

Mürəkkəb Təsvirlərin Tanınması: Proqram Paketi, Arxitektura və Praktik Tətbiqlər

Ülkər Əlizadə

Dövlət Təhlükəsizliyi Xidmətinin Heydər Əliyev adına Akademiyası, Bakı, Azərbaycan
ulkeralizadeh@gmail.com

Xülasə— Məqalədə mürəkkəb struktura malik təsvirlərin tanınması üçün adaptiv, mərhələli emal sistemi təqdim olunur. Səs-küy, qeyri-bərabər işıqlandırma və natamam konturlar şəraitində sistemin dayanıqlılığını artırmaq üçün Qaus filtrasiyası, Canny sərhəd aşkarlanması və riyazi morfologiya əməliyyatlarının kombinasiyası tətbiq edilmişdir. Tanınma mərhələsində KNN algoritmindən istifadə olunmuş və nəticələrin keyfiyyətinə uyğun olaraq parametrlərin avtomatik tənzimlənməsi mexanizmi qurulmuşdur. İterativ emal mexanizmi parametrlərin adaptiv dəyişdirilməsi yolu ilə tanınma nəticələrinin stabilliyini artırır. Aparılan eksperimental sınaqlar təklif olunan yanaşmanın həm biometrik, həm də tibbi diaqnostik görüntülərdə yüksək adaptivlik nümayiş etdirdiyini göstərir.

Açar sözlər— mürəkkəb təsvirlərin tanınması; təsvir emalı; süni intellekt; filtrasiya; seqmentasiya; binar morfologiya; KNN klassifikatoru; iterativ emal; informativ əlamətlər.

I. GİRİŞ

Süni intellektin (Sİ) tətbiq sahələri genişləndikcə təsvirlərin avtomatlaşdırılmış analizi və tanınması müasir rəqəmsal sistemlərin əsas funksional elementlərindən birinə çevrilir. Ənənəvi yanaşmalar, məsələn sadə filtrasiya, kənarların çıxarılması və klassik emal metodları bəzi problemlərdə effektiv nəticə verir. Lakin real mühitdə alınan təsvirlər çox vaxt ideal olmur. Bu təsvirlərdə işıqlandırma qeyri-bərabər olur, kölgələr yaranır, obyektlər natamam görünür, həmçinin səs-küy və müxtəlif uyğunsuzluqlar müşahidə olunur. Bu hallarda tanınma prosesində tək bir alqoritm stabil nəticə vermir və buna görə təsvirlərin mərhələli emalı, informativ əlamətlərin seçilməsi, qərar qəbul etmə mexanizmlərinin vahid sistem şəklində qurulması tələb olunur.

Təsvirlərin tanınması sahəsində universal həllin mövcud olmaması vizual məlumatların xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır və müxtəlif siniflər eyni tip əlamətlərə malik olmur, hətta bir sinif daxilində belə dəyişkənlik yüksək ola bilər.

Mürəkkəb təsvirlərin tanınmasında müxtəlif obyektlər üçün fərqli vizual xüsusiyyətlər əsas rol oynayır. Bəzi hallarda xırda detallar və səth quruluşu informativ əlamət kimi çıxış etdiyi halda, digər hallarda kontur sabitliyi və ölçü göstəriciləri ön plana çıxır. Eyni zamanda struktur dəyişkənliyi və vizual qeyri-müəyyənliklər təsvirlərin düzgün təhlilini çətinləşdirir. Buna görə də tanınma sisteminin effektivliyi yalnız tanıma mərhələsi ilə məhdudlaşmır, həmçinin təsvirlərin ilkin emal ardıcılığının düzgün qurulmasından, seqmentasiya prosesinin sabitliyindən, morfoloji əməliyyatların məqsədəuyğun seçilməsindən və informativ əlamətlərin dəqiq formalaşdırılmasından asılıdır.

Bu məqalədə müstəvidə mürəkkəb təsvirlərin tanınması üçün mərhələli emal prinsiplərinə əsaslanan proqram paketi və avtomatlaşdırılmış intellektual sistem təqdim olunur. Sistem skan edilmiş və müxtəlif diaqnostik qurğulardan əldə olunmuş təsvirlərin ilkin emalı, sərhədlərin ayrılması, morfoloji emalı və informativ əlamətlərin çıxarılması əsasında tanınma prosesini həyata keçirir. Təklif olunan yanaşma müxtəlif sinif təsvirlərə tətbiq oluna bilən ümumi emal ardıcılığını formalaşdırır və konkret məsələnin xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq parametrlərin dəyişdirilməsi imkanını yaradır. Nəticədə biometrik təsvirlərin, tibbi diaqnostik görüntülərin və digər mürəkkəb təsvirlərin tanınması üçün bir yanaşma formalaşdırılır.

