«Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ

ӘОЖ 004.932.2 Қолжазба құқығында

**Керімхан Бекжан Темірханұлы**

**Дескриптивті-ассоциативті алгоритмдерге негізделген видеотізбекті талдауға арналған программалық қамтамасыз етуді әзірлеу**

**6D070400–Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету**

Философия докторы (PhD)

дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесшісі:

техника ғылымдарының кандидаты,

доцент Жумадиллаева Айнур Канадиловна

шетелдік ғылыми кеңесшісі:

техника ғылымдарының докторы,

профессор Недзьведь Александр Михайлович

(БМУ, Минск)

Астана, 2024

**МАЗМҰНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| **НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР..............................................................** | **3** |
| **БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР..........................................................** | **4** |
| **КІРІСПЕ.........................................................................................................** | **5** |
| **1.** **ЖАҢА БАҒЫТТАҒЫ ЖЕТІСТІКТЕРДІ ТАЛДАУ..................** | **9** |
| Видеотізбек бойынша динамикалық объектілердің қозғалысын өңдеу және талдау......................................................................................... | **9** |
| * 1. Видеотізбектегі динамикалық объектілерді бақылау....................... | **18** |
| * 1. Нейрондық желілерді қолдана отырып, микроскопиялық кескіндердегі объектілерді сегментациялау.….......................................... | **22** |
| * 1. Биомедициналық видеотізбектердегі қантамырларды талдаудың дескриптивті схемасы.................................................................................... | **25** |
| **2.** **МОНИТОРИНГ ТАПСЫРМАЛАРЫ ҮШІН ВИДЕОТІЗБЕКТІ ДЕСКРИПТИВТІ ТАЛДАУ.......................................................................** | **31** |
| 2.1 Мониторинг объектілерін анықтау..................................................... | **31** |
| 2.2 Динамикалық объект бойынша операцияларды, оның сипаттамаларын және видеотізбек үшін оның өзгеруін бақылау әдістерін ресімдеу.......................................................................................... | **34** |
| 2.3 Мониторинг міндеттері үшін объектілерді талдау әдістемесі........ | **44** |
| * 1. Динамикалық көріністің өзгеруін бақылау........................................ | **47** |
| 2.5 Динамикалық көріністі дескриптивті талдау мәселесін анықтау... | **49** |
| **3. ВИДЕОТІЗБЕКТІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ КӨРІНІСІН ДЕСКРИПТИВТІ ТАЛДАУ ӘДІСІ..........................................................** | **56** |
| * 1. Объектілердің сипаттамаларын анықтау технологиясы.................. | **56** |
| * + 1. Объектілердің сипаттамаларын есептеу иерархиялық әдісі............ | **58** |
| * + 1. Кескін масштабындағы пирамидаларды пайдалану принципі....... | **59** |
| 3.1.3 Ғаламдық және жергілікті ақпаратты бөлу принципі ..................... | **60** |
| 3.1.4 Есептеу параметрлерін анықтау процесі.......................................... | **61** |
| 3.2 Динамикалық көріністі талдаудың міндеттері мен мәселелері....... | **62** |
| 3.3 Динамикалық объектіні сегментациялау және карталардың қозғалысын анықтау...................................................................................... | **71** |
| **ҚОРЫТЫНДЫ...........................................................................................** | **78** |
| **ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ..............................................** | **79** |
| **ҚОСЫМША А..............................................................................................** | **87** |
| **ҚОСЫМША Б............................................................................................** | **96** |
| **ҚОСЫМША В...........................................................................................** | **97** |

**НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сілтемелер берілген:

- МЕСТ 7.32-2017: Ғылыми-зерттеу жұмысын жобалаудың құрылымы мен ережелері (диссертацияның техникалық дизайны), 2018.

- МЕСТ 7.1 - 2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастыру ережелері мен жалпы талаптары

- ҚР СТ 34.027 - 2006. Ақпараттық технологиялар. Бағдарламалық құралдардың классификациясы

- ҚР СТ 34.007-2002. Ақпараттық технология. Телекоммуникациялық желілер. Негізгі терминдер мен анықтамалар

- ҚР СТ 34.008 -2002. Ақпараттық технология. Бағдарламалық құралдарды статистикалық талдау

- ҚР СТ 1696-2007. Кіруді бақылау және басқару құралдары мен жүйелері. Жіктелуі. Жалпы техникалық талаптар және сынау әдістері

- ҚР СТ 34.027-2006. Ақпараттық технология. Бағдарламалық құралдардың жіктелуі

**БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**

SURF – Speeded Up Robust Features алгоритмі

SIFT – Scale Invariant Feature Transform алгоритмі

ROI – Region of interest

MSER (Maximally Stabil Extremal Region)

FAST (Features from Accelerated Test)

PCA-SIFT (Principal Components Analysis)

BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features)

*k – k* блогы үшін берілген коэффициент

λ – *k* ықтималдығының мәні

*k* – өңделетін кадрдың саны

*I k* – ағымдағы кескіннің жарықтығы

*Qi* - жалпыланған күш

*qi* -жалпыланған координат

# КІРІСПЕ

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі.** Қазіргі уақытта кескін көптеген салаларда әртүрлі зерттеулердің нәтижелерін ұсыну құралы ретінде белсенді қолданылады. Микроскопиялық кескіндер визуалды интерпретациялау медициналық диагностикада маңызды болып табылады, ал ғарыштық суреттерді интерпретациялау кадастрлық агенттіктің көптеген міндеттерінде, табиғи ресурстарды бақылауда және т.б. міндеттерде белсенді қолданылады. Адамның визуалды жүйесі объектілердің сапалық сипаттамаларын жақсы бағалайды, бірақ сол объектілердің сандық сипаттамасы көп жағдайда субъективті болып табылады. Объектілерді санауды және олардың сипаттамаларын өлшеуді автоматтандыру объектілерді бағалаудың дәлдігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар кескіндер мен оларды өңдеу нәтижелерін үлкен сыйымдылықтағы мәліметтер базасында сақтауға мүмкіндік береді, сондықтан диагностикада үлкен көлемдегі деректерді қолдануға мүмкіндік береді, бұл өлшемдерді біріздендіру сияқты диагнозды объективті етуге мүмкіндік береді.

Медициналық және спутниктік суреттерде зерттелетін объектілердің қасиеттерін сипаттайтын көптеген күрделі құрылымдар бар. Сонымен қатар, суреттердің осы ерекшелігін ескере отырып, оларды талдаудың тиімді әдістері жоқ. Дәстүрлі технологиялар негізінен кескіндерді жақсарту әдістеріне бағытталған және объектілердің ерекшеліктерін ескермейді. Нейрондық желілерге негізделген кескіндерді талдаудың заманауи бағыты сапалы жиынтықтарды дайындауды қажет етеді және жергілікті кеңістікті жинақтау операцияларымен шектеледі. Сондықтан суреттердегі объектілерді талдауға арналған жаңа әдістер мен бағдарламалық құралдарды әзірлеу өзекті ғылыми-практикалық міндет болып табылады. Күрделі құрылымдалған кескіндерді талдаудың қолданыстағы технологиялары әртүрлі операциялар жиынтығы болып табылады. Олар негізінен кескінді жақсартуға және кем дегенде екі маманның бір уақытта қатысуын қажет ететін жеке мәселелерді шешуге арналған. Біреуі доменнің ерекшелігін анықтайды, екіншісі зерттеу жүргізу үшін кескінді талдау операцияларының жиынтығы мен реттілігін анықтайды. Кешенді автоматтандыру кезінде мұндай технологиялар тиімсіз. Бағдарламалық жасақтама нарығында өзіндік тұжырымдамалар, анықтамалар және бірегей пайдаланушы интерфейсі бар есептердің тар класын шешуге арналған көптеген өнім әзірленді. Мұндай өнімді пайдалану өте күрделі.

Қазіргі уақытта кескіндерді автоматты түрде өңдеу үлгіні тануды жүзеге асыратын жасанды интеллект саласындағы маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Үлгіні танудың ең тиімді құралдарының бірі-дескриптивті-ассоциативті алгоритмдерге негізделген жүйелер. Техникалық көру жүйесінде (ТКЖ) сәйкестендірудің жылдамдығы мен сенімділігі бойынша қажетті көрсеткіштерді қамтамасыз ете отырып, бір есепті әртүрлі тәсілдермен шешетін бірнеше әдістер мен алгоритмдер қажет [1-3].

Қан ағымы көздің денсаулығын көрсетеді және көптеген ауруларға шалдыққанда бұзылады. Көптеген патологиялық процестер жасушалық деңгейде жүреді, мысалы, тамырлардағы қанның микроциркуляциясы және медициналық кескіндерді өңдеу тану қиын. Ретинальды суреттердегі қан тамырлары қант диабеті, гипертония және атеросклероз сияқты офтальмологиялық аурулардан туындаған патологиялық өзгерістер туралы маңызды ақпаратты қамтиды [1]. Көз торының суреттерін компьютерлік талдау көз ауруларын диагностикалауда, емдеуде, скринингте, бағалауда және клиникалық зерттеуде маңызды рөл атқарады. Алайда, торлы қабықтың анатомиялық құрылымдарын автоматты түрде сегменттеу зақымдану мен Шудың болуына, біркелкі емес жарықтандыруға, қарқындылықтың ауытқуына, кескіннің болмауына байланысты күрделі міндет болып табылады.контраст, ыдыстың өзгеретін ені және Орталық тамыр рефлексі. Торлы тамырларды автоматтандырылған сегментациялау бойынша айтарлықтай жұмыс жүргізілді, оны дәйекті сүзуге, морфологиялық өңдеуге, тамырларды бақылауға, көп масштабты талдауға, үлгіні тануға және модельге негізделген алгоритмдерге негізделген әдістерге бөлуге болады [4].

Қан ағынын өлшеудің қолданыстағы әдістері күрделі болжамдарға, жабдыққа қойылатын талаптарға және есептеулерге байланысты шектеулі. Бұл жұмыста біз көздің конъюнктивалық тамырларындағы қан ағымының сипаттамаларын, мысалы, қан ағымының сызықтық және көлемдік жылдамдығын және қан тамырларының топологиялық сипаттамаларын анықтау әдісін ұсынамыз. Әдіс талдау жағдайларын жақсарту үшін бейнені алдын-ала өңдейді, содан кейін көздің тамырларындағы ағынның динамикалық сипаттамасын анықтау үшін интегралды оптикалық ағын жасайды. Бұл сипаттамалар көздің тамырларындағы қан ағымының өзгеруін анықтауға мүмкіндік береді [7]. Біз әдісіміздің тиімділігін көздің табиғи тамырлары бар көріністерде көрсетеміз. Зерттеу диагностикалық тәжірибесі шектеулі жаңадан бастаушыларға құнды ақпарат береді және тәжірибелі медицина мамандары үшін құнды құрал бола алады.

**Зерттеу жұмысының мақсаты.** Көптеген динамикалық объектілерді қамтитын видеотізбекте күрделі қозғалыс кезінде программалық қамтамасыз етуді өңдеу технологиясына немесе операциялық түзетуге арналған дескриптивтік алгоритмдік схемалар негізінде қозғалысты талдау арқылы видеотізбекті талдау әдістемесін әзірлеу және эксперименттік зерттеу

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы.** Әзірленген әдістер жаңа және бірегей болып табылады, шетелдік баламалары табылмады. Олардың белгілі зерттеулерден айырмашылығы, динамикалық обьекттердің топтарын анықтау үшін, қозғалысты бөліп қарастыруға мүмкіндік беретін, видеотізбектердегі қозғалысты талдауға арналған дескриптивті тәсілді қолданады. Бұл олар үшін жеке қозғалыс ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді.

Айтарлықтай ерекшеленетін қасиеті, сонымен қатар программалық қамтамасыз етуді тәуелсіз өзгертуге арналған командалардың адаптивті жиынтықтарын қалыптастыру үшін талдаудың да, бағалаудың да ажырамас кезеңі ретінде қозғалысты бейнелеуді формализациялау болып табылады.

**Алынған нәтижелердің практикалық маңызы.** Қозғалысты талдау техникасының сипаттамалық көрінісі қозғалысты талдауға арналған және оны автоматты бақылау жүйелерінде қолдануға болады. Нәтижелерді практикада пайдалану бойынша ұсыныстар берілген аумақта немесе кескіндерде болып жатқан өзгерістерді бақылау және сандық бағалау үшін зерттеу нәтижелерін пайдалану болып табылады. Видеотізбегінен динамикалық объектілерді бақылау есептерін шешу схемасын құру процесін айтарлықтай жеңілдететін кескіндердің видеотізбектегі қозғалысты бақылау тапсырмасын формализациялау ұсынылады. Ғылыми зерттеулерді одан әрі дамыту бойынша ұсыныстар: зерттеудің әртүрлі жағдайында қозғалысты талдау алгоритмдерін әзірлеу, сондай-ақ әзірленген алгоритмдерді жеделдету тұрғысынан зерттеулерді жалғастыру жоспарлануда. Әзірленген алгоритмдер тек медицинада ғана емес, сонымен қатар кез келген топтасқан адамдардың мінез-құлқын немесе көлік ағындарының қозғалысын бақылау үшін қозғалатын объектілерді бақылау саласында кеңінен қолданылуы мүмкін.

**Зерттеудің негізгі объектісі –** біртұтас программалық архитектураның құрылысын қамтамасыз ететін кескіндерден ақпарат пен мәліметтерді алудың алгебралық, сипаттамалық және білімге бағытталған әдістері.

**Зерттеу пәні.** Микроскопиялық кескіндер тізбегі бойынша жасуша популяциясын талдаудың алгоритмдері мен әдістері.

**Зерттеу әдістері.** Алгоримдер менкомпьютерлік көру әдістерді және кескінді салыстыру алгоритмдері

**Зерттеудің мақсатына сәйкес келесі негізгі міндеттер анықталды:**

1

2

3

**Зерттеу әдістемесі**. Берілген тапсырмаларды шешу кезінде аксиомалар, алгебралық формулалар, компьютерлік көру және модельдеу, машиналық оқыту және деректерді талдау әдістері қолданылды. Программалық қамтамасыз етуді әзірлеу ортасы Python 3.10 және бірқатар қажетті кітапханалар болды.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар**

1. Динамикалық объектіні оның қозғалысының дескрипторларын көрсете отырып формализациялау, бұл қозғалысты анықтау кезінде тұжырымдарды видеотізбектегі объектілерді мониторингілеу есептерін анықтауды және шешуді жеңілдетуге мүмкіндік беретін топтар мен жиынтықтарға біріктіру үшін қолдануға мүмкіндік берді.
2. Динамикалық объектілерді қозғалыс дескрипторлары мен күрделі құрылымданған түрлі уақыттағы видеотізбекті талдау негізінде мониторингілеу әдістемесі. Әдістеме мониторинг жүйелерінде объект тәртібінің алдағы шешім қабылдауға қажетті қасиеттерін анықтауға мүмкіндік беретін дескрипторлық карталарды қалыптастыруға негізделген.
3. Динамикалық сценаны дескриптивті мониторингілеу әдістемесі – динамикалық объектілерді топтарға бөліктеуге және фон қозғалысын өтеу үшін объектілер мен ішкі және сыртқы қозғалысы ескерілетін динамикалық объектілердің қозғалысын талдауда аса маңызды емес дескриптивті қозғалыс карталарын қолдануға негізделген.
4. Склераның динамикалық сценасын дескриптивті талдау әдістемесі негізінде қан ағынын талдау технологиясы – фонның, қан тамырларының және қан жасушаларының қозғалысы бар дескриптивті мониторинг әдістемесін қолданатын практикалық есептің мысалы ретінде. Нәтижесінде қан ағыны қозғалысы жасушалар тобының динамикалық дескрипторларының бірігуімен берілетін негізгі динамикалық объект ретінде анықталады. Қан тамырлары мен фонның динамикалық дескрипторларын анықтау барлық сыртқы қозғалысты өтеп, қан ағынының қасиеттерін ғана зерттеуге шоғырлануға мүмкіндік берді.

**Алынған нәтижелердің сенімділігі.** Диссертациялық жұмыста алынған теориялық нәтижелердің, ережелер мен қорытындылардың негізділігі мен сенімділігі дәлелденген ережелер мен зерттеу әдістерін қолдануға, жаңа нәтижелердің белгілі теориялық ережелерге сәйкестігіне және зерттеу эксперименттік зерттеу нәтижелеріне негізделген. Диссертацияның практикалық нәтижелерінің негізділігі мен сенімділігі оларды сынаумен яғни апробациядан өткізу, видеотізбекті талдауда дескриптивті алгоритмдерінің әртүрлі моделдерін зерттеу нәтижелерін және зерттеулерді талдау кезінде динамикалық объектілерді дескриптивті алгоритмдерге негізделген программалық қамтамасыз етумен видеотізбекті талдаумен расталады.

**Ізденушінің қосқан жеке үлесі.** Диссертацияда көрсетілген нәтижелерді зерттеуді ізденуші ғылыми қызмет процесінде жеке өзі жүргізді. Ізденуші алгоритмдерді және ұсынылған талдау әдістерін жүзеге асыратын программалық пакетті дербес әзірледі; эксперименттік және теориялық нәтижелер алынып, қорғауға ұсынылды. Диссертация авторының бірлескен авторлық жұмысқа қосқан жеке үлесі - әдістер мен алгоритмдерді әзірлеу, сондай-ақ зерттеу нәтижелерін жариялауға ұсыну.

**Зерттеу нәтижелерін апробациялау.**Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің семинарларында, Ресейде, Беларуссияда өткен халықаралық конференцияларда баяндалды:

1. «Компьютерлік және бағдарламалық инженерия» кафедрасының докторанттарының семинарлары, Астана қ., 2019-2021 жж.
2. Халықаралық ғылыми конференция «Global science and innovations 2019: Central Asia», г. Нұр-Сұлтан, 2019ж.
3. Халықаралық ғылыми конференция «Ǵylym jáne Bilim - 2022», г. Нұр-Сұлтан, 2022ж.

**Зерттеу нәтижелерін енгізу.** Диссертациялық жұмыстың зерттеу нәтижесі «Diana Clinic» клиникасының рұқсатымен көз қантамырларын зерттеуде іске асырылған, ендіру актісі ұсынылған. Сонымен қатар «Дескриптивті-ассоциативті алгоритмдерге негізінде склеральды тамырлардағы ағынды талдауды автоматтандыру» атты ЭЕМ-ге арналған программаға авторлық куәлігі растайды. (Куәлік №24788 5 сәуір 2022ж)

**Зерттеу нәтижелері бойынша жарияланымдар.** Зерттеу тақырыбы бойынша 6 ғылыми еңбек жарық көрді, олардың біреуі Scopus деректер базасында индекстелді, 3 – ҚР БҒМ БҒССҚК ұсынған ғылыми журналдарда, 2–халықаралық және жергілікті конференциялар жинақтарында ғылыми мақала, диссертация нәтижелерін өндіріске енгізу туралы акт және авторлық құқық объектісіне мемлекеттік тіркеу туралы куәлік бар.

**Жұмыстың құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен (103 атау) және үш қосымшадан тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 97 бет, оның ішінде негізгі мәтін 82 бет, оның ішінде 25 сурет және 3 кесте.

**Кіріспеде** таңдалған диссертация тақырыбының өзектілігі негізделеді, зерттеудің мақсаттары мен негізгі міндеттерін тұжырымдайды, жұмыстың жаңалығы мен практикалық маңыздылығы, таңдалған тақырып бойынша, динамикалық бойынша әдебиеттік шолу жүргізілді.

**Бірінші бөлімде** видеотізбектегі динамикалық объектілердің қозғалысы туралы зерттеулерге шолу, талдау жасалынды. Динамикалық объектілердің қасиеттерін, сипаттамаларын, бір-біріне қарсы бағытта қозғалысын, бір-бірінен әртүрлі бағыттағы қозғалысын, қозғалыссыз қалатын объектілерге зерттеулер жүргізілді. Микроскопиялық бейнелерден объектілерді сегментациялауға талдау жасалынды. Дескрипті-ассоциативті алгоритмдер қолданылған ғылыми жұмыстар зерттелді.

**Екінші бөлім** ұзын толқындардың дыбыс жылдамдығын өлшеу арқылы екі компонентті композициялық материалдардағы компоненттердің концентрациясын дәл анықтау үшін акустикалық әдісті қолданып есептерді шешу ерекшеліктері қарастырылады. Акустикалық өлшемдер арқылы алынғанматрицалық материалдың және арматуралық бөлшектердің, композиттік материалдар талшықтарының көлемдік концентрациялары үшін айқын өрнектер шешімін табуға арналған қадам бойынша есептеу алгоритмдерінің сипаттамасы қарастырылады.

**Үшінші бөлім** жүргізілген зерттеулердің мазмұны: көрсетілген ортаға шағылысу мен өту коэффициенттерін есептеуге мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтама жасалды. Геометриялық ұқсас фононды кристалдардың негізгі сипаттамаларын сипаттауға талдаулар жасалды. Фононды кристалдардың геометриялық ұқсастығының шамасына байланысты дисперсиялық қатынастар мен фазалық жылдамдықтардың өзгеруі құрастырылды. Өту жолақтарының шекараларының ауадағы судың концентрациясына тәуелділігі анықталды. Бұл бөлімде монодисперсті гетерогенді қатты ортаның негізгі орташа сипаттамаларына әсерін зерттеу нәтижелеріне талдаудан тұрады.

**Қорытындыда** зерттеу нәтижелері қорытындыланады, қорғауға шығарылатын ережелердің ақиқатын растайтын және дәлелдейтін негізгі тұжырымдар тұжырымдалады.

**Қосымшада** зерттеудің практикалық материалдары, қолданылған программа кодтары берілген.

Автор ғылыми кеңесшілері, техника ғылымдарының кандидаты, доцент Жумадиллаева Айнур Канадиловнаға және Беларусь мемлекеттік университетінің құрметті профессоры, т.ғ.д. Недзьведь Александр МИхайловичке зерттеу барысында берген кеңестері үшін алғыс білдіреді.

# ЖАҢА БАҒЫТТАРДАҒЫ ЖЕТІСТІКТЕРДІ ТАЛДАУ

## **Видеотізбек бойынша динамикалық объектілердің қозғалысын өңдеу және талдау**

Суретті кадр бойынша өңдеу – бейне реттілігін өңдеудің ең кең таралған әдістерінің бірі. Ол нысанға қатысты пикселдерді таңдауды, фондық алуды, морфологиялық сүзуді (нүктелік шуды жою, объектілер кескініндегі қуыстарды толтыру), объект контурын анықтауды, өлшем мен пішін сипаттамаларын есептеуді, сондай-ақ кескінді талдауда кадрлар арасындағы объект өзгеру динамикасын қамтиды. Бұл жағдайда кескіннің жарықтығын түрлендіру, динамикалық диапазонды өзгерту, тегістеу немесе контрастты жақсарту үлкен маңызға ие.

Түсіруден кейін орындалатын кескінді жақсартудың барлық стандартты әдістерін екі үлкен топқа бөлуге болады: кескін пикселдерінде әртүрлі операциялар тікелей орындалатын кеңістіктік әдістер және Фурье түрлендіруіне негізделген жиілік әдістері [5]. Кеңістіктік өңдеу жағдайында операцияларды кескіндер тізбегі бойынша да орындауға болады, мысалы, кескін шуды азайту үшін.

Кеңістіктік түрлендірулер қуат пен логарифмдік функцияларды пайдаланып кескіннің жарықтығын өзгерту және кескіннің контрастын жақсарту операцияларын қамтиды. Логарифмдік түрлендірулерді қолдану кескіндегі күңгірт және ашық пикселдер диапазондарының арақатынасын жақсартуға мүмкіндік береді [5]. Қуатты түрлендірулер жан-жақты, өйткені көрсеткішті өзгерту кескіннің жарықтығын және сәйкесінше контрастын өзгертуді жеңілдетеді. Кеңістіктік әдістерге гистограмманы түрлендіруге негізделген әдістер де жатады.

Екі немесе одан да көп кескіндерде орындалатын кеңістікті жақсарту операцияларына арифметикалық-логикалық операциялар жатады. Жарықтықтың ауытқуы болып табылатын кескін шуы әсіресе ұзақ уақыт түсіру кезінде жиі кездеседі. Шу ең қарапайым және жиі қолданылатын орташалау операциясы арқылы, бірнеше пиксельден тұратын аумақ таңдалғанда және жарықтылықтың орташа арифметикалық мәні есептелетін, содан кейін ортаңғы нүктеге тағайындалған кезде, бөгеуге қарсы сүзгілер арқылы жойылады. Бұл әдістің кемшілігі алынған кескіннің бұлыңғырлығы болып табылады, оның дәрежесі таңдалған аймақтың өлшемімен артады [7]. Аймақтың орталық нүктесіне таңдалған аумақтағы барлық нүктелердің жарықтылығының медианасының мәні тағайындалғанда, медианалық сүзгіні пайдаланған кезде кескін азырақ бұлыңғыр болып көрінеді.

Бейнедегі объектілерді сегменттеу оны өңдеудің маңызды кезеңдерінің бірі болып табылады және берілген біртектілік критерийіне сәйкес келетін кескіндегі аумақтарды таңдауды білдіреді. Ең қарапайым сегменттеу алгоритмдері белгілі бір уақыт аралығында берілген нүктедегі кескін жарықтығының өзгеруіне байланысты барлық пикселдерді фон-объект принципі бойынша екі класқа бөледі. Бірқатар жағдайларда мұндай алгоритмдер жұмыс істемейді: егер фон тербелмелі жарықтығы бар сегменттерді қамтыса, көріністің жарықтандыруы айтарлықтай өзгерсе, көлеңкелер немесе біркелкі түсті қозғалатын объектілер болса [8].

Кескінді кадр бойынша өңдеудің ең танымал әдістеріне келесі екі кадрды салыстыру әдістері жатады, оларды үш санатқа бөлуге болады: пиксельді салыстыру әдістері, аумақты салыстыру әдістері және гистограмма әдістері. Пиксельді салыстыру әдісі екі дәйекті кадрдағы сәйкес пикселдердің қарқындылық мәндеріндегі айырмашылықтарды бағалауға мүмкіндік береді. Бағалаудың ең оңай жолы - −өзгерісті анықтау, яғни пиксельдік айырмашылықтардың абсолютті қосындысын есептеу және сұр түсті кескін үшін келесі формуланы пайдалана отырып, шекті мәнмен салыстыру:

, (1.1)

мұндағы және *X×Y* өлшеміндегі келесі екі кадр, *Pi*(*x,y) - координаталары (x,y)* бар пиксельдің қарқындылығы [103].

Түсті кескін үшін бұл формуланы келесідей жазуға болады:

, (1.2)

мұндағы *c* – түсті құрамдас [ 5 ].

Содан кейін алынған өзгерістер шекті мәнмен салыстырылады. Бұл әдістің негізгі кемшілігі шағын аумақтағы үлкен өзгерістер мен үлкен аумақтағы аздаған өзгерістерді ажырата алмауында. Бұл әдіс объект пен камераның қозғалысына сезімтал.

Блоктардың белгілі бір санына бөлугежәне оны келесі кадрдың сәйкес блоктарымен салыстыруға негізделген [5]. Фреймдер арасындағы айырмашылық келесідей анықталады:

, (1.3)

қайда *к \_* – *k* блогы үшін берілген коэффициент . Әрі қарай λ *k* ықтималдығының мәні анықталады және оны ескере отырып, сәйкес блоктар шекті мәнмен салыстырылады:

(1.4)

Алдыңғы әдіске қатысты бұл әдіс баяу қозғалысты және шағын орын ауыстыруларды анықтауға жақсырақ [103].

Гистограмма әдісі камераның немесе объект қозғалысының әсерін азайтуға мүмкіндік береді. Ол екі дәйекті кескіннің гистограммаларын салыстыруға негізделген, олардағы айырмашылықтар тұрақты тонмен объектінің қозғалысына немесе өзгеруіне сәйкес келеді. Қарапайым жағдайда интенсивтілік айырмашылығының орнына сұр деңгейдің гистограммасының айырмашылығы табылады, содан кейін шекті мәнмен салыстырылады:

, (1.5)

мұндағы *H i* ( *j ) - i* , *j* және *n* кадрының сұр деңгейі −сұр деңгейлердің жалпы саны [103].

Сегменттеу алгоритмдерін орындағаннан кейін кейінгі өңдеу қажет, оның сапасы бойынша аумақтарды біріктіру алгоритмдері пайдаланылады, егер кескінде өлшемі шекті мәннен аз аумақ өзінің сипаттамалары бойынша ең жақын кескін аймағына қосылса, және кеңейту және эрозия операциялары.

*Шекараны анықтауға негізделген алгоритмдер.*Объектілердің шекараларын таңдау оларды сегменттеу және классификациялау үшін маңызды. Көбінесе кескін контуры жақын жерде жарықтық мәндерінің күрт өзгеруі байқалатын нүктелер жиынтығы ретінде түсініледі, бірақ бұл жағдайда жарықтығы айырмашылығы бар объектілер үшін контурды анықтауда анық еместік туындауы мүмкін [97]. Жарықтық градиенті бар аймақтар үшін шекараларды бөлектеу кезінде контурлардағы бос орындарды байқауға болады, ал шуы бар аймақтар үшін, керісінше, контурдың қосымша бөліктері пайда болады.

Объектілердің шекаралары көзқарас өзгерген кезде өзгеретін тәуелсіз және көзқарасқа тәуелді болып бөлінеді. Идеал жағдайда жиек - бұл әр түрлі жарықтықтағы екі аймақ немесе негізгі фоннан өзгеше жарықтығы бар пикселдер жинағы арасындағы бөлу сызығы. Нақты жағдайда шекараның кескіні өріс тереңдігіндегі шектеулерге, бірнеше жарық көздерінің болуына немесе көлеңкелеуге байланысты бұлыңғыр болуы мүмкін [103].

Шекараны анықтаудың ең оңай әдістері градиент әдісі және Лаплас әдісі болып табылады. Градиенттік әдісте жарықтық айырмашылықтары кескіндегі жарықтық функциясының өзгеру жылдамдығын анықтайтын ішінара туындылар арқылы есептеледі. Лаплас шекараларын анықтау әдісі екінші туындыларды қолдануға негізделген, бұл ретте Лаплас жарықтығының күрт өзгеруі нүктелерінде максимум болады [5]. Сипатталған әдістердің кемшілігі −олардың шуға жоғары сезімталдығы болып табылады. Оны жою үшін дифференциалдау операциясы алдында жарықтық функциясын тегістеу операциясы орындалады.

