

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**MOBİL ROBOTLARIN TEXNİKİ GÖRMƏ
İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN
DƏQİQLİYİNİN ARTIRILMASI**

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

Elm sahəsi: **Texnika elmləri**

İddiaçı: **Anaxanınm Sahib qızı Mütəllimova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

SUMQAYIT – 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin
«Elektronika və avtomatika» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Rəhim Qurban oğlu Məmməd

Rəsmi apponentlər texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov

texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov

texnika elmləri namizədi, dosent
Məzahir Məhəmməd oğlu İsayev

Azərbaycan Ruspublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya
Komissiyasının Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət
göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

Texnika elmləri doktoru,
professor

Aqil Həmid oğlu Hüseynov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi

texnika elmləri namizədi,
dosent

Turqay Kilim oğlu Hüseynov

Elmi seminarın sədri:

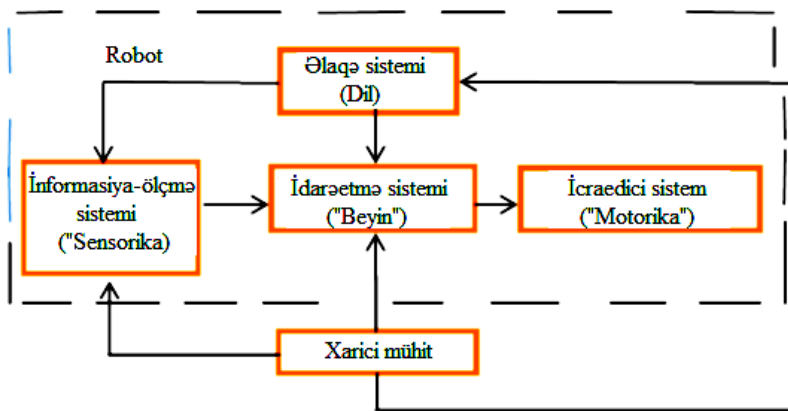
texnika elmləri doktoru,
professor

Əli Həsən oğlu Nağıyev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktualığı və işlənmə dərəcəsi. Bu gün müxtəlif sahələrdə mobil robototexniki sistemləri tətbiq edilir. Korporativ sifarişçilər çoxfunksiyalı sənaye robotları ilə maraqlanır, kütləvi alıcı intellektual tozsoranlar və robot itlər əldə edir, təhlükəsizlik xidmətləri və müdafiəçiləri yorulmadan izləmə və axtarış məsələlərini həll etmə qabiliyyətinə malik avtonom qurğulara güvənirlər. Bu halda bütün belə qurğular idealda real dünyanın yad və gözlənilməz vəziyyətində tərəddüdsüz yerini dəyişdirməlidir.

Ətraf mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan robotun ümumiləşdirilmiş struktur-funksional sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir Robot ümumi halda 4 sistemdən ibarətdir: informasiya-ölçmə ("Sensorika"), idarəetmə ("Beyin"), icraçı ("Motorika") və digər robotlarla, insanla və ya robotun daxili sistemləri ilə ("Dil") əlaqə sistemləri.



Şəkil 1. Ətraf mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan robotun ümumiləşdirilmiş struktur-funksional sxemi

İnformasiya-ölçmə sistemi ("Sensorika") – xarici mühitin və robotun idarəetmə sisteminin ("beyinin") istehlakçılarına uyğun olaraq robotun özünün vəziyyəti haqqında informasiyanı qəbul etməsi və çevrilməsi üçün nəzərdə tutulmuş robotun süni hissiyyat orqanıdır.

Robotun idarəetmə sistemi aşağıdakılar üçün nəzərdə tutulmuşdur: birinci, informasiya-ölçmə sisteminin əks əlaqə siqnallarından istifadə edərək icraçı sistemin mexanizmlərinin (mühərriklərin) ötürücülərlə (qurğularla) idarəetmə qanununun hazırlanması üçün; ikinci, insanla robotun hər hansı dildə ünsiyyəti üçün. Robotun intellektual imkanları informasiya-ölçmə və idarəetmə sistemi ilə təyin edilir.

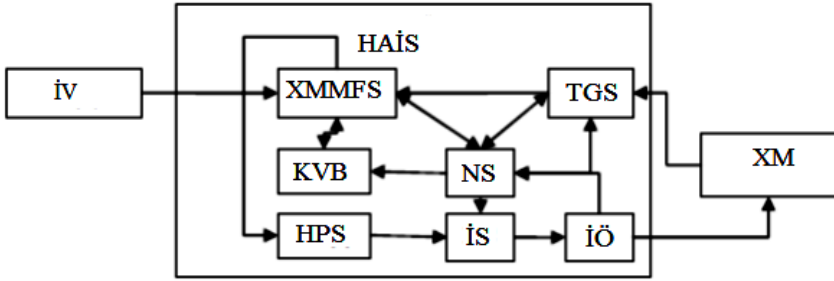
Robotun icraçı sistemi idarəetmə sistemi tərəfindən formalaşdırılan, həmçinin ətraf mühitə təsir edən idarəetmə siqnallarının icrasına xidmət edir. İcraçı sistemlərə nümunələr: manipulyatorlar (mexaniki əllər), pedipulyatorlar (mexaniki ayaqlar), özüyəriyən arabalar, 3D-tomoqraf aparatları və s.

Robotun əlaqə sistemi robot sistemləri arasında, robot və insan və ya digər robotlar arasında onların başa düşdüyü dildə informasiya mübadiləsinin təşkili üçün nəzərdə tutulmuşdur. Belə mübadilənin məqsədi - robota verilən tapşırıqların insan tərəfindən qısaca ifadəsi, insan və robot arasında dialoqun təşkili, robotun fəaliyyətinə nəzarət, nasazlıqların diaqnostikası və robotun reqlament yoxlanmasından ibarətdir.

Funksional sxemə əsasən, adaptiv robotun strukturunda əsas yerlərdən birini İÖS tutur.

Mobil robotlarla (MR) müasir informasiya-ölçmə idarəetmə sistemlərinin (İÖİS) ümumiləşdirilmiş struktur sxemi [16] təqdim edilmişdir (şəkil 2), burada: İV - ilkin verilənlər; XM - xarici mühit; HAİS - hərəkətin avtonom idarəetmə sistemi; KVB - kartoqrafik verilənlər bazası; XMMFS - xarici mühitin modelini formalaşdırma sistemi; HPS - hərəkətin planlaşdırma sistemi; İS və NS - icraçı və naviqasiya sistemləri; İÖ - izləyən ötürücülər.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, sensor sistemləri kimi digər sensor sistemlərlə müqayisədə ən geniş buraxılma zolaqlı və buna görə də kartoqrafiya zamanı xarici mühitin obyektlərinin tanınması üçün ən böyük semantik imkanlı və həmçinin xarici oriyentirlərə görə hərəkəti yerinə yetirmə imkanına malik TGS geniş yayılmışdır.



Şəkil 2. Mobil robotların (MR) müasir informasiya-ölçmə idarəetmə sistemlərinin (İÖİS) ümumiləşdirilmiş struktur sxemi

TGIÖS-nin işi, ilk növbədə, vizual informasiyanın, yəni işçi zonanın təsvirlərinin emalı və təhlili ilə bağlıdır.

Tanınan obyektin təsvirinin yüksək etibarlığa malik konkret tətbiq hallarına baxmayaraq, şəkil 3-də sxematik təqdim edilmiş əsas struktura daxildir: blok 1 – ölçmə kanalı: etalon obyektin rəqəm ekvivalentinin yadda saxlanması üçün nəzərdə tutulmuş 2 - yaddaş qurğusu, OAYÖ invariant qiymət bloku - 3, blok 5-də həddi yadda saxlayan qurğu, blok 4 - meylətməni qeyd edən qurğular, meylətmə və tənzimləmə təsirinin siqnalizasiyası üçün siqnalı formalaşdırıcı 6 – bloku, blok 7 - sistemin işini idarəetmə qurğusu idarə edir.

