırılmışdır. Diapazon analizindən istifadə edərək xətləri minimuma endirmək üçün yeni alqoritm təklif edilmişdir.



Şəkil 4.4.1 Obyektlər arasında yaxınlığın ölçüsünü hesablamaq üçün təklif olunan alqoritmın klassik metodla müqayisəsi

Cədvəl 4.4.1

Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanması üçün təklif olunan alqoritm ilə klasik üsulun müqayisəsi

<i>NK</i>	<i>MZNK</i>	<i>ZM</i>	<i>ZK_{min}</i>	<i>ZK_{overage}</i>	<i>ZK_{max}</i>
1	9	9	8,74	10,92	13,11
2	4,5	4,5	6,55	7,1	10,92
3	-0,33	6,33	4,85	5,07	6,74
4	-2	6,5	4,37	4,61	5,94
5	-1,2	5,6	4,19	4,5	6,04
6	-4,33	8	5,58	6,23	6,87
7	-2	8,57	4,91	5,26	6,06
8	-1,5	7,75	4,58	4,96	5,9
9	-0,66	7,55	4,8	5,2	5,88
10	-0,1	7,3	4,42	4,87	6,21
11	-0,09	6,81	4,88	5,42	6,14
12	-0,33	6,67	4,67	5,23	6,29
13	-1,07	6,92	4,66	5,25	6,02
14	-0,93	6,5	4,3	5,05	6,11
15	-1,73	6,93	4,99	5,77	6,03
16	-1,125	7	4,63	5,42	5,68
17	-0,411	7,23	4,17	4,81	5,34
18	0	7,22	4,52	5,27	5,43

Cədvəl 4.4.2-dən görüldüyü kimi, NK və MK obyektlər arasındakı yaxınlığın ölçüsünü hesablamaq üçün təkrar ölçmələri və hər diapazonun neçə dəfə düşdüyünü göstərir. K_{max} təkrar ölçmələrin qiymətlərinin daha çox hansı diapazona düşdüyünü göstərir.

Cədvəl 4.4.3, f (1)-f (11) diapazonunda interval analiz nəticəsində hər bir diapazonda təkrar ölçmələrin sayını göstərir. Yaşıl hissə təkrar ölçmələrin ən çox düşdüyü sahəni göstərir. Görüldüyü kimi, daxil edilən kəmiyyətin qiymətlərində tanınması təkrar ölçmələrin 2-5 sayında 2-ci intervala düşür, təkrar ölçmələrin sayının sonrakı qiymətlərində tanınma 1-ci intervala düşür.

Cədvəl 4.4.2

**Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün hesablanması zamanı
diapazon analizindən alınan nəticələr**

<i>NK</i>	<i>MK</i>	<i>ZM</i>	<i>OAYÖ</i>	<i>K_max</i>
2	18	4,5	1,9	2
3	18	6,33	1,9	2
4	18	6,5	1,9	2
5	18	5,6	1,9	2
6	18	8	0	1
7	18	8,57	0	1
8	18	7,75	0	1
9	18	7,55	0	1
10	18	7,3	0	1
11	18	6,81	0	1
12	18	6,66	0	1
13	18	6,92	0	1
14	18	6,5	0	1
15	18	6,93	0	1
16	18	7	0	1
17	18	7,23	0	1
18	18	7,22	0	1

Cədvəl 4.4.3

İnterval analizi vasitəsilə hər diapazona düşən ölçmələrin sayı

n	f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)	f (6)	f (7)	f (8)	f (9)	f (10)	f (11)
2	3	10	4	1	7	6	2	2	0	0	1
3	4	12	8	2	8	9	6	3	0	0	1
4	5	17	8	10	12	9	7	3	0	0	1
5	6	22	8	17	16	9	8	3	0	0	1
6	20	13	13	18	12	9	13	1	0	5	4
7	25	16	13	20	16	9	16	1	0	6	4
8	26	23	18	22	18	9	16	2	0	6	4
9	31	26	18	24	22	9	19	2	0	7	4
10	36	27	21	28	26	10	19	2	0	7	4
11	40	31	21	29	30	11	20	4	0	7	5
12	45	32	25	35	31	11	21	4	0	7	5
13	48	33	29	37	31	15	25	4	0	7	5
14	53	34	33	43	32	15	26	4	0	7	5
15	56	35	37	45	32	19	30	4	0	7	5
16	61	38	37	47	36	19	33	4	0	8	5
17	65	42	39	51	36	22	33	4	1	8	5
18	72	43	40	55	37	23	35	4	1	9	5

IV fəsildən alınan nəticələr

Şəkil 4.1.5-in təhlilində 1-dən çox kiçik bir miqyasda ikinci və üçüncü dərəcəli momentlər arasındakı eksponensial olacağını güman etmək olar. Eyni zamanda, maksimum qiymətə ($80^\circ \div 90^\circ$) yaxın olan α və β bucaqlarında uyğunsuzluğun qiyməti kəskin şəkildə artır. Bundan əlavə, üçüncü dərəcəli momentlərin fərqlinin dispersiyasının, ikinci dərəcəli momentlərin fərqlinin dispersiyasından daha böyük olmasıdır.

Bu, kiçik miqyaslarda konturun formasının çox iri olacağı və böyük α və β bucaqlarında piksellərin sayının kəskin azalması ilə izah edilə bilər. Buna görə də, α və β bucaqları maksimum qiymətə yaxın olduqda, bu üsuldən istifadə edilməməlidir.

Şəkil 4.1.6 -nın təhlilində miqyasın daha kiçik və 1-ə yaxın olduqda, ikinci və üçüncü dərəcəli momentlərin arasındakı uyğunsuzluqda eksponensial olacağını güman etmək olar. Eyni zamanda, α və β bucaqlarının orta və kiçik qiymətlərində, üçüncü dərəcəli momentlərin fərqlində rəqsi hərəkət xarakteri görünməyə başlayır. Bundan əlavə, üçüncü dərəcəli momentlərin fərqlərinin dispersiyası da ikinci dərəcəli momentlərin fərqliliyinin dispersiyasından böyükdür.

Bunu onunla izah etmək olar ki, miqyas daha kiçik və 1-ə yaxın olduqda konturun forması o qədər də qabalaşmır, piksellərin sayı əvvəlki haldan daha çox olur və uyğunsuzluğun qiyməti hesablama xətasına təsir etməyə başlayır. Hesablama xətası hesablama əməliyyatları zamanı yaranan təhrifə aiddir. Həm də fərdi piksellərin qiymətlərində dəyişiklik şəklində kontur təhrifi, məkan çevrilmələrindən sonra təsvir nümunə götürüldükdə özünü göstərir.

Şəkil 4.1.7-nin təhlilində miqyasın daha böyük və 1-ə yaxın olduqda ikinci və üçüncü dərəcəli momentlər arasındakı uyğunsuzluğun da eksponensial olacağını güman etmək olar. Bu zaman rəqsi xarakter həm ikinci həm də üçüncü dərəcəli momentlərin fərqliliyində α və β -nin kiçik və orta qiymətlərində görünməyə başlayır. Bundan əlavə, üçüncü dərəcəli momentlərin fərqliliyinin dispersiyası, ikinci dərəcəli momentlərin fərqlilik dispersiyası kimi eyni səviyyədədir.

