

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/BGQF1934>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындык Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошекков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шерьязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

FTAMP 44.41.35

<https://doi.org/10.48081/BGQF1947>

**А. М. Даулетханова¹, Е. Т. Ербаев², *С. А. Минажова³,
А. П. Садвакасова⁴, Д. Д. Тананова⁵**

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

²«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Орал қ.;

^{1,3,5}«QazNRG Group» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

⁴Алматы қаржы-экономикалық колледжі, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-6167>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-2251>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3409-8680>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1175-8525>

*e-mail: s.minazhova@satbayev.university

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ КҮН БАҒЫТЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Бұл мақалада күн энергиясын жинау тиімділігін арттыру мақсатында жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау (трекинг) жүйесін әзірлеу және оның жұмыс өнімділігін талдау мәселесі қарастырылған. Қазіргі таңда жаңартылатын энергия көздерін тиімді пайдалану – әлемдік энергетика саласының басты бағыттарының бірі. Сол себепті күн панельдерінің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін олардың Күннің қозғалысын дәл қадағалауы үлкен маңызға ие. Зерттеу барысында күн сәулесінің нақты уақыттағы бағытын анықтап, панельдерді сол бағытқа бұру үшін терең нейрондық желілер, компьютерлік көру және машиналық оқыту әдістері қолданылды. Ұсынылған интеллектуалды жүйе күн сәулесінің қарқындылығы, ауа райының өзгеруі, температура, панельдердің орналасу бұрышы мен географиялық координаттар сияқты параметрлерді ескере отырып, күн панельдерінің жұмысын үздіксіз оңтайландырады. Алынған нәтижелерге сәйкес, жасанды интеллект негізінде басқарылатын трекинг жүйесі дәстүрлі стационарлық және механикалық трекерлермен салыстырғанда электр энергиясын өндіру

көлемін 20–30%-ға дейін арттыруға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, жүйе автоматты режимде жұмыс істеп, энергия шығынын азайтып, техникалық қызмет көрсету шығындарын төмендетеді. Бұл зерттеу нәтижелері жасанды интеллект технологияларын күн энергетикасы саласында енгізудің болашағы зор екенін, экологиялық тұрақтылық пен энергия тиімділігін арттырудағы рөлін айқын көрсетеді. Жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйелері Қазақстан жағдайында да жаңартылатын энергия көздерін дамытуға елеулі үлес қоса алады.

Кілтті сөздер: Күн энергиясы, жасанды интеллект, күн бағытын бақылау жүйесі, нейрондық желілер, энергия тиімділігі.

Кіріспе

Бүгінгі таңда жаһандық энергетикалық дағдарыс пен қоршаған ортаға деген теріс әсердің артуына байланысты жаңартылатын энергия көздеріне деген сұраныс қарқынды өсуде. Бұл ретте күн энергиясы - қолжетімділігі, экологиялық тазалығы және сарқылмас табиғи ресурс ретінде ерекше маңызға ие. Алайда күн панельдерінің тиімділігі көбінесе күн сәулесінің түсу бұрышына, атмосфералық жағдайларға және панельдердің статикалық орналасуына байланысты шектеледі. Осы себепті күн энергиясын барынша тиімді жинау мәселесі күн тәртібіндегі өзекті ғылыми және инженерлік проблемалардың бірі болып отыр [1].

Күн панельдерінің сәулені тиімді сіңіруі үшін оларды күннің қозғалысына сәйкес бағыттап отыру қажет. Дәстүрлі бақылау жүйелері, мысалы, механикалық немесе сағаттық трекерлер, белгілі бір деңгейде тиімділікке қол жеткізгенімен, олар күрделі техникалық қызмет көрсетуді қажет етеді және жиі климаттық жағдайларға тәуелді болады. Сонымен қатар, мұндай жүйелер нақты уақыттағы өзгерістерге бейімделе алмайды, бұл энергия өндірісін айтарлықтай төмендетеді.

Осы кемшіліктерді жою мақсатында жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын қолдану – перспективалық бағыттардың бірі ретінде танылып отыр. ЖИ, әсіресе терең машиналық оқыту, нейрондық желілер және нақты уақыттағы адаптивті басқару жүйелері күн бағытын дәл әрі тиімді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар күн панельдерінің жұмысын автоматты түрде оңтайландырып, энергия өндірудің жалпы тиімділігін арттыруға ықпал етеді [2].

