

«6D075100 Информатика, есептеу техникасы және басқару»
мамандығының PhD докторанты Бурибаев Жолдас Алладиновичтің
**«Роботтың кеңістіктегі бағдарлау жүйесіне тиімді параллельді
машиналық оқыту алгоритмдерін әзірлеу»** тақырыбындағы
диссертациялық жұмысына

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Робототехниканың заманауи дамуы жасанды интеллектпен (AI) тығыз байланысты. Егер бұрын роботтар негізінен адам еңбегін қиын жерлерде немесе зауыттарда өнімділікті арттыру үшін қолданса, роботтардың жаңа дәуірінің басталуымен даму туралы көзқарастар роботтардың адам еңбегі мен шығармашылық көзқарасына толықтырылуымен ауыстырылды. AI енгізудегі негізгі мәселелер шектеулі есептеу ресурстары, сондай-ақ шешім қабылдайтын роботтың функционалдық интеллектін арттыруға мүмкіндік беретін жасанды интеллекттің жете зерттелмеген тәсілдері, шешімдері, әдістері мен алгоритмдері болды. Заманауи технологиялар қазіргі мүмкіндіктермен қазірдің өзінде осындай есептеулерді жүргізуге мүмкіндік береді, ендігі мәселе – енгізу болып табылады.

Роботтың функционалды анықтамасын STA – SENSE/THINK/ACT анықтамасы ретінде беруге болады:

SENSE – қоршаған әлемді қабылдау;

THINK – қоршаған физикалық әлемді түсіну және жоспарланған әрекеттерді орындау үшін мінез-құлық үлгілерін құру мүмкіндігі;

ACT – физикалық әлемге іс-әрекеттермен әсер ету;

және осы функциялардың кем дегенде біреуінің болмауы құрылғыны робот алып тастайды.

Кәсіпорындарды, түрлі салалардың көптеген секторларын ішінара немесе толық автоматтандыру үшін роботтарды енгізу бүгінгі күні өзекті мәселе болып табылады. Халықаралық сауда бойынша ғалымдар мен талдаушылардың және экономистердің зерттеулеріне сәйкес, Қазақстан үшін аграрлық сектор жасанды интеллектімен роботтарды дамыту және енгізу үшін өнеркәсіптің перспективалы секторы болып табылады.

Табысты ауылшаруашылық роботтарының маңызды аспектісі олардың сенсорлық ақпаратты өңдеу қабілеті және, атап айтқанда, визуалды енгізуді талдау және түсіндіру қабілеті болып табылады. Шынында да, визуалды деректер мен дұрыс шешім қабылдау арасындағы байланысты орнату арқылы машиналық алгоритмдер көптеген операцияларды жеңілдетеді. Дегенмен, ауылшаруашылық жағдайында кездесетін машиналық көрумен байланысты мәселелер өте көп: әртүрлі түстер, пішіндер, өлшемдер, текстуралар және шағылысу қасиеттері; үнемі өзгеріп тұратын жарық пен көлеңке жағдайлары; ауыр окклюзиялар; бұл машиналық көру проблемаларының бір бөлігі ғана.

Кеңістікте роботтарды бағдарлаудың маңызды мәселелерінің бірі қоршаған ортаны қабылдау қателіктерін азайту, математикалық тұрғыдан қоршаған ортаны тану функцияларын барынша арттыру, жасанды