Контурды өту әдістеріне негізделген жиекті іздеу әдісі кескін бойынша қозғалатын элементар кадр ішіндегі шекаралық аймақтарға сәйкес жарықтық айырмашылығының фрагменттерін анықтауға негізделген [18]. Шекаралардың барлық учаскелерін анықтағаннан кейін оларды бір контурға біріктіру мәселесі шешіледі.

Жарықтықтың төмендеуінің параметрлерін анықтау және бағалаудың статистикалық алгоритмінен басқа жергілікті әдістерге жарықтылықтың идеалды төмендеуін табуға арналған нейрондық желі алгоритмі және динамикалық бағдарламалау әдістерін қолдану арқылы функцияның минимумын табуға негізделген шекараны анықтау алгоритмі кіреді [18].

Шекараларды бөлектеу кезінде сүзгілерді пайдалану өңделетін ақпарат көлемін айтарлықтай азайтуы мүмкін. Мұндай сүзгілерге градиентті есептеу операторлары жатады: Собель, Шарр және Робертс операторлары және дифференциалдық алгоритм [5]. Көрсетілген Sobel операторының кеңінен қолданылатыны әр нүктеде жарықтық градиент векторын алуға мүмкіндік беретін дифференциалдау операторы болып табылады, сонымен қатар қадамдар айырмашылығы жағдайында контур сызығының ең кіші қалыңдау коэффициентіне ие.

Градиентті тапқаннан кейін шекті нүктенің шекараға жататындығын анықтау үшін шекті сегменттеу орындалады. Табалдырықты таңдау өте маңызды, өйткені егер табалдырық тым жоғары болса, бұзылған контурлар болады, ал егер табалдырық тым төмен болса, −қосымша контурлар пайда болады [9].

*Фондық талдауға негізделген алгоритмдер.* Фондық талдауға негізделген әдістер негізінен ағымдағы кескін мен шаблондық кескін арасындағы айырмашылықты алуға негізделген, соңғысы объектілерсіз кескін болып табылады. Үлгі кескіні тізбектің бірінші кескіні немесе орташа кескін болуы мүмкін. Кейде зерттеу үшін ерекше қызығушылық тудырмайтын объектілерді қамтуы мүмкін динамикалық фондық модель қолданылады [12]. Бұл әдісті пайдалану кезінде орын алатын қателердің себептерінің бірі шекті мәннің тұрақтылығы болып табылады, дегенмен әрбір пиксель үшін әр түрлі шекті мән болуы керек. Бұл мәселенің шешімі бейімделу шегі болуы мүмкін. Фондық мән салмақтарды пайдаланып әрбір пиксел үшін жаңартылатын бейімделген фондық есептеу схемалары да бар. Сонымен қатар, фон әртүрлі салмақ коэффициенттері бар жүйенің ағымдағы және болжамды мәндерін ескеретін Кальман күшейту матрицасына негізделген рекурсивті алгоритмді қолдану арқылы анықталуы мүмкін [12].

Фондық талдауға негізделген алгоритмдерге мыналар жатады: ықтималдық әдістер, мұнда бірнеше дәйекті пиксельдік мәндер үшін шекті мәнмен салыстырылатын іріктемелі орташа мән есептеледі, содан кейін пиксель фонға немесе объектіге жататындығы туралы қорытынды жасалады; пиксель деңгейінде немесе кескін аймақтарының деңгейінде екі немесе одан да көп кейінгі кадрлар шегерілетін уақыт айырмашылығы әдістері. Бұл әдістердің артықшылығы - динамикалық өзгерістерді сапалы анықтау, ал негізгі кемшіліктер − объектілердің бөлшектелген сегментациясы және тоқтатылған объектілерді анықтаудың қиындығы [12].

Алгоритмдердің бұл тобының басты артықшылығы - оларды жүзеге асырудың қарапайымдылығы; кемшіліктерге шуға, көлеңкеге, жарық өзгерістеріне сезімталдық және динамикалық кескіндерді өңдеудің күрделілігі жатады. Негізгі мәселе, егер объект тоқтап қалса, біраз уақыттан кейін оның пикселдері фондық пикселдер ретінде анықталады, ал қозғалыс қайта басталған кезде ол екі рет анықталады. Тағы бір мәселе объект жылжыған кезде көлеңкелердің пайда болуымен көрінеді, олар объектінің пикселдері ретінде танылмауы керек. Осыған байланысты объект пен фон түсінің айырмашылығы шамалы болатын жағдайларды қоспағанда, фон түсінің орташа мәні мен дисперсиясына назар аудару қажет.

*Ерекшеліктерді шығаруға негізделген алгоритмдер.*Кескіндегі объектілерді таңдау кезінде әртүрлі кескін масштабтарымен байланысты белгілі бір қиындықтар жиі кездеседі, соның нәтижесінде объект алып жатқан аумақтың өлшемі өзгереді. Қиындық мынада: қозғалған кезде объект фон мен текстурамен ерекшеленетін кескіннің аймақтарын кесіп өтуі мүмкін. Сонымен қатар, әртүрлі проекциялардағы бір объект басқаша көрінуі мүмкін, кескін шулы болуы мүмкін немесе объект басқа объектілермен жартылай жасырылуы мүмкін. Бұл міндеттер кескіндегі және оларды қоршаған ортадағы белгілі бір ерекшеліктері бар негізгі нүктелерді бөлектеу арқылы шешіледі.

Негізгі нүктелер - кескіндегі белгілі бір объектіге тән жақын маңындағы тұрақты белгілері бар пикселдер. Объектінің қарапайым геометриялық түрлендірулері негізінде өзгермейтін нүктелік деректер жиыны оның дескрипторы немесе ерекшелігі ретінде анықталады.

Кескіндемеде объектілерді іздеудің бірқатар алгоритмдері бар, оларды екі топқа бөлуге болады: нақты дескрипторлар үшін нүктелерді іздеу және берілген объект үшін негізгі нүктелердің тұрақты жиынтықтарын дербес анықтау негізінде. Ең қарапайым дескрипторлар детекторлар:

Моравек −бұрыштарды анықтауға бағытталған [26];

Харрис пен Стефан −кейбір негізгі бағыттардағы туындылар зерттелетін нүкте маңайының барлық бағыттарындағы сипаттамалық анизотропияны анықтауға негізделген [26];

MSER (Maximally Stabil Extremal Region) −кескінді масштабтау кезінде сингулярлық нүктелердің инварианттылығын ескереді және аймақ ішінде және оның сыртқы шекарасында қарқындылық функциясының экстремалды қасиеттері бар көптеген әртүрлі аймақтарды анықтайды [27];

FAST (Features from Accelerated Test) −машиналық оқытудың элементі болып табылады және берілген кескіндер жиынында нүктелік классификаторды үйретуге негізделген. FAST детекторы пикселдерді жіктеу үшін шешім ағаштарын құрады [101].

Мүмкіндіктерді алудың ең танымал алгоритмдері SURF және SIFT алгоритмдері болып табылады. Олар кескіндегі арнайы нүктелерді табуға мүмкіндік береді, сонымен қатар масштабтың, жарықтандырудың және кескіндегі объектілердің орын ауыстыруының өзгеруіне қарамастан, осы нүктелерді біржақты анықтауға көмектесетін инвариантты дескрипторларды жасауға мүмкіндік береді.

SURF алгоритмі кескіндегі объектілерді табу және одан кейінгі 3D қайта құру үшін кеңінен қолданылады. Оның негізгі мақсаттарына суреттегі негізгі нүктелерді инвариантты іздеу және осы нүктелердің дескрипторларын құру кіреді. Сыни нүктелерді іздеуді үш бөлікке бөлуге болады. Біріншісі кескіннің бұрыштар мен қиылыстар сияқты аймақтарында арнайы нүктелерді іздейді. Бірегей нүкте детекторларын табу кезінде олардың ең маңызды қасиеті қайталану, яғни осы нүктелерді анықтау мүмкіндігі болып табылады. Содан кейін әрбір ерекше нүкте үшін дескриптор қалыптасады, ең соңында векторлар арасындағы қашықтыққа негізделген әртүрлі кескіндер үшін дескрипторлар сәйкестендіріледі. Бұл жағдайда қажетті талаптар детектор тізбегін оның дәлдігін сақтай отырып жеңілдету және оның барлық ерекшелік қасиеттерін сақтай отырып дескриптор өлшемін азайту болып табылады [108].

Негізгі нүктелерді кескін жарықтығының жергілікті минималды немесе максималды нүктелері ретінде анықтауға болады. Кескіннің негізгі нүктелерін іздеу Гессиан көмегімен жүзеге асырылады:

(1.6)

мұндағы *х* нүктесі үшін кескіні бар Гаусс ядросының екінші туындысының жуықтауының конвульсиялары.

Гессианның экстремумы кескіндегі жарықтық градиентінің максималды өзгеру нүктелерінде орналасқан, сондықтан оны кескіндегі әртүрлі нүктелер мен объектілердің шекараларын бөлектеу үшін пайдалану ыңғайлы. Әрбір сыни нүкте үшін жарықтық градиенті Haar сүзгісі арқылы есептеледі. Әртүрлі масштабтағы сүзгілер пайдаланылады, өйткені Гессиан айналу үшін инвариантты, бірақ масштабтау үшін инвариантты емес [6].

Бірегей нүктелердің белгілерін сипаттайтын дескрипторлар әртүрлі кескін түрлендірулерімен іс жүзінде өзгермейді. Сондықтан SURF дескрипторы келесі түрде құрастырылады: ерекше нүктенің айналасындағы аудан 16 шаршыға бөлінген. Әрбір шаршы үшін ішінара туындылардың мәні Haar толқындарының көмегімен есептеледі. Дескриптор ретінде әрбір шаршының ішіндегі жартылай туындылардың абсолютті мәндерінің қосындылары таңдалады [102]. Әртүрлі негізгі нүктелердің дескрипторлары әртүрлі, бұл айналуға қатысты дескриптордың өзгермейтіндігін қамтамасыз етеді. Масштабтың инварианттылығы дескриптор өлшемінің Гессиан матрицасының өлшеміне тәуелділігімен қамтамасыз етіледі. Алгоритм ең жылдам және тиімділердің бірі болып табылады.

SIFT әдісі SURF әдісінен кейін пайда болған әдіс, ол критикалық нүктелердің аудандарын сипаттау тәсілімен ерекшеленеді. Бұл әдісте дескриптор кескін градиентінің бағыттарының гистограммасы болып табылады, мұнда градиент мәндері функция нүктесінен қашықтыққа байланысты мәні экспоненциалды түрде төмендейтін коэффициентке көбейтіледі. Бұл оның геометриялық түрлендірулерге және жарықтық өзгерістеріне төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Сипатталған екі әдісті салыстыру SURF әдісінің өнімділігі әлдеқайда жоғары екенін көрсетеді. SIFT алгоритмі кескіндегі мүмкіндік нүктелерінің көбірек санын бөліп, дескрипторларды көбірек жасағанымен, SURF алгоритмінен айырмашылығы , оның орындалу уақыты артады [94].

Іздеу сапасы мен жылдамдығына әсер ететін мұндай алгоритмдердің бірқатар модификациялары бар. Олардың ең танымалдары:

PCA-SIFT (Principal Components Analysis) [67] −мәні бойынша SIFT алгоритмінің модификациясы болып табылады, онда тік және көлденең бағыттар бойынша градиенттік карта құрастырылады, содан кейін таңдалған бағыт векторы анықталады;

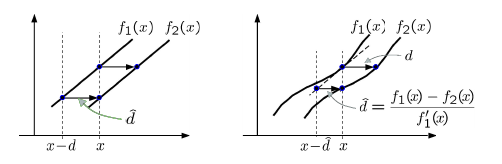
DAISY [101] −бүкіл кескіннің тығыз пикселдер жиынында жұмыс істейді, мұнда нүктелердің маңайлары радиусы өсетін қиылысатын шеңберлер жиынтығымен анықталады;

BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features) [41] −әртүрлі проекциялары бар кескіннің бірдей бөліктерін тануға бағытталған. Алгоритм рандомизацияланған жіктеу ағашын құрады [49] немесе кескіндердің кейбір жаттығу жиынында аңғал Бейс классификаторын анықтайды, содан кейін Хамминг қашықтығының ұқсастық өлшемі ретінде пайдаланылатын екілік жол ретінде мүмкіндік векторын көрсету арқылы сынақ кескін аймақтарын жіктейді. [83].

Қарапайым объектілер үшін идентификациялық белгілердің күрделілігіне байланысты, қарапайым пішіні мен құрылымы бар объектілерді ерекшелеу үшін алгоритмдерді пайдалану мүмкін емес.

*Оптикалық ағынды шығаруға негізделген алгоритмдер.* Оптикалық ағын түсінігі дәйекті бейнелердегі сәйкес нүктелерді табуға және олардың арасындағы ығысуды анықтауға негізделген. Оптикалық ағын нысанның қозғалысын анықтау, сегменттеу, стереодисперсиялықты есептеу және пішін мен салыстырмалы тереңдік сияқты үш өлшемді сипаттамаларды қалпына келтіру үшін қолданылады [37, 56].

Бір өлшемді жағдай және *f ( x ) функциясы үшін* ығысуды 1 суретте көрсетілгендей анықтауға болады.



**Сурет 1. – Сызықтық және сызықтық емес функциялар үшін оптикалық ағынды анықтау үшін функцияның ығысуын есептеу**

Әдетте, интенсивтілік оның орын ауыстыруына қарамастан кескін нүктесінің сипаттамасы ретінде таңдалады:

, (1.7)

мұндағы *t* уақытындағы пикселдің қарқындылығы ( *x , y )* . Тейлор сериясын кеңейтуді қолдану:

(1.8)

оптикалық ағынның теңдеуін алуға болады:

, (1.9)

мұндағы *u , v* кескінге арналған оптикалық ағын жылдамдығының құрамдастары.

Оптикалық ағынды есептеу кезінде суреттің шағын аймағында қарқындылықтың таралуы қысқа уақыт ішінде тұрақты болады деп есептеледі. Түсірілімдер арасында ұзақ уақыт аралығымен түсірілсе және жарықтандыру немесе жарық бағыты өзгерсе, қарқындылықтың таралуы сақталмауы мүмкін. Оптикалық ағынды есептеуде қолданылатын негізгі сипаттамалар: жылдамдық, орын ауыстыру, айналу дәрежесі, диспропорция (векторлардың үш өлшемді орын ауыстыруы үшін қолданылады), қарқындылық және оның туындылары (тікелей құрылым мен қозғалыс параметрлерін есептеу үшін қолданылады). Оптикалық ағынның қозғалысты сипаттайтын дәлдігі бетінің қасиеттерін көрсететін жарықтандырудың біркелкілігіне және кескін жазықтығының берілістерінің параллельділігіне байланысты [37]. Оптикалық ағын бірнеше дәйекті кадрлар үшін есептелетін, содан кейін оның негізінде объектілер қозғалысының траекториялары есептелетін жұмыстар бар [96].

Классификациялардың біріне сәйкес оптикалық ағынды есептеу алгоритмдері дифференциалды, жиілік, фазалық болып бөлінеді және аймақтардың сипаттамалық белгілерін салыстыруға негізделген [12]. Дифференциалдық әдістерде уақытқа және кеңістіктік координаталарға қатысты жартылай туындылар қолданылады. Бұл әдістер объектінің пикселдерінің қарқындылығы қысқа уақыт аралығында өзгермейді деген болжамға негізделген. Дифференциалдық әдістер кескіндер тізбегінен оптикалық ағынды есептеу үшін ең көп қолданылады және жергілікті әдістерге (Лукас Канад әдісі) және глобалдық әдістерге (Хорн-Шунк әдісі) бөлінеді −[62 ,86]. Жергілікті әдістер кескіннің барлық нүктелері үшін оптикалық ағынды анықтайтын ғаламдық әдістерден айырмашылығы жеке берілген нүктелер үшін ығысуды анықтайды. Жергілікті әдістер шуға қатысты жылдамырақ және жиі сенімдірек, бірақ олар ағынның төмен тығыздығын қамтамасыз етеді [40].

Лукас Канадтың әдісі − [83] кейінгі суреттерде уақыттың бастапқы сәтінде анықталған ерекше нүктелердің орнын қадағалайды. Әдістің артықшылықтары жоғары есептеу жылдамдығын қамтиды, ал кемшіліктер −- біртекті құрылымы бар аймақтарда жұмыс істегенде пайда болатын апертура мәселесі. Бұл алгоритмнің ішінде *p* нүктесіне тікелей жақын жерде оптикалық ағынның мәні бірдей болады деп есептеледі. Нүктенің маңайындағы нүктелер жиыны үшін *p* ( *q* 1 *, q* 2 *,… q n* )одан әрі ең кіші квадраттар әдісімен шешілетін теңдеулер жүйесін жазуға болады:

(1.10)

мұндағы *I* кескіннің *qn* нүктесінде есептелген *х , у* және *t* уақыт координаталарына қатысты ішінара туындылары қасиеттері бойынша берілген нүктеге ең ұқсас белгілі бір аймақтағы нүктені анықтауға негізделген SimpleFlow әдісі [106] жатады. Фарнебэк әдісі [54] - полиномдық функция арқылы кескінді жақындатуға негізделген басқа жергілікті әдіс. Бұл алгоритм Лукас Канад әдісіне қарағанда апертура мәселесіне әлдеқайда төзімді − бірақ оның жылдамдығы әлдеқайда баяу.

Жергілікті әдістерді қолдану арқылы оптикалық ағынды есептеу кезінде алдын ала өңдеу ретінде кескін тізбегі тегістеледі, бұл шуды жояды және дифференциация процесін тұрақтандырады. Әдетте тегістеу жақсы нәтиже береді, бірақ кейбір жағдайларда кескінді бұзады, оның құрылымын бұзады [40].

Хорн-Шунк әдісі [62] оптикалық ағын бүкіл кескін бойынша тегіс болады деген болжамға негізделген. Бұл әдісте теңдеуден функционалдыға көшу жүзеге асырылады

, (1.11)

мұндағы α – −салмақтау коэффициенті [86].

Жиілік әдістері арнайы таңдалған сүзгілерді қолдануға негізделген. Сурет аймағы үшін Фурье түрлендіруі мына формуламен анықталады:

(1.12)

мұндағы *I* ( *x , y ,0* ) жиілік кеңістігіндегі кескіні , дельта функциясы, ω - жиілік, толқын векторы.

Фазалық әдістер дифференциалды әдістермен дерлік бірдей (бұл әдістерде қарқындылықтың рөлін фаза атқарады) және ең дәл болып табылады. Шу немесе кадрдың баяу өзгеруі жағдайында аймақтардың сипаттамалық белгілерін салыстыруға негізделген алгоритмдер қолданылады. Мұндай әдістерде жылдамдық келесі уақытта екі аймақтың сәйкес пикселдері арасындағы қашықтықты азайтатын жылжу ретінде анықталады [12].

Үлкен кескіндерді есептеу кезінде оптикалық ағынның иерархиялық қолдануы қолайлы, бұл әртүрлі ажыратымдылықтағы кескіндерді пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда оптикалық ағындар үлкен ауысымдарда, яғни жоғары жылдамдықпен қозғалғанда анықталады, бұл да есептеулердің тиімділігін арттырады. Мұндай блок-схемада жылдамдық немесе орын ауыстыру әрбір рұқсат деңгейі үшін каскадпен есептеледі, бұл ретте бастапқы мәндер әр жолы нақтыланады [37, 75].

Chan-Vese сегменттеу әдісі кескіннің қарқындылығы мен жиек орны туралы ақпаратты біріктіреді, сонымен қатар біртекті нысандардың үлкен санын сегменттеуге және бақылауға мүмкіндік береді. Дегенмен, микроскопиялық бейне кескіндерді талдау арқылы алынған қозғалатын объектілердің сыртқы түрі сирек біркелкі болатын проблема бар. Біртекті емес қозғалатын объектілерді қадағалау үшін, олардың сегментациясы үшін көп циклды белсенді контур алгоритмі бар қозғалатын объектілерді таңдау процесінде ағын тензорларының комбинациясы қажет [93]. Объектілердің окклюзиясы мен пішінін өзгерту оптикалық ағынды анықтаудың күрделілігін арттырады.

Суретте құрылым болмаса, оптикалық ағынды есептеу мүмкін емес. Сондай-ақ, қарқындылықтың өзгеруінен оны есептеу суреттегі қозғалысты шамамен ғана сипаттайды, өйткені жылдамдық жарықтандыру жағдайларына байланысты емес. Окклюзиядағы оптикалық ағынды объектілердің орын ауыстыруын анықтау және тәуелсіз қозғалатын беттерді бөлектеу үшін пайдалануға болады. Мұндай беттерді өңдеудің қиындығы объектілердің жоғалып кетуіне немесе пайда болуына байланысты және бұл қарқындылықтың өзгеруінде қателіктер тудырады [37].

Оптикалық ағынмен қатар, қозғалысты сипаттаудың басқа да тәсілдері бар, неғұрлым жалпы, мысалы, қозғалыстың параметрлік моделі немесе керісінше, қозғалыс сахнасының геометриясының кейбір элементтері алдын ала анықталған кезде нақты жағдайларға бейімделген [37].

## **Видеотізбектегі динамикалық объектілерді бақылау**

Видеотізбектегі объектіні қадағалау - объект немесе камера қозғалған жағдайда оның орнын тұрақты анықтау [43]. Бұл жағдайда кескіндегі барлық қозғалмайтын элементтер кескіннің фонымен байланысты деп саналады. Объектінің түріне, еркіндік дәрежесінің санына, камераға және нысанаға байланысты бақылау алгоритмдерінің үлкен саны бар [61, 33]. Дегенмен, бақылау алгоритмінің есептеу жылдамдығы жоғары болуы маңызды болып қала береді, өйткені ол нақты уақытта орындалады.

Бақылау үшін қолданылатын алгоритмдердің бірі - динамикалық кескіндердегі үлестіру тығыздығы функциясының максимумдарын жылдам есептеуге мүмкіндік беретін орташа жылжу алгоритмі, сонымен бірге оның есептеу ресурстарына қойылатын талаптары тым жоғары емес [12].

Бақылау әдістерінің үш негізгі категориясы бар: сүзгіге негізделген дискретизация әдісі, модельді әзірлеуге негізделген әдіс және ассоциацияға негізделген анықтау әдісі [42, 96]. Сүзгіге негізделген дискреттеу әдісі бірнеше нысандарды бақылау үшін кеңінен қолданылады. Онда қолданылатын әдістер есептеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Модельді әзірлеу әдісінің мәні әрбір қадағаланатын объектіге үлгі құру және жаңарту болып табылады . Бұл категорияға, мысалы, фазалық контрастты микроскоппен алынған кескіндерде қозғалатын жасушаларды ерекшелеу үшін қолданылатын орташа жылжу алгоритмі және белсенді контур әдісі [30] кіреді. Бұл әдістер ұяшықтар пішінін өзгерткен кезде жұмыс істеуі мүмкін болса да, деформация нәтижесінде және әрбір кадрда инициализациялау үшін алдыңғы кадрдағы нысанның контуры пайдаланылады. Объектінің үлкен орын ауыстыруымен немесе жаңасының пайда болуымен алгоритмді қайта инициализациялау қажет [42]. Ассоциацияға негізделген анықтау әдісі объектілерді таңдаудан, олардың орнын анықтаудан және объектілер мен жарнамалар арасындағы байланысты орнатудан тұрады - әртүрлі кадрлардағы траекториялардың қысқа сегменттері.

Ұяшықтарды бақылау жүйелерінде қолданылатын сегменттеу әдістеріне қарқындылық шегін анықтау алгоритмдері, шеткі градиентті анықтау алгоритмдері, морфологиялық операциялар және су айыру алгоритмдері жатады. Қарқындылық шегін анықтау қарқындылықтың өзгеруіне, шу мен артефакттарға байланысты әрқашан сенімді бола бермейді. Жиекті анықтау шекті мәнге қарағанда сенімдірек, бірақ төмен контрастты кескіндермен немесе тығыз орналасқан ұяшықтардың массивтерімен жақсы жұмыс істемейді [34, 42 ].

Жұмыс [42] анықтауға негізделген бақылау принципіне негізделген микроскопиялық кескіндердегі жасушаларды қайта құру және сегменттеу әдісін ұсынады. Сегментация фазалық контрастты кескінде ұяшық айналасында пайда болатын гало артефактілерін қадағалауға негізделген. Квадраттық функцияның көмегімен артефактілерден тазартылған қалпына келтірілген кескін қалыптасады:

(1.13)

мұндағы *f* - фон пикселдері нөлдік мәнге ие және объект пикселдері оң мәнге ие векторланған кескін; *H* – матрицалық форматтағы кескін моделі; *g* – векторлық форматта байқалатын кескін; *L* көрші пикселдер арасындағы қарқындылықтардың кеңістіктік ұқсастығын анықтайтын лаплациандық болып табылады; интенсивтілік мәндерін көрсететін матрицалар; нормалау коэффициенттері болып табылады.

Микроскопиялық кескіндердегі жасушаларды бақылау үшін, атап айтқанда, митозды бөлектеу үшін аймақты нақтылауға негізделген секвенирлеу әдісі қолданылады. Іздеу кеңістігі таңдалған аймақтың өлшеміне дейін азаяды, содан кейін митоздың басталуының ерекшелігін алу және кеңістіктік және уақытша оқшаулау орындалады. Шекті әдістерді және конвульсияны қолдана отырып , жоғарылатылған жарықтылықтың шағын аймақтары таңдалады, олардың қабаттасуы дәйектілікті құруға мүмкіндік береді. Тізбектің әрбір фрагменті үшін жарықтық гистограммасы құрастырылады. Бұл ретте микроскоп линзасы мен жасушалар арасындағы қашықтық тұрақты болып қалады деп болжанады. Сонымен қатар, ұяшық бағдарына тәуелділікті болдырмау үшін дәйектілік барлық бағытта біріктірілген. Бақылау жүйесі сегменттеу алгоритмі арқылы автоматты түрде инициализацияланады және көру өрісіне кіретін немесе шығатын нысандарды өңдей алады [42].

Жеке ұяшықтар немесе ұяшықтар жиыны (кластер) болуы мүмкін дөңес объектілерді таңдау алгоритміне және ұяшықтардың бөліну уақыты мен орнын анықтау алгоритміне негізделген алгоритм алдыңғы жақтаудағы және дөңес ұяшықтар арасындағы сәйкестікке негізделген. ағымдағы кадрда таңдалған нысандар. Ассоциация алгоритмі барлық ықтимал оқиғалар үшін ықтималдықтарды есептейді. Жасушаның басқа аймаққа көшу ықтималдығы екі вектор арасындағы қашықтықты ескере отырып есептеледі:

, (1.14)

мұндағы *ci* - алдыңғы кадрдағы *i -ші ұяшық, bj*– *j* -ші дөңес нысан ағымдағы кадрда, *f* () объект ерекшеліктерінің векторын анықтайды. Нәтижесінде әр ұяшыққа сәйкес келетін дөңес аймақты бірнеше келесі жақтауларда іздеу жүргізіледі.

Кескіннің шекарасына жақын орналасқан ұяшықтардың жоғалу ықтималдығы мына формула бойынша табылады:

(1.15)

*d* функциясы ұяшықтың ортасы мен кескіннің шекарасы арасындағы қашықтықты анықтайды.

Ұқсас формула ұяшықтың көру өрісінде пайда болу ықтималдығын есептеу үшін қолданылады:

(1.16)

Орналасуы жасуша бөлінуінің кеңістіктік-уақыттық локализациясымен сәйкес келетін жасушалар үшін бөліну ықтималдығы келесідей өрнектеледі:

. (1.17)

Содан кейін, қалыптасқан ұяшықтарды дәлірек оқшаулау үшін анықталған бөлу оқиғасының айналасындағы сырғымалы уақыт терезесі пайдаланылады.

Бірнеше ұяшықтардың қабаттасу ықтималдығы алдыңғы жақтауда бірнеше жақын орналасқан ұяшықтар белгіленген кезде және ағымдағы кадрда бір үлкен дөңес нысан анықталғанда анықталады:

(1.18)

Ұяшықтардың қабаттасуы жағдайында оларды бөлу үшін контурды анықтау әдісі қолданылады [42].

Бақылау әдістерінің басқа классификациясы таңдауға негізделген және модельдің эволюциясына негізделген бақылауды ажыратады. Бірінші жағдайда әрбір кадрдағы ұяшықтар алдымен текстурасы мен қарқындылығы бойынша ажыратылады, содан кейін анықталған ұяшықтар әдетте ықтималдық функцияларын оңтайландыру арқылы бірізді кадрлармен байланыстырылады. Бұл алгоритм ұяшықтардың төмен тығыздығында жақсы жұмыс істейді, бірақ оны ұяшықтар конгломератында пайдалану қиынға соғады және қателер саны кескіндегі ұяшықтардың санына қарай артады. Бұл жағдайда ішінара іргелес ұяшықтарды су айыру әдісімен бөлуге болады [98]. Осыдан кейін жасуша қозғалысының траекториясы анықталады және олардың реттілігі құрастырылады. Басқа әдіс нысанды сүзуге негізделген. Ол Байес ықтималдылығына негізделген бөлшектерді анықтауды және деректерді біріктіруді біріктіреді, сонымен қатар флуоресцентті микроскоппен алынған кескіндер тізбегіндегі объектілерді оқшаулау үшін қолайлы, бірақ жарық микроскопиялық кескіндегі жасушаларды оқшаулау үшін жарамсыз [43].

Микроскопиялық кескіндер үшін нейрондық желілерді пайдаланудың күрделілігі оларды оқытудың күрделілігіне байланысты, бұл жасуша популяцияларындағы жасуша кескіндерінің гетерогенділігінен туындайды.

Мұндай тану үлгілерін оқыту жеке ұяшық деңгейінде белгіленген деректер жиынының болмауына байланысты қиын міндет болып табылады [73]. Ұяшықтарды жіктеу үшін әрбір ұяшық кескіндегі аумақтың өлшемімен ұсынылған мүмкіндік картасы құрастырылады. Микроскопиялық кескіндерді талдау үшін CellProfiler сияқты құралдар қолданылады. Бұл кешеннің жұмысы кескіндердің кіріс жиынынан сипаттамалар жиынтығын алуға және осы тапсырма үшін маңызды белгілерді кейіннен таңдауға негізделген. Енгізуден басқа деректер жинағын пайдалану қиын болуы мүмкін.