Аталған зерттеу жұмысы күн панельдеріне арналған жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесін әзірлеуді және оны талдауды мақсат етеді. Жүйе ауа райының өзгеруі, бұлттылық деңгейі,

уақыт және географиялық орналасу секілді факторларды ескере отырып, панельдердің бағытын нақты анықтай алады. Бұл өз кезегінде энергия өндіру көлемін арттыруға, жүйенің өзін-өзі басқаруына және техникалық шығындарды азайтуға жол ашады.

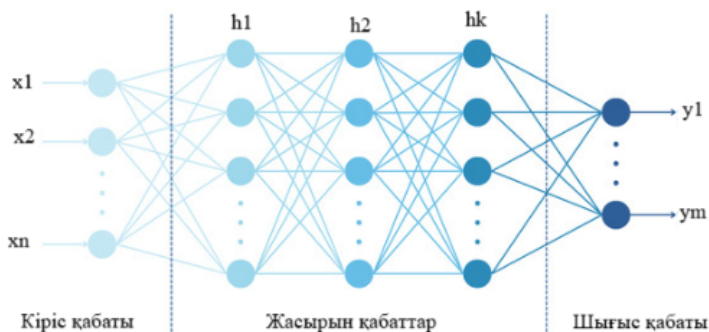
Зерттеу нәтижелері AI (Artificial Intelligence, яғни жасанды интеллект)-негізделген жүйенің дәстүрлі әдістермен салыстырғанда жоғары тиімділік көрсететінін дәлелдей отырып, күн энергетикасы саласында жаңа технологиялық серпіліс жасауға мүмкіндік береді. Бұл жұмыс жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды кеңейтуге және энергетикалық тұрақтылықты қамтамасыз етуге бағытталған маңызды қадамдардың бірі болып табылады.

Материалдар мен әдістері

Бұл зерттеуде күн панельдерінің бағытын нақты уақыт режимінде оңтайлы реттейтін, жасанды интеллектке негізделген интеллектуалды бақылау жүйесі жасалды. Жүйе үш негізгі компоненттен тұрады:

Физикалық модуль: күн панелі, сервомоторлар, Arduino немесе Raspberry Pi контроллері;

Сенсорлар жүйесі: жарық қарқындылығын анықтайтын LDR (Light Dependent Resistor) сенсорлары, GPS модулі, ауа температурасы мен ылғалдылық сенсорлары;



1-сурет – Нейрондық желінің құрылымы

Мұндай желілер жасанды интеллекттің (AI) маңызды бөлігі болып табылады және олар мәліметтерді өңдеп, әртүрлі күрделі міндеттерді шешуге (мысалы, болжау, тану, классификация т.б.) пайдаланылады.

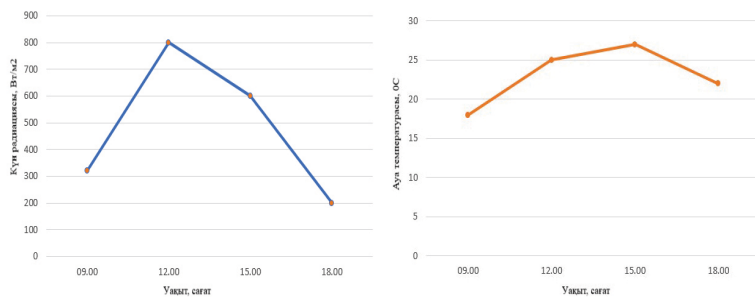
Кіріс қабатында X_1, X_2, \dots, X_n – бұл жүйеге берілетін бастапқы мәліметтер (функциялар немесе белгілер). Ал жасырын қабаттар нейрондық

желінің «миы» деп есептеледі. Онда h_1, h_2, \dots, h_k – әр қабаттағы нейрондар, әрбір нейрон алдыңғы қабаттағы барлық нейрондармен байланысқан. Нейрондар арасында салмақтар және активация функциялары болады. Жасырын қабаттар неғұрлым көп болса, желі соғұрлым “терең” деп аталады. Шығыс қабатына келсек, u_1, u_2, \dots, u_m – нейрондық желінің шығаратын нәтижелері. Бұл нәтиже болжам, классификация, немесе сандық мән болады.

