

**Калантаевская Наталья Игоревнаың 8D07103 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Машиналық оқыту технологияларын пайдалана отырып, энергия тұтыну көлемін қысқа мерзімді болжау» диссертациялық жұмысына**  
**АННОТАЦИЯ**

**Жұмыстың өзектілігі.** Қазақстанның энергетика саласы дамуының қазіргі кезеңінде, электр энергиясын өндіру көлемі тұрақты жоғары көрсеткіштерге жеткен кезде, өндірілетін қуаттар электр энергиясына өнеркәсіптік және тұрмыстық тұтынушылардың сұранысын іс жүзінде жабады, тұтастай алғанда, энергетика жүйесінің жұмыс істеу сапасын арттыру мәселесі өзекті болып отыр.

Тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз етудің басты ерекшелігі – тұрақты өндіріс процесі, сонымен бірге электр энергиясын бөлу және тұтыну. Энергия нарығының мүшелері арасында электр энергиясын оңтайлы бөлу жеткізілетін энергияның сапасына тікелей әсер етеді. Осылайша, энергияны тұтыну көлемінің күрт өзгеруі жабдықтың шамадан тыс жүктелуіне және істен шығуына, сондай-ақ электрмен жабдықтау жүйесінің функционалдығының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Жабдықтар мен электр желілеріне жүктеме энергияны тұтынуға тікелей байланысты. Келесі сағат пен келесі күндегі тұтыну мөлшері туралы ақпарат сұранысқа ие болады. Энергияны тұтынудың дұрыс болжамын жасау тарату желісінің топологиясын алдын-ала өзгертуге және төтенше жағдайларды болдырмауға мүмкіндік беретін жедел диспетчерлік басқару жүйесін құруға көмектеседі.

Бұдан басқа, 2008 жылдан бастап Қазақстан аумағында электр энергиясының теңгерімдеуші нарығының жұмысы басталды. Осылайша, электр энергиясын өндірушілер өзі өндірілген аймақты электрмен қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар, негізгі желілер арқылы энергияны басқа аймақтар мен елдерге сата алады немесе керісінше, энергияны сатып ала алады.

Бұл нарықтың электр ресурстарын сатып алу, сондай-ақ, сату жөніндегі мәмілелерге қатысты жұмысының ерекшелігі еркін сауда қағидатына негізделеді, онда нарық мүшелері нақты пайдаланылған энергия мен бұрын мәлімделген энергия арасындағы айырмашылықты ғана сатып алады. Сондықтан, жоспарланған тұтыну мен ресурстарды пайдалану нәтижесінің арасындағы айырмашылық неғұрлым маңызды болса, тепе-теңдік нарығында жұмыс істейтін ұйымдар соғұрлым көп материалдық шығындарға ие болады. Сипатталған энергия нарығының жұмыс ережелері сауда-саттыққа қатысатын ұйымдарға электр энергиясын пайдалануға қатысты неғұрлым нақты болжамдарды құру үшін тиімді болған кезде алғышарттар мен жағдайлар жасайды.

Жүктемені болжаудың әртүрлі әдіс-тәсілдері бар. Тәжірибеде жиі қолданылатыны – бұл статистикалық әдістердің әртүрлі комбинациясы.

Барлық жағдайларда бұл әдіс жақсы нәтиже бермейді. Әр түрлі нысандар энергияны тұтынудың өзіндік сипатына ие, сонымен қатар әртүрлі факторлар белгілі бір объектілерде энергияны тұтыну көлеміне әсер етеді. Энергияны тұтыну ерекшеліктерінің ішінде энергияны тұтынуға әсер ететін факторлар мен нақты тұтыну қуаты арасындағы тәуелділікті белгілеудегі қиындықты, сондай-ақ белгілі бір факторлардың үйлесіміндегі әсер деңгейінің өзгеруін атап өтуге болады.

Энергия тұтынуды болжаудағы әртүрлі міндеттерді шешу мәселелеріне мына ғалымдардың жұмыстары арналған: А.С.Бердин, Бэнн, Е.Е.Васильева, В.А.Вагин, Н.И.Воропай, Н.Э.Готман, Б.И.Кудрин, Б.И.Макоклюев, А.М.Меламед, И.И.Надток, А.В.Седов, Г.П.Шумилова және т.б.

Электр энергиясының теңгерімдеуші нарығындағы жұмыс жағдайларының өзгеруіне, электрмен жабдықтау жүйелерінің өзгеруі мен күрделенуіне байланысты болжаудың сапасы мен дәлдігіне қойылатын талаптар өзгереді. Жүктемені болжау мәселесі өзекті болып қала береді және оны зерттеу белсенді дамуда. Деректерді талдаудың интеллектуалды әдістерінің қазіргі даму дәрежесі болжау жүйесін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Белгісіз немесе толық емес кіріс параметрлерімен сенімді нәтиже алуға мүмкіндік беретін болжау әдісі – машиналық оқыту құралдарын, атап айтқанда, жасанды нейрондық желілерді пайдалану болып саналады.

