

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Сыдыканов Серікболсын Мұхтарбекұлы

«Деректерді талдаудың кең жүйесі бар портативті құрылғы үшін техникалық көруді дамыту»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

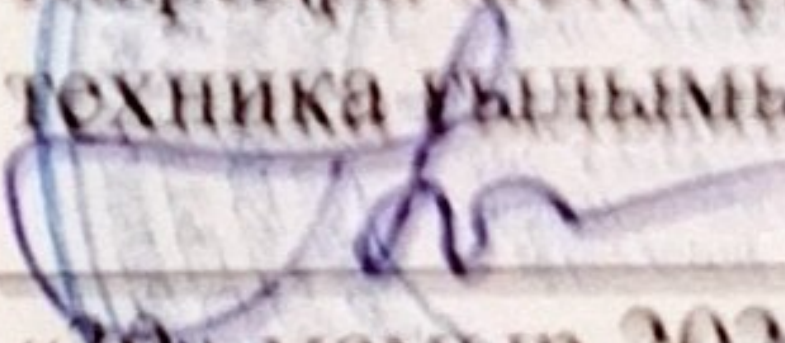


SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі Р.Ж.АТК
техника ғылымының кандидаты
 К.О. Өжікенов
«30» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Деректерді талдаудың кең жүйесі бар портативті құрылғы үшін техникалық
көру жүйесін әзірлеу»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

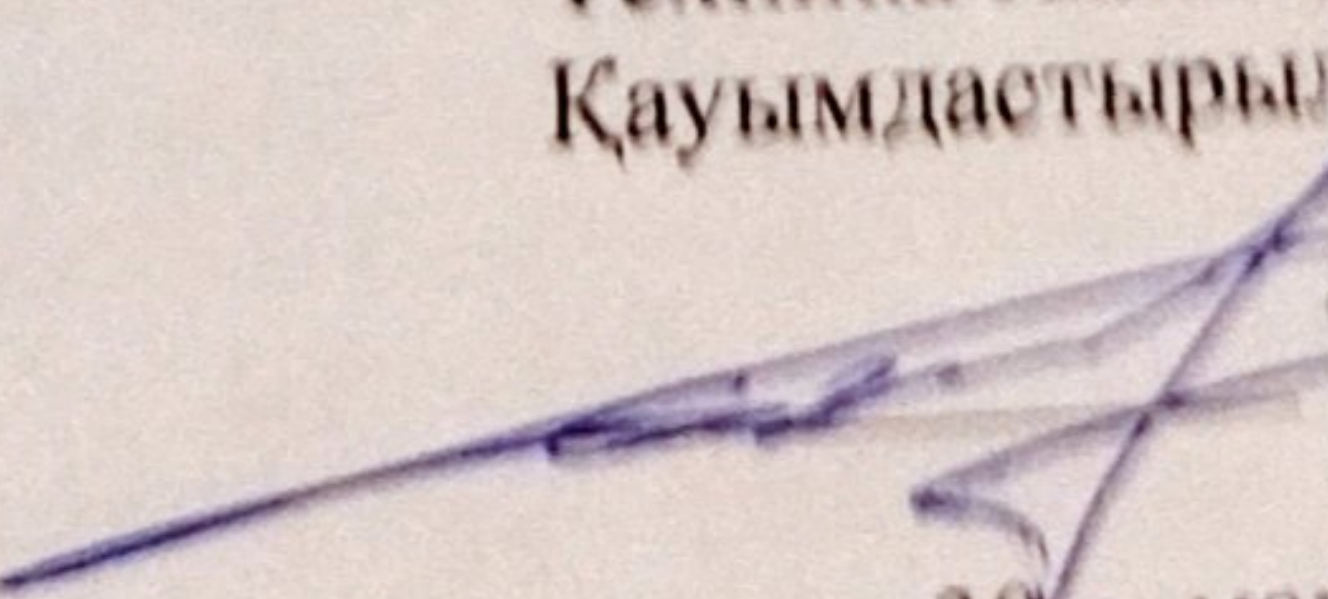
ААА Жалпы біліп беру кафедрасының
меңгерушісі, т.ғ.к., қауымдастырылған
профессоры

 Сейдилдаева А.К.

«25» мамыр 2023 ж.

Сыдыканов С.М

Техника ғылымдарының кандидаты,
Қауымдастырылған профессор

 Тулешов Б.А.

«30» мамыр 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

6B07111 – Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі Р.Т.Ж.А.Т.К.
техника ғылымының кандидаты

К.Ә. Өжікенов
» мамыр 2023 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сыдыканов Серікболсын Мухтарбекұлы
Тақырыбы: Деректерді талдаудың кен жүйесі бар портативті құрылғы үшін техникатық көруді дамыту

Университет ректорының 2022 жылғы «23» қараша № 408-П/Ө бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «___» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Raspberry pi, Tensorflow, Keras, OpenCV, Flask

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Икемді портативті құрылғыларды қолдануының маңыздылығы мен болашағын түсінуге мүмкіндік беретін жан-жақты компьютерлік көру жүйесін жасау болып табылады.

б) Әлемдегі әсер сілкінісі сияқты аппараттардан кейінгі анализ жасау жүйелері

в) Экономикалық есептеулер жүргізу. Құрылғының пайдаланып отырған бағаларын бағалау

г) Іске асырылатын болшектер мен жүйелеріне шот, бағалар, бағалар жасақтаманы әзірлеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

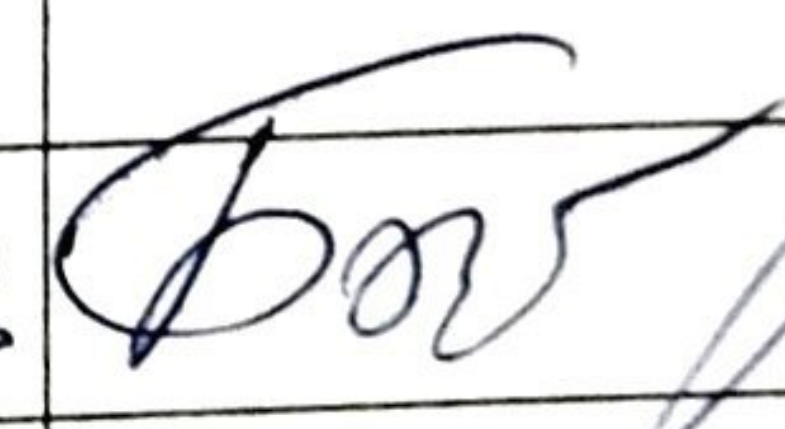
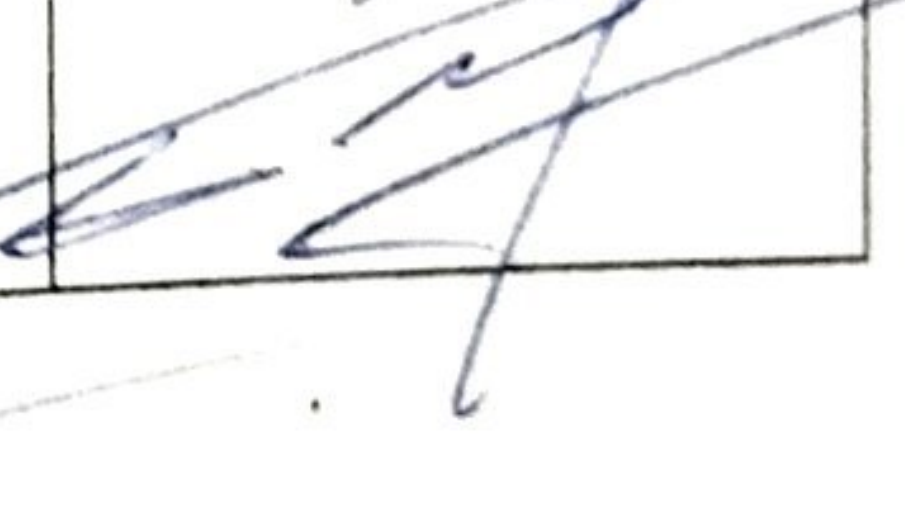
жұмыс презентациясы слайттары 10 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 10 атаулардан

**Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдер	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2023 ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	12.02-20.03.2023 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2023 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-15.05.2023 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын
(жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының
қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Ж. С. Бигалиева, техника ғылымдарының магистрі, лектор	31.05.23	
Негізгі бөлім	Тулешов Е.А Ғылыми жетекшісі техн.ғылым магистрі, сениор-лектор	31.05.23	
Бағдарламалау бөлімі	Тулешов Е.А Ғылыми жетекшісі техн.ғылым магистрі, сениор-лектор	31.05.23	

Ғылыми жетекшісі

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

«31» Мамыр 2023

Тулешов Е.А

Сыдыканов С.М.

АННОТАЦИЯ

Данная научная работа посвящена разработке системы компьютерного зрения для мобильного робота с целью обнаружения нарушений опорно-конструкционных элементов в объектах. Для этого были использованы современные методы обработки изображений и машинного обучения, а также соответствующие датчики для обнаружения нарушений в помещениях, таких как утечки газа и высокие температуры.

Результаты исследования показали, что система компьютерного зрения способна точно обнаруживать и анализировать различные типы нарушений опорно-конструкционных элементов, что может помочь предотвратить аварийные ситуации в объектах. Данная работа представляет собой значимый вклад в область компьютерного зрения и мобильной робототехники, и может быть использована в различных сферах, связанных с безопасностью и контролем качества объект

АНДАТПА

Бұл ғылыми жұмыс объектілердегі тірек-құрылымдық элементтердің бұзылуын анықтау мақсатында мобильді робот үшін компьютерлік көру жүйесін жасауға арналған. Бұл үшін заманауи кескінді өңдеу және машиналық оқыту әдістері, сондай-ақ газдың ағуы және жоғары температура сияқты үй-жайлардағы бұзылуларды анықтау үшін тиісті сенсорлар қолданылды.

Зерттеу нәтижелері компьютерлік көру жүйесі нысандардағы төтенше жағдайлардың алдын алуға көмектесетін тірек-құрылымдық элементтердің бұзылуының әртүрлі түрлерін дәл анықтауға және талдауға қабілетті екенін көрсетті. Бұл жұмыс компьютерлік көру және мобильді робототехника саласына елеулі үлес болып табылады және объектілердің қауіпсіздігі мен сапасын бақылауға байланысты түрлі салаларда пайдаланылуы мүмкін.

