

Furthermore, automated mobile platforms significantly reduce time and labor costs, increase analytical efficiency and provide valuable decision-making tools for sustainable agriculture. They support targeted fertilizer application, soil fertility management, monitoring of erosion and salinization processes and assessment of agroecological risks. The findings confirm that implementing AI- and GPS-integrated mobile systems in Kazakhstan can substantially enhance soil monitoring infrastructure, optimize agricultural resource management and strengthen long-term environmental sustainability.

Key words: soil, artificial intelligence, spectroscopy, GPS, modelling, cartography, monitoring, automation.

Авторлар туралы мәліметтер

Нұрлыбек Данабекұлы Бекен* – «Электр энергиясы жүйелері» мамандығы бойынша докторант, Автоматтандыру және басқару факультеті, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы; e-mail: beken.nurlybek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Әлия Советжанқызы Тергеусизова – PhD, Жасанды интеллект және үлкен деректер кафедрасының аға оқытушысы, Cisco желілік академиясының оқытушысы, КазНУ Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.tergeusizova@aes.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Сведения об авторах

Нурлыбек Данабекулы Бекен* – докторант по специальности «Электроэнергетические системы», Факультет автоматизация и управление, АЛТ Университет им. М. Тынышпаева, Алматы, Республика Казахстан; e-mail: beken.nurlybek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Алия Советжановна Тергеусизова – PhD, Факультет автоматизация и управление, АЛТ Университет им. М. Тынышпаева, Алматы, Республика Казахстан; e-mail: a.tergeusizova@aes.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Information about the authors

Nurlybek Danabekuly Beken – PhD student in the specialty «Electric Power Systems», Faculty of Automation and Control, ALT University named after M. Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: beken.nurlybek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Aliya Sovetzhonovna Tergeusizova – PhD, Faculty of Automation and Control, ALT University named after M. Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.tergeusizova@aes.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7230-8979>.

Редакцияға енуі 19.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 20.11.2025

Жариялауға қабылданды 24.11.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-18](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-18)



FTAXP: 68.47.31

Д.С. Буданов*, А.Ж. Тойғожинов²

Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ Университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

*e-mail: budanov.darhan@bk.ru

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП СЕКСЕУІЛ ТҰҚЫМДАРЫН ЖИНАУДЫ АВТОМАТТАНДЫРУ

Аңдатпа: Қазақстан шөлейттену мен жердің тозу проблемасымен бетпе-бет келіп отыр, әсіресе оңтүстік облыстар мен Арал өңірінде жыл сайын шамамен 150 миллион тонна тұздың тасымалдануы экологиялық жағдайдың нашарлауына алып келеді. Топырақты тұрақтандырудың негізгі құралдарының бірі 6 миллион гектардан астам жерді алып жатқан сексеуіл. Дегенмен, оның тұқымын жинаудың дәстүрлі әдістері тиімсіз, бұл орманды қалпына келтіру мүмкіндіктерін шектейді.

Бұл зерттеудің мақсаты қазіргі заманғы технологияларды, соның ішінде жасанды интеллект (ЖИ), қашықтықтан зондтау және робототехниканы қолдана отырып, сексеуіл тұқымын жинаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу үшін бар әдебиеттерді талдау болып табылады. Зерттеу барысында спутниктік деректер (KazEOSat, Sentinel), терең оқыту

алгоритмдері (CNN, Random Forest), ұшқышсыз ұшатын аппараттар (ҰҰА), IoT жүйелері және перспективалы инновациялық технологиялар зерттелді.

Мақалада заманауи технологиялық шешімдерді пайдалана отырып, ормандарды қалпына келтіру шараларының тиімділігін арттыру және өсімдіктердің тіршілігін жақсарту үшін айтарлықтай әлеуетті көрсетеді. Зерттеу нәтижелері бұл технологиялардың Арал өңірін тұрақты жасылдандыруға елеулі үлес қоса алатын мүмкіндіктері анықталды. Дегенмен де, олардың Қазақстан жағдайына бейімделуі қосымша зерттеулерді қажет етеді.

Түйін сөздер: Жасанды интеллект, ауылшаруашылығы, сексеуіл тұқымдары, автоматтандыру, тұқымдарды жинау.

Кіріспе

Бүгінгі таңда Қазақстан климаты жоғары температурамен, жауын-шашынның аздығымен және қатты желмен ерекшеленетін оңтүстік өңірлерінде шөлейттену және жердің тозу проблемасына тап болған елдердің бірі болып табылады. Аталған факторлар топырақ құнарлылығының төмендеуіне, ауыл шаруашылығы үшін жағдайлардың нашарлауына және табиғи экожүйелердің қысқаруына алып келеді. Құрғақ аймақтардағы өсімдіктерді қалпына келтіру экология тұрғысынан ғана емес, табиғи ресурстарға тәуелді өңірлерде әлеуметтік-экономикалық теңгерімді қолдау үшін де маңызы зор.

Еліміздің ауыл шаруашылығында жер ресурстарын тиімсіз пайдаланудан экономикалық залал 700 млн долларға бағаланады (БҰҰДБ деректері бойынша). Шөлдер мен шөлейттердің экожүйесінде шешуші рөл атқаратын бірегей өсімдік сексеуіл жердің тозуынан табиғи түрде қорғайды. Қазақстан сексеуіл ормандарының ауданы бойынша әлемде бірінші орында тұр (6 млн гектардан астам), бұл республика бойынша барлық орман алқаптарының жартысын құрайды [1]. Халықтың өсуі ресурстарға сұранысты арттырып [2], тұрақтылықты сақтай отырып, өндірісті ұлғайтуды талап етеді [3]. Сексеуіл ормандары микроклиматтың жақсаруына, ауа ылғалдылығының артуына және флора мен фаунаның әртүрлі түрлерінің тіршілік етуіне жағдай жасайды. Одан басқа, сексеуіл ауыл шаруашылығы жануарлары үшін азық базасы ретінде пайдаланылады. Сонымен қатар, жергілікті халық үшін жоғары экономикалық мәнге ие.

Осыған байланысты жасанды интеллект арқылы сексеуіл тұқымын жинаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу және енгізу кезек күттірмейтін міндетке айналып отыр. Сонымен қатар, Президент Қасым-Жомарт Кемелұлы Тоқаев өзінің жолдауында жасанды интеллектіні дамыту ЖІӨ өсіміне серпін беретінін атап көрсетті.

