ӘОЖ 004.85

Қасен Гауһар Ғалымжанқызы,
Алкеева Дана Мирасовна
2 курстың магистранттар
Ғылыми жетекші: Жетписбаева Айнур Турсынкановна
PhD, доцент
Радиотехника,электроника және телекоммуникация кафедрасы
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
(Астана қ., Қазақстан Республикасы)

КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУДІ ПАЙДАЛАНЫП,МЕХАНИКАЛЫҚ ДЕНЕ ЗАҢЫН АНЫҚТАУ АЛГОРИТМДЕРІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа: Бұл жұмыста компьютерлік көру технологияларын пайдалана отырып, механикалық қозғалысты анықтау және объектілердің қозғалыс траекториясын бақылау әдістері зерттелді. Зерттеу барысында объектіні бейнекадрдан автоматты түрде анықтау үшін алдын ала оқытылған YOLOv3 моделі қолданылып, оның координаталары негізінде объектінің центроид нүктесі анықталды. Қозғалысты бақылау және көршілес кадрлар арасындағы орын ауыстыруды бағалау үшін Optical Flow әдісі, ал өлшеу шуылдарын азайтып, объектінің қозғалыс траекториясын тегістеу және келесі орналасуын болжау үшін Калман сүзгісі пайдаланылды. Ұсынылған тәсіл Python бағдарламалау тілінде әзірленіп, Google Colab платформасында модельденді және бейнежазба негізінде сынақтан өткізілді. Модельдеу нәтижесінде объектінің координаталарын уақыт бойынша бақылауға, қозғалыс траекториясын құруға және жылдамдық пен үдеу сияқты негізгі кинематикалық параметрлерді есептеуге мүмкіндік алынды. Зерттеу нәтижелері компьютерлік көру әдістерін механикалық қозғалысты автоматты түрде талдау және объектілерді трекингтеу міндеттерінде қолданудың практикалық мүмкіндігін көрсетті.

Түйін сөздер: нысанды қадағалау, траекторияны бағалау, компьютерлік көру, Калман сүзгісі, өлшеу дәлдігі, жасанды интеллект.

Кіріспе

Қазіргі таңда цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы робототехника, өндірісті автоматтандыру, интеллектуалды бейнебақылау және өндірістік процестерді цифрландыру салаларының дамуына үлкен ықпал етуде. Осы бағыттардың барлығында объектілердің қозғалысын дәл бақылау, олардың кеңістіктегі орнын анықтау және қозғалыс параметрлерін цифрлық тұрғыдан талдау маңызды міндеттердің бірі болып табылады.Бұл міндеттерді шешуде компьютерлік көру технологияларының маңызы артып келеді. Бейнежазбаларды автоматты түрде өңдеу арқылы объектілерді анықтауға, олардың қозғалысын кадрдан кадрға бақылауға және алынған координаталар негізінде жылдамдық, үдеу, орын ауыстыру және қозғалыс траекториясы сияқты механикалық шамаларды есептеуге болады. Мұндай тәсіл дәстүрлі өлшеу әдістеріне қарағанда

бақылау процесін автоматтандыруға және адамның тікелей қатысуын азайтуға мүмкіндік береді. Объектілердің қозғалысын бейнебақылау арқылы зерттеу физикалық процестерді тәжірибелік тұрғыдан талдау үшін де маңызды. Бейнекадрлардан алынған деректер негізінде объектінің координатасының уақытқа тәуелділігін анықтап, оның қозғалыс заңдылықтарын зерттеуге және теориялық механика заңдарымен салыстыруға болады. Бұл компьютерлік көруді физикалық эксперименттерді автоматтандырудың тиімді құралдарының біріне айналдырады. Сонымен қатар, қозғалысты автоматты түрде анықтау робототехникалық жүйелердің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Роботтардың қозғалысын жоспарлау, объектілермен соқтығысудың алдын алу, өндірістік операцияларды бақылау және технологиялық процестерді оңтайландыру үшін объектілердің орналасуы мен қозғалыс бағыты туралы нақты ақпарат қажет.Қазақстан жағдайында бұл бағыттың өзектілігі өнеркәсіпті цифрландыру, автоматтандырылған өндіріс жүйелерін енгізу және интеллектуалды инфрақұрылымды дамыту процестерімен байланысты.

Компьютерлік көру негізіндегі қозғалысты талдау жүйелерін зерттеу және әзірлеу робототехника, жасанды интеллект және өндірісті автоматтандыру салаларында заманауи технологияларды қолдануға мүмкіндік береді.Осыған байланысты бейнебақылау негізінде объектілердің механикалық қозғалысын анықтау және оның негізгі параметрлерін есептеу мәселесін зерттеу ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті болып табылады. Ғылыми әдебиеттерде траекторияларды линеаризациялау мен сүзгілеу әдістерін біріктірудің объектілерді бақылау сапасын арттыра алатыны көрсетіледі. Атап айтқанда, мұндай тәсіл жоғары деңгейдегі шуыл және объект траекториясының кенеттен өзгеруі жағдайларында қозғалысты бағалаудың тұрақтылығын жақсартуға бағытталған. Кейбір зерттеу нәтижелерінде ұсынылған әдістердің дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда қозғалысты болжау дәлдігін шамамен 12%-ға арттырғаны көрсетілген [1]. Бұл нәтижелер траекторияны линеаризациялау әдісінің объектілерді бақылау жүйелеріндегі әлеуетін көрсетеді.Google Colab платформасын пайдалану үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істеуге, графикалық процессордың (GPU) есептеу мүмкіндіктерін пайдалануға және бейнеағынды жылдам өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, объектілер қозғалысын нақты уақыт режимінде талдау кезінде маңызды. Бейнематериалды жүктеуден бастап алынған нәтижелерді визуализациялауға дейінгі барлық кезеңдер Python тілінде жүзеге асырылатын бірыңғай бағдарламалық алгоритмге біріктіріледі. Мұндай тәсіл зерттеу нәтижелерінің қайталанымдылығын және жүйенің технологиялық икемділігін қамтамасыз етеді Компьютерлік көрудің дамуымен оның объектілерді анықтау, қадағалау және қозғалыс траекторияларын қалпына келтіру салаларындағы қолдану аясы кеңейіп келеді. Осы бағытта жүргізілген зерттеулердің бірінде объектінің қозғалыс траекториясын анықтауға арналған компьютерлік көру жүйесі қарастырылған. Зерттеу барысында объект қозғалысын бақылау үшін бөлшектер сүзгісінің жетілдірілген алгоритмі қолданылып, оның өлшеу жүйесінің дәлдігіне әсер ететін есептеу және сызықтық емес қателерді азайту мүмкіндігі зерттелген.