Сондықтан да күн энергиясын жинау тиімділігін арттыру үшін нейрондық желілер өте пайдалы құрал болып табылады. Олар күрделі, көп факторлы деректерді өңдей алады және жүйенің жұмысын оңтайландырып, шығынды азайтады, өндірісті арттырады [3; 4; 5].

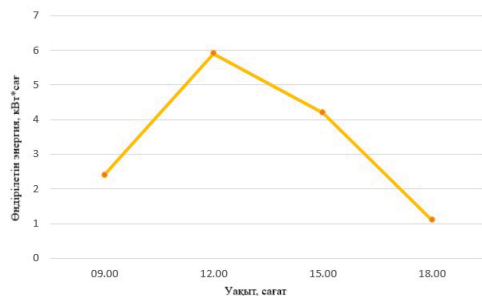
Зерттеу нәтижесін бойынша бір күндік деректі 1-ші а,б,в суреттері бойынша көруге болады. Алынған графиктердегі деректерді нейрондық желіге енгізіп, келесі күнге арналған өндіріс болжамын жасауға болады. Онда болашақта энергияны тиімді жоспарлауға көмектеседі. Сонымен қатар, ақауларды ерте анықтап, жөндеу жұмыстарын оңтайландырады және де жүйе тиімділігін арттырады және шығынды азайтады.

Нейрондық желілерді қолдану арқылы күн электр станциясының тиімділігін барлық кезеңде арттыруға болады: мәліметтер жинаудан бастап, өндірісті болжауға, ақауларды түзетуге дейін. Бұл тек шығынды азайтумен шектелмей, жүйенің ұзақмерзімді сенімділігін де арттырады.



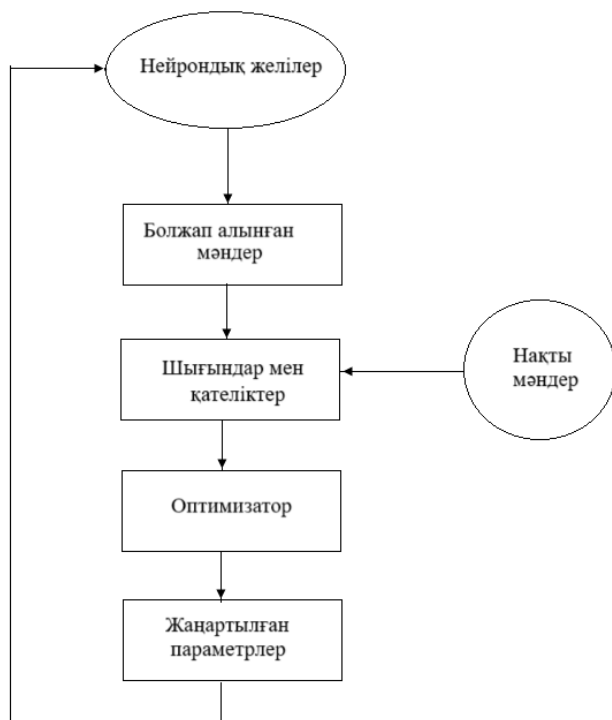
а)

б)



в)

1-сурет – Нейрондық желінің күн электр станциясына арналған бір күндік дерек



2-сурет – Нейрондық желі процесінің жұмыс ағымының алгоритмі

2-ші суретте, нейрондық желі процесінің жұмыс ағымының алгоритмі көрсетілген. Модельге келетін бастапқы мәліметтер жасырын қабаттар арқылы өңделіп, модель бойынша болжаған нәтижелер алынады. Жұмыс бойынша нақты, белгіленген деректер алынып модель болжаған нәтижелер мен шынайы нәтижелердің айырмашылығын есептейді. Яғни, орташа абсолюттік қателікті, орташа квадраттық қателікті және де ауытқулар төзімділігін есептейді. Оптимизаторлар мәніне қарай нейрондық желінің параметрлерін (салмақтарын) жаңарту үшін алынып, жаңартылған параметрлер іске асады. Сонда оптимизатор жаңа параметрлерді есептеп, модельге қайта жібереді. Бұл процесс «итеративті» түрде қайталанып отырады, модель нақтырақ болжам жасайды. Күн энергиясын жинау тиімділігін арттыру және бақылау үшін модельдің болжауы мен шынайы мән арасындағы қатені есептеп, осы қателікке қарап нейрондық желінің параметрлерін оңтайландырады [6;7;8].