Ерікті өлшемдегі микроскопиялық кескіндерді жіктеуге мүмкіндік беретін ұялы құрылымдарды зерттеуге арналған конволюционды нейрондық желі [73] ұсынылған. Ол кіріс кескініндегі әртүрлі позициялар үшін класс ықтималдығын көрсететін мүмкіндік карталарын құруға арналған, сонымен қатар әртүрлі ұяшықтар саны үшін ерікті өлшемдегі кескіндерден кескін деңгейін жіктейді. Жеке жасушаларды сегменттелген ұяшық кескіндерін үйретілген нейрондық желі арқылы өткізгеннен кейін жіктеуге болады. Бұл жұмыста *N класстан* тұратын кескін үшін әрбір классты *t i* ∈ {0 , 1} белгісі бар жеке екілік жіктеу есебі ретінде қарастыру ұсынылады . Екілік жіктеуіш *p* (*t i =* 1 *| xj )* { *p ij }* болжамдарын жасау үшін қолданылады . Әрбір класс үшін болжау *g*() жаһандық біріктіру функциясын қолдану арқылы орындалады. барлық элементтерге *pij*. Ғаламдық функция әрбір класс үшін ықтималдықтарды біріктіруге мүмкіндік береді *мен* жалпы формула бойынша:

(1.19)

Әртүрлі сыныптар арасындағы қатынастарды біріктіру қабатынан кейін толық қосылған қабатты қосу арқылы анықтауға болады, ол бірнеше сыныптармен мәселені шешу үшін сигма тәрізді белсендіруді қолдана алады:

(1.20)

Мұндағы, *yi*әрбір класс үшін берілген қабаттың шығыс кескіні, −сигма тәрізді функциямен анықталатын берілген қабаттың болжамы:

(1.21)

Ұяшықтардың санын санау үшін конволюционды нейрондық желілерді қолдануға болады [99]. Оларды ұяшықтарды сегменттеу үшін пайдалану екілік сегментацияға қосымша орындалатын олардың салмағын немесе бөлектеуін арттыру арқылы шекара пикселдерінің маңыздылығын арттыруға негізделген. Сегментация жоғары дәлдікпен жүзеге асырылады, дегенмен бір ғана деректер жиынын сегменттеуге болатындығына байланысты қиындықтар бар [44].

Желіні жаттықтыру үшін арнайы дайындалған суреттердің үлкен саны қажет, яғни олардағы ұяшықтардың кескіндері дөңгелектелуі керек. Микроскопиялық биологиялық бейне кескіндерді анық емес шекаралармен, түстердің тұрақсыздығымен, объектілердің қабаттасуымен және т.б. байланысты күрделі құрылымды кескіндерге жатқызуға болады. Мысалы, қан жасушаларын жіктеу үшін екі арналы нейрондық желіні қолдануға болады, мұнда бір арна болып табылады. геометриялық белгілеріне қарай, екіншісінде −хроматизмге қарай бөлінеді [20].

Осылайша, жасушалық кескіндердің жоғары класс ішілік және төмен класс аралық дисперсиясына байланысты нейрондық желіні пайдаланып жасушаларды жіктеу өте қиын. Сонымен қатар, микроскопиялық кескіндердегі жасушалардың кескіндері болып табылатын ұқсас объектілердің үлкен санын зерттеу кезінде анық емес және белгісіздік туындауы мүмкін, өйткені мұндай объектілерге арналған белгілер бірегей емес.

## **Нейрондық желілерді қолдана отырып, микроскопиялық кескіндердегі объектілерді сегментациялау**

Нейрондық желілер мен машиналық оқыту технологиялары объектіні тану және сегменттеу үшін кескінді талдаудың кескінді жіктеу, нысанды таңдау және семантикалық сегменттеу сияқты салаларында кеңінен қолданылады [74]. Нейрондық желілер мен терең оқыту технологиялары олардың ерекше белгілерін бөліп көрсету арқылы объектіні сегменттеу дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді. Терең оқытудың көптеген нұсқалары бар, олардың негізгілері конвульстік және қайталанатын нейрондық желілер.

Конволюциялық желі бір бағытты көпқабатты құрылымға ие, міндетті түрде алдыңғы қабаттың фрагменттерін өңдейтін, содан кейін әрбір фрагмент үшін нәтижелерді қорытындылайтын әрбір арна үшін сүзгісі бар конволюционды қабаттан тұрады. Конволюционды нейрондық желілерді қолдану (AlexNet, VGGnet, GoogLeNet) олардың жоғары өнімділігіне байланысты. Бұл архитектураның негізгі ерекшелігі желі ішіндегі есептеу ресурстарын тиімдірек пайдалану болып табылады. Бұған тұрақты есептеу қуатын сақтай отырып, желінің тереңдігі мен енін арттыруға мүмкіндік беретін мұқият жасалған дизайн арқылы қол жеткізіледі [74]. Конволюционды желінің нұсқасы - соңғы қабат регрессиялық деңгеймен ауыстырылатын желі. Мұндай көп масштабты әдіс танудың дәлдігін жақсарту үшін маска жасау үшін маңызды [74]. Кескінді тану үшін конволюционды нейрондық желілерді пайдалану олардың матрицаны көбейту операциясын екі өлшемді конволюция операциясымен ауыстыруға мүмкіндік беретініне негізделген , сондықтан желі шығысындағы мәндер санын айтарлықтай азайтады.

Қайталанатын нейрондық желілер кері байланысы бар желілер болып табылады. Бір бағытты нейрондық желілерден айырмашылығы, олардың ішкі жады бар және циклдік тапсырмаларды орындау аналогын қамтамасыз етеді. Бұл желілерде қолданылатын архитектураның мысалы ретінде оқиғалар арасындағы уақыт аралықтарының ұзақтығына салыстырмалы түрде иммунитеттің артықшылығы бар ұзақ қысқа мерзімді жады жатады. Оқыту үшін кері таралу әдісі оңтайландыру әдістерімен бірге қолданылады, мысалы, градиенттің түсуі. Әдіс жоғалту функциясын азайту мақсатында желінің барлық салмақтық коэффициенттерін ескере отырып, жоғалту функциясының градиентін анықтауға негізделген.

Бір санаттағы объектілердің кіші түрлерін жіктеу үшін терең анық кескінді жіктеу әдісін қолдануға болады. Мұндай жіктеу тіпті адамдар үшін де өте қиын міндет. Ол әртүрлі масштабтарға, бақылау нүктелеріне, фонға және қабаттасатын объектілерге байланысты объектілердің сыртқы түрінің үлкен өзгермелілігі фонында бір санаттағы кіші түрлердің арасындағы ұқсастықтарды анықтаумен байланысты. Нейрондық желілерді қолдану тәсілдерін қосымша ақпаратқа немесе адамның қатысуына байланысты төрт топқа бөлуге болады: тікелей анық жіктеу, кескіндегі ерекшеліктерді бөлектеу, көрнекі түрде ұқсас кескіндерді ажырату және кескіндегі ең әртүрлі аймақтарды ерекшелеу [74].

Семантикалық локализация объектінің белгілі бір белгілерімен біріктірілген нәзік сыртқы айырмашылықтарды бөлумен байланысты. Нейрондық желідегі мүмкіндік детекторлары оның өнімділігін жақсартады және объект детекторлары сияқты таңдамалы іздеу арқылы оқытылады. Тестілеу кезінде барлық мәндерді барлық детекторлар бағалайды, содан кейін ең жақсы мәндер енгізілген шектеулерді ескере отырып таңдалады. Содан кейін мағыналық мүмкіндікті локализациялау және одан әрі жіктеу үшін мүмкіндікті шығару орындалады. Окклюзия пайда болған кезде мүмкіндік детекторларының өнімділігі төмендейді. Нысанға қатысты белгілердің орнына қойылған геометриялық шектеулер қате анықтаумен байланысты қателерді азайтуға мүмкіндік береді.

Түсінікті жіктеу үшін құрамдас желілердің әрқайсысы белгілі бір тапсырманы тануға үйретілген кезде жоғары бөлінген архитектурасы бар бірнеше нейрондық желілерге негізделген тәсілді қолдануға болады. Желілердің бұл түріне, мысалы, k мамандандырылған нейрондық желілерден тұратын MixDCNN кіреді. Оның ерекшелігі оқу үшін толтыру ықтималдық функциясын қолдануда:

, (1.22)

мұндағы -ші нейрондық желі үшін ең жақсы жіктеу нәтижесі болып табылады . Жіктеу әрбір құрамдас үшін шығыс мәнін толтыру ықтималдығына көбейту, содан кейін k құрамдастарының үстінен қосу арқылы орындалады. Осыдан кейін әрбір класс үшін ықтималдық softmax функциясының көмегімен есептеледі [74]. Кез келген үздіксіз функцияны бір жасырын қабаты бар нейрондық желі арқылы модельдеуге болады. Дегенмен, желінің оқу мүмкіндігі жасырын қабаттардың санына қарай артады. VGGnet (2014) және GoogleNet (2014) сияқты қазіргі заманғы нейрондық желілерде 20-ға жуық қабат бар [28].

Динамикалық процестерді өңдеу үшін нейрондық желілерді пайдалану кезінде уақыт сияқты параметрді ескеру қажет. Нейрондық желілерде уақытты бейнелеудің екі нұсқасы бар: жасырын (сигналды өңдеуге әсер ететін уақытша әсерлерге негізделген) және айқын (белгілі бір кідіріспен келген ынталандыруға осы уақыт кешігуіне сәйкес салмақ коэффициенті бар нейрон жауап береді) [21]. Осылайша, уақыт параметрлеріне байланысты нейрондық желі динамизм қасиетіне ие болады.

Микроскопиялық кескіндерді талдау үшін оның пиксель қарқындылығынан кескін сипаттамаларын алуға негізделген терең оқыту әдістері қолданылады. Дегенмен, мұндай тапсырмаларда әдетте кескінде бір орталықтандырылған нысан болады және бар үлгілер микроскопиялық деректер жиындарына тікелей қолданылмайды, өйткені олардың көпшілігі бір сыныптағы нысандарды тануға үйретілген. Микроскопиялық объектілерді жіктеу және сегменттеу мақсатында зерттеу үшін терең оқыту әдістерін және конволюционды нейрондық желілерді қолданатын тәсіл [73] ұсынылған. Микроскопиялық кескіндер үшін нейрондық желілерді пайдаланудың күрделілігі оларды оқытудың күрделілігіне байланысты, бұл жасуша популяцияларындағы жасуша кескіндерінің гетерогенділігінен туындайды.

Мұндай тану үлгілерін оқыту жеке ұяшық деңгейінде белгіленген деректер жиынының болмауына байланысты қиын міндет болып табылады [73]. Ұяшықтарды жіктеу үшін әрбір ұяшық кескіндегі аумақтың өлшемімен ұсынылған мүмкіндік картасы құрастырылады. Микроскопиялық кескіндерді талдау үшін CellProfiler сияқты құралдар қолданылады. Бұл кешеннің жұмысы кескіндердің кіріс жиынынан сипаттамалар жиынтығын алуға және осы тапсырма үшін маңызды белгілерді кейіннен таңдауға негізделген. Енгізуден басқа деректер жинағын пайдалану қиын болуы мүмкін.

Ерікті өлшемдегі микроскопиялық кескіндерді жіктеуге мүмкіндік беретін ұялы құрылымдарды зерттеуге арналған конволюционды нейрондық желі [73] ұсынылған. Ол кіріс кескініндегі әртүрлі позициялар үшін класс ықтималдығын көрсететін мүмкіндік карталарын құруға арналған, сонымен қатар әртүрлі ұяшықтар саны үшін ерікті өлшемдегі кескіндерден кескін деңгейін жіктейді. Жеке жасушаларды сегменттелген ұяшық кескіндерін үйретілген нейрондық желі арқылы өткізгеннен кейін жіктеуге болады. Бұл жұмыста N класстан тұратын кескін үшін әрбір классты *ti*∈{0,1}белгісі бар жеке екілік жіктеу есебі ретінде қарастыру ұсынылады. Екілік *p*(*ti=*1*|xj*) болжамдарын жасау үшін қолданылады. Әрбір класс үшін болжау g(⋅) жаһандық біріктіру функциясын қолдану арқылы орындалады. барлық элементтерге {*pij*}. Ғаламдық функция әрбір класс үшін ықтималдықтарды біріктіруге мүмкіндік береді мен жалпы формула бойынша:

(1.23)

Әртүрлі сыныптар арасындағы қатынастарды біріктіру қабатынан кейін толық қосылған қабатты қосу арқылы анықтауға болады, ол бірнеше сыныптармен мәселені шешу үшін сигма тәрізді белсендіруді қолдана алады:

(1.24)

қайда мен \_ әрбір класс үшін берілген қабаттың шығыс кескіні, −сигма тәрізді функциямен анықталатын берілген қабаттың болжамы:

(1.25)

Ұяшықтардың санын санау үшін конволюционды нейрондық желілерді қолдануға болады [93]. Оларды ұяшықтарды сегменттеу үшін пайдалану екілік сегментацияға қосымша орындалатын олардың салмағын немесе бөлектеуін арттыру арқылы шекара пикселдерінің маңыздылығын арттыруға негізделген. Сегментация жоғары дәлдікпен жүзеге асырылады, дегенмен бір ғана деректер жиынын сегменттеуге болатындығына байланысты қиындықтар бар [44].

Желіні жаттықтыру үшін арнайы дайындалған суреттердің үлкен саны қажет, яғни олардағы ұяшықтардың кескіндері дөңгелектелуі керек. Микроскопиялық биологиялық бейне кескіндерді анық емес шекаралармен, түстердің тұрақсыздығымен, объектілердің қабаттасуымен және т.б. байланысты күрделі құрылымды кескіндерге жатқызуға болады. Мысалы, қан жасушаларын жіктеу үшін екі арналы нейрондық желіні қолдануға болады, мұнда бір арна болып табылады. геометриялық белгілеріне қарай, екіншісінде −хроматизмге қарай бөлінеді [20].

Осылайша, жасушалық кескіндердің жоғары класс ішілік және төмен класс аралық дисперсиясына байланысты нейрондық желіні пайдаланып жасушаларды жіктеу өте қиын. Сонымен қатар, микроскопиялық кескіндердегі жасушалардың кескіндері болып табылатын ұқсас объектілердің үлкен санын зерттеу кезінде анық емес және белгісіздік туындауы мүмкін, өйткені мұндай объектілерге арналған белгілер бірегей емес.

## **Биомедициналық видеотізбектердегі қантамырларды талдаудың дескриптивті схемасы**

Көз түбінің тамырларындағы қан ағымының динамикалық сипаттамаларын анықтаудың әзірленген алгоритмі тамырдың диаметрін, қан ағымының сызықтық және көлемдік жылдамдығын өзгертуге арналған. Бұл сипаттамалар микротамырлардағы қан ағымындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде мидың, бүйректің және коронарлық тамырлардың қан ағымының өзгеруін анықтайды.

Көздің тамырларын зерттеу микротамырлардағы қан ағымының өзгеруін анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде мидың, бүйректің және коронарлық тамырлардың қан ағымының өзгеруін анықтайды. Бұл денеге кез келген әсер қан тамырларының тарылуына немесе кеңеюіне, олардың тармақталу дәрежесінің жоғарылауына және капиллярлық тордың кеңеюіне байланысты. Қазіргі уақытта қан ағымын бақылаудың көптеген әдістері бар, мысалы, доплер ультрадыбыстық және велосиметрия, лазерлік доплерфлоуметрия және осыған арналған портативті құрылғылар. Дегенмен, көптеген әдістер қан ағымының параметрлерін тек микротамырлы төсеніштің түзу учаскелерінде анықтауға мүмкіндік береді, ал тамырлар желісінің түйіндерінде және күрделі фрагменттерде болатын өзгерістер есепке алынбайды. Сонымен қатар, бұл әдістерді клиникалық зерттеулерде пайдалану жоғары құны мен нәтижелерді интерпретациялаудың күрделілігіне байланысты шектеулі.

Бульбар конъюнктивасының микроскопиялық кескіндерін алу үшін лазерлік бағыттау және фокустау құрылғысымен жабдықталған монохромды камера қолданылады. Жарқылды жарықтандыруды синхрондау құрылғыларына қарамастан, алынған кескіндердің сапасы мен ажыратымдылығы төмен, бұл кескінді талдаудың күрделі әдістерін, атап айтқанда, кескінді алдын ала өңдеудің бірнеше кезеңдерін қолдануға әкеледі.

Алдын ала өңдеу кескіннің жарықтығын теңестіру, кедір-бұдырды түзету, шуды басу немесе бұрмалануды жою үшін қажет. Бұл үшін стандартты операциялар қолданылады, мысалы, тамыр кескіндерінің контрастын арттыру үшін гистограмманы теңестіру. Кейінгі сегментация қан тамырлары желісінің кескініндегі белгілі бір фрагменттерді таңдауға мүмкіндік береді. Содан кейін сипаттамаларды есептеу кезінде сегменттеу процесінде анықталған аймақтардағы қан ағымы туралы сандық деректер бағаланады. Алынған деректерді өлшем, құрылым немесе түс сияқты алдын ала анықталған критерийлерге сәйкес нысандарды жіктеу үшін пайдалануға болады.

Медициналық бейнелердегі тамырлы құрылымдарды талдау алгоритмдері [1-4] сипатталған. [5] 2D және 3D медициналық кескіндердегі жеке ыдыстарға арналған әдістер мен алгоритмдерге салыстырмалы шолу ұсынылған. Тор қабық тамырларын сегменттеу және тіркеу алгоритмдері [6] берілген. [7] және [8] мақалалар ретинальды тамырлардың суреттерінде диабеттік ретинопатияны автоматты диагностикалау алгоритмдерін талқылайды. Анықтама [2] көз түбінің камерасы немесе флуоресцеин ангиографиясы арқылы алынған 2D түсті торлы кескіндердегі тамырларды сегменттеу алгоритмдеріне шолу жасайды, бұл ретте көз торының қан тамырларының сегментациясына қатысты зерттеулерге назар аударылады. Айта кету керек, сипатталған алгоритмдердің көпшілігі бұрыннан бар алгоритмдердің жетілдірілген нұсқалары болып табылады, дегенмен мұндай алгоритмдерге негізделген автоматты жүйе идеалды шешімді қамтамасыз етпейді. Осылайша, қан тамырлары патологиясын бақылау және диагностикалаудың автоматтандырылған жүйесін құру үшін оңтайлы алгоритмдер жиынтығын анықтау міндеті өзекті болып қала береді. Сонымен қатар, сипатталған әдістердің көпшілігі статикалық кескіндер үшін әзірленген және қан ағымының динамикалық қасиеттерін анықтауға және қан айналымы желісінің морфологиясын ескеруге мүмкіндік бермейді.

Бульбар конъюнктивасының қан айналымы жүйесінің суреттері әртүрлі пішіндегі, өлшемдегі, бағдарлар мен жарықтықтағы тамырлардың желісі болып табылады. Олардағы ыдыстардың орналасуы өрескел бұрмаланусыз жеткілікті анық кескінді алуға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл суреттерді зерттегенде белгілі бір қиындықтар туындайды, олардың кейбіреулері қан айналымы жүйесінің кез келген бөлігінің тамырларына тән, басқалары тек қана бульбар конъюнктивасының қан айналымы жүйесінің тамырларына тән. Видеотізбегін алу кезінде пайда болатын бірінші мәселе кескіннің тұрақсыздығына байланысты. Сау адам көзінің бір бекіту нүктесінен екіншісіне ұзақтығы мен амплитудасы әртүрлі жылдам секірулері, сондай-ақ адам денсаулығының жағдайына байланысты әртүрлі қарқындылықтағы көздің дірілдері болып табылатын саккадтық көз қимылдары сипатталады. Мұндай жоспардың кескіндерін алу кезінде нысанның бекітілуін қамтамасыз ету мүмкін емес. Осылайша, екі жақтаудың арасындағы ыдыстардың орнын ауыстыру хаотикалық болып табылады. Сондықтан бұл кезеңде ең маңызды міндет видеотізбегін тұрақтандыру болып қала береді.

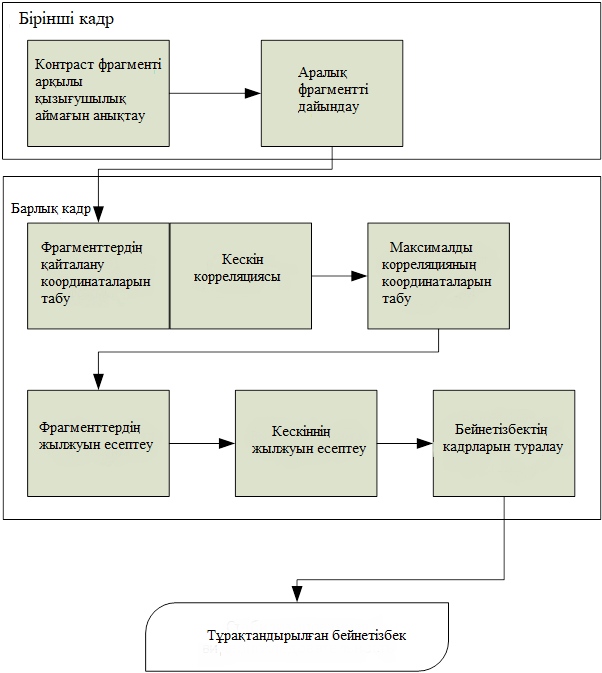
Екінші мәселе - иілісі мен тармақтары бар көптеген тамырлардың күрделі геометриясы бар бульбар конъюнктивасының қан айналымы жүйесінің құрылымын анықтау. Ыдыс үш өлшемді құрылым, сондықтан оның екі өлшемді кескіндерінде кескіннің пішіні, өлшемі және жарықтығындағы өзгерістерді ескеру қажет. Тамырлардың тармақталуы мен қиылысуы да сегменттеу міндетін қиындатады.

Үшінші мәселе тамырдың пішіні мен геометриялық сипаттамаларының өзгеруімен байланысты, ол серпімді зат болғандықтан, сондай-ақ жүрек-тамыр айналымына сәйкес оның қанмен қамтамасыз етілуінің өзгеруі. Өлшеу қателігін азайту үшін тамырлардың диаметрін тамырдың қанмен толтыру кезінде ең аз мөлшерін анықтау керек. Сонымен қатар, геометрияның орташа параметрлері мен қан ағымының жылдамдығынан басқа, лездік сипаттамаларды ескеру маңызды.

Төртінші мәселе - көз түбінің тамырларындағы қан ағымын сипаттайтын параметрлердің мерзімді өзгеруіне байланысты тамырда болатын оқиғалар тізбегін сипаттаудың күрделілігі.

Микроскопиялық видеотізбектерін тұрақтандырудың көптеген алгоритмдері бар, олардың көпшілігі SIFT және SURF алгоритмдеріне негізделген [7]. Дегенмен, тамырлар кескініндегі негізгі белгілерді анықтау қиын, өйткені иілулер мен бұтақтарды қоса алғанда, жекелеген тамырлардың кескіндері бір-біріне өте ұқсас болуы мүмкін және кескін аймақтары кадрлар арасында кездейсоқ ауысады. Қан тамырларының кескіндері үшін ең жақсы нәтижелер Пирсон корреляциялық синхрондау әдісімен алынады, өйткені ол олардың ерекшеліктеріне емес, тікелей тамырлардың кескіндеріне сүйенеді. Әрбір кадр үшін кескін корреляциясы орындалады. Координаталық ығысу корреляциялық кескіндегі максимуммен есептеледі.

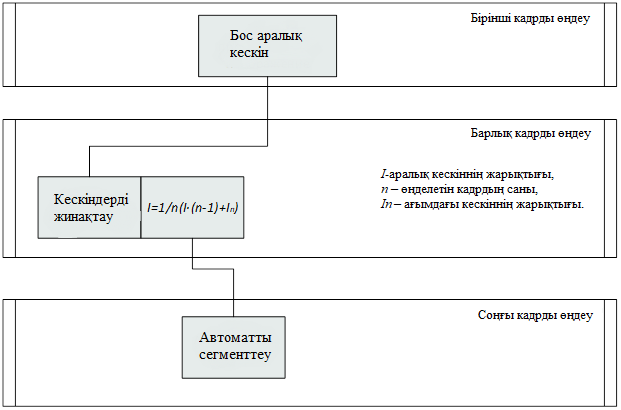
Қан тамырларының бейне реттілігін тұрақтандыру схемасы 2-суретте көрсетілген [9]. Бірінші кадрды өңдеу маңызды рөл атқарады. Кескіндегі ыдыстардың контрасты бірдей емес және жиі өте төмен, сондықтан, ең алдымен, келесі кадрларда оны іздеу үшін ыдыстың анық бейнесі бар фрагментті қолмен анықтау қажет. Бұл іздеу Собель сүзгісі сияқты жиек детекторының көмегімен жиектердің анықтығын талдау арқылы жүзеге асырылады. Ең жақсы фрагменті бар аймақ ең жоғары жарықтылыққа ие. Контрастты анықтау үшін максималды жарықтықты іздеу кадрдың ортасынан басталады, өйткені келесі кадрда кескіндегі нысандар кез келген бағытта қозғала алады. Қызығушылық аймағы суреттің ортасына мүмкіндігінше жақын орналасқан ең айқын аймақ ретінде анықталады. Таңдалған фрагменттің келесі кадрлардағы жаңа орнына сәйкес бірінші кадрға қатысты ығысу есептеледі және жаңа аралық кескін жасалады.



**Сурет 2. Қан тамырларының бейне реттілігін тұрақтандыру схемасы**

Бұл кескін бейнені тұрақтандыру кезінде координаттардың ығысуын анықтау үшін корреляциялық ядро ретінде пайдаланылады. Содан кейін кескіннің ауысуын есептеу негізінде кадрлар тураланады және видеотізбегі тұрақтанады. Тұрақтандыру кемелердің тұрақты орналасуын қамтамасыз етеді, бұл әрбір берілген координатта бақылауға мүмкіндік береді.

Келесі қадам - кескіндегі қан тамырларының фрагменттерін таңдауға мүмкіндік беретін сегменттеу. Қан тамырлары - сегментациясы өте күрделі объектілер. Бұл қан тамырларының бітелуінің көптеген жағдайларына, олардың иілуіне және тармақталуына, көз түбінің линзасын пайдалану арқылы алынған кескіндердегі заттардың мөлшері мен жарықтылығының өзгермелілігіне және қан толтырумен байланысты тамырлардың диаметрінің өзгеруіне байланысты. Сегменттеу сапасын жақсарту үшін тамырлардың орналасу құрылымы анықталады. Видеотізбегінің барлық кадрларының нормаланған интегралдық қосындысына сәйкес келетін синтезделген кескінде сегменттеу орындалады. Оны алу үшін 3-суретте көрсетілген кескіндерді жинақтау жүргізіледі [9].



**Cурет 3. Кескінді айқындау схемасы**

Содан кейін жинақталған сурет сегментациядан бұрын тамырлардың кескінін жақсарту үшін қолданылады. Бұл берілген кескінді ағымдағы кадрмен орташалау арқылы орындалады:

(1.26)

мұндағы *I -* аралық кескіннің жарықтығы,

*n* – өңделетін кадрдың саны,

*In*– ағымдағы кескіннің жарықтығы [18].

Синтезделген кескіннің артықшылығы - қанмен толтырылмаған тамыр фрагменттерінің болмауы, нәтижесінде тамырды толығымен оқшаулау мүмкін болады.

*Қорытынды*

1. Зерттеу тіндердің қалпына келуі, лейкоциттердің хемотаксисі, дәрілік заттардың таралуы, эмбрионның дамуы және иммундық жауаптар сияқты тірі организмде болатын процестер туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.
2. Бейне кескіндерді зерттеудің негізгі әдістеріне мыналар жатады: кадр бойынша кескінді өңдеу, жиекті анықтауға негізделген әдістер, фондық талдау, мүмкіндіктерді анықтау, оптикалық ағынды есептеу және объектіні бақылау. Жоғарыда аталған әдістердің барлығы негізінен күрделі құрылымды динамикалық объектілерді емес, жеке қозғалатын объектілердің қозғалысын зерттеуге арналған.

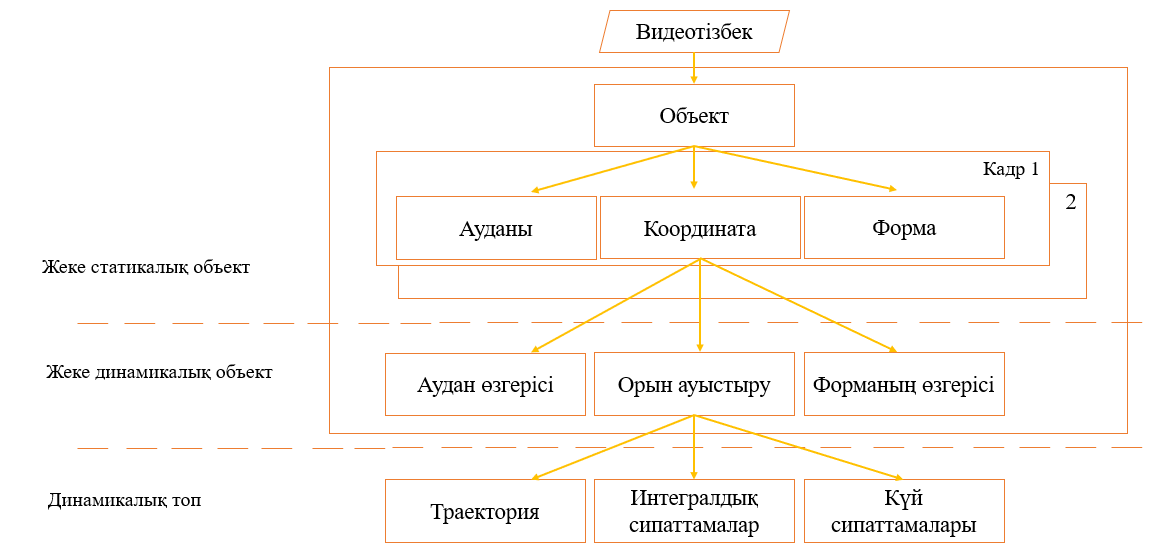
**2. МОНИТОРИНГ ТАПСЫРМАЛАРЫ ҮШІН ВИДЕОТІЗБЕКТІ ДЕСКРИПТИВТІ ТАЛДАУ**

* 1. **Мониторинг объектілерін анықтау**

Объектіні бақылау кезінде әр түрлі уақыттағы түсірілім өте маңызды, бұл бақылау және талдау үшін ұзақ уақыт диапазонындағы жүйелердегі суреттерді дәйекті түрде жазу, бұл динамиканы егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді. Кескіндер тізбегін уақыттық кескіндердің бір түрі ретінде қарастыруға болады. Оның артықшылықтарына жоғары уақыттық ажыратымдылық және ұзақ уақыт бойы түсіруді біріктіру мүмкіндігі кіреді. Бейне кескіндер нысандардың пішіні мен қозғалғыштығының өзгеруін, сондай-ақ олардың кескіндерінің жарықтығын уақыт бойынша жазуға мүмкіндік береді [10].

