

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары–19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т.1, Ч. V.- Б. 69-72.

ӘОЖ 620.9(045)

ЭЛЕКТР ЖҮКТЕМЕСІН БОЛЖАУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

Куантаев Н.К., магистрант 2 курс

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

Астана қ.

Электр жүктемесін болжау қазіргі заманғы электр энергиясын басқару жүйесінің маңызды бөлігі болып табылады. Қазіргі уақытта іс жүзінде жүктемені болжаудың 20-ға жуық негізгі әдістері қолданылады. Болжау әдістерін жіктеу үш негізгі белгі бойынша жүзеге асырылады: әдістерді ресімдеу дәрежесі бойынша; іс-қимылдың жалпы қағидаты бойынша; болжамды ақпаратты алу тәсілі бойынша. Жүктемелердің болжамы ағымдағы режимнің дұрыс жұмыс істеуі, жөндеуге шығару үшін электр энергетикалық жабдықты ажыратуға байланысты жедел диспетчерлік өтінімдерді қарау, сынақтар үшін және т. б. үшін қажет [1].

Көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындарда электр энергиясын тұтынуды болжау сараптамалық бағалау әдісі негізінде жүзеге асырылады, ол көп жағдайда қажетті болжам дәлдігін қамтамасыз ете алмайды. Қазіргі уақытта электр энергиясын тұтынуды болжаудың әртүрлі әдістері бар. Алайда, ұсынылған әдістер оларды жүйелі қолдануға бағытталмаған, болжамды қажетті дәлдік деңгейімен алуға мүмкіндік беретін болжаудың жалпы әдістемесі жасалмаған. Электр энергиясын тұтынуды дәл болжау тұтынушылар арасында жүктемелердің оңтайлы бөлінуін қамтамасыз етеді. Бұл жұмыста үш әдіс негізінде орындалған электр жүктемесін болжау саласындағы зерттеулер қарастырылған: бірнеше регрессиялық талдау, бұлыңғыр логика және нейрондық желілер.

Жиындық регрессиялық талдау бұл электр жүктемесін болжау үшін қолданылатын әдіс. Ол жүктеме мен оның факторлары арасындағы тәуелділікті статистикалық талдауға негізделген, мысалы, температура, тәулік уақыты, апта күні, мерекелер және энергияны тұтынуға әсер етуі мүмкін басқа факторлар. Жиындық регрессиялық талдауды қолдану үшін белгілі бір уақыт аралығында жүктеме және оның факторлары туралы мәліметтер жинау қажет. Содан кейін жүктеме мен оның факторлары арасындағы байланысты анықтау үшін статистикалық талдау қолданылады.

Жиындық регрессиялық талдау әдісін қолдана отырып, кеңістіктік электр жүктемесін болжау алгоритмі [2] мақаласында ұсынылған. Электр жүктемесін болжау дәлдігін арттыру үшін өткен жылғы электр жүктемесін

сатудың кіріс айнымалылары таңдалды. Сынақ нәтижелері ұсынылған әдістің жалпы дәлдігі 10% жақсарғанын көрсетеді. Ұсынылған әдіс тарату жүйелеріне оңтайлы инвестициялау үшін жергілікті электр жүктемелерін болжау үшін пайдаланылады, бірақ жүктемені қысқа мерзімді болжау үшін жарамсыз, өйткені орташа абсолютті пайыздық қателік 5% - дан асады.

Сызықтық регрессияға және жүктеме уақыттарының күнделікті циклдік заңдылықтарына негізделген жүктемені қысқа мерзімді болжауға арналған бір өлшемді модельдер [2] мақалада ұсынылған. Кіріс және шығыс айнымалылары ретінде пайдаланылатын үлгілер күнделікті кезеңдерден асатын кезеңдердің трендтік және маусымдық ауытқуларын сүзу арқылы болжау тапсырмасын жеңілдетеді. Жүктеме болжамы болжамды шығыс үлгісіне және жүктеменің уақыт қатарын сипаттайтын айнымалылардың ағымдағы мәндеріне негізделген. Ұсынылған қадамдық және Лассо регрессиялары болжаушылардың санын бірнеше рет азайтады. Негізгі компоненттердің регрессиясында және ішінара регрессияда ең кіші квадраттар әдісімен тек бір болжаушы қолданылады. Қолдану мысалдары ұсынылған тәсілдердің құнды қасиеттерін және олардың жоғары дәлдігін растайды.

Жиындық регрессиялық талдауды қолданудың артықшылығы-оның қарапайымдылығы мен түсінігі. Оны Машиналық оқыту бойынша арнайы білімді қажет етпей-ақ пайдалануға болады және оқыту үшін үлкен көлемдегі деректерді қажет етпейді. Бірнеше регрессиялық талдау әдісінің кемшілігі-бұл дұрыс емес болжамдарға әкелуі мүмкін кірістердің бұлыңғырлығы мен белгісіздігін ескере алмайды. Сонымен қатар, бірнеше регрессиялық талдау деректердегі шығарындылар мен қателіктерге сезімтал болуы мүмкін, бұл нәтижелердің бұрмалануына әкелуі мүмкін.