ANNOTATION

This diploma thesis is dedicated to the development of a computer vision system for a mobile robot designed to analyze potentially hazardous situations in objects. Corresponding sensors are used to detect violations in premises, such as gas leaks and high temperatures, to achieve this goal.

The developed system is also equipped with a built-in manipulator that allows for on-site installation and elimination of violations. Overall, this diploma thesis represents a significant contribution to the field of computer vision and mobile robotics, and can be applied in various areas related to object safety and quality control.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Зерттеу бөлімі	8
1.1 Статистика және зерттеу	8
1.2 Компьютерлік көру ұғымы	11
1.3 Талдау әдістеріне шолу	12
1.4 Нарықтағы ұксас жүйелерге шолу	14
2 Практикалық бөлім	15
2.1 Жүйені құру	15
2.2 Бағдарлама	19
2.3 Машиналық оқыту нәтижесі	24
Қорытынды	25
Қолданылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымша В	
Қосымша С	

КІРІСПЕ

Соңғы жылдары табиғи апаттардың салдарын азайтуға мүмкіндік беретін технологияларды әзірлеуге және пайдалануға көбірек көңіл бөлінді. Осындай технологиялардың бірі-жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану деңгейін бағалауға қабілетті жүйе.

Ірі жер сілкіністері әрқашан адамдардың өмірі мен денсаулығына, сондай-ақ аймақтардың экономикалық тұрақтылығына қауіп төндірді. Мысалы, 2023 жылдың ақпанында Түркияның оңтүстік-шығысында екі ірі жер сілкінісі болып, 50 000-нан астам адам қаза тауып, тағы он мыңдаған адам зардап шекті. Осыған байланысты жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану деңгейін тез және дәл бағалауға мүмкіндік беретін жүйені құру өзекті міндет болып отыр.

Бұл мәселені шешуге көмектесетін құралдардың бірі-кескіндер мен бейнелерді өңдеу үшін кеңінен қолданылатын OpenCV кітапханасы. Бұл кітапхананың көмегімен суреттерді автоматты түрде талдайтын және ғимараттың зақымдану дәрежесін анықтайтын Алгоритмдер жасауға болады. Мұндай жүйені басқару үшін Raspberry Pi контроллерін пайдалануға болады, ол алынған деректерді жылдам өңдеуге және талдау нәтижелерін шығаруға қабілетті шағын компьютер жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ғимараттың зақымдану деңгейін дәлірек бағалау үшін зақымдалған электр желілерін оқшаулауға және жөндеу жұмыстарын жүргізуге көмектесетін манипуляторды қолдануға болады.

Осылайша, жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану деңгейін тез және дәл бағалай алатын жүйені құру қазіргі уақытта өзекті мәселе болып табылады. OpenCV кітапханасы мен Raspberry Pi контроллерін пайдалану бұл мәселені шешуге көмектеседі, ал манипуляторды пайдалану жөндеу жұмыстарын жүргізу үшін маңызды ғимараттарды дәлірек және тиімді анықтауға мүмкіндік береді.

1 Зерттеу бөлімі

1.1 Статистика және зерттеу

Жер сілкінісі-бұл адам мен қоршаған ортаға ауыр зардаптар әкелуі мүмкін ең жойқын табиғи құбылыстардың бірі. Ірі жер сілкіністері ғимараттар мен инфрақұрылымның бұзылуына, халықты эвакуациялауға, сондай-ақ адам шығынына әкелуі мүмкін.

Жер сілкінісінің негізгі салдарының ішінде мыналарды атап өтуге болады:

Ғимараттар мен инфрақұрылымның бұзылуы: жер сілкінісі ғимараттар мен көпірлер, жолдар мен теміржолдар сияқты басқа құрылымдардың бұзылуына әкелуі мүмкін. Мысалы, 2011 жылы Жаңа Зеландиядағы 6,3 балдық жер сілкінісі Кристчерч қаласындағы көптеген ғимараттар мен инфрақұрылымдардың бұзылуына әкелді.

Зардап шеккендер мен зардап шеккендер: жер сілкінісі адамдар үшін өлімге және жарақатқа әкелуі мүмкін. Мысалы, 2010 жылы Гаитидағы 7,0 баллдық жер сілкінісі 220 мыңнан астам адам қаза тауып, жараланды.

Экономикадағы шығындар: ғимараттар мен инфрақұрылымның бұзылуы, кәсіпорындар мен ұйымдардың жұмысын тоқтату аймақтың немесе елдің экономикасына ауыр зардаптар әкелуі мүмкін. 2011 жылы Жапонияда 9,0 баллдық жер сілкінісі экономикада үлкен шығындарға әкелді, соның ішінде кейбір ядролық электр станциялары мен өнеркәсіптік зауыттардың жұмысын тоқтатты.

Қоршаған ортаға әсері: жер сілкінісі қоршаған ортаға да кері әсерін тигізуі мүмкін. Мысалы, 2004 жылы Индонезиядағы 9,1 баллдық жер сілкінісі цунамиге әкеліп соқтырды, бұл жағалау суларының ластануына және экосистемалардың бұзылуына әкелді.

Апаттардың қаупі мен салдарын азайту жөніндегі Жаһандық қордың деректеріне сәйкес, 2000 жылдан бастап.

Шынында да, ықтимал жер сілкінісіне байланысты ең қауіпті мінез-құлық белгілерінің бірі-адамдардың қауіпті аймақта бейсаналық болуы. Әдетте, адамдар өлім мен жарақатқа әкелуі мүмкін жағдайларға назар аудармайды. Мысалы, 2009 жылы Италияның Л'Аквила қаласында болған жер сілкінісінен кейін көптеген тұрғындар ықтимал қауіп туралы ескертулерге қарамастан соңғы сәтке дейін үйлерін тастап кеткен жоқ. Бұл мінез-құлықтың нәтижесі қосымша құрбандар мен жарақаттар болды сурет 1.1.1, егер адамдар қауіпті аймақтан дереу эвакуацияланса, оларды болдырмауға болады.[1]



1.1 - сурет – Апаттық жағдайдағы алаңқай

Түркиядағы жер сілкіністерінен кейін ғимараттар қауіпті болған кезде, іздестіру-құтқару жұмыстарына қатысатын құтқарушылар мен бейбіт тұрғындар жиі қауіп-қатерге ұшырайды және апаттық ғимараттармен байланысты қауіпке тап болады.

Апаттық ғимараттар – бұл жер сілкінісінен зардап шеккен және өмір мен денсаулыққа қауіп төндіретін жағдай. Бұл ғимарат құрылымының бұзылуынан, қабырғалардың, төбелердің немесе кез келген уақытта құлап кетуі мүмкін басқа құрылымдардың құлауынан туындауы мүмкін.

Авариялық ғимараттарда жұмыс істейтін құтқарушылар үйінділердің астына түсу қаупіне, ықтимал үйінділерге немесе қосымша сейсмикалық оқиғаларға тап болады. Олар стрессте және уақыт шектеулерінде қиын жағдайларда жұмыс істеуге мәжбүр. Іздеу және құтқару тапсырмаларын орындау кезінде олар құтқару процесін қиындататын және олардың өміріне қауіп төндіретін белгісіз қауіптерге тап болады.

Жер сілкінісі кезінде ғимараттарда болған бейбіт тұрғындарға да қауіп төнеді, әсіресе олар апаттық құрылымдардың жанында болса. Олар үйінділердің астында қалуы немесе ғимараттан кетуге тырысқанда кедергілерге тап болуы мүмкін. Сонымен қатар, жер сілкінісінен кейін өрт, газдың ағуы немесе бейбіт тұрғындардың өміріне қауіп төндіретін басқа да төтенше жағдайлар болуы мүмкін.

Жер сілкінісінен кейінгі апаттық ғимараттардан құтқарушылар мен бейбіт тұрғындар арасында құрбан болғандардың саны айтарлықтай болуы мүмкін сурет 1.1.2. Жағдайдың күрделілігі мен қауіптілігіне байланысты іздеу-құтқару жұмыстары кезінде жазатайым оқиғалар мен өмірден айырылу сөзсіз. Сондықтан

құтқарушылар мен азаматтық қауіпсіздікті қамтамасыз ету басым міндет болып табылады және тиісті жаттығулар өткізіледі, тәуекелдерді азайту үшін қажетті құралдар мен жабдықтар беріледі.



1.2 - сурет – Жер сілкінісінің залалдары

Жалпы, жер сілкінісі Түркия азаматтарының, сондай-ақ төтенше жағдайларда көмектесуге тырысатын құтқарушылардың өмірі мен қауіпсіздігіне үлкен қауіп төндіреді. Бұл құрылыс кезінде қатаң сейсмикалық нормаларды сақтаудың, сейсмикалық қауіпсіздік туралы мәліметтерді арттырудың және осындай табиғи апаттарға тиімді жауап берудің маңыздылығын көрсетеді.

Сондықтан жағдайды дұрыс бағалау және ықтимал жер сілкінісін болжау ғана емес, сонымен қатар адамдарды өз қауіпсіздігі үшін қажетті шараларды қабылдауға сендіру маңызды. Бұған сарапшылар мен жұртшылық арасындағы байланысты жақсарту, сондай-ақ төтенше жағдайлар кезінде тиімді ескерту және эвакуация жүйелерін құру арқылы қол жеткізуге болады.

Жер сілкінісінің қаупі мен салдарын азайту үшін геология және инженерлік ғылымдар саласында әртүрлі технологиялар мен инновациялар қолданылады. Осындай технологиялардың бірі-жер сілкінісінен кейінгі ғимараттар мен құрылыстардың жағдайын талдау үшін қолдануға болатын компьютерлік көру.

Компьютерлік көру арқылы ғимараттар мен құрылыстардың бетіндегі жарықтар мен орын ауыстырулар сияқты зақымдардың болуын тез анықтауға болады. Бұл инженерлерге зақымдану дәрежесін тез бағалауға және ғимаратты жөндеу немесе қайта құру қажет пе екенін анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, жер сілкінісі кезінде ғимараттар мен құрылыстардың мінез-құлқын талдау үшін компьютерлік көруді қолдануға болады. Мысалы, жер сілкінісі кезінде алынған бейнелерді талдау және ғимараттардың пішіні мен орналасуының өзгеру динамикасын анықтау үшін компьютерлік көру әдістерін қолдануға болады.

