И. АРАБАЕВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК
УНИВЕРСИТЕТИ
И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК
ТЕХНИКАЛЫК УНИВЕРСИТЕТИ

Д 05.23.689 Диссертациялык Кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК 004.4’22:004.89 (043.3)

ЛЯН ЧЖАНЬХАО

Автоматташтырылган системдердеги компьютердик акылдуу системдерди иштеп чыгуу жана изилдөө

техника илимдеринин кандидаттык даражасына изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын

Авторефераты

05.13.06 – “Технологиялык жана өндүрүштүк процесстерди автоматташтыруу жана башкаруу” адистиги

Бишкек – 2025

Иш И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Автоматтык башкаруу кафедрасында аткарылган

Илимий жетекчи:	Кыргыз Республикасынын илимине эмгек сиңирген ишмер, техника илимдеринин доктору, КМТУнун «Автоматтык башкаруу» кафедрасынын профессору, **Батырканов Жениш Исакунович.**
Официалдуу оппоненттер:	Техникалык илимдердин доктору, З. Алдамжар атындагы КСТУнин проректору, техникалык илимдердин доктору, профессор **Баймухамедов Малик Файзуллович.**
	______________________________
Жетектөөчү уюм:	К. И. Скрябина атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети. «Айыл чарбасын электрлештирүү жана автоматташтыруу» кафедрасы 720005, Бишкек шаары, Медерова көчөсү 68.

Коргоо «28» _______ 2025-жылы саат 16:00дө И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети тарабынан техникалык илимдердин доктору (кандидаты) илимий даражасын алуу үчүн диссертацияларды коргоо боюнча диссертациялык кеңештин Д 05.23.689 жыйынында өтөт. Дареги: Кыргызстан, 720026, Бишкек шаары, Раззаков көчөсү, 51, корпус №2, конференц зал.

Диссертация менен таанышууну И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин китепканаларынан төмөнкү дарек боюнча жүргүзүүгө болот: Кыргызстан, 720026, Бишкек шаары, И. Раззаков көчөсү, 51 жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин китепканаларынан төмөнкү дарек боюнча: Кыргызстан, 720044, Бишкек шаары, Ч. Айтматов 66.

Конференциянын коду: 903-507-9973

“28” ___ 2025 ж. Автореферат таркатылган

Диссертациялык Кенештин
Окумуштуу катчысы,
т.и.к., доцент У. Т. Керимов

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу. Азыркы убакта технологиянын тез өнүгүп жаткан доорунда автоматташтыруу технологиясы бардык жашоо чөйрөлөрүндө маанилүү кыймылдаткыч күчкө айланды. Автоматташтыруу системалары өнөр жай өндүрүшү, медициналык мониторинг же "Акылдуу үй" түзүүдө болобу, абдан чоң ролду ойнойт.

Жасалма интеллектин киргизүү, чоң маалыматтарды талдоо жана IoT технологиялары менен автоматташтыруу чөйрөсү кеңири тарады. Мисалга алсак азыркы күндө, өнөр жай роботтору, өндүрүш линияларында чогултууну так аткара алышат, жана да "Акылдуу үй" түзмөктөрү колдонуучунун адаттарына жараша айлана-чөйрөнүн параметрлерин жөндөп, ал эми медицина чөйрөсүндө, ден -соолукка мониторинг жүргүзүү системалары, ооруларды алдын алууга жана бейтаптарга кам көрүүгө так маалыматты камсыз кыла алышат.

Акыркы жылдары автоматташтырылган технологияларды ден-соолукка мониторинг жүргүзүүдө өзгөчө маанилүү болуп калды, өзгөчө карыларды коргоо максатында жүргүзүлгөн инновациялык изилдөөлөрдө. Карылар арасында кулап кетүү кеңири тараган жана бул нерсе олуттуу коркунучту түзөт, жада калса ден -соолукка зыян келтириши же өмүргө коркунуч туудурушу да мүмкүн. Ошондуктан, кулап кетүү учурларын реалдуу убакыт режиминде байкап, аны тааный алган акылдуу системаларды иштеп чыгуу өтө зарыл. Ушул сыяктуу акылдуу системалар карылардын жашоо сапатын жакшыртып, ар кандай кыйынчылыктарда медициналык кызматкерлерге өз убагында жардам көрсөтүүгө мүмкүнчүлүк түзө алат.

Салттуу кулап кетүүнү аныктоо ыкмалары негизинен сенсордук ыкмаларга, мисалы, кийимге тагынып жүрүүчү түзмөктөргө же айлана-чөйрөнүн датчиктерине таянат. Бирок бул ыкмалар практикада көптөгөн чектөөлөргө дуушар болот, мисалы, кийүүдө ыңгайсыздык жана айлана-чөйрөдөн келип чыккан интерференциялардын таасири тийиши мүмкүн. Компьютердик көрүү жана жасалма интеллект алгоритмдеринин өнүгүшү менен, терең үйрөнүүгө негизделген кулап кетүүнү аныктоо ыкмалары акырындык менен изилдөөлөрдүн эң жогорку деңгээлине чыкты. Бул ыкмалар адамдын жүрүм-турумун видеодон натыйжалуу анализдеп гана тим болбостон, ошондой эле татаал шарттарда аныктоо жана туруктуулугу менен айырмаланат.

Жогоруда айтылганды эске алып, аталган жумуш автоматташтыруу технологияларын кулап кетүүнү аныктоодо колдонуу боюнча изилдөөлөргө арналган, жасалма интеллект алгоритмдерин теоретикалык талдоо жана

жакшыртуу жолу менен кулап кетүүнү аныктоонун тактыгын жана натыйжалуулугун жогорулатуу максатын койгон. Кулап кетүүнү аныктоо жана мониторинг жүргүзүү боюнча интеллектуалдык системалардын комплексин иштеп чыгуу, бул келечектеги ден- соолукту мониторингдөө боюнча интеллектуалдык системаларды изилдөөдө жана колдонууда чоң жетишкендиктерин берүүдө.

Диссертациянын темасынын илимий программалар жана илимий – изилдөө иштери менен байланышы.

1. Гуандун провинциясынын негизги дисциплиналарынын изилдөө потенциалын жакшыртуу боюнча долбоор "Медициналык чоң маалыматтарга негизделген жасалма интеллектти медициналык визуалдаштыруу боюнча колдонуу изилдөөлөрү", долбоор номери: 2022ZDJS152, Кытай.
2. Гуандун провинциясынын табигый илимдер фондундагы изилдөө долбоору - мультимодалдык көрсөтүүдө реляциялык белгилерди киргизүү негизинде аракеттердин ийкемдүү аныктоосу жана түшүнүүсү ыкмаларын изилдөө, январь 2023 - декабрь 2025, Кытай.

Изилдөөнүн максаты жана маселелери. Диссертациянын негизги максаты — YOLOv8 жана LSTM моделдерине негизделген, кулап кетүүнү аныктоо алгоритмдерин сунуштоо, ошондой эле кулап кетүүнү аныктоодогу автоматташтырылган системаларда компьютердик интеллект технологияларын колдонуу менен интеллектуалдык мониторинг системасын иштеп чыгуу. Максаттуу объектилерди аныктоо ыкмалары жана убакыт катарларын анализдөө ыкмаларынын айкалышы чыныгы убакыт режиминде кулап кетүүнү аныктоонун тактыгын жана натыйжалуулугун жогорулатат, бул кулап кетүүнү алдын алууга жана убагында жардам көрсөтүүгө эффективдүү колдоо көрсөтөт.