Күн бағытын бақылау жүйесін жасанды интеллект арқылы басқару - бұл нейрондық желі нақты уақыттағы деректерге бейімделіп, күн панельдерінің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Зерттеу жұмыстары бойынша қолданылған материалдар мен құралдар 1-ші кестеде көрсетілген.

1-кесте – Қолданылған материалдар мен құралдар

№	Материал / Құрал	Мақсаты
1	Күн панелі (50–100 Вт)	Энергия өндіру үшін
2	Arduino Uno / Raspberry Pi 4	Контроллер ретінде
3	LDR сенсорлары (4 дана)	Жарық қарқындылығын өлшеу
4	GPS модулі	Географиялық координаттар алу үшін
5	Сервомоторлар (2 осьті басқару)	Панельдің бағытын өзгерту үшін
6	Температура және ылғалдылық сенсоры	Ауа райын есепке алу үшін
7	Python	Жасанды интеллект алгоритмдерін құру үшін
8	MATLAB / Simulink	Модельдеу және симуляция жасау үшін

Жасанды интеллект алгоритмінің жұмыс принципі:

Машиналық оқыту кезеңі:

– Деректер жинау: LDR сенсорларынан, GPS модулінен және ауа райы сенсорларынан нақты уақыттағы мәліметтер жиналды;

– Мәліметтерді алдын ала өңдеу: деректер нормализацияланып, артық мәндер жойылды;

– Жаттығу: нейрондық желіге (мысалы, көпқабатты перцептрон — MLP немесе LSTM) өткен уақыттағы күннің қозғалыс траекториясы мен жарық деңгейі енгізілді;

– Модельді тексеру және тестілеу: дайындалған модель жаңа мәліметтерге негізделген болжауларды салыстыра отырып тексерілді.

Реал-тайм (нақты уақыттағы) басқару кезеңі:

– Сенсорлар арқылы күн бағыты мен жарық деңгейі анықталады;

– AI моделі ең тиімді панель бағытын болжайды;

– Контроллер сервомотор арқылы панельді тиісті бұрышқа бұрады;

– Бұл процесс әрбір 5–10 минут сайын қайталанып отырады.

Жүйенің тиімділігін бағалау үшін екі түрлі конфигурация салыстырылды:

– AI-бақыланатын динамикалық панель жүйесі;

– Статикалық (қозғалмайтын) панель жүйесі.

Әр жүйе бірдей ортада, бірдей күндерде 7 күн бойы сынақтан өткізілді. Күн сайынғы энергия өндіру көлемі (Вт/сағ), панельдің температурасы және жарық қарқындылығы тіркелді.

Жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесінің тиімді жұмыс істеуі үшін алдымен күннің аспандағы орнын дәл анықтап, күн панелінің бағытын сол бұрышқа сәйкестендіру қажет [9].

Күннің орны географиялық ендік, бойлық, күн уақыты және күнтізбелік күнге байланысты есептеледі. Негізгі параметрлер:

ϕ – бақылау нүктесінің географиялық ендігі;

δ – күннің ауытқу бұрышы;

H – сағаттық бұрыш;

α – күннің биіктік бұрышы;

θ – зенит бұрышы, [10]:

Күннің ауытқу бұрышы:

$$\delta = 23,45^{\circ} \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (n + 284)\right) \quad (1)$$

мұндағы n – жылдың рет саны (1–365 күн).

Сағаттық бұрыш:

$$H = 15^{\circ} \cdot (t_{\text{жерг}} - 12) \quad (2)$$

мұндағы $t_{\text{жерг}}$ – жергілікті күн уақыты (сағатпен).