Сексеуіл эрозияны болдырмайды, құмды бекітеді және су балансын сақтайды. Дегенмен де, заңсыз ағаш кесу үлкен мәселе болып қалуда, мысалы: 2018 жылы 3000 гектарға 300 оқиға, 2019 жылы 2800 гектарға 224 заңсыз сексеуілді шабу жағдайы орындалды [4]. Арал теңізі түбінің шөлейттенуі (6 млн га) жыл сайын 150 млн тонна тұзды тасымалдап, қоршаған орта мен халықтың денсаулығын нашарлатады [5]. 2021 жылы әуе егісі арқылы 14,5 тонна тұқым жиналды. Алайда сексеуіл тұқымын жинаудың дәстүрлі әдістері өнімділіктің төмендігі, процестің жоғары еңбек сыйымдылығы және тұқым материалының айтарлықтай жоғалуы сияқты бірқатар қиындықтарға тап болады. Көптеген жағдайларда тұқым қолмен жиналады. Ол едәуір уақыт пен адам ресурстарын талап етеді. Сондай-ақ тұқымның тіршілік қабілетінің шектеулі мерзімі маңызды мәселенің бірі. Демек, өсу тиімділігін арттыру үшін жедел жинауды және егуді меңзейді. Жаңа технологиялар ауылшаруашылығындағы өнімділікті арттыру және қоршаған ортаға зиянды азайту секілді мәселелердің шешімін таба алады [6]. Бүгінде ауылшаруашылығында автоматтандыруды жеделдету үшін ЖИ және қашықтықтан зондау технологияларын пайдалану мәселесі өзекті бола бастады.

Зерттеу машиналық оқыту және робототехника технологиялары негізінде сексеуіл тұқымын жинаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеуге арналған. Негізгі назар тұқымның пісіп-жетілуін анықтау және бағалау алгоритмдерін жасауға, сондай-ақ оларды тиімді жинау үшін дрондар мен роботтандырылған платформаларды қолдануға аударылады. Мұндай технологияларды енгізу тозған жерлерді қалпына келтіру, шөлейттенуге қарсы күрес және өзгермелі климаттық жағдайларға бейімделу жөніндегі мемлекеттік және халықаралық бағдарламаларды іске асыруда маңызды қадамның бірі.

Бұл процестерді автоматтандыру Қазақстанның табиғи мұрасын сақтау жөніндегі жаңа экологиялық бастамалар мен стратегиялардың дамуына да әсер етуі мүмкін.

Жасанды интеллект арқылы сексеуіл тұқымын жинауды автоматтандыру процестің тиімділігі мен дәлдігін арттыруға, шығындарды азайтуға және адам факторының әсерін

барынша азайтады. Қашықтықтан зондтау, терең оқыту және роботтық жүйелер технологияларын пайдалану өсімдіктерді дәл анықтауға, егін жинаудың оңтайлы уақытын болжауға және өнімділікті арттыруға көмектеседі. IoT, бұлтты есептеулер және үлкен деректерді өңдеу интеграциясы нақты уақытта қоршаған ортаны бақылауға және басқару алгоритмдерін бейімдеуге мүмкіндік береді. Мұндай шешімдерді жүзеге асыру Қазақстандағы экожүйені қалпына келтіруде, шөлейттену процестерінің алдын алуда және аграрлық сектордың тұрақты дамуына ықпал етуде маңызды рөл атқарады.

Зерттеудің мақсаты – Қазақстанда ормандарды молықтыру және шөлейттенумен күресу тиімділігін арттыру мақсатында ЖИ, қашықтықтан зондтау және робототехниканы қолдана отырып, сексеуіл тұқымын жинаудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу бойынша әдебиеттерге шолу жасау.

Зерттеу барысындағы негізгі міндеттер:

1. Спутниктік деректер мен ЖИ топырақ пен тұқым талдауын жақсарту мәселесі;
2. ҰАО жоғары дәлдікпен тұқым жинау мен себуди тездету жолдары;
3. IoT жүйелері мен гидрогель технологияларына зерттеу жүргізу.
4. Жабындау тәсілінің эрозияға қарсы әсерінің тиімділігін анықтау;
5. Жаңа робототехниканың тұқым жинау мүмкіндіктерін қарастыру

Зерттеу әдістері

Scopus, Web of Science, Google Scholar деректері және ауыл шаруашылығындағы ЖИ туралы жарияланымдар пайдаланылды [7]. Спутниктік суреттер (Sentinel-1, Sentinel-2, KazEOSat), қашықтықтан зондтау нәтижелері және Қазақстандағы пилоттық жобалар талданды [8]. Ван [9] және т.б. авторлардың топырақтың тұздылығын бағалау үшін далалық өлшемдермен біріктірілген спутниктік деректер. Фаннон және т.б. зерттеушілердің. [10] Австралияда ағаш отырғызу үшін дрондарды, Чжан [11] суару үшін IoT жүйелері мен гидрогельді қолдану еңбегі, Мванги және т.б. ғалымдардың [12] Кенияда қашықтан зондтау және жабындау тәсіліне шолу жасалынды. Қазақстанда «Сандық Қазақстан» бағдарламасы жер мониторингі үшін KazEOSat [13] және гуманоид роботтар мен үйір роботтарының сексеуіл тұқымдарын автоматты түрде жинау мақсатында пайдалану мүмкіндіктері қарастырылып, талдау жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Сексеуіл Қазақстанның құрғақ аймақтарында топырақты тұрақтандыруда, шаңды дауылдарды азайтуда және биоалуантүрлілікті сақтауда маңызды рөл атқарады [14]. Оның құмды бекітіп, су тепе-теңдігін сақтай алатын қасиеті шөлейттенуге қарсы күресте, әсіресе, еліміздің оңтүстік аймақтарында, мысалы, Арал өңірі мен Маңғыстау өңірінде таптырмас құрал етеді. Халық санының өсуі [15] және осыған байланысты экожүйені қалпына келтіру және тұрақты ауыл шаруашылығын қамтамасыз ету үшін жасыл желектерге деген қажеттіліктің артуы [3] ормандарды қалпына келтірудің жаңа тәсілдерін әзірлеу қажеттілігін көрсетеді. Сексеуіл тұқымын жинаудың қол еңбегіне негізделген дәстүрлі әдістерінде елеулі шектеулер бар: жоғары еңбек сыйымдылығы, тұқымның өміршеңдігінің шектелуінен және төмен өнімділігінен тұқымдық материалдың айтарлықтай жоғалуы процесті кең аумақтарда, мысалы, Арал теңізінің 6 млн га кепкен түбінде тиімді түрде кеңейтуге мүмкіндік бермейді [16]. Бұл мәселелер маусымдық шектеулермен, шалғай шөлді аймақтарға қол жеткізудің қиындығымен және механикаландырудың жоқтығымен толықтырылып, дәстүрлі тәсілдерді заманауи көгалдандыру қажеттіліктеріне жарамсыз етеді.