Изилдөөнүн маселелери:

- Азыркы учурда кулап кетүүнү аныктоо үчүн ар кандай ыкмаларды жана убакыт катарларын анализдөө боюнча колдонулуп жаткан методдорду талдап чыгып, ушул чөйрөдө терең үйрөнүүнүн артыкчылыктарын жана көйгөйлөрүн изилдөө;
- Максаттарды аныктоо тактыгын жана натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн ECA механизмин жана GSConv менен YOLOv8 технологиясын айкалыштырылган моделдерин аныктоо алгоритмин иштеп чыгуу менен аны жакшыртуу;
- Кулап кетүүнү аныктоо үчүн убакыт катарларын анализдөөдө LSTM моделин колдонуу ишке ашырып, YOLOv8 алгоритми менен LSTM

жакшыртылган моделин айкалыштыруу менен кулап кетүү учурундарынын жүрүм-турумун таануу процессин жакшыртуу;

- Жакшыртылган YOLOv8-LSTM моделине негизделген карыларды кулап кетүүнү аныктоо үчүн интеллектуалдык мониторинг системасын долбоорлоо жана иштеп чыгуу, система функционалдык анализин, архитектуралык долбоорлоо жана ишке ашыруу процесстерин аяктап, система реалдуу убакыт режиминде аныктоо, натыйжаларды көрсөтүү жана жазуу мүмкүнчүлүктөрү менен камсыздалгандыгын текшерүү;

Жумуштун илимий жаңылыктары:

- Инновациялык алгоритм YOLOv8 жана LSTM айкалыштыруу: Бул изилдөөгө ылайык, YOLOv8 максаттарды аныктоо алгоритми ECA механизмин жана GSConv модулун киргизүү менен жакшыртылып, ошондой эле кулап кетүүнү аныктоо маселесиндеги динамикалык сценарийлерди жана убакыттык мүнөздөмөлөрдү оптималдаштыруу үчүн LSTM убакыт катарларын анализдөө модели менен айкалыштырылган. Бул аныктоо тактыгын жана модельдин татаал шарттардагы убакыттык өзгөрүүлөргө туруктуулугун эффективдүү жогорулатат.
- Интеллектуалдык мониторинг системасын иштеп чыгуу жана автоматташтырылган компьютердик системаларды колдонуу үчүн жакшыртылган YOLOv8-LSTM моделине негизделген: Карылардын кулап кетүүсүн аныктоо боюнча реалдуу убакыт режиминде аныктоо, көрсөтүү жана маалыматтарды жазуу интеграцияланган интеллектуалдык мониторинг системасын иштеп чыгуу, бул кулап кетүүлөрдү аныктоо үчүн комплекстүү чечимдерди камсыз кылат.

Алынган илимий жыйынтыктардын практикалык маанилүүлүгү төмөндөгүүлөрдөн турат:

- Ишке ашырылган мониторинг системасы алдыңкы максаттарды аныктоо жана жүрүм-турумду анализдөө технологияларын айкалыштырат, бул карылардын кулап кетүү кырдаалын реалдуу убакыт режиминде көзөмөлдөөгө жана үй-бүлөөлөр үчүн, ошондой эле кароо мекемелеринде эрте эскертүү механизмдерин түзүү үчүн өз убагында жардам көрсөтүүгө мүмкүнчүлүк берет. Бул өз кезегинде кулап кетүүдөн келип чыккан жаракаттарды азайтууга жана карылардын жашоо сапатын жакшыртууга жардам берет.
- Бул изилдөө бир гана болгон максаттарды аныктоо ыкмаларын оптималдаштырып чектелбейт, ошондой эле терең үйрөнүүгө негизделген, убакыт катарларын анализдөөнү ден -соолукту мониторингдөөгө киргизүү аркылуу интеллектуалдык мониторинг системасынын жаңы идеясынын

негизин түзөт, бул автоматташтырылган ден- соолукту мониторингдөө чөйрөсү үчүн маанилүү түрткү берет.

- Изилдөөлөрдүн натыйжалары социалдык коомдо кеңири кулачын жайып, рыноктук келечекке ээ боло алат жана коомдо улгайган адамдардын саламаттыгына кам көөрүү маселелерин чечүүгө жардам бере турган интеллектуалдык системасын түзүү техникалык чечимдерди камсыз кылат.

Жумушту коргоого киргизилүүчү негизги жагдайлар:

- Иштелип чыккан жана жакшыртылган YOLOv8 максаттарды аныктоо алгоритми.
- Жакшыртылган YOLOv8 алгоритми жана LSTM моделдери — YOLOv8-LSTM.
- YOLOv8-LSTM моделине негизделген карыларды кулап кетүүнү аныктоо үчүн иштелип чыккан интеллектуалдык мониторинг системасы.

Изилдөөчүнүн жеке салымы: Бардык илимий-техникалык жыйынтыктары, диссертант озу, илимий жетекчинин жетекчилиги астында алды. Жарык көргөн эмгектерде көйгөйлөрдү коюу жана изилдөөлөрдүн жалпы ыкмасы илимий жетекчиге таандык, ал эми алгоритмдерди оптимизациялоо жана жакшыртуу, ошондой эле алардын негизинде программалык камсыздоону иштеп чыгуу диссертантка тиешелүү.

Диссертациянын апробациясынын жыйынтыктары.

Диссертациялық иштин жыйынтыктары төмөнкү эл аралык симпозиумдарда, Республикалык жана университеттер аралык конференцияларда баяндалган:

• 3- Эл аралык компьютердик графика, жасалма интеллект жана маалыматтарды өнүктүрүү боюнча конференция (ICCAID 2023), Циндао, Кытай, 2023 -жыл.

• Эл аралык сүрөттөрдү өнүктүрүү конференциясы (ICIP), Абу-Даби, Бириккен Араб Эмираты, 2024- жыл.

• 4- Эл аралык компьютердик технологиялар, маалымат инженериясы жана электрондук материалдар боюнча конференция (CTIEEM 2024), Чжэньчжоу, Кытай, 2024 -жыл.

Басылып чыгарылган эмгектер.

Диссертациянын негизги мазмуну боюнча 7 иш жарыяланган.

Диссертациянын структурасы жана көлөмү.

Диссертация киришүүдөн, төрт бөлүмдөн, тиркемелерден жана адабияттардын тизмесинен турат. Диссертациянын көлөмү 180 бет, анын

ичинде 29 сүрөт жана 6 таблица, ошондой эле 123 аталыштан турган адабий тизмесинен турат.

Иштин негизги мазмуну.

“Автоматташтыруу системаларындагы компьютердик интеллектуалдык системаларга сереп салуу” аттуу **биринчи бөлүмдө** адабий сереп жүргүзүлдү, адабияттарды карап чыкты жана кулаганды аныктоо тармагында автоматташтыруу технологияларын колдонууну, ошондой эле салттуу сенсордук ыкмалардын чектөөлөрүн жана жасалма интеллект методдорунун потенциалдуу артыкчылыктары талданды.

Бул бөлүмдө төмөнкү аспектилер каралган:

Автоматташтыруу технологияларынын өнүгүү тарыхы жана алардын негизги колдонуу тармактары;

Заманбап автоматташтырылган системалардын негизги технологиялары, анын ичинде аларды сенсордук подсистемаларда, башкаруу системаларында, кыймылдаткычтарда, байланыш жана программалык камсыздоо подсистемаларында ишке ашыруу;

Сенсорго негизделген кулоону аныктоонун салттуу ыкмаларын колдонуунун учурдагы абалы, алардын чектөөлөрү, мисалы, экологиялык ызы-чуунун таасири жана кийүүчү түзүлүштөрдүн көтөрүп жүрүүдогү ыңгайсыздыгы;

Жасалма интеллектке негизделген кулоону аныктоо ыкмалары, айрыкча компьютердик көрүүнүн жана терең үйрөнүүнүн тактыкты жана тышкы кийлигишүүгө туруктуулугун жогорулатуудагы ролу.

Белгилүү автоматташтырылган технологияларга анализ жүргүзүү менен кулап түшүүнү аныктоо ыкмаларын талдоонун негизинде төмөнкүдөй жыйынтыктар жасалды:

Автоматташтыруу технологиялары жөнөкөй механизацияланган көзөмөлдөн жогорку интеллектуалдуу системаларга чейин өнүккөн, алар өнөр жайда, медицинада жана башка тармактарда кеңири колдонулуп жатат;

Сенсорлорго негизделген салттуу кулоонун табуу методдору реалдуу убакытта иштөө жана төмөнкү баада болушу менен артыкчылыктарга ээ, бирок алардын ийкемдүүлүгү жетишсиз жана тышкы бузулууларга дуушар болушу мүмкүн.

Жасалма интеллектке негизделген методдор (мисалы, компьютердик көрүү жана терең окутуу) жогорку тактык жана ишенимдүүлүктү көрсөтүү менен изилдөөлөрдүн негизги багытына айланды.

Айрыкча татаал сценарийлерде, кулоонун табылышы боюнча тапшырмаларда жасалма интеллект жана автоматташтыруу методдорун интеграциялоо аркылуу оптималдаштырууга кошумча потенциал бар.

Бул изилдөө кулоонун табылышы алгоритмдерин жакшыртуу боюнча кийинки иштер үчүн теориялык негизди камсыз кылат жана терең окутуу жана автоматташтыруу технологияларын интеграциялоонун инновациялык чечимдерди түзүүдө маанилүүлүгүн көрсөтөт.