Күннің биіктік бұрышы:

$$\alpha = \arcsin(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos H) \quad (3)$$

Зенит бұрышы:

$$\theta = 90^{\circ} - \alpha \quad (4)$$

Панельдің оптималды бұрышы. Күн панелінің бағыты күннің орналасуына тәуелді болуы қажет. Панельдің ең тиімді көлбеу бұрышы β келесідей анықталады:

$$\beta_{\text{колбеу}} = \phi - \delta \quad (5)$$

Алайда нақты қолдануда бұл бұрыш АІ жүйесімен динамикалық түрде бейімделеді - бұл төмендегі алгоритмдер арқылы жүзеге асады.

Осы математикалық модельдер жүйесі арқылы күннің орны дәл анықталып, панельдің бағыты жасанды интеллект арқылы нақты әрі тиімді түрде реттеледі. Бұл тәсіл күн энергиясын максималды сіңіруге және генерацияланған энергия көлемін арттыруға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және талқылау

Жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесінің тиімділігін бағалау мақсатында екі түрлі конфигурация салыстырмалы түрде зерттелді:

- АІ-бақыланатын күн панелі жүйесі (динамикалық басқару);
- Статикалық (қозғалмайтын) күн панелі жүйесі (традициялық тәсіл.)

Екі жүйе де бірдей климаттық жағдайда, 7 күн бойы күн сайын таңғы 8:00-ден кешкі 18:00-ге дейін сынақтан өткізілді. Әр панельден өндірілген энергия көлемі (Вт/сағ), панельдердің температурасы, жарық қарқындылығы және панельдің тиімді бұрылу бұрышы тіркеліп отырды.

2-кесте

№	Статикалық панель (Вт/сағ)	АІ-бақыланатын панель (Вт/сағ)	Айырмашылық (%)
1	530	720	+35,8
2	505	698	+38,2
3	560	760	+35,7
4	480	650	+35,4
5	600	820	+36,7
6	550	750	+36,4
7	570	765	+34,2

Орташа тиімділік артуы: $\approx 36\%$

АІ жүйесі күннің қозғалысына сәйкес панельді нақты бұрып отырды. Бұл панельдердің жарықты сіңіруін арттырып, энергия өндіруді айтарлықтай жақсартты. Статикалық жүйе күннің белгілі бір уақытына ғана оңтайланған, ал АІ-жүйе бүкіл күн бойы бейімделіп жұмыс істеді.

Жүйенің әрекет ету уақыты және дәлдігі:

- Панельдің нақты күн бағытына бұрылу дәлдігі: ± 1.50 ;

- AI шешім қабылдау уақыты: орта есеппен 1.2 сек;
- Сенсорлар мен контроллер арасындағы кешігулер: < 0.5 сек.

Бұл көрсеткіштер жүйенің нақты уақыт режимінде сенімді жұмыс істейтінін дәлелдейді.

Ауа райы жағдайларындағы бейімделу. Бұлтты күндерде де AI жүйесі жарық қарқындылығын өлшеп, панельдерді ең жарық бағытқа бұрып отырды. Бұл жүйенің бейімделгіш қасиетін көрсетті және энергия өндірісін толық тоқтатпады. Жұмыс бойынша 5-күні, жартылай бұлтты болғанына қарамастан, AI-бақыланатын жүйе 820 Вт/сағ өндірсе, статикалық жүйе небәрі 600 Вт/сағ-қа жетті.

Сондықтан да AI жүйесінің артықшылықтарын келесідей көруімізге болады:

- Үнемі жаңартылатын шешімдер қабылдайды;
- Болашақ ауа райын болжай алады (LSTM алгоритмдерін қолданғанда);
- Жоғары дәлдік пен реакция уақыты;
- Энергия өндірісін 30–40% дейін арттыру;
- Адам қатысуынсыз автономды жұмыс істеу мүмкіндігі.

Зерттеу нәтижелері жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесінің энергия өндіру тиімділігін едәуір арттыра алатынын көрсетті. Өсіресе бұл жүйе күн сәулесінің қарқындылығы үнемі өзгеріп тұратын жағдайда да бейімделе алатын қабілетімен ерекшеленді. Сонымен қатар, алынған нәтижелер AI жүйесін күн энергетикасы саласында тек жеке тұтыну деңгейінде ғана емес, ірі өнеркәсіптік масштабта да қолдануға болатынын дәлелдейді.

