

Г.Б.Толегенова^{1,2}, А.Б.Закирова², Ж.Б.Ахаева^{1,2}, Д.Б. Бердымуратов³,
А.Е. Сыздықов³

¹Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

³В/ч 01068, Астана, Қазақстан

(E-mail: ahaeva07@mail.ru, alma_zakirova@mail.ru, gulfnaztolegenova@mail.ru)

Машиналық оқытуға негізделген интеллектуалды электр жүйелері

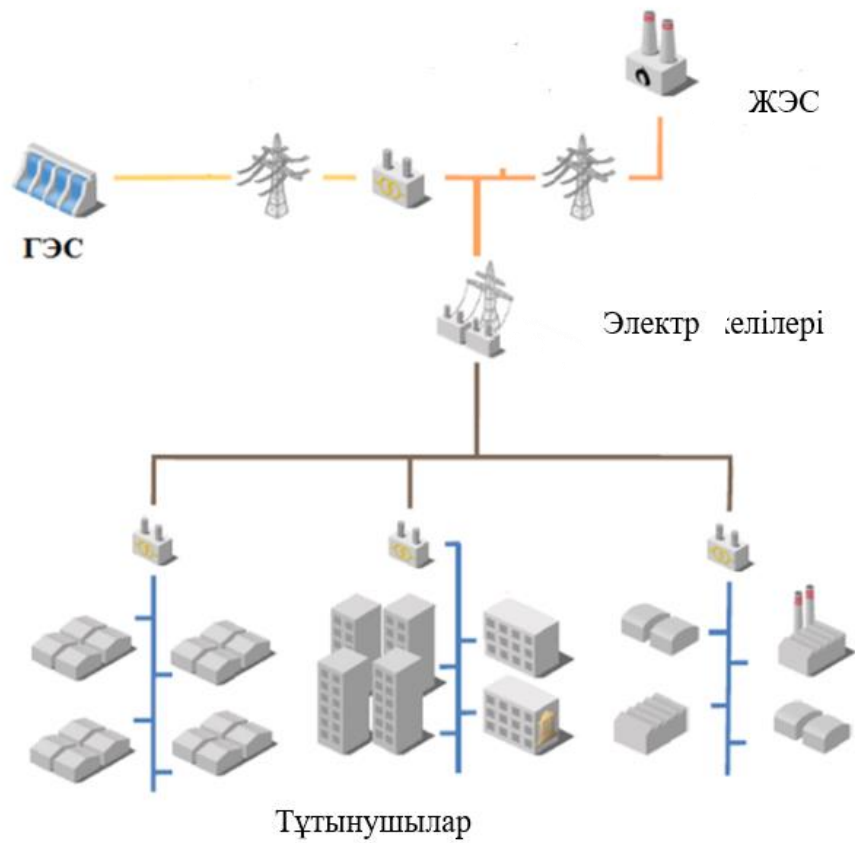
Аңдатпа. Халық саны мен экономиканың қарқынды өсуі электр энергиясына деген сұраныстың артуына алып келуде. Қолданыстағы энергетикалық жүйелер интеллектуалды желінің белсенді, икемді және ақылды аналогтарына қарқынды ауысуда, яғни, жаңартылған энергия көздерін біріктіру, киберкеңістіктің қауіпсіздігі, сұранысты басқару, жүйені жоспарлау және пайдалану туралы шешім қабылдау сияқты көптеген салаларда үлкен мәселелер туғызуда. Бүгінгі таңда цифрландыру, автоматтандыру және интеллектуализация жағдайында дәстүрлі энергетика өзгеруде, мысалы, «Машиналық оқыту» сияқты жаңа технологиялар пайда болуда. Бұл мақалада электр энергетикалық жүйелерде машиналық оқыту мүмкіндіктері қарастырылады. Ақылды желі, заттар интернеті және машиналық оқыту элементтерінің өзара байланысы және өзара әрекеттесуі түсіндіріледі. Интеллектуалды желінің техникалық мәселелерін шешуде машиналық оқыту әдістері және олардың айырмашылықтары көрсетеді.

Түйін сөздер: ақылды желі, машиналық оқыту, заттар интернеті, электр желісі, кластерлеу, регрессия.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2022-141-4-30-37

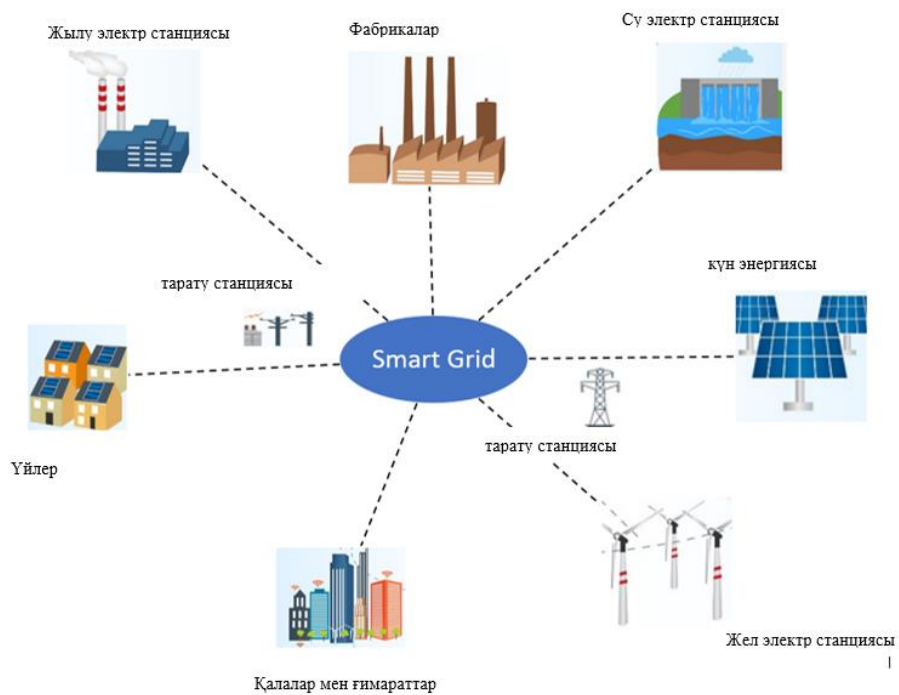
Кіріспе

Халық саны мен экономиканың қарқынды өсуі электр энергиясына деген сұраныстың артуына алып келуде, сондықтан да, соңғы онжылдықта электр энергетикасы жүйелері дәстүрлі энергия жүйелерінен, дамудың келесі буыны, интеллектуалды желілерінің тиімді жүйесіне көшуде. Қарапайым электр желісінің сұлбалық бейнесі 1 -суретте көрсетілген. Дәстүрлі электр жүйелері электр энергиясын өндірудің бірнеше орталықтандырылған және ірі көздеріне, негізінен гидроэлектр станцияларына немесе қазбалы отындағы электр энергиясын өндіру жүйелеріне, электр энергиясын тарату жүйесі арқылы тұтынушыларға жеткізетін үлкен тарату желісіне негізделген. Қарапайым энергия жүйелері бір бағытты энергия мен байланыс ағынына байланысты болғандықтан пассивті болып келеді, бірақ ақылды желілер ортасында әр таратылған және жаңартылатын энергия ресурстарын біріктіру және пайдалану оларды екі жақты энергия мен ақпарат ағынының арқасында белсенді желіге айналдырады[1].



Сурет 1. Дәстүрлі электр желілері

2 суретте ақылды желі (smart grid) негізгі құрылымы көрсетілген.



Сурет 2. Ақылды желі (Smart grid)

Бұл екі бағытты энергия мен байланыс ағыны энергия жүйелерінің сенімділігін, қауіпсіздігін және тиімділігін арттыра алады [2]. Сондықтанда, ақылды желі «Болашақ энергия» жүйесі деп те аталады. Қарапайым электр жүйесімен салыстырғанда интеллектуалды желінің негізі болып көптеген операцияларды жүргізуге мүмкіндік беретін және белгілі бір жолмен байланысты орындау үшін командалар мен ақпарат алмасуға қабілетті құрылғылар табылады.

Интернет желісінің арқасында кең байланыстың құрылуы және барлық құрылғылар тиісті желілерге қосыла алатындай мүмкіндіктерге ие болуда. Интернетке қосылған құрылғылар қазіргі уақытта күнделікті өмірдің ажырамас бөлігі болып табылады, ал күн сайын осындай құрылғылардың көптеген түрлері пайда болуда. Интернетті физикалық түрде басқа жерде орналасқан ресурстарға қосылу және алынған алмасу арқылы өз міндеттерін орындау үшін пайдаланатын құрылғылар «заттар интернеті (IoT) құрылғылары» деп аталады[3]. Заттар интернетін мұндай құрылғыларды байланыстыратын және адамның араласуынсыз деректерді беруді жеңілдететін өзара байланысты жүйе ретінде анықтауға болады. Заттар интернеті медициналық жабдықтар, ақылды көлік құралдары, ақылды желілер, ақылды үйлер және ақылды қалалар сияқты технологияларды қамтиды, бірақ олармен шектеліп қана қоймайды. Заттар интернеті қосымшалары көптеген артықшылықтарға ие. Бұл құрылғыларды қосу процесіне адамның араласуын азайтуы мүмкін болғанымен де, ең маңызды және күшті әсерлерді энергетикалық секторда, үй шаруашылықтарында және ақылды қалаларда байқауға болады. Заттар интернеті-бұл ақылды желілердің өнімділігі мен басқарылуын жақсартатын перспективті технологиялардың бірі. Тасымалдау және тарату тиімділігін арттыруға және жаңартылатын қуаттарды IoT негізіндегі желілерде тиімдірек пайдалануға болады. IoT құрылғыларын желілік инфрақұрылымға біріктіру және енгізу болашақ ақылды желіге бағытталған маңызды қадам болып табылады. Ақылды есептегіштер нақты уақыт режимінде энергияны тұтынуды өлшеп қана қоймай, тұтынушыларға энергиямен жабдықтаушы ұйымдармен өзара әрекеттесуге және екі жақты байланыс арқылы сұранысты басқарудың кеңейтілген операцияларын жүргізуге мүмкіндік береді. Соңғы онжылдықта зияткерлік есептегіштер кеңінен таралды және көптеген елдерде, мысалы, Қытайда, Испанияда, АҚШ-та және Францияда электр желілерінің алдыңғы қатарлы өлшеу инфрақұрылымына (AMI) біріктірілді. IoT электр желісінің барлық негізгі ішкі жүйелерінде, яғни өндіруде, беру, тарату және пайдалануда интеллектуалды желіге біріктірілуі мүмкін[4]. Заттар интернетін интеллектуалды желіге біріктіру зияткерлік желілерді басқаруда, мысалы, маңызды жедел ақпаратты уақтылы жеткізу, далалық деректердің үлкен көлемін тиімді өңдеу және киберкеңістіктегі қауіпсіздік мәселелерінде қосымша қиындықтар туғызады. Бұл проблемаларды векторлық бірліктерді, озық аналитикалық құралдарды және машиналық оқытуға негізделген шешімдерді орналастыру сияқты алдыңғы қатарлы технологиялар арқылы шешу қажет.

Бұл дәстүрлі энергия жүйелерінің интеллектуалды энергия жүйелеріне ауысуы электр жүйесін фотоэлектрлік (PV), жел энергиясы және электромобильдер (EV) сияқты көптеген таратылған жүйелерімен (DG) қамтамасыз етті. Басқаша айтқанда, интеллектуалды желі - бұл әдеттегі электр жүйесін неғұрлым ақылды және тиімді ететін процестерді, технологияларды, таратылған және жаңартылатын генерациялау жүйелерін біріктіру [5]. Әр түрлі таратылған жүйелер интеграциясы көптеген қиындықтар туғызуда, мысалы, жүктемені болжау, сәтсіздік пен сәтсіздікті талдау, сұраныс жағын басқару, жүктемелерді кедергісіз бақылау (NILM), киберкеңістіктің қауіпсіздігі, электр қуатын ұрлауды анықтау және т.б. Үздіксіз және тұрақты ток жүйелерінің үнемі өсіп келе жатқан таралуы және тиісті технологиялық жетістіктер жоғарыда аталған проблемаларға қарсы нақты және сенімді шараларды қажет етеді.

Машиналық оқыту технологиясы

Машиналық оқыту-бұл компьютерлерді оқу процесінде адамдар мен жануарлардың міндеттеріне ұқсас тапсырмаларды орындауды үйретуге бағытталған деректерді талдау әдісі. Машиналарды оқыту алгоритмдері алдын-ала анықталған теңдеулерге сүйенбестен ақпаратты

тікелей деректерден алу үшін есептеу әдістерін қолданады және деректердің қол жетімділігін арттырумен қатар олардың жұмысын бейімдей алады. Шын мәнінде, Машиналық оқыту шешімдер мен болжамдарды қамтамасыз ету үшін әртүрлі алгоритмдерді қолданатын нұсқаулар жиынтығын қолдана отырып, деректерді талдауды жүзеге асырады. Машиналарды оқыту әр түрлі функцияларды, мысалы, жіктеу, кластерлеу және регрессияны жүзеге асыру үшін алгоритмдерді мұқият жобалауды және бағдарламалауды қажет етеді[6]. Соңғы онжылдықта Машиналық оқыту және тереңдетіп оқыту мамандандырылған технологиялар ретінде көптеген ғылыми-зерттеу және инженерлік салаларға үлес қосты, мысалы, деректерді іздеу, медициналық визуализация, байланыс, мультимедиа, гео-ғылым, қашықтықтан зондау классификациясы, нысандарды бақылау нақты уақыт, компьютерлік көру негізінде ақаулықтарды анықтау және т.б. озық ақпараттық және коммуникациялық технологияларды, атап айтқанда заттар интернетін электр желілерінің құрылымына интеграциялау «Ақылды желілерді» құру жолындағы негізгі қадамдардың бірі болып табылады. Себебі Интернет құрылғылардың негізгі қабілеті-бұл деректерді бөлісу және басқа құрылғыларға деректерді кеңінен жіберу мүмкіндігі, сондықтан, басқару орталықтарында көптеген мәліметтер қол жетімді болады. Жүйенің күйі мен деректердің қол жетімділігі туралы хабардарлықты жақсарту жүйені жедел басқаруға және шешім қабылдауға ықпал ететін деректерді тиімді өңдеу және талдау үшін машиналық оқыту негізіндегі шешімдер мен құралдарды қажет етеді.

«Ақылды желі» ұғымы негізгі ақпараттық-коммуникациялық жүйесі бар үлкен электр желісін қамтитын күрделі киберфизикалық жүйе ретінде пайда болды[7]. Нақты уақыттағы жұмыс жағдайын бақылау және деректерді тиімді талдау көптеген аспектілер бойынша жүйені басқаруды едәуір жақсарты алады, мысалы, жүйелік активтерді бағалау, пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз ету, жүйелік ауытқуларды анықтау, ақауларды диагностикалау, электр қуатын жүктеу және өндіруді басқару және т.б. Кәдімгі есептеу әдістері енді ақылды желілер енгізген мәліметтердің үлкен көлемін тиімді басқара алмайтындығын мойындауға сүйене отырып, соңғы бірнеше жыл ішінде Машиналық оқыту әдістеріне көп көңіл бөлінді. Интеллектуалды желілерді қолданудың әртүрлі салаларындағы мәселелерді шешу үшін машиналық оқыту мен терең білімге негізделген әртүрлі шешімдерді зерттеу үшін көптеген зерттеу жұмыстары жүргізілді. Машиналарды оқыту әдістері деректерге негізделген, өйткені олар әртүрлі тапсырмаларды орындау үшін қол жетімді деректерді пайдаланады. Оларды төменде көрсетілгендей төрт негізгі түрге бөлуге болады:

1. Бақыланатын оқыту - мақсаты көптеген оқу үлгілері бар оқу жинағындағы кіріс/шығыс жұптарының берілген таңбаланған жиыны негізінде кірістер мен шығыстар арасындағы салыстыруды үйрену болып табылатын машиналық оқыту класы.

2. Бақылаусыз оқыту-бұл алгоритмді оқыту белгіленбеген және жіктелмеген ақпаратты қолдана отырып жүзеге асырылатын Машиналық оқыту парадигмасы, сондықтан алгоритм ақпаратты ұқсастық немесе айырмашылық негізінде топтастыра алады. Бақыланбайтын оқыту алгоритмдері бақыланатын оқытуға қарағанда күрделі өңдеу тапсырмаларын орындай алады, бірақ басқа табиғи оқыту әдістерімен салыстырғанда болжау мүмкін емес. Бақылаусыз оқытудың ең көп таралған әдісі-кластерлік талдау, ол жасырын заңдылықтарды табу немесе деректерді топтастыру мақсатында деректерді іздеу үшін қолданылады.

3. Нығайтумен оқыту - мұнда агент қоршаған ортамен өзара әрекеттесіп, оның әрекеттеріне жауап ретінде алынған ынталандыру негізінде өз әрекеттерін өзгертеді. Нығайтып оқыту автоматтандырылған оқытудан ерекшеленеді, ол белгіленген енгізу/шығару жұптарын қажет етпейді, оның орнына агент қоршаған ортадағы әрекеттеріне жауап ретінде марапатталады немесе жазаланады. Осылайша, нығайтып оқыту агентке бақыланатын немесе бақыланбайтын оқыту арқылы қол жеткізуге болмайтын мінез-құлықты автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді.

4. Ансамбль әдістері-бұл бір алгоритмді қолданумен салыстырғанда өнімділікті арттыру үшін бірнеше машиналық оқыту алгоритмдерін қолданатын алгоритмдер. Ансамбль әдісінде оқу

бірнеше негізгі оқушылар жасаған гипотезалар жиынтығын құрады, олар бір мәселені шешу үшін бірге қолданылады, яғни, жеке негізгі оқушыларға қарағанда жақсы жалпылауды қамтамасыз етеді[8].

Бірқатар техникалық проблемалар жаңартылатын және үзіліссіз таратылған генерация жүйелерінің әртүрлі формаларының енуінен, әртүрлі желілік нысандар арасындағы кең және сенімді байланыстан туындады. Атап айтқанда, проблемалар электр желілерінің бүкіл желісі бойынша жинақталатын әртүрлі сипаттағы деректердің өсіп келе жатқан көлемін, осыдан туындайтын деректерді сақтау және өңдеу қажеттілігін, өзгермелі кеңістік-уақыт сипаттамалары бар қатты сызықты емес энергия жүйелерін басқару қажеттілігін, жиілік пен кернеудің тұрақтылығына қойылатын қатаң талаптарды, қажеттілікті қамтуы мүмкін. қуат желісін киберқауіптерден қорғау және т.б. Электр жүйелерінде қолданылатын есептеу мен басқарудың дәстүрлі әдістері бұдан былай деректердің үлкен көлемін өңдеу мен талдаудағы шектеулерге, дәстүрлі модельдердің шектеулі жалпылануына, автономды операциялар мен нақты уақыттағы өңдеудің жеткіліксіздігіне, орталықтандырылған басқару стратегиясына жоғары тәуелділікке байланысты жоғарыда аталған мәселелерді шешуге жарамсыз болып табылады. Дәстүрлі есептеу әдістерінің жеткіліксіздігі мен шектеулері ақылды желілердің әртүрлі мәселелерін шешу үшін машиналық оқыту әдістерін қолдануға түрткі болады. Машинамен басқарылатын ақылды желілердің функционалдығы тұтынушылардың мінез-құлқын болжау, жаңартылатын энергия жүйелерін болжау, сұранысты басқару (DSM), энергия мен экономиканы диспетчерлеу, ақауларды болжау сияқты интеллектуалды желілердің маңызды аспектілерінің бірі болып табылатын киберкеңістіктегі қауіпсіздікке дейін болуы мүмкін. 1-кестеде электр жүйелеріндегі проблемалар, дәстүрлі әдістердің шектеулері, сондай-ақ электр жүйелерінің проблемаларын шешу үшін машиналық оқытуға негізделген әдістерді қолданудың негізгі артықшылықтары мен айырмашылықтары келтірілген.

Кесте-1. Машиналық оқытуға негізделген әдістер

Қазіргі құбылыстар	Туындайтын мәселелер	Қолданыстағы шешімдерді шектеу	Машиналық оқыту әдістерінің артықшылықтары
<ul style="list-style-type: none"> • Жаңартылатын энергетика жүйелерін кеңінен енгізу • Ғасырлық желілік инфрақұрылым • Әр түрлі энергия көздерінің шығуы арасындағы кеңістіктік-уақыттық айырмашылық • Икемді, екі бағытты, белсенді энергетикалық желіге көшу 	<ul style="list-style-type: none"> • Деректердің өзгергіштігі • Сызықтық емес жүйелерді басқару • Операциялық белгісіздік • Сұраныстың өзгеруіне байланысты жоғары байланысқан электр желісі • Киберқауіптер • Кернеу мен жиілікті реттеу 	<ul style="list-style-type: none"> • Деректердің үлкен көлемін өңдеу мүмкін емес • Белгісіздікке жеткіліксіз қарсылық • Шектеулер болған кезде оңтайландырудың болмауы • Адаптивті және автономды операциялардың болмауы • Ақылға қонымды шешім қабылдаудың болмауы 	<ul style="list-style-type: none"> • Нысандарды таңдау және нысандарды алу мүмкіндігі • Автономды, бейімделгіш және ақылды операциялар және шешім қабылдау • Операцияларды нақты уақыт режимінде және / немесе нақты уақыт режимінде орындай алады • Сызықты емес жүйелермен тиімді жұмыс істей алады • Күрделі жүйелерді модельдеу

		<ul style="list-style-type: none"> • Нақты уақыт режимінде өңдеу жоқ • Күрделі жүйелерді модельдеу мүмкіндігінің болмауы • Сызықты емес жүйелермен жұмыс істей алмайды 	
--	--	---	--

Электр жүйелеріндегі машиналық оқыту:

- электр желілеріндегі авариялық жағдайларды болжау және алдын алуға
- осы параметрлер туралы деректер базасын толтыра отырып, нақты уақыт режимінде энергия жүйесінің параметрлерін тұрақты бақылауды қамтамасыз етуге
- электр желілеріндегі ақаулықтарды анықтауды жеңілдетуге
- оңтайлы энергия бөлу балансын қамтамасыз етуге
- жүйе серверлеріне және электрмен жабдықтауды басқаруға кибершабуылдардың қауіпті салдарын болдырмауға
- электр энергиясын ұрлау жағдайларын анықтауға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Машиналық оқыту қазіргі заманғы технологиялардың бір бөлігі болып келеді, өйткені барлық деректер талдауды қажет етеді. Осыған байланысты қазірдің өзінде біз айтып өткен осы салада үлкен практикалық жетістіктер бар. Машиналық оқытудың мүмкіндіктері мен ауқымы қорқынышты болуы мүмкін, бірақ бұл маңызды және күрделі сұрақтарға жауап табуға мүмкіндік беретін жалғыз құрал екенін білу керек. Әрине, бұл технологияның артында инновациялық құралдарды құрудың және бүкіл әлемдегі адамдардың өмірін жақсартудың үлкен перспективалары бар. Енді машиналық оқыту өз жолының басында деп айтуға болады. Оның қандай жаңалықтар әкелетіні және машиналық оқытуды тиімді қолдана алмайтын шекара қайда болатыны туралы әлі белгісіз.

Әдебиеттер тізімі

1. Kong W., Dong Z.Y., Jia Y., Hill D.J., Xu Y., Zhang Y. Short-term residential load forecasting based on lstm recurrent neural network//IEEE Trans Smart Grid-2017.-Vol.10(1)-p.841–51.
2. Hossain E., Khan I., Un-Noor F., Sikander S.S., Sunny M.SH. Application of big data and machine learning in smart grid, and associated security concerns: A review// IEEE Access -2019.-Vol. 7. – p. 13960- 13988.
3. Щербинина М.Ю., Стефанова Н.А. Концепция интернет вещей // Креативная экономика. — 2016. — Т. 10. — № 11. — С. 1323–1336.
4. Basit A., Sidhu GAS, Mahmood A., Gao F. Efficient and autonomous energy management techniques for the future smart homes//IEEE Trans Smart Grid -2015.-Vol. 8.- Iss. 2.-p. 917- 926.
5. Gharavi H., Ghafurian R. Smart grid: The electric energy system of the future // Proceedings of the IEEE-2011.- vol. 99.-p. 917-921.
6. Линейная регрессия // Wikipedia, free encyclopaedia. URL:

http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regression/ (Дата обращения 30.03.2022).

7. Basumallik S., Ma R., Eftekharnejad S. Packet-data anomaly detection in pmu-based state estimator using convolutional neural network//Int J Electr Power Energy Syst -2019-Vol. 107- p.690–702.

8. Массель Л.В., Гергет О.М., Массель А.Г., Мамедов Т.Г. Использование машинного обучения в ситуационном управлении применительно к задачам электроэнергетики// Информационные и математические технологии в науке и управлении – 2019 - №3(15). С.5-17.

**Г.Б.Толегенова^{1,2}, А.Б.Закирова², Ж.Б.Ахаева^{1,2}, Д.Б. Бердымуратов³,
А.Е. Сыздықов³**

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Ә/б 01068, Астана, Қазақстан

Интеллектуальные электрические системы, основанные на машинном обучении

Аннотация. Стремительный рост населения и экономики приводит к увеличению спроса на электроэнергию. Существующие энергетические системы интенсивно переходят на активные, гибкие и умные аналоги интеллектуальной сети, что создает большие проблемы во многих областях, таких как интеграция возобновляемых источников энергии, безопасность киберпространства, управление спросом, планирование и принятие решений об использовании системы. Сегодня в условиях цифровизации, автоматизации и интеллектуализации меняется традиционная энергетика, появляются новые технологии, например, «машинное обучение». В данной статье рассматриваются возможности машинного обучения в электроэнергетических системах. Объясняются взаимосвязь и взаимодействие элементов умной сети, интернета вещей и машинного обучения. Показаны методы машинного обучения и их отличия при решении технических задач интеллектуальной сети.

Ключевые слова: интеллектуальная сеть, машинное обучение, интернет вещей, электрическая сеть, кластеризация, регрессия.

**G.B.Tolegenova^{1,2}, A.B.Zakirova², Zh.B. Akhayeva^{1,2}, D. Berdymuratov³,
A. Syzdykov³**

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³M/u 01068, Astana, Kazakhstan

Machine learning driven smart electric power systems

Abstract. The rapid growth of the population and economy leads to an increase in demand for electricity. Existing energy systems are intensively switching to active, flexible, and smart analogs of the smart grid, which creates big problems in many areas, such as the integration of renewable energy sources, cyberspace security, demand management, planning, and decision-making about the use of the system. Today, in the conditions of digitalization, automation, and intellectualization, traditional energy is changing, and new technologies are emerging, for example, «machine learning». This article discusses the possibilities of machine learning in electric power systems. The article describes the interrelation and interaction of elements of the smart network, the Internet of Things, and machine learning. The article presents methods of machine learning and their differences in solving technical problems of an intelligent network.

Keywords: intelligent network, machine learning, Internet of things, electrical network, clustering, regression.

References

1. Kong W., Dong Z.Y., Jia Y., Hill D.J., Xu Y., Zhang Y. Short-term residential load forecasting based on lstm recurrent neural network//IEEE Trans Smart Grid-2017.-Vol.10(1)-p.841–51.
2. Hossain E., Khan I., Un-Noor F., Sikander S.S., Sunny M.SH. Application of big data and machine learning in smart grid, and associated security concerns: A review// IEEE Access-2019.-Vol. 7.-p. 13960-13988.
3. Shcherbinina M.Yu., Stefanova N.A. Konceptsiya internet veshchej//Kreativnaya ekonomika. – 2016. – Т. 10. – № 11. – С. 1323–1336.
4. Basit A., Sidhu GAS., Mahmood A., Gao F. Efficient and autonomous energy management techniques for the future smart homes// IEEE Trans Smart Grid-2015.-Vol. 8. Iss. 2 – p. 917-926.
5. Gharavi H., Ghafurian R. Smart grid: The electric energy system of the future//Proceedings of the IEEE-2011. - vol. 99 - p. 917-921.
6. Linejnaya regressiya // Wikipedia, free encyclopaedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regression/ (Accessed: 30.03.2022)
7. Basumallik S., Eftekharnjad Ma.R., Packet S. - data anomaly detection in pmu-based state estimator using convolutional neural network // Int J Electr Power Energy Syst-2019-Vol. 107-p.690–702.
8. Massel L.V., Gerget O.M., Massel A.G., Mamedov T.G. Ispol'zovanie mashinnogo obucheniya v situacionnom upravlenii primenitel'no k zadacham elektroenergetiki // Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii. - 2019. - №3(15). С.5-17.

Авторлар туралы мәлімет:

Толегенова Г.Б. – Астана Халықаралық университетінің 2 курс докторанты, Астана, Қазақстан.

Ахаева Ж.Б. – Астана Халықаралық университетінің 2 курс докторанты, Астана, Қазақстан.

Закирова А.Б. – педагогика ғылымдарының кандидаты, Информатика кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Бердымуратов Д.Б. – 01068 ә/б, Астана, Қазақстан.

Сыздыков А.Е. – 01068 ә/б, Астана, Қазақстан.

Tolegenova G.B. – The 2nd year Ph.D. student at Astana International University, Astana, Kazakhstan

Akhayeva Zh.B. – The 2nd year Ph.D. student at Astana International University, Astana, Kazakhstan

Zakirova A.B. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Berdymuratov D.B. – m/u 01068, Astana, Kazakhstan.

Syzdykov A.Ye. – m/u 01068, Astana, Kazakhstan.