"Терең окутуу негизинде максаттарды аныктоо жана убакыт катарларын талдоо теориясы" аттуу **экинчи бөлүмдө,** максаттарды аныктоо жана убакыт катарларын талдоонун теориялык негиздери системалуу түрдө баяндалган, терең окутуу методдорун (мисалы, YOLOv8 жана LSTM) аныктоо тактыгында, туруктуулугунда жана убакыттык мүнөздөмөлөрдү кармоодо ролу баса белгиленген.

Бул бөлүмдө төмөнкү аспектилер талданган:

Максаттарды аныктоо технологияларынын эволюциясы: салттуу методдордон (мисалы, Хаар белгилери, HOG белгилери SVM классификатору менен бирге) баштап, терең окутууга негизделген заманбап методдорго (мисалы, R-CNN, YOLO сериясы) чейин, бул жерде терең окутуунун аныктоо натыйжалуулугун жакшыртууда жана татаал сценаларга адаптациялоодо артыкчылыктары баса белгиленген.

YOLO сериясынын алгоритмдерин изилдөө жана өнүктүрүү: YOLOv1ден YOLOv8ге чейинки эволюциянын анализи каралган, айрыкча YOLOv8дин тактык, ылдамдык жана моделдин жеңил салмактуулугундагы жакшыртуулары баса белгиленген.

Убакыт катарларын талдоонун негизги технологиялары: LSTM моделинин узак мөөнөттүү көз караштарды жана динамикалык өзгөрүүлөрдү кармоодо артыкчылыктары, ошондой эле анын убакытка сезгич тапшырмаларда, мисалы, кулоонун табылышы сыяктуу маселелерде колдонулушу баса белгиленген.

Терең окутуу методдорунун интеграциялык артыкчылыктары: YOLOv8 жана LSTM моделдеринин кулооунун табылышын аныктоодогу потенциалы талданган, бул бир эле учурда максаттарды аныктоо жана жүрүм-турумдун убакыттык мүнөздөмөлөрүн талдоо тапшырмаларын чечүүгө мүмкүнчүлүк берет.

Азыркы учурдагы максаттарды аныктоо жана убакыт катарларын талдоо технологиялары боюнча жүргүзүлгөн талдоонун негизинде төмөнкү жыйынтыктар жасалды:

Максаттарды аныктоо методдору: терең окутуу методдору (мисалы, YOLO сериясы) өткөөл архитектурасы аркылуу аныктоонун натыйжалуулугун жана тактыгын жогорулатат, айрыкча реалдуу убакытта иштөө боюнча жогорку талаптарга ээ болгон сценарийлерде;

Убакыт катарларын талдоо: LSTM модели узак мөөнөттүү көз караштарды жана динамикалык өзгөчөлүктөрдү натыйжалуу кармай алат, бул аны жүрүм-турумдун өзгөрүшү менен байланышкан татаал тапшырмаларга, мисалы, кулоонун табылышы сыяктуу маселелерге ылайыктуу болот;

Методдорду интеграциялоонун потенциалы: YOLOv8 менен LSTMди бириктирүү ар бир методдун чектөөлөрүн натыйжалуу жабат, максаттарды синхрондуу аныктоо жана динамикалык жүрүм-турумду талдоо боюнча биргелешип иштөө мүмкүнчүлүгүн камсыз кылат;

Терең окутуу методдорунун максаттарды аныктоо жана убакыт катарларын талдоодо мүмкүнчүлүктөрүн эске алып, компьютердик көрүү негизиндеги кулоонун табылышы үчүн YOLOv8 жана LSTM моделдерин интеграциялоо сунушталат. Бул изилдөө татаал сценарийлерде реалдуу убакытта иштөөнү жакшыртуу үчүн техникалык колдоо көрсөтүп гана тим болбостон, келечектеги интеллектуалдык ден-соолукту көзөмөлдөө системаларын иштеп чыгуу үчүн теориялык негиз түзөт.

Үчүнчү бөлүм кары адамдардын кулоолорду табуу методдорун изилдөөгө арналган, анда жакшыртылган YOLOv8 жана LSTM моделдери колдонулган. Татаал динамикалык сценаларда оригиналдуу YOLOv8 алгоритминин чектөөлөрү каралып, убакыт катарларын талдоо жана максаттарды аныктоо интеграцияланган ыкма сунушталган, бул система анын тактыгынан жана туруктуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Изилдөө объекти: Убакыт катарларын талдоо жана максаттарды аныктоо методдорун интеграциялоо, кулоонун табылышын аныктоо үчүн терең окутуу моделдери.

Изилдөө обьектиси: YOLOv8 моделин оптималдаштырууну ECA көңүл буруу механизмдери, GSConv модулу жана LSTM модели менен колдонуу, реалдуу убакытта жүрүм-турумду талдоодо натыйжалуулукту жогорулатуу үчүн.

3.1 YOLOv8 натыйжалуулукту жана тактыкты жогорулатат, бирок төмөнкү кемчиликтерге ээ:

Динамикалык сценалар жана кичинекей максаттар: Татаал сценаларда кичинекей объектилерди аныктоо жана так локалдаштыруу боюнча кыйынчылыктар, айрыкча позанын ылдам өзгөрүүлөрү учурунда;

Кичинекей деталдар жана позалар: Позалардагы майда өзгөрүүлөрдү жакшы кармоо мүмкүнчүлүгү чектелүү, бул кулактын табылышы сыяктуу тапшырмаларда тактыкты төмөндөтөт;

Убакыт катарлары: Кыймылдуу кадрларды талдоону колдобойт, бул динамикалык тапшырмалардагы натыйжалуулугун чектейт.

Бул чектөөлөр модельдин татаал шарттардагы тактыгын төмөндөтөт.

3.2. Бул бөлумдө YOLOv8 моделинин натыйжалуулугун жогоруталуу үчүн оптималдаштыруу оор кырдаалда улгайган адамдардын жыгылышын аныктоо үчүн жасалган: акыркы C2f үч модулдарында жеңилдетилген ECA көңүл буруу механизми киргизилген, бул максатка көңүл бурууну күчөтүп, аныктоонун тактыгын жогорулатат; белгилерди бириктирүү тармагы GSConv бурама механизмин колдонуу менен жакшыртылган, бул моделдин татаалдыгын жана эсептөө параметрлеринин санын азайтат, ошол эле учурда каналдар ортосундагы өз ара аракеттенүүнү күчөтүп, моделдин натыйжалуулугун жогорулатат.

3.2.1. ECA көңүл буруу механизмдери

Efficient Channel Attention (ECA) механизми жогорку натыйжалуулукту сактай турган учурда эсептөө татаалдыгын азайтууга багытталган. SE-вниманиеден айырмаланып, ECA өлчөмдү кыскартууну алып салат, ал локалдык кросс-каналдык өз ара аракеттенүү стратегиясын колдонуп, каналдар ортосундагы маалымат алмашууну жакшыртат.

Глобалдык орто эсептөө.

Кирүүчү белгилер картасы H×W×C глобалдык орто эсептөө (GAP) аркылуу 1×1×C форматына өзгөртүлөт.

Бурама ядросунун өлчөмү k.

Бир өлчөмдүү ядронун өлчөмү k адаптивдүү түрдө каналдардын саны C менен пропорционалдуулук аркылуу аныкталат:

$$C = \varphi(k) \tag{1}$$

Түз теңдөө түрдөгү көрсөтмө:

$$\varphi(k) = \gamma \cdot k - b \tag{2}$$

Түз эмес теңдөө түрдөгү өзгөртүү:

$$k = \varphi(C) = \left|\frac{\log_2(C)}{\gamma} + \frac{b}{\gamma}\right|_{odd} \tag{3}$$

Каналдардын салмактары.

Салмактар w бир өлчөмдүү бурама C1D_k жана сигмоидалдык активация аркылуу эсептелет:

$$w = \sigma(C1D_k y) \tag{4}$$

Бул жерде y — GAPдан кийинки белгилер вектору, ал эми w — каналдардын салмактары.

Бир өлчөмдүү бурама өлчөмдү кыскартпастан эсептөө чыгымдарын азайтып, кросс-каналдык өз ара аракеттенүүнү жакшыртат жана тармактын жалпы натыйжалуулугун жогорулатат.

3.2.2. GSConv

GSConv моделдин натыйжалуулугу менен параметрлердин санын тең салмакта кармоого багытталат, стандарттуу жана терең бурамаларды айкалыштырып, эсептөө татаалдыгын азайтып, тактыкты сактоого аракет кылат.

Стандарттуу бурама.