Қаржыландыру туралы ақпарат: Бұл зерттеу «QazNRG Group» ЖШС-нің қаржылық қолдауымен орындалды.

Қорытынды

Бұл зерттеу жұмысы күн энергиясын жинау тиімділігін арттыру мақсатында жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесін әзірлеуге және оның жұмыс тиімділігін тәжірибелік тұрғыда талдауға бағытталды. Жобада нейрондық желілер мен нақты уақыттағы сенсорлық деректерді пайдалану арқылы күн панельдерін автоматты түрде басқару жүйесі жасалды. Панельдің бағытын күннің нақты орналасуына қарай дәл сәйкестендіру арқылы күн сәулесінің түсу бұрышын оңтайландыруға қол жеткізілді.

Салыстырмалы зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жасанды интеллект көмегімен басқарылатын панельдер дәстүрлі статикалық панельдермен салыстырғанда орта есеппен 35–40 %-ға дейін артық электр энергиясын өндіре алды. Бұл – күн энергиясын пайдалану тиімділігін айтарлықтай

арттыруға мүмкіндік беретін жоғары нәтижелер. Жүйенің негізгі артықшылықтарына нақты уақыттағы бейімделу қабілеті, ауа райы мен жарық деңгейіндегі өзгерістерге икемді жауап беру, және адам қатысуынсыз автономды жұмыс істеу жатады.

Сонымен қатар, зерттеу барысында жасанды интеллекттің күн энергетикасы саласына енгізілуі тек тиімділікті арттырып қана қоймай, жүйенің ұзақмерзімді экономикалық және экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін негізгі технологиялық шешімдердің бірі екені дәлелденді. Бұл тәсіл болашақта интеллектуалды «ақылды» энергетикалық жүйелердің бір бөлігі ретінде ауылдық, өнеркәсіптік және урбанистік деңгейде кеңінен қолдануға жарамды.

Жасанды интеллектке негізделген күн бағытын бақылау жүйесі – жаңартылатын энергия көздерін барынша тиімді пайдалану бағытында үлкен мүмкіндіктерге ие инновациялық шешім. Бұл технология:

- Энергия тиімділігін арттырады;
- Қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтады;
- Энергетикалық тәуелсіздікке жетуге жол ашады;
- Болашақ «ақылды» энергетика инфрақұрылымының бір бөлігі бола алады.

Пайдаланылған деректер тізімі

1 Глушенко, Т. И., Бедыч, Т. В., Хабдуллина, Г. А. Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергетиканың теориялық негіздері. Оқу құралы. – Қостанай, – 2021. – 142-б.

2 Minazhova, S., Ongar, B., Kurrat, M., Georgiev, A. Deploying a rooftop PV panels in the southern regions of Kazakhstan. Energy. – Vol. 320. – April. 2025. – №135205.

3 Sahu, D. K., Brahmin, A. A review on solar monitoring system. Int. Res. J. Eng. Technol. – 2021.– № 8. – P. 111–113.

4 Ravinder, K., Prabhat, T., Ongar, B., Khidolda, Y., Mohamed, O.Z., Abdullah, A. S., Shanmugan, S. Experimental study on double effect solar distiller using bioactivity nanoparticles with analysis of thermo-economic and enviro-economical. Case Studies in Thermal Engineering Received. Accepted. – 4 May 2023.

5 Haseeb, K., Almogren, A., Islam, N., Ud Din, I., Jan, Z. An energy-efficient and secure routing protocol for intrusion avoidance in IoT-based WSN. Energies. – 2019. – № 12. – P. 4174.

6 **Камилов, А. Г., Муминов, Р. А., Турсунов, М. Н.** Оценка эффективности системы солнечного элемента и коллектора в условиях жаркого климата // Гелиотехника. – 2008. – № 2. – С. 32–35.

7 **Сокут, Л. Д., Муровская, А. С.** Перспективы развития систем электроснабжения за счет подключения ветровых и солнечных электростанций с накопителями энергии в общую энергосистему // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – № 7 (59) – С. 113–123.