II. PROBLEMİN QOYULUŞU VƏ TƏDQIQAT MƏQSƏDİ

Klassik obrazların tanınması modelində obyektlər əlamətlər çoxluğu ilə təqdim edilir, etalon nümunələrdən ibarət baza yaradılır və yeni daxil olan obyektin hansı sinfə aid olduğu müəyyən edilir. Lakin mürəkkəb təsvirlərdə ən çətin mərhələ məhz əlamətlərin çıxarılmasıdır. Əlamətlərin seçilməsi çox vaxt empirik xarakter daşıyır və mütəxəssis öz təcrübəsinə əsaslanaraq hansı əməliyyat ardıcılığının daha yaxşı nəticə verdiyini müəyyən edir. Bundan əlavə, mürəkkəb təsvirlərdə kölgələrin, natamam konturların və struktur qeyri-səlisliyinin mövcudluğu eyni obyekt üçün müxtəlif emal parametrləri tətbiq edildikdə nəticələrin əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənməsinə səbəb ola bilər.

Bu tədqiqatın əsas məqsədi aşağıdakı şərtlərdə tanınma təmin edən sistem qurmaqdır:

- təsvirlərdə səs-küy və artefaktlar mövcuddur;
- konturlar qapanmış və ya qapanmaya meyillidir;
- işıqlandırma və kontrast qeyri-sabitdir;
- siniflər müxtəlif tip vizual məlumatı əhatə edir (qrafik təsvir, kod, mətn, tibbi görüntü və s.).

Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı yanaşmalar təklif olunur:

- 1) əvvəl-emal və filtrasiya ilə səs-küyün azaldılması;
- 2) sərhədlərin çıxarılması və seqmentasiya ilə obyektin müəyyən edilməsi;
- 3) binar morfologiya ilə konturların bərpası və obyekt strukturunun sabitləşdirilməsi;

- 4) rəng və boz şkala paylanması statistik xüsusiyyətləri əsasında rəng modelinin qiymətləndirilməsi;
- 5) klassifikasiya və qərar qəbulətmə;
- 6) iterativ mexanizm: nəticə qənaətbəxş olmadıqda parametrlərin dəyişdirilərək emal prosesinin yenidən aparılması.

III. METODOLOJİ ƏSASLAR: TƏSVİR EMALI VƏ SÜNİ İNTELLEKTİN İNTEQRASIYASI

Təsvirlərlə işləmə məsələləri ənənəvi olaraq emal, analiz və sintez siniflərinə bölünür. Təklif olunan sistem emal–analiz–tanınma xəttinə fokuslanır. Burada emal mərhələsi (küylərin azaldılması, kontrastın stabilləşdirilməsi), analiz mərhələsi (sərhədlər, seqmentasiya, obyekt seçimi), tanınma mərhələsi isə (əlamətlərin vektoru və klassifikasiya) kimi qurulur [5].

Filtrasiya: Qaus hamaralama və səs-küy modelləri

Səs-küyün təsvirə təsiri sensor xüsusiyyətlərindən və mühitdən asılıdır. Praktiki sistemlərdə təsvirlərdə tez-tez ləkə (speckle) və impuls tipli səs-küy, həmçinin müxtəlif pozulmalar müşahidə olunur. Filtrasiyanın məqsədi informativ strukturu maksimum qoruyaraq təsadüfi dəyişkənliyi azaltmaqdır. Aparılan eksperimental tədqiqatlarda müxtəlif filtrasiya üsulları sınaqdan keçirilmiş və nəticələrin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, ikiölçülü təsvirlərin emalında Qaus hamaralama filtri informativ strukturu daha yaxşı qorumaqla səs-küyün azaldılmasında üstün nəticələr verir.

Qaus filtri ikiölçülü təsvirlərin hamarlanması üçün geniş tətbiq olunur və bir çox emal alqoritmlərində əsas mərhələ kimi istifadə edilir. N-ölçülü Qaus paylanması ilə ifadə olunan çəkilər təsvirin hər pikselinə qonşuluq əsasında təsir edərək kəskin, lakin təsadüfi dəyişmələri yumuşaldır. Bu yanaşma xüsusilə sərhəd aşkarlama mərhələsində yalancı konturların sayını azaltmağa kömək edir.