Ар бир каналды өзүнчө иштетет, бул эсептөө татаалдыгын жогорулатат.

$$Time_{SC} = O(W \bullet H \bullet K_1 \bullet K_2 \bullet C_1 \bullet C_2) \qquad (5)$$

Терен сепаралдук бурама (DSC)

Бурама бөлүнүп, эки бөлүктөн (терең жана чекиттүү) турат, бул параметрлерди кыскартат, бирок каналдар арасындагы байланыштардын үзүлүшү тактыкты төмөндөтөт.

$$Time_{DSC} = O(W \bullet H \bullet K_1 \bullet K_2 \bullet 1 \bullet C_2) \qquad (6)$$

Стандарттуу жана терең бурамаларды айкалыштырып, каналдар арасындагы жакшыраак өз ара аракеттенүүнү камсыз кылат жана эсептөө чыгымдарын азайтат.

$$Time_{GSConv} = O\left[W \bullet H \bullet K_1 \bullet K_2 \bullet \frac{C_2}{2}(C_1 + 1)\right] \qquad (7)$$

GSConv иштөө процесси:

Кирүүчү сүрөт стандарттуу бурама аркылуу иштетилет, бул белгилер картасын кыскартат.

Кыскартылган карта терең бурама (DWConv) менен иштетилет.

Эки бураманын жыйынтыктары каналдар боюнча бириктирилет.

Каналдардын аралашуусун жакшыртуу үчүн аралаштыруу операциясы аткарылат.

GSConv параметрлердин санын жана эсептөө татаалдыгын азайтып, жогорку тактыкты сактайт. Бул метод чектелген эсептөө ресурстарында өзгөчө натыйжалуу болуп, DSCден тактык боюнча жогору, ал эми стандарттуу бурамадан натыйжалуулугу боюнча жакшыраак.

3.2.3 Жакшыртылган YOLOv8 алгоритми

Жакшыртылган структурада YOLOv8 (1-сүрөт) ECA жана GSConv механизмдери натыйжалуулукту жана иштөө жыйынтыгын жогорулатуу үчүн колдонулат.

ECA механизми.

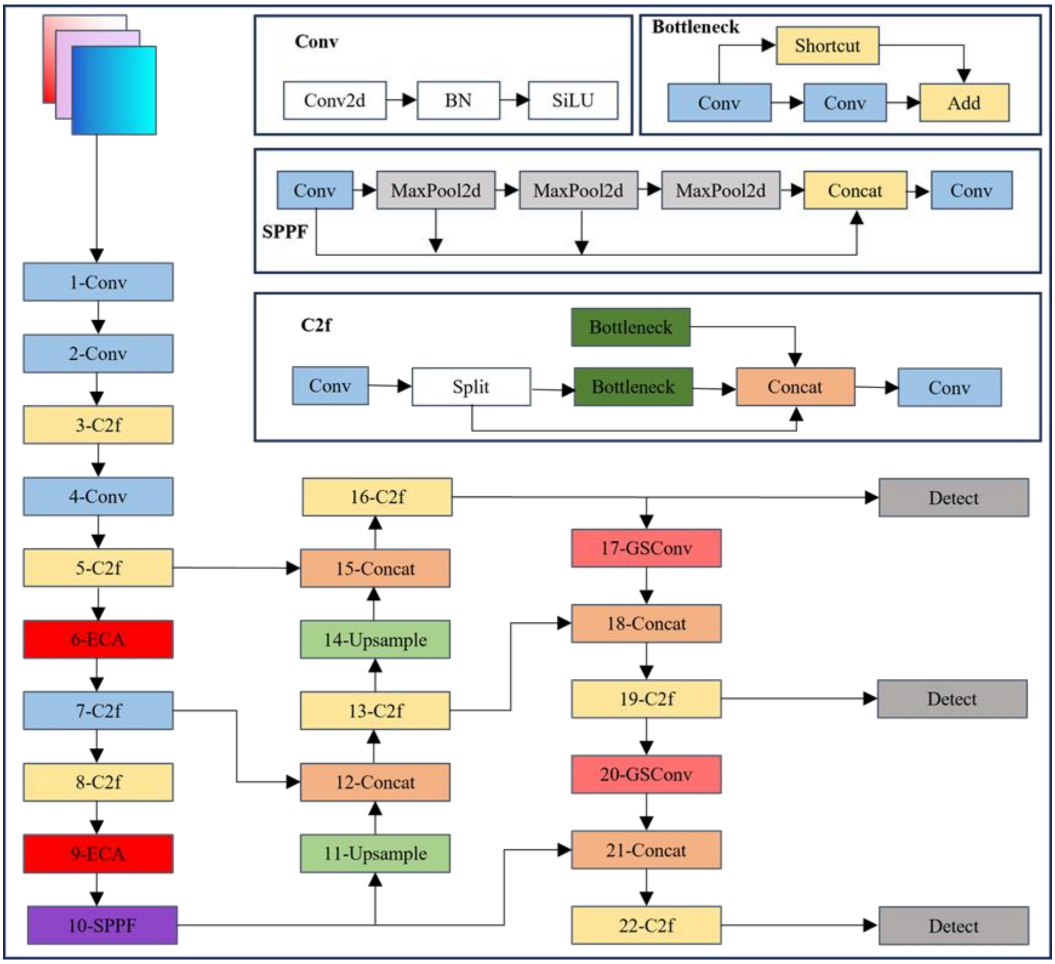
ЕСАнын магистралдык тармакка колдонулушу каналдарга болгон эффективдүү көңүл буруу аркылуу, белгилерди чыгарууну жакшыртат.

GSConv механизми Neck этабында.

GSConv механизми Neck этабында гана колдонулат, бул жерде белгилер картасы тар болуп, туурасы жана бийиги минималдуу, терeңдиги максималдуу болот. Бул эсептөө чыгымдарын азайтып, белгилер картасын иштетүүнү жакшыртат жана маалыматтын ашыкчалыгын төмөндөтөт.

GSConv колдонуу боюнча чектөөлөр.

GSConv'ни бардык этаптарда колдонуу тармакты татаалдаштырып, чыгарууну жайлатат, ошондуктан анын колдонулушу Neck этапы менен чектелген, бул аракет натыйжалуулук менен ылдамдыктын оптималдуу балансына жетишүү үчүн.



1-сүрөт. Жакшыртылган YOLOv8 тармагынын структурасы

3.2.4. LSTM тармагы менен, жакшыртылган YOLOv8 модели

YOLOv8-LSTM модели YOLOv8дин максаттарды аныктоо мүмкүнчүлүктөрүн жана LSTMдин убактылуу маалыматтарды иштетүү жөндөмдүүлүктөрүн бириктирип, динамикалык сценаларда тактыкты жана туруктуулукту жогорулатат.

Иштөө процесси: YOLOv8 ар бир кадрдын кеңейтилген белгилерин алып, андан соң LSTM алардын убактылуу байланыштарын анализдеп, кулактарга байланыштуу динамикалык өзгөрүүлөрдү аныктайт.

Артыкчылыгы: YOLOv8 сүрөттөрдү ылдам иштетүү үчүн жооп берет, ал эми LSTM убактылуу моделдөө үчүн жооптуу болуп, кулоолорду аныктоонун тактыгын жана ылдамдыгын жакшыртат.

2-сүрөт. YOLOv8-LSTM моделинин блок-схемасы

3.3. Эксперименттик жыйынтыктар жана талдоо

3.3.1. Маалыматтар топтому

Изилдөөлөрдө коомдук жана өз алдынча топтомдор колдонулат. Маалыматтар алдын ала иштелип чыгып, тазаланган соң, акыркы эксперименттик топтом түзүлүп, ага 7680 сүрөт жана 200 видео кирди. Алар 2:8 катышында окутуу (6144 сүрөт, 160 видео) жана тест (1536 сүрөт, 40 видео) топтомдоруна бөлүндү.

3.3.2. Эксперименттик чөйрө

Жабдуулар: NVIDIA Tesla V100, процессор Intel Xeon Gold 6130.

Программалык камсыздоо: Ubuntu 22.04, PyTorch, CUDA 11.8.

Гиперпараметрлер: lr=0.01, momentum=0.937, batch size=32, сүрөт 640x640.

Бул экспериментте моделди баалоонун негизги метрикалары болуп тактык (Precision), кайтарым (Recall), F1-мери (F1-Score), орточо тактык (AP) жана орточо тактыкты баалоо (mAP) болуп саналат; алардын ичинен mAP mAP@0.5 жана mAP@0.5:0.95 деген эки көрсөткүчкө бөлүнөт. Биринчи көрсөткүч, коэффициенттин кесилишинин жана бириккендигинин (IoU) чеги 0.5 экендигин билдирет, ал эми экинчи көрсөткүч, коэффициенттин кесилишинин жана бириккендигинин (IoU) чеги 0.5-0.95 ортосундагы орточо mAPти билдирет.