Қашықтықтан зондтау, үлкен деректерді талдау және машиналық оқытудың заманауи технологиялары сексеуіл тұқымын жинау, жіктеу және тарату процестерін оңтайландырудың жаңа мүмкіндіктерін береді.

Көпспектрлі және гиперспектрлік камералармен жабдықталған ұшқышсыз ұшатын аппараттарды пайдалану жерді бақылауға, егіс үшін қолайлы аумақтарды анықтауға және топырақтың жағдайын бағалауға мүмкіндік береді. Терең оқыту және компьютерлік көру әдістері тұқымдарды анықтау процесін автоматтандыруға, тұқым таңдау дәлдігін арттыруға және механикаландырылған жинау жүйелерінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, осы процестің тиімділігін арттыру үшін қолданылатын әдістер мен технологияларды талдау. Ормандарды молықтыру және шөлейттенумен күресу саласында жасанды интеллект пен робототехниканы қолдану мүмкіндіктерін зерделеуге ерекше назар аударылады.

Қазақстанда және әлемнің басқа елдерінде сандық технологиялар аграрлық секторда белсенді қолданылуда. Мысалы, Ресейде «Сандық ауыл шаруашылығы» ведомстволық жобасы әзірленді. Ол «Агрошешім» модулінің көмегімен АӨК-ке сандық, ақпараттық және зияткерлік технологияларды енгізу жөніндегі іс-шаралар кешенін көздейді. Жобада ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер, тұқымдар, тыңайтқыштар, ауыл шаруашылығы машиналары және т.б. туралы деректерді жинау мен сақтаудың кіші жүйелерін құру жоспарлануда. Осы кіші жүйелерді дамыту үшін базалық технологиялар қашықтықтан зондтау, радиожиілікті сәйкестендіру, IoT, бұлтты технологиялар, «Big Data» үлкен деректерді өңдеу құралдары, жасанды интеллект және дағдылы процестерді роботтандыру болып табылады.

Әзірленіп жатқан тұғырнаманың басты міндеттерінің бірі ауыл шаруашылығы өнімдерін өндірудің технологиялық процестерін бақылау мен басқарудың сандық және зияткерлік жүйелерін енгізу есебінен өндірістік процестерді автоматтандыру. Ауыл шаруашылығын цифрлық трансформациялау жөніндегі жобаны іске асыру берілетін деректер ағынының, оның ішінде тікелей далада орналасқан құрылғылар мен ауыл шаруашылығы техникасынан едәуір өсуіне алып келеді. Бұл деректерді берудің жоғары емес жылдамдығы мен жабу аймағының жеткіліксіздігі бар ауылдық ұтқыр желілерге жүктемені ұлғайтады.

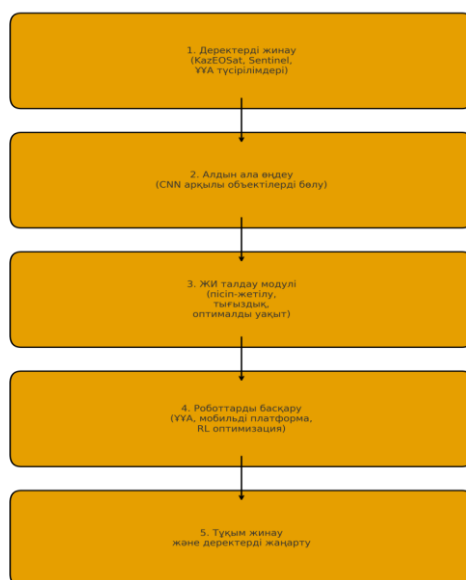
Цифрландырудың осыған ұқсас процестері Қазақстанда да байқалады. Онда ауыл шаруашылығында қазіргі заманғы технологиялар белсенді енгізілуде. Жасанды интеллект пен роботтандырылған жүйелерді пайдалану ауыл шаруашылығы процестерін автоматтандыруға мүмкіндік береді. Ол аграрлық сектордың өнімділігі мен тиімділігін арттырады.

Одан басқа, Ресейде дронның көмегімен сексеуілді отырғызуды қоса алғанда, ормандар мен құрғақшылық аймақтарды қалпына келтіру үшін ұшқышсыз технологияларды пайдалану мүмкіндігі қарастырылуда. Мұндай әдістер тұқымдарды үлкен аумақтарда таратуға мүмкіндік береді. Бұл экожүйелерді қалпына келтіруге және шөлейттенуге қарсы күреске ықпал етеді. Қазақстан жергілікті климат пен экожүйенің ерекшеліктерін ескере отырып, осындай тәсілдерді зерделей және бейімдей алады. Мұндай технологияларды енгізу көгалдандыру процесін жеделдетуге, топырақтың сапасын жақсартуға және ауыл шаруашылығы алқаптарының климаттық өзгерістерге тұрақтандыруға көмектеседі.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