**Жұмыстың мақсаты мен міндеттері.** Жұмыстың мақсаты – машиналық оқыту құралдарын, атап айтқанда, жасанды нейрондық желілерді қолдана отырып, жедел диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау жүйесінде одан әрі пайдалану үшін энергияны тұтыну көлемін болжау әдістерін, модельдері мен алгоритмдерін әзірлеу.

Диссертациялық жұмыста қойылған мақсаттарға жету үшін төмендегідей міндеттер анықталып, шешілді:

1. Болжамдау күнінің алдындағы тәулікте тұтынылған жүктеме көлемінің мәндерін, өткен жылдың ұқсас күнінде тұтынылған жүктеме көлемі туралы ретроспективті ақпаратты, апта күнінің түрі туралы деректерді, сондай-ақ болжамдау күніндегі ауа температурасының сандық мәні туралы ақпаратты қамтитын нейрондық желіні оқытуға арналған есеп кітабы құрылды;

2. Болжау дәлдігіне әр түрлі мәліметтер базасының әсер ету дәрежесіне талдау жасалды;

3. Нейрондық желіні оқыту алгоритмі жасалды, оның ішінде нейрондық желінің архитектурасы, уақыт қатарларын болжауға жарамды оқу процесі таңдалды;

4. Энергия тұтынуды болжау негізінде диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау әдістемесі әзірленді;

5. Энергия жүйесінің ықтимал жай-күйі туралы ескерту, тиімді жұмыс істеу үшін энергия жүйесінің топологиясын өзгерту бойынша ұсыныстар базасы құрылды.

**Зерттеу объектісі:** Қазақстан Республикасы, Солтүстік Қазақстан облысы, Петропавл қ. Энергия тұтынудың тәуліктік кестесі.

**Зерттеу пәні:** энергияны тұтынуды болжау әдістері мен процестері.

**Ғылыми жаңалық** келесі ережелер мен нәтижелерден тұрады:

- Жоғары деңгейлі жасанды нейрондық желі негізінде қысқа мерзімді энергияны болжаудың интеллектуалды моделін жасалды;
- Нейрондық желіге енгізу болжаудың дәлдігін арттыратын факторлардың негізгі құрамы анықталды;
- Диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау үшін болжам деректерін пайдалану әдістемесі әзірленді.

#### **Практикалық құндылық.**

1. Жасанды нейрондық желілерді қолдана отырып, электр энергетикалық жүйелердің электр энергиясын тұтынуды болжау негізінде диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау алгоритмі жасалды.

2. MATLAB ортасында электр энергиясын тұтыну көлемдерін болжауды бағдарламалық іске асыру жүзеге асырылды.

#### **Қорғауға шығарылатын диссертацияның ережелері:**

- бір тәулік бұрын энергия тұтынуды қысқа мерзімді болжау үшін оқыту есептеуішінің деректер жиынтығы бар жасанды нейрондық желі моделі  $\square$  ;
- оқыту есептерінің мәліметтерін және нейрондық желіні оқыту алгоритмін құру;
- жедел диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау әдістемесінің құрылымы;
- шешімдерді қолдау блогының жұмыс істеу алгоритмін құру;
- шешім қабылдау жүйесінің функционалды архитектурасының схемалық диаграммасы.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертациялық зерттеудің негізгі ережелері мен нәтижелері: III Халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда (Омбы, 2019); «Техникалық әлеуетті дамыту мәселелері және оны арттыру бағыттары» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Уфа, 2019); сондай-ақ, «Қозыбаев оқулары-2018: Еуразиялық әлеует және жаһандық сын-қатерлер жағдайындағы дамудың жаңа мүмкіндіктері» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Петропавл, 2018) баяндалып, талқыланды.

**Жарияланымдар.** Диссертациялық зерттеудің нәтижелері 8 баспа ғылыми жұмысында, атап айтқанда, ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақалада, 1 мақалада нөлдік емес импакт – факторы бар халықаралық ғылыми журналда (Web of Science және Scopus дерекқорында индекстелген), халықаралық ғылыми конференциялардың еңбектерінде көрсетілген 4 жұмыста, оның ішінде 3 шетелдік және 1 республикалық, сондай-ақ 1 патентте.

**Автордың жеке қосқан үлесі.**

Диссертация авторы теориялық және эксперименттік зерттеулердің негізгі нәтижелеріне ие. Автордың бірлескен авторлармен бірге жазылған жарияланымдарға қатысу міндетін қою және эксперименттік зерттеулер жүргізу, әдістер мен алгоритмдерді әзірлеу, есептеулер және нәтижелерді жалпылау болып саналады.