Зерттеу нәтижелері жетілдірілген бөлшектер сүзгісі аталған қателердің әсерін тиімді төмендетіп, өлшеу жүйесінің дәлдігін арттыратынын көрсетеді. Практикалық қолдану нәтижесінде әртүрлі қателік факторлары ескерілген жағдайда жүйенің өлшеу қателігін шамамен 5% деңгейінде ұстап тұруға болатындығы көрсетілген. Бұл көрсеткіш жүйені практикалық міндеттерде қолдану талаптарына сәйкес келеді [2]. Объект траекториясын анықтаудағы маңызды мәселелердің бірі — оптикалық өлшеулердің шекті дәлдігі. Камералар мен бейнетіркеу құрылғыларының техникалық сипаттамалары, кескіннің ажыратымдылығы, жарықтандыру жағдайы және бейнешуылдар объект координаталарын анықтау дәлдігіне тікелей әсер етеді. Сондықтан механикалық қозғалысты зерттеу кезінде қолданылатын трекинг әдістерінің мүмкіндіктерін бағалау маңызды ғылыми міндеттердің бірі болып табылады.Бірқатар зерттеулерде механикалық зертханалық эксперименттер барысында объектілердің координаталары мен жылдамдықтарын анықтау үшін қолданылатын заманауи трекинг әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілген. Мұндай әдістердің тиімділігі объектінің кеңістіктегі координаталарын дәл анықтау, қозғалыс жылдамдығын есептеу және әртүрлі сыртқы жағдайларға бейімделу қабілеті тұрғысынан бағаланады. Әсіресе физикалық эксперименттерге бейімделген арнайы әдістерге назар аударылады. Бұл тәсілдердің кейбірі субпиксельдік дәлдікке қол жеткізуге және жарықтандыру жағдайының өзгеруіне салыстырмалы түрде тұрақты жұмыс істеуге мүмкіндік береді [3].

Оптикалық ағын объектілерді бақылау саласындағы пайдалы әдіс болып табылады, ол екі кадр арасындағы әрбір пиксельдің қозғалысын есептеуге мүмкіндік береді және осылайша объектілердің траекториясын алудың ықтимал әдісін ұсынады. Оптикалық ағынды жүзеге асыруды сипаттайтын көптеген жұмыстар бар. Кейбір нәтижелер қолайлы болғанымен, көптеген жобаларда белгілі бір шектеулер бар. Алдыңғы қолданбалардың көпшілігінде камера әдетте статикалық болғандықтан, сахнадағы қозғалатын объектілерді анықтау және олардың траекторияларын анықтау үшін оптикалық ағынды пайдалану оңай. Камера қозғалған кезде жергілікті қозғалысқа жаһандық қозғалыс қосылады, бұл міндетті күрделендіреді. Әрі қарай бұл мәселені шешу үшін оптикалық ағын мен кескін корреляциясының комбинациясы пайдаланылады және жақсы эксперименттік нәтижелер алынады. Траекторияны бағалау үшін оптикалық ағынмен үйлесімде Калман сүзгісі қолданылады. Осылайша, қозғалыс тарихын тегістеп қана қоймай, келесі кадрдағы қозғалысты да бағалауға болады. Кеңістіктік-уақыттық сүзгіні қосу кейінгі өңдеу нәтижелерін жақсартады [5]. Жол қозғалысы қауіпсіздігін қамтамасыз етудің мақсаты — азаматтардың жолдардағы жауапсыз мінез-құлыққа деген көзқарасын өзгерту, бұл мінез-құлықты өзгертудің алғашқы қадамы болып табылады. Сондай-ақ бұл жаяу жүргіншілерге қауіпсіз мінез-құлық ережелерін үйретуді және жол-көлік оқиғаларының тәуекелдерін барынша азайтуды қамтиды. Апаттар мен кептелістердің алдын алу үшін көптеген ережелер белгіленген, бұл ақпараттық технологияларды пайдалана отырып, осы жұмыста зерттеу нысаны болып

табылады. Автономды автомобиль жүргізу, бетті тану, интеллектуалды көлік жүйелері және тағы басқа салаларда компьютерлік көруді қолдануға қызығушылықтың артуына байланысты адамдар нақты объектілерді тану және ажырату үшін өздерінің жасанды интеллект модельдерін құруға ұмтылады. Объектілерді анықтау — компьютерлік көрудің бір бөлігі, мұнда сырттан бақыланатын және бейнеде кездесетін объектілер компьютер арқылы анықталып, бақылана алады. Сондықтан объектілерді бақылау бейнені талдаудың маңызды бөлігі болып табылады. Бақылау, оқыту, анықтау, орташа ығысу және MIL сияқты көптеген әдістер ұсынылған. TensorFlow технологиясы объектіні бақылауға арналған ұсынылатын шешім ретінде ұсынылған [6].

Зерттеу шарттары мен әдістері

Қазіргі уақытта бұл әдіс робототехникада, навигациялық жүйелерде, автоматты басқаруда және компьютерлік көру саласында объектілерді бақылау үшін кеңінен пайдаланылады. Калман сүзгісінің негізгі идеясы — объектінің алдыңғы өлшеулері мен қозғалыстың математикалық моделін пайдалана отырып, оның ағымдағы күйін рекурсивті түрде бағалау. Бұл тәсіл кездейсоқ өлшеу шуылының әсерін азайтуға және объектінің қозғалыс параметрлерін дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Осы зерттеу жағдайында объектінің күйі оның координатасы, жылдамдығы және үдеуі арқылы сипатталуы мүмкін. Ал өлшеулер бейнекамерадан алынған бейнекадрларды өңдеу нәтижесінде қалыптасады. Калман сүзгісі екі негізгі кезеңнен тұрады:болжам жасау және жаңарту.Бұл кезеңде жүйе объектінің математикалық қозғалыс моделі негізінде оның келесі күйін болжайды:

$$x_{k|k-1} = A \cdot x_{k-1|k-1} + B \cdot u_k$$

мұндағы:

- x — объектінің күй векторы, мысалы, координата мен жылдамдық;
- A — күйдің ауысу матрицасы;
- B—басқару матрицасы;
- u_k – басқару сигналы, егер ол жүйеде болса;
- k— ағымдағы уақыт қадамы

Келесі кезеңде болжам камерадан немесе басқа өлшеу құралынан алынған жаңа деректермен салыстырылады. Осыған сәйкес объектінің күйі нақтыланады:

$$x_{k|k} = x_{k|k-1} + K_k(z_k - H \cdot x_{k|k-1})$$

мұндағы:

- z_k — жаңа өлшеу нәтижесі, мысалы, объект координатасы;
- H — өлшеу матрицасы;
- K_k— Калман коэффициенті;
- $x_{k|k-1}$ — алдын ала болжанған күй;
- $x_{k|k}$— өлшеу нәтижесі ескерілгеннен кейінгі нақтыланған күй.

Калман сүзгісін қолдану келесі мүмкіндіктерді береді:

- өлшеу кезіндегі шуылдарды азайту арқылы объектінің қозғалыс траекториясын тегістеу;
- робототехникалық жүйелерді басқару үшін объектінің болашақтағы орналасу орнын болжау;
- объектінің жылдамдығы мен үдеуін есептеу дәлдігін арттыру.