Сондай-ақ, жер сілкінісінің әсерін болжау үшін компьютерлік көруді қолдануға болады. Мысалы, жер сілкінісінің әсерін болжау модельдерін жасау үшін алдыңғы жер сілкінісі, сейсмикалық белсенділік және аймақтың геологиялық құрылымы туралы деректерді пайдалануға болады.

Осылайша, Геология және инженерлік ғылымдарда компьютерлік көруді қолдану жер сілкінісінен кейінгі ғимараттар мен құрылыстардың зақымдануы мен жағдайын бағалауды едәуір жақсартып алады, сонымен қатар осы табиғи апаттардың салдарын болжауға көмектеседі.

1.2 Компьютерлік көру ұғымы

Компьютерлік көру (ағылш. Computer Vision) - бұл кескіндер мен бейнелерді өңдеу, талдау және түсіну әдістері мен алгоритмдерін зерттейтін жасанды интеллект саласы. Компьютерлік көрудің мақсаты-адамдар сияқты әлемді "көруге" қабілетті компьютерлік жүйелерді құру. Ол үшін кескіндерді өңдеудің, суреттердегі объектілерді талдаудың және танудың, үш өлшемді қайта құрудың және басқалардың әртүрлі әдістері қолданылады [3].

Компьютерлік көру-бұл жасанды интеллекттің перспективалы және қарқынды дамып келе жатқан саласы. Оның қолданылуын автомобиль өнеркәсібі, медицина, қауіпсіздік, робототехника, компьютерлік графика, деректерді талдау және басқа да көптеген салаларда табуға болады.

Компьютерлік көрудің негізгі компоненттеріне кескінді өңдеу, кескін мазмұнын талдау және нысанды тану кіреді. Кескінді өңдеу кескін сапасын жақсарту, кескінді бөліктерге бөлу, шуды сүзу және маңызды емес бөлшектерді жою әдістерін қамтиды. Кескін мазмұнын талдау түс, пішін, Өлшем, бағдар және текстура сияқты кескіннің қасиеттері мен белгілерін анықтау әдістерін қамтиды. Нысанды тану, сурет 1.2.1, суреттегі нысандарды анықтау және жіктеу әдістерін қамтиды.

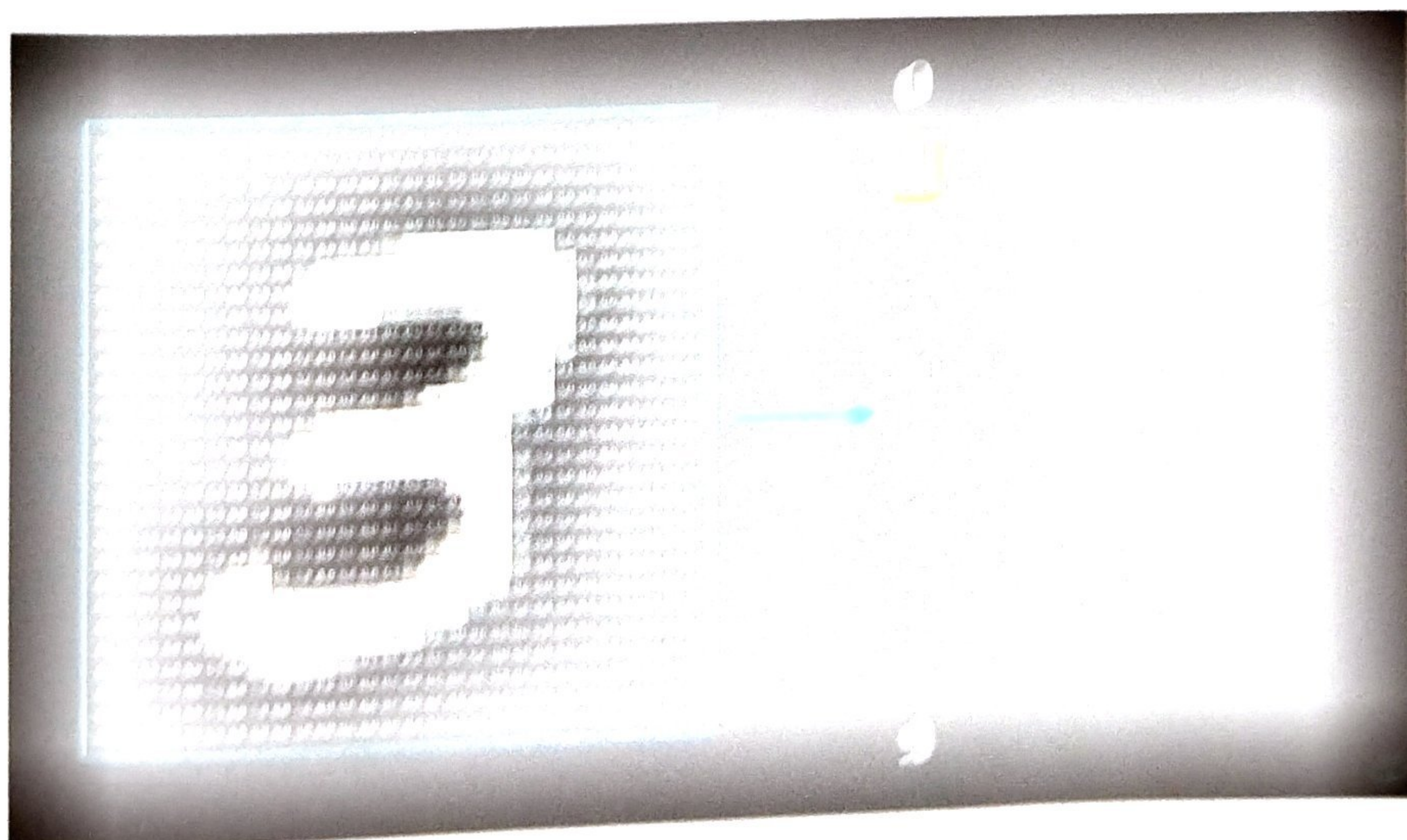


1.4 - сурет – Сүзгілеу

Әрі қарай, суреттерден белгілерді алу, соның ішінде суреттегі объектілердің контурларын, текстураларын, түс сипаттамаларын және басқа сипаттамаларын бөлектеу. Бұл белгілер әрі қарай өңдеу және талдау үшін қолданылады.

Суреттегі объектілерді жіктеу және тану үшін SVM, нейронды желілер және басқа Машиналық оқыту алгоритмдері сияқты әртүрлі әдістер қолданылады. Кескіндерді сегменттеу кескінді жеке объектілерге немесе аймақтарға бөлуге мүмкіндік береді, бұл оларды талдау мен өңдеуді жеңілдетеді [6].

Нысандарды бақылау олардың қозғалысын бейнеде бақылауға мүмкіндік береді, бұл қауіпсіздік, көлікті автоматты басқару және басқа қажетті мәселелерді шешуге пайдалы болуы мүмкін.



1.5 - сурет – Машиналық оқытудың мысалы

Компьютерлік көру процесін жүзеге асыру үшін пайдаланылатын кейбір кітапханалар мен құрылымдарға OpenCV, TensorFlow, PyTorch, Keras, Caffe, Torch, MXNet және басқалары кіреді. Бұл құралдар суреттер мен бейнелермен жұмыс істеу үшін көптеген мүмкіндіктер мен мүмкіндіктерді ұсынады.

1.4 Нарықтағы ұқсас жүйелерге шолу

"Railway Crack Detection Robot" роботын Нанкин аэроғарыш институтының және Қытайдағы Шэньян ғылым және технология университетінің инженерлері жасаған. Робот жоғары ажыратымдылықтағы камералармен және теміржол бетіндегі жарықтар мен басқа ақауларды анықтауға арналған компьютерлік көру жүйесімен жабдықталған. Ол жол бойымен автоматты түрде қозғала алады және жолдың жай-күйі туралы ақпарат жинай алады, бұл тексеру процесін жеңілдетеді және проблемаларды диагностикалауға кететін уақытты қысқартады. Мақала [11]

«Da Vinci Surgical System» роботын Intuitive Surgical компаниясы әзірлеген және көзге хирургиялық операциялар жасау үшін пайдаланылады. Робот жоғары ажыратымдылықтағы камералармен және хирургқа құралдарды консоль арқылы басқаруға және көзге дәл және күрделі процедураларды орындауға мүмкіндік беретін компьютерлік көру жүйесімен жабдықталған. Бұл робот асқыну қаупін азайтуға, пациенттің оңалтуын тездетуге және хирургиялық операцияның сапасын жақсартуға көмектеседі. Мақала: «Da Vinci Ophthalmic Surgery үшін хирургиялық жүйе: ШОЛУ», Офтальмология журналы, 2020.

"Vine Robot" роботын Австралиядағы Аделаида университетінің ғалымдары жүзімдіктердегі жүзімнің сапасын автоматты түрде анықтау үшін жасаған. Робот жоғары ажыратымдылықтағы камералармен және піскен жүзім жидектерін тани алатын және олардың сапасын бағалай алатын компьютерлік көру жүйесімен жабдықталған. Бұл жүзімді қолмен жинауға және бағалауға байланысты уақытты қажет ететін процестердің құнын төмендетуге, сондай-ақ шарап өндірісінің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, робот ұзақ уақыт бойы тоқтаусыз және шаршамай жұмыс істей алады, бұл өндіріс тиімділігін арттырады және қателіктер қаупін азайтады.

"Vine Robot" роботының дамуы мен оның мүмкіндіктерінің сипаттамасы "robot for Automated Grapevine Pruning and Yield Estimation", Sensors, 2018 ғылыми мақаласында жарияланған. Бұл мақалада авторлар роботтың техникалық сипаттамаларын, оның аппараттық және бағдарламалық жасақтамасын және роботтың тиімділігін бағалау үшін жүргізілген эксперименттерді егжей-тегжейлі сипаттайды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, "Vine Robot" роботы жүзімдегі жидектердің санын 91% дәлдікпен анықтай алады, бұл қолмен жинауға қарағанда әлдеқайда дәл. Сонымен қатар, робот Оңтүстік Австралиядағы жүзімдіктерде бірқатар далалық сынақтардан сәтті өтті.