Precision, Recall жана F1-Score эсептөө формулалары (8) жана (9) формулаларда келтирилген.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad \text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \tag{8}$$

$$\text{F1} - \text{Score} = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (9)$$

Формулаларда TP (чын айтылган оң жооптор), FP (жалган оң жооптор), FN (жалган терс жооптор), TN (чын айтылган терс жооптор) деп көрсөтүлгөн.

P mAP ортосундагы өз ара байланышты эсептөө формулалары (10) жана (11) формулаларда келтирилген:

$$\text{AP} = \frac{1}{n} \sum \text{Max}\left(p\big(r(k)\big)\right) \times \big(r(k) - r(k-1)\big)$$

$$r \in \{0, r(0), r(1), \ldots, r(k), 1\} \quad (10)$$

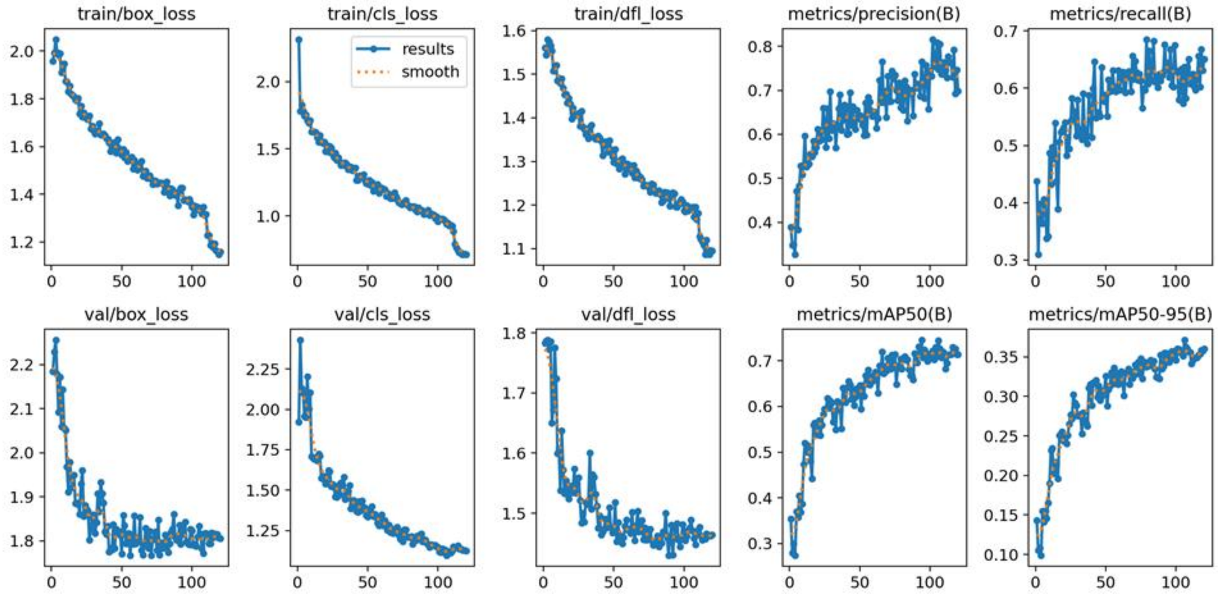
$$mAP = \frac{1}{m} \sum AP(i),\ i \in [0, m] \quad (11)$$

3.3.3. Эксперименттин жыйынтыктары

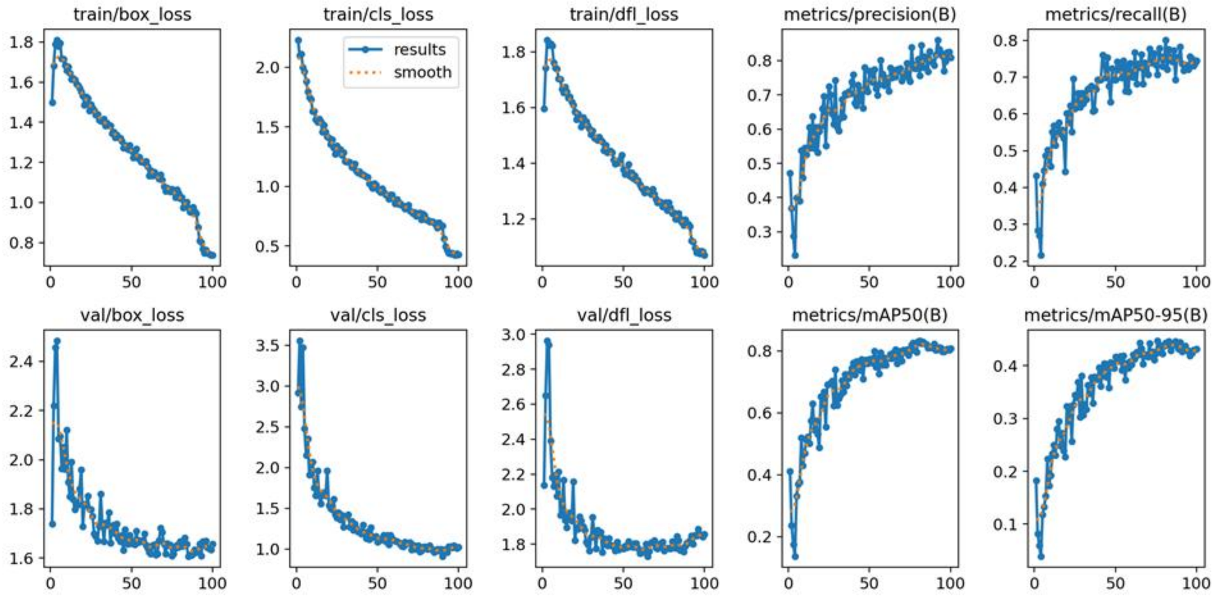
YOLOv8 жана YOLOv8-LSTM моделдерин салыштырмалуу анализи.

YOLOv8-LSTM окутуу жана текшерүү учурунда жоготуулардын ылдыйлап кетүүсүнүн андан ары жумшаргандыгын көрсөтөт, бул моделдин жалпылаштыруу жөндөмдүүлүктөрүнүн жакшыргандыгын көрсөтөт.

F1-балл: YOLOv8-LSTM -YOLOv8 (0.63)дан ашып 0.78 ге жетет.



3-сүрөт. YOLOv8 жыйынтыктарынын графиги



4-сүрөт. YOLOv8-LSTM жыйынтыктарынын графиги

Башка YOLO моделдери менен салыштыруулар.

mAP: YOLOv8-LSTM (0.894) YOLOv8 (0.830), YOLOv7 (0.808) жана YOLOv6 (0.730) моделдеринен жогору.

Чыгуу ылдамдыгы: YOLOv8-LSTM CPUда ылдамыраак иштейт жана TensorRT колдонуу менен жогорку ылдамдыкты сактайт.

Моделдин кыйынчылыктары: YOLOv8-LSTM моделинде YOLOv7 жана YOLOv6га салыштырмалуу азыраак параметрлер жана FLOPs бар, бирок ошол эле учурда эң жакшы натыйжалуулугун сактайт.

Таблица 1. YOLOv8-LSTMдин башка моделдер менен натыйжалуулугун салыштыруу

Аты (заттын)	AP	1-Score	Сүрөттүн өлчөмү (пикселдер)	APval 50-95	Процессордун ылдамдыгы ONNX (мс)	V100 TensorRT Ылдамдык (мс)еб	Параметрлердин саны (млн)	FLOPs (миллиарды)
YOLOv8-lstm	0.830	0.78	640	4.3	73.6	1.06	3.2	8.7
YOLOv8	0.741	0.63	640	7.3	80.4	0.99	2.6	7.7
YOLOv7	0.730	0.625	640	7.5	90.6	1.56	4.7	11.4
YOLOv6	0.714	0.61	640	7.4	98.3	1.78	6.01	13.1

YOLOv8-LSTM башка YOLO версияларын тактык, ылдамдык жана натыйжалуулук боюнча жакшыраак, бул аны кулап түшүү маселелерин аныктоо үчүн алда канча оптималдуулугун көрсөттү.