Калман сүзгісі бейнеағыннан алынған деректерді нақтылап, өлшеу қателерін түзетуге мүмкіндік береді. Бұл сүзгі әсіресе динамикалық жүйелерді бақылау кезінде тиімді, себебі ол кездейсоқ қателердің әсерін азайтып, объектінің қозғалысы туралы неғұрлым дәл деректер алуға мүмкіндік береді. Жасанды интеллект және терең оқыту әдістері де компьютерлік көру технологияларының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. CNN және YOLO алгоритмдері объектілерді анықтау және олардың қозғалысын бақылау үшін кеңінен қолданылады. Бұл әдістер бейнедеректерді өңдеу тиімділігін арттырып, объектілердің кеңістіктегі орналасуын нақты уақыт режимінде жоғары дәлдікпен бақылауға мүмкіндік береді. Механикалық қозғалыс — дененің кеңістіктегі орнының уақыт бойынша өзгеру процесі. Механикалық қозғалыстың әртүрлі түрлері бар және олар физикада маңызды орын алады. Бейнедеректерді өңдеу кезінде механикалық қозғалыстың түрлерін ажырата білу маңызды. Мысалы, бірқалыпты қозғалыс кезінде дене тұрақты жылдамдықпен қозғалады, ал үдемелі қозғалыс кезінде дененің жылдамдығы уақыт өте келе өзгереді. Сонымен қатар механикалық қозғалыстың айналмалы қозғалыс, тербелмелі қозғалыс және қарапайым гармоникалық қозғалыс сияқты түрлері де кездеседі. Жылдамдық пен үдеу сияқты қозғалыс параметрлерін бейнедеректерді өңдеу арқылы есептеуге болады. Optical Flow және Kalman Filter алгоритмдерін пайдалану арқылы әрбір объектінің координаталары уақыт бойынша бақыланып, оның жылдамдығы мен үдеуі есептеледі. Алынған деректерді жинау және талдау үшін Python бағдарламалау тілінде тиісті алгоритмдер әзірленеді. Бағдарламалық кодтарды іске асыруда Google Colab платформасы пайдаланылады. Бұл бейнеағынды өңдеу процесін автоматтандыруға және объектілердің физикалық параметрлерін, соның ішінде координаталарын, жылдамдығын және үдеуін есептеуге мүмкіндік береді. Осылайша, компьютерлік көру, Optical Flow және Калман сүзгісі әдістерін біріктіру бейнежазбалар негізінде объектілердің механикалық

қозғалысын автоматты түрде бақылауға және оның негізгі кинематикалық параметрлерін цифрлық түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Механикалық қозғалысты модельдеу және бақылауда компьютерлік көру технологиялары мен Python бағдарламалау тілін пайдалана отырып, механикалық қозғалыстың негізгі түрлерінің бірі — камераның көру аймағы арқылы қозғалатын объектінің қозғалысын модельдеу қарастырылады. Зерттеудің негізгі мақсаты — жасанды интеллект әдістерін қолдану арқылы объектінің қозғалысын бақылау және оның координаталарын, жылдамдығын және үдеуін автоматты түрде анықтау. Объектінің кадр арқылы қозғалысы түзу сызықты немесе еркін траектория бойымен жүзеге асуы мүмкін. Бұл жағдайда сыртқы күштердің, мысалы, ауырлық күшінің әсері ескерілмеуі мүмкін, яғни қозғалыс еркін құлау жағдайынан ерекшеленеді. Объект тұрақты немесе өзгермелі жылдамдықпен қозғалады, ал камера оның әрбір кадрдағы орналасуын тіркейді. Алынған деректерді өңдеу үшін Калман сүзгісі қолданылады. Ол объектінің қозғалыс траекториясын тегістеуге және өлшеу шуылы болған жағдайда да оның жылдамдығы мен үдеуін неғұрлым дұрыс бағалауға мүмкіндік береді. Қозғалыс моделінде келесі негізгі параметрлер енгізіледі:

- $x(t), y(t)$— tt уақыт мезетіндегі объектінің кадр кеңістігіндегі координаталары;
- $v_x(t), v_y(t)$— объектінің xx және yy осьтері бойынша жылдамдықтары;
- $a_x(t), a_y(t)$— объектінің xx және yy осьтері бойынша үдеулері;
- Δt — екі бейнекадр арасындағы уақыт аралығы.

Қозғалысты дискретті модельдеу камераның жұмыс принципін имитациялауға мүмкіндік береді. Объектінің координаталары әрбір кадрда тіркеледі, содан кейін Калман сүзгісі келесі позицияны болжайды және өлшеу нәтижелеріндегі шуылды ескере отырып, алынған координаталарды түзетеді. Мұндай тәсіл объект қозғалысын дәл бақылауға, оның траекториясын құруға және жылдамдығы мен үдеуін есептеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, модельдеу нәтижелерін графиктер түрінде визуализациялауға және алынған деректерді қозғалыстың физикалық параметрлерін кейінгі талдау, трекинг алгоритмдерін оңтайландыру және нақты уақыт режимінде жұмыс істей алатын компьютерлік көру жүйелерін әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Объектіні бақылау үшін алдымен оны бейнекадрдан анықтап, кейін трекинг жүйесінде пайдаланылатын координаталарын алу қажет. Осы мақсатта MS COCO деректер жиынтығында алдын ала оқытылған YOLOv3 моделі қолданылады. Алдымен қажетті Python кітапханалары мен модульдері орнатылады, содан кейін объектілерді анықтауға арналған YOLOv3 детекторының моделі жүктеледі. YOLO (You Only Look Once) — объектілерді нақты уақыт режимінде анықтауға арналған бір сатылы конволюциялық нейрондық желі. Екі сатылы CNN архитектураларынан айырмашылығы, YOLO объектіні анықтау процесін бір кезеңде орындайды. Сондықтан ол жоғары

жылдамдықпен жұмыс істей алады және салыстырмалы түрде аз есептеу ресурстарын талап етеді. Алайда жылдамдық пен анықтау дәлдігі арасында белгілі бір ымыра бар. Бұл компьютерлік көру жүйелеріндегі Speed–Accuracy Trade-Off, яғни жылдамдық пен дәлдік арасындағы тепе-теңдік мәселесін көрсетеді. Зерттеуде объектілерді анықтау үшін алдын ала оқытылған модельдері бар Python кітапханаларының бірі — ImageAI қолданылуы мүмкін. Бұл кітапхана объектілерді детекциялауға арналған дайын нейрондық желі модельдерімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. MS COCO деректер жиынында алдын ала оқытылған YOLOv3 моделі көптеген объектілердің түрлерін анықтай алады. Алайда осы зерттеу үшін тек доп объектісін анықтау қажет. Сондықтан YOLOv3 арқылы бейнекадр өңделгеннен кейін нәтижелердің ішінен ретінде жіктелген объектілер ғана таңдалады. Доп детекторының жұмыс принципін келесідей көрсетуге болады:

- **Кіріс:** бейнекадр немесе кескін;
- **Шығыс:** объектіні анықтау ықтималдығы және оның кескіндегі координаталары.

Осылайша, детектор объектінің координаталарын анықтап, оларды кейінгі трекинг процесіне береді. Алынған координаталар Калман сүзгісінің кіріс деректері ретінде пайдаланылып, объектінің қозғалысын талдауға, жылдамдығы мен үдеуін есептеуге мүмкіндік береді. Объект детектор көмегімен анықталғаннан кейінгі келесі қадам — оның орталық нүктесін анықтау. Калман сүзгісін қолдану үшін осы координаталар негізінде объектінің орталық нүктесін анықтау қажет. Доптың центроид координаталары келесі формулалар арқылы есептеледі:

$$x_c = x_1 + \frac{(x_2 - x_1)}{2} \qquad y_c = y_2 + \frac{(y_1 - y_2)}{2}$$

- x_c, y_c— объект центроидының координаталары;
- x_1, y_1— анықталған объект шекаралық жақтауының жоғарғы сол жақ бұрышының координаталары;
- x_2, y_2— анықталған объект шекаралық жақтауының төменгі оң жақ бұрышының координаталары.