Бұлыңғыр логиканы электр жүктемесін болжау үшін де қолдануға болады. Бұл анық емес немесе анықталмаған деректермен жұмыс істеуге және кіріс параметрлерінің белгісіздігі мен бұлыңғырлығын ескеруге мүмкіндік береді. Бұлыңғыр логиканы қолдана отырып, жүктемені болжау үшін үш негізгі компоненттен тұратын анық емес шығыс жүйесі қолданылады: бұлыңғыр білім базасы, бұлыңғыр логика блогы және шығыс блогы. Бұлыңғыр білім базасында кіріс пен шығыс болжамы арасындағы байланысты сипаттайтын лингвистикалық айнымалылар мен ережелер бар. Бұлыңғыр логика блогы бұлыңғыр білім қорынан қандай ережелерді қолдану керектігін анықтау үшін кіріс деректерінде бұлыңғыр операцияны орындайды. Шығару блогы қолданылған ережелер мен түсініксіз операцияларға негізделген шығыс болжамын анықтайды.

Бұлыңғыр логика мен адаптивті нейро-бұлыңғыр қорытынды жүйесін қолдана отырып жасалған қысқа мерзімді жүктемені болжау модельдері[2] мақалада келтірілген. Бұл мақалада бұлыңғыр логика 1 жыл ішінде өте үлкен тестілік деректер жиынтығында жақсы нәтиже бере алатындығы көрсетілген. Сонымен қатар, үлкен аумақтары бар елдер үшін қаланың тек бір нүктесінен алынған температура деректері болжау қателіктерінің артуына әкеледі. Болжау дәлдігі тұрғысынан бұлыңғыр логикалық модельдердің орташа

абсолютті пайыздық қателіктері 2,1% құрайды. Нәтижелер бұлыңғыр логиканың ұсынылған модельдері жүктемені тиімді болжауға және нақты деректерге өте жақын мәндерді шығаруға қабілетті екенін көрсетеді.

Күннің уақыты мен температурасы бұлыңғыр логикалық контроллер үшін[2] мақалада кіріс ретінде қабылданады, ал болжамалы жүктеме шығыс сигналы болып табылады. Бұлыңғыр болжамды жүктеме мәндері әдеттегі болжамды мәндермен салыстырылады. Болжалды жүктеме $\pm 3\%$ шегінде нақты жүктемеге дәл сәйкес келеді. Бұл сандардан бұлыңғырлыққа негізделген өзін-өзі бағалау дәстүрлі әдіске қарағанда әлдеқайда төмен болжамды мәнге ие екенін көруге болады. Демек, бұлыңғыр логикалық тәсіл тиімдірек және үнемді, ол нақты жүктемеге өте жақын.

Жүктемені болжау үшін бұлыңғыр логиканы қолданудың артықшылығы-кірістердің бұлыңғырлығы мен белгісіздігін ескеру және қарапайым статистикалық талдау әдістеріне қарағанда дәлірек болжам жасау мүмкіндігі. Сонымен қатар, бұлыңғыр логика нейрондық желілерге қарағанда қарапайым және түсінікті әдіс болып табылады және машиналық оқыту туралы арнайы білімді қажет етпейді. Бұлыңғыр логиканы қолданудың кемшілігі-бұл қолмен жасау қиын болуы мүмкін лингвистикалық айнымалылар мен ережелерді анықтауды талап етеді. Сонымен қатар, егер ережелер мен лингвистикалық айнымалылар дұрыс анықталмаса немесе дәл анықталмаса, бұлыңғыр логика қателіктер жіберуі мүмкін.

Электр жүктемесін болжау үшін кеңінен қолданылатын келесі әдіс нейрондық желілер болып табылады. Олар деректердің үлкен көлемін талдай алады және энергияны тұтынуға әсер ететін әртүрлі факторлар арасындағы күрделі тәуелділіктерді анықтай алады. Нейрондық желілер арқылы жүктемені болжау үшін әртүрлі архитектуралар қолданылады, мысалы: қайталанатын нейрондық желілер, конволюциялық нейрондық желілер және терең нейрондық желілер. Бұл архитектуралардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары бар және нақты тапсырмаға байланысты оңтайлы болуы мүмкін. Жүктемені болжауға арналған кіріс ақпарат энергияны тұтынудың тарихи деректері, ауа-райы жағдайлары, аптаның күндері, тәулік уақыты және басқа факторлар болуы мүмкін. Осы мәліметтерге сүйене отырып, нейрондық желі болашақ энергияны тұтынудың болжамын жоғары дәлдікпен шығара алады.

Нейрондық желілердің әртүрлі кластарын пайдалану кезінде жүктемені қысқа мерзімді болжау мәселесін салыстырмалы зерттеу [2] мақалада жүргізіледі. Автор қарастырылған модельдерді алдымен бақыланатын синтетикалық есептерде, содан кейін зерттеудің маңызды практикалық мысалдарын қамтитын әртүрлі нақты деректер жиынтығында сынайды. Мақалада ең маңызды архитектураларға жалпы шолу жасалады және нақты құны бар уақыт қатарларын болжау үшін қайталанатын желілерді орнату бойынша ұсыныстар анықталады. Жасанды нейрондық желі арқылы алынған нәтижелер көптеген тапсырмаларда бәсекеге қабілетті және оны жүзеге асырудың қарапайымдылығы оны уақыт қатарларын болжаудың тартымды

құралына айналдырады. Жасанды нейрондық желілердің оқу процедурасы жылдамырақ болғанымен, өнімділігі әр түрлі параметрлерге тәуелді.

Электр энергиясын тұтынуды болжау үшін 24 оңтайландырылған болжамды модель конфигурациясын енгізуді қамтитын жаңа әдістеме [2] мақалада ұсынылған. Бұл ұсынылған конфигурациялар айтылған сызықтық регрессияның әр моделі, тірек векторының регрессиясы, болжамалы модельдердің бір бағытты ұзақ мерзімді және қысқа мерзімді жады мен екі бағытты ұзақ мерзімді және қысқа мерзімді жады үшін әртүрлі кіріс жиынтығының сценарийлерін қолдануды қамтиды. Нәтижелер модельді болжау дәлдігін арттыру мақсатында осындай теңшеу процестерін қолданудың маңыздылығын көрсетті. Алдыңғы зерттеулерде болжаудың озық әдістері қолданылғанымен, ұсынылған конфигурация болжау дәлдігін айтарлықтай арттыра алды.

Жүктемені болжау үшін нейрондық желілерді қолданудың көптеген артықшылықтары бар, мысалы, энергияны пайдалану тиімділігін арттыру, энергияны өндіру мен тарату шығындарын азайту және желінің тұрақтылығын жақсарту. Электр жүктемесін болжау үшін нейрондық желілерді қолданудың көптеген артықшылықтарына қарамастан, кейбір кемшіліктерді ескеру қажет. Нейрондық желіні оқыту үшін үлкен көлемдегі деректер қажет, бұл жүктеме деректері шектеулі немесе толық болмаса, қиындық тудыруы мүмкін. Нейрондық желілерді оқыту және пайдалану үшін жоғары есептеу қуаты қажет, бұл кейбір энергетикалық жүйелер үшін қиын болуы мүмкін. Нейрондық желілерді жобалау және конфигурациялау үшін машиналық оқыту және жасанды интеллект саласындағы тәжірибелі мамандар қажет. Нейрондық желілер де қателіктерге бейім болуы мүмкін, мысалы, кез-келген болжау әдісі сияқты, жүктемені дұрыс болжай алмауы мүмкін.

Шыққан нәтижелер барлық үш әдіс электр жүктемесін болжау үшін қолдануға мүмкін екенін көрсетеді. Электр жүктемесін болжау әдістерін салыстыру – күрделі мәселе, өйткені әр әдістің өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар және оның сипаттамаларына байланысты белгілі бір болжау өз тапсырмасына сәйкес келмеуі мүмкін. Мысалы, егер деректер бір-бірімен айқын сызықтық байланыста болса және қарапайым және түсінікті болжау әдісі қажет болса, бұл мәселені шешу үшін бірнеше регрессиялық талдау әдісі жақсы сәйкес келеді. Егер бастапқы деректер бір-бірімен айқын сызықтық байланыста болмаса немесе кірістер күрделі қатынастар мен белгісіздіктерді қамтыса, жүктемені болжау үшін нейрондық желілерді қолдану тиімдірек болуы мүмкін. Бұлыңғыр логика кірістердің бұлыңғырлығы мен энергияны тұтынуға әсер етуі мүмкін белгісіздіктерді ескеру қажет болған жағдайда пайдалы болуы мүмкін. Жалпы электр жүктемесін болжау әдісін таңдау тапсырманың сипаттамаларына және деректердің қолжетімділігіне байланысты болады. Жақсы нәтижеге жету үшін кейде бірнеше әдістерді бірыңғай қолдану қажет.

- 1 Atef S., Nakata K., Eltawil A.B. A deep bi-directional long-short term memory neural network-based methodology to enhance short-term electricity load forecasting for residential applications [Text] /Computers & Industrial Engineering. – 2022.
- 2 N. Ozeranskaya, R. Abeldina, G. Kurmanova, Zh. Moldumarova, L. Smunyova. Agricultural land management in the system of sustainable rural development in the republic of kazakhstan [Text] / International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) // -2018. Vol.9. Issue 13. -P. 1500-1513. (Scopus)
[\[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059564276&origin=resultslist\]](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059564276&origin=resultslist)