Ədəbiyyatda kompüterlərin köməyi ilə vizual informasiyanın emalı məsələlərinə kifayət qədər geniş yer ayrılır. Lakin real zaman miqyasında əlverişli və münasib mikroprosessorlarda hesablama proseslərinin reallaşdırılmasında böyük həcmli informasiyanın emalını tələb edən robot-texniki məsələlərin xüsusiyyəti təsvirlərin emalının rəqəmsal metodlarından və analizindən istifadəni mürəkkəbləşdirir.

Bir çox istehsalat məsələlərində İÖS funksiyasına obyektin növünün icrası, onun vəziyyəti və istiqamətinin təyin edilməsi əməliyyatları daxildir. Obyekt texniki görmə sisteminin videovericisindən müəyyən edilmiş məsafədə yerləşdikdə bu əməliyyatlar müvəffəqiyyətlə icra edilir, yəni təsvirin analizi sabit miqyasda aparılır.

2. Zəif kontrastlıqda rəng modelindən asılı olaraq təsvir (R, G, B) rənginə görə və ya (Y) parlaqlıq səviyyəsinə görə qatlara bölünür. Nəticədə bir neçə monoxrom təsvir alınır. Sonra, rəngli piksellərə tək qiymətlər verilir, qalan piksellərə sıfır qiymətləri verilən fonun pikselləri kimi baxılır [15,23].

Təsvirlərin çoxmərhələli emalının ilkin alqoritmləri üçün obyektlərin və fonun təsvirlərinin kifayət qədər kontrastlığında tamamilə münasib nəticələr verən giriş verilənləri kimi binar təsvirlər istifadə olunur. Buna görə bu işdə binar təsvirlərin təhlilinə geniş yer verilir. Binar təsvir nöqtəli ağ-qara təsvirə malikdir. Bu halda təsvirdə qara piksellər obyektin nöqtələrinə, fonun nöqtələrinə isə – təsvirin ağ pikselləri uyğundur. Buna əsaslanaraq, binar təsviri "1" və "0"-dan təşkil olunmuş verilənlər massivi şəkillində təqdim etmək olar, bu halda obyektə "1", fona isə "0" qiyməti verilir.

Kiçik və orta seriyalarla buraxılışda, sərt proqramlaşdırılmış robotların tətbiqi böyük çətinliklərlə bağlıdır. Buna görə də sənaye şəraitində real zaman miqyasında sensor informasiyası əsasında işçi zonanın şərtlərinə uyğun öz fəaliyyətini təshih etmək qabiliyyətinə malik adaptiv robotların yaradılmasına və tətbiqinə böyük diqqət ayrılır. Adaptiv robotun strukturunda əsas yerlərdən birini İÖS tutur. Bu ilk növbədə TGiÖS işi vizual informasiyanın təhlili və emalı, yəni işçi zonanın təsvirləri ilə bağlıdır.

Hal-hazırda elmin və texnikanın bir çox sahələrində informasiya emalının intellektual sistemlərinə tələbat yaranmışdır [9,35,36,48,85,100]. Belə sistemlərin modeli kimi insan götürülür. Məlum olduğu kimi, insan bütün qəbul edilən informasiyanın əsas hissəsini görmə vasitəsilə alır və bütünlükdə insanın fəaliyyəti informasiyanın vizual emalına yönəldilmişdir. Buna görə TGS informasiyanın emalının intellektual sisteminin əsas elementidir, TGS-nin effektivliyi isə – bütün intellektual sistemin hazırlanmasında müəyyən edilən amildir.

Məlumdur ki, effektivlik qoyulmuş məsələlərin həllində TGiÖS keyfiyyətini xarakterizə edən ümumiləşdirilmiş parametrdir. TGiÖS istismarında onun effektivliyi əsasən üç parametrlə xarakterizə olunur: obyektlərin tanınmasının cəldişləməsi, etibarlılığı və səhihliyi.

Cəldişləmə və etibarlılıq səviyyəsi texniki vasitələrin inkişaf səviyyəsindən birbaşa asılıdır və hal-hazırda kifayət qədər yüksəkdir. TGIÖS obyektlərinin tanıma səhihliyinə gəlincə, burada səhihliyə olan yüksək tələblərə, həmçinin qoyulmuş məsələlərin müxtəlifliyinə və mürəkkəbliyinə görə problemlər hələ də həll edilməmişdir, yəni obyektlərin tanıma səhihliyi TGIÖS effektivliyini müəyyən edən əhəmiyyətli parametrlərdən biridir [11].

TGIÖS ilə bağlı mənbələrlə tanışlıq göstərdi ki, obyektlərin tanıma səhihliyinə növbəti amillər təsir edir: təsvirlərdə küylərin mövcudluğu, obyektlərin fəza çevrilməsi (sürüşmə, dönmə və miqyasın dəyişməsi) və yaxınlıq ölçüsünün qeyri-ideallığı [14].

Bununla əlaqədar, təsvirlərə görə obyektlərin tanınma səhihliyinin artırılması metodikasının, alqoritmlərinin və vasitələrinin hazırlanmasına həsr edilmiş işin mövzusu aktual elmi-texniki məsələdir.

Ümumiyyətlə δ əlamətlərinə görə obrazların tanınmasında xətanı aşağıdakı kimi təqdim etmək olar:

$$\delta = f(\sigma_{\text{küy}}, \sigma_{\text{fəza çevril.}}, \sigma_{\text{OAYÖ}}) \quad (1)$$

burada $\sigma_{\text{küy}}$ – obyektə və fona aid piksellərin miqdarının, həmçinin obyektin formasının dəyişməsində əlamətlərin hesablanma xətası; $\sigma_{\text{fəza çevril.}}$ – əlamətlərin nömrəsinin və mütləq qiymətinin dəyişməsində əlamətlərin hesablanma xətası; $\sigma_{\text{OAYÖ}}$ – sistematik xətalara və yaxınlıq ölçüsünün miqyas dəyişməsinin təsirindən əlamətlərin hesablanma xətasıdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi səhihliyin artırılmasında təsvirlərə görə obyektlərin effektiv tanınma metodikasının hazırlanmasıdır.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

1. Sadə alqoritmə və məntiqi filtrasiyaya malik tam rabitəli maskaların, obyektlərin binar təsvirlərinin küylənmə səviyyəsindən asılı olaraq küylərin hamarlanma təhlili aparılmışdır.

2. Obyektlərin binar təsvirlərində küylərin hamarlanma alqoritmləri hazırlanmışdır.

3. Uyğun miqyaslarda onların qarşılıqlı yerləşməsinə təyin etmə yolu ilə etalon təsvirə görə obyektin təsvirinin tanınma metodikası hazırlanmışdır.

4. Obyektin təsvirinin ətalət momentinin təsvirin dönməsindən və miqyasın dəyişməsindən asılılıq düsturları alınmışdır.

5. Obyektin və miqyasın təsvirinin parametrlərin ölçülmüş qiymətlərinin sistemə və təsadüfi xətlərinin dəyişməsində invariantlığa və minimal həssaslığa malik OAYÖ qiymətinin düsturları hazırlanmışdır.

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

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Həndəsi parametrlərin ölçülməsi və təsvirin nöqtələrinin seçilməsi ilə bir və iki piksellə obyektin təsvirində "1" və "0" küylərinin aradan qaldırılma alqoritmi.

2. Qeyri-xətti tənliklər sisteminin grafoanalitik üsulla həlli.

3. Obyektlərin binar təsvirlərində küylərin aradan qaldırılma alqoritminin kompüter modelləşdirilməsi.

4. Texniki görmə sistemləri tərəfindən obyektlərin tanınmasının etibarlılığını artıran obyektlərarası yaxınlıq ölçüsünün kompüter modelləşdirilməsi.