И.А. Старостин., С.А. Давыдова және А.В. Ещин өздерінің осы зерттеулерінде өсімдіктерді автоматтандырылған егуді және тозған жерлерді қалпына келтіруді қоса алғанда, аграрлық секторда ұшқышсыз технологияларды пайдаланудың перспективалылығын көрсетеді [17]. Сондай-ақ, зерттеуші А. Камиларис және Ф.Х. Пренафета-Болду [18], (2018) еңбектерінде топырақ, ылғалдылық және климаттық жағдайлар туралы деректерді талдау үшін машиналық оқыту мүмкіндіктері талқылайды. Авторлар «Random Forest» және нейрондық желілер сияқты алгоритмдер сексеуілді қоса алғанда, өсімдіктерді отырғызу үшін оңтайлы жағдайларды тиімді болжай алатынын баса айтады (Сурет 1). Зерттеуде алгоритмдер құрғақ өңірлерде өсімдіктерді отырғызудың табыстылығын болжауда 85%-ға дейінгі дәлдікті көрсеткендігін келтіреді. Олар үлкен көлемдегі ақпараттарды талдау тенденцияларды анықтауға, шығымдылықты болжауға және агроэкожүйелерді басқаруды оңтайландыруға мүмкіндік беретінін баса айта отырып, үлкен деректерді ауыл шаруашылығында пайдалануды қарастырды. Ал Бастиансен, Молден, Макин (2000) ауыл шаруашылығындағы қашықтықтан зондтау әдістерін зерттеп, соның ішінде жерсеріктен түсірілген суреттерді, әуе жүйелерін және ұшқышсыз ұшатын аппараттарды топырақ пен егіннің жағдайын бағалау үшін пайдалану мүмкіндіктерін талданды. Олар қашықтықтан зондтау экожүйелерді ауқымды бақылауға, проблемаларды уақтылы анықтауға және ферма жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Әдеби шолу спутниктік жүйелерді және ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалана отырып қашықтықтан зондтау экожүйелерді талдау және сексеуіл себуге топырақты дайындау үшін кең перспективалар көзін ашатынын көрсетеді. Bastiaanssen [19] спутниктік деректер кеңістіктік және уақытша рұқсаты жоғары үлкен аумақтарға мониторинг жүргізуге мүмкіндіктерін сипаттайды. Бұл сексеуіл ормандарының жай-күйін бағалау және тозған учаскелерді анықтау үшін ерекше маңызды. Wang, X., Zhang, Y. және Chen, Z. [9] өзінің зерттеулерінде құрғақ аймақтарда далалық өлшеулермен спутниктік деректердің интеграциясы (мысалы, Sentinel-2) топырақтың тұздануын бағалаудың қателігін 5% -ға дейін төмендетеді және отырғызуға жарамсыз учаскелерді алып тастайтын дәлелді.



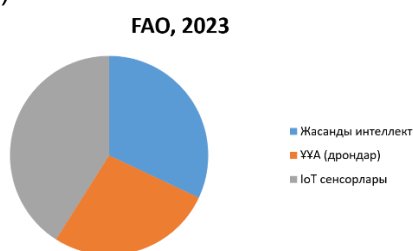
Сурет 1 – ЖИ негізінде сексеуіл тұқымын жинау жүйесінің жұмыс алгоритмі

Яғни, аталған технологияны сексеуіл егу аймақтарын таңдауды оңтайландыру мақсатында Арал өңірінде пайдалануға болады. Liaghat және Balasundram [20] ҰҰА-да орнатылған мультиспектрлік камералар өсімдіктер мен топырақ жағдайын, соның ішінде ылғалдылық деңгейін және сексеуіл тұқымының жетілуін бақылауда әлеуетті қолданбалы органикалық заттардың мазмұнын дәл бағалауды қамтамасыз ететінін атап өтеді. Ozdogan құрғақтық пен жел эрозиясына байланысты дәстүрлі өлшеу әдістері қиын шөлді жерлерде топырақтың ылғалдылығын талдау үшін беткі доғалық радардың (SAR) әлеуетін көрсетеді. Mwangi [12] Кенияда жүргізілген зерттеулер органикалық материалдармен мульчирование жел эрозиясын 30-40%-ға азайтып, тұқым өсіруге қолайлы жағдай туғызатынын анықтады. Zhang [6] жұмысында Түркіменстандағыдай шектеулі жауын-шашын жағдайында суды тұтынуды 25%-ға азайтатын және өсімдіктердің өмір сүруін 15-20%-ға арттыратын ылғалдылық пен температура сенсорлары бар IoT негізіндегі смарт суару жүйелерін ұсынды. Аталған жүйелер судағы өз салмағынан жүздеген есе көп сіңіретін гидрогельмен біріктіріліп, топырақ құрылымын жақсартады. Яғни, осы тәсілді Қазақстанның құрғақ аймақтары үшін ылғалды сақтау тәсілі ретінде пайдалануға болады. Fannon [10] Австралияда дәл себу жүйесі бар дрондар қолданудың маңыздылығын олар жоғары отырғызу дәлдігімен тәулігіне 100 000 тұқым жылдамдығына қол жеткізеді. Бұл еліміздегі Арал өңірі сияқты үлкен аумақтарда сексеуіл егуді ҰҰА-мен жылдамдату үшін ерекше мүмкіндік.

Терең оқыту (DL) – күрделі деректерді талдауға және ауыл шаруашылығындағы процестерді автоматтандыруға, соның ішінде тұқым жинау мен топырақты дайындауға арналған қуатты құрал. Kamilaris және Prenafeta-Boldú [10] өз шолуларында DL спутниктік суреттерді, дрон деректерін және климаттық көрсеткіштерді тиімді өңдейтінін, бұл өсімдіктерді жіктеуге және оның жағдайын жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік беретінін атап көрсетеді. LeCun және Bengio [11] гиперспектрлік кескіндердегі сексеуіл тұқымдарының пісіп-жетілуін тану немесе KazEOSat және Sentinel-2 деректері негізінде топырақтың саулығын бағалау үшін пайдаланылатын кескіндерден мүмкіндіктерді автоматты түрде шығаратын конволюционды нейрондық желілердің (CNN) негізін қалады. Deng мен Yu терең оқыту үлкен көлемдегі деректерді өңдеуге болатынын атап өтеді, бұл сексеуіл 6 миллион гектардан астам аумақты алып жатқан Арал өңірінің кең-байтақ аумақтарын талдау үшін өте маңызды. Wan температура мен жауын-шашын сияқты климаттық деректер негізінде тұқым жинаудың оңтайлы уақытын болжауға мүмкіндік беретін DL уақыт қатарын өңдеу мүмкіндігін атап көрсетеді. Najafabadi нақты уақыт режимінде суару және сексеуіл егу процестерін басқару үшін перспективалы ылғалдылық пен температура сенсорларын қоса алғанда, IoT жүйелерінің құрылымданбаған деректерімен DL біріктіру мүмкіндігіне зерттеу жүргізеді. Старостин [17] Қызылорда облысында сексеуіл жинау мен егуді автоматтандыруға бейімделуі мүмкін ылғалдылық пен температура деректерін біріктіретін ЖИ негізіндегі ұшқышсыз басқару жүйесін әзірледі.

«Цифрлы Қазақстан» бағдарламасы аясында қазірдің өзінде 1 м-ге дейінгі рұқсаты бар KazEOSat-1 және KazEOSat-2 жерсеріктері жерлер мен сексеуіл ормандарын бақылау үшін пайдаланылуда [13], олар Fanpon сипаттаған дрондармен үйлеседі. Сонымен қатар, үлкен аумақтарды жасылдандыруды жеделдетуге негіз жасайды.