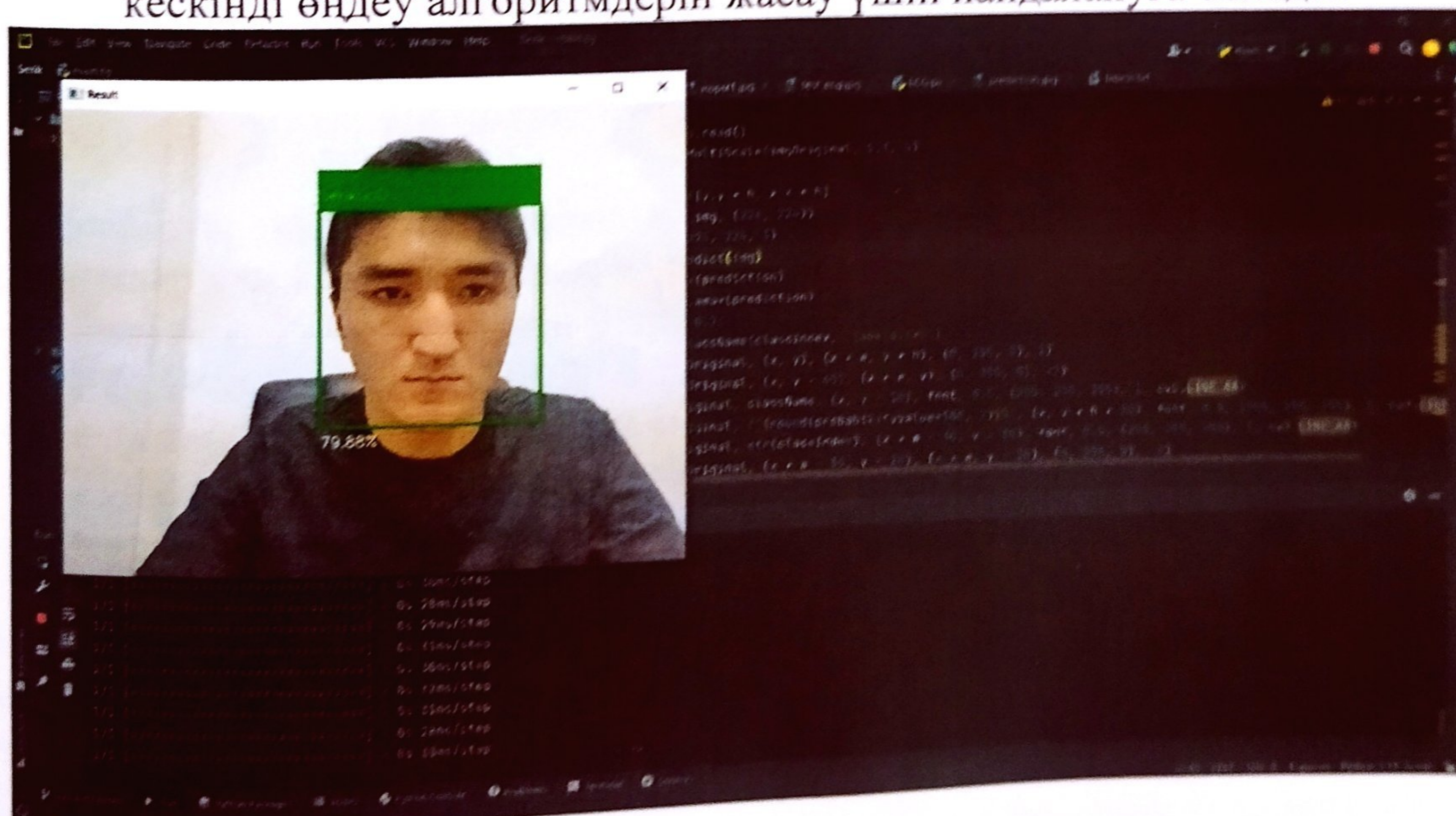
2 Практикалық бөлім

2.1 Жүйені құру

Техникалық көру роботын жасау үшін роботқа қоршаған орта туралы ақпаратты оқуға және талдауға мүмкіндік беретін арнайы жабдықты пайдалану қажет. Техникалық көру роботтарын жасаудың ең танымал құралдарының бірі- Raspberry Pi.

Raspberry Pi-бұл әртүрлі жобалар үшін, соның ішінде роботтар жасау үшін негізгі модуль ретінде пайдалануға болатын арзан бір такталы компьютер. Компьютер кішкентай және аз мөлшерде қуат тұтынады, бұл оны роботтар сияқты шағын құрылғыларға біріктіруге мүмкіндік береді. Raspberry Pi негізіндегі роботтың техникалық көрінісін қамтамасыз ету үшін роботқа орнатылған камералар арқылы алынған деректерді өңдеуге мүмкіндік беретін арнайы бағдарламалар қолданылады. Осындай бағдарламалық өнімдердің бірі- OpenCV (Open Source Computer Vision Library).

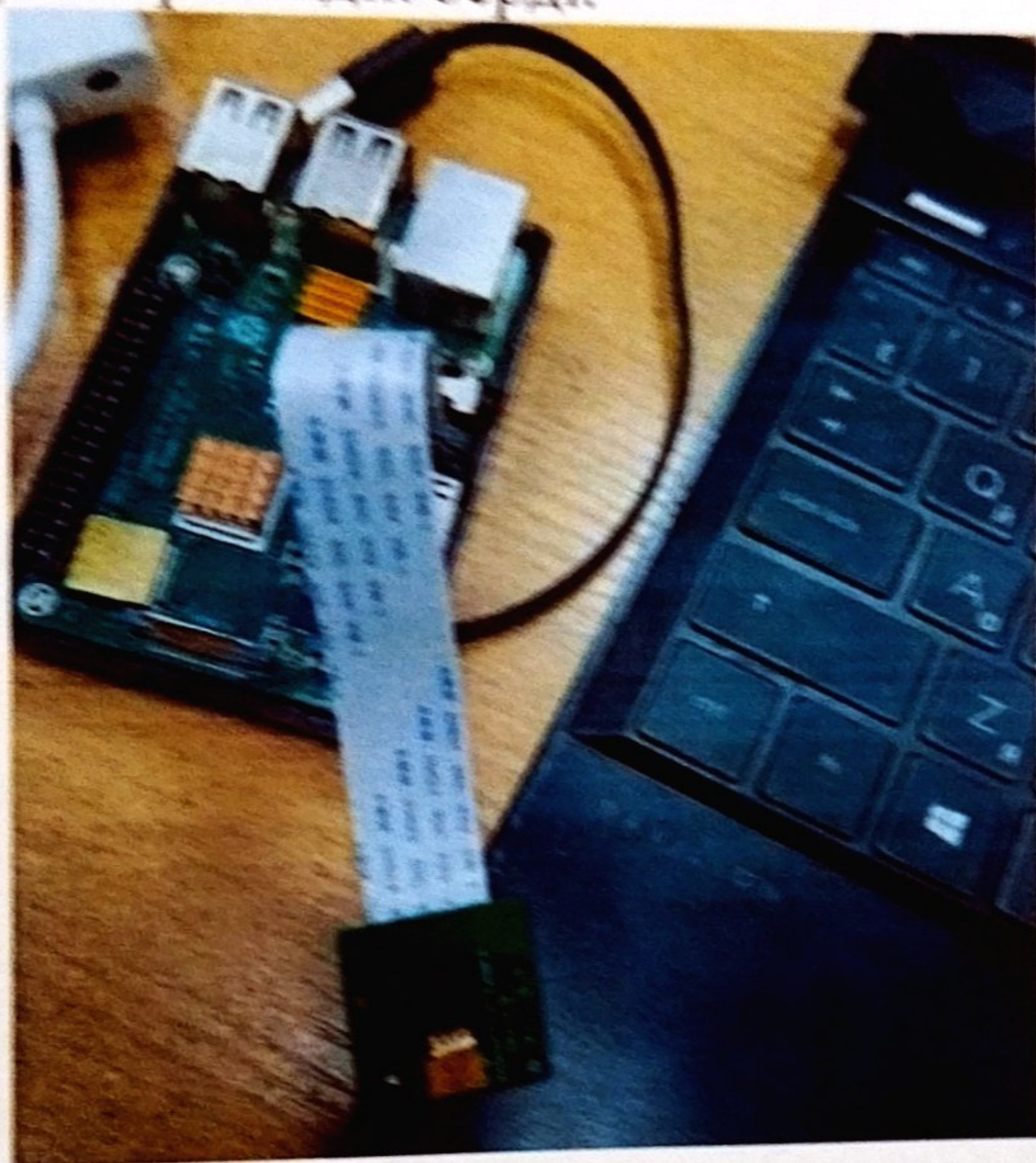
OpenCV-кескіндер мен бейнелерді өңдеуге арналған көптеген мүмкіндіктерді ұсынатын ашық бастапқы компьютерлік көру кітапханасы. Кітапхананы нысанды тану, қозғалысты анықтау, текстураны талдау және т.б. сияқты кескінді өңдеу алгоритмдерін жасау үшін пайдалануға болады.



2.1 - сурет – OpenCV-мен жұмыс

Техникалық көру роботын жасау үшін Raspberry Pi және OpenCV пайдаланудың бір мысалы-Чикагодағы Лойола Мэримаунт университетінің зерттеушілері жүзеге асырған жоба [4]. Бұл жоба Raspberry Pi-ді негізгі модуль ретінде, сондай-ақ компьютерлік көру жүйесін құру үшін осьтік OpenCV камерасы мен бағдарламалық жасақтамасын қолданды. Құрылған робот шешкен

міндеттердің бірі жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану дәрежесін бағалау болды. Ол үшін роботқа орнатылған камера пайдаланылды, ол зақымдалған ғимараттардың суреттерін түсірді. Алынған кескіндер OpenCV кітапханасын пайдаланып Raspberry Pi-де жүзеге асырылған компьютерлік көру алгоритмдері арқылы өңделді. Алгоритмдер ғимараттың зақымдануының болуы мен дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді.