Орталық нүктесін анықтағаннан кейін x_c және y_c координаталары Калман сүзгісіне беріледі. Калман сүзгісі осы ақпаратты пайдаланып, объектінің келесі позициясын болжайды, қозғалыс траекториясын тегістейді және уақыт бойынша алынған координаталар негізінде объектінің жылдамдығы мен үдеуін есептеуге мүмкіндік береді. Осылайша, объектіні анықтау және оны трекингтеу кезеңдері өзара байланысты екі негізгі процесті құрайды. Бірінші кезеңде YOLOv3 моделі объектінің орналасуын анықтайды, ал екінші кезеңде алынған координаталар Калман сүзгісі арқылы өңделіп, объектінің қозғалысы бақыланады. Бұл тәсіл бейнекадрлардан алынған визуалды ақпаратты цифрлық қозғалыс

параметрлеріне түрлендіруге мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері 1–4-суреттерде көрсетілген.

Зерттеу нәтижелері

Жүргізілген зерттеу барысында компьютерлік көру әдістерін пайдалана отырып, бейнежазбадағы объектінің қозғалысын автоматты түрде анықтау және бақылау алгоритмі жүзеге асырылды. Зерттеу жүйесінде объектіні бастапқы анықтау үшін YOLOv3 моделі, қозғалыс бағыты мен орын ауыстыруын бағалау үшін Optical Flow әдісі, ал алынған өлшеулерді тегістеу және объектінің келесі күйін болжау үшін Калман сүзгісі қолданылды. Бағдарламалық алгоритм Python тілінде әзірленіп, Google Colab ортасында іске қосылды.

Зерттеу барысында бейнекадрлар бірізді түрде өңделіп, әр кадрдағы объектінің орналасу координаталары анықталды. YOLOv3 моделі арқылы бейнекадрдан доп объектісі анықталып, оның шекаралық жақтауының координаталары алынды. Осы координаталар негізінде объектінің центроид нүктесі есептеліп, оның уақыт бойынша өзгерісі тіркелді. Нәтижесінде объектінің қозғалыс траекториясын құруға мүмкіндік беретін координаталар жиыны қалыптастырылды. Алынған координаталарды Калман сүзгісі арқылы өңдеу кезінде өлшеу шуылының әсері азайып, объект қозғалысының тегістелген траекториясы алынды. Фильтрдің болжам және жаңарту кезеңдерін кезекпен орындауы объектінің келесі кадрдағы ықтимал орналасуын бағалауға мүмкіндік берді. Бұл әсіресе объектінің координаталары детектор арқылы дәл анықталмаған немесе бейнекадрда қысқа уақытқа көрінбей қалған жағдайларда маңызды болды. Калман сүзгісінен кейінгі траектория бастапқы өлшеулермен салыстырғанда бірқалыпты сипатқа ие болды. Зерттеу нәтижелері 1–2 суреттерде көрсетілген. 1-суретте Калман сүзгісін жүзеге асыру коды және 2-суретте объектінің центроид координаталарын анықтау нәтижесі берілген

```
[1]
19 мин.
from google.colab import files
from PIL import Image
import matplotlib.pyplot as plt

uploaded = files.upload()

filename = list(uploaded.keys())[0]

image = Image.open(filename)

plt.figure(figsize=(10, 7))
plt.imshow(image)
plt.axis("off")
plt.show()
```

Выбрать файлы 53368480...27961.jpg

5336848035151027961.jpg(image/jpeg) - 195122 bytes, last modified: 04.10.2026 - 100% done

Saving 5336848035151027961.jpg to 5336848035151027961.jpg



Сурет 1 – Калман сүзгісін жүзеге асыру коды

```
[2]
1 сек.
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Загружаем изображение
img = cv2.imread(filename)

# Переводим BGR → HSV
hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)

# Диапазон розового цвета
lower_pink = np.array([145, 80, 80])
upper_pink = np.array([179, 255, 255])

# Создаём маску
mask = cv2.inRange(hsv, lower_pink, upper_pink)

# Убираем небольшой шум
kernel = np.ones((5, 5), np.uint8)
mask = cv2.morphologyEx(mask, cv2.MORPH_OPEN, kernel)
mask = cv2.morphologyEx(mask, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)

# Ищем контуры
contours, _ = cv2.findContours(
    mask,
    cv2.RETR_EXTERNAL,
    cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE
)

# Выбираем самый большой контур
ball = max(contours, key=cv2.contourArea)

# Моменты контура
M = cv2.moments(ball)

# Координаты центра
cx = int(M["m10"] / M["m00"])
cy = int(M["m01"] / M["m00"])

print("Координата X:", cx)
print("Координата Y:", cy)

# Рисуем найденный контур
result = img.copy()

cv2.drawContours(result, [ball], -1, (0, 255, 0), 3)

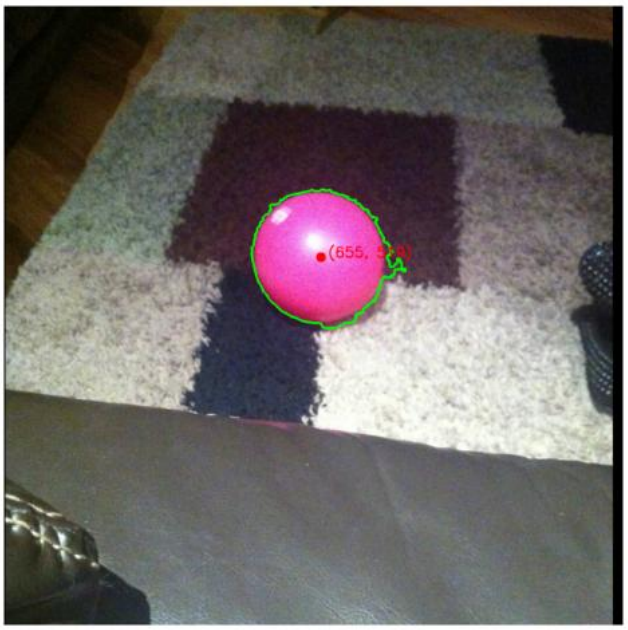
# Отмечаем центр
cv2.circle(result, (cx, cy), 10, (0, 0, 255), -1)
```

Сурет 2 – объектінің центроид координаталарын анықтау коды

```
# Показываем
result_rgb = cv2.cvtColor(result, cv2.COLOR_BGR2RGB)

plt.figure(figsize=(10, 8))
plt.imshow(result_rgb)
plt.axis("off")
plt.show()
```

```
Координата X: 655
Координата Y: 519
```



Сурет 3- Калман сүзгісін жүзеге асыратын бағдарламалық код нәтижесі

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Зерттеу нәтижелері компьютерлік көру әдістерін механикалық қозғалысты бақылау және талдау кезінде қолдануға болатынын көрсетті. Жұмыста YOLOv3, Optical Flow және Калман сүзгісі бір жүйе құрамында пайдаланылды. Бұл әдістердің әрқайсысы қозғалысты талдаудың белгілі бір кезеңінде қолданылып, объектіні анықтау, оның қозғалысын бақылау және траекториясын құру жұмыстары бірізді түрде орындалды. Алдымен YOLOv3 моделі бейнекадрдан қажетті объектіні анықтау үшін қолданылды. Модель объектінің кадрдағы орналасуын анықтап, оның шекаралық координаталарын алуға мүмкіндік берді. Осы координаталар негізінде объектінің центроид нүктесі есептелді. Центроид координаталары кейінгі трекинг процесінде бастапқы дерек ретінде пайдаланылды. Бұл тәсіл объектіні әр кадрда жеке бақыламай, оның қозғалысын автоматты түрде тіркеуге жағдай жасады. Сонымен қатар YOLOv3 моделінің жылдамдығы бейнежазбаларды өңдеу кезінде маңызды артықшылық болып табылады. Дегенмен объектіні анықтау нәтижесі бейненің ажыратымдылығына, жарықтандыру жағдайына, объектінің өлшеміне және оның кадрда қаншалықты анық көрінетініне байланысты өзгеруі мүмкін. Optical Flow әдісі арқылы көршілес кадрлар арасындағы объект қозғалысы қарастырылды. Бұл әдіс объектінің қозғалыс бағытын және оның кадрлар арасында қаншалықты орын ауыстырғанын бағалауға көмектесті. Алынған ақпарат объектінің жалпы траекториясын анықтау үшін пайдаланылды. Алайда камера қозғалған жағдайда немесе бейнеде шуыл көп болған кезде Optical Flow нәтижелерінде қосымша