«Жакшыртылган YOLOv8-LSTM негизиндеги кулап кетүүсүн аныктоо үчүн интеллектуалдык мониторинг системасы» атту **төртүнчү бөлүмдө** изилдөөлөрдүн жана система долбоорунун жыйынтыктары берилген, реалдуу убакытта мониторинг жүргүзүүгө жана кулап кетүүнү аныктоого жөндөмдүү система иштелип чыккан жана ишке ашырылган.

4.1. Жүйөлүк талдоо жана ишке ашыруу мүмкүнчүлүгүн изилдөө: Техникалык мүмкүнчүлүк: YOLOv8, бир этаптуу алдыңкы объекттерди аныктоо алгоритми катары, LSTM менен убактылуу жыйынтыктарды анализдөөгө мүмкүнчүлүк берет, ошондой эле ECA көңүл буруу механизм жана GSConv модул сыяктуу жакшыртуулар моделдин тактыгын жана туруктуулугун жогорулатат.

Маалыматтарды алуу: система сенсорлордун маалыматтарынын ордуна видео даректерди колдонуп, кулап түшүү менен байланышкан окуялардын мейкиндик жана убактылуу өзгөчөлүктөрүн чыгарууга мүмкүнчүлүк берет.

Жабдыктык ишке ашыруу: система ар кандай жабдык платформаларына ыңгайлашып, реалдуу убакытта иштетүүнүн төмөнкү кечигүүсүн камсыз кылат.

Экономикалык мүмкүнчүлүк: YOLOv8 жана LSTM ачык фреймжумуштардын колдонулушу менен система иштеп чыгууну жана жайылтууну төмөнкү баа менен камсыздайт.

4.2. Функционалдык дизайн

Моделди жүктөө жана алдын ала иштетүү: сүрөттөрдү, видеолорду жана видеотоптормдорду реалдуу убакытта иштетүүнү колдоо.

Параметрлерди башкаруу: аныктоо параметрлерин динамикалык түрдө жөндөөгө мүмкүнчүлүк (мисалы, ишеним деңгээлдери, IOU).

Моделдерди алмаштыруу: колдонууда ийкемдүүлүк үчүн YOLO моделдеринин бир нече версияларын (YOLOv5, YOLOv7, YOLOv8 ж.б.) колдоо.

Сүрөттөрдү жана видеолорду иштетүү: ар кандай булактардан алынган маалыматтарды иштетүү мүмкүнчүлүгүн колдоо.

Натыйжаларын көрсөтүү жана каттоо: аныктоо убактысы, жайгашкан жери жана ишеним деңгээли тууралуу маалыматтарды каттоо, талдоо жана сактоо үчүн.

5-сүрөт. Архитектура схемасынын куруу системасы.

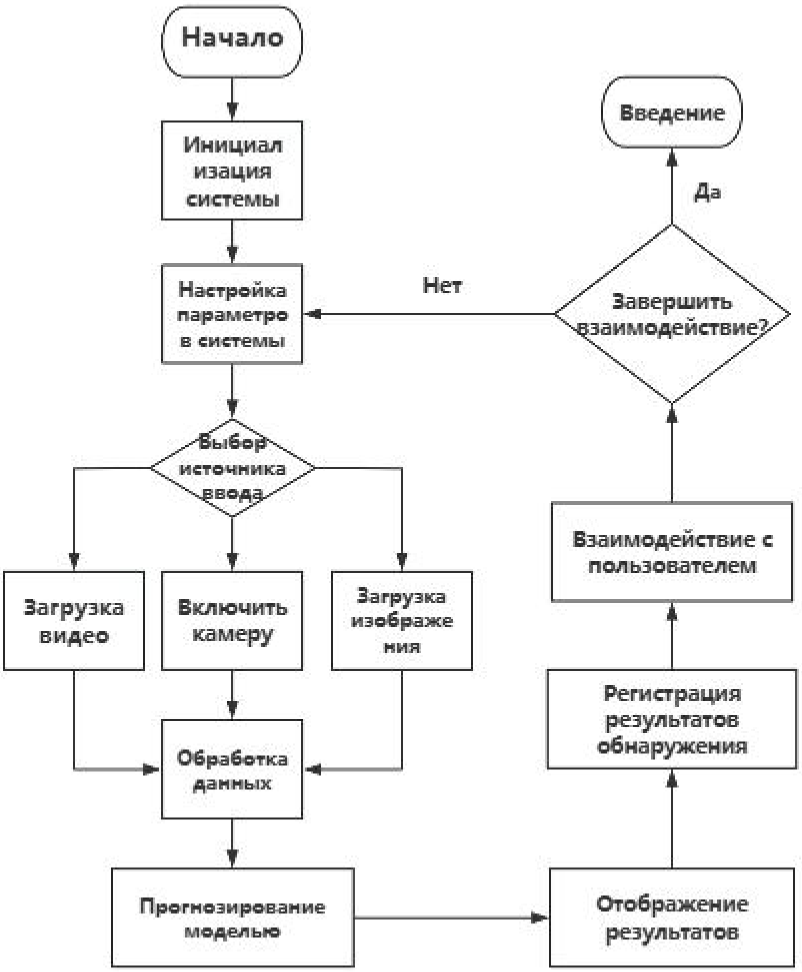
4.3. Архитектура системасы

Жүйө колдонуучу интерфейси, аныктоо модели жана натыйжаларды көрсөтүү жана каттоо модулдарынан турат. Бардык модулдар бирдиктүү система болуп интеграцияланып, түшүү аныктоо тапшырмаларын аткарат.

4.4. Өнүктүрүү чөйрөсү

Python жана Anaconda негизинде курулган, моделди ишке ашыруу үчүн PyTorch колдонулат, ал эми колдонуучу интерфейсин түзүү үчүн Streamlit пайдаланылат.

Маалыматтарды иштетүү үчүн, OpenCV жана Pillow колдонулат, ал эми натыйжаларды визуалдоо үчүн Matplotlib жана Seaborn колдонулат.



6-сүрөт. Системанын блок-схемасы

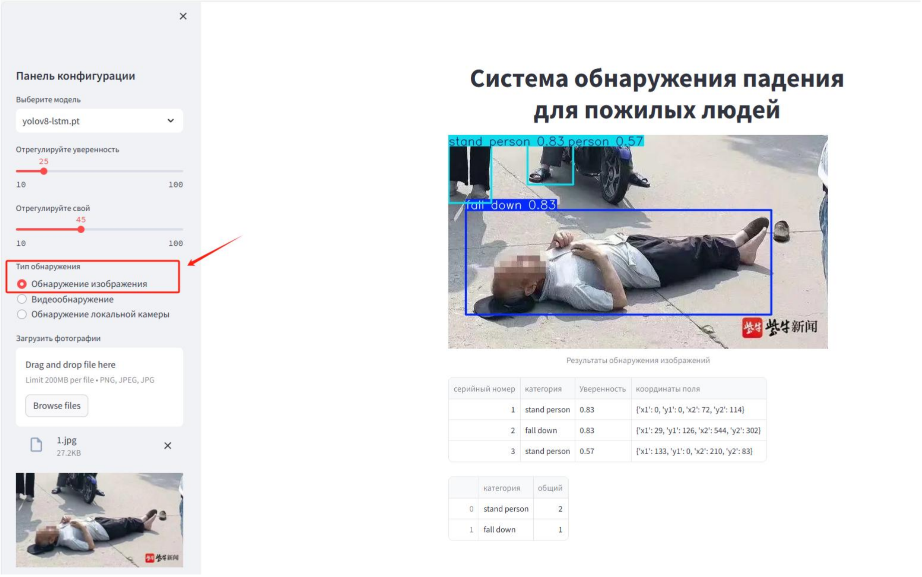
4.5. Функцияны ишке ашыруу

Маалымат булактарын тандоо: маалыматтарды киргизүү үчүн сүрөттөрдү, видеолорду же видеоберүүлөрдү колдоо.