Динамикалық сипаттамалар бірнеше кадрларды талдау негізінде анықталады, бір-бірімен өзара әрекеттесуді анықтайды. Объектінің күйін сипаттайды.

Ұқсас реттілікке сүйене отырып, 3-суреттегідей объектілердің үш деңгейін анықтауға болады.



**Сурет 3. Динамикалық объектілер мен топтардың сипаттамаларын қалыптастыру иерархиясының сызбасы**

Бірінші деңгейде статикалық Нысандар анықталады. Бұл бір суретте көрсетілген бақылау объектілері. Бұл жағдайда олардың негізгі сипаттамалары объектінің координаттары, оның ауданы және пішіні болып табылады. Басқа уақытта түсірілген сурет пайда болғаннан кейін өзгерістер туралы айтуға болады және бұл жағдайда объект динамикалық мәртебеге ие болады. Уақыт өте келе кескіндерді жинақтау кезінде динамикалық топ құру мүмкіндігі пайда болады.

Бейне талдауды уақытты өңдеудің бір түрі ретінде қарастыруға болады. Оның артықшылықтарына жоғары уақытша ажыратымдылық және ұзақ уақыт бойы үздіксіз түсіру мүмкіндігі кіреді. Бейне тірі жасушалар сияқты нысандардың пішіні мен қозғалғыштығының өзгеруін, сондай-ақ олардың кескіндерінің жарықтығын уақыт бойынша жазуға мүмкіндік береді. Олардағы күрделі қозғалысты динамикалық нысандар ретінде анықтауға болады [11].

Динамикалық нысандар-бұл физикалық денелер мен байланысқан денелер жүйелері, құбылыстар, техникалық құрылғылар және байланысқан құрылғылар жүйелері, сонымен қатар объектінің күйі мен мінез-құлқын сипаттайтын физикалық Шығыс мәндерін өзгерту арқылы сыртқы физикалық әсерлерді қабылдауға және оларға жауап беруге қабілетті технологиялық процестер [13].

Қатаң мағынада динамикалық объект уақыт бойынша жұмыс істейді және оның кеңістіктік параметрлері мен сипаттамалары кеңістікте таралу үшін сигналдарға (әсерлер мен реакцияларға) қажетті уақыттық кідірістерді модельдеу кезінде шамамен қарастырылады.

Ресми түрде, бірақ қатаң емес, динамикалық нысанды моделі Дифференциалдық теңдеу болып табылатын объект ретінде де анықтауға болады. Содан кейін объектінің барлық қасиеттері дифференциалдық теңдеудің өзінде, оның шешімінде болады [13].

Бөлек динамикалық объект қарастырылмайды. Әрқашан сыртқы әсерлердің көздері, сыртқы орта, сондай-ақ осы әсерлердің объектісіне берілу механизмі бар. Нысан уақыт бойынша жұмыс істеуге және кеңістікте белгілі бір ұзындыққа ие болуға міндетті. Жүйеде өлшеу құралдары да болуы керек.

Жалпы алғанда, динамикалық Нысандар сызықтық емес, олар белгілі бір деңгейге жеткенде құрылымды тез өзгерте алады. Біздің жағдайда динамикалық объект-бұл абсолютті орны мен формасы белгілі бір уақыт аралығында өзгеретін объект.

Элементар динамикалық объект-бұл қозғалмалы бөлшек шағын локализацияланған объект, оған көлем, тығыздық немесе масса сияқты әртүрлі физикалық немесе химиялық қасиеттер жатқызылуы мүмкін. Олардың қозғалысы айналмалы, түзу, жеделдетілген немесе мүлдем байқалмауы мүмкін. Олардың мөлшерінде, пішінінің өзгеруінде, қозғалыс сипатында анықтау мен бақылаудың күрделілігі бар [14].

Кейіннен артқы фон ұғымы қажет болады – бұл мәселеде статикалық объектілердің жиынтығымен біртұтас ретінде қарастыруға болады, өйткені олар белгілі бір уақыт аралығында ілеспе объектілермен қабаттаспайды.

Бейне кескінінің сапасы келесі сипаттамалармен анықталады: кеңістіктік ажыратымдылық, уақыт ажыратымдылығы, динамикалық диапазон және сезімталдық. Сандық кескіннің кеңістіктік ажыратымдылығы кеңістіктің бір дюйміне (dpi) немесе сызықтық дюймге (ppi) пикселдер санымен анықталады, тігінен және көлденеңінен кеңістіктік ажыратымдылық әр түрлі болады. Камераның уақытша ажыратымдылығы кадрдың қалыптасу жылдамдығын және одан кейінгі аналогтық-цифрлық түрлендіруді көрсетеді. Кадр жиілігі кескінді түсіру жылдамдығын немесе кескінді өзгерту жылдамдығын сипаттай алады. Көбінесе бұл жиіліктер бір-біріне сәйкес келмейді, ал кейбір жағдайларда айтарлықтай ерекшеленеді. Әдетте 30 кадр / с ажыратымдылығы қолданылады, бірақ жазу жылдамдығын төмендетуге болады. Тапсырмаға байланысты бейненің дәйекті кадрлары арасындағы уақыт аралығы жеткілікті ұзақ және бір-біріне тең болмауы мүмкін [15].

Микроскопиялық үлгідегі жылжымалы заттарды келесі кластарға бөлуге болады:

- фонның жылжымалы құрамдас бөлігі болып табылатын және өлшемі бойынша сұрыптау кезінде жойылуы мүмкін жеке шағын нысандар,

- фонның үлкен компоненттері, олардыңмещысуы аз мағынаға ие және кескіндегі стохастикалық қозғалыстарға байланысты

- өзгерістері олардың оптикалық сипаттамаларына байланысты жылжымалы объектілердің айналасындағы ортаның фрагменттері,

- жылдамдықтың әртүрлі сипаттамалары болуы мүмкін бір-біріне жабысатын заттар.

Бұл объектілердің барлығының ақпараттық мәні жоқ және олар фонның жылжымалы компонентіне жатады. Дегенмен, оларды алып тастау айтарлықтай қиындықтар тудырады [17].

Ең қарапайымы-олардың қозғалу жылдамдығына және пішінінің өзгеруіне қарамастан, шағын нысандарды жою. Бұл жағдайда негізгі анықтаушы фактор олардың мөлшері болып табылады. Бинаризациядан кейін ұсақ заттарды жою үшін олардың ауданы есептеледі, олардың мәні бойынша олар белгіленеді және суретте жойылады.

Қалған объектілерді анықтау үшін жылдамдық пирамидасының құрылысы жүзеге асырылады. Бұл құрылыстың ең оңай жолы-кескіннің әртүрлі масштабтары үшін оптикалық ағынның векторлық карталарының тіркесімі. Әр деңгей кескін масштабына сәйкес салынған картамен анықталады, ол үшін масштабты тордың координаттарына сәйкес ағын анықталады. Нәтижесінде объектілердің мөлшері мен жылдамдығы бойынша таралуы пайда болады, ал деңгей неғұрлым жоғары болса, ондағы ұсақ жылжымалы фрагменттер аз болады. Жылдамдық пирамидасымен жұмыс істеудің келесі кезеңі сүзгі болып табылады, оның міндеті пирамиданың әртүрлі деңгейлерінде сәйкес келетін жылдамдық мәндері бар аймақтарды сүзу болып табылады.

*Координаттар ұғымы және қозғалыс ағынының өрісі.* Бейнеге арналған координаттар жүйесі тек базиспен ғана емес, сонымен қатар камера координаттар жүйесінің көрініс координаттар жүйесімен өзара әрекеттесуімен де анықталады. Дәстүр бойынша, көріністі талдау үшін үш байланысты координаттар жүйесі қолданылады: объект жүйесі, камера жүйесі және әлемдік жүйе [19]. Дегенмен, бейнедегі сурет камераның координаттар жүйесінде қалыптасады. Көріністі қалыптастыру моделін құру үшін түсірілім кезінде камераның қозғалыс ерекшеліктерін ескеру қажет. Әр түрлі уақыттағы кескіндердегі нүктелердің ұжымдық қозғалысы қозғалыс ағыны өрісі деп аталады. Қозғалыс ағынының өрісін өлшеу алгоритмін анықтау, содан кейін камераның немесе объектінің қозғалысы туралы ақпаратты алу үшін алгоритмдер жасау, қозғалыс ағынының өрістерін анықтау - бейнені талдаудың негізгі міндеттері [20]. Бұл ағындар камераның координаталық жүйесінің негіздерінің өзгеруімен тығыз байланысты. Сондықтан бейнені түсірудің негізгі мүмкіндіктерін анықтау керек.

Жылжымалы камераны сипаттау моделі перспективалық проекциялық көріністі қолданады. Бұл проекция центрі камера матрицасының координаталық жүйесінің центріне сәйкес келетін үш өлшемді жүйе. Содан кейін ұқсас үшбұрыштардан кескін жазықтығына проекцияланған нүктенің кескіндегі орны анықталады.

Камераның ең танымал қозғалысы, масштабтау (Зум) объектіге жақындау немесе алыстау әсерін береді. Ол камера объективіндегі фокусты өлшеу арқылы жүзеге асырылады [21]. Бұл жағдайда қозғалыс ағынының сызықтары көру өрісінің ортасынан шығады және әдетте шеттеріне қарай ұлғаяды. Бұл шеттердегі нүктелер линзаның ортасынан орталыққа жақын орналасқандарға қарағанда алыс болатын проекцияның құрылысына байланысты. Ереже қозғалыстың қалған түрлері үшін де жұмыс істейді. Сонымен, камера айналған кезде өріс векторларының сызықтары оптикалық центрдің айналасына бағытталған, ал көлбеу және панорамалау сәйкесінше орталық тік немесе көлденең осьтен ұзын параллель векторларды құрайды.

**2.2 Динамикалық объект бойынша операцияларды, оның сипаттамаларын және видеотізбек үшін оның өзгеруін бақылау әдістерін формализациялау.**

Динамикалық объектінің құрылымдық модельдері барлық белгілі әдістер мен нәтижелерді геометрия және кескінді талдау салаларындағы есептер айтарлықтай әсер ететін құрылымды талдау аймағынан видеотізбегін талдау аймағына тасымалдауға мүмкіндік береді. Қарапайым геометриялық фигураның типтік анықтамасы кеңістікте байланысқан пикселдер тобы ретінде тұжырымдалады. Сонымен бірге қарапайым фигуралардан құрама фигуралар қалыптасады. Мұндай құрама фигураның анықтамасы Байланыс ұғымымен анықталған шарттардың белгілі бір жиынтығын қанағаттандыратын ұқсас түрге ие, ал геометриялық логика элементтері қолданылады - параллельдік, коллинеарлық, көршілік, перпендикулярлық және т. б. нақты «нүктелер» және «сегменттер» сөздерін «уақыт бойынша тұрақты қасиеттері бар берілген типтегі элементтер» жалпы терминімен алмастыра отырып, біз құрылымдық логиканың жалпы анықтамасын аламыз модельдер: берілген типтердің байланыстарын сипаттайтын уақыт бойынша тұрақты шарттар жиынтығын қанағаттандыратын берілген типтердің көптеген элементтері [21].

Бейнелер тізбегіндегі суреттерге тән құрылымдық талдау қосымшасының көптеген басқа салаларынан айырмашылығы, кейбір объектілерді басқалармен бөгеу әсері көрінетін көрініс элементтерін біріктіру тәртібін түбегейлі ететінін атап өткен жөн.

Объекті жиынтығының қозғалысын сипаттау тек пиксель деңгейінде ғана емес, сонымен қатар аймақ деңгейінде де жүзеге асырылуы мүмкін. Аймақтағы қозғалысты сипаттауға мүмкіндік беретін сипаттамалар қозғалыс бағыты, қозғалыс жылдамдығы және оның негізінде анықталған аймақтағы қозғалыс қарқындылығы болып табылады. Қозғалыс бағыты жасушалар жиынтығы қозғалатын аймақты көрсетеді. Берілген аймақтағы қозғалыс бағытын анықтау үшін [0,2 π) сегментін бірнеше тең интервалдарға бөлуге болады және әр интервал үшін қозғалатын пикселдер санын есептеуге болады [22]. Пикселдердің ең көп саны бар Интервал қозғалыстың негізгі бағытына сәйкес келеді.

*St(p)* *t* уақытындағы *p* пикселдерінің көптеген тиімді траекториялары болсын; *IQt*, *OQt*, *ICMt* және *OCMt* карталары IQ, *OQ*, *ICM* және *OCM* сәйкесінше *It* жақтауы үшін, содан кейін осы карталардағы *p* пикселінің мәндері тең болады:

*,*  (2.1)

*,* (2.2)

(2.3)

(2.4)

мұндағы *Sin*(θ,*p*)*, Sout*(θ*,p*), , пиксель үшін кіріс және шығыс қозғалыстарының бағыттары.

*t*-ден *t+itv* -ге дейінгі уақыт аралығындағы пикселінің қозғалыс жылдамдығын орын ауыстыру модулі негізінде анықтауға болады

*.* (2.5)

*t* уақытындағы *r* аймағы үшін қозғалыс қарқындылығы тең болады:

*,* (2.6)

мұндағы *N* - *r* аймағындағы түйіндер саны,

*p* - *r* -дегі бөлек түйін. Сосын, жасушалардың қарқынды қозғалыс аймағын табу үшін шекті сегментация жасалады.

*IQ* және *OQ* карталары белгілі бір аймаққа және одан шығатын пикселдердің санын білу үшін қолданылады [23]. Ол үшін келесі қосымша сипаттамаларды қолдануға болады: аймаққа кіретін пикселдердің салыстырмалы саны және одан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны.

*IRQt(r)* аймағына кіретін пикселдердің салыстырмалы саны берілген аймақ үшін *IQ* картасындағы орташа мәнге тең. *ORQt(r)* аймағынан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны берілген аймақ үшін *OQ* картасындағы орташа мәнге тең. *r* аймағы және *It* кадр үшін бұл шамалар келесідей есептеледі:

(2.7)

*,*  (2.8)

мұндағы *N* - *r* аймағындағы түйіндер саны,

*IQt(p), OQt(p)*− *It* кадрындағы *p* түйіні үшін *IQ* және *OQ* карталарындағы мәндер.

*IRQt(r)* - ді *ORQt(r)* - мен салыстыра отырып, аймаққа кіретін және одан шығатын пикселдердің санын салыстыруға болады, бұл жасушалардың агрегациясы немесе шашырау оқиғасының басталуын анықтауға мүмкіндік береді [23]. Бұл үшін сандық сипаттама ретінде *IOIt* аймағының салыстырмалы коэффициентін қолдануға болады:

*,*  (2.9)

Мұндағы, *r –* анықталған облыс,

*IOIt(r)* – *It* кадры үшін *r* аймағы арқылы өтетін пикселдер санының салыстырмалы коэффициенті. Егер *IOIt(r)>*1 болса , онда *r* аймағына кеткеннен гөрі көбірек пикселдер кіреді, ал *IOIt(r)<*1 *r* аймағын көбірек пикселдер қалдырады дегенді білдіреді.

Бұл ретте теңсіздіктер орын алады: және . Теңдік белгісі пикселдер бір бағытта қозғалған жағдайда қойылады. Қозғалыс неғұрлым симметриялы болса, теңдеудің сол жағындағы шама соғұрлым үлкен болады.

Пикселдер қозғалысының симметрия дәрежесін анықтау үшін аймақта симметрия коэффициенттерін қосымша пайдалануға болады. *ISt(r)* кіріс пикселдерінің аймақтық симметрия коэффициенті *ICM* картасындағы осы аймақ үшін орташа мәнге бөлінген *IRQt(r)* кіріс пикселдерінің салыстырмалы санына тең:

, (2.10)

мұндағы *N* - *It* кадр үшін *r* аймағындағы түйіндердің саны.

Сол сияқты, *OSt(r)* пикселдерінің шығатын аймағының симметрия коэффициентін келесідей анықтауға болады:

*,*  (2.11)

мұндағы *N* - *It* кадр үшін *r* аймағындағы түйіндердің саны.

*ORQt(r)* − аймақтан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны, − *OCM* картасындағы *r* аймағы үшін орташа мән.

*ISt(r) ≥* 1 және *OSt(r) ≥* 1, пикселдер қатаң бір бағытта қозғалған кезде теңдік белгісі қойылады. ISt*(r)* және *OSt(r)* коэффициенттерінің мәндері қозғалыс симметриясының жоғарылауымен артады.

Ұсынылған төрт қозғалыс картасын ескере отырып, пиксель қозғалысының келесі сипаттамаларын есептеуге болады:

– *IQ* картасындағы максималды мәндер пикселдердің ең көп саны қозғалатын түйіндерге сәйкес келеді;

– *OQ* картасындағы максималды мәндер пикселдердің ең көп саны қозғалатын түйіндерге сәйкес келеді;

– ICM картасындағы минималды мәндер пикселдердің қозғалысы ең симметриялы болатын түйіндерге сәйкес келеді;

– *OCM* картасындағы минималды мәндер картадан пикселдерді алып тастау ең симметриялы болатын түйіндерге сәйкес келеді.

Тиісінше, *IQ* карталарында үлкен мәндері бар және *ICM* карталарында векторлық модульдердің кіші мәндері бар нүктелер пиксельді біріктіру орталықтарына сәйкес келеді; *OQ* карталарында үлкен мәндерге сәйкес келетін нүктелер және ocm карталарында векторлардың кіші амплитудасы пиксельдің таралу орталықтарына сәйкес келеді [23].

Осылайша, динамикалық объектіні негізгі анықтау үшін ағындардың бағыттары мен жылдамдықтары анықталған қозғалыс карталарының мәндері қолданылады:

– берілген түйінге қарай қозғалатын пикселдер саны әр динамикалық объект үшін пиксель конвергенциясы картасы (*IQ* картасы)деп аталады;

- берілген түйіннен бағытта қозғалатын пикселдер саны, әр динамикалық объект үшін пиксель дивергенциясы картасы (*OQ* картасы);

- берілген объектіге қарай барлық пикселдердің қозғалыс бағытын көрсететін алынған вектор, алынған пиксель конвергенциясы картасы (*ICM* картасы);

- берілген объектіден барлық пикселдердің қозғалысын көрсететін алынған вектор, алынған пиксель дивергенциясы картасы (*OCM* картасы).

- объект арқылы қозғалатын пикселдер саны (OP картасы).

Осылайша динамикалық объект моделі келесідей анықталады.

Осылайша динамикалық объект моделі келесідей анықталады [27]:

*A*=δ(*A*)=*OP*⊕*OCM*⊕*ICM*⊕OQ⊕*IQ*

Қозғалыс ағынының өрісі – суреттегі нүктелердің бір сәттен екіншісіне ұжымдық қозғалысы аталады. Қозғалыс ағынының өрісін өлшеу алгоритмін анықтау, содан кейін бақылаушының немесе объектінің қозғалысы туралы ақпаратты алу алгоритмдерін жасау, қозғалыс ағынының өрістерін анықтау - бейнені талдаудың негізгі міндеттері. Соңғы жылдары бұл мәселе айтарлықтай шешіліп келеді. Енді қозғалыс ағынының өрістерін бақылаушының статикалық көрініс арқылы қозғалысын да, бақылаушыдан сахна ішіндегі әртүрлі нүктелерге дейінгі тереңдік карталарын да бағалау үшін пайдалануға болады [3, 4].

Күрделі динамикалық жүйелердің есептерін шешуді тензорлық есептеуді қолдану арқылы сипаттауға болады [5]. Мысалы, 2 типті Лагранж теңдеулері күрделі механикалық жүйелердің қозғалысын талдау үшін қолданылады. Бұл теңдеулер келесідей:

(2.12)

мұндағы *s* -механикалық жүйенің еркіндік дәрежелерінің саны;

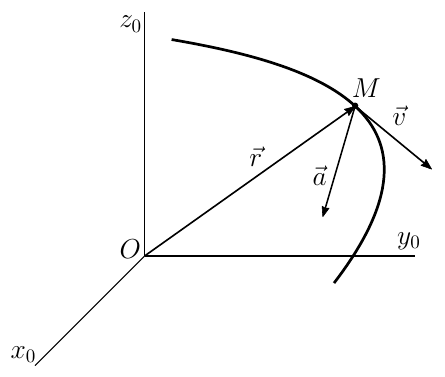
*qi* -жалпыланған координат; — механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы;

*Qi* - жалпыланған күш.

Кинетикалық энергияның үш есе дифференциациясын орындағаннан кейін жалпыланған координаттардан екінші туындылардың сызықтық комбинациясымен және олардың алғашқы туындыларының туындыларының сызықтық комбинациясымен ұсынылған өрнектер алынады [25]. Нәтижесінде кинетикалық энергияны бір рет жалпы түрде ажыратуға болады, содан кейін алынған жалпы өрнектерді қолдана отырып, қозғалыс теңдеулерін құруға болады.

Нүктенің қозғалысын анықтаудың векторлық тәсілі нүктенің кеңістіктегі орнын өзгертуді анықтайды, онда жылдамдық белгілі бір O нүктесінен шығарылған радиус векторымен анықталады, ол анықтамалық денені білдіреді. Бұл радиус векторы 3-суретте көрсетілген уақыт функциясы болып табылады.

(2.12)



**Сурет 3. Нүктенің қозғалысын анықтаудың векторлық әдісі**

Нүктенің қозғалыс заңын біле отырып, оның жылдамдығы мен үдеуін алуға болады.

; (2.13)

Радиус-Вектор, жылдамдық және үдеу-бұл векторлар, сондықтан оларды дәреже тензорлары деп санауға болады *(1,0).* Сонымен қатар, декарттық координаттар жүйесі мен қисық сызықты координаттарды қолдануға болады

(2.14)

мұндағы qi -кеңістіктегі нүктенің орнын ерекше сипаттайтын тәуелсіз параметрлер жиынтығы. Бұл параметрлердің саны қарастырылып отырған нүктенің қанша еркіндік дәрежесіне байланысты. Мұндай координаттар жалпыланған деп аталады. Дененің еркіндік дәрежелерінің саны дененің кеңістіктегі орнын бір мәнді анықтайтын тәуелді координаттар саны *n* мен денеге салынған *r* байланыстарының теңдеулер саны арасындағы айырмашылық ретінде анықталады:

*s = n – r*  (2.15)

*n = 3* кеңістігінде нүктенің орны берілген координаттар саны, суреттегі нүктенің орны *n = 2* екі координатымен анықталады. Егер нүктенің қозғалысы байланыстармен шектелмесе, онда кескін үшін еркіндік дәрежелерінің саны 2, кеңістік үшін 3 болады.

Егер нүкте белгілі бір бет бойымен қозғалса, онда оның қозғалысы шектеулі — беті нүктенің декарттық координаттарының өзгеруіне шектеу шарттарын анықтайтын байланыс бар. Бұл шарт-қозғалыс жүретін беттің теңдеуі. Ол байланыс теңдеуін де анықтайды [29]. Мұндай нүктенің еркіндік дәрежелерінің саны *s = 2*. Жалпыланған координаттар саны да екіге тең болады-бұл бет бойымен есептелген қисық координаттар болады. Бұл жағдайда кескін бойынша қозғалыстың екі көрінісі бар, онда ол бетті білдіруі мүмкін немесе беттің жазықтыққа проекциясы болып табылады. Бұл жағдайда нүкте қозғалысының шектеулері кескінмен бірдей.

Егер нүкте белгілі бір қисық бойымен қозғалса, онда оған екі байланыс салынған — кеңістіктегі қисық екі беттің қиылысу сызығы ретінде берілген. Мұндай нүктенің еркіндік дәрежелерінің саны *s = 1*, ал жалпыланған координат бұл жағдайда тек бір, бұл нүкте қисық бойымен өткен доғаның ұзындығы [28].

Осылайша, координаттар нүктеге салынған байланыстардың геометриясын автоматты түрде ескереді, бұл байланыс реакциясының қозғалыс теңдеулерінен алып тастауға мүмкіндік береді. Қозғалыс еркіндігі дәрежелерінің саны дененің кеңістіктегі орнын ерекше анықтайтын тәуелсіз параметрлерге сәйкес келеді. Нүктенің радиус-векторының уақыты бойынша қозғалыс заңын саралаймыз

(2.16)

Өрнектің оң жағында дыбыссыз индекстер *i* және *j* бойынша жинақтау жасалады. туынды формуласы дифференциация жүретін компонент кезіндегі коэффициент екені анық. Бұл өрнек жылдамдық векторының қисық сызықты негіз бойынша ыдырауына сәйкес келеді, яғни жылдамдық векторының қарама-қарсы компоненттері

(2.17)

Үдеу векторын алу үшін біз бұл өрнекті уақыт бойынша ажыратамыз:

(2.18)

Ковариантты туындыны анықтау бойынша жылдамдық векторының туындысы жалпыланған координатадан қалыптасады

, (2.19)

Мұндағы, - Кристоффель 2 тектес символдары

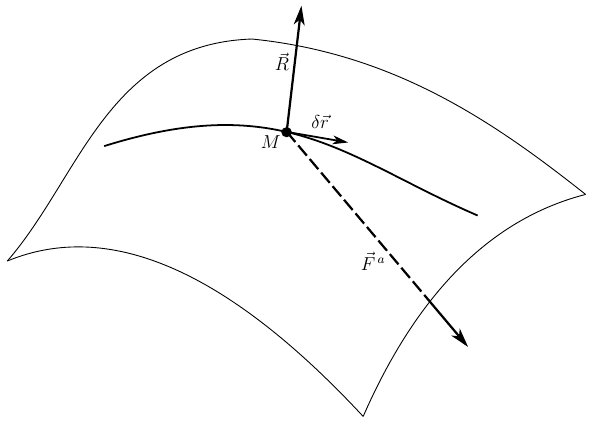
, (2.20)

(2.21)

Осылайша, уақыт бойынша жалпыланған координаттың екінші туындысы. Қарама-қарсы нүктенің үдеу векторының компоненттері үшін соңғы өрнекті ескере отырып, келесідей болады:

(2.22)

Мүмкін болатын қозғалыс байланыс нүктесіне салынған қозғалыс бұзылмайтын қозғалыспен сипатталады. Бұл ұғым негізгі болып табылады және ең көп таралған жағдай 4-суретте көрсетілген [31], мұнда нүкте беткей бойымен қозғалады және оның координаттары тек қозғалыс бетін анықтайтын мәндерді қабылдай алады. Бұл жағдайда нүкте анықтаушы байланыстың бетін қалдырмайтын Qi қисық координаттарын таңдау ыңғайлы. Мұндай координаттар жалпыланған деп аталады.



**Сурет 4. Бос емес нүктенің мүмкін қозғалысы**

Егер координаттардың өзгеру Заңына жалпыланған координатаның вариациясы деп аталатын шексіз функциясын қоссақ, онда келесі өрнекті алуға болады

(2.23)

Бұл жағдайда нүкте келесі қозғалысты орындайды:

(2.24)

век векторы қозғалыс бетіне жанама бағытталған нүктенің мүмкін қозғалысына сәйкес келеді. Бұл вектор жергілікті негізге қарама-қарсы компоненттер арқылы орналастырылады, олар жалпыланған координаттарының вариациялары болып табылады, жалпыланған координаттардың тәуелсіздігіне байланысты олардың вариациялары да тәуелсіз. Осылайша біз жалпыланған координаттардағы нүкте қозғалысының дифференциалдық теңдеулерін алдық [33].

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, объект динамикасының негізгі сипаттамасы орын ауыстыруы және жалпыланған координаттарының өзгеруі болып табылады, бұл жылжымалы нүктені динамикалық объект ретінде анықтауға мүмкіндік береді. Топ ұғымына нүктелерді бөлектеу үшін бейтарап элементі бар ассоциативті операция анықталған нүктелер жиынын анықтау керек және жиынның әрбір элементінің кері аналогы болады. Бұл жағдайда қозғалысты анықтау үшін жалпыланған координаттарының вариацияларын қолдану ыңғайлы, мұндағы , болмауын білдіреді қозғалыс, – кері қозғалыс. Осылайша, нүктелерді топтарға біріктіруге болады, ал топтарды анықтауға болады сақиналар. Қозғалыс тек координаттардың өзгеруімен шектелмейтіндіктен және жылдамдықты өзгерту операциялары бар скорости, біз оны ұқсас түрде көрсете аламыз =0 – бейтарап элемент, =0 кері қозғалысқа сәйкестік. жағдайының біркелкі түзу сызықты қозғалысқа сәйкес келетінін нақтылай отырып, жеделдету үшін ұқсас түрлендірулер мен анықтамаларды орнатуға болады.

Осылайша, динамикалық объект үшін қарапайым қозғалысты алгебралық өріс пен сақина ұғымына оңай бөлуге болады.

Динамикалық объект үшін координаттарын, жылдамдығын және үдеуін ауыстыру үшін бос емес жиын болып табылатын жиындарды {\*}: ауысу операциясымен анықтауға болады, ол үшін келесі аксиомалар орындалады [34]:

* Ассоциативтілік: – үшін қозғалыс компоненті (орын ауыстыру, жылдамдық, үдеу) ;
* бейтарап элементтің болуы: қозғалыс түрін сақтау;
* кері элементтің болуы:

кері қозғалыс.

Агрегация (ортақ орталыққа қарай қозғалыс) және дисперсия (орталықтан қозғалыс) сияқты элементтерді қамтитын мінез-құлық қозғалысын сипаттау неғұрлым күрделі.

Агрегация-бұл объектілердің ортақ орталыққа қарай қозғалысы. Бұл жағдайда қозғалыс симметриялы болуы мүмкін, бірақ екі бағыт басым болуы мүмкін [6] (5а суреттегідей).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| а) | б) |

**Сурет 5. Мінез-құлық қозғалысының элементтері. а) біріктіру; б) дисперсия.**

Агрегацияның келесі белгілері бар:

- бірнеше ұяшықтар басқа аймақтардан кескіннің бір аймағына ауысады;

- бұл жасушалардың қозғалыс жылдамдығы хаотикалық қозғалыс жылдамдығынан үлкен;

- қозғалыстың кем дегенде екі басым бағытын ажыратуға болады.

Дисперсия бұл 5-суретте көрсетілгендей суреттегі жалпы нүктеден жасушалардың қозғалысы б). Дисперсия белгілеріне мыналар жатады:

- бірнеше ұяшықтар өздерінің ортақ орталығынан кескіннің басқа аймақтарына қарай жылжиды;

- олардың қозғалыс жылдамдығы хаотикалық қозғалыс жылдамдығынан асып түседі;

- қозғалыстың кем дегенде екі басым бағытын ажыратуға болады [35].

Қозғалыстың осы түрлері үшін топ пен сақинаның алгебралық ұғымдарын анықтауға болады, ол үшін гипотетикалық қозғалыс орталығының болуынан бастау керек. Бұл жағдайда аналогия бойынша тобына арналған аддитивті операцияны берілген орын ауыстыру операциясымен {⊛}: анықтауға болады. Осылайша, алгебралық элементтің болуын орталыққа қарай қозғалыс, бейтарап элементті, қозғалыстың болмауы және кері элементті центрден қозғалыс ретінде анықтауға болады. Әрине, бұл жағдайда ассоциативті қасиет бар [37].

Осылайша, қозғалыс үшін оқиғалардың алгебралық топтарын қарапайым қозғалыс және гипотетикалық орталыққа қатысты қозғалыс ретінде бөлуге болады. Анықтамалық ұғым вектор болып табылатын қозғалыс мәселесін алгебралық тұрғыдан қарастыруға мүмкіндік береді. пиксельдің ығысу векторларын , оптикалық ағындарды есептеу арқылы алуға болады. Сонымен қатар интегралды оптикалық ағын векторлары қолданылады, сондықтан интегралды оптикалық ағыннан алынған ығысу векторын осылай көрсетуге болады:

, (2.25)

мұндағы *j* -видеотізбектегі кадрлардың өзгеру индексі.

Қозғалысты статистикалық талдау үшін тек нақты қозғалатын пикселдерді қарастыру керек. Осылайша, әр түйін үшін тек бастапқы позиция соңғысынан ерекшеленетін траекториялар ескеріледі.

Қозғалыс карталарын құру үшін *pi*(0 *≤ i <n*) пикселі үшін тиімді қозғалыс траекториясы (*p*0*, p*1*, … , pn-*1) ұғымын енгіземіз. Тиімді траектория-қозғалысты талдау үшін қандай траектория қолданылатынына байланысты қарапайым немесе интерполяцияланған қозғалыс траекториясы. *pi*(0*≤ i <n*) үшін барлық тиімді қозғалыс траекториялары көптеген тиімді пиксель траекторияларын (EMP жиынтығы) құрайды [38].

Видеотізбектегі қозғалыс түрі мен бағыттарын бөліп көрсету және таңдалған бағыттарда қозғалатын пикселдер санын анықтау үшін қозғалыс карталары қолданылады. Бұл жағдайда қозғалыс барлық түйіндер үшін сипатталады (қозғалыстың гипотетикалық центтері), олар арқылы қозғалатын пикселдер өтеді [39].

Жұмыстағы қозғалысты сипаттау үшін карталардың келесі түрлері қолданылады:

* әрбір түйін үшін берілген түйінге қарай қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта пиксель конвергенциясы картасы (*IQ* картасы)деп аталады;
* берілген түйіннен бағытта қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта-пиксель дивергенциясы картасы (*OQ* картасы);
* g барлық нүктелер үшін берілген түйінге қарай барлық пикселдердің қозғалыс бағытын көрсететін алынған вектор анықталған карта-алынған пиксель конвергенциясы картасы (*ICM* картасы);
* әрбір нүкте үшін берілген түйіннен барлық пикселдердің қозғалысын көрсететін алынған Вектор анықталған карта-алынған пиксель дивергенциясы картасы (*OCM* картасы).

Әрбір карта алгебралық сақиналарды анықтайтын элементтерден тұрады, бұл қозғалысты алгебралық тұрғыдан сипаттауға және қозғалысты талдау үшін көп өлшемді оңтайландыру және алгебралық жіктеу әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

Алгебралық формализм келесі мүмкіндіктерді қамтамасыз етуі керек [4]:

- кескіндерді өңдеу, талдау және тану үшін математиканың басқа салаларынан алынған әдістерді қолдануға мүмкіндік беретін алгебралық құрылымдарды құру;

- процедураларды түсіндіруге де, жаңа әдістерді жасауға да ыңғайлы суреттердің дұрыс жәнеактам сипаттамаларын құру;

- қарапайым түрлендірулердіңактам жиынтығы ретінде кескін түрлендірулері мен кескін операцияларын сипаттау тілін құру;

- кескін түрлендірулерінің машиналық тәуелсіз және архитектуралық тәуелді сипаттамаларын құру;

- алгебралық өрнектерді бағдарлама блоктарымен салыстыру арқылы бағдарламалық қамтамасыз етуді жетілдіру;

- қолда бар бағдарламалау тілдері мен белгілі кескінді өңдеу, талдау және тану алгоритмдері арасындағы корреляцияны орнату немесе басқаша айтқанда, алынған алгебралық құрылымдар үшін ең тиімді бағдарламалау тілдерін таңдау.

Видеотізбектің алгебрасы әртүрлі уақыттағы кескіндерді басқара алады және гетерогенді алгебра болып табылады [1]. Кескін алгебрасы операндтардың алты негізгі түрімен айналысады, атап айтқанда мәндер жиыны, координаттарды өзгерту жиыны, осы жиындардың әрқайсысының элементтері, кескіндер мен үлгілер [13]. Бейнедегі қозғалысты сипаттау үшін ұқсас жиынтықтар қолданылады. Амалдар арасында қосу, көбейту және максимумның әдеттегі арифметикалық және логикалық амалдары, сонымен қатар қосымша азайту, бөлу және минимум амалдары бар. Мәндер жиынының элементтеріндегі осы қарапайым операциялардан басқа, кескін алгебрасы жиынтықтарды біріктіру, қиылысу, азайту операцияларын, таңдау функциясын және ішкі жиындардың үстіндегі қуат функциясын қамтиды.

Пішіндердің, өлшемдердің және өлшемдердің кең ауқымы бар координаттар жиынтығын қамтамасыз ету координаттар жиынтығының кез келген қажетті түрінде әртүрлі уақыттық кескіндерді модельдеу мен манипуляциялаудың дәйекті математикалық тәсілін қолдануға мүмкіндік береді. Координаталық өзгерістер жиынтығына әсер ететін алгебра операциялары координаттар жиынтығының ішкі жиындарындағы операциялар, сондай-ақ координаталық нүктелердің қозғалысы арасындағы операциялар болып табылады. Бейнедегі қозғалыс алгебрасының операциялары координаттар жиынының элементтерінде немесе олардың арасында орындалады.

**2.3 Мониторинг міндеттері үшін объектілерді талдау әдістемесі**

Ұсынылған карталардың көмегімен қозғалыс сипаттамасына сүйене отырып, келесі қозғалыс дескрипторларын анықтауға болады, оларды жалпы бағытқа бөлуге болады:

1) Жергілікті маңайда барлық қозғалыстар ресми орталық болып табылатын бір нүктеге қарай жүреді:

- **Оң мақсатты дескриптор**, формальды орталыққа қарай күрделі (интегралды) қозғалысты бағалау, ол әр түйін үшін белгілі бір уақыт аралығында берілген түйінге қарай қозғалатын пикселдердің санын анықтайтын пиксель конвергенциясының картасында (ICM картасы) жергілікті максимум ретінде анықталады [4];

**- Конвергенция дескрипторы,** формальды орталыққа тікелей қозғалысты бағалау, ол пиксель конвергенциясы картасында (IQ картасы) жергілікті максимум ретінде анықталады, ол әр түйін үшін нүктеден пиксельге дейінгі қашықтықты белгілі бір уақыт аралығында, ол қозғалатын түйінге қарай анықтайды [1];

2) Локальді маңайда барлық қозғалыстар ресми орталық болып табылатын бір нүктеден әр түрлі бағытта жүреді

**- Теріс мақсатты дескриптор**, формальды орталықтан күрделі (интегралды) қозғалысты бағалау \, ол әр түйін үшін белгілі бір уақыт аралығында берілген түйіннен бағытта қозғалатын пикселдердің санын анықтайтын пиксель дивергенциясының картасында (OCM картасы) жергілікті максимум ретінде анықталады;

**- Сәйкессіздік дескрипторы**, әр түйін үшін белгілі бір уақыт аралығында ресми түйіннің жаңа пикселдік позицияға дейінгі қашықтығын анықтайтын және ол қозғалатын түйіннен бағыт бойынша қозғалысты сипаттайтын пиксель дивергенциясы картасындағы (OQ картасы) жергілікті максимум ретінде анықталатын ресми орталықтан тікелей қозғалысты бағалау [3];

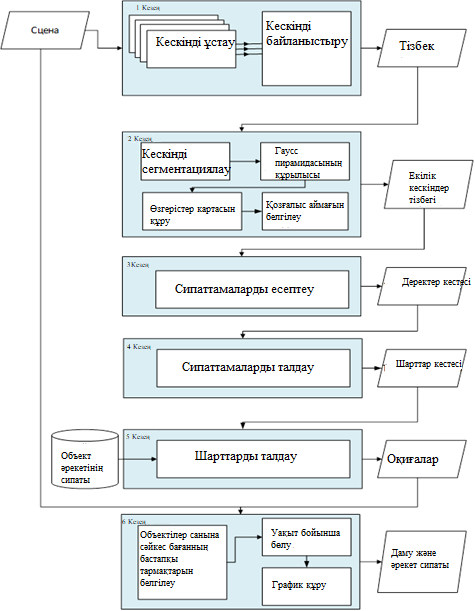
3) Локальді маңайда қозғалыс шоғырлану нүктесі жоқ:

- **Қарапайым қозғалыстың интегралды** **дескрипторы**, интегралды оптикалық ағынның мәнімен анықталатын және белгілі бір уақыт аралығында пиксельдің қозғалу ұзындығының мәніне сәйкес келетін ресми сызық бойындағы күрделі (интегралды) қозғалысты бағалау;

- **Жай қозғалыс дескрипторы**, оптикалық ағынның мәнімен анықталатын және белгілі бір уақыт аралығында пиксель жолының ұзындығының мәніне сәйкес келетін екі нүкте арасындағы пиксельдің тікелей қозғалысын бағалау;

Бұл дескрипторлар Динамикалық объектінің қозғалысын анықтайды және олардың тіркесімі қозғалыс кезінде объектінің мінез-құлық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы, егер қарапайым қозғалыс дескрипторы қарапайым қозғалыстың интегралды дескрипторынан едәуір аз болса, онда объектінің әрекеті өте күрделі болады және қозғалыс ағыны турбуленттілік пен бұралу құбылыстарымен сипатталады [41].

Мониторинг міндеттері үшін динамикалық объектілерді талдау әдістемесінің жалпы схемасы 6-суретте көрсетілген.



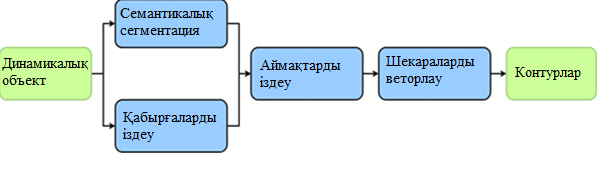
**Сурет 6. Әр түрлі уақыттағы суреттер үшін динамикалық объектілерді талдау әдістемесінің жалпы схемасы**

Әдістеме алты кезеңнен тұрады: кескінді алу және өңдеу, кескін көрінісін сегменттеу және аймақтарды бөлектеу, кескін көрінісін сегменттеу және аймақтарды бөлектеу, мінез-құлықты сипаттау үшін шарттардың орындалуын бақылау, аймақ объектілерінің мінез-құлық сызығын жіктеу [8].

Кескінді алу және өңдеу таңдалған координаттар мен уақытқа сәйкес интернет көздерінен жүзеге асырылады. Өңдеу үшін santinel және QGIS компаниясының сыртқы snap пакеті қолданылады.

Кескін көрінісін сегментациялау және негізгі сынып нысандарын қамтитын аймақтарды бөлектеу. Қазіргі уақытта көптеген сегменттеу алгоритмдері бар, бірақ ең танымал және тиімді-U-net архитектурасына негізделген желілер [44].

Нейрондық желі спутниктік суреттегі әрбір нүктенің берілген класс объектісіне қатысты-жатпайтынын анықтайды. Семантикалық сегментация тек объектілерді анықтау ғана емес. Спутниктік суреттен Маска алғаннан кейін объектілерге жататын нүктелердің жеткілікті үлкен кластерлері ерекшеленеді, олардан көпбұрыштар түрінде векторлық формада облыстардың шекараларын елестетуге болатын байланыс аймақтары жиналады. Маска мүлдем дәл болмайды, яғни жақын орналасқан нысандар бір байланысқан аймаққа жабыса алады. Мәселе қосымша желі жаттығуларымен немесе ұзарту алгоритмімен шешіледі. Осылайша, осы кезеңдегі жұмысты 7-суретте көрсетілген схема арқылы сипаттауға болады [3].



**Сурет 7. Жалпы сегменттеу схемасы**

Сипаттамаларды есептеу объектіні формализациялауға және оны сипаттамалар жиынтығы ретінде параметрлік көрініске жеткізуге мүмкіндік береді, бұл кескінді сақтаудан алып тастауға мүмкіндік береді. Мінез-құлықты сипаттау үшін шарттардың орындалуын бақылау объектіні динамикалық топтың элементі ретінде бақылау үшін жүзеге асырылады. Бұл кезеңде объектінің топқа жататындығы және оның жіктелуі анықталады. Мінез-құлық сызығының жіктелуі спутниктік бейнелердегі динамикалық топтардың мінез-құлық элементтерінен қалыптасатын бақыланатын аймақта жалпы динамикалық көріністің қалыптасуын анықтайды [43].

Суреттегі динамикалық объектілердің мінез-құлық графигін құру бақылау объектілерінің мінез-құлық схемасын анықтайды.

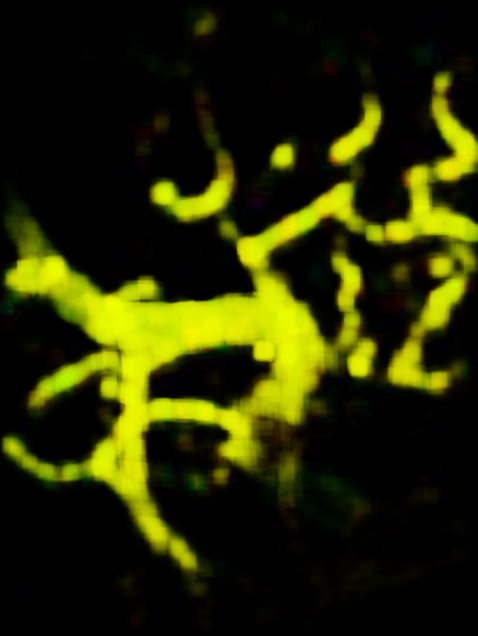
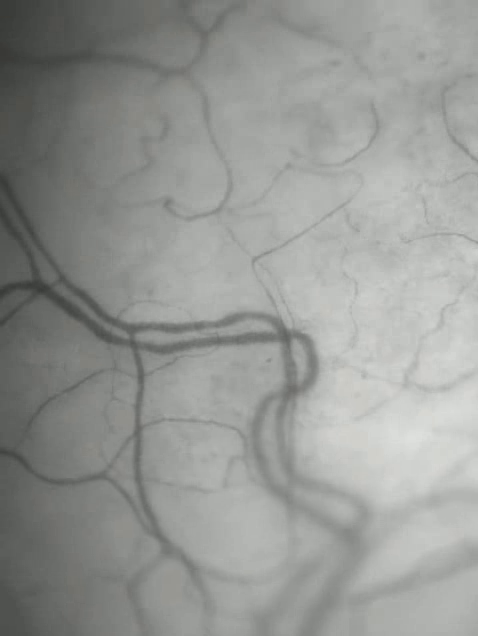
**2.4 Динамикалық көріністің өзгеруін бақылау**

Қозғалыс ағынының өрісі қатарынан екі кадрдағы объектілер немесе кеңістік нүктелері арасындағы байланысқа жауап береді. Оптикалық ағын бұл мәселені камера мен объект арасындағы салыстырмалы қозғалысты есептеу арқылы шешеді.

Оптикалық ағынды қатарынан екі кадр арасындағы пиксель қозғалысының үлгісі ретінде анықтауға болады. Қозғалыс сахна қозғалысынан немесе камера қозғалысынан туындауы мүмкін. Оптикалық ағынның негізгі идеясы-объектінің қозғалысы немесе камераның қозғалыс әдісінің компоненттерінен туындағанмещысу векторын бағалау. Негізінде, біздің мақсатымыз — олардың қозғалыс векторларын есептеу үшін сирек кездесетін белгілер жиынтығының немесе кескіннің барлық пикселдерініңмещысуын табу [16].

Оптикалық ағынның екі түрі бар: сирек және тығыз оптикалық ағын. Сирек оптикалық ағын бүкіл кадр кескінінен тек ең қызықты пикселдердің ағын векторларын өңдесе, тығыз оптикалық ағын кадрдағы барлық пикселдердің ағын векторларын өңдейді. бүкіл кадр.

Сирек ағынды есептеудің ең танымал әдісі-Лукас-Канада алгоритмі [10], ал тығыз ағын әдістерінің ішіндегі ең танымалы-Farneback алгоритмі [7]. Екі алгоритм де шуға жеткілікті сезімтал. Жақында терең оқытуға негізделген Алгоритмдер танымал бола бастады. MPI-Sintel және FlyingChairs сияқты әдістер синтетикалық мысалдармен оқытылған оптикалық ағынды құрудың танымал әдістері болып табылады [2, 6, 12]. Бұл әдістер FlowNet, SPyNet, PWC-Net сияқты желілерде дамыды [8, 11, 17]. Терең оқыту әдістерімен алынған оптикалық ағын тұрақты. Алайда, бұл әдістердің барлығында қозғалыстың Ақпараттық емес бөлімімен анықталатын кемшіліктер бар. Мысалы, 8-суретте фундус-камераның көмегімен алынған көз түбінің суреті көрсетілген, онда бүкіл аймақ сысады. Оптикалық ағынның мәндері тек үлкен тамырлардың өткір фрагменттері үшін жеткілікті.



**Сурет 8. Көз түбінің тамырларын жылжымалы бейнелеуге арналған оптикалық ағын өрісі**

Терең оқытуға негізделген әдістер бұл мәселені ішінара өтейді, бірақ проблемалық дақтар біртекті фрагменттерге тән.

Камераның қозғалысын анықтау үшін бұл функция маңызды емес, өйткені камераның орналасуы туралы тұжырымдар ағын векторларының бағыты мен амплитудасының гистограммалары негізінде жасалады. Берілген аймақтағы қозғалыс бағытын анықтау үшін [0,2 π) сегментін бірнеше тең интервалдарға бөлуге болады және әр интервал үшін қозғалатын пикселдер санын есептеуге болады.Пикселдердің ең көп саны бар Интервал қозғалыстың негізгі бағытына сәйкес келеді.

Камераның алдыңғы қозғалысы, масштабтау және айналу үшін бағыттардың гистограммасында бағыттардың біркелкі таралуы болады. Сонымен қатар, қысу, көлбеу және панорамалау үшін 9-суреттегідей айқын бағыттар басым.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **а)** | **а)** |

**Сурет 9. Оптикалық ағын өрісінің бағыттарының Гистограммалары (а) фундус камерасын көз түбінің бейнесі үшін араластыру, (б) автомобиль камерасының алдыңғы қозғалысы**

Камераның қалған қозғалысын градациялау үшін кескіннің ортасынан қашықтыққа байланысты Оптикалық ағын өрісінің векторларының ұзындығын бөлу гистограммасы қолданылады.

**2.5 Динамикалық көріністі дескриптивті талдау мәселесін анықтау.**

Динамикалық көріністі статикалық көрініс ретінде анықтауға болады, оған уақыт ұғымы қосылады және үш өлшемді қозғалыс бағаланады, көріністің тікелей және кері ағынын тығыз үш өлшемді векторлық өрістер ретінде анық модельдейді.

Үздіксіз көріністі 5D векторлық функция ретінде ұсынуға болады, оның кірісі x = (x, y, z) үш өлшемді орналасуын және 2D көру бағытын (θ, φ) анықтайды, ал шығыс пиксель түсіне сәйкес келеді, оны C = (r, g, b) және σ көлемдік тығыздығы деп анықтауға болады. Іс жүзінде бағыт d декарттық кеңістіктегі үш өлшемді вектор ретінде көрсетіледі. Бұл үздіксіз 5D көрініс көрінісі MLP F Θ желісімен жуықтауға болады : (x, d) → (с, σ), мұндағы Θ әрбір кіріс 5D координатасын берілген түске бағытталған тиісті көлем мен тығыздыққа сәйкестендіру үшін салмақты білдіреді. Динамикалық нысандарды да дәл осылай сипаттауға болады [100, 57, 59].

Динамикалық көріністі бақылау жүйесін құрудың негізгі мәселесі – фон мен статикалық болуы мүмкін немесе уақыт өте келе өзгеруі мүмкін объектілерді бөлуде. Бұл жағдайда қозғалыс бағыты маңызды рөл атқарады, оны келесі деңгейлерге бөлуге болады:

- Камераның қозғалысы арқылы қалыптасатын фондық қозғалыс;

- Қоршаған кеңістіктің өзгеруінен пайда болатын фондық қозғалыс;

- Объектілердің қозғалысы;

- Объектілер ішіндегі қозғалыс;

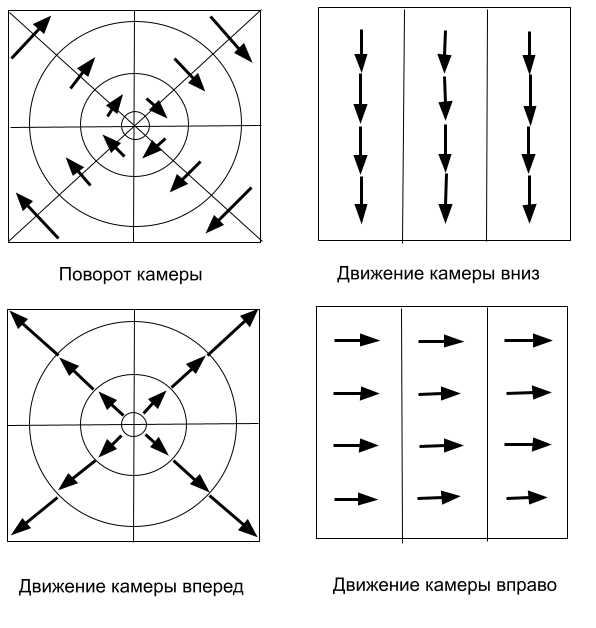
- Объектілер топтарының қозғалысы.

Осылайша, бірінші қадамда кескін өрісін әртүрлі қозғалыс түрлеріне бөлу керек. Ол үшін оптикалық ағындарды есептеу негізінде қозғалыс карталарын пайдалану ыңғайлы.

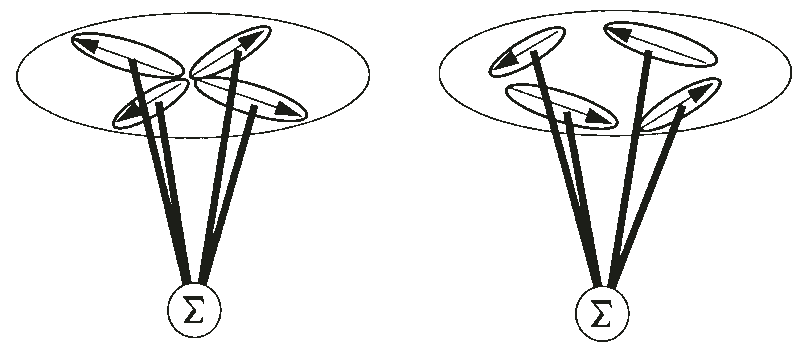
Оптикалық жүйенің біркелкі қозғалысы кезінде Фон тұрақты ағын түрінде қалыптасатыны анық, ол ерекше кескінге ие. Камераның қозғалысына байланысты кескін 10-суреттегідей ерекше сипаттамаларға ие [49].

Дегенмен, динамикалық көріністе топтық қозғалыспен анықталған мінез-құлық рөлін атқаратын әсерлер болуы мүмкін. Бұл жағдайда жалпы тенденцияларды анықтайтын және тіпті қозғалыстағы жеке оқиғаларды көрсете алатын қозғалыс карталары көмектеседі. Қозғалыс карталарын құрудың мәні Жергілікті кескін аймағындағы векторларды қорытындылау болып табылады, бірақ қарапайым жинақтау 11-суреттегідей әртүрлі қозғалыс кескінінде бірдей мәндерге әкелуі мүмкін [49].

Осылайша, қозғалыс нәтижесін әртүрлі карталар бойынша бағалау керек.

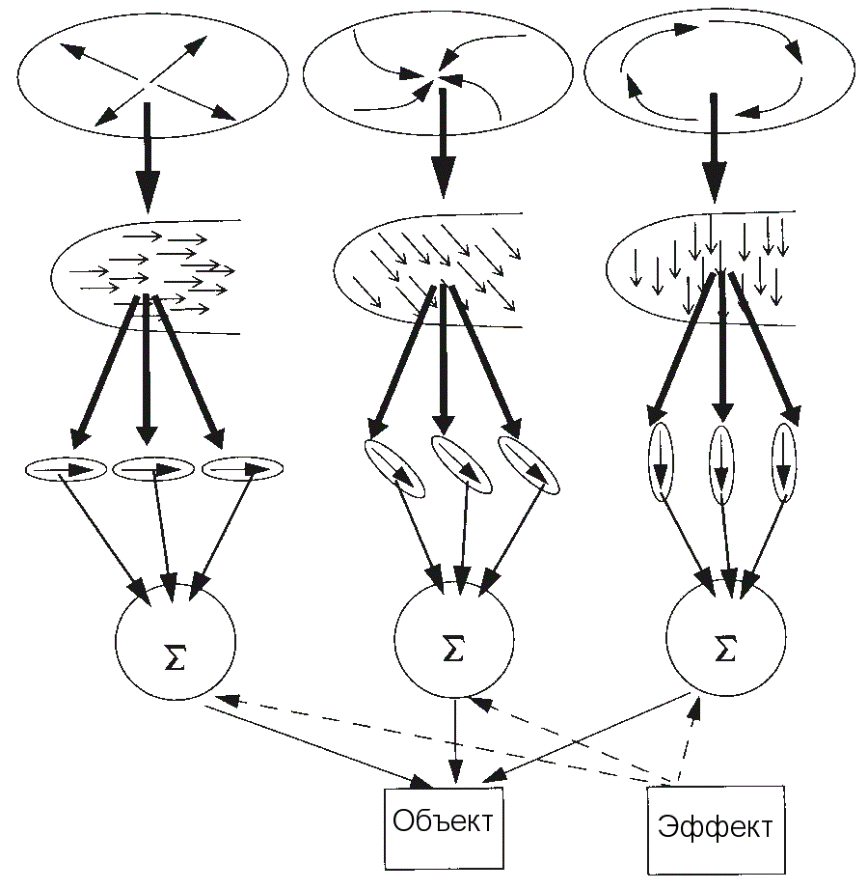


**Сурет 10. Камера қозғалған кезде оптикалық ағын өрісіндегі бағыттар**



**Сурет 11. Әртүрлі қозғалыс кескіндері үшін қосқыш бірдей нәтиже беретін екі жағдай**

Бұл қозғалыс бағыттары 12-суреттегі шаблон үлгісінде көрсетілгендей кескін кеңістігіндегі жергілікті ұяшықтармен кеңістікте біріктірілген деп болжанады [49].



**Сурет 12. Қозғалыс картасын құру моделінің диаграммасы**

Оптикалық ағын өрісінің көрінісі векторлық картаға айналады. Модельдік ұяшықтар осы координаттар жүйесінде Гаусс бойынша қозғалыс бағытын реттейді. Қосқыштар қозғалыстың ұқсас бағыттарын анықтайды.

Ағынды талдау моделіндегі өрістер жергілікті жалпыланған кеңістіктегі ұқсас қозғалыс бағыттарын кодтайтын векторларды біріктіреді. Сол сияқты, модель күрделі және мамандандырылған өзара әрекеттесулерге емес, жергілікті өрістің қасиеттеріне негізделген қозғалыс ағындарының селективтілігін болжайды. Модельдік жергілікті ұяшықтар оптикалық ағынның қолайлы бағыттарын есептейді [51]. Атап айтқанда, әр позицияда ұяшықта жалпыланған өріс бар, ол қалаған қозғалыс бағытының айналасында реттеледі. Бұл өріс әрбір ұяшықты қозғалыс бағыттарына аз сезімтал етеді, бұл оның қалаған қозғалыс бағытынан ауытқуы мүмкін. Жергілікті өріс моделі деректерді 12-суреттегідей олардың орталығының айналасындағы кеңістіктік аймақ бойынша бірдей қолайлы қозғалыс бағытымен қорытындылайды. Сонымен қатар, модель қозғалыс бағытының ықтималдығын қалыптастырады. Осылайша, векторларды қорытындылау негізінде динамикалық объектіні де, онымен болатын оқиғаларды да анықтауға мүмкіндік беретін қозғалыс карталарын құруға болады.

Осылайша, динамикалық көріністің өзгеруін бақылау жүйесі оптикалық ағынның комбинацияларын есептеуге негізделуі керек және динамикалық объект 13-суреттегідей 5D координаттары мен онымен болып жатқан оқиғалар векторы негізінде қалыптасатын құрылымға ие болуы керек [55].

Жұмыстағы қозғалысты сипаттау үшін карталардың келесі түрлері қолданылады:

- карта, оптикалық ағын;

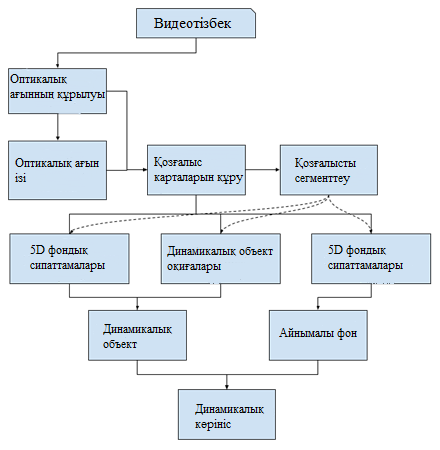
- уақыт бойынша оптикалық ағынның ізі негізінде құрылған интегралды оптикалық ағын картасы;

- әрбір түйін үшін берілген түйінге қарай қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта пиксель конвергенциясы картасы деп аталады;

- берілген түйіннен бағытта қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта, пиксель дивергенциясы картасы;

- әрбір нүкте үшін барлық пикселдердің берілген түйінге қарай қозғалыс бағытын көрсететін алынған вектор анықталған карта, алынған пикселдердің конвергенция картасы;

- әрбір нүкте үшін берілген түйіннен барлық пикселдердің қозғалысын көрсететін алынған вектор анықталған карта, алынған пиксель дивергенциясы картасы.



**Сурет 13. Кескіндер тізбегіндегі қозғалысты талдау негізінде динамикалық көріністің өзгеруін бақылау жүйесінің диаграммасы**

Әзірленген Алгоритмдер кешені динамикалық топтардың дамуын сипаттайтын математикалық модельдермен біріктіруге болатын жүйені құрайды.

Бейнені талдаудың жалпы схемалары кескіндер тізбегінде болатын кеңістіктік және уақыттық (уақыттық) ақпараттылықты пайдаланады. Дәстүр бойынша, кадр толық қозғалмайтын кескін ретінде қарастырылады, бұл оның уақыт компонентін жояды немесе алдыңғы кадрға қатысты макроблоктардың орын ауыстыру векторларымен және кадраралық ауысу қателіктері бар компонентпен ұсынылған кадраралық [58].

Қозғалыс векторы *Vi,j = {Vxi,j , Vyi,j }* кадрлар арасындағы координаттар (*i*, *j*) үшін әрбір Mh × Mw талдау блогымен байланысты. Қозғалысқа арналған блоктың қарапайым көрінісінде *Mh* = *Mw* = 16 пиксель өлшемдері және *i* ∈ {1,...,*imax*}, *j* ∈ {1,...,*jmax*} қолданылады. Қозғалыстың бастапқы нүктесі алдыңғы жақтаудан әрбір *Mh* ×*Mw* блогы үшін анықталады. *l* аралық жақтауы макроблоктармен және көлденең және тік компоненттермен {*Vlxi,j* , *Vlyi,j* , *i* = 1,...,*imax*, *j* = 1,...,*jmax*} байланысты *Vl* = {*Vli*,*j* , *i* = 1,...,*imax*, *j* = 1,...,*jmax*} қозғалыс векторларынан, *n* = *imax* × *jmax* жиынында анықталады [60]. Қазіргі және жылжымалы блок арасындағы айырмашылық тану үшін қолданылады.

*m*<<*n* белгілерінен *Fl* ерекшеліктерінің шағын жиынтығы *Vl* қозғалыс векторларының жиынтығынан алынады. Оның ықтималдылығының тұрақты таралуы оқу процесінде бағаланады. Операциялық режимде жұмыс істеу барысында *Fl* кіріс кадрының сипаттамалық векторы статистикалық модельмен салыстырылады. Егер оның ықтималдығы аз болса, ол қалыптан тыс деп жарияланады. Бақылау білімі *Fl* ішіндегі *m* функцияларын "қолмен" таңдауға мүмкіндік береді. Интерактивті түрде анықталған функцияларды оқыту арқылы жасалған функциялармен салыстырғандағы артықшылығы олардың түсінікті тұжырымдамалық мағынасы, бұл тестілеу мен қозғалысты танудың тұрақтылығын түсінуге және арттыруға мүмкіндік береді [62]. Сонда

(2.26)

, (2.27)

мұндағы өлшемді білдіреді, және қозғалыс векторының бағыты. Қозғалыс белгілері үшін келесі *m* = 5 функцияларын қарапайым іске асыруға қолданады.

Бұл жағдайда жалпы абсолютті қозғалыс келесідей анықталады:

; (2.28)

Бұл ерекшеліктер көріністегі жалпы қозғалысқа сәйкес келеді. Мұндай параметр үшін динамикалық объектінің, оның бөліктерінің немесе көріністегі қозғалыстың басқа элементтерінің қозғалысында айырмашылық болмайды.

Жергілікті қозғалыс үшін кадрды Ak тікбұрышты ішкі жақтауларының K-ге бөлу арқылы басым қозғалыс аймағы анықталады:

; (2.29)

Бұл мүмкіндік қозғалыс векторларының абсолютті мәндерінің ең үлкен қосындысы бар *l* жақтауының ішкі аймағының индексі болып табылады. Бейресми түрде бұл ең үлкен абсолютті қозғалысы бар кадрдың бөлігі. Қарапайым іске асыруда K = 9. *l* кадрының басым AK аймағындағы толық абсолютті қозғалыс пен *FlTAM* толық абсолютті қозғалысы арасындағы қатынас кадрдағы қозғалыс біркелкілігінің көрсеткіші болып табылады [61, 67]. Ресми түрде

, (2.30)

мұндағы -нөлге бөлінуіне жол бермейтін шағын оң шама.

Қозғалысты бағыттар бойынша анықтау үшін {−π, π} қозғалыс бұрыштарының диапазоны Δ*ϕ* = 2π / *R*, *r* = 0 ... (*R* - 1) өлшемінің R тең бөліктеріне бөлінеді бұрыштық бөлшек индексі. Қозғалыстың негізгі бағыты ең үлкен бұрыштық үлестің көрсеткіші ретінде анықталады:

, (2.31)

егер арифметикалық шарт орындалса, мәні артады.

Қозғалыстың негізгі бағытының басым болу өлшемі қозғалыстың негізгі бағытына толық қозғалыс пен кадрдағы толық абсолютті қозғалыс қатынасымен алынады:

. (2.32)

Осылайша, қозғалысты көптеген заманауи бейнебақылау жүйелерінің ажырамас бөлігі болып табылатын макроблок қозғалыс векторларының жиынтығы алгоритмнің кірісіне түсетін бейне ағынындағы қалыптан тыс қозғалысты анықтау үшін автоматты түрде анықтау үшін ұсынуға болады.

Бейне талдау контекстінде "қалыпты" және "қалыптан тыс" ұғымдарын анықтау өте қиын. Қалыпты емес қозғалыс детекторын бағалаудың ең жақсы заманауи тәсілі - қалыпты белсенділік үлгілерін зерттеу [66]. Оқыту жаһандық қозғалыс функцияларына негізделгендіктен, анықталған қозғалыс аномалиясын сахнадағы кез келген динамикалық объектімен байланыстыруға ешқандай әрекет жасалмайды. Бұл көрініс кез-келген нақты объектімен байланысты болмауы мүмкін, бірақ сахнадағы қозғалыстың жалпы сипаттамасы болып табылатын қалыптан тыс қозғалысты анықтауға мүмкіндік береді.

**3** **ВИДЕОТІЗБЕКТІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ КӨРІНІСІН ДЕСКРИПТИВТІ ТАЛДАУ ӘДІСІ**

**3.1 Объектілердің сипаттамаларын анықтау технологиясы**

Сипаттамаларды есептеуді жүзеге асыру оның жұмысының тиімділігін қамтамасыз ету үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді арнайы дайындауды қажет етеді, оны бірнеше кезеңге бөлуге болады:

- есептелген сипаттамалардың параметрлерін инициализациялау;

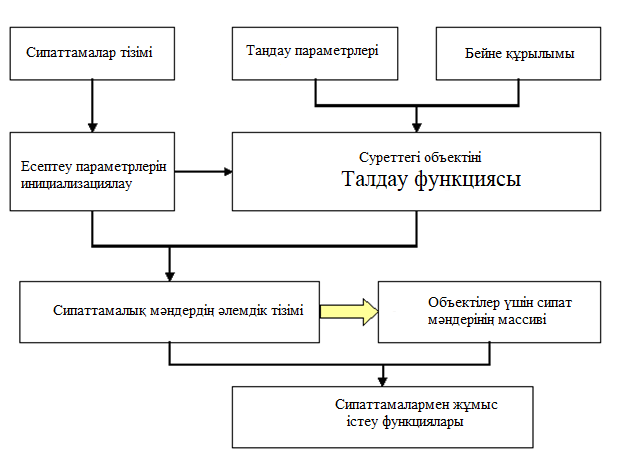
- сипаттамаларды есептеу үшін объектілерді дайындау;

- объектілердің сипаттамаларын тікелей есептеу;

- есептелген сипаттамалардың мәндері мен параметрлеріне қол жеткізу.

Бұл топтардың әрқайсысы сипаттамалармен жұмыс істеудің жеке кезеңіне сәйкес келеді және олармен жұмыс істеудің арнайы мүмкіндіктерін анықтайды.

Мұндай бағдарламалық жасақтаманың жұмысының схемасы 14-суретте келтірілген [88].



**Сурет 14. Объектілердің сипаттамаларын есептеу технологиясының схемасы**

*1 кезең. Есептелген сипаттамалардың параметрлерін инициализациялау.* Кез-келген жұмыс схемасы мәндері есептелетін сипаттамалардың тізімін қамтуы керек. Барлық мүмкін сипаттамаларды есептеудің мағынасы жоқ, өйткені олардың көпшілігі тек жеке есептерді шешуде пайдалы ақпаратты алып жүреді және оларды есептеуге уақыт кетеді. Сонымен қатар, артық ақпаратты зерттеушіге қабылдау қиын. Кез-келген сипаттаманың бірнеше параметрлері бар. Олардың ішіндегі ең маңыздылары: мәні, калибрлеу коэффициенті, өлшем бірлігі, өлшемі [42].

Мән әдетте сандық шама болып табылады және әрқашан есептеу нәтижесімен анықталады. Іс жүзінде сипаттаманың мәні зерттеушіге түсінікті және таныс нақты мәнмен берілуі керек, сондықтан сипаттаманың анықтамасы өлшем бірлігінің анықтамасымен бірге жүреді. Бірліктің атауы орындалған калибрлеуге байланысты [53].

*2 кезең. Сипаттамаларды есептеу үшін объектілерді дайындау.* Нақты мәндер калибрлеу коэффициентін қолдана отырып түзету негізінде қалыптасады. Әдетте, бұл калибрлеу қарапайым сызықтық түрлендіруге сәйкес келеді. Неғұрлым күрделі жағдайда кескінді түзету жүзеге асырылса, бұл сипаттаманың мәнін зерттеуші үшін түсінікті шамаларға әкеледі. Дегенмен, сипаттамаға қол қою қажет және ол үшін өлшем бірлігінің атауы қолданылады. Бұл әдетте оның мәнін тікелей жазуға мүмкіндік беретін жол шамасы. Іс жүзінде бұл параметр калибрлеу нәтижелеріне байланысты, сондықтан күрделі жағдайларда калибрлеу нәтижелері бойынша сипаттаманың өлшемділігін сақтай отырып, өлшем бірлігінің атауын қалыптастыру мүмкіндіктерін ескеру қажет [77].

Сипаттамалардың екі түрі бар:

- бір мағынасы бар түзулер;

- бірнеше мәндерді қамтитын массивтер; мұндай сипаттамаларды тәуелді деп бөлуге болады, олар қосымша мәндер қатарымен бірге жүреді және кездейсоқ.

Өлшем параметрі осындай массивтің өлшемін алуға мүмкіндік береді. Егер Өлшем бірліктен аз немесе оған тең болса, сипаттама түзу және бір мәнге ие болады.

Сипаттама параметрлерін екі топқа бөлуге болады:

1) сипаттамалардың үлкен топтары үшін ортақ, жалпы топ;

2) сипаттаманың бірегей қасиеттерін сипаттайтын жеке топ.

Осылайша, жалпы параметрлерге калибрлеу коэффициенттерін және ішінара өлшем бірлігінің атауын жатқызуға болады [75]. Бұл атау көбінесе күрделі болып табылады және калибрлеу процедурасын сипаттауға қатысатын бірліктердің қатынасымен анықталады. Сондықтан бұл параметрді екі бөлікке бөлуге болады:

- калибрлеу шамасының атауы (Жалпы параметр);

- калибрлеу бірліктері атауларының өлшемділігін немесе қатынасын қалыптастыру коды (жеке параметр).

Осылайша, калибрлеу ерекшеліктерін ескермей сипаттаманың сипаттама құрылымы келесі параметрлерді қамтуы керек:

- Сипаттама атауы;

- сипаттаманың мәні;

- бірлік атауының коды;

- Өлшем.

Сипаттама Атауы қысқа жол немесе бүтін тұрақты түрінде жүзеге асырылуы мүмкін, мүмкін екеуі де бір уақытта [70].

Сипаттамаларды калибрлеудің жалпы параметрлері әр калибрлеу деңгейіне арналған параметрлерден тұруы керек:

- калибрлеу коэффициенттері;

- калибрлеу деңгейінің өлшем бірліктері.

Әрине, есептеулер жүргізілмес бұрын, жұмыс жүргізілетін сипаттамалар тобын анықтау қажет. Бұл кезең сипаттамаларды инициализациялау деп аталады. Әдетте компьютер жадында жұмысты жеңілдету үшін есептелген сипаттамалардың атауларынан немесе сандарынан тұратын кесте құрылады. Ол жергілікті, есептеу функциясының ішінде немесе көптеген функцияларда қолдану үшін ғаламдық түрде құрылуы мүмкін [72].

*3 кезең. Объектілердің сипаттамаларын тікелей есептеу.* Осы кезеңді орындау барысында ғаламдық кесте құрылады. Онда суреттегі әрбір объект үшін есептеу нәтижелерін қамтитын сипаттамалар мен олардың мәндеріне арналған құрылымдардың тізімі анықталады [79]. Бұл кезең талдау кезінде суреттегі әрбір объект үшін орындалады. Кесте Ғаламдық болуы керек, өйткені пайдаланушының есептеу нәтижелерінің деректерін алу мүмкіндігі болуы керек, бұл технологияның соңғы кезеңімен қамтамасыз етіледі.

*4 кезең. Есептелген сипаттамалардың мәндері мен параметрлеріне қол жеткізу.* Пайдаланушының осы кестенің элементтеріне қол жеткізуін жүзеге асыру сипаттамалармен жұмыс істеудің үшінші кезеңіне жатады. Осы кестенің барлық элементтеріне қол жетімділік қамтамасыз етілуі керек және сипаттамалары, олардың параметрлері мен саны туралы ақпарат алу мүмкіндігімен бірге жүруі керек [80].

**3.1.1. Объектілердің сипаттамаларын есептеудің иерархиялық әдісі**

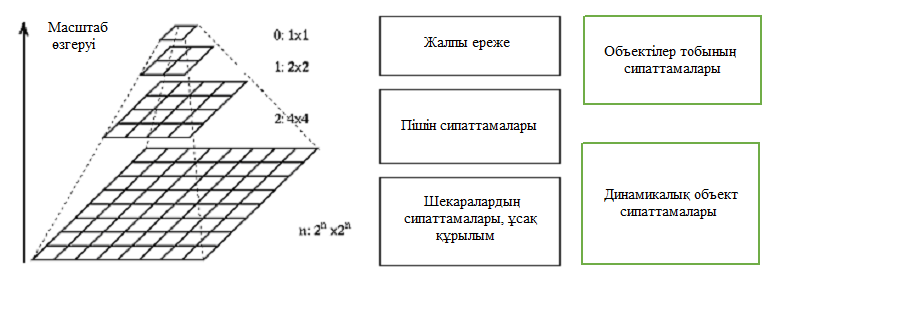
Масштабтау дәрежесіне байланысты кейбір сипаттамалар айқынырақ ерекшеленеді, ал басқалары жойылады. Масштабты ұлғайтудың әр деңгейі объектінің және оның компоненттерінің сипаттамаларының белгілі бір тобын анықтайды. Әдетте, олардың геометриялық сипаттамалары есептеледі, олардың талдауы объектіні бастапқы талдауға мүмкіндік береді [90, 67]. Кескіннің әлсіз үлкейтуімен және төмен ажыратымдылығымен жалпы ерекшеліктер зерттеледі: құрылымы, пішіні, пролиферацияның болуы, ұлпаның біркелкілігі және т.б. Әр түрлі масштабты қолдана отырып, объектіні ғана емес, оның бөліктерін де сипаттауға болады. Практикалық жқмыста зерттеушілер микроскопиялық техникамен жұмыс істей отырып, әртүрлі масштабтау деңгейлерінен алынған кескіндерді пайдаланады. Сипаттамаларды есептеудің күрделі жағдайлары үшін масштабтау иерархиясын (пирамида) қолдану әдісі жасалды, бұл күрделі объектілердің әртүрлі сипаттамаларын бөліп көрсетуге мүмкіндік береді.

Объектілердің сипаттамаларын есептеудің иерархиялық әдісі:

* сурет масштабындағы пирамидаларды пайдалану принципі;
* жаһандық және жергілікті ақпаратты бөлу принципі;
* есептеу параметрлерін анықтау процесі;
* байланысты компонент принципіне негізделген сипаттамаларды есептеу алгоритмі.

**3.1.2. Кескін масштабындағы пирамидаларды пайдалану принципі**

Кескіннің әртүрлі масштабтарына арналған пирамидалардың принципі кескіннің кешенді талдауын қалыптастыру болып табылады, онда әр деңгей белгілі бір масштабта және кескін туралы нақты ақпаратпен фрагменттерге бөлінеді (cурет 15) [89].



**Сурет 15. Масштабтар пирамидасы және ондағы маңызды сипаттамалардың өзгеруі**

Бұл объект үшін құрылымдық компоненттердің пішінінің сипаттамасын едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді. Егер пирамида ұяшықтарын толтыратын функциялар ретінде пішін сипаттамаларын қолдансақ, пішіннің өзгеруінің кескін масштабының деңгейіне тәуелділігін алуға болады. Сонымен, Пирамидада дөңес есептеу негізінде жұмыс мәндері ретінде объектінің шекараларының тегістігінің сапасын олардың тегіс болатын немесе тегістігін жоғалтатын масштабтау деңгейі үшін анықтауға болады. Оның мәндері тірі организм элементтерінің, минералдардың, магниттік домендердің, сондай-ақ коррозияның өсуін зерттеудің практикалық міндеттеріндегі шекаралық жағдайларды анықтау үшін қолданылады, содан кейін өсу процестерінің өздері инициализацияланған құрылымдар пайда болады [90]. Құрылымдардың сипаттамаларына сәйкес өсуді тудырған себептерді болжауға және өсу кезінде пайда болатын өзара әрекеттесулерді сипаттауға болады. Дегенмен, әртүрлі үлкейту кезінде құрылымдардың мүлдем басқа түрлерін көруге болады. Объектілер мен құрылымдардың берілген сипаттамаларының жиынтығы бойынша пирамида түрлендіруін қолдана отырып, қандай масштабтар үшін қандай объектілер мен құрылымдар басым болатындығын және қандай өзара әрекеттесулер басым болатындығын анықтауға болады [70].

Пирамиданың әртүрлі деңгейлеріндегі сипаттамаларды талдау жаһандық және жергілікті ақпаратты бөлу принципіне жақсы сәйкес келеді.

**3.1.3. Ғаламдық және жергілікті ақпаратты бөлу принципі**

Жаһандық және жергілікті ақпаратты бөлу принципі объектілердің әртүрлі топтары әртүрлі сипаттамалар топтарымен сипатталады, ал ірі объектілер жаһандық сипаттамалармен, ал кішігірім объектілер жергілікті сипаттамалармен сипатталады. Бұл принцип кескін масштабындағы пирамидаларды пайдалану принципіне жақсы сәйкес келеді [91].

Медициналық зерттеулерге қатысты ғаламдық және жергілікті ақпарат пен пирамидаларды бөлу принциптерінің ұқсас өзара әрекеттесуі 1-кестеде келтірілген. Ол пирамидадағы масштабтың өзгеру деңгейінен объектілердің құрамының, сипаттамаларының және зерттеу міндеттерінің өзгеруін көрсетеді.

*Кесте 1.*

Ғаламдық-жергілікті әдістерді бөлуге сәйкес кескінді талдау

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Пирамиданың жоғарғы деңгейлері, кескіннің әлсіз бөлінуі* | | *Төменгі деңгейлер, күшті бөлу* | |
| *Анықтама* | *Сипаттама* | *Анықтама* | *Сипаттама* |
| Объектілер тобын анықтау.  Матаның немесе материалдың сипаттамаларын есептеу | Объектілер тобының геометриялық сипаттамасы:  -білім координаттары;  -пішін факторы;  -объектілер арасындағы қашықтық | Объектілерді зерттеу. Жасуша сипаттамаларын есептеу | Объект шекарасының параметрлері:  - өлшемдері;  - дөңес;  - тегіс |
| Суреттегі біртекті қабаттың біркелкілігі:  - қабат жарықтығының тегістігі;  – жарықтық дисперсиясы | Объект тобының параметрлері:  - өлшемдері;  - форма;  - текстура |

Кескіндегі ажыратымдылықты өзгерту объектінің өзгеруіне әкеледі. Мысалы, пирамиданың төменгі деңгейлерінде жасушалардың жергілікті сипаттамаларының анықтамасы қалыптасады, жоғарғы деңгейлерге ауысады, жасушалар ұлпаға біріктіріледі және кескінді ғаламдық сипаттаудың жаңа тәсілі қалыптасады.

Медициналық кескіндерді көп сатылы өңдеуге сәйкес, объектілер иерархиясындағы бірінші деңгей органдар туралы жалпы түсінік береді.

Объектілер тобының егжей-тегжейін зерттеу үшін соңғы деңгей ең дәл болып табылады. Суреттерді талдау кезінде фон мен объектілердің жартылай тондық сипаттамаларының арақатынасы маңызды. Көбінесе фон объектілердің ішіндегі және олардың арасындағы жабық аймақтардағы бос жерлерді құрайды. Сонымен қатар, фон әдетте кескінді алу кезінде пайда болатын әртүрлі кедергілер мен шуды қамтиды, сондықтан бірлік шығарындыларды қоспағанда, пиксель жарықтығының шамамен бірдей деңгейімен сипатталады [92]. Фонға жататын пикселдердің жарықтығы матаның тығыздығының таралуына, кесу сапасына және электронды кедергілердің болуына байланысты. Сондықтан бұл ерекшеліктерді талдау объектілерді зерттеу мен сипаттаудың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

**3.1.4. Есептеу параметрлерін анықтау процесі.**

Есептеу параметрлерін анықтау процесі пайдаланушы немесе әзірлеуші есептелген сипаттамалардың атауы немесе олардың индекстік мәндері түрінде берген мәліметтерге негізделген сипаттамаларды инициализациялау кезінде жүзеге асырылады. Олар қарапайым және интуитивті болуы керек. Әрине, инициализацияны оларды есептеу функциясында тікелей орындауға болады. Функцияның параметрлік сипаттамасын жеңілдету үшін жеке сипаттаманы инициализациялау функциясын іске асыру және пайдалану ұсынылады.

Көптеген сипаттамалар болуы мүмкін және функция параметрлерінің саны шектелмеуі керек. Сипаттама атауларын параметрлер ретінде пайдалану қиынырақ, өйткені қажетті параметрді анықтау үшін лексикалық салыстыру қажет. Қарапайым жағдайда, бұл қарапайым шамадан тыс және осы сипаттаманың барлық мүмкін атауларымен салыстыру арқылы жүзеге асырылады [94]. Бүгінгі күні өткен нәтижелерді ескере отырып, бұл шектен шығуды оңтайландырудың көптеген әдістері бар. Оңтайландырудың қарапайым жолы сипаттамалық индекстердің функциясының параметрлері ретінде пайдалануға сәйкес келеді, олардан кесте тікелей құрылады. Инициализация функциясының жұмысының нәтижесінде сипаттамалардың тізімі қалыптасады, ол келесі жұмыс деңгейіне өтеді-сипаттамаларды есептеу.

**3.2 Динамикалық көріністі талдаудың міндеттері мен мәселелері**

Фундус линзасы бар бейне тұрақты емес, кескін объектінің айқындылығы мен орнын үнемі өзгертеді. Сондықтан маңызды міндеттердің бірі-нысан жақсы контрастқа ие болатын қызығушылық аймағын (ROI) анықтау. Контраст кескіннің жарықтығының салыстырмалы төмендеуін өлшейді. Оны жергілікті немесе жаһандық деңгейде анықтауға болады. Жергілікті контрастты сұр кескін деңгейінің жергілікті айырмашылықтарынан бағалауға болады. Контрастты кескін жиектерінің функциясы ретінде анықтауға болады (сурет 16).

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение выглядит как татуировка  Автоматически созданное описание | Изображение выглядит как пятно  Автоматически созданное описание |
| (**a**) | (**b**) |

**Сурет 16. Видеотізбектің екі көршілес бейнесі: А-бірінші кадр; б) екінші кадр. Суретте қантамырлар, суреттің оң жақ бөлігі аз контрастты, ортасында жарқын дақ басқа заттарды жарықтандырады.**

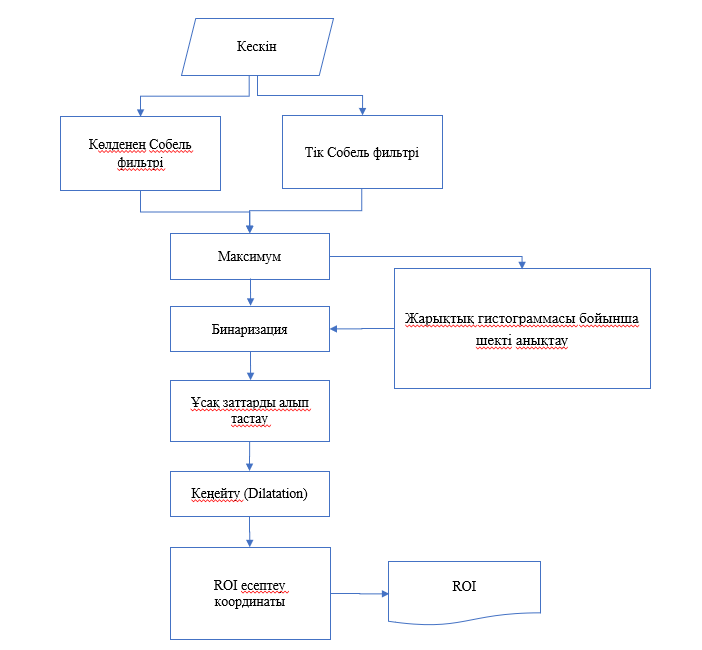
Ақпараттылық деңгейі жоғары аймақты анықтау міндеті тұр. Суреттердің ақпараттылығы деп оларды қабылдау немесе талдау кезінде кеңістіктік сипаттамалардан алынған ақпараттың жалпы көлемін айтады [4]. Кескіннің ақпараттылығын дәлірек бағалау күрделі болып көрінеді және бірнеше көрсеткіштерге, соның ішінде жергілікті контрасттар мен бөлшектерге байланысты. Бұл топтың ең қарапайым әдісі кескіндердің төмен және жоғары жиіліктерін бөліп көрсетуге, содан кейін оны қорытындылауға негізделген. Дегенмен, қантамырлардың кескіні жіңішке, ұзын объектілердің жиынтығы болып табылады, сондықтан ақпараттылықты анықтау үшін жоғары жиілік жеткілікті.

Кескіннің ақпараттылығының ең жарқын көрсеткіші-градиенттің жоғары деңгейі. Градиент-белгілі бір шаманың ең үлкен өсу бағытын көрсететін векторлық шама:

(3.1)

мұндағы, кескін, , – көлденең және тік координаталар.

Жоғары жиілікті компоненттерді алудың жылдам және ыңғайлы тәсілі — Собель сүзгілерін пайдалану. Собель операторы-кескіннің жарықтық градиентінің шамамен мәнін есептейтін дискретті дифференциалды оператор [98]. Тік және көлденең градиент үшін Собель операторының екі түрі бар. Мұның максимумы барлық жағынан нәтиже жинауға мүмкіндік береді. Келесі мәселе — кескін жақсы контрастқа ие болатын градиент деңгейін анықтау. Мұндай мәселені жалпы өңдеу схемасында шешу үшін 17-суреттегідей градиент шегін анықтау үшін қосымша блок жасаймыз.



**Сурет 17. Жақсы контрастты аймақ үшін ROI анықтау процесі.**

Шекті анықтау процедурасы жарықтық гистограммасын бағалау процедурасынан тұрады. Градиенттің әр компонентінен Максимум. Ақпараттылық контрастты бағалау ретінде есептеледі:

(3.2)

мұндағы, және градиентті кескіндегі максималды және минималды жарық мәні. Бұл бағалау c < 0,3 болса, өте төмен ақпараттық жағдайды анықтауға мүмкіндік береді. Содан кейін тамырлардың екілік шегін анықтау керек. Мұндай операция үшін біз 18-суретте көрсетілген кумулятивті гистограмманы қолданамыз.

Градиент кескінінің ең ақпараттылығы өте жарқын деп сипатталады. Дегенмен, классикалық көріністе гистограммадағы жарықтық шегінің орнын анықтау өте қиын. Гистограмманы түсіндіруді жеңілдету үшін ол 3(b) суреттегідей әр жарықтық деңгейіндегі жиіліктердің интегралды көрінісіне сәйкес келетін кумулятивті түрге аударылады [7]. Жарықтық шегінің оңтайлы орналасуы осы гистограмманың максималды иілу нүктесіне сәйкес келеді. егер кумулятивті гистограмма қисығы шекаралық нүктелер арасындағы сызық бойымен айналса, жарықтық шегі максималды деңгейі бар нүкте ретінде анықталады. Осы табалдырықта екіленгеннен кейін суретте көптеген ұсақ қоқыстар қалады. олар мөлшері бойынша жойылады. Сонымен қатар, бөлінген нысандарды байланыстыру үшін қосымша кеңейту операциясы қолданылады.

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение выглядит как доска объявлений  Автоматически созданное описание |  |
| (**a**) | (**b**) |

**Сурет. 18. Градиент кескінінің сипаттамалары: (а) Градиент кескіні тік және көлденең Максимум ретінде Собель компоненті; (б) градиент гистограммаларының жиынтығы: классикалық, шекаралық нүктелер арасындағы сызықпен кумулятивті, бұрылған кумулятивті гистограмма.**

Координаттарды анықтау үшін суреттегі барлық объектілердің контурлары жасалады, олардан максималды және минималды позициялар анықталады. Бұл позициялардың координаттары максималды ақпараттылығы бар шектеулі ROI шеңберіне сәйкес келеді [101]. Бүкіл видеотізбекті өңдегеннен кейін шектеу қорабының координаттар жиынтығы жасалады.

Кескіннің ақпараттық аймағында бейне қатарының басқа кадрларынан байқауға болатын қантамырлардың сапалы фрагменті болады. Бұл кескін үзінділерін бейнені белгілі бір уақыт аралығында ғана көруге болады. Видеотізбектің кадрларында қантамыр учаскесінің болуын қызығушылық аймағының қозғалысы және контраст массасының орталығы арқылы бақылауға болады, ол келесідей есептеледі:

(3.3)

(3.4)

мұндағы, , - масса орталығының координаталары, - шекаралық ақпараттық нүктелер жиынтығы, - (, ) жоғары ақпараттылықпен жарықтылық пикселі, — ROI ішіндегі кескін фрагментінің максималды жарықтығын 100% - ға дейін теңестіретін қалыпқа келтіру коэффициенті.

Масса орталығының орналасуын бақылау видеода ROI бар қантамырлардағы уақытша фрагментті белгілеуге мүмкіндік береді. Бұл координаттар әр кадр үшін бақыланады [77]. Егер масса центрі тұрақты мәннен артық жылжыса, видеотізбектегі контрастты қантамырлардың соңғы кадры деп белгіленеді.

Бұл тұрақты мән u арқылы анықталады (біздің жағдайда бұл тұрақты 100-ге тең). Сонымен қатар әр кадрдың ROI контрасты қантамыр фрагменттерінің барлық кадрлары үшін жалпы координаттармен салыстыру арқылы түзетіледі:

(3.5)

(3.6)

(3.7)

(3.8)

Мұндағы, және - бүкіл кадр үшін тіктөртбұрыштың бұрыштық нүктелері, – бүкіл кадр үшін жалпы ауданның ені мен биіктігі, – кадр кескінінің ROI индексі, – кадр индексі.

Нәтижесінде, орталық болмағаннан кейін, әр кескін шектейтін жақтаумен кесіледі және бізде қантамырдың жалпы жарық фрагментті кескіндер тізбегі болады.

Алдыңғы әрекеттерден кейін бейнелер жиынтығы жасалды. Енді тамырлардағы қозғалысты бағалау мүмкіндігі үшін жиынтықтағы әрбір бейне үшін бекітілген координаттар жүйесін құру қажет [60].

Ағымдағы бейнеде камера мен объектінің қозғалысын қамтитын объектінің координаттары өзгерген. Тіпті объектілер статикалық болса да, камера жылжыған кезде әртүрлі объектілер бірдей координаттарды ала алады. Қажетті ақпарат:

- координаттардың басын анықтау;

- қатар екі кадрды бір-бірімен салыстыру;

- ағымдағы кадрдағы объектінің координаттарын камераның барлық қозғалыстарын ескере отырып, координаттардың басталуына қатысты координаттарға түрлендіретін түрлендіруді табу.

Кадрларды тұрақтандыруды қолдану кескіндердің кішіреюіне әкеледі, өйткені әрбір бейне қатарының кескінінен жалпы фрагментті кесу қажет. Әдетте бірінші кадрдың жоғарғы сол жақ бұрышы координаттардың басы ретінде алынады [64, 68]. Бірақ кемелердің бейнесі кездейсоқ қозғалыспен сипатталады және бірінші кадрдың орны әрқашан жақсы позицияға сәйкес келмейді. Осы мақаланың алдыңғы бөлігінде біз контрастты фрагменттің ROI және оның орнын анықтадық. Сіз осындай ақпаратты пайдалана аласыз және бейнені roi-де фрагменттер бойынша тұрақтандыруға тырыса аласыз. Біз осы roi-дің тек 50% -. орталықтың дәл осындай жағдайында қолданамыз. Координаттарды бастау үшін біз 19-суретте көрсетілгендей бірінші кадрдың ROI-ден осындай орталықты анықтаймыз.

Кадрларды салыстырудың келесі қадамы әртүрлі кескінді салыстыру алгоритмдері үшін әртүрлі нәтиже береді. Біз мұндай алгоритмдердің кем дегенде ескі түрлерін қолданып көреміз:

- машиналық оқыту әдістерін қолдану [17];

- классикалық корреляция бойынша [18];

- негізгі нүктелердің позицияларын салыстыру арқылы.

Барлық машиналық оқыту алгоритмдері, соның ішінде Калман сүзгісіне негізделген алгоритмдер нашар нәтиже көрсетеді. Олар кемелердің жақтаудан жақтауға ауысуына әкелді [99].

Тамырлы кескіндер үшін классикалық корреляцияға негізделген салыстыру әдісі ең жақсы нәтиже береді, өйткені ол олардың ерекшеліктеріне емес, тамырлардың кескіндеріне тікелей сүйенеді. Кескіндердің корреляциясы әр кадр үшін орындалады.



**Сурет 19. Инвестициялардың рентабельділігін және тиісті аймақты анықтау.**

Кескін корреляциясы - бұл барлық мүмкін пиксель жұптарын салыстыру және бөлу қашықтығы мен бағытына байланысты екі пиксельдің де жақын мәнге ие болу ықтималдығы картасын құру. Математикалық анықтамада корреляция екі кескіннің функциясының конволюциясы болып табылады. Сандық кескін үшін I Өлшемі M× N және J өлшемі K×L кескіні үшін корреляцияны есептеуге болады.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3.9) |

мұндағы I (m,n) - бірінші кадрдағы координаттардағы пиксель қарқындылығының мәні (m,n), J (m,n) - екінші кадрдағы координаттардағы қарқындылықтың мәні (m,n), I және J - сәйкесінше I және J кескініндегі қарқындылықтың орташа мәні. Нәтижесінде корреляция картасы жасалады, онда максимумдар ең жақсы қиылысу нүктесіне сәйкес келеді [55]. Координаттардың сдысуы корреляциялық кескіндегі максимумның координаталық айырмасы және бірінші кадрдағы roi центрі ретінде есептеледі.

Өкінішке орай, бұл жол тым ұзақ. Практикалық қосымшаларда корреляциялық массив әдетте Фурье түрлендіру әдістерін қолдана отырып есептеледі, өйткені жылдам Фурье түрлендіруі [19] корреляцияны тікелей есептеуге қарағанда әлдеқайда жылдам әдіс болып табылады. Бірақ бұл қосымша кітапханаларды пайдалануға және бағдарламалық жасақтама кодын көбейтуге мүмкіндік береді.

Суреттерді жылдам және сенімді салыстыру-бұл негізгі нүктелермен салыстыру. Біз SIFT [20], SURF [21] және Ши-Томаси бұрыштық детекторы [22] сияқты үш түрлі кескінді сәйкестендіру әдістерінің өнімділігін әртүрлі тамырлы кескіндер үшін салыстырамыз. Осы мақсатта әр алгоритм үшін суреттердегі негізгі нүктелер саны, салыстыру жылдамдығы және жұмыс уақыты сияқты сәйкестікті бағалау параметрлері бағаланады (2-кесте).

*Кесте 2.*

Әр түрлі алгоритмдер бойынша екі кадрдан салыстырмалы фрагменттерді таңдау.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Алгоритм түрі** | **Уақыт (сек)** | **1 кадрдағы кілттік нүктелер саны** | **2 кадрдағы кілттік нүктелер саны** | **Сәйкестігі** | **Сәйкестік коэфиценті (%)** |
| Корреляция | 0.89 | - | - | 1 | 100 |
| SURF | 0.13 | 128 | 119 | 96 | 77.7 |
| SIFT | 0.4 | 62 | 66 | 50 | 78.15 |
| Ши-Томаси | 0.3 | 22 | 22 | 22 | 100 |

Сәйкестік коэффициенті келесідей есептелді:

(3.10)

мұндағы -салыстыру жылдамдығының сипаттамалары, және -бірінші және екінші кадрлар үшін анықталған негізгі нүктелер саны, -сәйкес келетін нүктелер саны.

Нәтижесінде ши-Томаси бұрыштық детекторына негізделген алгоритм ең жылдам алгоритм болып табылады және корреляция ең жақсы сапаны көрсетеді. SIFT және SURF қателіктермен орындалады, өйткені олар қантамырлар бағытын өзгертетін нүктелерді анықтайды. Бұл ши-Томаси бұрыштық детекторына Негізделген уақыт алгоритмі тек тамырлардың тармақталу түйіндеріндегі нүктелерді пайдаланады. Бұл қасиет қантамыр кескіндеріндегі ши-Томаси бұрыштық детекторына негізделген алгоритм үшін ең жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Осылайша, кескіндер тізбегіндегі максималды сәйкестікпен сипатталатын негізгі нүктелер орнатылады. Қозғалатын нүктелерді дәйекті талдау тиімсіз. Негізгі нүктелердің жылжуын бақылау үшін біз оптикалық ағынды қолданамыз. Мұның ең жақсы шешімі–Лукас-Канаде алгоритмі [23]. Бұл нүктелерді ауыстыру үшін кеңінен қолданылатын дифференциалды әдіс. Бұл алгоритм әр пиксельдің жергілікті айналасы үшін тұрақты ағынға негізделген. Ол оптикалық ағын теңдеулерін ең кіші квадраттар критерийі бойынша анықтайды.

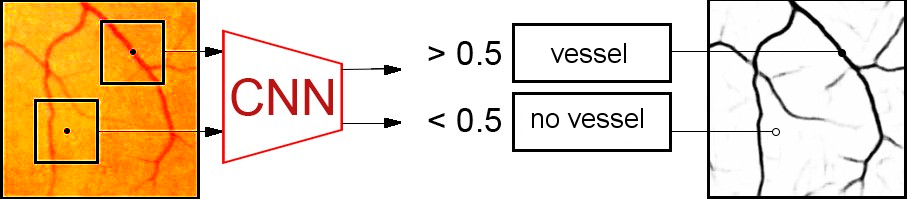
Барлық көрші нүктелер бірдей қозғалысқа ие. Қиысу сипаттамалары (f\_x, f\_y, f\_t) - тік, көлденең және уақытша [24] осы нүктелер үшін есептеледі. Соңғы шешім екі теңдеуді және екі белгісіз параметрді қамтиды (7).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.11) |

мұндағы u және v-негізгі нүктелер үшін қозғалыс векторларының көлденең және тік компоненттері, i-суреттегі пиксель индексі. Мұндай векторлардың жиынтығы кішігірім қозғалыстар үшін өте жақсы, бірақ ол үлкен қозғалысқа жарамайды. Онымен күресу үшін біз пирамидаларды қолданамыз. Төменнен жоғары қарай қозғалыс сипаттамалары өзгереді, кіші ығысу векторлары жойылады, ал үлкен ығысу векторлары кіші векторға айналады. Лукас-Канада алгоритмін қолдану масштабтауды ескере отырып, оптикалық ағынды алуға мүмкіндік береді. Алгоритм қозғалыс шкаласы мәселесін шешу үшін масштабты пирамидаларды пайдаланады. Дегенмен, орын ауыстыру нүктелері үшін қашықтық шектеулері бар. U және v векторлары тек белгілі бір қашықтық диапазоны үшін жақсы орын ауыстыру мүмкіндігіне ие. Кескінді кесу қадамы осындай жағдайларға кепілдік береді.

Оптикалық ағын – видеотізбектегі екі кадр арасында ығысқан негізгі нүктелер жиынтығын құруға мүмкіндік береді. Бұл жиынтықты кадрдың ығысуын медиана ретінде анықтау үшін пайдалануға болады. Бұл ең күшті ауысымға сәйкес келеді. Енді бізде әр кадр үшін қарама-қарсы аймақ, офсеттік және координаталық ROI бар. Осындай ақпарат негізінде тұрақтандырылған жағдайы бар бейне құрастырылды.

Қантамырларды маскировкалау. Бейне тұрақтандырылғанымен, ол әлі де қозғалысты талдауға кедергі келтіретін көптеген пайдасыз ақпаратты қамтиды. Қантамырларды жасыру олардағы маңызды қозғалысты алуға мүмкіндік береді. Қантамырларды маскасы сегменттеу арқылы жасалады. Тамырлы желіні сегменттеу мәселесін шешу жіктеу міндеті ретінде орындалады. Оқытатын ылжымалы конвульсиялық нейрондық желі (CNN) оны шешуге және қантамырларды класын суреттегі аймақ ретінде анықтауға мүмкіндік береді. Әр пиксель үшін класс белгісін болжау [25, 26] мақаладағыдай көршілес аймақтағы талдау үлгісі бойынша орындалады. Бұл шағын аймақ бастапқы деректер ретінде пайдаланылады (сурет. 20).



**Сурет 20. Қантамырларды сегменттеу конвейерінің жалпы схемасы.**

Тамырлардың кескінін сегменттеу үшін Unet моделіне негізделген толық қосылған конволюциялық нейрондық желі қолданылды. Мұндай модель қосымша қабаттармен толықтырылған. Оларда бірлестік операторлары іріктеу операторларына ауыстырылды. Осылайша, Шығыс қабатының ажыратымдылығы артады. Бұл конустық аймақтан фрагментке дейін жоғары ажыратымдылықтағы объектілерді кеңейтілетін laers-пен біріктіруге мүмкіндік береді. Осы модификациямен конволюциялық нейрондық желіні оқыту шығуда дәлірек нәтижеге әкеледі.

Сұр масштабтағы көз склерасының 130 кескін жинағы Беларуссия мемлекеттік медицина университетінде Full HD (1920 x 1080) GigE type бейне ажыратымдылығы бар фундаментальды камера арқылы жиналды. әр сурет 352 x 352 пиксель көлеміндегі фрагменттерге бөлінді. Сондай-ақ, біз нейрондық желіні оқыту үшін пайдаланылған drive, STARE, chase DB1, HRF ашық бастапқы кескіндер жиынтығын қолданамыз [27]. Сонымен қатар, біз isbi 2012 EM segmentation Challenge (жүйке мембраналарының сегментациясы) ұсынған u-net like-sna [28] архитектурасының жаттығу алдындағы бөлігін қолданамыз.

CNN оқыту нәтижесін жақсарту үшін геометриялық үлкейту қолданылды. Ол қарапайым геометриялық түрлендірулерді қолданады: 1) сальто, 2) айналу, 3) шағылысу, 4) серпімді деформациялар және 5) масштабтау. Нәтижесінде деректер жиынтығы 650 синтетикалық кескінге дейін артады. Жаттығу процесі үшін NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti қолданылды. Жаттығу 700 дәуірге созылды, ал партия 8-ге тең болды.

Жіктеу үшін екі класс қолданылады. Бір класс ортасында қантамыр бар аймақтарды қамтиды, ал екінші класс орталықта қантамыр жоқ аймақтарды жинайды. Әр аймақтың өлшемі бірдей және 21-суретте көрсетілгендей суреттердің кіріс үлгілерінен таңдалады. Оңтайландыру әдісі ретінде стохастикалық градиентті түсіру қолданылды. CNN кескінін өңдеудің нәтижесі әр қантамыр үшін ықтималдық болып табылады. Бұл 0-ден 1-ге дейінгі өзгеріс, мұндағы 0-қантамыр, 1-қантамыр емес дегенді білдіреді және кескіннің сегментациясына ұқсайды [11].

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Изображение выглядит как окно, с плиткой  Автоматически созданное описание | Изображение выглядит как окно, с плиткой  Автоматически созданное описание | Изображение выглядит как окно, с плиткой  Автоматически созданное описание | Изображение выглядит как окно, с плиткой  Автоматически созданное описание |

**Сурет. 21. Оқыту схемалары: (а) орталықта қантамыр бар (0-класс); (б) орталықта қантамыр жоқ (1-класс).**

Бұл нейрондық желі конволюцияның 23 қабатын қамтиды. Осыдан кейін 64 компонентті вектор салынды. Бірақ біз тек екі сыныпты қолданамыз. Сондықтан соңғы қабатта 1х1 өлшемді конволюциялар қолданылды. Кіріс кескінінің өлшемі іріктеу арқылы анықталады (максималды біріктіру 2x2). Бұл қабаттың биіктігі мен енінің біркелкі мәндеріне кепілдік береді.

Бұл желі тарылу аймағындағы сәйкес объектілер жиынтығымен және екі 3x3 конволюциямен біріктіруді қолданды. Әр қабаттан кейін ReLu белсендіру функциясы арқылы түрлендіру жүреді. Бұл модель 22-суретте көрсетілгендей қан тамырларын сегменттеу үшін жақсы нәтиже береді.

Бұл алгоритмнің тиімділігін бағалау үшін стандартты ауытқу және дәлдік белгісі қолданылды [5]. Стандартты ауытқу келесідей есептеледі:

(3.12)

мұндағы n-пиксель нөмірі, x\_i-нәтиже белгісі (0 немесе 1), x - ықтималдық нәтижесі. Дәлдік-бұл дұрыс жауаптардың қалыпқа келтірілген саны. Сегменттеу тиімділігін бағалау 3-кестеде келтірілген.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (**a**) | res_24 | (**b**) | Изображение выглядит как текст, карта  Автоматически созданное описание |

**Сурет 22. Тамырлы тармақтарды сегменттеу нәтижелері және әртүрлі кескін түрлері үшін CNN көмегімен сегменттеу нәтижесі: (а) эндоскопиялық суретте; (б) көз түбінің суреті**

*Кесте 3.*

Тамырлы сегменттеу сапасын бағалау

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Деректер** | **Дәлдік** | **Стандартты ауытқу** |
| Тамырлы торды анықтау | 0.9517 | 0.1897 |
| Айқын аймақтар | 0.9321 | 0.2135 |
| Жалпы орташа баға | 0.9418 | 0.2016 |

**3.3 Динамикалық объектіні сегментациялау және карталарды қозғалысын анықтау.**

Классикалық оптикалық ағын идеясының дамуы интегралды оптикалық ағын болып табылады. Интегралды оптикалық ағын-бұл оптикалық ағын векторларының бірнеше кейінгі кадрларда жинақталуы. Осындай жинақтау нәтижесінде фондық орын ауыстыру векторларының алынған амплитудасы азаяды және алдыңғы қатардағы объектілердің орын ауыстыру векторларының алынған амплитудасы артады. Осылайша, фондық қозғалыстың хаотикалық сипатын анықтауға және объектінің қозғалысын анықтауға болады [85].

Кескіннің әрбір пикселі үшін интегралды оптикалық ағын берілген видеотізбектің фрагменті бойынша оптикалық ағын мәндерін біріктіру нәтижесінде пайда болады:

(3.13)

Мұндағы, – I видеотізбегіндегі классикалық оптикалық ағын, интегралды оптикалық ағын, интегралды оптикалық ағынды есептеуге арналған интервал, – I видеотізбегіндегі *It*(*p*) пикселінің *t+*1 кадрда орналасуы, бұл жағдайда *It*(*p*)*, It+*1(*pt+*1)*… It+itv-*1(*pt+itv-*1) әртүрлі уақыт нүктелерінде *p* түйініндегі *It*(*p*)пикселімен бірдей, *x* - компоненттерінің және *y* - мәндері *p* үшін бүтін сандар болып табылады.

Осылайша, бұл уақыт кезеңі ішінде *It* кадрынан пикселдердің ығысуы туралы деректерді жинақтайтын векторлық өріс.

Фондық қозғалысты шектеу және интегралды оптикалық ағынды есептеу кезінде алдыңғы объектілердің қозғалысын күшейту болашақта шекті сегменттеу арқылы алдыңғы аймақтарды бөлуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда орын ауыстыру векторының шамасы жеткілікті үлкен кез келген пиксель алдыңғы пикселдер ретінде қабылданады [52].

Қозғалыс карталарын құру үшін *pi* (0 *≤ i <n*) пикселі үшін тиімді қозғалыс траекториясы (*p*0*, p*1*, … , pn-*1) ұғымын енгіземіз. Тиімді траектория қозғалысты талдау үшін қандай траектория қолданылатынына байланысты қарапайым немесе интерполяцияланған қозғалыс траекториясы. *pi* (0 *≤ i <n*) үшін барлық тиімді қозғалыс траекториялары көптеген тиімді пиксель траекторияларын (*EMP* жиынтығы) құрайды.

Видеотізбектегі қозғалыс түрі мен бағыттарын бөліп көрсету және таңдалған бағыттарда қозғалатын пикселдер санын анықтау үшін қозғалыс карталары қолданылады. Бұл жағдайда қозғалыс қозғалатын пикселдер өтетін барлық түйіндер үшін сипатталады.

Жұмыстағы қозғалысты сипаттау үшін карталардың келесі түрлері қолданылады:

* әрбір түйін үшін берілген түйінге қарай қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта пиксель конвергенциясы картасы (*IQ* картасы)деп аталады;
* берілген түйіннен бағытта қозғалатын пикселдер санын анықтайтын карта, пиксель дивергенциясы картасы (*OQ* картасы);
* әрбір нүкте үшін берілген түйінге қарай барлық пикселдердің қозғалыс бағытын көрсететін алынған вектор анықталған карта, алынған пикселдердің конвергенция картасы (*ICM* картасы);
* әрбір нүкте үшін берілген түйіннен барлық пикселдердің қозғалысын көрсететін алынған вектор анықталған карта, алынған пиксель дивергенциясы картасы (*OCM* картасы).

век векторы пиксел қозғалысының тиімді траекториясы үшін интегралды оптикалық ағынның құрамдас бөлігі болып табылады (*p*0*, p*1*, …, pn-*1) (сурет 23).



**Сурет 23. -Берілген траектория үшін *p*0*pn-*1 (*n* ≥ 2) тиімді қозғалыс траекториясы және интегралды оптикалық ағын векторы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 5 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 2 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | |

**Сурет 24. Конвергенциялық қозғалыс картасы (IQ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 3 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 2 | 0 |

**Сурет 25. Дивергенция қозғалысының картасы (OQ)**

Траекторияның әрбір нүктесі үшін пикселдер санының үлесін және нәтижесінде қозғалысты анықтау үшін біз интегралды оптикалық ағынның нормаланған векторын қолданамыз, өйткені онда пикселдер саны мен олардың қозғалыс бағыты туралы деректер бар [33]. Оптикалық ағыс векторы үшін нормаланған вектор мына формуламен анықталады:

. (3.14)

θ және x осінің арасындағы бұрыш болсын, онда нормаланған вектор:

(3.15)

pi (0 ≤ i < n) траекториясының әрбір нүктесі үшін келесі мәндер есептеледі [6-A]:

(3.16)

(3.17)

(3.18)

, (3.19)

win, wout – - кіріс және шығыс пикселдердің санын анықтауға арналған салмақ коэффициенттері, win+wout=1. Салмақтық коэффициенттер келесідей есептеледі:

, (3.20)

, (3.21)

Мұндағы ' - p0pn-1 түзуінің координаталық тормен қиылысу нүктесі; интерполяцияланған қозғалыс траекториясын қалыптастыру процесінде оның мәні pi.-ге дейін дөңгелектенеді.

St(p) уақытындағы p пикселдердің тиімді траекторияларының жиыны болсын; IQt, OQt, ICMt және и OCMt сәйкесінше It кадрына арналған IQ, OQ, ICM және OCM карталары болып табылады, содан кейін бұл карталардағы пиксель p үшін мәндер болады:

, (3.22)

, (3.23)

, (3.24)

, (3.25)

мұндағы Sin (θ,p), Sout (θ,p), жоғарыдағы формулалар арқылы есептеледі.

Ұсынылған төрт қозғалыс картасын ескере отырып, пиксель қозғалысының келесі сипаттамаларын есептеуге болады:

IQ картасындағы максималды мәндер ең көп пикселдер саны қозғалатын түйіндерге сәйкес келеді;

OQ картасындағы максималды мәндер пикселдердің ең көп саны қозғалатын бағыттағы түйіндерге сәйкес келеді;

ICM картасындағы ең төменгі мәндер пикселдердің қозғалысы ең симметриялы болып табылатын түйіндерге сәйкес келеді;

OCM картасындағы ең төменгі мәндер нүктелерге сәйкес келеді, олардан пикселдердің жойылуы ең симметриялы болып табылады [29].

Тиісінше, IQ карталарындағы үлкен мәндері бар нүктелер және ICM карталарындағы векторлардың абсолютті мәндерінің шағын мәндері пиксельді біріктіру орталықтарына сәйкес келеді; OQ карталарындағы үлкен мәндерге сәйкес келетін нүктелер және OCM карталарындағы векторлардың шағын амплитудалары пикселдердің шашырау орталықтарына сәйкес келеді.

Объектілер жиынының қозғалысын сипаттау тек пиксель деңгейінде ғана емес, сонымен қатар аумақ деңгейінде де орындалуы мүмкін [9]. Аймақтағы қозғалысты сипаттауға мүмкіндік беретін сипаттамалар - қозғалыс бағыты, қозғалыс жылдамдығы және оның негізінде анықталған аймақтағы қозғалыс қарқындылығы. Қозғалыс бағыты нысанның қозғалатын аймағын көрсетеді. Берілген аумақтағы қозғалыс бағытын анықтау үшін [0,2π) кесіндісін бірнеше тең аралықтарға бөлуге және әрбір интервал үшін қозғалатын пикселдердің санын есептеуге болады. Ең көп пиксельдер саны бар интервал қозғалыстың негізгі бағытына сәйкес келеді.

-ден t+itv -ге дейінгі уақыт аралығындағы пиксель қозғалысының жылдамдығын орын ауыстыру модулі негізінде анықтауға болады:

(3.26)

уақытындағы ауданы үшін қозғалыс қарқындылығы мынаған тең болады:

(3.27)

мұндағы - аймағындағы түйіндер саны, - аймағындағы жалғыз түйін. Содан кейін объектілердің ауыр қозғалыс аймағын табу үшін шекті сегменттеу орындалады.

IQ және OQ карталары белгілі бір аймаққа кіретін және одан шығатын пикселдер санын анықтау үшін қолданылады. Ол үшін келесі қосымша сипаттамаларды қолдануға болады: аймаққа кіретін пикселдердің салыстырмалы саны және одан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны [12].

IRQt(r) аймағына енгізілген пикселдердің салыстырмалы саны осы аймақ үшін IQ картасындағы орташа мәнге тең. ORQt(r) аймағынан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны берілген аймақ үшін OQ картасындағы орташа мәнге тең. r аймағы және оның жақтауы үшін бұл мәндер келесідей есептеледі:

(3.28)

(3.29)

мұндағы – аймақтағы түйіндердің саны IQt(p), OQt(p) – It. кадрындағы түйіні үшін IQ және OQ карталарындағы мәндер. IRQt(r) мен ORQt(r), салыстыру арқылы облысқа кіретін және шығатын пикселдер санын салыстыруға болады, бұл объектілердің біріктіру немесе шашырау оқиғасының пайда болуын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл үшін сандық сипаттама ретінде мына қатынасқа тең IOIt, ауданының салыстырмалы коэффициентін қолдануға болады [8]:

(3.30)

мұндағы – белгілі бір аймақ, – жақтау үшін r аймағынан өтетін пикселдер санының салыстырмалы қатынасы. Егер IOIt(r)>1 болса, аймағынан шыққанға қарағанда көбірек пиксельдер енеді, ал IOIt(r)<1 аймағынан көбірек пикселдер шығады дегенді білдіреді.

Бұл жағдайда келесі теңсіздіктер орындалады:

және .

Теңдік белгісі пикселдер бір бағытта қозғалғанда қолданылады. Қозғалыс неғұрлым симметриялы болса, теңдеудің сол жағындағы мән соғұрлым үлкен болады.

Пиксельдер қозғалысының симметрия дәрежесін анықтау үшін аймақта симметрия коэффициенттерін қосымша пайдалануға болады. Кіріс пикселдеріне арналған аймақтың симметрия коэффициенті ISt(r) кіріс пикселдерінің салыстырмалы санының IRQt(r), ICM картасындағы сол аймақтың орташа мәніне бөлінгеніне тең:

(3.31)

мұндағы - жақтау үшін r аймағындағы түйіндер саны.

Сол сияқты, OSt(r) шығыс пикселдері үшін аймақ симметрия коэффициентін келесідей анықтауға болады:

(3.32)

мұндағы – кадр It үшін аймағындағы түйіндер саны, ORQt(r) – аймақтан шығатын пикселдердің салыстырмалы саны, OCM картасындағы аймағының орташа мәні.

ISt(r) ≥ 1 және OSt(r) ≥ 1және теңдік белгісі пикселдер дәл бір бағытта қозғалғанда қойылады. ISt(r) және OSt(r) коэффициенттерінің мәндері қозғалыс симметриясының жоғарылауымен өседі.

Үшінші тарау бойынша қорытынды:

1. Сипаттамаларды есептеуді жүзеге асыру оның жұмысының тиімділігін қамтамасыз ету үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді арнайы дайындауды талап етеді, ол бірнеше кезеңге бөлінеді.
2. Фундус линзасы бар бейне тұрақты емес, кескін объектінің айқындылығы мен орнын үнемі өзгертеді. Сондықтан маңызды міндеттердің бірі-нысан жақсы контрастқа ие болатын қызығушылық аймағын (ROI) анықтау.
3. Кескіннің ақпараттылығын дәлірек бағалау күрделі болып көрінеді және бірнеше көрсеткіштерге, соның ішінде жергілікті контрасттар мен бөлшектерге байланысты. Бұл топтың ең қарапайым әдісі кескіндердің төмен және жоғары жиіліктерін бөліп көрсетуге, содан кейін оларды қорытындылауға негізделген.
4. Тамырлы кескіндер үшін классикалық корреляцияға негізделген салыстыру әдісі ең жақсы нәтиже береді, өйткені ол олардың ерекшеліктеріне емес, тамырлардың кескіндеріне тікелей сүйенеді.
5. Суреттерді жылдам және сенімді салыстыру-бұл негізгі нүктелермен салыстыру.

**ҚОРЫТЫНДЫ**

1. Динамикалық объектіні оның қозғалыс дескрипторларының тапсырмасы негізінде формализациялау, бұл қозғалыс анықтамасында бейнелер тізбегіндегі объектілерді бақылау мәселелерін анықтау мен шешуді жеңілдетуге мүмкіндік беретін топтар мен жиынтықтарға біріктіру үшін тұжырымдамаларды қолдануға мүмкіндік берді.
2. Қозғалыс дескрипторлары негізінде динамикалық объектілерді мониторингтеу әдістемесі және мониторинг жүйелерінде одан әрі шешім қабылдау үшін қажетті объектінің мінез-құлық белгілерін анықтауға мүмкіндік беретін дескрипторлық карталарды қалыптастыруға негізделген күрделі құрылымдалған әр түрлі уақыттағы кескіндерді дәйекті талдау
3. Динамикалық көріністі дескриптивті бақылау әдістемесі динамикалық объектілерді топтарға бөлуге және фондық қозғалыстың орнын толтыру үшін сипаттамалық қозғалыс карталарын пайдалануға негізделген.
4. Практикалық есептің мысалы ретінде көз қантамырының динамикалық көрінісін сипаттамалық талдау әдістемесіне негізделген қан ағынын талдау технологиясы, фонның, қан тамырлардың және қан жасушаларының қозғалысысын сипаттамалық бақылау әдістемесі қолданылды. Нәтижесінде қан ағымы негізгі динамикалық объект ретінде анықталады, оның қозғалысы жасушалар тобының динамикалық дескрипторларының бірігуімен анықталады. Көз қантамырлары мен фондық динамикалық дескрипторларды анықтау барлық сыртқы қозғалыстарды өтеуге және тек қана қан ағымының қасиеттерін зерттеуге назар аударуға мүмкіндік берді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Bühler, K., Felkel, P., & La Cruz, A. *Geometric methods for vessel visualization and quantification—a survey* 399-419. Springer Berlin Heidelberg. (2004).
2. Anbarjafari, G. HSI based colour image equalization using iterative nth root and nth power. *arXiv preprint arXiv:1501.00108*. (2014).
3. van Vliet, S., Sobiecki, A., & Telea, A. C. Joint Brightness and Tone Stabilization of Capsule Endoscopy Videos. In *VISIGRAPP (****4****: VISAPP)* 101-112 (2018).
4. Kirbas, C., & Quek, F. A review of vessel extraction techniques and algorithms. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, ***36***(2), 81-121 (2004).
5. Mabrouk, M. S., Solouma, N. H., & Kadah, Y. M. Survey of retinal image segmentation and registration. (2006).
6. Faust, O., Acharya U, R., *et. al*. Algorithms for the automated detection of diabetic retinopathy using digital fundus images: a review. *Journal of medical systems*, ***36***, 145-157 (2012).
7. Fraz, M. M., Remagnino, P., Hoppe, A., Velastin, S., Uyyanonvara, B., & Barman, S. A. A supervised method for retinal blood vessel segmentation using line strength, multiscale Gabor and morphological features. In *IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)* 410-415 (2011, November).
8. Abràmoff, M. D., *et. al*. Evaluation of a system for automatic detection of diabetic retinopathy from color fundus photographs in a large population of patients with diabetes. *Diabetes care*, ***31***(2), 193-198 (2008).
9. Mookiah, M. R. K., Hogg, S., *et. al*. A review of machine learning methods for retinal blood vessel segmentation and artery/vein classification. *Medical Image Analysis*, ***68***, 101905 (2021).
10. Khandouzi, A., *et. al*. Retinal vessel segmentation, a review of classic and deep methods. *Annals of Biomedical Engineering*, ***50***(10), 1292-1314 (2022).
11. Girard, F., Kavalec, C., & Cheriet, F. Joint segmentation and classification of retinal arteries/veins from fundus images. *Artificial intelligence in medicine*, ***94***, 96-109 (2019).
12. Yi, Y., Guo, C., Hu, Y., Zhou, W., & Wang, W. BCR-UNet: Bi-directional ConvLSTM residual U-Net for retinal blood vessel segmentation. *Frontiers in Public Health*, ***10***, (2022).
13. Fraz, M. M., Remagnino, P., *et. al*. Blood vessel segmentation methodologies in retinal images–a survey. *Computer methods and programs in biomedicine*, ***108***(1), 407-433 (2012).
14. Das, S., De Ghosh, I., & Chattopadhyay, A. An efficient deep sclera recognition framework with novel sclera segmentation, vessel extraction and gaze detection. *Signal Processing: Image Communication*, ***97***, 116349, (2021).
15. Firago, V. A., Kubarko, A. I., Hotra, O., Volkova, I., Kozbakova, A., & Musabekov, N. Determination of blood flow velocity in vessels of the bulbar conjunctiva. *Przegląd Elektrotechniczny*, ***8***(92), 105-108 (2016).
16. Al-Bayati, A. N. Adaptive algorithm for image contrast estimation. *AL-TAQANI*, ***20***(1), 52-61 (2007).
17. Liu, X., et. al. Advances in deep learning-based medical image analysis. *Health Data Science*, (*2021)*.
18. Felkel, P., Wegenkittl, R., & Kanitsar, A. Vessel tracking in peripheral CTA datasets-an overview. In*IEEE* *Proceedings Spring Conference on Computer Graphics*, 232-239, (2001, April).
19. Elliott, D. F., & Rao, K. R. *Fast transforms algorithms, analyses, applications*. Elsevier, (1983).
20. Lowe, D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International journal of computer vision*, ***60*,** 91-110 (2004).
21. Bay, H., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. Surf: Speeded up robust features. *Lecture notes in computer science*, ***3951***, 404-417 (2006).
22. Bansal, M., Kumar, M., Kumar, M., & Kumar, K. An efficient technique for object recognition using Shi-Tomasi corner detection algorithm. *Soft Computing*, ***25***, 4423-4432 (2021).
23. Ammar, A., Fredj, H. B., & Souani, C. Accurate realtime motion estimation using optical flow on an embedded system. *Electronics*, ***10***(17), 2164 (2021).
24. Farnebäck, G. Two-frame motion estimation based on polynomial expansion. In *Image Analysis: 13th Scandinavian Conference,* 363-370, (2003).
25. Lakshminarayanan, V., Kheradfallah, H., Sarkar, A., & Jothi Balaji, J. Automated detection and diagnosis of diabetic retinopathy: A comprehensive survey. *Journal of Imaging*, ***7***(9), 165 (2021).
26. Winder, R. J., Morrow, P. J., McRitchie, I. N., Bailie, J. R., & Hart, P. M. Algorithms for digital image processing in diabetic retinopathy. *Computerized medical imaging and graphics*, ***33***(8), 608-622 (2009).
27. Nedzved, A., Nedzved, O., Glinsky, A., Karapetian, G., Gurevich, I., & Yashina, V. Detection of dynamical properties of flow in an eye vessels by video sequences analysis. In  *International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)* 275-280 (2017, July).
28. Ciresan, D., Giusti, A., Gambardella, L., & Schmidhuber, J. Deep neural networks segment neuronal membranes in electron microscopy images. *Advances in neural information processing systems*, ***25***, (2012).
29. Chen, C., Ye, S., Chen, H., Nedzvedz, A., Ablameyko, S., & Nedzvedz, O. Determination of blood flow characteristics in eye vessels in video sequence. *Informatica*, ***43***(4), (2019).
30. Chen, J., *et. al*. Mu-net: Multi-path upsampling convolution network for medical image segmentation. *CMES-Computer Modeling in Engineering and Sciences*. (2022).
31. Wilson, J. N., & Ritter, G. X. (2000). *Handbook of computer vision algorithms in image algebra*. CRC press.
32. Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015, October). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234-241). Springer, Cham.
33. Rosten, E., Porter, R., & Drummond, T. (2008). Faster and better: A machine learning approach to corner detection. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, *32*(1), 105-119.
34. Huh, S., & Kanade, T. (2013, September). Apoptosis detection for non-adherent cells in time-lapse phase contrast microscopy. In *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (pp. 59-66). Springer, Berlin, Heidelberg.
35. Kamencay, P., Breznan, M., Jarina, R., Lukac, P., & Zachariasova, M. (2012). Improved Depth Map Estimation from Stereo Images Based on Hybrid Method. *Radioengineering*, *21*(1).
36. Ishikawa-Ankerhold, H. C., Ankerhold, R., & Drummen, G. P. (2012). Advanced fluorescence microscopy techniques—Frap, Flip, Flap, Fret and flim. *Molecules*, *17*(4), 4047-4132.
37. Kataoka, H., Aoki, Y., Iwata, K., & Satoh, Y. (2015, December). Evaluation of vision-based human activity recognition in dense trajectory framework. In *International Symposium on Visual Computing* (pp. 634-646). Springer, Cham.
38. Ke, Y., & Sukthankar, R. (2004, June). PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors. In *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2004. CVPR 2004.* (Vol. 2, pp. II-II). IEEE.
39. Khetarpal, K. (2015). Detection of Conjugate Points on Pair of Overlapping Image Using Epipolar Correlation. *In international Journal of scientific research and management (IJSRM)*, *3*(7), 3312-3315.
40. Kirbas, C., & Quek, F. (2004). A review of vessel extraction techniques and algorithms. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, *36*(2), 81-121.
41. Kovalev, V., & Kruggel, F. (2007). Texture anisotropy of the brain's white matter as revealed by anatomical MRI. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *26*(5), 678-685.
42. Kovalev, V. A., & Petrou, M. (2000). Texture analysis in three dimensions as a cue to medical diagnosis. *Handbook of medical imaging: processing and analysis*, 231-247.
43. Black, M. J., and Jepson, A. D. (1998). Eigentracking: Robust Matching and Tracking of Articulated Objects Using a View-Based Representation. Intl.
44. J. Comput. Vis. 26, 63–84. doi:10.1023/a:1007939232436
45. Bolme, D. S., Beveridge, J. R., Draper, B. A., and Lui, Y. M. (2010). Visual Object Tracking Using Adaptive Correlation Filters. 2010 IEEE Comput. Soc. Conf.
46. Comput. Vis. Pattern Recognit. doi:10.1109/cvpr.2010.5539960
47. Cao, S-x. (2001). Analysis on the Optimization of Optical Flow Estimation Algorithms. J. Beijing Broadcast. Institute Science Technol. (4), 23–29.
48. Danelljan, M., Häger, G., Khan, F., and Felsberg, M. (2014). Accurate Scale Estimation for Robust Visual Tracking. Proceedings of the British Machine Vision Conference 2014. Nottingham, United Kingdom. doi:10.5244/c.28.65
49. Danelljan, M., Hager, G., Khan, F. S., and Felsberg, M. (2017). Discriminative Scale Space Tracking. IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell. 39 (8). doi:10.1109/TPAMI.2016.2609928
50. Heap, T., and Hogg, D. (1996). Towards 3D Hand Tracking Using a Deformable Model. Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. IEEE, Killington, VT, USA, October 1996, 140–145.
51. Henriques, J. F., Caseiro, R., Martins, P., and Batista, J.(2012) Exploitingthe Circulant Structure of Tracking-By-Detection with Kernels. Comput. Vis. –ECCV 2012,
52. Lecture Notes Comput. Sci.,702–715. doi:10.1007/978-3-642-33765-9\_50
53. Huang, D.-Y., Hu, W.-C., and Hsu, M.-H. (2009). Adaptive Skin Color Model Switching for Face Tracking under Varying Illumination. Proceedings of Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control. IEEE, Kaohsiung, Taiwan, December 2009, 326–329. doi:10.1109/icicic.2009.71
54. Jayaram, E. A. (1996). Fuzzy Connectedness and Object Deﬁnation Theory, Algorithms, and Applications in Image Segmentation. Graph. Models Image
55. Guofeng Qin, Jiahao Qin, Qiufang Xia, Jianghuang Zou, Pengpeng Lin, Chengkun Ren and Ruihan Wang. (2022). Dynamic Target Tracking Method Based on Medical Imaging. *Frontiers journal.*
56. Bonechi, S., Bianchini, M., Scarselli, F., and Andreini, P. 2020. Weak supervision for generating pixel–level annotations in scene text segmentation. Patt. Recog. Letters 138:1–7.
57. Divya, B., Goswami, M.M., and Mitra, S. (2020). DNN based approaches for Segmentation of Handwritten Gujarati Text. IEEE International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cyber Security (iSSSC).
58. Fermanian, R., Yaacoub, C., Akl, A., & Petra Bilane, P. 2020. Deep Recognition-based Character Segmentation in Handwritten Syriac Manuscripts. Tenth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA), IEEE.
59. Neche, C., Belaïd, A. & Kacem-Echi, A. 2019. Arabic Handwritten Documents Segmentation into Text-lines and Words using Deep Learning. Proc. of ICDAR Workshops, pp.19-24.
60. Savitha, C. K., Ujwal, U. J., & Smitha, M. L. 2021. Detection of Single and Multi-character Tulu Text Blocks. IEEE Int. Conf. on Mobile Networks and Wireless Comm. (ICMNWC).
61. Sharma, M.K. & Dhaka, V.P. 2016. Pixel plot and trace based segmentation method for bilingual handwritten scripts using feedforward neural network. Neural Comput. Appl., 27(7):1817-1829.
62. Shokoohi-Yekta, M., Hu, B., Jin, H., Wang, J. & Keogh, E. 2017. Generalizing Dynamic Time Warping to the Multi-Dimensional Case Requires an Adaptive Approach. Data Min Knowl Discov. 31(1):1–31.
63. Singh, P.K., Sinha, S., Chowdhury, S.P., Sarkar, R. & Nasipuri, M. 2016. Word Segmentation from Unconstrained Handwritten Bangla Document Images using Distance Transform. Comput. Commun. Technol. pp. 473–484.
64. Xu, X., Zhang, Z., Wang, Z., et al. 2021. Rethinking Text Segmentation: A Novel Dataset and A Text-Specific Refinement Approach. IEEE CVPR. Pp. 12040-12050.
65. Bolya D, Zhou C, Xiao F, Lee YJ (2019) Yolact: real-time instancesegmentation. In: Proceedings of IEEE International Conference onComputer Vision, pp 9157–9166.
66. Brooks T, Mildenhall B, Xue T, Chen J, Sharlet D, Barron JT (2019)Unprocessing images for learned raw denoising. In: Proceedings ofIEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp11036–11045.
67. Chen H, Sun K, Tian Z, Shen C, Huang Y, Yan Y (2020) Blendmask:Top-down meets bottom-up for instance segmentation. In: Proceed-ings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recogni-tion, pp 8573–8581.
68. Kirillov A, Wu Y, He K, Girshick R (2020) Pointrend: Image segmen-tation as rendering. In: Proceedings of IEEE Conference on Com-puter Vision and Pattern Recognition, pp 9799–9808.
69. Lin TY, Goyal P, Girshick R, He K, Doll ́ar P (2017b) Focal loss fordense object detection. In: Proceedings of IEEE International Con-ference on Computer Vision, pp 2980–2988.
70. Redmon J, Divvala S, Girshick R, Farhadi A (2016) You only lookonce: Unified, real-time object detection. In: Proceedings of IEEEConference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 779–788.
71. Carass, A., Lang, A., Hauser, M., Calabresi, P.A., Ying, H.S., Prince, J.L.:Multiple-object geometric deformable model for segmentation of macular OCT.Biomedical optics express 5(4), 1062–1074 (2014).
72. Fang, L., Cunefare, D., Wang, C., Guymer, R.H., Li, S., Farsiu, S.: Automaticsegmentation of nine retinal layer boundaries in OCT images of non-exudativeAMD patients using deep learning and graph search. Biomedical optics express8(5), 2732–2744 (2017).
73. Gawlik, K., Hausser, F., Paul, F., Brandt, A.U., Kadas, E.M.: Active contourmethod for ILM segmentation in ONH volume scans in retinal OCT. Biomedicaloptics express 9(12), 6497–6518 (2018).
74. C. Morimoto, R. Chellappa, in Proceedings of the DARPA ImageUnderstanding Workshop. Evaluation of image stabilization algorithms(IEEE, New Jersey, 1998), pp. 295–302.
75. Jensen, M.B.; Philipsen, M.P.; Bahnsen, C.; Møgelmose, A.; Moeslund, T.B.; Trivedi, M.M. Traffic lights detection at night:Comparison of a learning-based detector and three model-based detectors. In Proceedings of the 11th Symposium on VisualComputing, Las Vegas, NV, USA, 14–16 December 2015; pp. 774–783.
76. Hu, Q.; Paisitkriangkrai, S.; Shen, C.; van den Hengel, A.; Porikli, F. Fast detection of multiple objects in traffic scenes with acommon detection framework. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2015, 17, 1002–1014. [CrossRef].
77. Das S, Kundu MK: Effective management of medical informationthrough ROI-lossless fragile image watermarking technique.Computer Methods and Programs in Biomedicine 111(3):662–75,2013.
78. Fridrich AJ, Soukal BD, and Lukáš AJ: Detection of copy-moveforgery in digital images. Proceedings of Digital Forensic ResearchWorkshop 3(2):652–63, 2003.
79. Memon NA, Chaudhry A, Ahmad M, Keerio ZA. Hybridwatermarking of medical images for ROI authentication and recov-ery. International Journal of Computer Mathematics. 2011; 88(10):2057–71.
80. Bay H, Tuytelaars T, Van Gool L SURF: speeded up robust fea-tures. Lect Notes Comput Sci (including Subser Lect Notes ArtifIntell Lect Notes Bioinformatics). p. 404–17, 2006.
81. Lowe G: SIFT, the scale invariant feature transform. Int J. OfComputer Vision, 60(2), 91–110, 2004.
82. Eswaraiah R, Sreenivasa Reddy E: Medical image watermarkingtechnique for accurate tamper detection in ROI and exact recoveryof ROI. Int J Telemed Appl. Hindawi Publishing Corporation;2014; 2014:1–10.
83. Zhou, G.; Li, J. Method of Image Measuring on the Deviation of Lower Reflection Image-Stabilization. J. Armored Force 2007, 21, 5.
84. Zhou, T.; Zhu, Q.; Hang, M.; Cai, G.; Xu, X. Defect Detection of Chip Based om Improved YOLOv3. Laser Optoelectron. Prog. 2021,58, 8.
85. Zhang, C.; Hu, X.; Niu, H. Vehicle object detection based on improved YOLOv5 method. J. Sichuan Univ. (Nat. Sci. Ed.)2022, 59, 73–81.
86. Redmon, J.; Farhadi, A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger. In Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision andPattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017; pp. 6517–6525.
87. Tan, M.; Pang, R.; Le, Q.V. EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection. arXiv 2019, arXiv:1911.09070.
88. Rudnicki Z. (2010) Methods of computer image analysis intribological research. AGH Publishing House, Krakow.
89. Dalka P. (2014) Methods of algorithmic video image analysis foruse in road traffic monitoring, PhD thesis. Gdansk University ofTechnology.
90. Piatkowski T., Wolski M., Osowski P. (2018) Method fordetermining motion trajectories of characteristic pointsregistered by a video camera. Engineering Mechanics, 24 rd International Conference EngineeringMechanics,Svratka,CzechRepublic, 14-17.05.2018, 677-680.
91. Guilluy W., Oudre L., Beghdadi A. (2021) “Video stabilization:Overview, challenges and perspectives”. Signal Processing:Image Communication, 90.
92. Wang Y., Huang Q., Jiang C., Liu J., Shang M., Miao Z., (2023)“Video stabilization: A comprehensive survey”,Neurocomputing, 516, 205-230.
93. Ren Z., Chen C., Fang M. (2021) Self-calibration method ofgyroscope and camera in video stabilization. 2021 InternationalConference on Electronic Information Engineering andComputer Science, September, 23-26 2021, Changchun, China.
94. Moeslund T. B. (2012) Introduction to video and imageprocessing: building real systems and applications.Undergraduate Topics in Computer Science book series,Aalborg, Denmark.
95. Akinlar, C., Topal, C.: EDLines: A real-time line segment detector with afalse detection control. Pattern Recognition Letters 32(13), 1633–1642 (2011).
96. Casiez, G., Roussel, N., Vogel, D.: 1€ filter: a simple speed-based low-passfilter for noisy input in interactive systems. In: Proceedings of the SIGCHIConference on Human Factors in Computing Systems. pp. 2527–2530 (2012).
97. Acuna, D., Ling, H., Kar, A., Fidler, S.: Efficient interactive annotation ofsegmentation datasets with polygon-rnn++. In: Proceedings of the IEEE con-ference on Computer Vision and Pattern Recognition. pp. 859–868 (2018).
98. F. La Rosa, M. Celvisia Virzì, F. Bonaccorso, M. Branciforte, Optical imagestabilization (ois). STMicroelectronics white paper 2015 (2015).
99. S. Kumar, H. Azartash, M. Biswas, T. Nguyen, Real-time affine globalmotion estimation using phase correlation and its application for digitalimage stabilization. IEEE Trans. Image Process. 20, 3406–3419 (2011).
100. S. Liu, L. Yuan, P. Tan, J. Sun, in IEEE CVPR. Steadyflow: spatially smoothoptical flow for video stabilization (IEEE, New Jersey, 2014), pp. 4209–4216.
101. J. Dong, H. Liu, Video stabilization for strict real-time applications. IEEETrans. Circ. Syst. Video Technol. 27, 716–724 (2017).
102. J. Song, X. Ma, in IEEE 7th International Conference on Awareness Scienceand Technology. A novel real-time digital video stabilization algorithmbased on the improved diamond search and modified Kalman filter (IEEE,New Jersey, 2015)*.*
103. Maraghi, T. F. (2003). Robust Online AppearancModels for Visual Tracking. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 25,1296–1311. doi:10.1109/tpami.2003.12339

# ҚОСЫМША А

**Бағдарлама коды:**

import cv2

import numpy as np

def getROI(contours):

cd = list(contours)

co = [1000,1000,0,0]

for i in contours:

vlen = len(i)

if vlen<100 :

cd.remove(i)

if co[0] > i[0][0][0]:

co[0] =i[0][0][0]

if co[1] > i[0][0][1]:

co[1] =i[0][0][1]

if co[2] < i[0][0][1]:

co[2] =i[0][0][1]

if co[3] < i[0][0][1]:

co[3] =i[0][0][1]

return [cd,co]

def getBOXrange(co,meanc):

rangeV=100

xc=meanc[0]

yc=meanc[1]

x1=(co[2]-co[0])/2+co[0]

y1=(co[3]-co[1])/2+co[1]

if meanc[0]>0:

if xc>x1:

if(xc-x1>rangeV):

return [-1,-1]

if yc>y1:

if(yc-y1>rangeV):

return [-1,-1]

return [x1,y1]

def savedata(N,cd,co,xc,yc):

f = open("d:/datafile2.txt", "a")

f.write("Now the file has more content!")

f.close()

# Create a VideoCapture object and read from input file

cap = cv2.VideoCapture('D:/video/vessels/1/1arakgv1.avi')

frame\_count = int(cap.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_COUNT))

print(frame\_count)

# Check if camera opened successfully

if (cap.isOpened()== False):

print("Error opening video file")

#счетчик информативных кадров

startframe=0

meanc=[0,0]

# Read until video is completed

#f = open("d:/datafile2.csv", "a")

val=np.zeros((2, 7))

while(cap.isOpened() and startframe < frame\_count):

# Capture frame-by-frame

ret, frame1 = cap.read()

if ret == True:

frame = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)

#processing

sobelx = cv2.Sobel(frame,cv2.CV\_64F,1,0,ksize=3)

sobely = cv2.Sobel(frame,cv2.CV\_64F,0,1,ksize=3)

sobelx64f=np.maximum(sobelx,sobely)

sobel\_8u = cv2.convertScaleAbs(sobelx64f)

sobel\_8u = cv2.line(sobel\_8u, (150,0), (150,720), 0, 20)

#sobel\_8u = cv2.equalizeHist(sobel\_8u)

#cv2.imwrite('D:/!/s0.jpg',frame)

#cv2.imwrite('D:/!/sm.jpg',sobelx64f)

#cv2.imwrite('D:/!/sam.jpg',sobel\_8u)

#infomation region

tresh,binimg=cv2.threshold(sobel\_8u,25,255,cv2.CV\_8U)

kernel = np.ones((3, 3), 'uint8')

#cv2.imwrite('D:/!/th.jpg',binimg)

binimg= cv2.erode(binimg,kernel,1)

kernel = np.ones((7, 7), 'uint8')

binimg= cv2.dilate(binimg,kernel,1)

#cv2.imwrite('D:/!/th2.jpg',binimg)

#binimg = cv2.line(binimg, (158,0), (158,720), 0, 10)

# detect the contours on the binary image

#using cv2.CHAIN\_APPROX\_NONE

contours, hierarchy = cv2.findContours(image=binimg, mode=cv2.RETR\_TREE, method=cv2.CHAIN\_APPROX\_NONE)

[cd,co] = getROI(contours)

if(len(cd)>0):

##cv2.drawContours(image=frame1, contours=cd,q contourIdx=-1, color=(0, 0, 255), thickness=2, lineType=cv2.LINE\_AA)

meanc=getBOXrange(co,meanc)

else:

meanc=[0,0]

print (startframe,co)

startframe+=1

#val=np.array([startframe,meanc[0],meanc[1],co[0],co[1],co[2],co[3]])

val=np.insert(val, startframe, np.array((startframe,meanc[0],meanc[1],co[0],co[1],co[2],co[3])), 0)

#c = np.array2string(val)

#f.write(c)

# # Display the resulting frame

cv2.imshow('Frame', binimg)

cv2.imshow('Frame1', frame1)

# Press Q on keyboard to exit

if cv2.waitKey(25) & 0xFF == ord('q'):

break

# Break the loop

else:

break

# When everything done, release

# the video capture object

cap.release()

np.savetxt('data1.txt',val,fmt='%.2f')

#f.close()

# Closes all the frames

cv2.destroyAllWindows()

#

import cv2

import numpy as np

def getROI(contours):

cd = list(contours)

co = [1000,1000,0,0]

for i in contours:

vlen = len(i)

if vlen<100 :

cd.remove(i)

if co[0] > i[0][0][0]:

co[0] =i[0][0][0]

if co[1] > i[0][0][1]:

co[1] =i[0][0][1]

if co[2] < i[0][0][1]:

co[2] =i[0][0][1]

if co[3] < i[0][0][1]:

co[3] =i[0][0][1]

return [cd,co]

def getBOXrange(co,meanc):

rangeV=100

xc=meanc[0]

yc=meanc[1]

x1=(co[2]-co[0])/2+co[0]

y1=(co[3]-co[1])/2+co[1]

if meanc[0]>0:

if xc>x1:

if(xc-x1>rangeV):

return [-1,-1]

if yc>y1:

if(yc-y1>rangeV):

return [-1,-1]

return [x1,y1]

def savedata(N,cd,co,xc,yc):

f = open("d:/datafile2.txt", "a")

f.write("Now the file has more content!")

f.close()

# Create a VideoCapture object and read from input file

cap = cv2.VideoCapture('D:/video/vessels/1/1arakgv1.avi')

frame\_count = int(cap.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_COUNT))

print(frame\_count)

# Check if camera opened successfully

if (cap.isOpened()== False):

print("Error opening video file")

#счетчик информативных кадров

startframe=0

meanc=[0,0]

# Read until video is completed

#f = open("d:/datafile2.csv", "a")

val=np.zeros((2, 7))

while(cap.isOpened() and startframe < frame\_count):

# Capture frame-by-frame

ret, frame1 = cap.read()

if ret == True:

frame = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)

#processing

sobelx = cv2.Sobel(frame,cv2.CV\_64F,1,0,ksize=3)

sobely = cv2.Sobel(frame,cv2.CV\_64F,0,1,ksize=3)

sobelx64f=np.maximum(sobelx,sobely)

sobel\_8u = cv2.convertScaleAbs(sobelx64f)

sobel\_8u = cv2.line(sobel\_8u, (150,0), (150,720), 0, 20)

#sobel\_8u = cv2.equalizeHist(sobel\_8u)

#cv2.imwrite('D:/!/s0.jpg',frame)

#cv2.imwrite('D:/!/sm.jpg',sobelx64f)

#cv2.imwrite('D:/!/sam.jpg',sobel\_8u)

#infomation region

tresh,binimg=cv2.threshold(sobel\_8u,25,255,cv2.CV\_8U)

kernel = np.ones((3, 3), 'uint8')

#cv2.imwrite('D:/!/th.jpg',binimg)

binimg= cv2.erode(binimg,kernel,1)

kernel = np.ones((7, 7), 'uint8')

binimg= cv2.dilate(binimg,kernel,1)

#cv2.imwrite('D:/!/th2.jpg',binimg)

#binimg = cv2.line(binimg, (158,0), (158,720), 0, 10)

# detect the contours on the binary image

#using cv2.CHAIN\_APPROX\_NONE

contours, hierarchy = cv2.findContours(image=binimg, mode=cv2.RETR\_TREE, method=cv2.CHAIN\_APPROX\_NONE)

[cd,co] = getROI(contours)

if(len(cd)>0):

##cv2.drawContours(image=frame1, contours=cd,q contourIdx=-1, color=(0, 0, 255), thickness=2, lineType=cv2.LINE\_AA)

meanc=getBOXrange(co,meanc)

else:

meanc=[0,0]

print (startframe,co)

startframe+=1

#val=np.array([startframe,meanc[0],meanc[1],co[0],co[1],co[2],co[3]])

val=np.insert(val, startframe, np.array((startframe,meanc[0],meanc[1],co[0],co[1],co[2],co[3])), 0)

#c = np.array2string(val)

#f.write(c)

# # Display the resulting frame

cv2.imshow('Frame', binimg)

cv2.imshow('Frame1', frame1)

# Press Q on keyboard to exit

if cv2.waitKey(25) & 0xFF == ord('q'):

break

# Break the loop

else:

break

# When everything done, release

# the video capture object

cap.release()

np.savetxt('data1.txt',val,fmt='%.2f')

#f.close()

# Closes all the frames

cv2.destroyAllWindows()

import numpy as np

import cv2

#

cap = cv2.VideoCapture("d:/aaa.avi")

# video recorder

w=int(cap.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_WIDTH))

h=int(cap.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_HEIGHT))

fourcc = cv2.VideoWriter\_fourcc(\*'XVID')

writer = cv2.VideoWriter("d:/out.avi",fourcc, 20.0, (w,h))

# params for ShiTomasi corner detection

feature\_params = dict( maxCorners = 100,

qualityLevel = 0.3,

minDistance = 7,

blockSize = 7 )

# Parameters for lucas kanade optical flow

lk\_params = dict( winSize = (15, 15),

maxLevel = 2,

criteria = (cv2.TERM\_CRITERIA\_EPS | cv2.TERM\_CRITERIA\_COUNT, 10, 0.03))

# Create some random colors

color = np.random.randint(0, 255, (100, 3))

# Take first frame and find corners in it

ret, old\_frame = cap.read()

old\_gray = cv2.cvtColor(old\_frame, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)

p0 = cv2.goodFeaturesToTrack(old\_gray, mask = None, \*\*feature\_params)

# Create a mask image for drawing purposes

mask = np.zeros\_like(old\_frame)

mx0=0

my0=0

while(1):

ret, frame = cap.read()

if not ret:

print('No frames grabbed!')

break

frame\_gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR\_BGR2GRAY)

# calculate optical flow

p1, st, err = cv2.calcOpticalFlowPyrLK(old\_gray, frame\_gray, p0, None, \*\*lk\_params)

# Select good points

if p1 is not None:

good\_new = p1[st==1]

good\_old = p0[st==1]

xy=good\_new-good\_old

mx=np.median(xy[...,0])+mx0

my=np.median(xy[...,1])+my0

mx0=mx

my0=my

num\_rows, num\_cols = frame\_gray.shape[:2]

translation\_matrix = np.float32([ [1,0,-mx], [0,1,-my] ])

img\_translation = cv2.warpAffine(frame\_gray, translation\_matrix, (num\_cols, num\_rows))

cv2.imshow('video', img\_translation)

writer.write(img\_translation)

# draw the tracks

for i, (new, old) in enumerate(zip(good\_new, good\_old)):

a, b = new.ravel()

c, d = old.ravel()

mask = cv2.line(mask, (int(a), int(b)), (int(c), int(d)), color[i].tolist(), 2)

frame = cv2.circle(frame, (int(a), int(b)), 5, color[i].tolist(), -1)

img = cv2.add(frame, mask)

#cv2.imshow('frame', img)

k = cv2.waitKey(30) & 0xff

if k == 27:

break

# Now update the previous frame and previous points

old\_gray = frame\_gray.copy()

p0 = good\_new.reshape(-1, 1, 2)

writer.release()

cap.release()

cv2.destroyAllWindows()

# ҚОСЫМША Б

**Авторлық құқық объектісіне мемлекеттік тіркеу туралы куәлік**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Автоматически созданное описание

**ҚОСЫМША В**

**Енгізу актісі**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Автоматически созданное описание