Bunu onunla izah etmək olar ki, daha az və 1-ə yaxın miqyasda konturun forması və sahəsinin qiyməti uyğunsuzluğa daha az təsir edir, hesablama xətası isə daha böyükdür.

Şəkil 4.1.8-in təhlilində 1 dən çox böyük olan miqyasda ikinci və üçüncü dərəcəli momentlər arasındakı uyğunsuzluğunda rəqsi olacağını güman etmək olar. Bu vəziyyətdə, üçüncü dərəcəli momentlər açıq şəkildə uyğunsuzluğa malikdir. Bundan əlavə, üçüncü dərəcəli momentlərin fərqlinin dispersiyası, ikinci dərəcəli momentlərin dispersiyası kimi eyni səviyyədə olacaqdır.

Bunu onunla izah etmək olar ki, böyük miqyaslarda uyğunsuzluqda əsas rolu hesablama xətası oyayır. Eyni zamanda, təsvirin böyük sahəsinə görə, bu texnika maksimum qiymətə yaxın α və β bucaqlarında nəzarət etməyə imkan verir.

Yuxarıdakılardan görüldüyü kimi, hesablama xətası nəzərə alınmaqla tənliklər sistemi hər fırlanan təsvir üçün etibarlıdır, kiçik və orta miqyasda məhdudlaşdırıcı qiymətlər istisna olmaqla, obyektin bütün mövqeləri üçün uyğundur.

Beləliklə, tədqiqat işinin nəticəsində əldə olunan tənliklər sistemindən istifadə edərək, müstəvi fiqur fəzada təsadüfi yerləşdikdə onun ətalət momentinin dəyişməsindən asılı olaraq eyni vaxtda tanıma, məkan oriyentasiyası və obyektə qədər olan məsafəni təyin etmək mümkündür. Bu halda, tanıma müəyyən müddət ərzində həyata keçiriləcək.

Bu tənliklər sistemi çevik avtomatlaşdırılmış istehsalatda işçi hissələrin məkan vəziyyətini və emal və ya montaj maşınının işçi sahəyə daxil olan məsafəni aydınlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Yerdəki obyektləri axtarmaq üçün avtonom mobil robotlarda istifadə edilə bilər.

Qeyd edək ki, bütün bu çatışmazlıqlar aradan qaldırıldığından tanıma və idarəetmə sistemlərində mövcud düsturların əvəzinə bu metodologiyadan istifadə edilməsi daha məqsəduyğundur. Beləliklə, çatışmazlıqların aradan qaldırılması ilə yanaşı, bir sıra üstünlüklər var. Bu zaman statistik emal nəticəsində yaranan xətalər, korrelyasiya əmsalı, düsturlarda modul işarədən istifadə və kobud xəta aradan qaldırılır, nəticədə dəqiqlik artır. Bu alqoritm kompüterdə simulyasiya edilmiş və nəticələr alınmışdır. Obyektlər arasındakı məsafə düsturla deyil, parametrlərdəki

dəyişikliklər diapazonunun təhlili ilə müəyyən edilir. Verilmiş qrafiklərin riyazi təhlilindən görüldüyü kimi, ən yaxşı variant a -nın minimumunu götürməkdir və təsadüfi xəta 15-30% azalır. Nəticələrin emalı göstərdi ki, təklif olunan alqoritmlər obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa bilər. Bu halda sistemin sürəti təsirlənməyəcək.

Məlumdur ki, nəzərdə tutulan çatışmazlıqlar aradan qaldırıldığı üçün avtomatik tanıma və idarəetmə sistemlərində mövcud formulların əvəzinə bu üsuldən istifadə edilməsi daha məqsəduyğundur. Beləliklə, çatışmazlıqların aradan qaldırılması ilə yanaşı, bir sıra üstünlüklər var. Bu zaman statistik emal, korrelyasiya əmsalı, modul işarəsinin düsturlarda tətbiqi nəticəsində yaranan xətlər və kobud xəta aradan qaldırılır və nəticədə dəqiqlik artır. Həmçinin, təkrar ölçmələrin sayının artmasına baxmayaraq, tanıma sisteminin sürəti təsir etmir. Klassik üsul və təklif olunan alqoritmlər kompüterdə modelləşdirilib və nəticələr əldə edilib. Cədvəl və qrafiklərdən görüldüyü kimi, obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün ölçmə xətlərinin paylanma diapazonunu intervallara bölmək və həmin intervalları təhlil etməklə tanınmada qeyri-müəyyənlikləri aradan qaldırmaqla daha yüksək nəticələr əldə etmək olar. Bu alqoritmlər kompüterdə həll edildiyi üçün intervalların optimal qiymətlərini tapmaq çətin deyil. Nəticələrin emalı göstərdi ki, təklif olunan alqoritmlər obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsünün qiymətləndirilməsinin dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa bilər.

Müəlliflər tərəfindən tanınması üçün 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 aydın əlaqə var.

Şəkil 4.2.4, şəkil 4.2.5 və şəkil 4.2.6 təhlili zamanı belə güman etmək mümkündür: absis və/və ya ordinat oxu ətrafında fırlanma olduqda Δ -nin dəyişmə qanunu artan eksponensiallığa yaxındır; yalnız kütlə mərkəzi ətrafında fırlanma olduqda Δ -nin dəyişmə qanunu harmonik rəqsə yaxındır.

Əlavə təhlil göstərir ki, əgər tanınan təsvirdə $\alpha = 0$ və $\beta = 0$ olarsa, onda hər hansı γ qiyməti üçün tanıma yüksək etibarlılığa malik olacaqdır. Beləliklə, deyə bilərik ki,

bu fırlanma tanınma prosesinə minimal təsir göstərir və uyğunsuzluq əsasən hesablama xətası ilə bağlıdır.

α və ya β artımı ilə, həddi qiymətlər (80° -dən çox) istisna olmaqla, tanınma məqbul etibarlılığa malik olacaqdır. α və β -nın eyni vaxtda artması ilə yüksək etibarlılıq 40° -ə qədər bucaqlarda, 60° -dən çox bucaqlarda isə tanınma etibarlılığı aşağı olacaq. Bu, maraq obyektinin təsvir sahəsinin azalması ilə əlaqədar ola bilər. Araşdırmalar göstərib ki, obyektin təsvir sahəsi nə qədər böyük olarsa, tanınma etibarlılığı da bir o qədər yüksək olar. Bununla belə, sahənin artırılması tanınma prosesini xeyli ləngidir və onun həyata keçirilməsi üçün güclü hesablama resursları tələb olunur.

Bundan əlavə, forma göstəricisi də tanınma etibarlılığına təsir göstərir. Şəkil 4.2.5-dən görüldüyü kimi, yüksək forma göstəricisi olan obyektlər üçün yüksək etibarlılıq yalnız təsvirin fırlanmasının kiçik bucaqlarında (20° -dən az) əldə edilə bilər.