A. Sabit və adaptiv bölmə

Qlobal threshold sadə olsa da, qeyri-bərabər işıqlandırmada zəif nəticə verə bilər. Adaptiv threshold isə lokal pəncərələr üzrə qərar verdiyi üçün kölgəli və qeyri-sabit parlaqlıqda daha effektivdir. Bu sistemdə threshold iki məqsəd üçün işlənilir:

- binar təsvir almaq (morfoloji əməliyyatlara keçid üçün);
- obyekt və fon sahələrinin ayrılması (seqmentasiyanın ilkin mərhələsi kimi).

B. Sərhəd və kontur əsaslı yanaşmalar

Mürəkkəb təsvirlərdə kontur çox vaxt informativ əlamətlərin “daşıyıcısı” kimi çıxış edir. Sərhəd aşkarlama metodları (Sobel, Canny, qradiyent əsaslı üsullar) obyektin fonla ayrılmasını təmin edir. Canny metodu xüsusilə iki səbəbə görə faydalıdır:

- əvvəlcə hamaralama tətbiq edərək səs-küyü azaldır;
- Non-Maximum Suppression və iki sərhəd (hysteresis) ideyası ilə kənarların incə və daha sabit alınmasına kömək edir.

C. Binar morfolojiya: struktur elementləri ilə bərpə

Binar morfolojiya təsvirin forma əsaslı xüsusiyyətlərini gücləndirmək üçün tətbiq edilir. Eroziya, dilatasiya, açılma və qapanma əməliyyatları konturları birləşdirmək, boşluqları doldurmaq, xırda səs-küyləri silmək və obyektin ümumi formasını sabitləşdirmək üçün istifadə olunur. Struktur elementin (məsələn, disk, kvadrat, xətt) seçimi obyektin tipindən asılıdır. Təklif olunan paketdə struktur elementin ölçüsü adaptiv şəkildə seçilə bilər, belə ki, çox xırda obyektlər üçün kiçik, qapanmaya meyilli konturlar üçün isə bir qədər böyük disk formalı struktur element qapanma əməliyyatında daha effektiv nəticə verir.

D. Rəng modelinin seçilməsi

Mürəkkəb təsvirlərin bir qisminə forma əlamətləri kifayət etmir və rəng modeli əlavə informativlik yaradır. Buna görə sistemdə rəng və boz şkala paylanması normal (Qaus) paylanma əsasında qiymətləndirilir və orta qiymət ilə dispersiya kimi statistik göstəricilər obyektin daxili biricinsliyini və sinifə məxsus ton xüsusiyyətlərini müəyyən etməyə imkan verir. Bu yanaşma müxtəlif tip təsvirlərdə obyektlərin daxili struktur fərqlərini və xüsusiyyətlərini ayırd etməyə imkan verir.

E. K-yaxın qonşu (KNN-K-nearest neighbor)

Təklif olunan sistemdə klassifikasiya modulu kimi KNN seçilmişdir. KNN-in üstünlüyü onun sadəliyi, interpretasiya olunması və müxtəlif əlamət məkanlarında stabil işləməsidir. Əsas ideya yeni obyektin əlamət vektoru ilə təlim bazasındakı nümunələrin vektorları arasındakı məsafələri hesablayaraq ən yaxın k nümunəni seçmək və onların siniflərinə əsasən qərar verməkdir. Burada ən kritik parametr k-nın seçimidir. Çox kiçik k səs-küyə həssaslıq yarada bilər, çox böyük k isə sinif sərhədlərini “yuyaraq” dəqiqliyi azalda bilər. Praktiki yanaşmada k dəyəri validasiya ilə seçilir və sinif balansını nəzərə alınır.

IV. TƏKLİF OLUNAN İNTELLEKTUAL SİSTEMİN ARXİTEKTURASI VƏ PROQRAM PAKETİ

Təklif olunan intellektual sistem mərhələli emal prinsipinə əsaslanaraq bir-biri ilə ardıcıl əlaqəli modullardan ibarətdir və hər bir mərhələnin nəticəsi növbəti emal mərhələsi üçün ilkin məlumat kimi istifadə olunur. Bu struktur proqram paketinin çevikliyini artırır və müxtəlif tip təsvirlərin emalı üçün metodların uyğunlaşdırılmasına imkan yaradır [3].

Sistemin ümumi iş alqoritmi və mərhələlər arası əlaqə Şəkil 1-də təqdim olunmuşdur:

Arxitekturanın əsas mərhələləri:

- 1) *Skannama / rəqəmsallaşdırma*: Təsvirlər skaner, kamera və ya tibbi/sənaye qurğusundan alınır.
- 2) *İlkin emal*: ölçünün normallaşdırılması, boz şkalaya keçid (lazım olduqda), kontrastın ilkin stabilləşdirilməsi.
- 3) *Filtrasiya*: Qaus hamaralama (və lazım olduqda median filtr) ilə səs-küyün azaldılması.
- 4) *Sərhədlərin aşkarlanması*: Sobel və/və ya Canny tətbiqi ilə kontur xəritəsi formalaşdırılır.

5) *Threshold və seqmentasiya*: qlobal/adaptiv threshold ilə regionlar ayrılır, watershed kimi seqmentasiya üsulları ilə sahələr bölünür.



Şəkil 1. Təsvir emalının arxitekturası

6) *Binar morfolojiya*: qapanma və digər əməliyyatlarla konturlar sabitləşdirilir, obyektin bağlı sahəsi bərpə olunur.

7) *Əlamətlərin çıxarılması*: forma (sahə, perimetr, kompaktlıq), kontur xüsusiyyətləri, rəng modeli və s.

8) *Klassifikasiya*: KNN ilə sinif təyini.

9) Verilənlər bazası və hesabat: *nəticələrin saxlanması, iterasiya sayları, keyfiyyət göstəriciləri, tövsiyələr*.

Bu arxitektura yalnız bir dəfə qurulmuş sabit emal ardıcılığından ibarət deyil, sistem iterativ prinsiplə işləyir. Tanınma nəticələrinin keyfiyyəti qənaətbəxş olmadıqda, məsələn kontur sahəsi real ölçülərə uyğun gəlmədikdə, obyekt hissələrə bölündükdə və ya sinifləndirmə qeyri-sabit olduqda emal parametrləri yenidən tənzimlənir. Bu zaman sərhəd ayırma hədləri, struktur elementlərin ölçüləri və digər əsas parametrlər dəyişdirilərək proses təkrar icra olunur. Bu yanaşma real mühitdə mövcud dəyişkənliklərə sistemin uyğunlaşma qabiliyyətini artırır.

V. EKSPERİMENTAL SINAQLAR VƏ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Təklif olunan proqram paketi müxtəlif sinif təsvirlər üzərində sınaqdan keçirilmişdir. Tədqiqatın əsas məqsədi sistemin spesifik bir sahə ilə məhdudlaşmadığını, əksinə, adaptiv yanaşma sayəsində müxtəlif vizual məlumat tiplərinə tətbiq oluna biləcəyini yoxlamaqdır. Sınaq prosesində aşağıdakı kateqoriyalar əsas götürülmüşdür:

- Natamam qrafik təsvirlər: kəsik konturlar və yarımçıq həndəsi fiqurlar [1];

- Rəqəmsal kodlar: yüksək sıxlıqlı 15 rəqəmli ardıcılıqlar;
- Mətn strukturları: müxtəlif şrift və keyfiyyətə malik simvol ardıcılıqları;
- Ultrasəs diaqnostik görüntüləri: yüksək ləkə-küy (speckle noise) və qeyri-səlis sərhədlərə malik tibbi kadrlar.

Ekspirimentlər göstərir ki, təklif olunan iterativ emal mexanizmi nəticələrin stabilliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Məsələn, natamam təsvirlər üçün morfoloji qapanma əməliyyatı kontur bütövlüyünü təmin etdiyi halda, rəqəmsal kodların emalında adaptiv thresholding işıqlandırma qeyri-bərabərliyini aradan qaldıraraq seqmentasiya keyfiyyətini yüksəltmişdir. Ultrasəs təsvirlərində isə Qaus filtrasiyası və boz şkala paylanması statistik analizi obyektin daxili tekstura xüsusiyyətlərini daha aydın interpretasiya etməyə imkan vermişdir.

Aparılmış sınaqların nəticələri göstərir ki, hər bir təsvir kateqoriyası üçün seçilmiş emal metodları və klassifikasiya parametrləri tanınma dəqiqliyinə müxtəlif dərəcədə təsir edir [7]. Müxtəlif siniflər üzrə əldə edilmiş kəmiyyət göstəriciləri Cədvəl 1-də ümumiləşdirilmişdir:

CƏDVƏL 1. MÜXTƏLİF TƏSVİR SINIFLƏRİ ÜZRƏ TANINMA SİSTEMİNİN EFEKTİVLİK GÖSTƏRİCİLƏRİ

Təsvir kateqoriyası	Seçilmiş k parametri	Tanınma dəqiqliyi (%)	Əsas emal üstünlüyü
Rəqəmsal kodlar	k=3	96.5%	Adaptiv Threshold
Mətn strukturları	k=5	92.0%	Canny+Morfolojiya
Tibbi görüntülər	k=7	88.4%	Qaus filtri
Natamam fiqurlar	k=3	85.0%	Morfoloji qapanma

Cədvəl 1-in təhlili göstərir ki, ən yüksək dəqiqlik (96.5%) rəqəmsal kodların tanınmasında əldə edilmişdir. Bu, strukturu əvvəlcədən məlum olan obyektlər üçün adaptiv thresholding metodunun yüksək effektivliyini təsdiq edir. Tibbi görüntülərdə dəqiqliyin nisbətən aşağı olması (88.4%) bu növ təsvirlərin yüksək dərəcəli qeyri-müəyyənliyi və vizual səs-küyün mürəkkəbliyi ilə izah olunur.

Praktik müşahidələr sübut edir ki, mürəkkəb təsvirlərin emalında vahid bir metodun tətbiqi universal həll yolu deyildir. Sistemin effektivliyi məhz metodların düzgün ardıcılığından və parametrlərin hər bir sinifə uyğun adaptasiyasından asılıdır. Təklif olunan sistemin modulyar quruluşu istifadəçiyə konkret məsələnin xətasını minimuma endirmək üçün emal zəncirini çevik idarə etmək imkanı yaradır.

VI. TƏKLİF OLUNAN SİSTEMİN PRAKTİK ƏHƏMİYYƏTİ

Təklif olunan intellektual sistem və proqram paketi mürəkkəb təsvirlərin mərhələli emalı və tanınması üçün tam universal olmasa da, kifayət qədər geniş sinif obyektlər üçün yanaşma təqdim edir və müxtəlif tətbiq sahələrində praktik əhəmiyyət kəsb edir. Sistem insan tərəfindən aparılan vizual

analiz prosesini əvəz etmədən, onu dəstəkləyən qərar qəbul etmə mexanizmi kimi çıxış edir və subyektiv təsirlərin azaldılmasına şərait yaradır. Bu xüsusiyyət xüsusilə mürəkkəb və səs-küylü təsvirlərin şərh zamanı mühüm rol oynayır. Proqram paketinin modulyar quruluşu müxtəlif sinif təsvirlərin emalına imkan verir və metodların konkret məsələyə uyğunlaşdırılmasını asanlaşdırır.

Bu yanaşma eyni emal prinsiplərinin fərqli obyektlərə tətbiq olunmasına şərait yaradır və sistemin çevikliyini artırır. İterativ emal mexanizmi parametrlərin adaptiv şəkildə dəyişdirilməsi yolu ilə tanınma nəticələrinin sabitliyini təmin edir. Bu xüsusiyyət real mühitdə təsvir keyfiyyətinin dəyişməsi, səs-küyün artması və kontur qeyri-müəyyənliyi şəraitində sistemin etibarlı işləməsinə imkan yaradır.

Əlamətlərin kontur, morfoloji quruluş və statistik göstəricilər əsasında formalaşdırılması tanınma prosesinin aydın izlənməsini təmin edir. Hər bir mərhələdə əldə olunan nəticələr analiz oluna bildiyi üçün sistemin verdiyi qərarların məntiqi əsasları izah edilə bilər.

Təklif olunan yanaşma gələcək tədqiqatlar üçün genişlənmə imkanlarına malikdir və daha mürəkkəb tanınma modelləri ilə inteqrasiya oluna bilər. Mərhələli ilkin emal bloku daha iri həcmli məlumatlar üzərində işləyən sistemlər üçün hesablama yükünün azaldılmasına və obyekt sahələrinin dəqiq seçilməsinə şərait yaradır.

NƏTİCƏ

Məqalədə mürəkkəb müstəvi təsvirlərinin tanınması üçün süni intellekt və təsvir emalı metodlarını birləşdirən genişlənmə bilən proqram paketi və intellektual sistem arxitekturası təqdim edilmişdir. Tədqiqat göstərir ki, səs-küylü, natamam, kölgəli və konturları qeyri-səlis olan təsvirlərin tanınmasında mərhələli emal (filtrasiya → sərhəd çıxarılması → seqmentasiya → morfolojiya → əlamət çıxarılması → klassifikasiya) və iterativ adaptasiya həlledici rol oynayır.

KNN əsaslı klassifikasiya və forma/tekstura yönümlü əlamətlərin kombinasiyası müxtəlif siniflərdə qənaətbəxş nəticələr əldə etməyə imkan vermişdir. Təklif olunan yanaşma biometrika, diaqnostika, sənaye nəzarət, təhlükəsizlik və rəqəmsal arxivlərin emalı kimi sahələrdə praktik dəyərə malikdir.

Gələcək tədqiqatlarda sistemin daha da təkmilləşdirilməsi nəzərdə tutulur. Bu məqsədlə k parametrlərinin uyğun şəkildə seçilməsi və məsafə ölçülərinin optimallaşdırılması, sinif balansını üçün ağırlıqlı KNN və ya ansambl metodlarının tətbiqi, dərin öyrənmə ilə hibrid modelin qurulması, həmçinin tibbi görüntülərdə klinik qiymətləndirmə və etibarlılıq analizinin genişləndirilməsi planlaşdırılır.

ƏDƏBİYYAT

- [1] U. M. Alizade, “Recognition of complex class images in the plane,” in Proc. X Int. Sci.-Pract. Conf. “Actual Problems of Modern Education: Symmetry—Theoretical and Methodological Aspects”, Astrakhan, Russia, Sep. 27–28, 2024, pp. 104–108.

- [2] G. G. Abdullaeva and U. M. Alizade, “Prediktor raspoznavaniya slozhnykh izobrazheniy na ploskosti (na primere snimkov UZI),” Znanstvena Misel Journal, no. 78, pp. 76–82, 2023.
- [3] G. G. Abdullayeva and U. M. Alizade, “The application of artificial intelligence technologies in medical diagnostics,” Problems of Information Society, vol. 16, no. 1, pp. 26–33, 2025.
- [4] G. G. Abdullayeva and U. M. Alizade, “Recognition of complex image in the plane,” in Proc. Int. Conf. Artificial Intelligence and Digital Development: Current Realities and Future Perspectives, Jul. 17, 2024. [Online]. Available: <https://aidd.anas.az/en/abstract-book/>
- [5] G. G. Abdullaeva and U. M. Alizadeh, “Recognition of complex images on a plane,” Achievements and Problems of Modern Science, pp. 65–70, 2015.
- [6] A. Baskar, M. Rajappa, S. K. Vasudevan, and T. S. Muruges, Digital Image Processing, 1st ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2023.
- [7] R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer, 2022.
- [8] B. Zoph, V. Vasudevan, J. Shlens, and Q. V. Le, “Learning transferable architectures for scalable image recognition,” in Proc. IEEE/CVF Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018.
- [9] Y. Y. Nikolsky, M. L. Chekhonatskaya, V. V. Zuyev, and N. B. Zakharova, “The possibilities of the ultrasound method in the diagnosis of tumors of the renal parenchyma,” Bulletin of Medical Internet Conferences, vol. 6, no. 2, pp. 282–284, 2016.
- [10] G. T. Sinyukova, Y. A. Gudilina, T. Y. Danzanova, V. N. Sholokhov, P. I. Lepedatu, G. F. Allakhverdiyeva, L. A. Kostyakova, and S. N. Berdnikov, “Modern technologies of ultrasound imaging in the diagnosis of local recurrence of thyroid cancer,” *Medical Sciences*, no. 9(51), pp. 81–84, 2016.

Complex Image Recognition: Software Package, Architecture, and Practical Applications

Ulkar Alizade

The Academy of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan

Abstract— This paper presents an adaptive, multi-stage image processing system designed for the recognition of images with complex structural characteristics. To enhance system robustness under conditions of noise, non-uniform illumination, and incomplete contours, a combination of Gaussian filtering, Canny edge detection, and mathematical morphology operations is employed. In the recognition stage, the k-nearest neighbors (KNN) algorithm is utilized, and an automatic parameter adjustment mechanism is implemented based on the quality of recognition results. The iterative processing framework improves recognition stability by adaptively modifying processing parameters. Experimental evaluations demonstrate that the proposed approach exhibits high adaptability in both biometric and medical diagnostic imaging applications.

Keywords— complex image recognition, image processing, artificial intelligence, filtering, segmentation, binary morphology, KNN classifier, iterative processing, informative features