интеллектісі бар робототехникалық жүйелердің функционалдығын кеңейту үшін метаэвристикалық әдістерді қолдану арқылы шешілуі мүмкін. Соңғы жылдары метаэвристикалық тәсілдер бойынша жарияланған жұмыстардың өсуі байқалады. Мысалы, ScienceDirect (www.sciencedirect.com) мәліметтері бойынша, егер 2003 жылы жарияланған мақалалар саны 100-ден аспаса, 2019 жылы олардың саны 2000-нан астам жарияланымдарға айналғанын байқауға болады, әрі қарай ол тек өседі деп болжанады. Бұл бағыттағы негізгі зерттеулер шетелдік ғалымдарға тиесілі. Зерттеулер көрсеткендей, жасанды интеллектті (AI) енгізу агроөнеркәсіптік кешендегі автоматтандыруды одан әрі дамытуға ықпал етеді. Scopus деректер базасында (www.scopus.com) «agrorobots» немесе «agro» түйінді сөздерімен 2017-2021 жылдар аралығында жарияланған мақалалардың статистикасы осы тақырып бойынша өсу үрдісін көрсетеді, өйткені небәрі 5 жыл ішінде 161 595 құжат жарияланды, ал «computervision» немесе «vision» немесе «robotics» немесе «robots» кілттік сөздер бойынша 1 399 552 құжат жарияланды. Жыл өткен сайын жарияланған мақалалар санының артып келе жатқанын негізге ала отырып, бұл тақырыптың зерттелу деңгейі бүгінгі күнге дейін өзекті деген қорытынды жасауға болады.

Агро-робот жүйелеріндегі машиналық көру әлі толық потенциалына жетпегенімен, бақша мен жылыжайды күтіп ұстаудың әртүрлі тапсырмалары үшін көптеген қосымшалар әзірленді. Тек 2017 жылдың басында АҚШ-та өсірілген салаттың шамамен бестен бірі LettuceBot көмегімен жұқартылған. АҚШ-тағы бұл дамуды Blue River Technology компаниясын ашқан Джордж Херауд (Jorge Heraud) бастаған бірнеше біріктірілген агротехнологиялар өндірушілері жүзеге асыруда. Бұл ауыл шаруашылығы саласына дайын робототехника өнімдерін енгізудің бір мысалы ғана.

Қазіргі уақытта Қазақстанда қолданылып жатқан жабдықтың 90%-ға жуығы өзінің қызмет ету мерзімінің соңында және ауыстыруды қажет етеді. 10 жылдан астам қолданыста болған тракторлар бүкіл парктің 94%-ын құраса, ұқсас жағдайдағы комбайндар 77%-ды құрайды. 2019 жылдың 1 қаңтарындағы жағдай бойынша шаруалардың алдағы егіс науқанына 147 мың трактор, 79 400 сепкіш және 249 000 топырақ өңдейтін агрегаттары бар. Әрине, мемлекет машиналар мен жабдықтарды жаңарту бойынша тиісті шешімдер қабылдайды. Осылайша, Қазақстанда ауыл шаруашылығы техникасының импорты құнының 25% мөлшерінде субсидияланса, қаржылық лизинг 10% мөлшерлемемен беріледі. Соңғы 5 жылда жабдықты жаңарту деңгейі 3-тен 4,9%-ға дейін болды, бірақ бұл көрсеткіш жыл сайын 6-8%-ға жетуі тиіс. Жоғарыда келтірілген сандарды ескере отырып, машиналар паркін жаңарту немесе шығын материалдарын неғұрлым орынды және үнемді пайдалануға мүмкіндік беретін жаңа технологияларды енгізу басымдық болып табылатыны белгілі болды.

Агроөнеркәсіптік кешенге құрастыруды жүзеге асыратын интеллектуалды компьютерлік көру жүйесімен жабдықталған агророботтың әзірленген үлгілерін енгізу қызанақтың тез және дұрыс жиналуына жағдай жасайды, жоғары еңбек өнімділігін қамтамасыз етеді, кезең-кезеңімен және хронологиялық өзін-өзі зерттеу арқылы өсімдіктердің өсу процесінде қандай

да бір өзгерістерді бақылауға және анықтауға мүмкіндік береді, мұның бәрі сайып келгенде, тұтастай алғанда еліміздің агроөнеркәсіптік құрылымы дамуының жаңа деңгейінде көрінуі керек.

Алынған нәтижелер ғылым мен техниканы ғылыми білім беру мақсатында да, ірі және орта кәсіпорындарды жаңғырту деңгейінде де дамытуға ынталандырады.