Maraq obyektlərinin forma göstəricisini və PUA-nın uçuş hündürlüyünü nəzərə alaraq, tələb olunan məsafəni a (şək. 4.2.2) müəyyən etmək mümkündür. Bu, PUA-nın uçuş marşrutunu düzgün tərtib etməyə və baxış məsafəsini təxmin etməyə imkan verəcək. Bu metodla hərəkət edən yer cisimlərinin tanınması üçün də tətbiq oluna bilər.

NƏTİCƏ

1. Obyektlərin tanınması zamanı orta riskin minimallaşdırılması məsələsinin tədqiqi nəticəsində tanınması 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 inteqrallanmış 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.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Məmmədov, R.Q. İntellektual ölçmə vasitələri. Dərslik / V.A.Abbasov, R.Q. Məmmədov, T.Ə. Həsənov [və b.] - Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, 2013. – 243 s.
2. Məmmədov, R.Q. Ölçmə texnikasının əsasları. Dərslik. / R.Q. Məmmədov, F.K. Tağıyev, A.S. Mütəllimova - Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, - 2012. – 221 s.
3. Məmmədov, R.Q. İnformasiyanın alınmasının fiziki əsasları. Dərslik / R.Q. Məmmədov, T.Ə. Həsənov, V.A.Abbasov [və b.] - Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, 2014. – 480 s.
4. Seyidəhmədov, N.S, Məmmədov, R.Q, Məmmədov, Q.M. Neft sənayesində nəzarət-ölçmə cihazlarının və avtomatlaşdırma vasitələrinin intellektuallaşdırılması // - Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı-2020. s.47-50.
5. Məmmədov,Q.M. Təsvirləri affin çevrilmələrinə invariant tanıyan sistemin səhhiyyəsinin artırılması // 1st International Conference: Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives (MIMCS'2019),- Baku, Azerbaijan: 01-02 July, -2019.pp.45-46.
6. Məmmədov, Q.M. Obyektlərin ikiölçülü binar təsvirlərinin miqyasdan və fırlanmadan invariant olaraq tanınması // - Bakı: Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri – №2 (25), -2022. s.39-45.
7. Mütəllimova, A.S. Fəza obyektlərinin təsvirlərə görə avtonom mobil robotlarla tanıma üsulu // - Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası – 2019. №2, - s. 87-92.
8. Mütəllimova, A.S. Təsvirlərin affin çevrilmələrinə invariant tanınması // İkinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans: Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivləri, - Bakı: 7 dekabr – 8 dekabr, - 2020, -s. 288-289.

9. Абрамов, Н.С., Фраленко, В.П. Определение расстояний на основе системы технического зрения и метода инвариантных моментов // - Россия: информационные технологии и вычислительные системы, - 2012. № 4, - с.32–39.
10. Абрамов Н.С., Хачумов В.М. Распознавание на основе инвариантных моментов // - Россия: Вестник Российского университета дружбы народов, Серия Математика, информатика, физика, - 2014. №2, -с.142 –149.
11. Амелькин С.А., Захаров А.В., Хачумов В.М. Обобщенное расстояние Евклида-Махаланобиса и его свойства. – Информационные технологии и вычислительные системы, 2006, № 4, с. 40-44.
12. А.С. Горбань, А.Н. Каркищенко. Дифференциальные и интегральные инварианты в задачах обнаружения аффинных симметрий контура // Искусственный интеллект, - 2005. - с.682-688.
13. А.Р. Гайдук. Синтез селективно инвариантных систем управления // «Вестник ИГЭУ», Вып.1 - 2017. - с.46-54.
14. Бабенко, Е. Р. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде Matlab [Текст]: учеб. пособие / Е. Р. Бабенко, О. С. Степаненко, Н. А. Седова. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2016. – 224 с.
15. Бабенко, Е. Р. Введение в теорию нечётких множеств и нечёткую логику. Среда Matlab. / учеб. пособие для студентов / Е. Р. Бабенко, Н. А. Седова. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2016. – 276 с.
16. Бахусова, Е.В. Элементы теории нечетких множеств: учеб. - метод. пособие / Е.В. Бахусова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 116 с.
17. Богданов, М.А. Статистическая оценка информативности биометрических признаков, полученных из электрокардиограммы / Картак, В.М., Думчиков, А.А., Фабарисова, А.И. [и др]// Российский кардиологический журнал, - 2018. 23(7), -с. 84–91.
18. Болотова Юлия Александровна. Алгоритмы обработки и анализа изображений иерархических временных рядов: / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томск, 2013. – 162 с.

19. Валерий Скачков. Минимизация доминирующей погрешности в задачах измерения информационных параметров «зашумленной» выборки сигнала / Скачков Валерий, Чепкий Виктор, Ефимчиков Александр, Братченко Геннадий, Павловш Владислав // Information and Telecommunication Sciences, Vol.7, - Одесса, Украина: - 2016. №2, - с.62-69.
20. Волосатова Т.М., Козов А.В. Особенности методов распознавания образов в автоматической системе управления поворотом мобильного робота // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. N 2. С. 104-110.
21. Володин И.Н. Лекции по теории вероятностей и математической статистике / И.Н. Володин. - Казань: (Издательство), 2006. - 271с.
22. Выск, Н. Д. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие / Н. Д. Выск - МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, - 2011, - 168с.
23. Гайдуков, Н.П. Обзор методов идентификации текстового текста // Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учащихся «Информационно-управляющие системы и компьютерный мониторинг», - 2012, - с.65-72.
24. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс, – Москва; Техносфера, - 2012. – 1104с.
25. Глумов, Н.И. Методы распознавания образов и анализа изображений. учеб. пособие / Н.И. Глумов, Е.И.Коломиец, В.В.Мясников, В.В.Сергеев, - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. - 272с.
26. Григорьева, Д.Р. Основы нечеткой логики: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров - Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. - 42 с.
27. Гороховатский В. А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении: монография / В. А. Гороховатский. – Харьков: Компания СМИТ, 2014. – 316с.
28. Д. Мирамонте - Харамилло. Алгоритм сопоставления изображений на основе скользящих гистограмм направленных градиентов / Мирамонте-

- Харамилло, Д., Диас-Рамирес, В.Х., Кобер, В.И., Карнаухов, В.Н. // Информационные процессы, том 14, - 2014. №1, - с.56–63.
29. Дороничева, А.В., Савин, С.З. Методы распознавания медицинских изображений для задач компьютерной автоматизированной диагностики // Россия: Современные проблемы науки и образования – 2014. № 4
30. Евгений Борисов. Кластеризатор на основе нейронной сети Кохонена: [электронный ресурс] / Методы машинного обучения - 7 февраля, 2014. URL-адрес: <http://mechanoid.su/neural-net-kohonen-clusterization.html>
31. Зайдель, А.Н. Ошибки измерений физических величин. Учебное пособие / А.Н. Зайдель.- Москва: Издательство «Лань», - 2009,- 112 с.
32. Зуй Тхань Нгуен. Инварианты в задачах распознавания графических образов // - Россия: Вестник РУДН, Серия Математика, Информатика, Физика, - 2016. №1, - с.76–85.
33. Зубков, А.Н. Обзор по теории инвариантов и ее приложениям // Прикладная математика и фундаментальная информатика, - 2014. №1, -с.45 – 49.
34. Иванов, А.И. Многомерная нейросетевая обработка биометрических данных с программируемыми эффектами квантовой суперпозиции: Монография / А.И. Иванов. – Пенза: ПНИЭИ, 2016. — 133 с.
35. Ильясова Наталья Юрьевна. Системы компьютерного анализа диагностических изображений кровеносных сосудов: / Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. / - Санкт-Петербург, 2014. - 32с.
36. Крашенинников, В. Р. Статистические методы обработки изображений: учебное / В. Р. Крашенинников. – Ульяновск: УЛГТУ, - 2015. – 167с.
37. К.Г. Хамитов, Н.Н. Попова. Исследование методов настройки гиперпараметров нейросетей на высокопроизводительных кластерах с процессорами POWER8 // - России: Суперкомпьютерные дни в России, - 2019, - с.176-184.
38. Лагунов Н.А. Выделение и распознавание объектов с использованием оптимизированного алгоритма селективного поиска и сверточной нейронной

сети высокого порядка // России: Фундаментальные исследования, - 2015. № 5 (3) – с. 511-516.

39. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Использование моментов инерций изображения для инвариантного к аффинным преобразованиям распознавания // Харьков: Восточно-Европейский журнал передовых технологий, - 2012. №4/3(58), - с.4-7.

40. Мамедов, Р.К. Контроль положения 3D-объектов в гибких автоматизированных системах. Повышение достоверности распознавания. / Р. К. Мамедов., Т. Ч. Алиев. – LAP LAMBERT academic publishing, 2016. - 90 с.

41. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Использование моментов инерций изображения для инвариантного к аффинным преобразованиям распознавания // Харьков: Восточно-Европейский журнал передовых технологий, - 2012. №4/3(58), - с.4-7.

42. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Распознавание бинарных изображений объектов, подвергнутых аффинным преобразованиям // - Москва: «Информационные технологии», - 2016. №10, - с. 754-757.

43. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч. Обеспечение инвариантности распознавания изображений к масштабам в адаптивных роботах // Труды шестой международной конференции «Интернет- Образование-Наука ИОН-2008», - ВНТУ, Винница: - 2008, - с. 466-469.

44. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч. Алгоритм распознавания изображений на аэрофотоснимках в системах технического зрения // Труды международной конференции «Научно-технический прогресс и современная авиация», посвященной 75-летию академика А.М. Пашаева, - НАА, Баку: - 2009, - с. 72-75.

45. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч. Обеспечение инвариантности распознавания изображений к линейным перемещениям и масштабам в адаптивных роботах // - Винница: ВНТУ «Оптико-электронные информационно-энергетические технологии», - 2009. №1(17), - с. 26-31.

46. Мамедов, Р.К., Иманова, У.Г. Повышение достоверности принятия решений при распознавании образов // - Киев: Электрон моделирование, том.36-2014. - №5, - с.115-121.
47. Мамедов, Р. Г., Мамедов, Г. 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.
48. Манолов А.И., Соколов А.Ю., Степаненко О.В. и др. Некооперативная биометрическая идентификация по 3D-моделям лица с использованием видеокамер высокого разрешения. – Труды 19-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению «ГрафиКон'2009», (Москва, 5 – 9 октября 2009 г.). –М.: АКС ПРЕСС, 2009.
49. Миссаров, М. Д. Введение в теорию вероятностей: учебное пособие / М.Д. Миссаров. - Казань: Изд-во Казан.ун-та, 2019. - 126 с.
50. Межецкий, Г.Д. Соппротивление материалов: Учебник / Г.Д. Межецкий, Г.Г. Загребин, Н.Н. Решетник; под общ. Ред. Г.Д. Межецкого, Г.Г. Загребина. - 5-е изд., - М. 2016.- 432с.
51. Новиков, Е. А., Падалко, М. А. Использование Радон и Фурье преобразований растровых изображений для описания и отслеживания заданных объектов // - Russia: Машинное обучение и анализ данных, том 1, - 2015. № 13, - с.1827-1843.
52. Нгуен З.Т. Анализ инвариантных моментов в задачах масштабирования и вращения изображений: / автореф. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. / - Москва, 2018. - 27 с.
53. Нгуен Зуй Тхань, Фраленко В.П., Хачумов М.В. Распознавание лиц на основе инвариантов к аффинным и яркостным преобразованиям // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617799, дата поступления заявки: 23.05.2017, дата регистрации: 12.07.2017.

54. Нгуен Зуй Тхань. Инварианты в задачах распознавания графических образов. – Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика, 2016, № 1, с. 76-85.
55. Нгуен Зуй Тхань, Хачумов В.М. Модели и методы сопоставления изображений в задаче распознавания лиц. – Искусственный интеллект и принятие решений анализ данных. 2016, с. 5-14.
56. Нгуен З. Т., Хачумов М.В. Метод наведения 3D-модели объекта на 2D-изображение на основе инвариантных моментов. – Программные системы: теория и приложения, 2017, №4, с. 209–220.
57. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Электронный ресурс] / А, Пегат. Москва: пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ.Лаборатория знаний, 2013. - 798 с.
58. Петухов М.Н., Фаворская М.Н. Распознавание природных объектов на аэрофотоснимках с применением нейронных сетей. – Автометрия. 2011, № 3, с. 34-40.
59. Самарина, О. В., Славский, В. В. Инварианты изображения относительно поворотов и растяжений // - Вестник СамГУ: Естественнонаучная серия, том 10, - 2007. № 9/1(59). -с.128-137.
60. Соловьёв, А. М., Кабулова, Е. Г., Семёнов, М. Е. Модель динамики биологической нейронной сети с гистерезисными связями // - Россия: Вестник ВГУ, Системный анализ и информационные технологии - 2018. №1, - с.133-141.
61. Скачков, В.В., Чепкий, В.В., Ефимчиков, А.Н. Минимизация доминирующей погрешности в задачах измерения информационных параметров «зашумленной» выборки сигнала // Ukraine: Information and Telecommunication Sciences, Volume 7- 2016., Number 2, - p.62-69
62. Спицын В.Г. Интеллектуальные системы: учебное пособие / В.Г. Спицын, Ю.Р. Цой; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 176 с.
63. Тант Зин Пьо. Методика системы распознавания образов с помощью самоорганизующихся карт Кохонена нейронных сетей на основе Matlab / Тант

Зин Пью, Тин Чжо, Пья Сон Ко Ко, Пайе Тэйн Наинга // Интернет-журнал «науковедение», - 2013. №5, с.1-9.

64. Тихов, М. С. Современные методы статистического оценивания параметров. Учебно-методическое пособие. М. С. Тихов, М. В. Котельникова. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, - 2016. – 120 с.

65. Усков, А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления: Монография / А. А. Усков. – Смоленск: СФРУК, 2013. - 153 с.

66. Фор, А. Восприятие и распознавание образов / А.Фор. Пер. с фр. под ред. Г.П. Катуса. - Москва: Машиностроение, - 1987. – 272 с.

67. Фан Нгок Хоанг. Алгоритмы обработки и анализа символов методом вейвлет-преобразования, методом главных компонент и нейронными сетями: / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Томск, 2014. – 139 с.