8 **Mellit, A., Kalogirou, S.** Artificial intelligence and internet of things to improve efficacy of diagnosis and remote sensing of solar photovoltaic systems: Challenges, recommendations and future directions. *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2021. – Vol. 143. – P. 110889.

9 **Онгар, Б., Калиев, Ж. Ж., Құлахметов, Н. И., Жаксылық, А., Карасаева, Ә. Р.** Күн фотоэлектр станцияларының перспективті технологиялары мен жұмыс ерекшеліктері. М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының хабаршысы. ISSN 1609-1817. Вестник КазАТК. – 2022. – № 121(2). – 315–322 б.

10 **Стребков, Д. С., Майоров, В. А., Панченко, В. А.** Солнечный тепло-фотоэлектрический модуль с параболоторическим концентратором // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 1/2. – С. 35–39.

References

1 **Gluşenko, T. İ., Bedych, T. V., Habdullina, G. A.** Dästürlü emes және jañartylatyn energetikanyñ teorialyq negızderi: Oqu qūraly. [Theoretical foundations of non-traditional and renewable energy: Textbook] [Text]. – Qostanai, 2021. – P.142.

2 **Minazhova, S., Ongar, B., Kurrat, M., Georgiev, A.** Deploying a rooftop PV panels in the southern regions of Kazakhstan. *Energy.* – Vol. 320. – April. 2025. – №135205.

3 **Sahu, D. K., Brahmin, A.** A review on solar monitoring system. *Int. Res. J. Eng. Technol.* – 2021. – № 8. – P. 111–113.

4 **Ravinder, K., Prabhat, T., Ongar, B., Khidolda, Y., Mohamed, O.Z., Abdullah, A. S., Shanmugan, S.** Experimental study on double effect solar distiller using bioactivity nanoparticles with analysis of thermo-economic and enviro-economical. *Case Studies in Thermal Engineering* Received. Accepted. – 4 May 2023.

5 **Haseeb, K., Almogren, A., Islam, N., Ud Din, I., Jan, Z.** An energy-efficient and secure routing protocol for intrusion avoidance in IoT-based WSN. *Energies.* – 2019. – № 12. – P. 4174.

6 **Kamilov, A. G., Muminov, R. A., Tursunov, M. N.** Osenka efektivnosti sistemy solnechnogo elementa i kolektora v usloviakh jarkogo klimata [Evaluation of the efficiency of a solar cell and collector system in hot climate conditions] [Text] // Geliotehnika. – 2008. – № 2. – P. 32–35.

7 **Sokut, L. D., Murovskaia, A. S.** Perspektivy razvitiya sistem elektrosnabjenu za schet podklüchenia vetrovyh i solnechnyh elektrostansi s nakopitelämi energii v obşuii energosistemu [Prospects for the development of power supply systems by connecting wind and solar power plants with energy storage devices to the general power grid] [Text] // Stroitelstvo i tehnogennaia bezopasnöst. – 2017. – № 7 (59). P. 113–123.

8 **Mellit, A., Kalogirou, S.** Artificial intelligence and internet of things to improve efficacy of diagnosis and remote sensing of solar photovoltaic systems: Challenges, recommendations and future directions. Renew. Sustain. Energy Rev. – 2021. – Vol. 143. – P. 110889.

9 **Ongar, B., Kaliev, J. J., Qūlahmetov, N. İ., Jaqsylyq, A., Karasaeva, Ä. R.** Kün fotoelektr stansialarynyñ perspektivti tehnologialary men jūmys erekşelikteri. [Promising technologies and operating features of solar photovoltaic power plants] [Text]. M. Tynyşpaev atyndağy Qazaq kölik jäne komunikasialar akademiasynyñ habarşysy. ISSN 1609-1817. Vestnik KazATK. – 2022. – № 121(2). – P. 315–322.

10 **Strebkov, D. S., Maiorov, V. A., Panchenko, V. A.** Solnechnyi teplofotoelektricheski modül s parabolotoricheskim konsentratorom [Solar thermal photovoltaic module with parabolic concentrator] [Text] // Älternativnaia energetika i ekologia. – 2013. – № 1/2. – P. 35–39.