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

1. Təsvirin nöqtələrinin seçilməsi və həndəsi parametrlərin ölçülməsi ilə obyektlərin binar təsvirlərində küylərin hamarlanma alqoritmləri təklif edilmişdir.

2. Miqyasa uyğun olaraq qarşılıqlı yerləşmənin təyini yolu ilə etalon təsvirə görə birkonturlu və çoxkonturlu obyektin təsvirinin tanınma metodikası təklif edilmişdir.

3. Obyektin təsvirinin ətalət momentinin dönmə və miqyasın dəyişməsindən asılılığını göstərən düsturlar sistemi təklif edilmişdir.

4. Tanınan obyektin və etalonun təsvirlərində parametrlərin ölçülməsinin additiv və multiplikativ xətalara və miqyas dəyişmələri üçün obyektlərin tanınma invariantlığını təmin edən OAYÖ qiymətinin düsturları təklif edilmişdir.

5. Tanıma zamanı obyektin və miqyasın təsvirinin parametrlərinin ölçülmüş qiymətlərinin sistematik və təsadüfi xətalara və dəyişməsində minimal həssaslığı təmin edən OAYÖ qiymətinin düsturu təklif edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Azərbaycan Respublikasının (№F20130005) patenti ilə müdafiə edilmiş həndəsi parametrlərin ölçülməsi ilə obyektin təsvirində binar küyləri səthiləşdirən qurğular hazırlanmışdır.

2. Binar təsvirlərdə küylərin hamarlanması məsələsinin həlli üçün alqoritm və uyğun proqram təminatı hazırlanmışdır.

3. Hər hansı etalon vəziyyətə nisbətən onun yerləşməsinin təyin edilməsi ilə obyektin təsvirinin tanınması məsələsinin həlli üçün proqram təminatı hazırlanmışdır.

Hazırlanmış qurğular və proqram təminatları peyklərlə alınmış təsvirlər üzrə obyektlərin tanınmasında istifadə edilə bilər.

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

Tədqiqatın aprobeşiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri «İnformasiya texnologiyaları və kompüter mühəndisliyi» (Vinnitsa, 2010) BEPK-da, «İnformasiyanın kodlaşdırılması, müdafiəsi və sıxılması metodları və vasitələri» (Vinnitsa, 2011) BEPK-da, «İnformasiya prosesləri və texnologiyaları» (Sevostopol, 2012) GATBEPK-da, «İnformasiya texnologiyaları və kompüter mühəndisliyi» (Vinnitsa, 2012) BEPK-da, «Fotonika-2012» optoelektron informasiya texnologiyaları (Vinnitsa, 2012) BEPK-da, «Müasir dünyada informasiya texnologiyaları. Gənc alimlərin tədqiqatları» (Xarkov, 2013) GATBEPK-da, «İT-sənayesi problemləri və inkişaf problemləri» (Xarkov, 2013) BEPKK-da, «İT-sənayesi problemləri və inkişaf problemləri» (Xarkov, 2015) BEPKK-da, doktorant və gənc

alimlərin XX Respublika eimi konfransında (Bakı, 2016) məruzə və müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. İşdə təqdim edilmiş alqoritmlər və proqram sistemi Milli Aerokosmik Agentliyinin Xüsusi Konstruktor Bürosunun İnformasiya Emalı Mərkəzi tərəfindən təsvirlərin emalı prosesində tətbiq edilmişdir. Həmçinin, elmi tədqiqatların nəticələri Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin tədris prosesində laboratoriya işləri və mühazirə materialları kimi istifadə olunmuşdur.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin həcmi. Dissertasiya işi giriş, 3 fəsildən, nəticə, dissertasiya işinə istinadı əhatə edən 144 sayda ədəbiyyat mənbələri olan ədəbiyyat siyahısından, 33 şəkil, 26 cədvəli əhatə edən 203 səhifədə çap materialından, 231414 işarədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılmış və tanıma səhihliyini artıran TGS obyektlərinin təsvirlərinin tanıma metodikasının zəruriliyi qeyd edilmiş, işin məqsədi, elmi yeniliyi və praktik qiyməti, nəticələrin reallaşdırılması və aprobasiyası verilmişdir.

Birinci fəsildə mobil robotların tətbiq sahələri, obyektlərin binar təsvirlərinin emal və təhlilində TGIÖS tətqiqi, binarizasiya üsulları, TGIÖS-nin effektivliyinə təsir edən amillər, küylərin aradan qaldırılma metodları göstərilmişdir.

TGIÖS-dən alınmış təsvirlər əksər hallarda, təsvirdən başqa "küy"-ə malikdir. Bu bəzi qrup piksellərinin rənginin və ya parlaqlığının təhrifi və ya onların həqiqi rəngi ilə bağlı olmayan ayrı-ayrı piksellərin tamamilə yanlış qiymətləri ola bilər, yəni küylər təsvirin təcrid edilmiş elementlərinin pərakəndə dəyişiklikləri kimi izah olunur [36, 49,77].

Təsvirin təhrif xarakterinə görə küyləri bir neçə növə bölmək olar:

- additiv küy – hər pikselin rəng və ya parlaqlıq qiymətinə hər nöqtədə qiymətləri müxtəlif olan bəzi təsadüfi kəmiyyət əlavə olunur;

- multiplikativ küy – hər pikselin rəng və ya parlaqlıq qiyməti hər nöqtədə müxtəlif olan bəzi təsadüfi kəmiyyətə vurulur;
- impuls küy – bəzi ayrı piksellərin rəng və ya parlaqlıq qiymətləri təhrif edilməyən qiymətlər haqqında olan hər bir informasiyanı itirənə qədər təhrif olunur.

Küylərin aradan qaldırılması üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunur:

- ilkin təsvirin bir neçə pikselinin xətti kombinasiyası ilə emal edilmiş təsvirin hər pikselinin xətti alqoritmləri;

- qiymətləri artan sıra ilə düzülən və təsvirin pikselinin parlaqlığı ardıcıl siyahının analizi əsasında alınan küylərin aradan qaldırılması alqoritmləri;

- bir çox süzgülərdən fərqli olaraq emal strukturu təsvirin xüsusiyyətindən asılı olan lokal-additiv alqoritmlər. Nəticədə–faydalı detalların (sərhədlər, nazik xətlər və s.) hamarlanmaması baş verir. Buna görə son tədqiqatlar müxtəlif növ küylərin təsirində lokal-additiv süzgüləmə alqoritmlərinin analizi ilə bağlıdır;

- eyni zamanda adaptasiyanın bir neçə parametrlərindən istifadə olunan və obyektlərin verilmiş növlərindən birinə nöqtənin mənsub olduğu ilkin tanımanın ekspert sistemi tətbiq edilən "ekspertlər" alqoritmləri. Sonra, qəbul edilmiş qərara uyğun süzgülənin növü seçilir;

- parlaqlığa görə piksellərin qruplaşmasına əsaslanan alqoritmlər. Parlaqlığa görə mərkəzə yaxın olmasından asılı olaraq piksellərin qruplaşmasına əsaslanan təsvirin hamarlanma metodları;

- diferensial operatorlar tərəfindən kiçik miqyaslı küyün gücləndirilməsi; diferensial və səthi operatorların birləşməsi. Qauss və Laplas operatorları xəttidir, deməli kommutativdir və əməliyyatların icra edilmə ardıcılığını dəyişməklə onları birləşdirmək olar: $L*(G*I)=(L*G)*I=LoG*I$, burada * – açılış bildirir. Əvvəlcədən təsviri hamarlamaq əvəzinə, hər iki operatorun açılışı yerinə yetirilir, sonra alınmış operator təsvirə tətbiq edilir;

- stoxastik qradiyent operatoru. Onun əsasında müəyyən küy üçün təsvirin avtokorrelyasiya funksiyasını və signal/küy əlaqəsini nəzərə alaraq təyin edilən optimal qradiyent maskası.