68. Хачумов, М.В. Инвариантные моменты и метрики в задачах распознавания графических образов // - Россия: Современные наукоемкие технологии, - 2020. №4, Ч.1. - с.69 – 77.

69. Хачумов, М.В., Нгуен, Т.З. Распознавание лиц по фотографиям на основе инвариантных моментов // - Россия: Современные проблемы науки и образования, - 2015. № 2-2.

70. Хачумов М.В., Нгуен Зуй Тхань. Задача распознавания лиц по фотографиям на основе инвариантных моментов. – Искусственный интеллект и принятие решений, № 4, 2016, с. 5-14.

71. Хачумов М.В. Расстояния, метрики и кластерный анализ. – Искусственный интеллект и принятие решений, № 1, 2012, с. 81-89.

72. Чабан, Л.Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования. Учебное пособие / Л.Н.Чабан. – Москва: МИИГАиК, - 2016. – 94с.

73. Черешнев, В.О., Проскурин, С.Г. Исследование частотных характеристик электрокардиограммы при помощи дискретного преобразования фурье // Современные наукоемкие технологии, - 29.08.2019. № 8, – с. 89-93.

74. Чернопятков, А.В. Опыт использования преобразования Фурье для обнаружения объектов на изображении // Россия: Современные проблемы науки и образования, - 2012. № 6, с.1-8.
75. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, - 2015- 763с.
76. Шеломенцева, И.Г. Обзор методов распознавания образов, используемых в медицинских диагностических системах [Электронный ресурс] / Современная техника и технологии, - 2017. № 3. URL: <https://technology.snauka.ru/2017/03/12914>
77. Шишмарев, В. Ю. Автоматизация технологических процессов. учебник для студ. учреждений сред. / В. Ю. Шишмарев - Москва: Издательский центр «Академия», 2013. — 352 с.
78. Юревича, Е.И. Интеллектуальные роботы. учебное пособие для вузов / Е. И. Юревича, И. А. Каляев, В. М. Лохин, И.М. Макаров – Москва: Машиностроение, 2007. – 360 с.
79. Aleksandar Janković. New Silk Road – New Growth Engine // - Belgrade: The Review of International Affairs, vol. LXVII -2016. №1161, - pp. 5–20.
80. 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.
81. A. Jain, G.R.K. Sai Subrahmanyam, D. Mishra. Stacked features based CNN for rotation invariant digit classification // - Kolkata, India: In Proceedings of the Pattern Recognition and Machine Intelligence (PReMI), - 5–8 December, 2017. pp.527–533.
82. Aneta Górnjak, Ewa Skubalska-Rafajłowicz. Object Classification Using Sequences of Zernike Moments // 16th IFIP International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management (CISIM), - Białystok, Poland: 2017, -pp. 99-109.

83. Bansal, R.K. A textbook of strength of materials / R.K. Bansal. - New Delhi: Laxmi Publications (P) LTD, - 2009, pp.1092.
84. Bastian Hartmann, Christoph Schauer, Norbert Link. Worker Behavior Interpretation for Flexible Production // Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, - 2009. pp.1224-1232.
85. Baozhen Liu, Hang Wu, Weihua Su, Wenchang Zhang, and Jinggong Sun. Rotation-invariant object detection using sector-ring hog and boosted random ferns. The Visual Computer, 34(5), - 2018. pp.707–719.
86. Belim, S.V., Kutlunin, P.E. Boundary extraction in images using a clustering algorithm // Computer optics, vol. 39(1), - 2015. - pp.119-124.
87. Bruno Siciliano, Oussama Khatib. Springer Handbook of Robotics / Siciliano Bruno, Khatib Oussama. - Verlag Berlin Heidelberg: Springer, - 2008, pp.1628.
88. Casati J., Moraes D., Rodrigues E. SFA: A Human Skin Image Database based on FERET and AR Facial Images // In: IX Workshop de Visão Computacional, 2013.
89. Center for the Protection of National Infrastructure // 2010-UK: Caution, Protecting Against Terrorism.
90. Crisan, N., Pop, I., Coman, I. Robotic Surgical Approach in Limited Access Anatomical Areas // - Switzerland: New Trends in Medical and Service Robots, - 2016. Assistive, Surgical and Educational Robotics, vol. 38, - pp.165-177.
91. Daniel O'Donnell. International treaties against terrorism and the use of terrorism during armed conflict and by armed forces // International Review of the Red Cross, Vol. 88, - 2006. №864, pp.853-880.
92. Dan Cireșan, Ueli Meier, Jurgen Schmidhuber. Multi-column deep neural networks for image classification // - Rhode Island: Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), - 2012, - pp.3642-3649.
93. Darwin, G. Caldwell. Robotics and automation in the food industry. Current and future technologies / Caldwell, D. G. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, - 2013, pp.523.
94. David Forsyth A., 'Computer Vision' First Indian Edition, Pearson Education, 2003.

95. Droniou Alain, Sigaud Olivier. Gated autoencoders with tied input weights // Proceedings of the 30 th International Conference on Machine Learning. Atlanta, Georgia: -2013. - pp.17-24.
96. Duda R.O., Hart P.E., Stork D.G. Pattern classification. 2nd Edition. Wiley-Interscience, 2001. – pp.738 .
97. D. G. Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant keypoints,” *Int. J. Comp. Vision*, vol. 60, no. 2, 2004. pp. 91–110.
98. European Commission // 9.12.2020. – Brussels: Communication From the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Counter-Terrorism Agenda for the EU: Anticipate, Prevent, Protect, Respond pp.-795.
99. E. M. Tarasov. On ensuring invariance in problems of control of rail-line conduction / Tarasov, E. M, Teplyakov, V. B, Gumennikov, V. B, Tret'yakov, G. M, Isaicheva, A. G. // *Russian Electrical Engineering*, Vol.88, - 2017. issue 3.- pp.105–108.
100. Farnoosh Ghadiri, Robert Bergevin, Guillaume-Alexandre Bilodeau. Carried Object Detection Based on an Ensemble of Contour Exemplars // 14th European Conference Computer Vision – ECCV, - Amsterdam: October 11–14, - 2016. - pp. 852-866.
101. FEMA. An official website of the U.S. Department of Homeland Security. Terrorism, General Information about Terrorism: [Electronic resource] URL: <https://www.fema.gov/pdf/areyouready/terrorism.pdf>
102. Gao Huang., Yu Sun., Daniel Sedra. Deep networks with stochastic depth // In *European Conference on Computer Vision*, - Amsterdam: - 2016, - pp.646–661.
103. Gazanfar Arastun oglu Rustamov. Design of tracking invariant systems based on the equivalent robust control // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol.1 - 2015. №2(73), -pp.50-55.
104. Gunasekaran, S. Automation of Food Processing // - Madison, USA: Food Engineering, Vol.4 - 2012, pp.102-116.

105. Herakovic, N. Robot Vision in Industrial Assembly and Quality Control Processes // Robot Vision, - 2010. pp.501-534.
106. H. Jiang and S. X. Yu, "Linear solution to scale and rotation invariant object matching," in IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 2009, pp. 2474–2481.
107. Hong, T.-P.; Hu, M.-J.; Yin, T.-K.; Wang, S.-L. A Multi-Scale Convolutional Neural Network for Rotation-Invariant Recognition. Electronics 2022, 11, 661. <https://doi.org/10.3390/electronics11040661>.
108. James Le. The 5 Computer Vision Techniques That Will Change How You See the World: [Electronic resource] - April 12, 2018. URL: <https://heartbeat.fritz.ai/the-5-computer-vision-techniques-that-willchange-how-you-see-the-world-1ee19334354b>
109. Jianzhuang Liu, '2D Shape Matching by Contour Flexibility' IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 19, - 2008. pp. 1 – 7.
110. 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.
111. Keith Jacksona, Konstantinos Efthymioua, John Borton. Digital manufacturing and flexible assembly technologies for reconfigurable //Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production Conference. Bath, United Kingdom: 2016, - pp.274-279.
112. Konrad Schindler, David Suter. Object Detection by Global Contour Shape // Pattern Recognition, - 2008. pp.3736-3748.
113. Koval, V.T. The biometrical identification of electrocardiograms / V. T. Koval, N. A. Konoreva, M. A. Kozyukhina, Ye. V. Koval, S. G. Nazarenko, N. V. Koval // Marine Medicine, - Russia: 2017. Vol.3(4), - pp.16-23.
114. K. Senthil Kumar. Object Recognition Using Shape Context with Canberra Distance // Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST) Volume 1, Issue 2, 2017. pp. 268-273.

115. Kharchenko E.P. The invariant patterns of the internal proteins of pandemic influenza viruses // Russian Journal of Infection and Immunity, Vol.5, - 2015. №4. - pp.323-330.
116. Kneller, V. Yu., Fayans, A.M. Methods to ensure the invariance of transformation processes: revealing and systematization // Датчики и системы = Sensors & Systems, - 2015. №4. pp.55-67.
117. Laptev, D. Transformation-invariant pooling for feature learning in convolutional neural networks / D. Laptev, N. Savinov, J.M. Buhmann, M. Ti-pooling. Pollefeys // In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), - Las Vegas, NV, USA: - 27–30 June, - 2016. pp. 289–297.
118. Leighton, F., Osorio, R., Lefranc, G. Modelling, Implementation and Application of a Flexible Manufacturing Cell // - Romania: International Journal of Computers, Communications & Control, Vol.6 – 2011. №2, - pp.278-285.
119. 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.
120. Li Deng. The MNIST database of handwritten digit images for machine learning research // IEEE Signal Processing Magazine, Vol.29, - 2012. №6, - pp.141-142.
121. L. A. Torres-Méndez. Translation, Rotation, and Scale-Invariant Object Recognition. / Torres-Méndez, L. A, Ruiz-Suárez, J. C, Sucar, Luis. E, Gómez, G // IEEE transactions on systems, man, and cybernetics—part c: applications and reviews, vol. 30, 2000. №1, pp.125-130.
122. Mark, R. Miller, Robots and Robotics: Principles, Systems, and Industrial Applications: [1st edition] / Mark, R. Miller, Rex, Miller. – McGraw-Hill Education, - 2017. - p.400.
123. Mammadov, R.G. Metrological analysis of formulas for the estimation of the measure of affinity between objects at patterns recognition // Proceedings of the 3rd

International Symposium on Electrical, Electronic and Computer Engineering, - Nicosia, North Cyprus: November 23-25, - 2006, - pp. 307-311.

124. 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.- pp. 209-216.

125. Mammadov, R.G., Aliyev, T.Ch., Mutallimova, A.S. Identification of spatial objects by their monochrome images of autonomous mobile robots // - India: International journal of engineering research and science, vol.2, - November 2016. №11, - pp.125-128.

126. 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, - pp. 76- 81.

127. Mammadov, R.G., Aliev, T. Ch. Definition of orientation of objects by the system of technical vision // The third international conference "Problems of cybernetics and informatics PCI '2010", vol.1, - Baku: 2010. - pp. 259-262

128. 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.

129. Mammadov, R. G., Aliev, T. Ch. Determination of the Spatial Orientation of Objects in Automated Production // Proceedings of the 9th International Conference "Information Control Systems & Technologies", -2020 - Odessa, Ukraine, 24–26 September. pp.191-201.

130. Mammadov, R. G. Correction of estimation errors of the measure of affinity between objects at recognition patterns for intellectual systems // Proceedings of the International Scientific Conference «Проблемы кибернетики и информатики», – Baku: - October 23-25, - 2006, - pp. 21-24.

131. 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.
132. 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.
133. 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.
134. 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.
135. Mohammad Arafah, Qusay Abu Moghli. Efficient Image Recognition Technique Using Invariant Moments and Principle Component Analysis // Journal of Data Analysis and Information Processing, - 2017, pp. 1-10.
136. Mozhey, N. P. Invariant affine connections on three dimensional homogeneous spaces with non-solvable transformation group // Lobachevskii Journal of Mathematics Vol.35, - 2014. -pp.218–240.
137. Nantogma, S.; Xu Y.; Ran, W. A Coordinated Air Defense Learning System Based on Immunized Classifier Systems. Symmetry - 2021, 13, 271.
138. New Stories of the Silk Road, - 2017. №9.
139. Nikita, N. Shelgikar, L. M. R. J. Lobo. An Efficient Coin Recognition Technique using Rotational Invariance Approach // International Journal of Science and Research (IJSR), Vol.3, - 2014. Issue 12, - pp.2357-2361.

140. Petar Marić. Computer Vision Systems for The Enhancement of Industrial Robots Flexibility // Facta Universitatis, Ser. Mechanics, Automatic Control and Robotics, Vol.10 – 2011. № 1, - pp. 1-18.
141. P. Follmann, T. Bottger. A rotationally-invariant convolution module by feature map back-rotation // In Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), - Lake Tahoe, NV, USA: - 12–15 March, - 2018. pp.784–792.
142. Phansak Nerakae, Pichitra Uangpairoj, Kontorn Chamniprasart. Using machine vision for flexible automatic assembly system // International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems. United Kingdom: 2016, - pp.428-435.
143. 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.
144. Rehab F. Abdel-Kader. Rotation-Invariant Pattern Recognition Approach Using Extracted Descriptive Symmetrical Patterns / Rabab M. Ramadan, Fayez W. Zaki, and Emad El-Sayed [et al] // (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, No. 5, 2012.pp.151-158.
145. Ricardo Valerdi. Cost Metrics for Unmanned Aerial Vehicles // - Arlington: Collection of Technical Papers - InfoTech at Aerospace, Vol. 3, - 2005. Advancing Contemporary Aerospace Technologies and Their Integration. pp. 1753 – 1758.
146. 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.