Қазақстанда бұл зерттеу бағыты дамудың бастапқы кезеңінде, компьютерлік көру және машиналық оқытуды пайдалана отырып, қызанақтарды құрастыратын агророботтардың отандық үлгілері жоқ.

Шетелдік өндірушілердің осы дамуының қолданыстағы аналогтары: Deerfield Robotics (Германия), ecoRobotics, Ecorobotics, Швейцариядан BoniRob; FarmWise, FarmWise, АҚШ; HortiBot, Дания; Ladybird, Сидней университеті, Австралия; Naïo Technologies, Франция; Oz, Naïo Technologies; RoboTrac, Ханнес Зееберг.

Қызанақ - бүкіл әлемде үлкен сұранысқа ие өнім және оны тұтыну жыл сайын біртіндеп артып келеді. Қызанақты қолмен жинау көп еңбекті, көп уақытты қажет етеді және тиімсіз. Сонымен қатар, қызанақ өте жұмсақ және көгеруге бейім, жинау және жұлу процесін қиындатады. Осылайша, қызанақты роботпен жинау жоғарыда аталған мәселелерді жоюдың ең тиімді шешімдерінің бірі болуы мүмкін. Бұл зерттеу роботты қызанақ жинаудың бір тәсілін ұсынады.

Бұл жұмыста біз роботтың стерео камераларынан келетін визуалды мәліметтерді өңдеуді зерттейміз, өйткені камераларды қоршаған ортаны тану ретінде пайдалану, машиналық көру ең көп қолданылатын әдістер, сонымен қатар ақпарат ағынында көбірек деректерді беру.

Мәселенің зерттелу деңгейі. Робототехникада нейрондық желілерге негізделген Машиналық оқыту әдістерін қолдану сенсорларды оқуға бағытталған қарапайым Алгоритмдер алдында объектілерді тану дәлдігі мен робот кеңістігінде бағдарлау мәселелері бойынша айқын артықшылыққа ие, бірақ бұл сұрақтар оларды жүзеге асырудың және енгізудің оңтайлы жолдарын табу үшін әлі де тұжырымдалады. Осы саладағы жетекші мамандардың соңғы еңбектері бүгінгі есептеу ресурстары мұндай зерттеулерге мүмкіндік беретіндігін растайды, бірақ біз осы немесе басқа алгоритм әрқашан бірдей тапсырмаға қолданылады деп айта алмаймыз, яғни көптеген шешімдер эвристикалық және нақты шешімі жоқ.

Осы шарттарды ескере отырып, біз осы салада зерттеу ашық болып қалады деген қорытынды жасаймыз.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Қызанақтарды тану мен жинауға арналған кескінді тану, компьютерлік көру және машиналық оқытудың тиімді моделі мен технологияларын әзірлеу.

Зерттеудің міндеттері:

- Есептеу эксперименті негізінде сапаны бағалау арқылы объектілерді (қызанақтарды) классификациялау үшін машиналық оқыту әдістеріне салыстырмалы талдау жасау;

- кескінді тану сапасын бағалаумен конволюционды нейрондық желі үшін модификацияланған архитектураны әзірлеу;

- объектілердің үш өлшемді координаталарын есептеу арқылы кескіндерді өңдеу процестерінің параллельді алгоритмін құру;

- Зерттелетін объектінің кеңістігіндегі локализацияны анықтауға мүмкіндік беретін әзірленген жүйені оны қызанақ жинауға арналған агророботқа енгізу үшін бейімдеңіз.

Зерттеу объектісі. Компьютерлік көру қабілеті бар роботтық кешен және қызанақ өсіруге арналған жылыжай.

Зерттеу әдістері мен пәні. Нейрондық желілер, нақты уақыттағы объектіні тану алгоритмдері, компьютерлік көру, жасанды нейрондық желілер теориясы, бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу технологиясы.