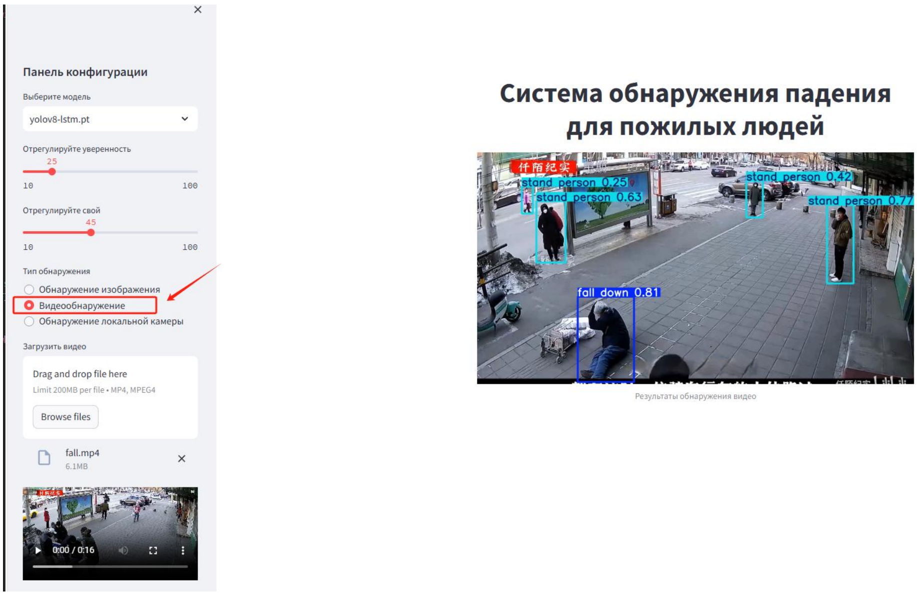
Моделдин чыгаруусу жана натыйжаларды көрсөтүү: YOLOv8-LSTM моделинде иштетүү жана натыйжаларды интерфейсте көрсөтүү.

Журналды жүргүзүү: бардык аныктоо окуяларын жазып алуу жана кийинки талдоо үчүн сактоо.

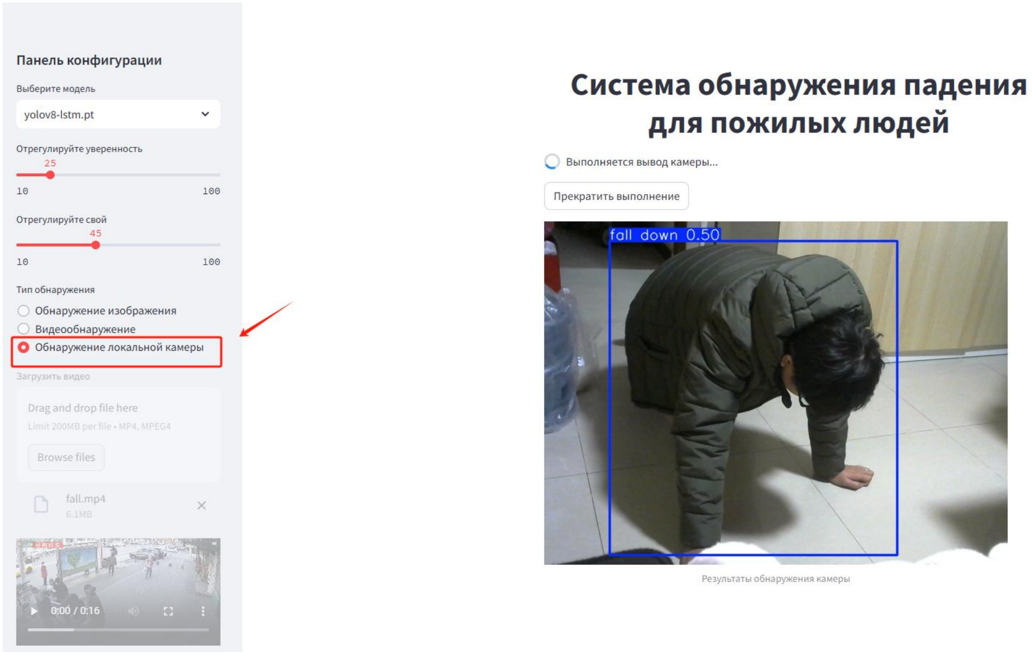
Бул бөлүмдө жакшыртылган YOLOv8-LSTM моделине негизделген акылдуу мониторинг системасын иштеп чыгуу жана ишке ашыруу тууралуу кенен каралган. Система объектилерди эффективдүү аныктоо менен убактылуу чынжырларды талдоо мүмкүнчүлүгүн айкалыштырат, жогорку тактыкты, ийкемдүүлүктү жана адаптацияны камсыз кылып, аны реалдуу түшүштөргө мониторинг жүргүзүүгө жана аныктоого колдонууга ылайыктандырылган.



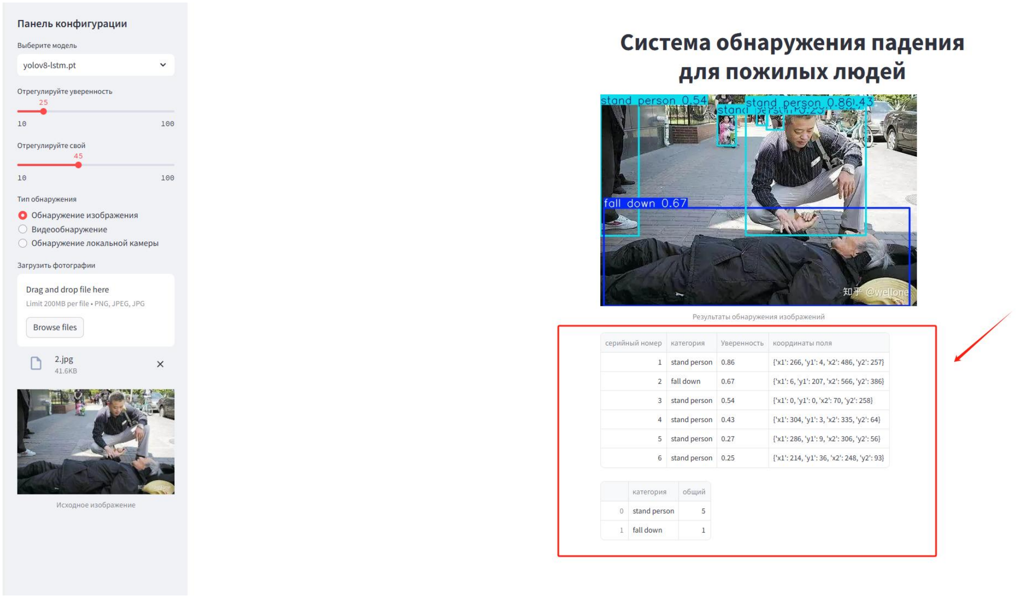
7-сүрөт. Сүрөттөгү аныктоо



8-сүрөт. Видеодогу аныктоо



9-сүрөт. Камерадан аныктоо



9-сүрөт. Аныктоо жыйынтыктары

Корутундулар:

Диссертацияда компьютердик интеллект ыкмаларын автоматташтырылган системаларда кулоо окуяларын аныктоо чөйрөсүндө колдонуу изилденет, жакшыртылган YOLOv8 жана LSTM негизиндеги окуялардын кулоо аныктоо ыкмасы сунушталат жана интеллектуалдык мониторинг системасы ишке ашырылат. Негизги материалдар төмөнкү маселелерде баяндалган:

1. Ден-соолукка мониторинг жүргүзүүдө автоматташтыруу жана жасалма интеллектти колдонуусу каралып, салттуу ыкмалар менен жасалма интеллект технологияларынын артыкчылыктары жана кемчиликтери талданат.

2. Терең үйрөнүү жана убакыттык катарларды анализдөө боюнча маселелер каралып, YOLOv8 жана LSTM моделдеринин иштөө принциптери жана аларды кулап түшүүнү аныктоодо колдонуудагы артыкчылыктары сүрөттөлөт.

3. Аныктоо тактыгын жана убактылуу туруктуулукту жогорулатуу үчүн ECA көңүл буруу механизми жана GSConv колдонулган жана жакшыртылган YOLOv8-LSTM алгоритми сунушталат.

4. Жакшыртылган моделди интеграциялоо жана анын практикада натыйжалуулугун текшерүү үчүн автоматташтырылган акылдуу мониторинг системасы иштелип чыккан.

Келечектеги изилдөөлөр моделдин эффективдүүлүгүн жана жалпылоо жөндөмдүүлүгүн дагы да жакшыртууга, ошондой эле аныктоо системасын өркүндөтүү үчүн мультимодалдуу маалыматтарды бириктирүүгө багытталса болот.

Автор илимий жетекчиси, техника илимдеринин доктору, профессор Батырканов Жеңиш Исакуновичке тапшырмаларды аткаруудагы ар дайыма көңүл буруусуна, диссертациядагы жыйынтыктарды талкуулаганы үчүн терең ыраазычылыгын билдирет.