ауытқулар пайда болуы мүмкін. Осы себепті қозғалыс туралы алынған деректерді Калман сүзгісі арқылы өңдеу маңызды болды. Калман сүзгісін қолдану кезінде объектінің алдыңғы координаталары мен жаңа өлшеу нәтижелері бірге ескерілді. Соның арқасында координаталардағы кездейсоқ ауытқулар азайып, қозғалыс траекториясы бірқалыптырақ болды. Бұл әсіресе жылдамдық пен үдеу сияқты параметрлерді есептеу кезінде маңызды. Себебі координаталардағы кішігірім қателер уақыт бойынша есептеу барысында қозғалыс параметрлеріне де әсер етуі мүмкін. Калман сүзгісі осы ауытқуларды азайтып, объектінің келесі орналасуын алдын ала бағалауға жағдай жасады. Зерттеу нәтижелерін әдебиетте келтірілген жұмыстармен салыстырғанда, компьютерлік көру негізіндегі әртүрлі трекинг әдістері объект қозғалысын бақылауда кеңінен қолданылатынын байқауға болады. Аталған зерттеулерде бұл әдістер негізінен өлшеу қателерін азайту, объект координаталарын анықтау және қозғалыс траекториясын бағалау үшін қарастырылған.

Осы жұмыстың ерекшелігі объектіні анықтау мен қозғалысты бақылаудың бірнеше кезеңін бір бағдарламалық жүйеде біріктіру. Жүргізілген зерттеу барысында ұсынылған тәсілдің кейбір шектеулері де байқалды. YOLOv3 моделінің жұмысына бейне сапасы мен сыртқы жарық жағдайы әсер етуі мүмкін. Optical Flow әдісінде камера қозғалған кезде тек объектінің емес, бүкіл кадрдың қозғалысы ескерілуі мүмкін. Ал Калман сүзгісінің нәтижесі таңдалған қозғалыс моделіне және оның параметрлеріне тәуелді. Сондықтан жүйені басқа бейнематериалдарға немесе қозғалыстың әртүрлі түрлеріне қолданған кезде осы параметрлерді қайта баптау қажет болуы мүмкін. Зерттеу барысында Google Colab платформасының қолданылуы бағдарламаны іске қосу және алгоритмдерді тексеру жұмыстарын жеңілдетті. Python тілінде бейнежазбаны оқу, объектіні анықтау, оның координаталарын есептеу, трекинг жүргізу және нәтижелерді визуализациялау бір бағдарламалық ортада орындалды. Сонымен қатар алгоритм параметрлерін өзгертіп, алынған нәтижелерді қайта тексеруге мүмкіндік болды. Жалпы, зерттеу нәтижелері YOLOv3, Optical Flow және Калман сүзгісін бірге қолдану арқылы бейнежазбадағы объектінің қозғалысын автоматты түрде бақылауға болатынын көрсетті. YOLOv3 объектінің бастапқы координаталарын анықтауға, Optical Flow қозғалыс бағытын бағалауға, ал Калман сүзгісі алынған координаталарды тұрақтандыруға пайдаланылды. Осы әдістердің үйлесуі объектінің қозғалыс траекториясын бақылап, оның жылдамдығы мен үдеуін есептеуге негіз болды.

Қорытынды

Бұл жұмыста компьютерлік көру технологиялары, машиналық оқыту әдістері және Python бағдарламалау тілі негізінде бейнекадр арқылы қозғалатын объектілерді модельдеу және олардың қозғалысын талдау тәсілі әзірленді. Зерттеудің негізгі мақсаты объектіні автоматты түрде анықтау, оның қозғалысын бақылау және негізгі кинематикалық параметрлерін анықтау мүмкіндігін қарастыру болды. Зерттеу барысында объектіні бастапқы анықтау үшін алдын ала оқытылған YOLOv3 моделі, ал объектінің қозғалысын кейінгі бақылау және траекториясын бағалау үшін Калман сүзгісі қолданылды. YOLOv3 моделі бейнекадрдағы объектінің координаталарын анықтауға мүмкіндік берсе, алынған координаталар негізінде объектінің центроид нүктесі есептелді. Бұл деректер Калман сүзгісінің кіріс параметрлері ретінде пайдаланылып, объектінің келесі орналасуын болжауға және өлшеу шуылдарының әсерін азайтуға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижесінде объектінің қозғалыс траекториясын қалыптастыру, оның координаталарының уақыт бойынша өзгерісін бақылау, сондай-ақ жылдамдық пен үдеу сияқты негізгі кинематикалық параметрлерін есептеу мүмкіндігі көрсетілді. Калман сүзгісін қолдану нәтижесінде бастапқы өлшеулердегі кездейсоқ ауытқулардың әсері төмендетіліп, объект траекториясының тегістелген бағасы алынды. Сонымен қатар Optical Flow әдісін пайдалану кадрлар арасындағы объект қозғалысының бағыты мен орын ауыстыруын бағалауға мүмкіндік берді. Трекинг процесінің визуализациясы объектінің нақты анықталған координаталары мен Калман сүзгісі арқылы алынған болжамды позицияларын салыстыруға мүмкіндік берді. Бұл визуализация жүйенің жұмыс принципін көрнекі түрде көрсетуге және объект траекториясының өзгерісін талдауға жағдай жасады. Бағдарламалық бөлікті Python тілінде және Google Colab платформасында жүзеге асыру алгоритмдерді тестілеуге, өзгертуге және әртүрлі бейнематериалдармен жұмыс істеуге мүмкіндік берді. Ұсынылған тәсілдің құрылымы қосымша объект детекторларын, трекинг алгоритмдерін және қозғалысты талдау әдістерін кейіннен интеграциялауға қолайлы. Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері YOLOv3, Optical Flow және Калман сүзгісін компьютерлік көру жүйесінде біріктіру объектілердің қозғалысын автоматты түрде бақылауға және олардың кинематикалық параметрлерін бағалауға мүмкіндік беретінін көрсетті. Ұсынылған тәсілдің практикалық қолдану бағыттарына робототехника, бейнебақылау жүйелері, спорттық аналитика, интеллектуалды көлік жүйелері және механикалық қозғалысты эксперименттік зерттеу салалары жатады. Осылайша, жүргізілген зерттеу компьютерлік көру негізінде қозғалатын объектілерді автоматты түрде анықтау, бақылау және қозғалысын цифрлық түрде талдау мүмкіндігін көрсетті. Әзірленген тәсіл болашақта алгоритмдердің дәлдігін арттыру, әртүрлі қозғалыс түрлерін зерттеу және нақты уақыт режиміндегі күрделі трекинг жүйелерін құру бағытында одан әрі жетілдірілуі мүмкін.

Әдебиеттер тізімі:

1. Computer Vision: A Review of Detecting Objects in Videos – Challenges and Techniques. – 2026. – 28 с.

2. Kadam P., Fang G., Zou J.J. Object Tracking Using Computer Vision: A Review // Computers. – 2024. – Т. 13. – № 6. – С. 136.