Шолу барысында анықталған перспективалы технологияларға сексеуіл тұқымын жинау үшін әлеуетті қолданбалы робототехника мен ЖИ-дің жаңа әзірлемелері кіреді. Дегенмен олардың Қазақстанның нақты жағдайларына бейімделуі қосымша зерттеулерді қажет етеді. 2024 жылы қытайлық AgiBot компаниясы ауыл шаруашылығындағы күрделі тапсырмаларды орындауға арналған ЖИ және манипуляторлармен жабдықталған адам тәрізді роботтар A2 және Lingxi X1 ұсынды. Бұл роботтар жету қиын аймақтарда автономды түрде жұмыс істей алады. Оларды Қазақстанның рельефінің тегіс еместігі мен шалғай болуына байланысты қолжетімділігі шектеулі шөлді аймақтарда сексеуіл тұқымын жинауға перспективалы етеді. Ресейде белсенді түрде дамып келе жатқан Swarm робототехникасы, бір уақытта бірнеше бұтадан тұқым жинау сияқты жаппай тапсырмаларды орындау үшін ЖИ арқылы үйлестірілген мини-дрондар топтарын пайдалануды қамтиды. Бұл тәсіл үлкен аумақтарда сексеуіл тұқымын жинаудың жылдамдығы мен қамтылуын жақсартуы мүмкін, дегенмен оның шөл жағдайында тиімділігі әлі зерттелмеген. Робототехникада кеңінен қолданылатын күшейтілген оқыту (RL) роботтар мен дрондардың траекторияларын оңтайландырады. Ол энергия шығынын азайту және дәлдікті арттыру арқылы тұқым жинау процесін жақсартуға мүмкіндік береді. 2024 жылы Қазақстандағы Ақпараттық және есептеу технологиялары институты 2024-2029 жылдарға арналған ЖИ-ны дамыту тұжырымдамасы аясында ұлттық үлкен тіл үлгісін (LLM) әзірлеуді бастады [13]. Бұл модель қоршаған ортаны қорғау деректерін талдау, сенсорлық ақпаратты біріктіру және сексеуіл тұқымын жинаудың автоматтандырылған жүйелерін басқару үшін де қолдануға болады. Дегенмен оны ормандарды молықтыруға арнайы пайдалану одан әрі дамытуды қажет етеді (Сурет 2).



Сурет 2 – ЖИ, ҰҰА және IoT технологияларының ауыл шаруашылығында қолданылу үлесі

Диаграмма көрсеткендей, ең көп қолданылатын технология – IoT сенсорлары (41%), одан кейін ЖИ (32%) және ҰҰА (27%). Бұл сексеуіл тұқымын жинауда осы үш технологияны біріктіріп қолданудың тиімді екенін дәлелдейді.

Әлемдік тәжірибе сексеуіл ормандарын қалпына келтіруге ұқсас міндеттер үшін қарастырылатын технологиялардың әлеуетін растайды. Қытайда ЖИ және спутниктік мониторинг топырақ пен өсімдік деректерін талдау арқылы жасылдандыру үшін учаскелерді таңдау процесін жақсартты. Бұл Қазақстанда сексеуіл егуді оңтайландыруға жарамды. АҚШ-та IoT смарт суару жүйелері құрғақ аймақтарда суды үнемдеуге мүмкіндік берді [14]. Аталған жүйе Арал өңірі сияқты жауын-шашын тапшылығы бар аймақтар үшін маңызды. Түркіменстанда гидрогельді қолдану шөлді жағдайларда өсімдіктердің тіршілігін арттырды [6]. Яғни, еліміздің ұқсас жергілікті топырақ ерекшеліктерін ескере отырып, сексеуілге бейімдетуге болады. Кенияда қашықтықтан зондтау және жабыну әдісі топырақ эрозиясын сәтті азайтты [14]. Осыны тәжірбиені ескере отырып, сексеуіл дақылдарын желдің кернеуінен қорғауға мақсатында пайдалануға болады. Австралияда дәл тұқым себетін дрондар үлкен аумақтардағы ормандарды қалпына келтіруді жылдамдатты [10], сексеуілді отырғызуды жеделдету мақсатына жету үшін Қазақстанда осыған ұқсас тәсілді қолдану мүмкіндігі бар [15]. Қазақстандық жобалар, мысалы, «Цифрлық Қазақстанның» бөлігі ретінде KazEOSat [13] пайдалану, қазірдің өзінде ЖИ және робототехникамен интеграция арқылы кеңейтілуі мүмкін жер мен өсімдіктер мониторингі үшін негіз құруда. Дегенмен, сексеуілге осы технологияларды қолдану бойынша нақты зерттеулердің болмауы олардың жергілікті жағдайларда тиімділігін бағалау үшін пилоттық жобалардың қажеттілігін көрсетеді.

Қазақстан жағдайында перспективалы робот түрлері

Қазақстанның шөл және шөлейт аймақтарына бейімделген ең тиімді робот түрлері мыналар:

- 1) Гуманоид роботтар (мысалы, AgiBot A2, Lingxi X1)
 - адамның қол еңбегін алмастыра алады;
 - бұта құрылымына соқпай, дәл әрекет етеді;
 - жету қиын аймақтарда жұмыс істей алады.
- 2) Мобильді робот платформалары (вездеходтар)
 - құмды, тастақты және бұдырлы жерлерде жоғары өтімділікке ие;
 - энергия тұтынуы төмен;
 - кең аумақта тұқым жинауға жарамды.
- 3) Үйірлік роботтар (swarm robotics)
 - ондаған мини-дрон бір уақытта жұмыс істей алады;
 - тұқым жинау жылдамдығы бірнеше есе артады;
 - ҰҰА тобы дербес үйлесімді қозғала алады.

Бұл робот түрлері Қазақстанның климатына, жел режиміне және жер бедеріне ең тиімді шешім болып табылады.

ЖИ, ҰҰА және IoT қолданатын автоматтандыру тұқым жинау өнімділігін айтарлықтай жақсарта алады. Сондай-ақ, Арал ауданын жасылдандыруды жеделдеуі мүмкін. Бірақ, бұл технологияларды сексеуілге қолданудың нақты нәтижелері Қазақстанда тәжірибелік сынақтарды жүргізу керек (1-кесте).

Кесте 1 – Сексеуіл тұқымын жинау және топырақ дайындау технологиялары

Технология	Қолданылуы	Артықшылықтары
Қашықтан зондтау	Экожүйелер мен топырақтардың мониторингі	Кең қамту
Гиперспектральды бейнелеу	Тұқымның және топырақтың жетілуін бағалау	Жоғары дәлдік
Терең оқу	Классификация және болжау	Жоғары дәлдік
ҰҰА	Тұқымдарды жинау және себу	Жоғары дәлдік
IoT және гидрогель	Ылғалдылықты оңтайландыру	Суды үнемдеу
Жабыну	Эрозияның алдын алу	Суды қорғау

Қорытынды

Әдебиеттерге шолу спутниктік мәліметтерді, ЖИ және робототехниканы пайдаланатын ақылды егіншіліктің Қазақстандағы сексеуіл ормандарын қалпына келтірудің жоғары әлеуеті бар екенін растайды. Дәстүрлі тұқым жинау әдістері тиімсіз, сондықтан автоматтандыру қажет. Спутниктік мониторинг (KazEOSat, Sentinel-2) және тереңдетіп оқыту топырақ пен өсімдік жағдайын нақты талдауға, егіс алаңдарын таңдауды оңтайландыруға мүмкіндік береді. ҰҰА тұқым себуди тездетеді. Ал IoT жүйелері мен гидрогель өсімдіктердің, әсіресе құрғақ аймақтарда өмір сүруін арттырады. Бұл технологияларды кешенді қолдану ормандарды қалпына келтіру тиімділігін айтарлықтай арттырып, шөлейттенумен күресуге көмектеседі.

Робототехника мен ЖИ саласындағы заманауи әзірлемелер сексеуіл тұқымын жинауды автоматтандырудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Бірақ, олардың Қазақстан жағдайларына бейімделуі қосымша зерттеулерді қажет. Гуманоидтық роботтар мен үйір роботтары процестің тиімділігін арттырса, ал күшейтілген оқыту және үлкен тіл үлгілері деректерді басқару мен талдауды жақсартады (2-кесте).

Кесте 2 – Тұқым жинаудың перспективалық технологиялары

Технология	Қолданылуы	Артықшылықтары
Гуманоид роботтар	Қол жету қиын жерлерде тұқым жинау	Дербестік, дәлдік
Үйір робототехникасы	Тұқымды жаппай жинау	Жоғары дәлдік
Оқытуды күшейту	Робот траекторияларын оңтайландыру	Тиімділік, үнемдеу
Үлкен тіл үлгілері	Деректерді талдау және басқару	деректерді біріктіру

Әлемдік тәжірибе осы технологияларды экожүйені қалпына келтіруде табысты қолдануды көрсетеді (3-кесте): Қытайда спутниктік мониторинг және ЖИ, АҚШ-та IoT суару шешімдері, Түркіменстанда гидрогель, Кенияда мульчирование және Австралияда дрондар. Қазақстанда қазірдің өзінде «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы және KazEOSat қолдану арқылы инновацияларды енгізуге негіз бар.

Кесте 3 – Технологияларды қолданудың әлемдік тәжірибесі

Ел	Технология	Қолдану сипаттамасы	Нәтижесі
Қытай	Топырақты талдауға арналған ЖИ	Жерсеріктік деректерді талдау және егіс үшін оңтайлы учаскелерді таңдау үшін ИИ пайдалану	Себу үшін учаскелерді таңдау тиімділігін арттыру.
АҚШ	IoT және ақылды суару	Құрғақ аймақтарда IoT және ЖИ көмегімен суаруды автоматтандыру	Су шығынын 25% -ға төмендету және өнімділікті арттыру.
Австралия	Ағаш отырғызуға арналған дрондар	Тозған аймақтарда дрондардың көмегімен ағаштар отырғызу.	90% дәлдікпен күніне 100 000-ға дейін тұқым себілді.
Кения	Спутниктік мониторинг	Жер жағдайын бағалау және қалпына келтіруді жоспарлау үшін спутниктік деректерді пайдалану.	Жерді қалпына келтіру мониторингі мен басқаруды жетілдіру.

Технологиялардың қолдану мүмкіндігін бағалау үшін спутниктік деректерді, ҰҚА, IoT және робототехниканы сынауды қамтитын пилоттық жобалар (2025-2026) қажет. Олардың сәтті бейімделуі сексеуіл ормандарын қалпына келтіруді және аридті аймақтардың тұрақты дамуын айтарлықтай жылдамдата алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Informburo.kz. Саксаул в Казахстане: спасение пустынь. – 2019. – URL: <https://informburo.kz/stati/saksaul-v-kazahstane-spasenie-pustyn>.
2. Kitzes J. Shrinkage of the human ecological footprint / J. Kitzes // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 105, № 36. – P. 13151-13156. <https://doi.org/10.1073/pnas.0711440105>.
3. FAO. Global agriculture towards 2050. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf.
4. Комитет лесного хозяйства РК. Отчёт о незаконной вырубке саксаула. – 2019. <https://www.gov.kz/memleket/entities/les?lang=ru> (официальный сайт, точный отчёт требует запроса).
5. Informburo.kz. Саксаул в Казахстане: спасение пустынь. – 2019. <https://informburo.kz/stati/saksaul-v-kazahstane-spasenie-pustyn>.
6. Zhang Y. Smart irrigation systems using IoT and machine learning / Y. Zhang // Agricultural Water Management. – 2021. – Vol. 245. – P. 106543. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106543>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377420305435>
7. Kamilaris A. Deep learning in agriculture: A survey / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917313736>.
8. Gebbers R. Precision agriculture and food security / R. Gebbers, V.I. Adamchuk // Science. – 2010. – Vol. 327, № 5967. – P. 828-831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1183899>.
9. Wang X. Desertification control and restoration of degraded lands / X. Wang, Y. Zhang, Z. Chen // Journal of Arid Environments. – 2019. – Vol. 163. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.12.001>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196318306839>.
10. Fannon E. Drone-based reforestation and its potential for carbon sequestration / E. Fannon // Environmental Research Letters. – 2020. – Vol. 15, № 12. – P. 124025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5f1>. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abc5f1>.
11. Le Cun Y. Convolutional networks for images, speech, and time series / Y. Le Cun, Y. Bengio // The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. – 1995. – P. 255-258. <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-bengio-95a.pdf>.
12. Mwangi E. Remote sensing for land degradation assessment and monitoring in Kenya / E. Mwangi // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2018. – Vol. 10. – P. 1-10.

- <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938517300991>.
13. Primeminister.kz. Цифровой Казахстан: новые возможности для развития. – 2023. <https://primeminister.kz/ru/news/tsifrovoy-kazahstan-novye-vozmozhnosti-dlya-razvitiya>.
 14. Mwangi E. Remote sensing for land degradation assessment and monitoring in Kenya / E. Mwangi // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2018. – Vol. 10. – P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938517300991>.
 15. Tyagi A.C. Towards a second green revolution / A.C. Tyagi // Irrigation and Drainage. – 2016. – Vol. 65, № 4. – P. 388-389. <https://doi.org/10.1002/ird.2056>.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2056>.
 16. Teke A. A survey of machine learning techniques for remote sensing image classification / A. Teke // Journal of Applied Remote Sensing. – 2013. – Vol. 7, № 1. – P. 073595. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.073595>.
<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-7/issue-1/073595/Survey-of-machine-learning-techniques-for-remote-sensing-image-classification/10.1117/1.JRS.7.073595.full>.
 17. Старостин Я. Интеллектуальная система управления сельскохозяйственными роботами / Я. Старостин, С.А. Давыдова, А.В. Йешин // CyberLeninka. – 2020. <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-upravleniya-selskohozyaystvennymi-robotami>.
 18. Kamilaris A. Deep learning in agriculture: A survey / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917313736>.
 19. Bastiaanssen W.G. Remote sensing for irrigated agriculture: Examples from research and possible applications / W.G. Bastiaanssen // Agricultural Water Management. – 2000. – Vol. 46, № 2. – P. 137-155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00080-9). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377400000809>.
 20. Liaghat S. A review: The role of remote sensing in precision agriculture / S. Liaghat, S.K. Balasundram // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. – 2010. – Vol. 5, № 1. – P. 50-55. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2010.50.55>. <https://thescipub.com/abstract/10.3844/ajabssp.2010.50.55>.

References

1. Informburo.kz. Saksaul v Kazakhstane: spasenie pustyn'. – 2019. – URL: <https://informburo.kz/stati/saksaul-v-kazahstane-spasenie-pustyn>. (In Russian).
2. Kitze J. Shrinkage of the human ecological footprint / J. Kitze // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 105, № 36. – P. 13151-13156. <https://doi.org/10.1073/pnas.0711440105>. (In English).
3. FAO. Global agriculture towards 2050. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf. (In English).
4. Komitet lesnogo khozyaistva RK. Otchet o nezakonnoi vyrubke saksaula. – 2019. <https://www.gov.kz/memleket/entities/les?lang=ru> (ofitsial'nyi sait, tochnyi otchet trebuetsya zapros). (In Russian).
5. Informburo.kz. Saksaul v Kazakhstane: spasenie pustyn'. – 2019. <https://informburo.kz/stati/saksaul-v-kazahstane-spasenie-pustyn>. (In Russian).
6. Zhang Y. Smart irrigation systems using IoT and machine learning / Y. Zhang // Agricultural Water Management. – 2021. – Vol. 245. – P. 106543. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106543>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377420305435>. (In English).
7. Kamilaris A. Deep learning in agriculture: A survey / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>. (In English). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917313736>.

8. Gebbers R. Precision agriculture and food security / R. Gebbers, V.I. Adamchuk // Science. – 2010. – Vol. 327, № 5967. – P. 828-831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1183899>. (In English).
9. Wang X. Desertification control and restoration of degraded lands / X. Wang, Y. Zhang, Z. Chen // Journal of Arid Environments. – 2019. – Vol. 163. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.12.001>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196318306839>. (In English).
10. Fannon E. Drone-based reforestation and its potential for carbon sequestration / E. Fannon // Environmental Research Letters. – 2020. – Vol. 15, № 12. – P. 124025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5f1>. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abc5f1>. (In English).
11. Le Cun Y. Convolutional networks for images, speech, and time series / Y. Le Cun, Y. Bengio // The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. – 1995. – P. 255-258. <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-bengio-95a.pdf>. (In English).
12. Mwangi E. Remote sensing for land degradation assessment and monitoring in Kenya / E. Mwangi // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2018. – Vol. 10. – P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938517300991>. (In English).
13. Primeminister.kz. Tsifrovoy Kazakhstan: novye vozmozhnosti dlya razvitiya. – 2023. <https://primeminister.kz/ru/news/tsifrovoy-kazahstan-novye-vozmozhnosti-dlya-razvitiya>. (In English).
14. Mwangi E. Remote sensing for land degradation assessment and monitoring in Kenya / E. Mwangi // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2018. – Vol. 10. – P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938517300991>. (In English).
15. Tyagi A.C. Towards a second green revolution / A.C. Tyagi // Irrigation and Drainage. – 2016. – Vol. 65, № 4. – P. 388-389. <https://doi.org/10.1002/ird.2056>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2056>. (In English).
16. Teke A. A survey of machine learning techniques for remote sensing image classification / A. Teke // Journal of Applied Remote Sensing. – 2013. – Vol. 7, № 1. – P. 073595. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.073595>. <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-7/issue-1/073595/Survey-of-machine-learning-techniques-for-remote-sensing-image-classification/10.1117/1.JRS.7.073595.full>. (In English).
17. Starostin YA. Intelktual'naya sistema upravleniya sel'skokhozyaistvennymi robotami / YA. Starostin, S.A. Davydova, A.V. Ieshin // CyberLeninka. – 2020. <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-upravleniya-selskohozyaystvennymi-robotami>. (In Russian).
18. Kamilaris A. Deep learning in agriculture: A survey / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 147. – P. 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169917313736>. (In English).
19. Bastiaanssen W.G. Remote sensing for irrigated agriculture: Examples from research and possible applications / W.G. Bastiaanssen // Agricultural Water Management. – 2000. – Vol. 46, № 2. – P. 137-155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00080-9). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377400000809>. (In English).
20. Liaghat S. A review: The role of remote sensing in precision agriculture / S. Liaghat, S.K. Balasundram // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. – 2010. – Vol. 5, № 1. – P. 50-55. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2010.50.55>. <https://thescipub.com/abstract/10.3844/ajabssp.2010.50.55>. (In English).

Д.С. Буданов*, А. Ж. Тойғожинова
АЛТ Университет им. М. Тынышпаева,
Республика Казахстан, Алматы
*e-mail: budanov.darhan@bk.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА СЕМЯН САКСАУЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Казахстан борется с проблемой опустынивания и деградации земель, особенно в южных регионах и Приаралье, где ежегодное распространение около 150 миллионов тонн соли вызывает нарушение экологического равновесия. Одним из основных растений, играющих важную роль в закреплении почвенного слоя, является саксаул, площадь которого составляет более 6 млн гектаров. Однако традиционные методы сбора его семян недостаточно эффективны, что замедляет процесс восстановления лесов.

Целью данного исследования является анализ научных работ, направленных на разработку автоматизированного механизма уборки семян саксаула с использованием современных технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), удаленный мониторинг и робототехника. При анализе учитывался потенциал спутниковой информации (KazEOSat, Sentinel), методов глубокого обучения (CNN, Random Forest), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), систем Интернета вещей (IoT) и инновационных решений.

Результаты исследования показывают, что внедрение современных технологий позволяет повысить производительность лесовосстановительных мероприятий и повысить жизнеспособность растений. Кроме того, эти подходы могут внести значительный вклад в устойчивое озеленение региона Аральского моря. Однако необходимы дополнительные исследования для обеспечения их адаптации к природно-климатическим условиям Казахстана.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, сельское хозяйство, семена саксаула, автоматизация, сбор семян.

D.S. Budanov*, A. Zh. Toygozhinova
Mukhamedzhan Tynyshbayev ALT University,
Republic of Kazakhstan, Almaty
*e-mail: budanov.darhan@bk.ru

AUTOMATING THE COLLECTION OF SAXAUL SEEDS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Kazakhstan is struggling with the problem of desertification and land degradation, especially in the southern regions and the Aral Sea region, where the annual release of about 150 million tons of salt is causing an ecological imbalance. One of the main plants that plays an important role in soil stabilization is saxaul, which covers an area of more than 6 million hectares. However, traditional methods of collecting its seeds are not effective enough, which slows down the process of restoring forests.

The purpose of this study is to analyze scientific works aimed at developing an automated mechanism for collecting saxaul seeds using modern technologies, such as artificial intelligence (AI), remote sensing and robotics. The analysis considered the potential of satellite information (KazEOSat, Sentinel), deep learning methods (CNN, Random Forest), unmanned aerial vehicles (UAV), Internet of Things (IoT) systems and innovative solutions.

The results of the study show that the introduction of modern technologies allows to increase the productivity of forest restoration measures and enhance the viability of plants. Moreover, these approaches can make a significant contribution to sustainable greening of the Aral Sea region. However, further research is needed to ensure their adaptation to the natural and climatic conditions of Kazakhstan.

Key words: Artificial intelligence, agriculture, seed saving, automation, seed collection.

Авторлар туралы мәліметтер

Дархан Серікболұлы Буданов * – «Электр энергиясы жүйелері» мамандығы бойынша докторант, Автоматтандыру және басқару факультеті, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы ALT Университеті, Алматы қаласы, Қазақстан; e-mail: budanov.darhan@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4551-0916>.

Айнур Жумахановна Тойғожинова – Директор ИЭиЦТ, Ассистент профессор, PhD, Автоматтандыру және басқару факультеті, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы ALT Университеті, Алматы қаласы, Қазақстан; e-mail: a.toigozhinova@alt.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0305-2776>.

Сведения об авторах

Дархан Серикболулы Буданов* – докторант по специальности «Электроэнергетические системы», Факультет автоматизация и управление, АЛТ Университет им. М.Тынышпаева, Алматы қаласы, Казахстан; e-mail: budanov.darhan@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4551-0916>.

Айнур Жумахановна Тойгожинова – Директор ИЭиЦТ, Ассистент профессор, PhD, Факультет автоматизация и управление, АЛТ Университет им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан; e-mail: a.toigozhinova@alt.edu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0305-2776>.

Information about the authors

Darkhan Serikboluly Budanov* – PhD student in the specialty «Electric Power Systems», Faculty of Automation and Control, ALT University named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; e-mail: budanov.darhan@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4551-0916>.

Ainur Zhumakhanovna Toigozhinova – Director of the Institute of Economics and Technology, Assistant Professor, PhD, Faculty of Automation and Control, ALT University named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; e-mail: a.toigozhinova@alt.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0305-2776>.

Редакцияға енуі 19.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 18.11.2025

Жариялауға қабылданды 19.11.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-19)

IRSTI: 20.51.19



G. Abisheva*, Sh. Razakhova¹, B. Smailova², T. Aidynov¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University,

10000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev Street, 2

²Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20A Glinka Street

*e-mail: gulsipat.abisheva@gmail.com

MODERN METHODS FOR DETECTING RAILWAY TRACK DEFECTS

Annotation: Railways remain an essential part of modern transportation, yet their safe functioning is often determined by the actual condition of the tracks. The study looks at various ways to detect faults in the rail infrastructure and splits them broadly into two categories: static and dynamic techniques. Different countries rely on different tools to monitor tracks, and this paper compares those tools based on practical factors like how precise they are, how much ground they cover, and how difficult or costly they are to operate. Rather than simply listing pros and cons, we try to show where each method works best. To make sense of the data, visuals like charts and summaries were added, making it easier to see where each approach fits. One part of the analysis pays special attention to how certain features of the railway - such as how wide the rails are or how much the outer rail is elevated – can influence the choice of inspection methods. Lately, there's been a shift toward smarter diagnostics. Technologies like AI, digital simulations of tracks (known as digital twins), and systems using many sensors at once are gaining ground. These tools are changing how track inspections are done and offer new opportunities for early problem detection. This paper doesn't just list methods – it gives a clear structure for understanding which approach fits what context. The outcomes can help transportation teams fine-tune how they take care of tracks and make the system more dependable in the long term.

Key words: railway inspection, static inspection methods, dynamic inspection methods, rail inspection train, rail monitoring, track diagnostics, smart diagnostics.

Introduction. Railways have long stood as a practical choice for moving people and goods, combining efficiency with cost-effectiveness. In places like France, China, and Japan, the growing emphasis on high-speed travel has changed the way rail systems are built and operated, pushing the limits of technology and reshaping infrastructure policy. However, faster trains bring new kinds of stress to the tracks they run on. Rails, wooden or concrete ties, the ballast beneath, and even the electrical systems above – all of these face repeated strain day in and day out. The pounding weight of trains causes small shifts, gradual weakening, and damage that may not always be visible at first glance. Often, it's the tiny faults that prove most dangerous. A minor crack or misalignment, if ignored, can develop into something far worse. For routes where trains move frequently or at high speed, routine inspection becomes essential. It's not just a matter of keeping trains on time – it's about catching the warning signs before they turn into major problems [1]. People working in the railway industry have long relied on inspections to spot problems before they turn serious. These checks can be done in two main ways – either when trains are parked or while they're actually running. Not that long ago, such work was mostly done by hand. It took a lot of effort, and mistakes weren't uncommon. But things have shifted. Rail operators are now turning to machines and smart technology to take over some of those responsibilities.