ЖАРЫК КӨРГӨН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Liang, Z. Baseball Action Classification Based on OpenPose [Текст] / Z. Liang, B.J. Isakunovich // Academic Journal of Science and Technology. – 2023. – T. 8, № 2. – P. 62–64.
2. Liang, Z. Volleyball Action Recognition Based on Skeleton Data [Текст] / Z. Liang, B. J. Isakunovich // Frontiers in Computing and Intelligent Systems. – 2023. – T. 5, № 3. – P. 143–145.
3. Liang, Z. Comparative study of deep learning models for action recognition based on skeleton data [Текст]: [Доклад] / Z. Liang, K.K. Kudayberdievna, B. J. Isakunovich, et al. // International Conference on Computer Graphics, Artificial Intelligence, and Data Processing (ICCAID 2023). – SPIE, 2024. – Vol. 13105. – P. 673–678.
4. Liang, Z. Ancient Building Crack Detection Based on YOLOv8 Algorithm [Текст] / W. Xiong, W. Meng, Z. Liang, et al. // Journal of Electrical Systems. – 2024. – T. 20, № 10s. – P. 1238–1243.
5. Liang, Z. Compliant control of an upper limb rehabilitation robot based on admittance control [Текст] / I.V. Merkuryev, G Wu, T. B. Duishenaliev, et al. // Journal of Electrical Systems. – 2024. – T. 20, № 3. – P. 4605–4612.
6. Liang, Z. Graph spiking neural network for advanced urban flood risk assessment [Текст] / Z. Liang, X. Fang, Z. Liang, et al. // iScience. – 2024. – T. 27, № 11.
7. Liang, Z. MSGAT: Multi-Stage Graph Attention Network For Human Motion Prediction [Текст]: [Доклад] / Z. Zheng, Z. Ren, Z. Liang, et al. // 2024 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). – IEEE, 2024. – P. 2306–2312.
8. Пат. ZL202310335615.9 Китай, МПК [добавить классификацию]. Метод, устройство, оборудование и носитель информации для распознавания последовательности действий и вывода намерений [Текст] / Жэнь Цзылян, Ло Ли, **Лян Чжаньхао** и др.; Дунгуаньский технологический институт, Guangdong Ruien Technology Co., Ltd. – № 20230335615/9; заявл. 30.03.2023; опубл. 30.04.2024, CN 11643335 B.
9. Пат. ZL202210675830.9 Китай, МПК [добавить классификацию]. Метод распознавания движений и намерений человека, терминальное устройство и носитель информации [Текст] / Жэнь Цзылян, Вэй Вэньхун, **Лян Чжаньхао** и др.; Дунгуаньский технологический институт: Университет города Дунгуань. – № 20220675830/9; заявл. 15.06.2022; опубл. 05.04.2024, CN 115100740 B.

Лан Чжаньхаонун

05.13.06 – технологиялык жана өндүрүштүк процесстерди автоматташтыруу жана башкаруу адистиги боюнча "Автоматташтырылган системдердеги компьютердик акылдуу системдерди иштеп чыгуу жана изилдөө" аттуу темасындагы аткарылган диссертациясынын

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

Негизги сөздөр: автоматташтыруу, жасалма интеллект, YOLOv8, LSTM, ден-соолук мониторинги, кулоолордун аныкталышы, терең үйрөнүү, убакыттык катарлар.

Изилдөө объектиси: автоматташтырылган системалардагы интеллектуалдык мониторинг системалары.

Изилдөөнүн предмети: YOLOv8 жана LSTM модельдерин колдонуу менен карылардын кулоолорун аныктоо жана ден-соолукка мониторинг жүргүзүү ыкмалары.

Диссертациялык иштин максаты: жакшыртылган YOLOv8 алгоритми жана LSTM моделин колдонуу менен, убактылуу катарларды талдоо негизинде ден-соолукка мониторинг жүргүзүү үчүн интеллектуалдык системдерди иштеп чыгуу жана оптималдаштыруу.

Изилдөөнүн усулдары: терең окутуу ыкмалары, компьютердик көрүү, убактылуу катарларды талдоо ыкмалары жана интеллектуалдык системаларды иштеп чыгуу инструменттери колдонулду.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы: бириктирилген YOLOv8ди ECA көңүл буруу механизмдери жана GSConv конволюциясы жардамы менен кулоону аныктоо алгоритми иштелип чыккан. Динамикалык шарттарда кулоолорду аныктоонун тактыгын жогорулатуу үчүн LSTM убактылуу катарларды талдоо моделинин интеграциясы сунушталды. Реалдуу убакыт режиминде маалыматтарды аныктоо, көрсөтүү жана жазуу функцияларын колдоп турган интеллектуалдык мониторинг системасынын прототиби түзүлгөн.

Колдонуу боюнча сунуш кылуулар: изилдөөлөрдүн жыйынтыктары карыларга кам көрүү мекемелеринде, мониторинг системаларын иштеп чыгууда. Жана ошондой эле робототехника жана маалыматтарды талдоо боюнча лекциялык жана лабораториялык курстарда жана ден -соолукту мониторингдоону автоматташтыруу үчүн коммерциялык колдонмолордо колдонсо болот.

Колдонуу тармагы: Иштелип чыккан чечимдерди саламаттыкты сактоо, автоматташтырылган мониторинг, өнөр жай робототехникасы, ошондой эле билим берүү жана илимий ишмердик чөйрөсүндө колдонулат.

РЕЗЮМЕ

Диссертации Лян Чжаньхао на тему: «Разработка и исследование компьютерных интеллектуальных систем в автоматизированных системах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Ключевые слова: автоматизация, искусственный интеллект, YOLOv8, LSTM, мониторинг здоровья, обнаружение падений, глубокое обучение, временные ряды.

Объект исследования: интеллектуальные системы мониторинга в автоматизированных системах.

Предмет исследования: методы обнаружения падений и мониторинга здоровья пожилых людей с использованием моделей YOLOv8 и LSTM.

Цель работы: разработка и оптимизация интеллектуальной системы мониторинга здоровья на основе улучшенного алгоритма YOLOv8 и анализа временных рядов с использованием модели LSTM.

Методы исследования: использованы методы глубокого обучения, машинного зрения, анализа временных рядов, а также инструменты разработки интеллектуальных систем.

Полученные результаты и их новизна:

Разработан алгоритм обнаружения падений, сочетающий YOLOv8 с усовершенствованными механизмами внимания ECA и конволюцией GSConv. Предложена интеграция модели анализа временных рядов LSTM для повышения точности определения падений в динамических условиях. Создан прототип интеллектуальной системы мониторинга, который поддерживает детекцию, отображение и запись данных в режиме реального времени.

Рекомендации по использованию:

Результаты исследований могут быть применены:

для разработки систем мониторинга в учреждениях по уходу за пожилыми людьми;

в лекционных и лабораторных курсах по робототехнике и анализу данных;

в коммерческих приложениях для автоматизации мониторинга здоровья.

Область применения:

Применение разработанных решений возможно в сфере здравоохранения, автоматизированного мониторинга, промышленной робототехники, а также в образовательной и научной деятельности.

ABSTRACT

Dissertation of Liang Zhanhao on the theme: "Development and research of computer intelligent systems in automated systems" submitted for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.13.06 – automation and control of technological processes and production.

Keywords: automation, artificial intelligence, YOLOv8, LSTM, health monitoring, fall detection, deep learning, time series.

Object of research: intelligent monitoring systems in automated systems.

Subject of the study: methods for fall detection and health monitoring of elderly individuals using YOLOv8 and LSTM models.

Purpose of work: development and optimization of an intelligent health monitoring system based on the improved YOLOv8 algorithm and time series analysis using the LSTM model.

Methods of research and equipment: deep learning methods, computer vision, time series analysis, and tools for developing intelligent systems were used.

The obtained results and scientific novelty:

A new fall detection algorithm combining YOLOv8 with enhanced ECA attention mechanisms and GSConv convolution has been developed. The integration of the LSTM model for time series analysis has been proposed to improve fall detection accuracy in dynamic conditions. A prototype of an intelligent monitoring system has been created, supporting detection, real-time display, and data recording.

Recommendations for using:

The research results can be applied:

in the development of monitoring systems for elderly care facilities;

in laboratory and lecture courses on robotics and data analysis;

in commercial applications for automated health monitoring.

Area of applying: The research results can be widely implemented in healthcare, automated monitoring, industrial robotics, and in educational and scientific activities.

Подписано к печати 27.05.2019

Формат 60x84/16, объем 1,6 п. л.

Бумага офсет., тираж 50 экз.

ЧП «Сарыбаев Т.Т.»

г. Бишкек, ул. Раззакова, 49

т. 62-67-76