3. Liu D. Research on Object Trajectory Detection System Based on Computer Vision // Frontiers in Computing and Intelligent Systems. – 2023. – Т. 5. – № 2. – С. 19–22.

4. Liu S. Research on Object Trajectory Estimation Using Optical Flow. – 2009. – 45 с.

5. Luo W., Xing J., Milan A. Multiple Object Tracking: A Literature Review. – 2014. – 32 с.

6. Yousefi S.M.M., Mohseni S.S., Dehbovid H. A Practical Approach to Tracking Estimation Using Object Trajectory Linearization // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2024. – Т. 17. – С. 175.

7. Guo S., Wang S., Yang Z., Wang L., Zhang H., Guo P., Gao Y., Guo J. A Review of Deep Learning Based Visual Multi-Object Tracking Algorithms for Autonomous Driving // Applied Sciences. – 2022. – Т. 12. – № 21. – С. 10741.

8. Mawlood A., Gökçe G., Dalveren M. Moving Object Detection in Video with Algorithms YOLO and Faster R-CNN in Different Conditions // EJOSAT. – 2022. – № 33. – С. 40–54.

9. Punn N.S., Agarwal S., Sonbhadra S.K., Rai G. Monitoring COVID-19 Social Distancing with Person Detection and Tracking via Fine-Tuned YOLO v3 and DeepSORT Techniques // arXiv. – 2020.

10. Du K., Bobkov A. An Overview of Object Detection and Tracking Algorithms // Engineering Proceedings. – 2023. – Т. 33. – № 1. – С. 22.

11. Wagh C. Object Detection and Tracking Using Deep Learning and OpenCV in Real Time Environment // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). – 2023. – Т. 12. – № 4.

12. Kossen J.L. STOVE: Modelling Videos of Physically Interacting Objects: PhD thesis. – 2019.

13. Liu S. et al. Convolutional Unscented Kalman Filter for Multi-Object Tracking with Outliers. – 2024.

14. Manjunatha H. et al. Kalman Filter Augmented Recurrent Neural Network for Traffic Flow Estimation. – 2023. – arXiv.

15. Mohammed H.R. Detection and Recognition of Moving Video Objects: Kalman Filtering with Deep Learning. – 2021.

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰҚЫҚ ҒЫЛЫМДАРЫ - СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ - SOCIO-ECONOMIC AND LEGAL SCIENCES

Төлегенов Тимур Сейфуллаулы
ДИНАМИКА ТУРИСТСКИХ ПОТОКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТУРКЕСТАНА: ОТ ЭКСТЕНСИВНОГО РОСТА К СМАРТ-УПРАВЛЕНИЮ 12

Alexander Gorevoy
WHICH INEQUALITY STATISTICS SURVIVE AN ADMINISTRATIVE BOUNDARY CHANGE? EVIDENCE FROM KAZAKHSTAN, 2010–2023 16

Rakhimov Djalil
DOES THE SHIFT TO CASHLESS PAYMENTS GO TOGETHER WITH FASTER GROWTH IN HOUSEHOLD CREDIT? EVIDENCE FROM THE REGIONS OF KAZAKHSTAN, 2023-2025 28

Kazhgerey Asan
HOW MANY FOOD BASKETS DOES AN AVERAGE WAGE BUY? WAGES AND FOOD PRICES IN THE 20 REGIONS OF KAZAKHSTAN, 2024-2026 39

Tagimova Alua
WHO WAS LEFT BEHIND? EDUCATION AND FINANCIAL INCLUSION IN KAZAKHSTAN AND THREE CENTRAL ASIAN NEIGHBOURS, 2021-2024 46

Wei Wei, Mynzhanova Gulzhakan, Niyetalina Gaukhar
DIGITAL–PHYSICAL INTEGRATION AND ECONOMIC PERFORMANCE IN INDUSTRIAL INTEGRATED ENERGY SYSTEMS: A SCENARIO-BASED ANALYSIS OF SMART GRID CONTROL, BATTERY ENERGY STORAGE, AND DIGITAL TWINS 53

Xu Fumin, Wei Wei, Ruziyeva Elvira, Moldabekova A.
FROM CULTURAL RESOURCES TO GLOBAL CONSUMER VALUE: THE BRIDGE–IMC MODEL AND THE INTERNATIONALIZATION OF BLACK MYTH: WUKONG UNDER THE BELT AND ROAD INITIATIVE 66

Ibraimkhan Alikhan
WHICH CRIMES CAN A 14-YEAR-OLD BE TRIED FOR? THE LIST IN ARTICLE 15 OF KAZAKHSTAN'S CRIMINAL CODE COMPARED WITH 30 OTHER JURISDICTIONS 82

Yerboluly Madi
DID IMPORTED CARS REALLY GET CHEAPER? CHINESE CARS AND THE AVERAGE CUSTOMS VALUE OF PASSENGER CARS IMPORTED INTO KAZAKHSTAN, 2015-2025 93

Салимбаев Ербол Аманжолович
АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СПРОСА НА КОНСАЛТИНГОВЫЕ УСЛУГИ 101

Rambergenov Ramil
REGIONAL NEW-FIRM FORMATION IN UZBEKISTAN AFTER THE 2017 REFORMS: PERSISTENCE IN SCALE, CONVERGENCE IN INTENSITY, AND RECOMPOSITION TOWARD TRADE 109

Abdesh Dinara
FROM A WOMEN'S LEAD TO A MEN'S LEAD: THE GENDER GAP IN DIGITAL PAYMENTS IN KAZAKHSTAN AND THREE CENTRAL ASIAN NEIGHBOURS, 2021-2024 118

Amangeldi Aidana
DID SMALL BUSINESS IN KAZAKHSTAN REALLY SHRINK IN 2026? THE NEW TAX CODE, REGIONAL TAX RATES AND THE FALL IN THE NUMBER OF INDIVIDUAL ENTREPRENEURS 126

Cheng Che
BUILD, BUY, OR PARTNER? ENTRY MODE SELECTION AND RISK GOVERNANCE FOR WIND POWER INVESTMENT IN KAZAKHSTAN **135**

Wang Liang
FROM CAPACITY EXPANSION TO SYSTEM VALUE: COORDINATED DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY, GRID FLEXIBILITY AND ENERGY STORAGE IN KAZAKHSTAN **148**

Chen Jun
CONSTRUCTION-PERIOD CREDIT RISK MANAGEMENT FOR LARGE INFRASTRUCTURE PROJECT FINANCE IN KAZAKHSTAN **161**

Alniyaz Danial
HOW MUCH FUEL DOES A HYBRID REALLY SAVE? A SAME-MODEL COMPARISON OF HYBRID AND GASOLINE CARS IN US FUEL ECONOMY **175**

Assem Yergali, Maral Assanova
DIGITAL TRANSFORMATION AND SUSTAINABLE BUSINESS MODEL INNOVATION IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES: A SYSTEMATIC REVIEW OF DYNAMIC CAPABILITIES, VALUE CREATION, AND THE CREDIBILITY GAP IN EMERGING ECONOMIES **182**

Бейбіт Инара Алибекқызы, Едилов Саназар
ВОДА ИЗ ТУМАНА ИЛИ ВОДА ИЗ МОРЯ: ПОРОГОВАЯ СТОИМОСТЬ, ПРИ КОТОРОЙ ТУМАНОУЛОВИТЕЛИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫ В МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ **195**

