«8D06201 Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа (мақалалар сериясы)

АҢДАТПА

ҚОШҚАРБАЙ НҰРСҰЛТАН ЖАЛҒАСҰЛЫ

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕНІҢ ШЫҒЫС ҚУАТЫН БОЛЖАУ АРҚЫЛЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Диссертациялық жұмыс (мақалалар сериясы) фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын болжауда жасанды интелект және интелектуалды алгоритмдерді қолдану арқылы оңтайландыру және тиімділігін арттыруды зерттеуге арналған. Фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуатын жоғары дәлдікпен болжау оларды күн трекерімен интеграциялау жәнеде интелектуалды алгоритмдерді қолдану оның әлеуетін толықтай қолдануға мүмкіндік береді.

Тақырыптың өзектілігі.

Зерттеудің өзектілігі фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуатын болжауға негізделген басқару алгоритмдерін қажеттілігімен айқындалады, бұл олардың тиімділігін арттыруға, шығындарды азайтуға және тұрақты энергетикалық жүйеге сенімді интеграцияны қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Күн панельдерінің және оған қажет түрлендіргіштердің айтарлықтай жетістіктеріне қарамастан, фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігі бірқатар факторлармен шектеледі: күн радиациясының тұрақсыздығы, ауа-райының әсері, ішінара көлеңкеленудің болуы және жүктемелердің тұрақсыздығы. Күн қондырғыларын шығыс қуатын болжау мен басқарудың дәстүрлі әдістері тез өзгеретін сәулелену жағдайларына жеткілікті бейімделмеген және нәтижесінде бұлтты ауа-райында тиімділіктің төмендігін көрсетеді.

Фотоэлектрлік қондырғыларды басқаруда, болжауда және оңтайландыруда жасанды интеллектті қолдану олардың тиімділігі мен сенімділігін арттырудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Машиналық оқыту алгоритмдері күн радиациясының динамикасын, ауа-райы жағдайларын және жүйенің техникалық жағдайын ескеретін үлкен деректер жиынтығына негізделген электр энергиясын өндіруді жоғары дәлдікпен талдауға және болжауға ғана емес, сонымен қатар күн трекерін басқару стратегияларының жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Бұл қол жетімді күн энергиясын барынша пайдалануды, шығындарды азайтуды және фотоэлектрлік жүйелердің жалпы өнімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

Фотоэлектрлік жүйенің максималды қуат нүктесінде жұмыс істей алмауы оның әлеуетін толық пайдалануға және олардың жалпы энергия тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Осы себепті фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттырудың маңызды бағыты жетілдірілген интеллектуалды

максималды қуат нүктесін бақылау (МҚНБ) алгоритмдерге негізделген басқаруды жүзеге асыру болып табылады.

МҚНБ-дың дәстүрлі әдістері, мысалы, ауытқу және бақылау (P&O) немесе инкременттік өткізгіштік (IncCond) әдістері кеңінен қолданылғанымен, олардың тиімділігі шектеулі: жұмыс нүктесін іздеу жылдамдығы төмен және ауа райының тез өзгеруі немесе күн панельдерінің жартылай көлеңкеленуі жағдайында қателіктерге әкеледі. Ал мультиагенттік әдіске негізделген интеллектуалды МҚНБ алгоритмдері өзгермелі ортаға бейімделу қабілетінің арқасында жоғары түрлендіру тиімділігін қамтамасыз етіп, оңтайлы жұмыс нүктесін іздеу уақытын қысқартады және бірнеше агенттердің өзара әрекеттесуін пайдалана отырып, жаһандық оптимумға қол жеткізеді. Агенттер негізінде жұмыс жасайтын интеллектуалды МҚНБ алгоритмдер максималды қуат нүктесін дәстүрлі әдістерге қарағанда жылдамырақ таба алады және түрлендіру тиімділігі жоғары болады, себебі олар ортаның өзгермелі жағдайына бейімделіп, оңтайлы шешімді іздеуде көп агенттің өзара әрекеттесу мүмкіндігін пайдаланады.

Сондықтан интеллектуалды басқаруға негізделген МҚНБ контроллері алгоритмдерін жетілдіру күн энергетикасының маңыздылығын арттырудың және энергия шығындарын азайтудың негізгі факторларының бірі болып табылады.

Жұмыстың мақсаты.

Фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын интелектуалды алгоритмдерді пайдалану және жасанды интеллект негізінде болжау арқылы оңтайландыру және тиімділігін арттыру.

Зерттеудің міндеттері

Жұмыстың мақсатына жету үшін келесі міндеттер орындалу қажет:

1. Бұлтты күндері жасанды интеллектті пайдалана отырып, көлденең бағытталған панельдермен, бір осьті және екі осьті күн трекерлерімен жабдықталған фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуатын болжау, оның дәлдігін эксперименттік түрде тексеру, сондай-ақ адаптивті басқаруы бар күн трекерінің шығыс қуатын зерттеп, оны аталған жүйелердің нәтижелерімен салыстыру.

2. Фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын көбейту үшін интеллектуалды оңтайландыру алгоритмдерін пайдалана отырып, МҚНБ контроллерін зерттеу, тәжірибе жасау және басқа алгоритмдермен салыстыру.

3. Фотоэлектрлік жүйенің сенімділігін арттыру үшін жүктеменің өзгеріс режимінде фотоэлектрлік жүйенің максималды қуат нүктесін табу алгоритмін зерттеу.

Зерттеу әдісі.

- LSTM, GRU, XGBoost және 1D-CNN машиналық оқыту алгоритмдері арқылы фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын болжау.
- Әртүрлі жартылай көлеңкелену жағдайларын модельдеу арқылы МҚНБ контроллері үшін әлеуметтік өрмекшілер (Social spider optimization) оңтайландыру алгоритмінің бақылау уақытын және максималды қуат нүктесінің тиімділігін зерттеу.

• Жүктеме өзгерісін модельдеу арқылы МҚНБ контроллері үшін Heavy ball оңтайландыру алгоритмінің бақылау уақытын және максималды қуат нүктесінің тиімділігін зерттеу.

Зерттеудің нысаны

Интеллектуалды адаптивті күн бақылау жүйесі және МҚНБ контроллері;

Зерттеу пәні.

Фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуаты, машиналық оқыту алгоритмдері, болжау дәлдік көрсеткіші, адаптивті басқару бар күн трекері, метаэвристикалық алгоритмдер, фотоэлектрлік жүйенің вольт-амперлік сипаттамасы, жартылай көлеңкелену, фотоэлектрлік жүйенің жүктемесі.

Жұмыстың **ғылыми жаңалығы** бұл еңбекте алғаш рет:

1. Алматы қаласының климаттық аймағы үшін көлденең конфигурациялы фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуаты күн трекерлерінен жоғары болатын ашық аспан индексінің шекті мәні анықталды.

2. Жартылай көлеңкелену жағдайында МҚНБ контроллеріне арналған әлеуметтік өрмекшілер оңтайландыру (SSO) алгоритмі жақсартылды және баптауды жеңілдету үшін оның параметрлері оңтайландырылды.

3. МҚНБ контроллерлері үшін жүктеменің өзгерісінен туындайтын қателіктерді жою мақсатында Heavy Ball алгоритмі оңтайландырылып және қолданылды.

Қорғауға арналған негізгі тұжырымдар.

1. Бұлтты күндері ашық аспан индексін және жасанды интеллектке негізделген шығыс қуатын болжауды қолданатын интеллектуалды екі осьті күн трекері көлденең конфигурация, бір осьті және екі осьті күн трекерлеріне қарағанда сәйкесінше 18,3%, 14,9% және 10,01% жоғары энергия өндіреді.

2. Жақсартылған әлеуметтік өрмекшілер оңтайландыру (ISSO) негізіндегі максималды қуат нүктесін бақылау контроллері әртүрлі ауа райы жағдайында 99,8% тиімділікпен фотоэлектрлік жүйенің энергиясын түрлендіреді.

3. Фотоэлектрлік жүйенің жүктеме өзгеру режимінде, Heavy ball алгоритміне негізделген максималды қуат нүктесін бақылау контроллері 0,1 секундта максималды қуат нүктесін анықтайды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.

Осы ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелері бұлтты ауа райы жағдайында жұмыс істейтін екі осьтік трекерлер мен максималды қуат нүктесін бақылау контроллерлерімен жабдықталған фотоэлектрлік жүйелерді жобалау кезінде маңызды теориялық және практикалық маңызға ие. Алынған нәтижелер айнымалы бұлтты ауа райы бар аудандарда және жүктеменің кенет өзгеруі кезінде ірі фотоэлектрлік қондырғылардың жұмысын оңтайландыру және олардың сенімділігін арттыру үшін қолданылуы мүмкін.

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Алынған нәтижелердің сенімділігі халықаралық деректер қорларында индекстелген және импакт-факторы 4-тен жоғары шетелдік ғылыми

журналдардағы жарияланымдармен расталады. Эксперименттік зерттеулер әзірленген модель негізінде орындалған есептелген мәндермен алынған деректердің сәйкестігінің жоғары дәрежесін көрсетті.

Автордың жеке үлесі.

Автор Python бағдарламалау ортасында алынған деректерді өңдеп, машиналық оқыту алгоритмдерін пайдаланып, фотоэлектрлік жүйелердің шығыс қуатын болжау, Matlab ортасында ашық аспан индексі коэфицентін математикалық модельдеу, Matlab Simulink бағдарламасында әр түрлі көлеңкелеу жағдайын модельдеу, МҚНБ алгоритмін жасау және оңтайландыруды қоса алғанда, зерттеу жұмысының барлық бөлімдерін өз бетінше орындады. Тәжірбелік нәтижелер Chroma Solar Simulation құрылғысымен алынып, басқа алгоритмдермен салыстырылды. Алынған нәтижелерді талдау және тапсырмаларды құрастыру ғылыми жетекшілердің қатысуымен жүзеге асырылды.

Диссертациялық жұмыстың аппробациясы.

Диссертациялық жұмыста (мақалалар сериясы) алынған нәтижелер келесідей дерек көздерінде жарияланды:

Thomson Reuters және Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына кіретін басылымдарда жарияланған мақалалар:

1. Koshkarbay N., Mekhilef S., Saymbetov A., Kuttybay N., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. 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. – 2024. – Т. 18. – Б. 100432. **WOS: IF 9.6, Q1; Scopus: CiteScore 16.5, Процентиль: 96%** **https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100432**

2. Koshkarbay N., Mohammed K. K., Mekhilef S., Kuttybay N., Almen D., Saymbetov A., Nurgaliyev M. Improved MPPT technology for PV systems using Social Spider optimization (SSO): Efficient handling of partial shading and load variations //Electric Power Systems Research. – 2025. – Т. 247. – Б. 111822. **WOS: IF 4.2, Q2; Scopus: CiteScore 8.2, Процентиль: 84%** **https://doi.org/10.1016/j.epsr.2025.111822**

3. Kuttybay N., Mekhilef S., **Koshkarbay N.,** Saymbetov A., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. Assessment of solar tracking systems: A comprehensive review //Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2024. – Т. 68. – Б. 103879. **WOS: IF 7, Q2; Scopus: CiteScore 17.3, Процентиль: 95%** **https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103879**

Пайдалы модельге патент

1. Құттыбай Н.Б., **Қошқарбай Н.Ж.**, Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Жоламанов Б.Н., Орынбасар С.О., Болатбек А.Б., Әлмен Д.Б., Система измерения метеорологических параметров для оптимизации фотоэлектрических установок, Пайдалы модельге патент №10890, Қазақстан Республикасы. Өтініш беруші және патентке иелік етуші әл-Фараби атындағы ҚазҰУ. 07.03.2025 жыл, №10890

ҚР ҒжЖБМ ҒЖБСҚҚЕК ұсынған журналдардағы ғылыми мақалалар

1. Құттыбай Н.Б., Кусаин М.А., **Қошқарбай Н.Ж.**, Айтбекова Ш.Б., Есен Б.Е., Повышение эффективности фотоэлектрических систем с использованием солнечных трекеров, Вестник Торайгыров университета. Энергетическая серия (автоматизация,автоматизированные и информационныесистемы). – 2023. – № 4. С. 214-226. https://doi.org/10.48081/ZUNP4311

2. Құттыбай Н.Б., Аманжол Ә.А., **Қошқарбай Н.Ж.**, Жоламанов Б.Н., Сейтжанова А.К., Разработка системы слежения за солнцем на основе технологии Интернета вещей (IoT), Вестник КазНПУ. Серия «Физико-математические науки» (автоматизация, автоматизированные и информационные системы). – 2024. – № 2 (86). С. 211-221. https://doi.org/10.51889/2959-5894.2024.86.2.020

3. Құттыбай Н.Б., Айтбекова Ш.Б., **Қошқарбай Н.Ж.**, Болатбек А.Б., Жоламанов Б.Н., Прогнозирование выходной мощности фотоэлектрической системы на основе нейронных сетей, Вестник КазУТБ. Информационно-коммуникационные технологии. – 2024. №1 (22). С. 84-96. https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.22-255

4. Құттыбай Н.Б., Есен Б.Е., **Қошқарбай Н.Ж.**, Жоламанов Б.Н., Болатбек А.Б., Разработка эффективного контроллера отслеживания точки максимальной мощности для фотоэлектрической системы, Труды университета. Раздел «Автоматика. Энергетика. ИКТ». – 2024. – №1 (94). С. 499 – 507. DOI 10.52209/1609-1825_2024_1_499

5. Құттыбай Н.Б., Иманбаев Б.С. Ершов Э.П., **Қошқарбай Н.Ж.**, Разработка автоматизированной метеостанции для мониторинга климатических параметров, Вестник КазАТК. Автоматизация, телемеханика, связь, компьютерные науки. – 2025. – №3 (138). DOI 10.52167/1609-1817-2025-138-3