2.2 - сурет – Контроллер және камера

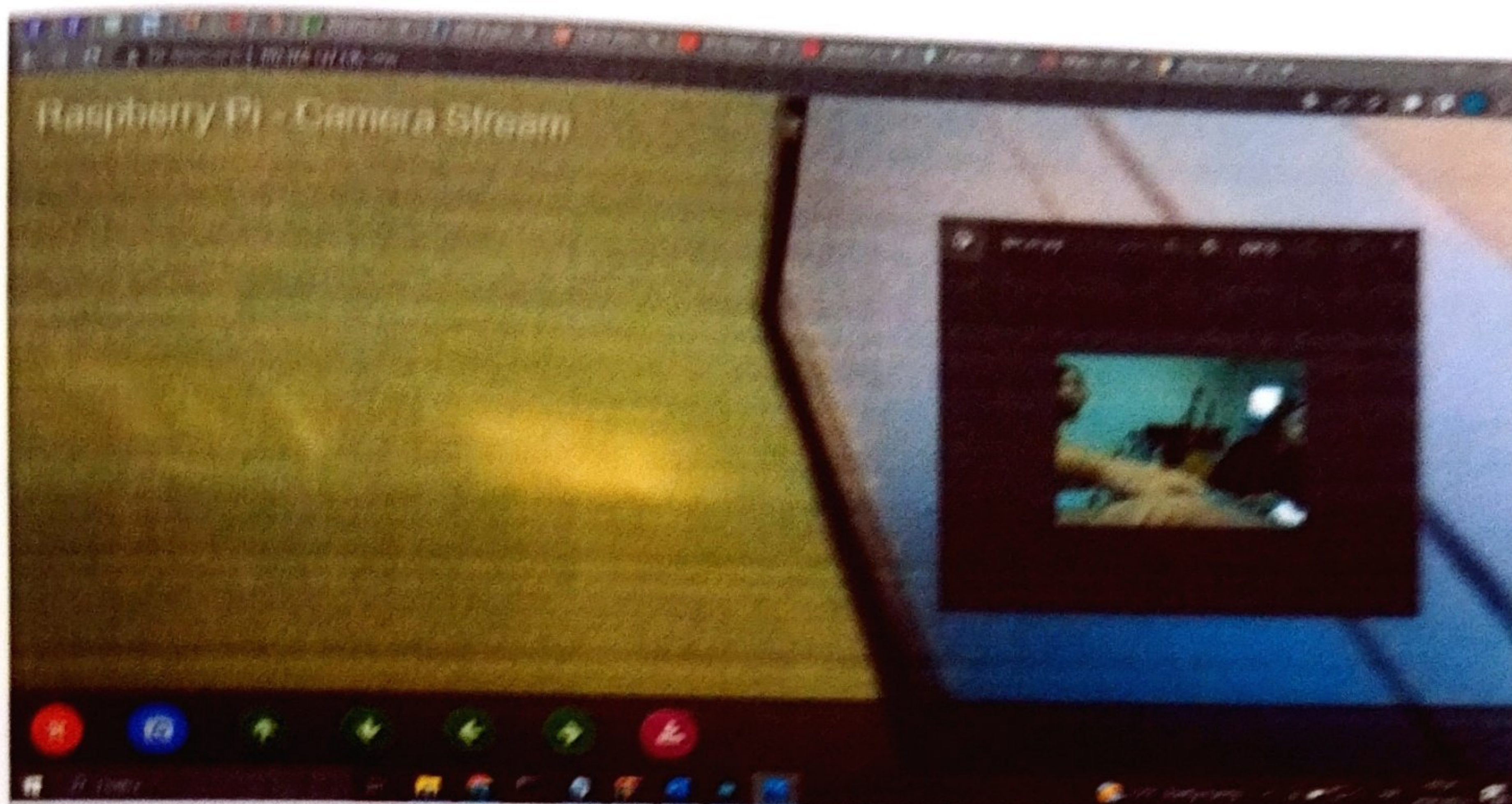
Роботты құру және компьютерлік көру жүйесін енгізу үшін келесі құрылғылар мен бағдарламалық құралдар қолданылды:

1. Raspberry Pi 3 B + моделі негізгі модуль ретінде;
2. Raspberry Pi камерасы V2 модулі;
3. суреттерді өңдеуге арналған OpenCV кітапханасы;
4. Python бағдарламалау тілі ретінде;
5. Суреттерге қашықтан қол жеткізуге арналған Raspberry Pi Camera Server.

Ғимараттар мен кабельдердің ақауларын анықтау үшін техникалық көруді пайдалану компьютерлік көру саласындағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұл мәселені шешудің бір әдісі-TensorFlow шеңбері мен keras кітапханасына негізделген нейрондық желілерді қолдану.

Ғимараттардың ақауларын анықтау үшін Sequential әдісіне негізделген нейрондық желі құрылды, ол әртүрлі зақымданулары бар ғимараттардың 200-ден астам суреттерін, соның ішінде қабырғадағы жарықтарды қамтитын мәліметтер базасында оқытылды. Кабельдердің ақауларын анықтау үшін сол модель де қолданылды, бірақ зақымдалған сымдардың кескін деректері негізінде [9].

Сонымен қатар, техникалық көруді ғимараттардың ішіндегі адамдардың бет-әлпетін анықтау үшін пайдалануға болады, бұл қараңғыда адамдарды табу қиын болуы мүмкін төтенше жағдайларда пайдалы болуы мүмкін. Адамдардың



2.3 - сурет – Жергілікті сервер

Серверді іске қосу: барлық қажетті компоненттерді конфигурациялағаннан кейін, қосымшаны қол жетімді ету үшін жергілікті flask серверін іске қостың. Серверді тындау үшін flask іске қосу пәрменін қолдандым

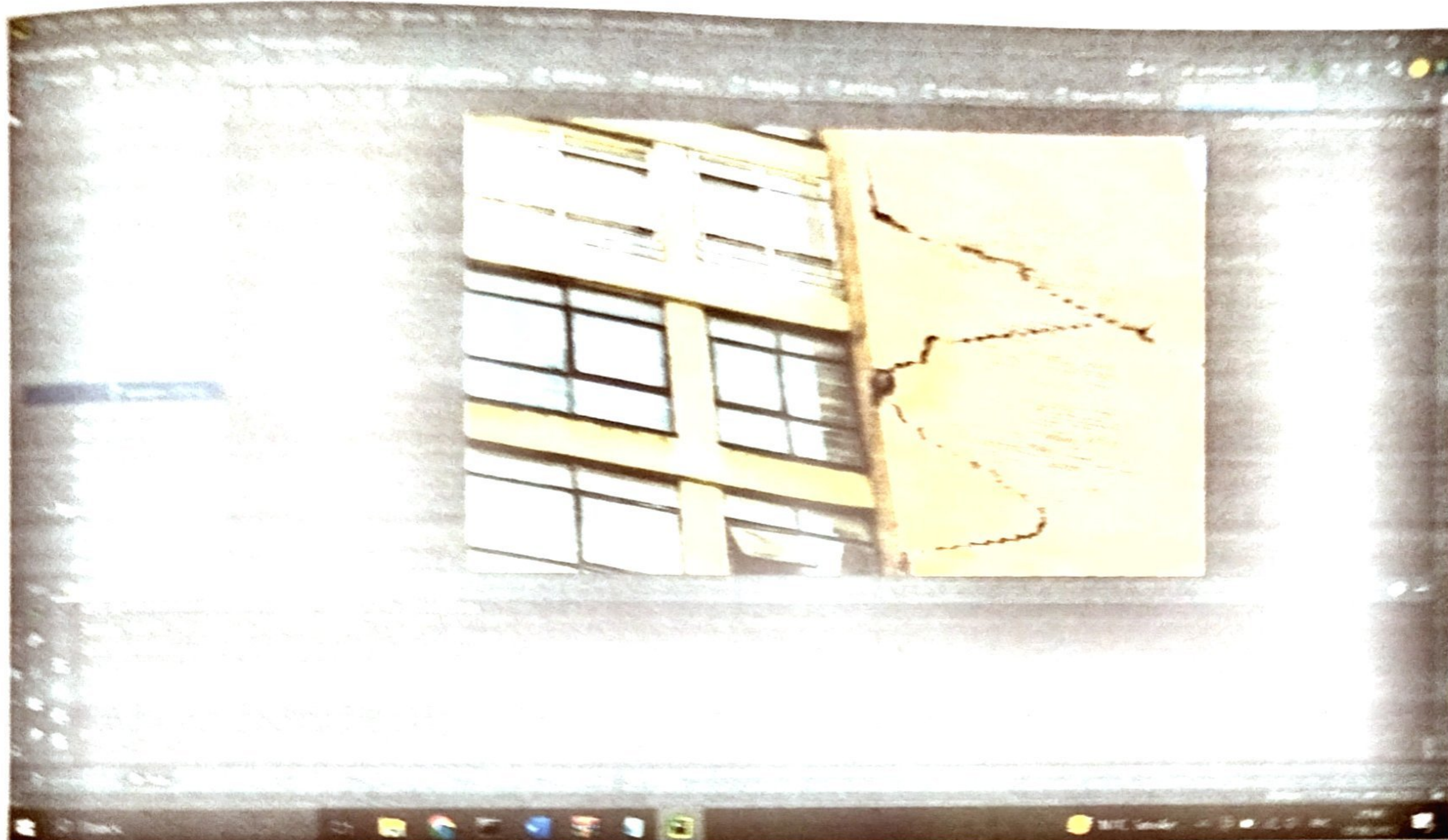
Бейнелерді тарату, фотосуреттер түсіру және файлдарды жүктеу функционалдығынан басқа, жергілікті flask серверінде орналастырылған мобильді роботты басқару функциясы да бар. Бұл функцияны жүзеге асыру үшін тиісті механизмдер мен технологиялар қолданылды. Сіз мобильді роботты басқаруға мүмкіндік беретін кітапханаларды немесе құралдарды қолданған боларсыз, мысалы, қозғалыс командалары немесе оның жұмыс параметрлерін өзгерту арқылы.

Мобильді роботты басқаруға қатысты сұрауларды өңдеу үшін flask қолданбасына тиісті маршруттар мен өңдеушілер қосылды. Бұл роботты басқаруға қатысты басқа әрекеттерді жылжыту, бұру, тоқтату немесе орындау мүмкіндіктерін қамтуы мүмкін. Мобильді роботпен өзара әрекеттесу үшін роботты желі арқылы басқару үшін байланыс протоколдары немесе API сияқты әртүрлі технологияларды пайдалануға болады.

Осы мобильді роботты басқару мүмкіндігінің көмегімен сіздің flask қолданбаныз мүмкіндіктерге бай және физикалық құрылыстармен өзара әрекеттесуге қабілетті болады. Сіз бұл функцияны мобильді роботты қашықтан басқару, оған белгілі бір тапсырмалар беру немесе оның датчиктерінен мәліметтер жинау үшін пайдалана аласыз.

Осылайша, ғимараттар мен кабельдердегі ақауларды анықтау және адамдардың бет-әлпетін анықтау үшін техникалық көруді пайдалану нейрондық желілер мен компьютерлік көру арқылы шешілетін өзекті мәселе болып табылады. Бұл қолданба қабырғалардағы жарыстар мен шығарылымдар сияқты әртүрлі құрылыс ақауларын анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл ғимараттардағы оқиғаларға байланысты апаттар қаупін азайтуға көмектеседі

сурет 2.1.4.



2.4 - сурет – Дереккордан алынған сурет

2.2 Бағдарлама

Бұл мәселені шешудің негізгі міндеттерінің бірі-суреттердегі ақаулар мен адамдардың беттерін тануға қабілетті Машиналық оқыту моделін құру. Ол үшін біз TensorFlow және keras кітапханасын пайдалана аламыз, олар нейрондық желілерді дамыту мен оқытудың ең танымал құралдары болып табылады.

Алдымен біз модельді оқыту үшін деректерді дайындауымыз керек. Біз модельді әртүрлі кескін түрлеріне үйрету үшін ғимараттар мен адамдардың ақауларының кескін дерекқорын пайдалана аламыз. Біз OpenCV-ді кескіндерді өңдеу және ақаулардың контурын анықтау үшін қолдана аламыз.

Модельді оқыту үшін біз Керас кітапханасынан Секвенциялық әдісті қолдана аламыз. Бұл әдіс арқылы біз нейрондық желіні құра аламыз, ол қабаттардан тұрады, олардың әрқайсысында алдыңғы қабаттан ақпаратты белсендіру функциялары ретінде біз өңдеуге қабілетті нейрондар жиынтығы бар. Белсендіру функциялары ретінде біз ReLU (rectified Linear Unit) немесе Sigmoid қолдана аламыз.

Біз модельді оқыту үшін кері қатені тарату алгоритмін (backpropagation) пайдалана аламыз. Бұл алгоритм болжау қатесі мен күтілетін нәтижелерді ескере отырып, нейрондық желінің салмағын реттеу үшін градиентті түсіруді пайдаланады. Біз Adam алгоритмі арқылы модельмізді оңтайландыра аламыз, бұл шығын функциясының минимумына тезірек жетуге мүмкіндік береді.

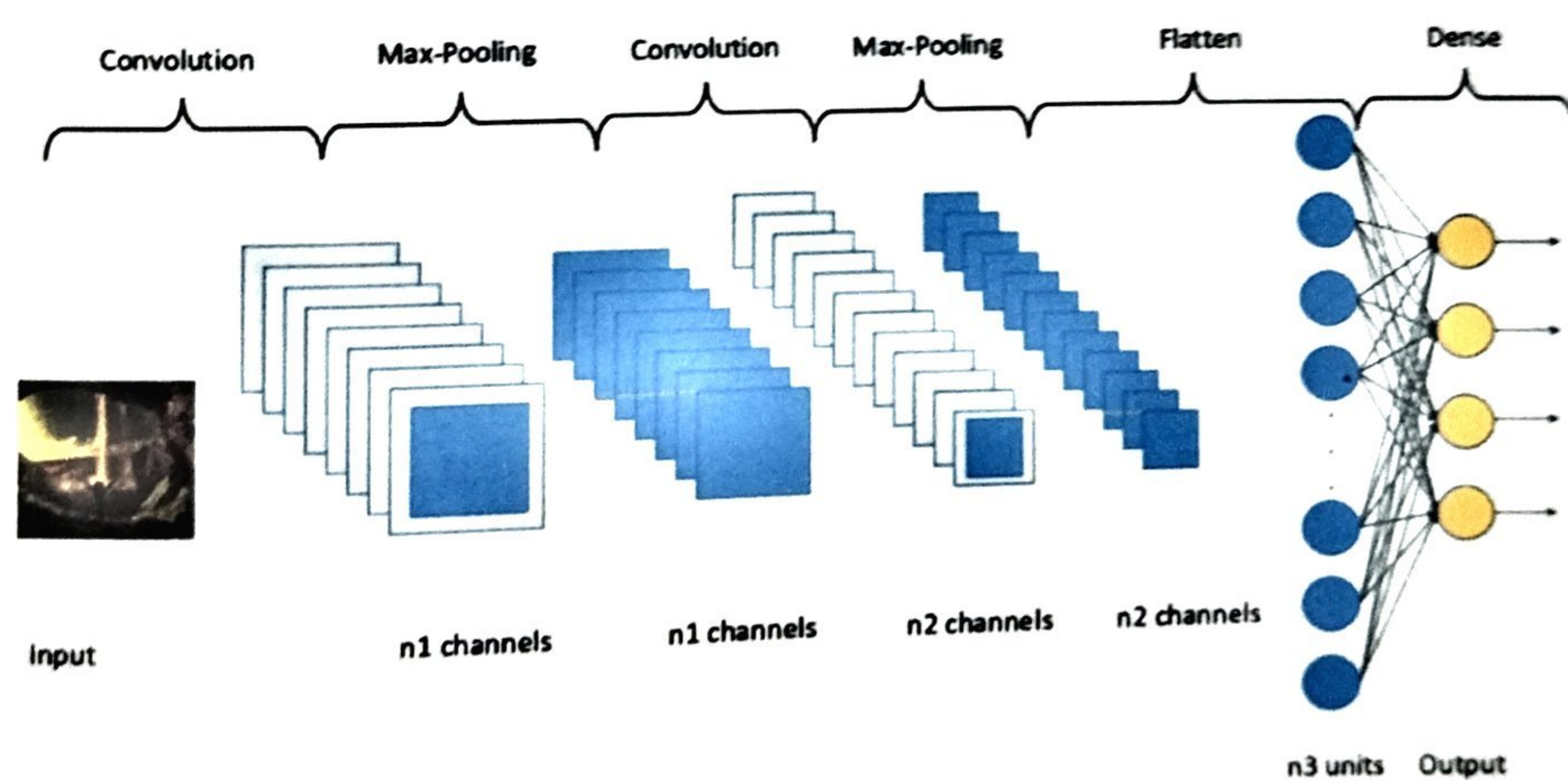
Модельді оқытқаннан кейінгі маңызды міндеттердің бірі-оны тестілік деректер жиынтығында сынау. Модельдің өнімділігін бағалау үшін дәлдік

(дәлдік), толықтық (қалпына келтіру) және F-Өлшем (F1-score) сияқты көрсеткіштерді пайдалана аламыз.

Ақырында, біздің модельді сәтті оқып, сынағаннан кейін біз оны жүйенің контроллері ретінде пайдаланылатын Raspberry Pi-мен біріктіре аламыз. Біз Python-камеры камерадан деректерді алатын және оны оқытылған модель арқылы өңдейтін сценарийлер жазу үшін пайдалана аламыз. Содан кейін деректерді қосымша өңдеу және талдау үшін жергілікті серверге жіберуге болады.

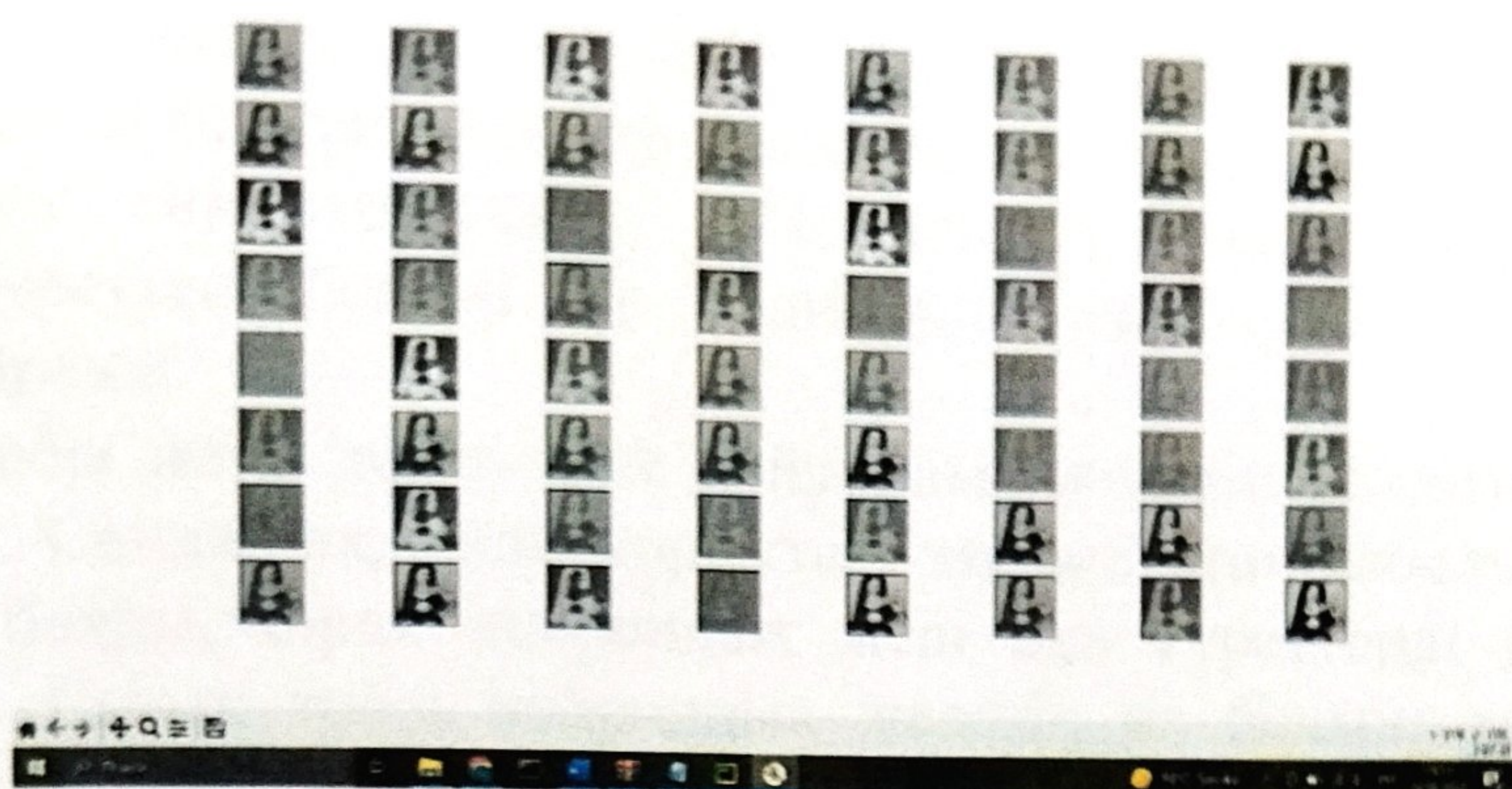
Мұндай жүйенің көптеген қолданыстары бар. Мысалы, ғимаратта апат болған немесе электр желілері бұзылған жағдайда, біздің жүйе ғимаратта адамдардың бар-жоғын анықтау және жағдайға тез әрекет ету үшін пайдаланылуы мүмкін. Сондай-ақ, жүйені Құрылыс құрылымдарындағы ақауларды іздеу үшін пайдалануға болады, бұл проблемаларды ерте анықтауға және олар сыни болмай тұрып жоюға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, техникалық көру және машиналық оқытуды қолдану ғимараттар мен кабельдердегі ақауларды анықтау, сондай-ақ адамдардың бет-әлпетін анықтау мәселелерін шешудің тиімді және перспективалы тәсілі болып табылады. Контроллер ретінде Raspberry Pi-мен бірге TensorFlow және Keras кітапханаларын қолдана отырып жасалған жүйені әртүрлі қосымшаларда, соның ішінде төтенше жағдайлар мен құрылыс құрылымын басқаруда тиімді пайдалануға болады.



2.5 - сурет – Нейрондық желі

Кераста нейрондық желілерді құру үшін біз қабаттарды ретімен қосу арқылы дәйекті модель құруға мүмкіндік беретін Секвенциялық әдісті қолдана аламыз. Модельдегі әрбір қабатта реттеуге болатын қасиеттер бар, мысалы, қабаттағы нейрондар саны, белсендіру функциясы, конволюция ядросы және т. б.



2.6 - сурет – Сұр сүзгілер қабаты

Қабаттардың ең көп таралған түрлерінің бірі-нейрондардан тұратын толық байланысқан қабат (Dense), олардың әрқайсысы алдыңғы қабаттағы барлық нейрондармен байланысқан. Сондай-ақ, біз белгілерді шығару үшін кескінге сүзгілерді қолданатын конволюциялық қабаттарды (Conv2D) және ең маңызды белгілерді сақтай отырып, кескін өлшемін кішірейтетін пулинг қабаттарын (Pooling) пайдалана аламыз.

Бұдан басқа, біз әр элементке $\max(0, x)$ функциясын қолданатын ReLU(Rectified Linear Unit) немесе 0-ден 1-ге дейінгі кез-келген санды түрлендіретін sigmoid сияқты әр түрлі активтендіру функцияларын қолдана аламыз. Сонымен қатар, Кераста қабаттардың басқа түрлері бар, мысалы, мәтінді өңдеуге арналған қабаттар және уақыт қатарлары. Осылайша, біз әртүрлі қабаттардың түрлерін, белсендіру функцияларын және оңтайландырғыштарды біріктіру арқылы әртүрлі нейрондық желі архитектураларын жасай аламыз.

Модель жасалғаннан кейін біз оны fit әдісі арқылы жаттығу деректерінде үйрете аламыз, дәуірлер санын, оқу жылдамдығын, батч өлшемін және басқа параметрлерді орната аламыз. Тренингтен кейін біз модельді сақтап, оны жаңа деректерді болжау үшін қолдана аламыз.

Тұтастай алғанда, Кераста Sequential және layers бар нейрондық желілерді пайдалану беттерді анықтау, ғимараттар мен кабельдердің ақауларын анықтау және т.б. сияқты әртүрлі тапсырмаларды шешу үшін тиімді Машиналық оқыту үлгілерін жасауға мүмкіндік береді. TensorFlow кітапханасы мен Keras көмегімен модель құру кезінде маңызды кезеңдердің бірі-Бастапқы мәліметтер базасын үш топқа бөлу: жаттығу, тест және валидация. Бұл модель қолда бар деректерде жақсы білім алып қана қоймай, сонымен қатар өз білімін жаңа деректерге тиімді жалпылау үшін жасалады. Дерекқорды бөлу үшін мен деректерге тиімді жалпылау үшін жасалады. Дерекқорды бөлу үшін 80-15-5 қатынасын сәйкесінше жаттығу, тест және валидация топтары үшін 80%-ы модельді жаттықтыру үшін, қолдандым. Яғни, бастапқы Дерекқордың 80% - ы модельді жаттықтыру үшін, 15% - ы тестілеу үшін, 5% - ы валидация үшін пайдаланылды.

Нейрондық желіні оқыту үшін мәліметтер тобы қолданылды. Онда қабырғалардағы жарықтар немесе кабельдердің зақымдануы анық көрсетілген суреттер, сондай-ақ бет-әлпеті айқын адамдардың суреттері бар суреттер болды. Нейрондық желі ғимараттардағы, кабельдердегі және беттердегі ақауларға байланысты суреттегі белгілі бір белгілерді анықтауды үйрену үшін осы суреттерден үйренді.

Сынақ тобы жана деректерге нейрондық желінің дәлдігін тексеру үшін пайдаланылды. Сондай-ақ, онда жарықтар, зақымдалған кабельдер мен беттер бар суреттер болды, бірақ нейрондық желі бұл суреттерді оқу процесінде пайдаланбады. Сынақ тобы нейрондық желінің өз білімін жана деректерге қаншалықты жалпылайтынын бағалауға мүмкіндік берді сурет 2.2.3.



2.7 - сурет – Суреттерді оқу процесі

Тексеру тобы оқу кезінде модель параметрлерін реттеу үшін пайдаланылды. Бұл оқу процесін бақылауға және жақсы нәтижеге қол жеткізу үшін модель параметрлерін реттеуге мүмкіндік берді. Осылайша, мәліметтер базасын оқыту, тестілеу және тексеру топтарына бөлу нейрондық желіні тиімді оқытуға және оның жана деректердегі дәлдігін бақылауға мүмкіндік береді.


```

Found 42 images belonging to 2 classes.
1/1 |-----| - 0s 126ms/step
Image 1/42: true=[1], pred=0 (0.00)
1/1 |-----| - 0s 32ms/step
Image 2/42: true=[0], pred=0 (0.00)
...
1/1 |-----| - 0s 32ms/step
Image 41/42: true=[0], pred=0 (0.00)
1/1 |-----| - 0s 38ms/step
Image 42/42: true=[0], pred=0 (0.00)
Accuracy: 0.52 (22/42)

```

2.7 - сурет – Машиналық оқыту

Машиналық оқыту көбінесе деректерді батчи мен дәуірге бөлуге негізделген нейрондық желілерді оқыту әдісін қолданады.

Батч-бұл нейрондық желінің салмағын жаңарту үшін қолданылатын мәліметтер жиынтығы. Батч өлшемі тапсырмаға байланысты өзгеруі мүмкін, бірақ әдетте бірнеше ондағаннан бірнеше жүзге дейінгі өлшемдер қолданылады.

Дәуір-бұл оқыту үшін нейрондық желі арқылы бүкіл датасеттің өту процесі. Әр дәуір кезінде модель барлық деректерді dataset-те өңдейді және салмағын жаңартады. Дәуірлердің саны модельдің деректер жиынындағы барлық деректерді қанша рет көретінін анықтайды.

Нейрондық желілерді оқыту кезінде стохастикалық градиентті түсіру әдісі қолданылады, ол желінің салмағын жоғалту функциясының градиентіне қарама-қарсы бағытта жаңартудан тұрады. Батчи нейрондық желінің салмағын бүкіл деректер жиынында емес, тек деректердің бір бөлігінде жаңартуға мүмкіндік береді, бұл оқу процесін жылдамдатады және жалты үнемдейді.

Модельдің жеткілікті дәлдігіне қол жеткізу үшін бір дәуір жеткіліксіз болуы мүмкін. Сондықтан оқу нәтижелерін жақсарту үшін әдетте бірнеше дәуір қолданылады. Дәуірлердің саны тапсырманың күрделілігіне және деректер көлеміне байланысты.

Сонымен қатар, модельді оқыту кезінде деректерді жаттығу, тест және валидация жиынтығына бөлу маңызды. Әдетте, модельді оқыту, тестілеу және валидация жиынтығына бөлу маңызды. Әдетте, модельді оқыту, тестілеу және валидация жиынтығына бөлу маңызды. Әдетте, модельді оқыту, тестілеу және валидация жиынтығына бөлу маңызды. Әдетте, модельді оқыту, тестілеу және валидация жиынтығына бөлу маңызды.

Секвенциалық әдіспен нейрондық желілерді оқытуда батчтар мен дәуірлерді пайдалану және деректерді оқу, сынақ және валидация жиынтықтарына бөлу модельді тиімді оқытуға және гиперпараметрлерді беттері мен параметрлерін анықтау сияқты компьютерлік көру тапсырмаларында жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2.3 Машиналық оқыту нәтижесі

Бірінші модель жоғалған адамның немесе құтқарушының бетін тануға үйретілді. Оның міндеті-суреттегі адамның жоғалған адамның немесе құтқарушының бет-бейнесі екенін анықтау. Мұндай модель фотосуреттердегі немесе бейнежазбалардағы адамдарды тез анықтау қажет болатын іздеу немесе құтқару миссияларында өте пайдалы болуы мүмкін.

Екінші модель суреттегі жарықтарды анықтауға үйретілген. Бұл модель құрылысты, инфрақұрылымды күтіп ұстауды және тіпті медицинаны қоса алғанда, әртүрлі салаларда пайдалы болуы мүмкін беттердегі жарықтарды автоматты түрде анықтауға және оқшаулауға арналған. Модель кескін құрылымын талдауға және жарықтарға байланысты сипаттамалық белгілерді анықтауға негізделген.

Екі модель де модельдерге суреттерден жоғары деңгейлі белгілерді автоматты түрде алуға және осы белгілерге негізделген салмақты шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін терең оқыту әдістерін (Deep Learning) қолдана отырып оқытылды. Модельдерді оқыту үшін беттің санаттардың біріне жататындығын немесе суретте жарықшақтың бар-жоғын көрсететін таңбасы бар мындаған бет суреттері мен жарықшақ суреттері бар әртүрлі деректер жиынтығы пайдаланылды.

Оқыту нәтижесінде екі модель де өз міндеттерінде жоғары дәлдік пен өнімділікке қол жеткізді. Бетті тану моделі суреттерде жоғалған немесе құтқарушының беттерін 95% - дан жоғары дәлдікпен анықтау қабілеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, жарықтарды анықтау моделі 90% - дан астам дәлдікпен кескіндердегі жарықтарды анықтауда жоғары дәлдікке ие.

КОРЫТЫНДЫ

Соңғы жылдары табиғи апаттардың салдарын азайтуға бағытталған технологияларды әзірлеуге және пайдалануға көп көңіл бөлінді. Осындай технологиялардың бірі-жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану дәрежесін бағалауға қабілетті жүйе. Ірі жер сілкіністері әрқашан адамдардың өмір мен денсаулығына, сондай-ақ аймақтардың экономикалық тұрақтылығына зор төндірді. Жер сілкінісінен кейінгі ғимараттардың зақымдану деңгейін бағалау, әсіресе Түркиядағы рецензиялық оқиғалардан кейін өзекті мәселе болып табылады.

Бұл мәселені шешуге көмектесетін құралдардың бірі-OpenCV кітапханасы. Ол кескіндер мен бейнелерді өңдеу үшін кеңінен қолданылады және оның көмегімен суреттерді автоматты түрде талдайтын және ғимараттың зақымдану дәрежесін анықтайтын Алгоритмдер жасауға болады. Raspberry Pi контроллерін осындай жүйені басқару үшін пайдалануға болады, бұл алынған деректерді жылдам өңдеуге және талдау нәтижелерін шығаруға қабілетті шағын компьютер құруға мүмкіндік береді.

Ғимараттың зақымдану дәрежесін дәлірек бағалау үшін зақымдалған электр желілерін оқшаулауға және қажетті жөндеу жұмыстарын жүргізуге көмектесетін манипуляторды пайдалануға болады. Бұл жөндеуді қажет ететін ғимараттарды тиімдірек және дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Қысқаша, жер сілкінісінен кейін ғимараттардың зақымдану деңгейін бағалау және дәл бағалай алатын жүйені құру қазіргі уақытта өзекті мәселе болып табылады. OpenCV кітапханасы мен Raspberry Pi контроллерін пайдалану бұл мәселені шешуге көмектеседі, ал манипуляторды пайдалану жөндеу жұмыстарын жүргізу үшін маңызды ғимараттарды дәлірек және тиімді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар өмір мен экономикалық тұрақтылықты үнемі осымен қамтамасыз етіп отырып, жер сілкінісін бағалау және қалпына келтіру жұмыстарының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЭБИЕТТЕР ТИЗМІ

[1] Benessia A., B. De Marchi. When the earth shakes... and science with it. The management and communication of uncertainty in the L'Aquila earthquake. *Futures*, vol. 87, pp. 44-62, 2017.

[2] Yang, J. Y., Kim, H. K., Hwang, W. Y., & Ko, K. H. (2016). A study on the robot-assisted cataract surgery system. *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 33(11), 823-830.

[3] Sim, K., Kim, K., Jeong, Y., Lim, J., Seo, S., Lee, S., & Yim, S. (2018). Robot-assisted eye surgery: developments, applications, and challenges. *Robotics*, 7(2), 23.

[4] Koo, T. K., Kim, K. Y., Kim, H. K., & Jo, Y. H. (2018). Overview of robot-assisted surgery and its application to urology. *Investigative and Clinical Urology*, 59(4), 226-233.

[5] S. Y. Park and H. S. Kim, "Design of a novel flexible robotic arm with cable-driven actuation for laparoscopic surgery" / *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, vol. 8, no. 1, pp. 67-74, 2012.

[6] R. G. Murphy, "Cable-Suspended Robots: Creative Mechanisms and Applications" / *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 20, no. 2, pp. 28-36, 2013.

[7] Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python. Под ред. Мигель Гринберг – O'REILLY/ДМК Пресс, 2014. С. 6-10 [8] Flask Web Development / Под ред. Miguel Grinberg - O'REILLY, 2014. С. 62-63.

[9]"Arduino Language Reference" - <https://www.arduino.cc/reference/en/>

[10]"Raspberry Pi Documentation" - <https://www.raspberrypi.org/documentation/>

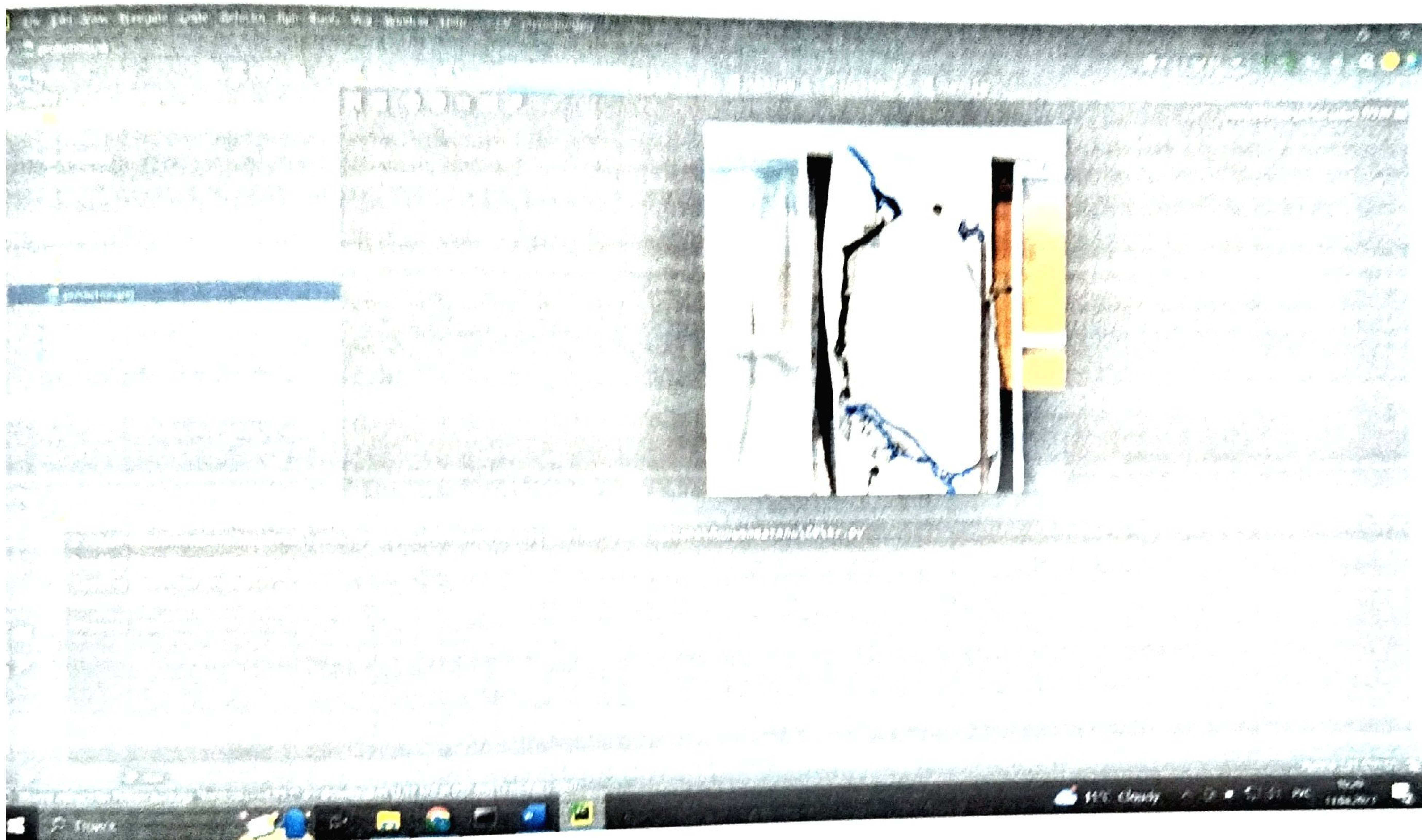
[on/](#)

[11] "Railway Crack Detection Robot based on Improved Mask R-CNN Algorithm", *IEEE Access*, 2020.

Қосымшалар



Қосымша А.Қабырғалардағы жарықтар туралы мәліметтер базасы



Қосымша В. Кескінді талдау


```

# Импортируем необходимые библиотеки
import keras
from keras.models import load_model
from keras.preprocessing import image
import numpy as np

# Определяем размеры изображений
img_width, img_height = 224, 224

# Загружаем обученную модель из файла
model =
load_model(r'C:\Users\Пользователь\PycharmProjects\Keras_second_try\img_class\model.h5')

# Создаем объект ImageDataGenerator для предобработки данных
test_datagen =
image.ImageDataGenerator(rescale=1./255)

# Загружаем тестовые данные
test_generator =
test_datagen.flow_from_directory(r'C:\Users\Пользователь\PycharmProjects\Keras_second_try\img
class\test',
                                target_size=(img_width, img_height),
                                batch_size=1,
                                class_mode='binary')

# Классифицируем изображения и выводим результаты
if len(test_generator) == 0:
    print("Error: no test images found")
else:
    # Классифицируем изображения и выводим результаты
    num_correct = 0
    num_total = 0
    for i in range(len(test_generator)):
        # Получаем изображение и соответствующую метку класса
        x, y = test_generator[i]
        # Классифицируем изображение
        y_pred = model.predict(x)[0][0]
        y_pred_class = 1 if y_pred > 0.05 else 0
        # Считаем количество верно классифицированных изображений
        if y_pred_class == y:
            num_correct += 1
            num_total += 1
        # Выводим результаты
        print("Image {i+1}/{len(test_generator)}: true={y}, pred={y_pred_class} ({y_pred:.2f})")
    # Выводим общую точность
    accuracy = num_correct / num_total
    print("Accuracy: {accuracy:.2f} ({num_correct}/{num_total})")

```

Қосымша С. Бағдарлама