Zhenisbekova Aknur
DID A TENGE DEPOSIT OR THREE KAZAKHSTANI SHARES PROTECT SAVINGS FROM INFLATION? REAL RETURNS OF BANK DEPOSITS, KAZATOMPROM, KEGOC AND KASPI.KZ, 2020-2025 ..... **207**

Абилдаева Аселя
ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ГОТОВНОСТЬ ВУЗОВ КАЗАХСТАНА К ВНЕДРЕНИЮ ЭНДАУМЕНТ-ФОНДОВ: КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ РАМКА НА ОСНОВЕ ОБЗОРА ЛИТЕРАТУРЫ И АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ **215**

Yang Juntao
DIGITAL ESG GOVERNANCE AND NEXT-GENERATION DIGITAL COMPETENCY AS DRIVERS OF SUCCESSION IN FAMILY AGRICULTURAL ENTERPRISES: A CONCEPTUAL FRAMEWORK ... **229**

Kairbek Mariya Islamkyzy, Kylbaev Erlan Serikovich
STATE SUPPORT FOR THE DIGITALIZATION OF MANUFACTURING IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: AN ANALYSIS OF ITS COVERAGE OF MARKETING AND SALES ACTIVITIES **242**

Tilep Aiaru
WHEN DID IT EXPORTS TAKE OFF? ICT SERVICE EXPORTS OF KAZAKHSTAN, ARMENIA, GEORGIA AND THREE NEIGHBOURS, 2015-2024 ..... **255**

Anuarbek Murager
DID THE TENGE STOP FOLLOWING OIL? BRENT PRICES AND THE TENGE-DOLLAR RATE BEFORE AND AFTER FEBRUARY 2022 ..... **266**

Kaiyrbek Zhanadil
HOW ACCURATELY CAN OBSERVABLE LISTING DATA ESTIMATE FAIR PRICES FOR USED CARS IN KAZAKHSTAN? A HEDONIC MODEL OF 2,546 ONLINE LISTINGS **276**

Wen Yali
PERCEIVED ORGANIZATIONAL SUPPORT AND TURNOVER INTENTION AMONG KNOWLEDGE WORKERS IN A CHINESE PRIVATE TRAINING INSTITUTION: THE MEDIATING ROLE OF AFFECTIVE ORGANIZATIONAL COMMITMENT **289**

Құрманалиева Дана
ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА ФИНАНСОВОЙ МОДЕЛИ **300**

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР - ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ - TECHNICAL SCIENCE

Nurmakhan Almira
ADVANTAGES OF FIBER OPTIC COMMUNICATION OVER TRADITIONAL COPPER CABLES **307**

Kozhabai Bereke
SECURITY CHALLENGES IN IOT-BASED TELECOMMUNICATION NETWORKS **315**

Azamatuly Yerassyl
WHY AI-GENERATED CODE FAILS A BENCHMARK: A FAILURE ANALYSIS OF THREE OPEN LANGUAGE MODELS ON 30 HUMANEVAL+ TASKS **324**

Nurzhan Sanzhar
A FEW SHELLS, A FEW OPERATORS: WHERE LOW EARTH ORBIT IS CROWDED IN AN ALTITUDE-INCLINATION MAP OF 16,620 ACTIVE SATELLITES **333**

Askarbek Nurislam
CAN THE WEATHER TELL WHICH DAYS IN ASTANA WILL BE POLLUTED? CLASSIFYING PM2.5 EXCEEDANCE DAYS WITH MACHINE LEARNING AND CHECKING THE DATA AGAINST A GROUND MONITOR **339**

Iliyas Arman
SHOOTING ON THE MOVE: HOW MUCH AIM A ROBOT LOSES BY IGNORING ITS OWN VELOCITY, AND WHETHER A VIRTUAL-TARGET CORRECTION RECOVERS IT **350**

Ануар Әлімжан Бахытжанұлы, Сексенбаева Айша Курманбековна
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ И МЕТОДИК ОБУЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: NICE FRAMEWORK, ECSF И ПРАКТИКО- ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **356**

Mukhamedzhan Yerganat
GROWTH OF GITHUB DEVELOPER COMMUNITIES IN KAZAKHSTAN, UZBEKISTAN AND KYRGYZSTAN, 2020-2026: EVIDENCE FROM THE GITHUB INNOVATION GRAPH **366**

Kashkinov Alden
WHAT DECIDES HOW LONG A LANDER WORKS ON ANOTHER WORLD? SURFACE LIFETIMES OF 55 LANDERS ON THE MOON, VENUS, MARS, TITAN AND SMALL BODIES IN THE GCAT CATALOGUE, 1966-2025 ..... **378**

Kenesbek Miras
HOW MANY HERONIAN TRIANGLES HAVE A GIVEN LONGEST SIDE? A COMPLETE COUNT UP TO 2000 AND THE RIGHT TRIANGLES HIDDEN INSIDE **390**

Amirlan Seitkadyrov, Akezhan Omashev
AUTOMATIC MULTIPLE-CHOICE QUESTION GENERATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE **401**

Idrissov Amirzhan
WHERE DO SMALL OPEN LANGUAGE MODELS BREAK ON OLYMPIAD MATHEMATICS? DOMAIN, DIFFICULTY AND MODEL SIZE ON OMNI-MATH **410**

Маматаева Рамина Адилгазыевна, Бидуәлі Алмат Алматұлы
ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ ПОПУЛЯРНЫХ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ **415**

Қасен Ғауһар Ғалымжанқызы, Алкеева Дана Мирасовна
КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУДІ ПАЙДАЛАНЫП,МЕХАНИКАЛЫҚ ДЕНЕ ЗАҢЫН АНЫҚТАУ АЛГОРИТМДЕРІН ӘЗІРЛЕУ **421**

Khalilzade Seymur Fazil oglu
ASSESSING THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON ENERGY DEMAND IN HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS **434**

Igilikov Adilkhan Igilikovich
PRE-TRAINED REPRESENTATIONS OF PRIOR-ADMISSION HISTORY IMPROVE ONE-YEAR, BUT NOT IN-HOSPITAL, MORTALITY PREDICTION IN ICU PATIENTS WITH CHRONIC DISEASE: A MIMIC-IV STUDY **449**

Nurgali Dias, Nurgali Miras, Akashov Aslan
PREDICTIVE TRAFFIC MANAGEMENT: EXPLORING SOLUTIONS TO TRAFFIC CONGESTION IN ASTANA, KAZAKHSTAN **461**

ПӘНДЕР АРАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР – МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НАУКИ – INTERDISCIPLINARY SCIENCES

Albiyev Asser
HOW MUCH OF AN ARTICLE COUNT IS HUMAN WORK? DECOMPOSING THE CREATION OF FIVE WIKIPEDIAS, 2010–2025 ..... **467**

Amangeldy Nurbolat
HOW MUCH OF KAZAKHSTAN'S URBAN BUILT STOCK PREDATES ITS SEISMIC CODES, AND WHERE DOES THAT STOCK SIT RELATIVE TO HAZARD? **477**

Torekhan Sabrina
WHERE ALMATY WALKS ITS OWN WAY: INFORMAL SHORTCUTS IN OPENSTREETMAP AND THE DETOURS THEY AVOID **483**

Ailan Salybekova
PARENTAL SUPPORT, PARENTAL CONTROL, STRESS AND EARLY ALCOHOL USE IN ADOLESCENT GIRLS: A NARRATIVE REVIEW WITH A FOCUS ON KAZAKHSTAN **488**

Yerboluly Madi
WHY IS KAZAKHSTAN'S GENDER GAP AT THE TOP OF CHESS SO SMALL? A BIRTH-COHORT COMPARISON ON THE FIDE RATING LIST **496**

Omashev Akezhan
REGIONAL HEALTH AND SOCIAL INDICATOR PATTERNS AND PCA- BASED MORTALITY MODELING IN KAZAKHSTAN, 2011–2024. A TWO- PART EXPLORATORY ECOLOGICAL ANALYSIS **501**

Мадиярова Жанел Биржановна
ДИПФЕЙК ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ҚОҒАМДЫҚ ПІКІРГЕ ЫҚПАЛЫ ЖӘНЕ ОНЫ ҚҰҚЫҚТЫҚ РЕТТЕУ ТӘЖІРИБЕСІ **511**

Bolatov Sanzhar
HOW MUCH DOES KAZAKH SPEECH RECOGNITION LOSE WHEN THE MODEL GETS SMALLER? KAZAKH AGAINST 82 LANGUAGES IN THE PUBLISHED WHISPER RESULTS **521**

Ilya Tsoy
WHO PAYS MORE TOKENS FOR THE SAME SENTENCE? RUSSIAN, KOREAN AND ENGLISH IN FOUR LANGUAGE MODEL TOKENIZERS ON 1,012 FLORES-200 SENTENCES **530**

Assan Ramazan
WHICH NAME DO READERS STILL USE? FORMER NAMES OF RENAMED KAZAKHSTANI CITIES IN RUSSIAN AND KAZAKH WIKIPEDIA PAGE VIEWS, 2015–2026 ..... **543**

Nigmadilova Zhasmin
WHAT REPLACES PARABENS? THE PARABEN-FREE LABEL ACROSS PRODUCT CATEGORIES IN THE OPEN BEAUTY FACTS DATABASE **556**

ӘЛЕУМЕТТІК ЖӘНЕ ГУМАНИТАРЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР - СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ - SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES

Мұқатаева Айзат Амантайқызы, Стамбекова Жанат Байғазықызы, Слямханова Гүлім Болатқызы, Қызырбек Аяулым Ерболқызы
ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ДӘУІРІНДЕГІ ҒЫЛЫМИ ТАНЫМ: ПОППЕР, КУН ЖӘНЕ ЛАКАТОС ИДЕЯЛАРЫ ТҰРҒЫСЫНАН ТАЛДАУ **561**

Мұқатаева Айзат Амантайқызы, Сапарханова Мадина Төлегенқызы, Окенова Аружан Муратхановна, Тұрсынғазыева Ақерке Ерболатқызы
ШӘКӘРІМ ФИЛОСОФИЯСЫНДАҒЫ ЕРКІНДІК ЖӘНЕ МОРАЛЬДЫҚ ТАҢДАУ МӘСЕЛЕСІ **571**

Komekova Saida
DO UNHAPPY REVIEWERS MIX IN MORE RUSSIAN? STAR RATINGS AND KAZAKH-RUSSIAN CODE-SWITCHING IN 175,002 ONLINE REVIEWS **580**

Zhumagali Yerbol
DOES A BIGGER MODEL CLOSE THE GAP? KAZAKH-LANGUAGE ACCURACY ON KAZAKHSTAN-SPECIFIC VERSUS UNIVERSAL SCHOOL SUBJECTS IN SMALL OPEN-WEIGHT LANGUAGE MODELS **593**

Abdrakhmanova Madina
DOES A MEDAL BUY ATTENTION? WIKIPEDIA VIEWS OF KAZAKHSTAN'S ATHLETES BEFORE AND AFTER THE PARIS 2024 OLYMPIC **597**

ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ПСИХОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ – PEDAGOGICAL AND PSYCHOLOGICAL SCIENCES

Kaldarbek Mergen
FAMILY OR SCHOOL? SOCIOECONOMIC COMPOSITION AND MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN KAZAKHSTAN, PISA 2022 AND 2025 ..... **605**

Zhenis Adilzhan
WHICH OLYMPIAD PROBLEMS DO STUDENTS TAKE TO THE BOARD? CHOICES AND DEFENCES IN THE 8TH-GRADE LEAGUE OF KARAGANDY MATHBATTLES 2026 ..... **612**

Базарбаева Айнур Бектуровна
ДЕТСКИЙ ФОЛЬКЛОР И ПОДВИЖНЫЕ ИГРЫ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВ ПРАВОВОЙ КУЛЬТУРЫ У ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА **619**

БИОЛОГИЯ ҒЫЛЫМДАР - БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ - BIOLOGICAL SCIENCES

Bazhenova Diana
GROWTH DYNAMICS OF STERLET (Acipenser ruthenus L.) REARED IN A RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM **622**

ТУРИСТИЧЕСКИЕ И СПОРТИВНЫЕ НАУКИ - ТУРИСТІК ЖӘНЕ СПОРТ ҒЫЛЫМДАРЫ - TOURISM AND SPORTS SCIENCES

Төлеп Жазира Маратқызы
ГАСТРОНОМИЯЛЫҚ ФЕСТИВАЛЬДЕРДІҢ ТУРИСТІК ДЕСТИНАЦИЯ ТАРТЫМДЫЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ РӨЛІ МЕН ДАМУ ҮРДІСТЕРІ **629**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ - ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ - NATURAL SCIENCES

Нургельдина Асель Ермековна, Серикбаева Жанерке Алимжановна
ШЕКАРАСЫЗ ФИЗИКА: ӘР ЕЛДЕГІ ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМДІ САЛЫСТЫРУ **636**

Torekhan Sabrina
IS ALMATY A 15-MINUTE CITY? WALKING ACCESS TO SIX EVERYDAY PLACES FROM 170,838 BUILDINGS IN THE CITY'S EIGHT DISTRICTS **643**

Онгарбек Махабат Саятқызы
CU-PT ЖӘНЕ NI-PT ҚОРЫТПАЛАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ РЕТТЕЛУ ҮДЕРІСІНІҢ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ӨЗГЕРІСІНІҢ ӘСЕРІН РЕТТЕУ **651**

Нургельдина Асель Ермековна, Әбдуәлі Мерей Ералықызы
ҮЙКЕЛІС КҮШІНІҢ ТАБИҒАТТАҒЫ РӨЛІ **659**

Ossipov Vladislav
MANY REPORTS, WEAK EVIDENCE? EVIDENCE LEVELS FOR MICROBIAL PLASTIC DEGRADATION IN THE 2,535 RECORDS OF PLASTICDB **664**

Нургельдина Асель Ермековна, Кабдулаева Жанель Батырбековна
РАДИОАКТИВТІЛІК. АЛЬФА, БЕТА, ГАММА СӘУЛЕЛЕРІНІҢ ТЕГІ МЕН ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ. ЯДРОЛЫҚ РЕАКЦИЯ ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ ЫДЫРАУ ПЕРИОДЫ **673**

Kashkinov Alden
DOES AN ACTIVE SUN BRING SATELLITES DOWN SOONER? SOLAR ACTIVITY AND THE RE-ENTRY OF UNCONTROLLED OBJECTS IN LOW EARTH ORBIT, 1990-2025 ..... **678**

Demin Mark
HOW MUCH LESS OXYGEN CAN THE WARMING CASPIAN SEA HOLD? THE LOSS OF OXYGEN SOLUBILITY IN THE NORTHERN, MIDDLE AND SOUTHERN CASPIAN, 1982-2022 ..... **684**