Küyün məlum spektral xarakteristikasında yaxşı nəticələr verən küylərlə mübarizənin müxtəlif metodları işlənmişdir. Lakin təcrübədə küy proseslərinin modelləri yoxdur və texniki görmə sistemlərində klassik metodların reallaşdırmasında çətinliklər mövcuddur. Bu hesablama informasiyasının böyük həcmi və aparatın reallaşdırmasında qabarit-kütləvi göstəricilərdir. Məntiqi prosedurlara əsaslanan nisbətən sadə metodlar geniş yayılmışdır [106].

Küylərin aradan qaldırılmasının mövcud alqoritmləri ümumi əhəmiyyətli çatışmazlığa malikdir – onlar təsvirin sərhədlərini səthiləşdirir.

Təhrifə təsvirin elementlərinin əksəriyyəti məruz qalırsa, küylərin aradan qaldırılma alqoritmlərinin effektivliyi çox mühüm olur.

TGS obyektlərinin mövcud tanıma metodlarının təhlili göstərdi ki, səhhiyyə əsas üç faktor mənfi təsir edir:

- bəzi piksellər qrupunun rənginin və ya parlaqlığının təhrifi kimi göstərilən küylər və ya əsl rənglə əlaqəsi olmayan ayrı-ayrı piksellərin tamamilə yanlış qiymətləri. Binar təsvirlərdə küylər təsadüfən ayrı-ayrı piksellərin dəyişməsi kimi invers qiymətlərlə ifadə edilir. Küylərin məlum spektral xarakteristikalarında küylərə qarşı müxtəlif mübarizə üsulları işlənmişdir. Lakin praktikada küylü proseslərin modelləri yoxdur, TGS-də klassik metodların realizasiyasında ilkin verinlənlər haqqında böyük həcmli informasiyanın və mürəkkəb riyazi aparatın istifadəsi ilə verilən informasiyanın emal alqoritmı kimi çətinliklərə rast gəlinir. Eləcə də, küylərin mövcud hamarlama alqoritmləri təsvirlərin sərhədlərinin hamarlanması kimi əhəmiyyətli çatışmamazlıqlara malikdir.

- obyektin təsvirlərinin fəza çevrilməsi. Sonrakı tanıma üçün obyektlərin təqdim edilməsinin dövrü kodlar və siqnatur kimi sadə və yüksək effektiv metodları obyektlər haqqında təsvirə aprior informasiyanın yığımını tələb edir ki, bu da xətti çevirmə zamanı onları işə yararsız edir. Obyektin təsvirinin dönmə bucağını təyin edilməsi üçün ortoqonal yerdəyişmədən sonra fırlanma və dönmənin müəyyən nöqtəsi ətrafında müxtəlif üsul və vasitələr təklif edilib. Lakin, bu üsullar obyektlərin tanınma səhhiyyəsinin yüksəlməsini

təmin edə bilmir. Onlarda statik momentlərə obyektlərin tanınmasının əsas əlamətləri kimi baxılır. İşlərin təhlili göstərdi ki, bu halda əlamətlərin inteqrallığı yüksək, tanınmanın səhihliyi isə - aşağıdır. Qəbul edilmişdir ki, yalnız mövcud tanıma alqoritmlərinin tətbiqi kifayət qədər effektiv deyil.

- OAYÖ-nin multiplikativ və miqyas xətalılarına invariantlığı təmin etməsinin yararsız olması. Evklid, Manxetten, Kanberra, Minkovski, Çebışev kimi məlum ölçülər miqyasın dəyişməsinə korreksiya etmədən additiv xətanın minimizasiyasını və sistematik xətanın qismən azalmasını təmin edir. Göstərilən ölçülər sıfıra onda bərabər olur ki, yəni tanınan obyekt etalona o halda uyğun olacaqdır ki, etalonun multiplikativ xətalı tanınan obyektin multiplikativ xətalılarına bərabər olsun və onların miqyasları eyni olsun. Multiplikativ xətalı arasındakı fərqin artması və tanınan obyektin miqyasının dəyişməsi ilə ölçünün qiyməti də artacaq ki, bu da səhv nəticə deməkdir.

Obyektlərin tanınması etibarlılığı TGS-nin effektivliyini xarakterizə edən əsas keyfiyyətdir.

Obyektin xüsusi təsvirindən başqa, TGS-nə daxil edilmiş təsvirlər tədqiqat obyektləri haqqında məlumatları təhrif edən və tanıma etibarlılığına mənfi təsir edən küylərə məlikdir.

Tanıma etibarlılığına mənfi təsir edən, təsviri xarakterizə edən əlamətləri təhrif edən TGS-nə daxil edilmiş təsvirlər affın (fəza) çevrilmələrinə məruz qalır.

Obyektlərin təsvirlərinin parametrlərinin ölçülməsində sistematik və genişmiqyaslı xətalıların mövcudluğu onların tanıma etibarlılığını aşağı salır.

Aparılmış təhlil nəticəsində tədqiqatın qarşıya qoyduğu məsələlər araşdırılmışdır. TGS obyektlərinin tanınma etibarlılığının artırılması üçün obyektlərin təsvirlərində küylərin aradan qaldırılma yolunu tapmaq, obyektlərin təsvirlərinin affın çevrilməli tanınma metodikasını işləmək və multiplikativ və genişmiqyaslı xəta invariantlığına məlik OAYÖ qiymətinin ifadəsinin işləyib hazırlanması məqsəduyğundur.

Nəticədə TGS-nin səhəliyinə təsir edən faktorların nəzərdən keçirilməsi əsasında gələcək tədqiqatların aparılması məsələləri qoyulmuşdur.

İkinci fəsildə obyektlərin binar təsvirlərində küylərin aradan qaldırılma alqoritminin işlənməsi, obyektlərin təsvirlərinin affın çevrilməsində ətalət momentlərinin dəyişməsinin təyin edilməsi, fəzada yerdəyişmə zamanı ön səthdə marker nöqtəsinin proyeksiyasının və sistematik xətlərin dəyişməsinə invariantlığı təmin edən obyektlararası yaxınlıq ölçüsünün dəyişmə asılılığı məsələləri həll edilir:

1. Həndəsi parametrlərin ölçülməsi və təsvirin nöqtələrinin seçilməsi ilə bir və ikipikselli obyektin təsvirində "1" və "0" küylərin aradan qaldırılma alqoritmı.

Mərkəzi nöqtənin xüsusiyyətlərini, perimetrin elementi (təsvirin konturun yerləşməsinə), sahənin elementi (təsvirin konturu daxilində) və ya küy olmasını təyin etmək üçün onu əhatə edən nöqtələrin vəziyyəti təhlil edilir.

Nəticədə obyektin təsvirinin S sahəsinin və P perimetrinin ölçüsü, həmçinin bir və iki piksellə "0" və "1" K0 və K1-küyləri alınır. Bundan başqa, obyektin təsviri müvafiq olaraq, obyektə, onun konturuna, obyektə küyə və fonda küyə məxsus olan nöqtələrin koordinatları yazılan A_S , A_P , A_{K0} və A_{K1} dörd verilənlər massivi şəklində təqdim edilir.

S sahəsinin və P perimetrinin qiymətlərinə görə obyektin forma əmsalını, "0" K0 küyünün qiymətinə görə – obyektin küylənmə səviyyəsini, "0" və "1" K0 və K1 küyünün qiymətlərinə görə isə – bütün təsvirin küylənmə səviyyəsi təyin etmək olar. Bu təklif edilən təsvir üzrə obyektin tanıma səhəliyinə ehtimal olunan qiymət veriləcək. Fon faydalı məlumatlara malikdir, beləliklə, o təsvirin təhlilindən kənarlaşdırılmışdır.