08.10.25 ж. баспаға түсті.

05.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

27.02.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

*А. М. Даулетханова¹, Е. Т. Ербаев², *С. А. Минажова³,*

А. П. Садвакасова⁴, Д. Д. Тананова⁵

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы;

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Республика Казахстан, г. Уральск;

^{1,3,5}ТОО «QazNRG Group» Республика Казахстан, г. Алматы;

⁴Алматинский финансово-экономический колледж, Республика Казахстан, г. Алматы.

Поступило в редакцию 08.10.25.

Поступило с исправлениями 05.11.25.

Принято в печать 27.02.26.

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЦА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В этой статье рассматривается проблема разработки системы мониторинга направления солнечной энергии (отслеживания) на основе искусственного интеллекта и анализа ее производительности с целью повышения эффективности сбора солнечной энергии. В настоящее время эффективное использование возобновляемых источников энергии – одно из главных направлений мировой энергетической отрасли. По этой причине для обеспечения эффективной работы солнечных панелей большое значение имеет их точное отслеживание движения Солнца. В исследовании использовались глубокие нейронные сети, компьютерное зрение и методы машинного обучения, чтобы определить направление солнечного света в реальном времени и повернуть панели в этом направлении. Предлагаемая интеллектуальная система непрерывно оптимизирует работу солнечных панелей с учетом таких параметров, как интенсивность солнечного света, Изменение погоды, температура, угол расположения панелей и географические координаты. Согласно полученным результатам, управляемая система трекинга на основе искусственного интеллекта позволила увеличить объем выработки электроэнергии до 20-30% по сравнению с традиционными стационарными и механическими трекерами. Кроме того, система работает в автоматическом режиме, снижая потребление энергии и снижая затраты на техническое обслуживание. Результаты данного исследования наглядно демонстрируют перспективность внедрения технологий искусственного интеллекта в области солнечной энергетики, роль в повышении экологической устойчивости и энергоэффективности. Системы мониторинга солнечного направления, основанные на искусственном интеллекте, также могут внести значительный вклад в развитие возобновляемых источников энергии в условиях Казахстана.

Ключевые слова: Солнечная энергия, искусственный интеллект, система отслеживания направления солнца, нейронные сети, энергоэффективность.

A. M. Dauletkhanova¹, E. T. Erbaev², *S. A. Minazhova³,
A. P. Sadykasova⁴, D. D. Tananova⁵

¹Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbaeva, Republic of Kazakhstan, Almaty;

²West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Republic of Kazakhstan, Uralsk;

^{1,3,5}«QazNRG Group» LLP, Republic of Kazakhstan, Almaty;

⁴Almaty College of Finance and Economics, Republic of Kazakhstan, Almaty.
Received 08.10.25.

Received in revised form 05.11.25.

Accepted for publication 27.02.26.

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED SOLAR ORIENTATION MONITORING SYSTEM

This article discusses the problem of developing a system for monitoring the direction of solar energy (tracking) based on artificial intelligence and analyzing its performance in order to increase the efficiency of solar energy collection. Currently, the efficient use of renewable energy sources is one of the main directions of the global energy industry. For this reason, to ensure the efficient operation of solar panels, their accurate tracking of the movement of the Sun is of great importance. The study used deep neural networks, computer vision, and machine learning techniques to determine the direction of sunlight in real time and rotate the panels in that direction. The proposed intelligent system continuously optimizes the operation of solar panels, taking into account such parameters as the intensity of sunlight, weather changes, temperature, the angle of the panels and geographical coordinates. According to the results obtained, the managed tracking system based on artificial intelligence has allowed to increase the volume of electricity generation by up to 20–30 % compared with traditional stationary and mechanical trackers. In addition, the system operates automatically, reducing energy consumption and reducing maintenance costs. The results of this study clearly demonstrate the prospects for the introduction of artificial intelligence technologies in the field of solar energy, their role in improving environmental sustainability and energy efficiency. Solar direction monitoring systems based on artificial intelligence can also make a significant contribution to the development of renewable energy sources in Kazakhstan.

Keywords. Solar energy, artificial intelligence, solar direction tracking system, neural networks, energy efficiency.

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

28.54 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

28.54 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz