

ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ САЛАСЫНДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІ ҚОЛДАНУ

Баймаханова З.А., техника ғылымдарының кандидаты

zina-1965@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9394-6790>

Бедебекова С.Н., 7M07155 – «Электр энергетикасы» БББ бойынша 2-курс магистранты

saltanatbedebekova@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0004-3584-9167>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Аңдатпа. Жасанды интеллект (ЖИ) технологиялары қазіргі таңда жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) тиімді пайдалануда маңызды рөл атқарып келеді. Әлемдік тәжірибеде, соның ішінде Қазақстанда да ЖИ қолдану бағыттары күн және жел энергиясын болжау, энергия өндіруді басқару, сондай-ақ электр желілерін тұрақтандыру сияқты салаларда кеңінен дамып жатыр. ЖИ негізінде жел жылдамдығын, күн радиациясының қарқындылығын және тұтыну көлемін нақты болжау мүмкіндігі артады. Мұндай дәл болжамдар ЖЭК нысандарын тиімді жоспарлауға, энергия теңгерімін сақтауға және жүйенің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ЖИ алгоритмдері энергия өндіру мен сақтау жүйелерін, сондай-ақ электр желісіндегі энергия ағындарын нақты уақыт режимінде оңтайландыра алады. Бұл өз кезегінде энергия шығындарын азайтып, жалпы тиімділікті арттырады. Қазақстан жағдайында ЖИ-ді енгізу елдің энергетикалық қауіпсіздігін күшейтіп, көміртексіз экономикаға көшу процесін жылдамдатуға ықпал етеді. Болашақта ЖИ мен ЖЭК интеграциясы энергия жүйесінің тұрақты дамуы мен экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі факторы болмақ. Сонымен бірге, жасанды интеллект көмегімен смарт-желілер мен автоматтандырылған бақылау жүйелерін дамыту энергия нарығын жаңа деңгейге көтереді. Мұндай инновациялық шешімдер энергия ресурстарын тиімді бөлуге, қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға және «жасыл» экономиканы қалыптастыруға серпін береді.

Тірек сөздер: Жаңартылатын энергия көздері, жасанды интеллект, экология, оңтайландыру, энергия шығыны.

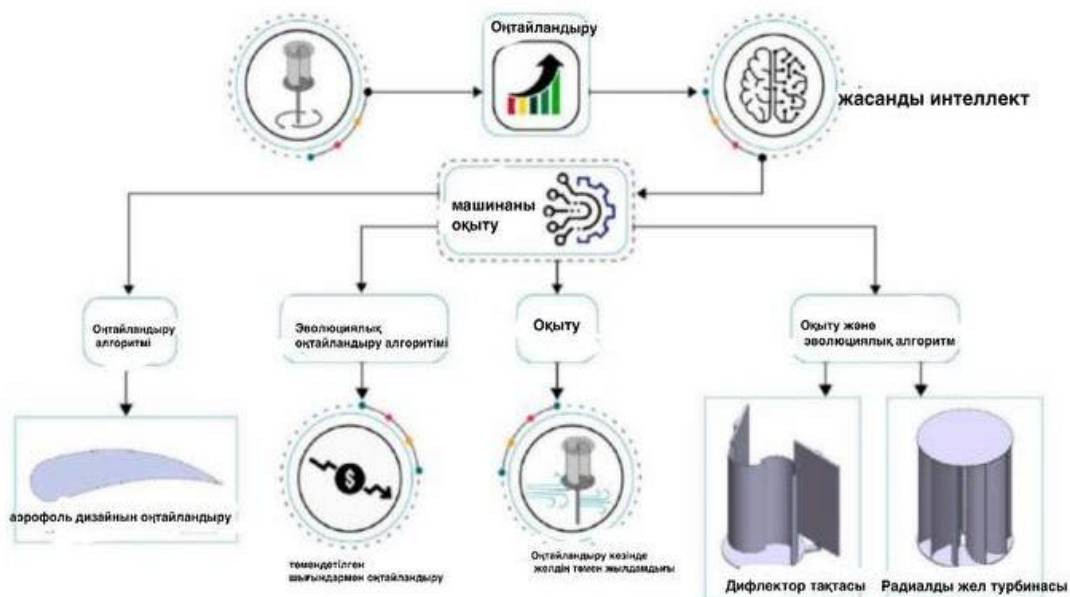
Кіріспе. Әлемдік экономика көміртегі бейтараптығына ұмтылып жатқан кезеңде, жаңартылатын энергия көздері энергетика саласының негізгі қозғаушы күшіне айналды. Алайда, жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) тұрақсыздығы және электр желілерін басқарудың күрделілігі сияқты мәселелерді тудырады. Осы мәселелерді шешуде және ЖЭК тиімділігін арттыруда жасанды интеллект (ЖИ) технологиялары маңызды рөл атқарады. Жаңадан пайда болған цифрландырылған құралдар жасанды интеллектті қолдануға негізделген, ол энергиямен жабдықтау, сауда және түпкілікті пайдалану тізбектері бойынша байланысты жақсартудың үздіксіз мүмкіндіктерін ұсынады.

Жасанды интеллекттің сенсорлардан алынған деректерді талдау арқылы жел турбиналарының немесе күн панельдерінің ерте ақауларын анықтайды, бұл жөндеу жұмыстарын уақытылы жүргізуге және тоқтап қалу уақытын азайтуға мүмкіндік береді. Энергияны сақтау жүйелерін басқару жасанды интеллект батареяларды зарядтау және зарядсыздандыру кестесін оңтайландырып, электр энергиясын арзан кезде сатып алып, қымбат кезде сату арқылы экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді [1].

Жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологияларының жаңартылатын энергия көздерінде қолданылу бағыттары көрсетілген (1-сурет). Негізгі мақсат – энергия өндіру тиімділігін арттыру және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету.

ЖИ көмегімен аэродинамикалық параметрлер зерттеліп, аэрофойл дизайнын оңтайландыру жүзеге асады. Бұл жел турбинасының тиімділігін арттырып, энергия шығынын азайтады. Машиналық оқыту арқылы турбинаның жұмыс жағдайларын талдау және оқыту алгоритмдері қолданылады. Бұл алгоритмдер турбинаның айналу жылдамдығын, жел бағытын және қуат өндіру деңгейін болжауға мүмкіндік береді. Эволюциялық әдістер арқылы энергия өндіру жүйелерінің параметрлері автоматты

түрде таңдалып, тиімді шешімдер қабылданады. Бұл тәсіл әсіресе турбинаның пішіні мен өлшемін, сондай-ақ ағын бағытын басқаруды жетілдіруге қолданылады. ЖИ негізінде жаңа инженерлік шешімдер әзірленеді, мысалы, диффлектор тақтасы мен радиалды жел турбиналарының құрылымы. Бұл элементтер ауа ағынын бағыттап, энергия өндіру процесін тұрақтандырады.



1-сурет – Тұрақты энергетика саласындағы жасанды интеллектті қолдану

Жасанды интеллект үйлер, кәсіпорындар, қайта зарядталатын батареялар, жаңартылатын энергия көздері, микрожелілер және электр желісінің өзі арасындағы энергия ағындарын басқару арқылы электр желілерін оңтайландыру үшін қолданылады. Бұл тұтынушылардың энергия тұтыну процесіне қатысуын арттыра отырып, энергия шығынын азайтады.

Жасанды интеллект сонымен қатар қауіпсіздікті, тиімділікті және сенімділікті арттыра алады. Жаңартылатын энергетикада жасанды интеллектті пайдаланудың негізгі міндеттерінің бірі-энергияны тұтынуды және көмірқышқыл газының шығарындыларын сандық бағалау және ақпараттың ашықтығын қамтамасыз ету. Тағы бір мәселе-деректердің жетіспеушілігі. Жасанды интеллект әдетте адам интеллектісі орындайтын тапсырмаларды орындауға қабілетті машиналар немесе бағдарламалар ретінде анықталады [2, 3]. Бұған есептеу, оқыту және жаңа жағдайларға бейімделу, өте үлкен деректер жиынтығын өңдеу, болжам жасау, барлығы машиналық оқыту мен терең оқытуға негізделген. Бұл модельдер көп қабатты нейрондық желілерге негізделген және деректерді абстракциялаудың жоғары деңгейлі ақпаратын ұсынуды үйрене алады.

Жасанды интеллекттің көптеген қосымшалары бар, олар машиналық оқыту әдістерін, алгоритмдерді және болжамды модельдерді қолдану арқылы ондаған миллиард доллар шығындарды үнемдей алады. Жасанды интеллект қосымшалары ауа-райы мен жұмыс жағдайларын болжау арқылы жабдықты толық пайдалануға көмектеседі, мысалы, ашық фотоэлектрлік бетке күннің ең жақсы экспозициясын, желдің бағыты мен қуатын және су электр энергиясын өндірудегі жауын-шашын индексін анықтау. Дегенмен, олар бүкіл тарату желісін оңтайландыру арқылы қалаларда тұратын тұтынушыларға қуат беруді басқаруға көмектесе алады.

Жаңартылатын энергия сарқылмайтын болса да, олардың үлкен кемшілігі бар: олар желдің күші мен күн сәулесінің кезеңдеріне байланысты өзгеріп отырады, бұл энергия тұрақсыз. Бұл тұрақсыз болғандықтан, ол желіні бұзуы мүмкін.

Жасанды интеллект желінің тұрақтылығы немесе желінің сенімділігі деп аталатын нәрсені дәлелдеуге үлес қоса алады, өйткені ол үздіксіз, нақты уақыт режимінде және секундтың бірнеше бөлігінде берілген электр энергиясының сапасын талдай алады. Мысалы, егер энергия көздері өзара байланысты және жасанды интеллектке жақындайтын ауыл болса барлығы жаңартылатын энергия көздеріне басымдық беруге және дизельдік генераторлар сияқты қазба отындарын пайдалануды азайтуға арналған. Жасанды интеллекттің энергия ағынын басқару деңгейінде көп көзді гибридік микро желіге деген қызығушылығын байқауға болады.

Жасанды интеллектті пайдалану трафикті оңтайландыру арқылы энергияны басқаруды жақсартады [4]. Мысалы, бұл өндірілетін энергияның үлесін ескере отырып, тұтыну шындарын болжауды жеңілдетеді. Шынында да, технологиялық даму Smart Grid жасанды интеллектін энергетика саласында пайдалануға мүмкіндік берді. Интеллектуалды желі жасанды интеллект саласындағы әртүрлі технологиялық шешімдермен жабдықталған. Бұл тұтынудың шыңы байқалса да, сұраныс пен ұсыныс арасында тепе-теңдік бар интеллектуалды желіні құру. Үйлерде ақылды есептегіштерді орнатудың арқасында нақты уақыт режимінде электр энергиясын тұтынуды бақылауға болады. Бұл деректер кәсіпқойларға жеке адамдар өндіретін таза энергияны біріктіре отырып, ең жоғары кезеңдерде энергия өндірісі мен таралуын болжауға мүмкіндік береді: бұл бүкіл желінің энергия тиімділігін арттыру үшін маңызды. Жасанды интеллект автономды энергетикалық микрожелілерді құруда маңызды рөл атқарады, бұл принцип біздің "электрлік" автономды ауыл желі турбинасы мен күн панельдерінен қуат алады. Автономия, ол сонымен қатар күн немесе желсіз бірнеше күн зарядталған батареялардың батареясын қамтиды. Дизель генераторы жұмыс істемей тұрғанда, бәрін оңтайландыру үшін жасанды интеллект қосу керек.

Зерттеу материалдары мен әдістері: Қазақстан – қазба отындарына (көмір) тәуелділігі жоғары ел, бірақ 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына жетуді мақсат етіп, ЖЭК-ті дамытуға баса мән беруде. 2021 жылғы деректер бойынша, Қазақстанның электр энергиясын өндірудегі үлесінің шамамен 60-70%-ы көмірге тиесілі, ал ЖЭК үлесі жалпы энергия өндірісінің 6-7%-ын құрайды (2023 жылдың қорытындысы бойынша шамамен 5.92% және 2025 ж. 1-ші жартыжылдығында 6.81%). Елде жел, күн және гидроэнергетика бойынша айтарлықтай әлеует бар. Мысалы, жел энергиясының әлеуеті – жылына 166 млрд квт*сағ, күн энергиясы – 920 млрд квт сағ-қа жетеді. Мақсаттар: 2030 жылға қарай жэк үлесін жалпы энергия өндіруде 15%-ға дейін жеткізу жоспарланған [5].

Қазақстанда ЖИ-ді энергетика саласына енгізу әлі бастапқы сатыда тұр. Негізінен, ЖИ мұнай-газ секторында (геологиялық барлау, өндірісті оңтайландыру) белсенді қолданылады. Жасанды интеллект ЖЭК нысандарының жұмыс режимдерін және ұлттық электр желісін басқаруды оңтайландыру үшін ЖИ және машиналық оқыту технологияларының маңыздылығы айтылады. Бұл, әсіресе, ЖЭК-тің тұрақсыздығына байланысты туындайтын желіні жаңғырту мәселесін шешуге бағытталған. ЖЭК-тің жоғары әлеуеті бар аймақтардың (мысалы, Маңғыстау, Жамбыл) ұлттық желіге қосылудағы қиындықтары ЖИ арқылы оңтайландыруды талап етеді.

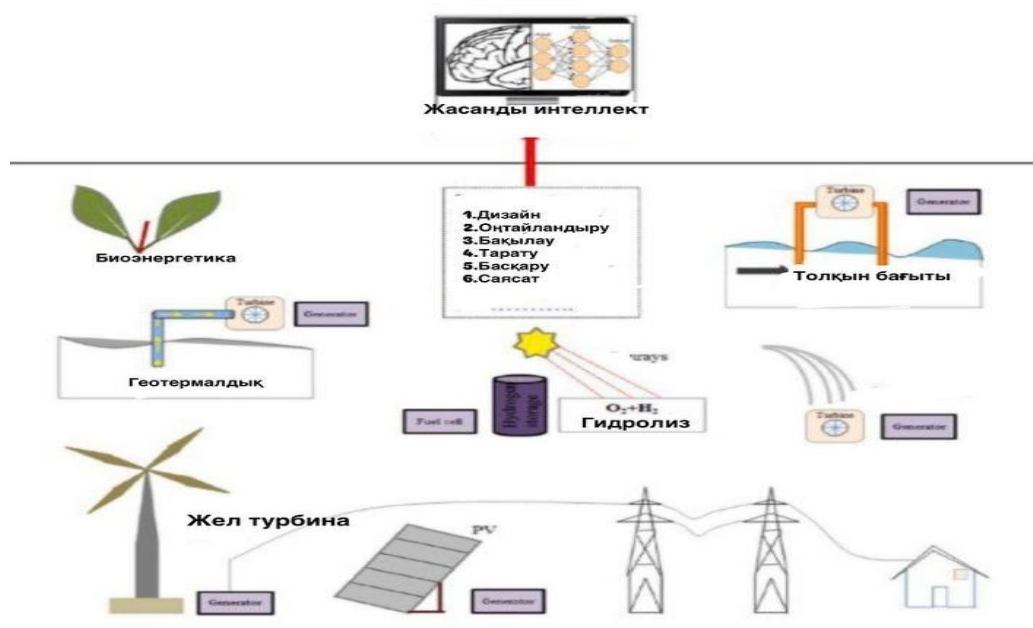
Халықаралық тәжірибе: Дамыған елдер мен қытай ЖИ технологияларын ЖЭК секторында барынша пайдаланады. Қытай тәжірибесі. Қытай әлемдегі ЖЭК қуаттылығының шамамен 40%-ына ие. Қытай энергия сақтау технологияларын жэк-тің тұрақсыздығын азайту үшін тиімді қолданады. Бұл бағытта ЖИ жүйелердің өнімділігін және өзара әрекеттесуін басқару үшін негізгі құрал болып табылады. ЖЭК станцияларының (мысалы, Қазақстандағы total energies жобасы сияқты) құрылысы халықаралық әріптестіктің және озық технологияларды енгізудің мысалы болып табылады.

Еуропа және АҚШ тәжірибесі. Еуропада ЖИ-ді қолданудың негізгі бағыты Smart grid (ақылды желі) технологиялары арқылы желілік мүмкіндіктерді арттыру болып табылады. Еуропада ЖЭК-тің 15%-ға дейін энергиясы желілік шектеулерге байланысты жоғалуы мүмкін, сондықтан бұл шығындарды азайтуға көмектеседі. АҚШ-та салықтық

жеңілдіктер мен субсидиялар арқылы жеке инвестицияларды тартуға баса назар аударылады. ЖИ-ді қолданатын жасыл энергия компанияларына арналған мұндай тетіктер Қазақстан үшін де үлгі бола алады (2-сурет). Дамыған елдерде ЖИ үлкен деректерді қолдана отырып, ауа райының өзгеруін, тұтынушылық сұранысты және ЖЭК өндірісін барынша жоғары дәлдікпен болжайды. Бұл электр энергиясын сатып алу/сатуды оңтайландыруға мүмкіндік береді [6].

Жасанды интеллект ЖЭК-тің тұрақсыздығы мен желілік шектеулер сияқты негізгі мәселелерін шешуде трансформациялық құрал екені даусыз. Халықаралық тәжірибе ЖИ-дің жоғары дәлдіктегі болжау, Smart grid-ті басқару және оңтайландыру арқылы ЖЭК-тің тиімділігін айтарлықтай арттыратынын көрсетеді.

Қазақстан өзінің көміртегі бейтараптығы мақсатына жету үшін ЖИ-ді енгізуге ерекше назар аударуы керек. Елдегі ЖЭК әлеуеті зор болғанымен, ескірген инфрақұрылым мен ЖИ технологияларын қолданудың төмен деңгейі дамуға кедергі келтіруде. Қазақстан ЖИ-ді тиімді қолдану арқылы ЖЭК-ті дамытуда орталық азия аймағында көшбасшыға айналып, 2060 жылғы көміртегі бейтараптығы мақсатына сәтті жете алады.



2-сурет – ЖЭК негізіндегі технологиялардағы ЖИ қосымшаларының схемалық көрінісі

Жасанды интеллект экологиялық таза энергияны қайта өңдеудің барлық дерлік түрлерінде қолданылуда. Оған сутегі, су энергиясы (гидро), күн, геотермалдық, жел, биоэнергия, мұхит энергиясы және гибридік жүйелер жатады. 2-суретте машиналық оқыту алгоритмдері, олардың статистикалық мәндері мен сенімділік шектері көрсетілген. Бұл аналитикалық мүмкіндіктер ауа-райының өзгеруіне байланысты энергия өндіру көлемін болжауға мүмкіндік береді, демек, энергия жүйесінің теңгерімділігін қамтамасыз етуге ықпал етеді [7].

Сонымен қатар, ЖИ технологиялары энергетикалық инфрақұрылымның жағдайын алдын ала болжауға, жоспарлы техникалық қызмет көрсетуді ұйымдастыруға және тоқтап қалу тәуекелдерін азайта отырып, энергиямен тұрақты жабдықтауға мүмкіндік береді. ЖЭК саласында ЖИ-дің негізгі қолдану бағыттарына жобалау, оңтайландыру, басқару және бағалау жатады.

Негізгі назар жаңартылатын энергия көздері технологияларына аударылып отыр. Атап айтқанда: күн энергиясы, фотоэлектрлік жүйелер, күн микрожелілері, жел турбиналарын оңтайландыру және геотермалдық энергия жүйелерін бағалау мен басқаруда жасанды интеллекттің тиімділігі жоғары екені байқалады.

Зерттеу нәтижелері және талқылау. Жасанды интеллектті (ЖИ) қолдану арқылы қол жеткізілген негізгі жетістіктері:

1. Гелиостатты туралау және қадағалау. ЖИ көмегімен гелиостат айналарын дәл туралау мен бақылау үдерістері оңтайландырылады. Жасанды интеллект нақты уақыттағы деректерге (мысалы, күннің орналасуы, ауа-райы жағдайлары) сүйене отырып, айналар үшін ең тиімді бұрыштарды анықтайды. Бұл күн сәулесінің қабылдағышқа түсетін мөлшерін арттырып, жалпы энергия өндірісін ұлғайтады.

2. Болжалды техникалық қызмет көрсету. Күн жылу энергиясы жүйелерінде (CSP) ЖИ болжамды техникалық қызмет көрсету үшін қолданылады. Ол сенсорлардан алынған деректерді, өнімділік үлгілерін және өткен қызмет көрсету жазбаларын талдай отырып, компоненттердің ықтимал ақауларын немесе ауытқуларын алдын ала болжай алады. Бұл зауыт жұмысының үзіліссіздігін қамтамасыз етіп, жөндеу шығындарын азайтады және тиімділікті арттырады.

3. Энергия диспетчерлеуін оңтайландыру. ЖИ электр энергиясына ағымдағы сұраныс, энергия бағасы және желі жағдайларын ескере отырып, CSP қондырғыларынан электр жеткізуді оңтайландырады. Бұл энергия жүйесінің икемділігі мен жауап беру қабілетін арттырады.

4. Жылу энергиясын сақтауды басқару. CSP жүйелерінде артық жылуды сақтау үшін жылу аккумуляторлары пайдаланылады. Жасанды интеллект бұл процесті тиімді басқаруға мүмкіндік береді, яғни жылуды сақтау мен тұтыну арасында оңтайлы тепе-теңдік орнатады. [8-11].

ЖИ қолданылуының қосымша бағыттары: Жасанды интеллект (ЖИ) технологиялары жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) тиімді басқару мен жоспарлауда шешуші рөл атқаруда. Қазіргі таңда энергия жүйелерінің күрделілігі мен деректер көлемінің ұлғаюы ЖИ алгоритмдерін қолданудың өзектілігін арттырды. Қазақстан үшін де бұл бағыт энергия қауіпсіздігін қамтамасыз ету мен «жасыл экономикаға» көшу стратегиясының негізгі элементі болып табылады.

ЖИ қолданылуының маңызды бағыттарының бірі — жел және фотоэлектрлік энергия көздерінен өндірілетін электр қуатын болжау. Жел жылдамдығы мен күн радиациясының ауытқуын дәлірек анықтау арқылы энергия өндіру көлемін алдын ала жоспарлауға мүмкіндік туады. Бұл электр желісіндегі теңгерімсіздікті азайтып, энергия сапасын тұрақтандыруға ықпал етеді.

Статикалық және динамикалық элементтерді нейрондық желілер негізінде модельдеу энергия жүйелерінің физикалық және техникалық процестерін дәл сипаттауға көмектеседі. Мұндай модельдер нақты уақыттағы жұмыс режимін бейімдеп, жүйенің тұрақтылығын арттырады. ЖИ-дің тағы бір бағыты — жоғары өнімді жүйе элементтерін тиімді басқару. Машиналық оқыту әдістері арқылы генераторлар мен түрлендіргіштердің жұмыс параметрлері ақауларға төзімділікті онлайн режимде бақылау және диагностикалау, сондай-ақ қорғаныс жүйелерін жетілдіру ЖИ көмегімен жүзеге асады. Бұл жүйелер жабдықтардың істен шығуын ерте анықтап, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады және тұтынушыларға үздіксіз энергия жеткізуді қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, энергияны басқару жүйелерін автоматтандыру қазіргі энергетикадағы ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. ЖИ бұл жүйелерде деректерді өңдеп, энергия ағындарын нақты уақыт режимінде реттейді. Мұндай тәсіл энергия тиімділігін арттырып қана қоймай, адам факторынан туындайтын қателіктерді азайтады.

Тұтынушылардың жүктемесін болжау – ЖИ қолданылатын тағы бір маңызды бағыт. Тұтыну деректерін талдау арқылы жүйе белгілі бір уақыт аралығында энергияға деген сұранысты болжай алады. Бұл электр станцияларының жұмысын оңтайландыруға және энергия тапшылығының алдын алуға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, электр энергиясын өндіру мен сақтау процесін тиімді жоспарлау арқылы ЖИ энергия теңгерімін сақтау мәселесін шешеді. Аккумуляторлар мен энергия

сақтау жүйелерінің жұмысын автоматты түрде үйлестіру энергия ресурстарын үнемдеуге мүмкіндік береді.

Сенсорсыз кері байланыс сигналдарын сенімді бағалау әдістері жабдықтардың жұмысын артық датчиктерсіз бақылауға мүмкіндік береді. Бұл шығындарды азайтып, техникалық қызмет көрсету тиімділігін арттырады оңтайландырылып, энергияның артық шығыны азаяды. Соңғы бағыттардың бірі – нақты уақыт режимінде сұранысты басқару арқылы электр энергиясының бағасын болжау. Мұндай тәсіл энергия нарығындағы динамикалық баға белгілеу жүйесін жетілдіріп, тұтынушылар мен өндірушілер арасындағы теңгерімді сақтауға жағдай жасайды.

Жалпы алғанда, жасанды интеллект технологиялары жаңартылатын энергия саласында инновациялық серпін беріп, энергия тиімділігін арттырумен қатар экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Болашақта ЖИ негізіндегі «ақылды энергетика» жүйелері Қазақстанның энергетикалық стратегиясының ажырамас бөлігіне айналып, көміртекті азайту мен тұрақты даму мақсаттарына жетуге айтарлықтай үлес қосады [12-15].

Қорытынды. Жаңартылатын энергия көздері – болашақтың энергетикасын құрайтын басты бағыттардың бірі. Алайда бұл көздердің табиғи құбылыстарға тәуелділігі энергия өндіру процесінде тұрақсыздық пен басқару қиындықтарын тудырады. Осы мәселелерді шешуде жасанды интеллект (ЖИ) шешуші рөл атқара бастады. ЖИ технологиялары жел мен күн энергиясын болжау дәлдігін арттырып, энергия жүйесін оңтайландыруға, техникалық қызмет көрсетуді алдын ала жоспарлауға және энергиямен жабдықтаудың сенімділігін күшейтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ЖИ негізінде құрылған Smart grid жүйелері тұтыну мен генерация арасындағы тепе-теңдікті сақтап, жүйелік шығындарды азайтуға ықпал етеді. Қазақстан үшін бұл бағытта халықаралық тәжірибелерді бейімдеп, кадрлық әлеуетті арттыру аса маңызды.

Энергетика саласында ЖИ-ді тиімді қолдану арқылы еліміз жаңартылатын энергия көздерінің әлеуетін толық жүзеге асыра алады. Демек, жасанды интеллект – тұрақты әрі экологиялық таза энергетикалық болашаққа апарар сенімді құрал.

Әдебиеттер:

- [1] Аналитический обзор тренды развития искусственного интеллекта в сфере ЖКХ // ГБУ «Агентство инноваций города Москвы», 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.049>.
- [2] **Marvin, Minsky.** Ellen macarthur foundation. Artificial intelligence and the circular economy, 2019
- [3] **Strubell, E.** and A. Ganesh and A. McCallum, Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP, 2019.
- [4] Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP // Strubell, 2019.
- [5] **Mahapatra, S.** Biofuels and their sources of production: a review on cleanersustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus // Energy Nexus, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.>
- [6] **Hadjipaschalis, I.** Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.028>.
- [7] **Kumar, A., S. Nagar, S. Anand.** Climate change and existential threats, in: Global Climate Change, Elsevier, 2021. 1–31.
- [8] **Energy, S.P.** Technology Roadmap, September 2014.
- [9] **Deshmukh M.K.,** Renewable energy in the 21st century: a review // Mater, 2023 <https://doi.org/10.1016/j>
- [10] **Sabev, E.** et al., Cybersecurity analysis of wind farm scada systems // International Conference on Information Technologies, 2021.
- [11] **Sayed, E.T.** et al., A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: wind, hydro, biomass and geothermal, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.>
- [12] **Hussain, A. S.M. Arif, M. Aslam,** Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art, Renew. Sustain // Energy Technol, 2017. P.12–28, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.033>.

- [13] **Sonar, D.** Renewable energy based trigeneration systems—technologies, challenges and opportunities // Renewable-Energy-Driven Future, 2021. P.125–168, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820539-6.00004-2>.
- [14] **Kothari, D.P.**, R. Ranjan, K. Singal, Renewable energy sources and emerging technologies, 2021.
- [15] **Panwar, N.L.** et al., Role of renewable energy sources in environmental protection, 2011.1513–1524, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>.

References:

- [1] Аналитический обзор тренды развития искусственного интеллекта в сфере ЖКХ // GBU «Агентство инноваций города Москвы», 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.049>. [in Russian]
- [2] **Marvin Minsky**, Ellen macarthur foundation. Artificial intelligence and the circular economy, 2019
- [3] **Strubell, E.** and A. Ganesh and A. McCallum, Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP, 2019.
- [4] Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP // Strubell, 2019.
- [5] **Mahapatra, S.** Biofuels and their sources of production: a review on cleanersustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus // Energy Nexus, 2021. <https://doi.org/10.1016/j>.
- [6] **Hadjipaschalis, I.** Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.028>.
- [7] **Kumar, A. S.** Nagar, S. Anand, Climate change and existential threats, in: Global Climate Change, Elsevier, 2021. 1–31.
- [8] S.P. Energy, Technology Roadmap, September 2014.
- [9] **M.K.Deshmukh**, Renewable energy in the 21st century: a review // Mater, 2023 <https://doi.org/10.1016/j>
- [10] **E. Sabev**, et al., Cybersecurity analysis of wind farm scada systems // International Conference on Information Technologies, 2021.
- [11] **Sayed, E.T.** et al., A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: wind, hydro, biomass and geothermal, 2021, <https://doi.org/10.1016/j>.
- [12] **Hussain, A.S. M.** Arif, M. Aslam, Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art, Renew. Sustain // Energy Technol, 2017. P.12–28, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.033>.
- [13] **Sonar, D.** Renewable energy based trigeneration systems—technologies, challenges and opportunities // Renewable-Energy-Driven Future, 2021. P.125–168, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820539-6.00004-2>.
- [14] **Kothari, D.P.**, R. Ranjan, K. Singal, Renewable energy sources and emerging technologies, 2021.
- [15] **Panwar, N.L.** et al., Role of renewable energy sources in environmental protection, 2011.1513–1524, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЛАСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Баймаханова З.А., кандидат технических наук

Бедбекова С.Н., магистрантка 2-курса ОП 7М07155 «Электроэнергетика (возобновляемая энергетика)»

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

Аннотация. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) в настоящее время играют важную роль в эффективном использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Области применения ИИ в мировой практике, в том числе в Казахстане, широко развиваются в таких областях, как прогнозирование солнечной и ветровой энергии, управление производством

энергии, а также стабилизация электрических сетей. На основе ИИ увеличивается возможность точного прогнозирования скорости ветра, интенсивности солнечной радиации и объема потребления. Такие точные прогнозы позволяют эффективно планировать объекты ВИЭ, поддерживать энергетический баланс и повышать надежность системы. Кроме того, алгоритмы ИИ могут оптимизировать системы производства и хранения энергии, а также потоки энергии в электросети в режиме реального времени. Это, в свою очередь, снижает затраты на электроэнергию и повышает общую эффективность. В условиях Казахстана внедрение ИИ будет способствовать усилению энергетической безопасности страны и ускорению процесса перехода к безуглеродной экономике. В будущем интеграция ИИ и ВИЭ станет ключевым фактором устойчивого развития энергосистемы и обеспечения экологической безопасности. Вместе с тем, развитие интеллектуальных сетей и автоматизированных систем мониторинга с помощью искусственного интеллекта выводит энергетический рынок на новый уровень. Такие инновационные решения дают импульс эффективному распределению энергоресурсов, снижению вредного воздействия на окружающую среду и формированию «зеленой» экономики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, искусственный интеллект, экология, оптимизация, потребление энергии.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FIELD OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Baymakhanova Z.A., candidate of technical sciences

Bedebeikova S.N., 2nd year master's student of the EP 7M07155-«Electric Power Industry (renewable energy)»

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda city, Kazakhstan

Annotation. Artificial intelligence (AI) technologies currently play an important role in the efficient use of renewable energy sources (RES). The fields of AI application in global practice, including in Kazakhstan, are widely developing in such areas as solar and wind energy forecasting, energy production management, and electric grid stabilization. AI increases the ability to accurately predict wind speed, solar radiation intensity, and consumption volume. Such accurate forecasts make it possible to effectively plan renewable energy facilities, maintain the energy balance and increase the reliability of the system. In addition, AI algorithms can optimize energy production and storage systems, as well as energy flows in the power grid in real time. This, in turn, reduces energy costs and increases overall efficiency. In Kazakhstan, the introduction of AI will enhance the country's energy security and accelerate the transition to a carbon-free economy. In the future, the integration of AI and renewable energy will become a key factor in the sustainable development of the energy system and ensuring environmental safety. At the same time, the development of intelligent networks and automated monitoring systems using artificial intelligence is taking the energy market to a new level. Such innovative solutions give an impetus to the efficient distribution of energy resources, reducing harmful effects on the environment and the formation of a "green" economy.

Keywords: renewable energy sources, artificial intelligence, ecology, optimization, energy consumption.