2. Kəsim ölçüsünün mərkəzə nisbətən OX oxu üzrə M dəfə, OY oxu üzrə M dəfə, OX və OY oxları üzrə M dəfə, OX oxu üzrə M dəfə, OY oxu üzrə N dəfə dəyişməsi ilə kəsimin ətalət momentinin tənkləri.

Bu zaman kəsim sahəsi, inteqrallama sahəsi, OX oxu üzrə yuxarı inteqrallama həddi və OX oxu üzrə elementar sahə ölçüsü M

dəfə, OY oxu üzrə M dəfə, OX və OY oxları üzrə elementar sahə ölçüsü M dəfə dəyişir. Miqyasın dəyişməsi zamanı elementar sahənin həndəsi ölçüsü öz koordinatlarını saxlayır, elementar sahələrin həndəsi mərkəzlərindən olan məsafələr dəyişməz qalacaq.

Kəsimin ölçüsünün dəyişməsi və oxlarının dönməsi zamanı kəsimin ətalət momentlərinin asılılığının təyin edilməsi kəsimin mərkəzi vasitəsilə OX və OY oxlarına nisbətən saat əqrəbinin əksi istiqamətində φ bucağı qədər dönmüş OU və OV iki qarşılıqlı perpendikulyar koordinat oxları keçirilmişdir:

$$\begin{aligned} J_{X_2} &= M^2 \cdot N^4 \cdot \frac{\Delta x_1 \cdot \Delta y_1^3}{3}; & J_{Y_2} &= M^4 \cdot N^2 \cdot \frac{\Delta x_1^3 \cdot \Delta y_1}{3}; \\ J_{XY_2} &= M^3 \cdot N^3 \cdot \frac{\Delta x_1^2 \cdot \Delta y_1^2}{4}; \end{aligned} \quad (2)$$

Qeyri-xətti tənliklər sisteminin qrafoanalitik üsulla həlli verilmişdir. Qeyri-xətti tənliklərin köklərinin tapılması.

Tənliklər sisteminin köklərinin tapılma üsulu: $J_{X_1}, J_{Y_1}, J_{XY_1}, J_{U_2}, J_{V_2}, J_{UV_2}$ sabitlərin hesablanmış ədədi qiymətlərini yerinə qoyaraq və N dəyişəninə $[0;t]$ aralığında qiymət verməklə verilmiş tənliklərin qrafikləri qurulur, burada t kifayət qədər böyük ədəddir. Qrafiklərə ayrıların müstəqil təsvirləri kimi baxmaqla koordinatları köklərinin qiymətləri olan kəsişmə nöqtələri təyin olunur.

Qeyri-xətti tənliklərin köklərinin qiymətlərinin müəyyən edilməsi. N dəyişəninə diskretləşmə tezliyindən və interpolyasiya funksiyasından asılı olaraq, kəsişmə nöqtələrinin koordinatları və deməli M kəmiyyəti təqribi qiymətə malik olacaq.

3. Fəzada sərbəst şəkildə yerləşdirilmiş obyektin tanınma üsullarından biri etalonla müqayisə yolu ilə onun tərəflərinin ikiölçülülük təsvirlərlə tanınmasıdır.

Faktiki obyektin tərəfinin təsviri qapalı birkonturlu və ya çoxkonturlu fiqur təşkil edir, yəni fəzada sərbəst şəkildə yerləşdirilmiş obyektin tanınması prosesini fəzada sərbəst şəkildə yerləşdirilmiş bir neçə səthi fiqurun tanınması ilə uyğunlaşdırmaq olar.

Səthi fiqur sərt cisim olduğundan, onun fəzada vəziyyətinin təhlilini səthi fiqurda yerləşdirilmiş marker nöqtəsinin vəziyyətinin təhlili ilə müqayisə etmək olar.

Hal-hazırda, fəzada səthi fiqurun və deməli həm də marker nöqtəsinin sərbəst yerləşməsinə üç koordinat oxu ətrafında miqyas dəyişməsi ilə müstəvi fiqurun dönməsi kimi baxılır.

Səthi fiqurun vəziyyətinin təhlili ön müstəvidə marker nöqtəsinin proyeksiyasının vəziyyətinin təhlili ilə həyata keçiriləcək. Bu halda koordinatın başlanğıc nöqtəsi səthi fiqurun mərkəzində yerləşdirilmişdir.

Nəticədə ön səthdə marker nöqtəsinin proyeksiyasının koordinat dəyişməsinin üç ox ətrafında səthi fiqurun miqyas dəyişməsinin asılılığını göstərən dörd məchullu dörd tənlikdən ibarət dörd tənliklər sistemi alırıq:

$$x_2 = M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \beta - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \beta \quad (3)$$

$$y_2 = M \cdot x_0 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha + M \cdot y_0 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha \pm (M \cdot x_0 \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha - M \cdot y_0 \cdot \sin \gamma \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha) \quad (4)$$

$$r_2 = \sqrt{M^2 \cdot r_0^2 \cdot \sin^2(\omega_0 + \gamma) \cdot \cos^2 \alpha \pm \frac{M^2 \cdot r_0^2 \cdot \sin 2(\omega_0 + \gamma) \cdot \sin \beta \cdot \sin 2\alpha}{2} +$$

$$\frac{+ M^2 \cdot r_0^2 \cdot \cos^2(\omega_0 + \gamma) \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha}{+ M^2 \cdot r_0^2 \cdot \cos^2(\omega_0 + \gamma) \cdot \cos^2 \beta} \quad (5)$$

$$\omega_2 = \arctg \left(\frac{\sin(\omega_0 + \gamma) \cdot \cos \alpha \pm \cos(\omega_0 + \gamma) \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha}{\cos(\omega_0 + \gamma) \cdot \cos \beta} \right) \quad (6)$$

4. Obrazların əlamətləri kimi növbəti təhlil [3,4] üçün ölçülə bilən fiziki parametrlər xidmət edir. Məlum olduğu kimi, istənilən fiziki kəmiyyətin ölçülməsi sistemə xətaların [5] ona qoyulan ölçülən qiyməti ilə müşayiət olunur. Məlum Evklid, Manhattan, Kanberra və s. ölçülər riyazi əsaslandırılmışdır, amma praktik nöqteyi-nəzərdən az effektivdir, çünki sistemə xətaların [4]

dəyişməindən güclü asılığa malikdir. Bundan başqa, onlar az effektivdir.

İşdə sistemətik xətalərin dəyişməinə onun invariantlığı və geniş yayılmış Evklid, Manhattan və Kanberra ölçüləri ilə müqayisədə üstünlüyü sübut edilir. Amma bu ölçü obyektin parametrlərinin həqiqi qiymətlərinin dəyişməində orta həssaslığa malikdir, yüksək dəqiqlik tələb edən ölçülərdə isə nəzarətin keyfiyyətini aşağı salır. Deməli, parametrlərinin həqiqi qiymətlərinin dəyişməində yüksək həssaslığa malik və sistemətik xətalərin dəyişməinə invariant məsafə ölçüsünün işlənməsi aktual elmi-texniki məsələdir.

Diskret kosinus çevrilməsinin köməyi ilə ikinci əlamətlərə görə obrazların tanınmasını təmin edən məsafə ölçüsü məsələləri həll edilir.

Baxılan təsvirin və onun miqyasının parametrlərinin ölçülən qiymətlərinin sistemətik xətalərin dəyişməinə obyektin təsvirinin tanıma invariantlığını və parametrlərin həqiqi qiymətlərinin dəyişməsinə yüksək həssaslığı təmin edən OAYÖ qiymətlənməsinin düsturu təklif edilir.

Tanınan obyektin təsvirinin və etalonun parametrlərinin ölçülən qiymətlərinin massivlərini bərabər diskretlənməli birpolyar periodik qeyri-sinusoidal əyrilər şəklində təqdim etmək olar. İlkin olaraq verilən əyriləri iki polyarlığa çevirirlər. Bunun üçün etalonun və tanınan obyektin təsvir parametrlərinin hər bir qiymətindən uyğun massivin orta qiyməti çıxılır. Sonra diskret kosinus çevrilməsinin köməyi ilə verilən əyrilər kompleks ədədlər olan tanınan obyektin təsvirlərinin əyrilərinin harmonikalarının amplitudlarından ibarət olan ədədi sıralar şəklində təqdim edilir. Alınan verilənlər əsasında OAYÖ qiymətlənməsi aşağıdakı şəkildə olar:

Tədqiqat nəticəsində aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$Z_y = \sum_{k=1}^{n-1} \left| \frac{f_{X'}(k)}{f_{X'_{or}}} - \frac{f_{Y'}(k)}{f_{Y'_{or}}} \right| \quad (7)$$

Burada

$$f_{X'_{or}} \neq 0 \quad \text{və ya} \quad f_{Y'_{or}} \neq 0. \quad (8)$$

Əgər (8) şərti yerinə yetirilmirsə, onda (6) düsturunu tətbiq olunmur. Yəni tanınan və ya etalon obyektə bütün ikinci əlamətlər sıfıra bərabərdir:

$$f_{X'}^{(1)} = f_{X'}^{(2)} = \dots = f_{X'}^{(k)} = \dots = f_{X'}^{(n-1)} = f_{X'_{or}} = 0, \quad (9)$$

$$f_{Y'}^{(1)} = f_{Y'}^{(2)} = \dots = f_{Y'}^{(k)} = \dots = f_{Y'}^{(n-1)} = f_{Y'_{or}} = 0 \quad (10)$$

X və ya Y massivlərində elementlərin bütün qiymətləri öz aralarında bərabər olduqda, ikinci əlamətlərin verilən xüsusiyyətləri görünəcək:

$$x_1 = x_2 = \dots = x_i = \dots = x_n, \quad (11)$$

$$y_1 = y_2 = \dots = y_i = \dots = y_n. \quad (12)$$

DKÇ-dən sonra verilənlər massivinin spektri alınır, bu halda verilənlər massivində bir parametrin dəyişməsi onun spektrində harmoniklərin bir neçə amplitudasının dəyişməsinə səbəb olur. Bunun nəticəsində, ilkin verilənlərin dəyişmə həssaslığı artır.

Obyektlərin binar təsvirlərində bir və ikipikselli küylərin seçilməsi və aradan qaldırılması alqoritmi təklif edilmişdir. 5x5 maskasının köməyi ilə təklif edilən təsvir üzrə obyektin tanıma səhhiyyəsinin ehtimal olunan qiymətini verən bir və ikipikselli küylərin yatırılması, "1", "0" küyə, obyektə və kontura aid olan piksellərin seçilməsi metodikası təyin edilmişdir.

Etalon vəziyyətə nisbətən obyektin yerləşməsinin təyin edilməsi ilə affın çevrilməli obyektin ikiölçülü binar təsvirinin tanınma metodikası təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qapalı səthi fiqur kimi obyektin təsvirinə baxmaqla və obyektin təsvirinin istiqaməti kimi ətalət momentlərindən istifadə etməklə kifayət qədər operativliklə, obyektlərin affın çevrilmiş təsvirlərinin tanınmasını yerinə yetirmək mümkündür.

Fəzada və miqyas dəyişməsində üçqat dönmə zamanı ön səthdə marker nöqtəsinin proyeksiyasının koordinatlarının dəyişmə asılılığını göstərən tənliklər sistemi təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, marker nöqtəsinə təsvirin əlaməti kimi baxaraq və bu tənliklər sistemini tətbiq edərək, fəza təhriflərinin tam kompleksinə malik obyektin təsvirinin tanınmasını, həmçinin onun fəzada istiqamətini müəyyən etmək mümkündür.

Təsvirin və onun miqyas parametrlərinin ölçülmüş qiymətlərinin sistematik xətalərinin dəyişməsinə obyektin təsvirinin tanıma invariantlığını və parametrlərin həqiqi qiymətlərinin dəyişməsinə yüksək həssaslığı təmin edən obyektlərarası yaxınlıq ölçüsünün qiymətinin hesablanması düsturu təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, parametrlərin qiymətlər massivində sistematik xətalərin və miqyasın qarşılıqlı kompensasiyası aparıldıqda invariantlığın təmin edilməsi yerinə yetirilir, verilənlərin dəyişməsinə yüksək həssaslıq isə diskret kosinus çevrilməsinin köməyi ilə alınmış ikinci əlamətlərin tətbiq edilməsi ilə əldə edilir.

Üçüncü fəsidə «MATLAB» proqramının köməyi ilə aparılmış tədqiqat prosesində nəzəri nəticələrin kompüter modelləşdirilməsi verilmişdir:

1. Fəsil 2-də təqdim edilmiş həndəsi parametrlərin ölçülməsi və təsvirin nöqtələrinin seçilməsi ilə obyektin təsvirində bir və iki piksellə "1" və "0" küylərinin hamarlanması alqoritmi və proqram təminatı verilmişdir.

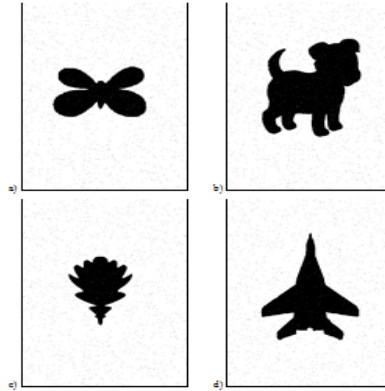
Küylənmiş təsvir kimi küy sıxlığı 0.01 olan bir və iki piksellə "1" və "0" küyə malik 4 təsvirə baxılmışdır (şək.4).

Cədvəl 1-də hər baxılan təsvir üçün sahənin (S), perimetrin (P), "0" küylərinin (KO) sayı, "1" küylərinin (K1) sayı hesablanma nəticələri, həmçinin təklif edilən alqoritmin bir iterasiyası üçün sahənin (ΔS) və perimetrin (ΔP) həqiqi və hesablanmış qiymətləri arasındakı nisbi meylətmənin qiymətləri verilmişdir.

Cədvəldən görüldüyü kimi sahə kifayət qədər yüksək dəqiqliklə hesablanır. Perimetrin hesablanmasındakı ziddiyyətlər "0" küyü yanında olan və obyektin təsviri daxilində yerləşdirilmiş bəzi piksellər sayının perimetrinə əlavə edilməsinin nəticəsidir.

Xətanın azaldılması üçün bu alqoritmin ikiqat iterasiyasını yerinə yetirmək lazımdır, bu isə kifayət qədər zaman tələb edir.

Bundan başqa, müvafiq olaraq, obyektin özünə, onun konturuna, obyektə küyə və fonda küyə məxsus nöqtələrin koordinatları yazılan A_S , A_P , A_{K0} və A_{K1} verilənlər massivləri alınmışdır.



Şək.4. Bir və iki pikselli "1" və "0" küyə malik təsvir

Cədvəl 1

Təsvirlərin sahə, perimetr, «0» küylərin sayı və «1» küylərin sayı

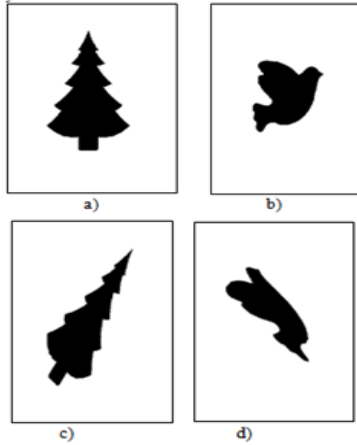
| Şəkil | S | Δ_S | P | Δ_P | K0 | K1 |
|-------|-------|---------------------|------|------------|-----|------|
| a | 28000 | $7.1 \cdot 10^{-5}$ | 1527 | 0.1081 | 146 | 1185 |
| b | 52361 | $5.7 \cdot 10^{-5}$ | 2244 | 0.1339 | 280 | 1068 |
| c | 33748 | $1.7 \cdot 10^{-4}$ | 1685 | 0.0808 | 147 | 1131 |
| d | 19544 | $4.6 \cdot 10^{-4}$ | 1256 | 0.1144 | 92 | 1236 |

2. Fəsil 2-də təqdim edilmiş texniki görmə sistemlərində tanıma səhihliyinin artırılması üçün obyektlərin istiqamətinin təyin edilmə metodikası kompüterdə modelləşdirilmişdir.

Kompüter modelləşdirilməsinin sadələşdirilməsi üçün səthi fiqurların strilizə edilmiş təsvirinə baxılmışdı.

Birinci mərhələdə nəzəri tədqiqatlar nəticəsində alınmış düsturların doğruluğu yoxlanmışdı. Daha sonra MATLAB proqramının köməyi ilə təsvirin miqyası dəyişdirilmiş və kütlə mərkəzinə nisbətən çevirilmişdi.

İkinci mərhələdə üçölçülü obyektin fəzada yerləşməsi ilə (şək.5) binar təsvirin tanınması üsulunun işləməsi yoxlanılır.



Şəkil 5. Etalon (a,b) və tanınan (c,d) təsvirlər dəsti

Həmçinin verilmiş tanıma üsulunun alqoritmi təsvir edilmişdi.

Obyektin təsvirinin tanınması prosesi təsvirin φ bucaqları qədər dönməsi, M və N kəmiyyətlərinə görə ölçülərin korreksiyası və alınmış təsvirin etalonla bilavasitə müqayisəsi yolu ilə yerinə yetiriləcək. Yəni, ilkin hesablamalardan sonra hər bir artıq vəziyyət məhdudlaşdırılır. Əgər müəyyən olunan təsvir etalona uyğundursa, onda çevrilmədən sonra o etalona uyğun gələcək.

Tam təsadüf halında çevrilmiş təsvirdə, konturunda ayrı-ayrı piksellərin qiymətlərinin dəyişməsi kimi mövcud olan diskretləşdirmədən sonrakı təhriflər olmayacaq. Etalon və tanınan təsvirin oxşarlığın ədədi qiyməti kimi yaxınlıq ölçüsündən istifadə etmək olar:

$$Z = \sum_{i=1}^m |A(x, y)_i - B(x, y)_i| \leq \varepsilon \quad (13)$$

$$\varepsilon = 2 \cdot P_e$$

burada: $A(x, y)_i$ və $B(x, y)_i$ – uyğun olaraq etalon və tanınan təsvirə aid nöqtələrin qiymətləri; x, y – təsvirdə pikselin koordinatları; i – təsvirdə piksellərin miqdarı; ε – təsvirlərin ölçüsündən və təhlilin hesablama xətlərindən asılı olan inam astanası qiyməti; P_e – etalonun perimetri.

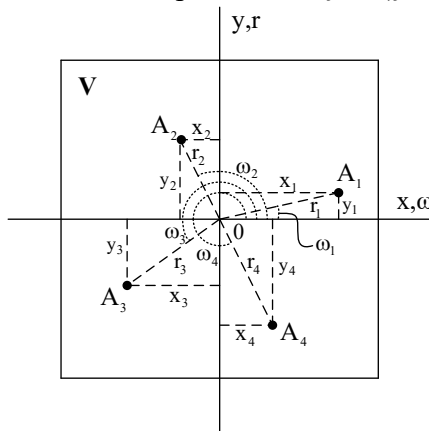
Verilmiş ölçü təsvirlərin meyletməsini, yəni bilavasitə müqayisədə uyğun gəlməyən piksellərin miqdarını göstərir.

Əgər hər hansı təsvir üçün meyletmə mümkün normandan kənara çıxmırsa, onda belə nəticə çıxarmaq olar ki, tanınan təsvirin baxılan tərəfi etalon təsvirin verilmiş tərəfinə uyğundur və fəzada M , N və φ uyğun olaraq istimiqamətlənmişdir.

Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, yalnız etalona uyğun şəkillər üçün (13) şərti yerinə yetirilir.

3. Fəzada marker nöqtəsinin yerdəyişməsi zamanı ön müstəvi üzərində marker nöqtəsinin dəyişmə proyeksiyasının tədqiq edilmiş asılılığının fəsil 2-ci alınmış nəzəri nəticələrinin yoxlanması üçün kompüter modelləşdirməsi aparılmışdır.

Etalon təsvirin üzərində A_1, A_2, A_3 və A_4 marker nöqtələri ilə yerləşdirilmiş V ön səth təqdim edilmişdir (şək.6).



Şəkil 6. Etalon təsvirdə marker nöqtələrinin yerləşdirilməsi

Hər marker nöqtəsi (x, y) düzbucaqlı və (r, ω) polyar koordinat sistemində öz koordinatlarına malikdir.

AutoCAD sisteminin köməyi ilə bu təsvirin miqyası M dəfə 0 nöqtəsi ətrafında γ bucağı, OX oxu ətrafında α bucağı və OY oxu ətrafında β bucağı qədər təhrif olunmuşdur.

Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, alınmış tənliklər sistemi fəzada yerləşməsindən asılı olmayaraq, hər baxılan marker nöqtəsi üçün doğrudur.

4. Təqdim edilmiş Z OAYÖ qiymətinin təklif edilmiş düsturlarının "Matlab" proqramının köməyi ilə kompüter modelləşdirməsi aparılmışdır.

Parametrlərin qiymətinin OAYÖ ifadəsi ilə sistemativ və miqyas xətalara invariantlığın təmin edilməsini sübut etmək üçün, 3 əlavəsində Evklid, Manhattan, Kanberra ölçülərinin və obyektin tanınan təsvirinin miqyas, multiplikativ və additiv xətalara təsvir edilməsi ilə obyektin tanınan və etalon təsvirlərinin parametrlərinin bərabər həqiqi qiymətlərində OAYÖ qiymətinin hesablanma proqramı təqdim edilmişdir.

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, obyektin tanınan təsvirinin sistemativ xətalara dəyişmə invariantlığına əlavə olaraq OAYÖ Z qiymətinin düsturu təsadüfi xətalara qoyulmuş invariantlığa malikdir, yəni, hesablamaların alınmış nəticələri OAYÖ qiymətinin təklif edilmiş düsturlarının effektivliyini və işləmə qabiliyyətini təsdiq edir.

Obyektlərin binar təsvirlərində küylərin aradan qaldırılma alqoritminin kompüter modelləşdirməsi onun iş qabiliyyətini və effektivliyini göstərmişdir.

Texniki görmə sistemlərində obyektlərin tanıma səhahliyinin artırılması üçün obyektlərin istiqamətlərinin təyin olunma metodikasının kompüter modelləşdirməsi tanınan obyektin dönmə bucağının etalon vəziyyətə nisbətən təyin edilməsinin təklif olunan metodikasının işləmə bacarığını və effektivliyini göstərmişdir.

Fəzada marker nöqtəsinin yerdəyişməsi zamanı ön müstəvidə marker nöqtəsinin proyeksiyasının dəyişmə asılılığının kompüter modelləşdirməsi alınmış düsturların etibarlılığını təsdiq etdi.

OAYÖ qiymətlərinin düsturunun kompüter modelləşdirilməsi bu düsturun iş qabiliyyətini və effektivliyini göstərmişdir.

yatırılması, "1", "0" küyə, obyektə və kontura aid olan piksellərin seçilməsi metodikası təyin edilmişdir.