147. Shi, B., Bai, X., Yao, C. An. End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, - 2015. pp.10.
148. Schuhbert, A., Thees, H. Of routes and corridors: Challenges and opportunities for Silk Road destinations in the southern Caucasus // - Germany: Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing, Vol.6, - 2020. No.2, - pp.21-29.
149. Sirojiddin Khushiev, Oybek Ishnazarov, Obid Tursunov. Development of intelligent energy systems: the concept of smart grids in Uzbekistan // The International Conference on Sustainable Futures. Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020), - Ukraine: - 20-22 may, -2020, - pp.1-6.
150. Tamila Khalilova, Renying Li, Elchin Khalilov. Caspian Route of the Silk Road // International Journal of Asian History, Culture and Tradition, Vol.4, - 2017. No.4, - pp.1-9.
151. Toshiaki Ejima, Shuichi Enokida, Toshiyuki Kouno. 3D Object Recognition based on the Reference Point Ensemble // International Conference on Computer Vision Theory and Applications, - Portugal: 2014, pp.261-269.
152. Tushar Jain, Meenu. Automation and Integration of Industries through Computer Vision Systems // International Journal of Information and Computation Technology, Vol.3 – 2013. №9, - pp. 963-970.
153. The New Silk Road. Ten Years of the Central Asia Regional Economic Cooperation Program // Philippines: Asian Development Bank, - 2011. pp.136.
154. Tzung-Pei Hong. Multi-Scale Convolutional Neural Network for Rotation-Invariant Recognition / Hong Tzung-Pei, Hu Ming-Jhe, Yin Tang-Kai, Shyue-Liang Wang // Electronics, - 2022. - pp.1-21.
155. United Kingdom Country Security Report, - 2021.
156. Vimal Sudhakar Bodke, Omkar S Vaidya. Object Recognition in a Cluttered Scene using Point Feature Matching // - India: International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, Volume 5 - 2017. Issue IX, - pp.286-290.

157. Xiang Bai, Xingwei Yang, Longin Jan Latecki. Detection and recognition of contour parts based on shape similarity // *Pattern Recognition*, Vol.41 – 2008. №7, - pp.2189-2199.
158. Xiao-jun Chen. Improved combined invariant moment for moving targets classification / Chen Xiao-jun, Jia Ke, Yong-zhao Zhan, Xiao-bo Chen, Qian-qian Zhang, Xiaoming Jiang, Xin-ping Song, Bao-ding Chen, Hui Xu, Jian-guo Zhang [et al]// *Multimedia Tools and Applications* Vol.76, - 2017. Issue 19, pp.19959–19982.
159. Xin Li. Contour Knowledge Transfer for Salient Object Detection / Li Xin, Yang Fan, Cheng Hong, Liu Wei, Shen Dinggang // *15th European Conference Computer Vision – ECCV*, - Munich, September 8-14, -2018. -pp.370-385.
160. Zoran Wittine, Hrvoje Josic, Antea Barisic. Analysis of Characteristics and Potential Effects of the New Silk Road Initiative // - Croatia: *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*, - 2018. 11(02), pp. 255–260.

Ølavølør

```
unit manxetten;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Grids;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    StringGrid1: TStringGrid;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var  x,y:array [1..18] of integer;
     i,j,nk,s1,s2:integer;
     a,s3,s4,s5,z1,z2,mx,my,sx,sy,r0,sz0,zf,zk:real;
label  1,2;
begin
  x[1]:=90;
  x[2]:=100;
  x[3]:=88;
  x[4]:=93;
  x[5]:=93;
  x[6]:=80;
  x[7]:=100;
  x[8]:=95;
  x[9]:=100;
  x[10]:=92;
  x[11]:=101;
  x[12]:=93;
  x[13]:=88;
  x[14]:=93;
  x[15]:=88;
  x[16]:=100;
  x[17]:=98;
  x[18]:=99;
  y[1]:=81;
  y[2]:=100;
  y[3]:=98;
  y[4]:=100;
  y[5]:=91;
  y[6]:=100;
  y[7]:=88;
```



```

y[8]:=93;
y[9]:=94;
y[10]:=87;
y[11]:=99;
y[12]:=98;
y[13]:=98;
y[14]:=92;
y[15]:=101;
y[16]:=92;
y[17]:=87;
y[18]:=92;
for nk:=1 to 18 do
begin
  s1:=0;
  s2:=0;
  for i:=1 to 18 do
  begin
    s1:=s1+x[i];
    s2:=s2+y[i];
  end;
  mx:=s1/18;
  my:=s2/18;
  s3:=0;
  s4:=0;
  for i:=1 to 18 do
  begin
    s3:=s3+sqr(x[i]-mx);
    s4:=s4+sqr(y[i]-my);
  end;
  sx:=sqrt(s3/18);
  sy:=sqrt(s4/18);
  s5:=0;
  for i:=1 to 18 do s5:=s5+((x[i]-mx)*(y[i]-my));
  r0:=s5/(18*sx*sy);
  sz0:=sqrt(sqr(sx)-2*sx*sy*r0+sqr(sy));
  z1:=0;
  for i:=1 to nk do
  z1:=z1+abs(x[i]-y[i]);
  zf:=z1/nk;
  z2:=0;
  for i:=1 to nk do
  begin
    for j:=1 to 18 do
    begin
      a:=x[i]-y[j];
      if (a<0) and (a>-0.5*sz0) then
      begin
        a:=0;
        goto 1;
      end;
      if (a<-0.5*sz0) and (a>-sz0) then
      begin

```

```

    a:=-0.5*sz0;
    goto 1;
end;
if (a<-sz0) and (a>-1.5*sz0) then
begin
    a:=-sz0;
    goto 1;
end;
if (a<-1.5*sz0) and (a>-2*sz0) then
begin
    a:=-1.5*sz0;
    goto 1;
end;
if (a<-2*sz0) and (a>-2.5*sz0) then
begin
    a:=-2*sz0;
    goto 2;
end;
if (a<-2.5*sz0) and (a>-3*sz0) then
begin
    a:=-2.5*sz0;
    goto 2;
end;
if a<-3*sz0 then
begin
    a:=-3*sz0;
    goto 2;
end;
if (a>0) and (a<0.5*sz0) then
begin
    a:=0;
    goto 1;
end;
if (a>0.5*sz0) and (a<sz0) then
begin
    a:=0.5*sz0;
    goto 1;
end;
if (a>sz0) and (a<1.5*sz0) then
begin
    a:=sz0;
    goto 1;
end;
if (a>1.5*sz0) and (a<2*sz0) then
begin
    a:=1.5*sz0;
    goto 1;
end;
if (a>2*sz0) and (a<2.5*sz0) then
begin
    a:=2*sz0;
    goto 2;
end;

```

```

        end;
        if (a>2.5*sz0) and (a<3*sz0) then
        begin
            a:=2.5*sz0;
            goto 2;
        end;
        if a>3*sz0 then
        begin
            a:=3*sz0;
            goto 2;
        end;
1:      z2:=z2+abs(a);
2:      end;
        end;
        zk:=z2/nk;
        form1.StringGrid1.Cells[0,nk]:= inttostr(nk);
        form1.StringGrid1.Cells[1,nk]:= floattostr(zf);
        form1.StringGrid1.Cells[2,nk]:= floattostr(zk/18);
    end;
    form1.StringGrid1.Cells[0,0]:= 'NK';
    form1.StringGrid1.Cells[1,0]:= 'zf(Manxetten)';
    form1.StringGrid1.Cells[2,0]:= 'zk(Teklif olunan)';
end;
end.

