Жоба туралы қысқаша ақпарат

Жоба аты	Жасанды интеллект негізінде фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуатын қысқа және ұзақ мерзімді болжаудың дәлдігін арттыру
Жоба өзектілігі	Жоба күн радиациясын болжау дәлдігін арттыру және фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін, сенімділігін әрі экономикалық тиімділігін жақсарту қабілетіне байланысты, әсіресе шалғай және энергия ресурстары шектеулі аймақтар үшін өзекті.
Жоба мақсаты	Жобаның мақсаты – сымсыз IoT желісі, бұлттылықты тану, күн радиациясының спектрі мен қуатын болжаудың жаңа әдісі негізінде жасанды интеллектті қолдана отырып, фотоэлектрлік жүйелердің генерациясын қысқа және ұзақ мерзімді болжаудың дәлдігін арттыру.
Жоба міндеттері	1. Деректерді жинау және нейрондық желіні оқыту үшін сымсыз IoT жүйесінің аппараттық бөлігін әзірлеу. 2. Ізделетін аймақта бұлттылық дәрежесін, бұлт түрін және ашық аспан индексін болжауға арналған нейрондық желіні оқыту үшін деректер жинау мақсатында сымсыз IoT жүйесінің бағдарламалық бөлігін әзірлеу. 3. Бұлт түрін және бұлттылық дәрежесін тануға арналған нейрондық желі моделін оқыту үшін деректерді жинау, өңдеу және талдау. 4. Толқын ұзындығы мен интенсивтілік бойынша спектрді өңдеудің жаңа әдісін қолдана отырып, спектрді болжауға арналған нейрондық желі моделін оқыту үшін деректерді жинау, өңдеу және талдау. 5. IoT жүйесі арқылы бір жыл бойы күн радиациясы мен бұлттылық туралы деректерді жинау. 6. Бұлттылық пен спектр деректеріне негізделген, ізделетін аймақта күн радиациясын қысқа мерзімді болжауға арналған жасанды интеллект жүйесін әзірлеу. 7. Алынған жасанды интеллект жүйесінің жұмысын жылдың үшінші және төртінші тоқсандарында тестілеу. 8. Алынған жасанды интеллект жүйесінің жұмысын жылдың бірінші және екінші тоқсандарында тестілеу. 9. Ізделетін аймақта күн радиациясын ұзақ мерзімді болжауға арналған нейрондық желіні оқыту. 10. Қысқа және ұзақ мерзімді болжау нәтижелеріне негізделе отырып, фотоэлектрлік жүйелер эмуляторы арқылы фотоэлектрлік жүйелердің генерациясын есептеу.
Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер	1. IoT жүйесінің аппараттық бөлігі әзірленді, оған датчиктер, ақпаратты беру құралдары және деректерді өңдеу құрылғылары кіреді. Әрбір элемент бір-бірімен байланысқан және деректерді біріктіріп, оларды серверге параллель түрде жіберу мақсатында

	есептеу құрылғыларына қосылған. 2. Сымсыз IoT жүйесінің бағдарламалық бөлігі әзірленді, ол бұлттылық дәрежесін, бұлт түрін болжауға және ашық аспан индексін анықтауға қабілетті нейрондық желіні оқыту үшін деректер жинауға арналған. Деректер жинау екі ағын бойынша жүргізіледі: камерадан алынған суреттер және сенсорлардан алынған деректер. Деректер файлдарына күн радиациясы, температура және ылғалдылық өлшемдері кіреді, олар BME280 және пиранометр сияқты құрылғылар арқылы жиналды. 3. Жалпы деректер базасы негізінде оқыту жиынтығы құрылды. Деректер IoT жүйесі арқылы қашықтан серверге жіберу арқылы жиналды. 4. Алынған деректер негізінде оқыту жиынтығы құрылды. Деректер IoT жүйесі арқылы серверге қашықтан жіберілді. Күн радиациясының спектрін болжау үшін деректерді жинау, өңдеу және талдау жүргізілді. Спектрді өлшеу үшін Hamamatsu C12880MA микроспектрометрі қолданылды. Деректерді сақтау және қолжетімділігін қамтамасыз ету үшін rclone утилитасы пайдаланылды. Сенсорлардан алынған деректер әр 20 секунд сайын мәтіндік файлдарға жазылды. Процесс crontab арқылы автоматтандырылды: деректерді жинау және серверге жіберуге жауапты скрипттер Raspberry Pi іске қосылған кезде автоматты түрде іске қосылып, күні бойы үздіксіз жұмыс істеді. 5. Raspberry Pi 4 негізінде сымсыз IoT жүйесінің бағдарламалық бөлігі әзірленді, ол өлшеу құрылғылары мен камералардан деректерді әр минут сайын автоматты түрде жинап, метеорологиялық параметрлерді болжауға арналған нейрондық желі үшін оқыту жиынтығын қалыптастырады. Жүйе толық автономды режимде жұмыс істейді және атмосфера күйі мен күн радиациясының сипаттамаларын тәулік бойы үздіксіз бақылайды. Өлшеу кешеніне температура, атмосфералық қысым, ылғалдылық, жел жылдамдығы мен бағыты датчиктері, сондай-ақ күн радиациясының спектрлік сипаттамалары мен қарқындылығын бағалауға арналған фотоэлектрлік сенсор мен пиргеометр кіреді. Сонымен қатар, бұлттылықты визуалды бақылау модулі іске асырылды: кең бұрышты камера аспан суреттерін әр минут сайын түсіреді (2592×1944 пиксель, орташа файл көлемі ~568 КБ). Бір тәулікте шамамен 720 сурет (~500 МБ), ал апта сайын бұлттық сақтауға шамамен 5 ГБ дерек жиналады. Сонымен қатар сенсор көрсеткіштері қатар жазылып, деректердің синхрондылығы мен толықтығы қамтамасыз етіледі. Жинақталған деректер жиыны жыл бойғы бақылауды қамтиды және әртүрлі ауа райы жағдайларын (ашық аспан, тұман, жауын-

	шашын, өзгермелі бұлттылық) қамтиды, бұл жасанды интеллект модельдерін тиімді оқытуға мүмкіндік береді. 6. Қысқа мерзімді (1, 5, 10 және 15 минут) күн радиациясын болжау модельдері әзірленіп, оқытылды. Бұл үшін XGBoost, RNN, GRU және LSTM сияқты машиналық және терең оқыту әдістері қолданылды. 1 минуттық болжам үшін спектрлік белгілерді қолданатын GRU моделі (GRU Rad) ең жақсы нәтижелер көрсетті (MSE = 0.000557, MAE = 0.017776, R^2 = 0.993291). 5 минуттық интервал үшін LSTM (R^2 = 0.9906), ал 10 және 15 минут үшін GRU (R^2 = 0.9913 және 0.9949) ең тиімді болды. Спектрлік деректерді қолдану барлық модельдердің дәлдігін айтарлықтай арттырды. 7. Қысқа мерзімді болжау дәлдігін арттыру мақсатында нейрондық желілердің параметрлері кешенді түрде оңтайландырылды. Бұл модель архитектурасын (нейрондар саны, активация функциялары, регуляризация, оқыту жылдамдығы, оптимизация алгоритмдері) баптауды қамтыды. Нақты уақыттағы деректер ескеріліп, модельдердің бейімделгіштігі арттырылды. Сонымен қатар адаптивті оқыту жылдамдығы, кросс-валидация, ерте тоқтату және деректерді кеңейту әдістері қолданылды. Нәтижесінде орташа абсолюттік қате 10, 15, 30 минут, 1 сағат және 2 сағат үшін тиісінше 51.58, 51.44, 64.49, 76.23 және 124.99 Вт/м² болды. 8. Жасанды интеллект жүйесі бірінші және екінші тоқсандарда бақылау деректері және нақты уақыт режимінде тестіленеді. Сондай-ақ жаңа деректер негізінде модельдерді қосымша баптау жүргізіледі. 9. 5-міндетте алынған деректер негізінде ұзақ мерзімді (апта, ай, жыл) болжауға арналған нейрондық желі оқытылып, оңтайландырылады. 10. 7, 8 және 9-міндеттерде болжамдар негізінде фотоэлектрлік жүйелер эмуляторы арқылы күн электр станцияларының модельдеуі жүргізіледі. Әртүрлі қуаттағы жүйелер үшін әртүрлі ауа райы жағдайларындағы энергия өндіру тәуелділіктері анықталады.
Зерттеу тобы мүшелерінің аты-жөні, идентификаторлары (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, бар болса) және сәйкес профильдерге сілтемелер	1. Құттыбай Нұржігіт Бақытұлы Scopus ID: 57196375521, ORCID: 0000-0002-5723-6642 2. Саймбетов Ахмет Куанышбаевич Scopus ID: 58529450500, ORCID: 0000-0003-3442-8550 3. Нұрғалиев Мадияр Кәменұлы Scopus ID: 57202335235, ORCID 0000-0002-6795-5384 4. Досымбетова Гулбахар Базарбаевна Scopus ID: 57202334195, ORCID: 0000-0002-3935-7213 5. Жоламанов Батырбек Нұрыллаұлы Scopus ID: 57258537000, ORCID: 0000-0001-8206-7425 6. Қошқарбай Нұрсұлтан Жалғасұлы Scopus ID: 57257861100, ORCID: 0009-0004-2334-3249

	7. Әлмен Динара Бақытжанқызы Scopus ID: 58837948600, ORCID: 0009-0000-8527-4921 8. Болатбек Асхат Бауыржанұлы Scopus ID: 59194889700, ORCID: 0009-0004-7613-5507 9. Орынбасар Саят Оразханұлы Scopus ID: 58028274600, ORCID: 0009-0001-9124-2560 10. Каппарова Айнұр Аралбайқызы Scopus ID: 58028607300, ORCID: 0009-0008-8348-902X 11. Бүркіт Шынғысхан Ақылбекұлы 12. Валиев Багратион Мусратович
Қолдану	Жоба климаттық жағдайларды ескере отырып электрлік параметрлерді болжау арқылы күн электр станцияларының рентабельділігін бағалауды жақсартып, оларды күтіп-ұстау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Жоба талдау дәлдігінің жоғары болуымен (99%-ға дейін), ұзақ мерзімді болжамдардың тиімділігімен, деректерді нақты уақыт режимінде өңдеуімен және төмен энергия тұтынуымен қолданыстағы ұқсас шешімдерден асып түседі, бұл шалғай аймақтар үшін ерекше маңызды.
Жарияланымдар тізімі (URL, DOI көрсетілген)	1. Kuttybay, N., Mekhilef, S., Koshkarbay, N., Saymbetov, A., Nurgaliyev, M., Dosymbetova, G., ... & Bolatbek, A. (2024). Assessment of solar tracking systems: A comprehensive review. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 68, 103879. https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103879 Scopus percentile – 92, SJR 1.566, Web of Science – Q1, Impact Factor 6.9. 2. Koshkarbay, N., Mekhilef, S., Saymbetov, A., Kuttybay, N., Nurgaliyev, M., Dosymbetova, G., ... & Bolatbek, A. (2024). Adaptive control systems for dual axis tracker using clear sky index and output power forecasting based on ML in overcast weather conditions. Energy and AI, 18, 100432. https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100432 Scopus percentile – 96, SJR 2.160, Web of Science – Q1, Impact Factor 9.6. 3. Н.Б. Құттыбай, О. Б. Байболов. Статистический анализ контроллеров заряда для различных фотоэлектрических систем. Вестник КазУТБ. – 2025. - №2 (27). С. 1-11. https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-764 4. Н.Б. Құттыбай, Б.С. Иманбаев, Э. П. Ершов, Н. Ж. Қошқарбай. Разработка автоматизированной метеостанции для мониторинга климатических параметров. Вестник КазАТК. – 2025. № 3 (138). С. 371-380. DOI 10.52167/1609-1817-2025-138-3-371-380 5. Н.Б. Құттыбай, А.К. Сейтжанова, Э. П. Ершов, Н.

	Ж. Қошқарбай, Б.Н. Жоламанов. Разработка IoT-системы для мониторинга окружающей среды с использованием облачных технологий. Труды университета. – 2026. (Принят для публикаций в 2025 году)
Патент туралы ақпарат	Пайдалы модельге патент №10890: Фотоэлектрлік қондырғыларды оңтайландыруға арналған метеорологиялық параметрлерді өлшеу жүйесі. Патент иесі: Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті». Өтінім беру күні: 07.03.2025.