Ғылыми жаңашылдықтар: Конволюциялық нейрондық желілердің архитектурасы негізінде қызанақтарды тану процестерін параллельді өңдеумен жаңа модификацияланған нейрондық желі архитектурасы әзірленді, бұл өңдеу жылдамдығын екі есе арттыруға және дәлдікті 3% жақсартуға мүмкіндік береді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы. Алынған нәтижелердің теориялық маңыздылығы объектілерді тану және графикалық ақпаратты өңдеу үшін параллель алгоритмді өңдеу үшін нейрондық желінің қолданыстағы архитектурасын өзгерту болып табылады. Алынған нәтижелердің практикалық құндылығы қызанақтарды тану және позицияларға негізделген тергіш робот үшін олардың үш өлшемді координаттарын есептеу бағдарламасын әзірлеуде жатыр.

Зерттеу нәтижелерінің апробациясы. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері халықаралық және шетелдік ғылыми конференцияларда, ғылыми семинарларда баяндалып, талқыланды:

- 5th International Conference on Mechanics and Mechatronics Research (Токио, 2018 ж.);

- Профессор Бияшев Р.Г.-ның 80 жылдық мерейтойына және профессор Айдарханов М.Б.-ның 70 жылдық мерейтойына арналған «Информатика және қолданбалы математика» III Халықаралық ғылыми-практикалық конференция (Алматы, 2018 ж.);

- Профессорлар Т. Н. Бияров, Вальдемар Вуйциктің 70 жылдық мерейтойына және профессор Е. Н. Әмірғалиевтің 60 жылдық мерейтойына арналған "Информатика және қолданбалы математика" атты IV Халықаралық ғылыми-практикалық конференция (Алматы, 2020);

- 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (Нұр-Сұлтан, 2021).

Диссертациялық зерттеудің нәтижелері 12 мақалада жарияланды. Оның ішінде 4 мақала Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, 4 мақала Web of Science және Scopus деректер базасына енгізілген халықаралық ғылыми басылымдарда, 4 мақала халықаралық және республикалық

конференциялардың материалдары, диссертациялық зерттеуді практикалық енгізу нәтижелері бойынша 1 авторлық куәлік.

Тақырыптың ғылыми-зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы. Ұсынылған нәтижелер ҚР БҒМ ҒК ІІНТ жобаларын іске асыру барысында алынды (қаржыландыру көзі ҚР БҒМ Ғылым комитеті):

- гранттық қаржыландыру (ГФ) ҚР БҒМ СС АР05132648 «Заманауи сөйлеу және мобильді технологиялары негізінде вербальді –интерактивті роботтарды құру» 2018-2020 жж;

- гранттық қаржыландыру (ГФ) ҚР БҒМ СК АР08857573 «Машиналық көру және бейне тану тәсілдеріне негізделген егістік жерлерге қызмет көрсетуге арналған мобильді робот құрастырумен интеллектуалды ақпараттық технологияларды құру» 2020-2022 жж;

Қорғауға шығарылған негізгі тұжырым:

Зерттелетін объектінің үш өлшемді координаттарын бейнелейтін конволюционды нейрондық желімен параллель кескінді өңдеу және кеңейтілген архитектура негізінде жүзеге асырылған ұсынылған компьютерлік көру жүйесі есептеу эксперименттерінің нәтижесінде терминдер бойынша жоғары тиімділікті көрсетті. Кескінді өңдеу жылдамдығы (кадрлар саны) және объектіні тану үшін бастапқы нейрондық желі архитектурасымен салыстырғандағы дәлдік (қызанақ).

Зерттеушінің жеке үлесі. Зерттеушінің жеке қосқан үлесі-машинаны көру әдістері мен технологияларының тиімділігін шолу және бағалау, конвульсиялық нейрондық желі архитектурасын өзгерту, суретті өңдеудің параллель алгоритмін жасау, көп буынды роботты машиналық көру жабдықтарымен жабдықтау, сонымен қатар есептеу эксперименттерін жүргізу.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыстың жалпы көлемі – 100 бет. Жұмыс кіріспеден, 4 атаудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, қосымшалардан тұрады.