```

--

```

unit manxetten;

```

```

interface

```

```

uses

```

```

    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, StdCtrls, Grids;

```

```

type

```

```

    TForm1 = class(TForm)
        Button1: TButton;
        StringGrid1: TStringGrid;
        Memo1: TMemo;
        procedure Button1Click(Sender: TObject);
    private
        { Private declarations }
    public
        { Public declarations }
    end;

```

```

var

```

```

    Form1: TForm1;

```

implementation

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var   x,y:array [1..18] of integer;
      i,j,nk,s1,s2:integer;
      a,s3,s4,s5,z1,z2,mx,my,sx,sy,r0,sz0,zf,zk,mxmin,mxmax,mymin,mymax,z3,mznk:real;
label 1,2;
begin
  x[1]:=90;
  x[2]:=100;
  x[3]:=88;
  x[4]:=93;
  x[5]:=93;
  x[6]:=80;
  x[7]:=100;
  x[8]:=95;
  x[9]:=100;
  x[10]:=92;
  x[11]:=101;
  x[12]:=93;
  x[13]:=88;
  x[14]:=93;
  x[15]:=88;
  x[16]:=100;
  x[17]:=98;
  x[18]:=99;
  y[1]:=81;
  y[2]:=100;
  y[3]:=98;
  y[4]:=100;
  y[5]:=91;
  y[6]:=100;
  y[7]:=88;
  y[8]:=93;
  y[9]:=94;
  y[10]:=87;
  y[11]:=99;
  y[12]:=98;
  y[13]:=98;
  y[14]:=92;
  y[15]:=101;
  y[16]:=92;
  y[17]:=87;
  y[18]:=92;
  s1:=0;
  s2:=0;
  for i:=1 to 18 do
    begin
      s1:=s1+x[i];
```

```

    s2:=s2+y[i];
end;
mx:=s1/18;
my:=s2/18;
s3:=0;
s4:=0;
for i:=1 to 18 do
begin
    s3:=s3+sqr(x[i]-mx);
    s4:=s4+sqr(y[i]-my);
end;
sx:=sqrt(s3/18);
sy:=sqrt(s4/18);
s5:=0;
for i:=1 to 18 do
s5:=s5+((x[i]-mx)*(y[i]-my));
r0:=s5/(18*sx*sy);
sz0:=sqrt(sqr(sx)-2*sx*sy*r0+sqr(sy));
mxmin:=mx-sx;
mxmax:=mx+sx;
mymin:=my-sy;
mymax:=my+sy;
form1.Memo1.Lines.Add('mx='+floattostr(mx));
form1.Memo1.Lines.Add('my='+floattostr(my));
form1.Memo1.Lines.Add('sx='+floattostr(sx));
form1.Memo1.Lines.Add('sy='+floattostr(sy));
form1.Memo1.Lines.Add('sz0='+floattostr(sz0));
form1.Memo1.Lines.Add('mxmin='+floattostr(mxmin));
form1.Memo1.Lines.Add('mxmax='+floattostr(mxmax));
form1.Memo1.Lines.Add('mymin='+floattostr(mymin));
form1.Memo1.Lines.Add('mymax='+floattostr(mymax));
for nk:=1 to 18 do
begin
    z2:=0;
    z3:=0;
    for i:=1 to nk do
    begin
        z3:=z3+(x[i]-y[i]);
        z2:=z2+abs(x[i]-y[i]);
    end;
    zf:=z2/nk;
    mznk:=z3/nk;
    z3:=0;
    for i:=1 to nk do
    begin
        for j:=1 to nk do
        begin
            a:=x[i]-y[j];
            if (a<0) and (a>-0.5*sz0) then
            begin
                a:=0;
                goto 1;
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

end;
if (a<-0.5*sz0) and (a>-sz0) then
begin
  a:=-0.75*sz0;
  goto 1;
end;
if (a<-sz0) and (a>-1.5*sz0) then
begin
  a:=-1.25*sz0;
  goto 1;
end;
if (a<-1.5*sz0) and (a>-2*sz0) then
begin
  a:=-1.75*sz0;
  goto 1;
end;
if (a<-2*sz0) and (a>-2.5*sz0) then
begin
  a:=-2.25*sz0;
  goto 1;
end;
if (a<-2.5*sz0) and (a>-3*sz0) then
begin
  a:=-2.75*sz0;
  goto 1;
end;
if (a>0) and (a<0.5*sz0) then
begin
  a:=0;
  goto 1;
end;
if (a<sz0) and (a>0.5*sz0) then
begin
  a:=0.75*sz0;
  goto 1;
end;
if (a>sz0) and (a<1.5*sz0) then
begin
  a:=1.25*sz0;
  goto 1;
end;
if (a>1.5*sz0) and (a<2*sz0) then
begin
  a:=1.75*sz0;
  goto 1;
end;
if (a>2*sz0) and (a<2.5*sz0) then
begin
  a:=2.25*sz0;
  goto 1;
end;
if (a>2.5*sz0) and (a<3*sz0) then

```

```

begin
  a:=2.75*sz0;
  goto 1;
end;
if(a<-3*sz0) or (a>3*sz0) then
begin
  a:=a;
  goto 1;
end;
1:
  z3:=z3+abs(a);
end;
end;
zk:=z3/sqr(nk);
form1.StringGrid1.Cells[0,nk]:= inttostr(nk);
form1.StringGrid1.Cells[1,nk]:= floattostr(mznk);
form1.StringGrid1.Cells[2,nk]:= floattostr(zf);
form1.StringGrid1.Cells[3,nk]:= floattostr(zk);
end;
form1.StringGrid1.Cells[0,0]:= 'NK';
form1.StringGrid1.Cells[1,0]:= 'mznk(bez abs)';
form1.StringGrid1.Cells[2,0]:= 'zf(abs)';
form1.StringGrid1.Cells[3,0]:= 'zk(abs)';
end;
end.

```

İXTİSARLARIN SİYAHISI

ARC- Analoq-rəqəm çeviricisi

FB-Filtr bloku

İÖS – İnformasiya-ölçmə sistemi

İSÇ- Işıq siqnalı çeviricisi

İB- İdarəetmə bloku

kPTS-Kiçik pilotsuz təyyarə sistemi

KB-Kvantlama bloku

MK-Mikroprosessorlu kompüter

MP-Mərkəzi prosessor

NAFB- Neyron şəbəkənin aktivləşdirmə funksiyasının bloku

OAYÖ - Obyektlər arasında yaxınlıq ölçüsü

PUA-Pilotsuz uçuş aparatı

PTS-Pilotsuz təyyarə sistemi

TGS- Texniki görmə sistemi

TÖNB-Təsvir ölçüsünü normallaşdırma bloku

TMFB-Təsvirləri miqyaslama və fırlatma bloku

TTİÖS- Texniki tanıma informasiya-ölçmə sistemi

TFA- Təsvirlərin formalaşdırılması üçün avadanlıq

TKQ- Təsvirlərin kodlaşdırılması qurğusu

TG- Təsvir gücləndiricisi

TKÖQ- Təsvirləri kompüterə ötürmək üçün qurğu

VQ- vizuallaşdırma qurğusu

YQ- Yadda saxlama qurğusu