2. Etalon vəziyyətə nisbətən obyektin yerləşməsinin təyin edilməsi ilə affın çevrilməli obyektin ikiölçülü binar təsvirinin tanınma metodikası təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qapalı səthi fiqur kimi obyektin təsvirinə baxmaqla və obyektin təsvirinin istiqaməti kimi ətalət momenlərindən istifadə etməklə kifayət qədər operativliklə, obyektlərin affın çevrilmiş təsvirlərinin tanınmasını aparmaq olar.

3. Fəzada və miqyas dəyişməsində üç qat dönmə zamanı ön səthdə marker nöqtəsinin proyeksiyasının koordinatlarının dəyişmə asılılığını göstərən tənliklər sistemi təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, marker nöqtəsinə təsvirin əlaməti kimi baxaraq və bu tənliklər sistemini tətbiq edərək, fəza təhriflərinin tam kompleksinə malik obyektin təsvirinin tanınmasını, həmçinin onun fəzada istiqamətini müəyyən etmək mümkündür.

4. Təsvirin və onun miqyas parametrlərinin ölçülmüş qiymətlərinin sistemə xətalarının dəyişməsinə obyektin təsvirinin tanıma invariantlığını və parametrlərin həqiqi qiymətlərinin dəyişməsinə yüksək həssaslığı təmin edən obyektlərarası yaxınlıq ölçüsünün qiymətinin hesablanması düsturu təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, parametrlərin qiymətlər massivində sistemə xətaların və miqyasın qarşılıqlı kompensasiyası aparıldıqda invariantlığın təmin edilməsi yerinə yetirilir, verilənlərin dəyişməsinə yüksək həssaslıq isə diskret kosinus çevrilməsinin köməyi ilə alınmış ikinci əlamətlərin tətbiq edilməsi ilə əldə edilir.

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə çap olunmuş işlərin siyahısı

1. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С., Алиев, Т.Ч. Меры близости между объектами, повышающие достоверность распознавания объектов в системах технического зрения // Тезисы докладов международной научно-практической

- конференции «Информационные технологии и компьютерная инженерия», - ВНТУ, Винница: - 2010, - с. 78-79.
2. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С., Алиев, Т.Ч. Распознавание объектов при повороте и изменении масштаба их изображений // Тезисы докладов третьей международной научно-практической конференции «Методы и средства кодирования, защиты и сжатия информации», - ВНТУ, Винница: - 2011, - с. 154-155.
 3. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С., Алиев, Т.Ч. Принцип выделения и подавления n-пиксельных бинарных шумов на цифровых изображениях объектов // Баку: Известия национальной академии наук Азербайджана, Издательство «Элм», - 2011. №3, - с.118-124.
 4. Мамедов, Р.К., Иманова, У.Г., Муталлимова, А.С. Преобразование аналоговых видеосигналов в дискретную форму с повышенной точностью // - Баку: Известия высших технических учебных заведений Азербайджана, - 2010. №2(66), - с.47-49.
 5. Алиев, Т.Ч., Муталлимова А.С., Иманова У.Г. Алгоритм измерения геометрических параметров объектов при сильной зашумленности их изображений / «Научные известия; раздел естественных и технических наук», №1, Сумгаит, 2011, с.126-133.
 6. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С., Алиев, Т.Ч. Мера расстояния, обеспечивающая распознавание образов по их вторичным признакам полученных с помощью дискретного косинусного преобразования // - Винница: Винницкий Национальный Технический Университет, Международный Научно-технический журнал «Опτικο-электронные информационно-энергетические технологии», - 2011. №2(22), - с.79-83.
 7. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С., Алиев, Т.Ч. Определение моментов инерции изображения объекта при изменении размеров и повороте изображения // Международная научно-практическая конференция

- молодых ученых и студентов «Информационные процессы и технологии», - Севастополь: - 23-27 апреля, - 2012, - с. 178-180.
8. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С. Повышение точности оценки меры близости между объектами при распознавании образов // Тезисы докладов третьей международной научно-практической конференции «Информационные технологии и компьютерная инженерия», - Винница: - 29-31 мая, - 2012, - с.200-202.
 9. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Анализ разрешающей способности метода масок сглаживать шумы на бинарных изображениях объектов // Киев: Журнал «Электронное моделирование» Национальной Академии Наук Украины, Институт проблем моделирования в энергетике им.Г.Е.Пухова, - 2012. №4(34), - с. 89-97.
 10. 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.
 11. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Проблемы автоматического распознавания аффинно-преобразованных изображений объектов //Тезисы докладов VI Международной научно-технической конференции «Оптоэлектронные информационные технологии. Фотоника-2012», - Винница: - 1-4 октября, - 2012, - с.47.
 12. Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Применение в мерах близости вторичных признаков образов для их эффективного распознавания // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов «Информационные технологии в современном мире: исследования молодых ученых», - Харьков: - 2013, - с.83.
 13. Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Повышение достоверности систем компьютерного зрения // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития IT-индустрии», -Харьков: - 2013, - с.183.

14. Мамедов, Р.К., Алиев, Т.Ч., Муталлимова, А.С. Способ распознавания изображений объектов повернутых вокруг двух пространственных осей и измененных в масштабе // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития IT-индустрии», - Харьков: - 2015, - с.10.
15. Məmmədov, R.Q., - Müstəvi figurların həndəsi parametrlərini ölçmək üçün qurğu, İxtira F2013 0005, Azərbaycan Respublikası / Mütəllimova A.S., Əliyev T.Ç.
16. Мамедов, Р.К., Муталлимова, А.С. Распознавание бинарных изображений объектов, подвергнутых аффинным преобразованиям // - Москва: Журнал «Информационные технологии», - 2016. №10,- с. 754-757.
17. Муталлимова, А.С. Применение систем технического зрения для поиска объектов автономными мобильными роботами // XX Республиканская научная конференция докторантов и молодых ученых, - Баку: - 2016, - с.264-266.
18. Mammadov, R.G., Aliyev, T.Ch., Mutallimova, A.S. Identification of spatial objects by their monochrome images of autonomous mobile robots. (Идентификация пространственных объектов по их монохромным изображениям автономными мобильными роботами) // - India: «International journal of engineering research and science», - 2016, №11, vol.2, - pp.125-128.
19. Mütəllimova, A.S. Fəza obyektlərinin təsvirlərə görə avtonom mobil robotlarla tanıma üsulu // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, - 2019, №2, s.87-92.
20. Mütəllimova, A.S. Təsvirlərin affın çevrilmələrinə invariant tanınması // İkinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans: Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivləri, - Bakı: - 2020, - s.288-290.
21. Mutallimova, A.S. The use of moment of inertia in recognition of invariant images to affine transformations // - Norway: “Norwegian Journal of development of the International science”, - 2021, №59, vol.1, - pp.44-48.

Muštərək müəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə müəllifin şəxsi rolu:
[1,5,7,8,13,14,15,17] - obyektlərin binar təsvirlərində küyləri hamarlama alqoritmi;
[2,4,6,11,13,16,18,19] - obyektlərin binar təsvirlərinin yerləşməsinin təyin edilməsi;
[3,9,10,12,13] - obyektlərarası mövcud olan yaxınlıq ölçüsü qiymətinin ifadəsi.

Dissertasiyanın müdafiəsi 07 iyun 2022-ci il tarixində, saat 13⁰⁰ da Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Sumqayıt Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.25 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 5008, Sumqayıt, Azərbaycan 43cü məhəllə,
e-mail: info@sdu.edu.az

Dissertasiya ilə Sumqayıt Dövlət Universiteti kitabxanasında tanış olmaq olar.

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

Avtoreferat 06 may 2022 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 04.05.2022
Kağızın formatı: A 5
Həcm: 41989
Tiraj: 100