**Диссертация құрылымы.** Диссертацияның классикалық құрылымы бар: кіріспе бөлім, негізгі бөлім (бес тарау, оның ішінде әр тарау бойынша қорытындылар), қорытынды, пайдаланылған дереккөздер тізімі. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 102 бетінде баяндалған, 45 сурет, 7 кесте және библиографиялық дереккөздердің 105 атауы, 2 қосымша бар.

**Кіріспеде** диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі, мақсаты сипатталады. Зерттеу пәні мен объектісіне сипаттама беріледі. Қорғауға шығарылатын ережелер көрсетіледі. Зерттеудің әр тарауына қысқаша сипаттама беріледі.

**Бірінші тарауда** Солтүстік Қазақстан облысының энергетикалық нарығы сипатталған. Қазақстанның энергетика саласындағы негізгі проблемалар қарастырылуда. Энергетиканы цифрландыру энергия жүйесінің жұмыс істеу сапасын арттырудың неғұрлым тиімді және өзекті тәсілдерінің бірі ретінде қаралады.

**Екінші тарауда** энергияны тұтынуды болжаудың қолданыстағы әдістері талданады. Болжаудың ең көп таралған әдістері сипатталған және олардың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Машиналық оқыту құралдарын, атап айтқанда, жасанды нейрондық желілерді пайдалану энергия тұтыну көлемін болжаудың ең тиімді әдісі ретінде қарастырылады. Жасанды нейрондық желілердің негізгі түрлері мен жұмыс тәсілдері сипатталған және көрсетілген.

**Үшінші тарауда** жасанды нейрондық желіні оқытудың негізгі кезеңдері мен алгоритмдері сипатталған. Болжау үшін бастапқы нақты деректерді талдау жүргізіледі, оқыту іріктемесінің оңтайлы құрамы сақталады.

**Төртінші тарауда** энергия тұтыну көлемін қысқа мерзімді болжау негізінде жедел диспетчерлік шешімдер қабылдауды қолдау әдістемесі сипатталған. Диспетчерлік шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесінің негізгі блоктарының жұмыс алгоритмі мен сипаттамасы келтіріледі.

**Бесінші тарауда** шешім қабылдауды қолдау үшін энергияны тұтынуды болжау жүйесі бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізіледі. Бастапқы деректер құрамы бойынша болжамның дұрыстығы бойынша эксперименталды зерттеу жүргізіледі.

**Қорытындыда** жүргізілген зерттеулер қорытындыланады және алынған нәтижелер негізінде қорытынды жасалады.

#### **Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған еңбектер**

1. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Электр қуатын тұтынуды болжау тәсілдері туралы // «Қозыбаев оқулары-2018: Еуразиялық әлеует және жаһандық сын-кәтерлер жағдайында дамудың жаңа

мүмкіндіктері» ХҒПК материалдары, Т.2. - Петропавл: М.Қозыбаев атындағы СҚМУ., 2018. 259-262 б.

2. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Солтүстік Қазақстан аймағында жасанды нейрондық желілер арқылы теміржол инфрақұрылымының энергия тұтынуын болжау // «Техникалық әлеуетті дамыту мәселелері және оны арттыру бағыттары» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция қорытындысы бойынша мақалалар жинағы. Халықаралық зерттеулер агенттігі. 2019. 42-46 б.

3. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Энергетикалық кешендегі нейрожелілік технологиялар // Павлодар мемлекеттік университетінің хабаршысы. Энергетикалық серия, №1(2019), 2019, 237-243 б.

4. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, А.А.Савостин, С.И.Латыпов Терең оқыту технологиясы негізінде Солтүстік Қазақстанның энергия тұтынуын болжау // Машинатану мәселелері. III ғылыми-техникалық халықаралық конференциядағы материалдар. Баспа: Омбы мемлекеттік техникалық университеті (Омбы), 2019

5. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Машиналық оқыту технологияларын қолдану арқылы энергия тұтынуды теңдестіру // «Ғылымды қажетсінетін технологиялар және зияткерлік жүйелер» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция қорытындысы бойынша мақалалар жинағы. Халықаралық зерттеулер агенттігі. 2019. 19-22б.

6. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Бір тәулікке алға жүктеме кестесін құру кезінде мәліметтерді ұйымдастыру және нейрондық желіні оқыту процесінің моделі // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы. – Алматы, 2019. №3 (46) 11-16 б.

7. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Оқыту іріктемесін ұйымдастыру тәсілінің электр жүктемесін болжау дәлдігіне әсерін зерттеу // Павлодар мемлекеттік университетінің хабаршысы. Энергетикалық серия, №3(2019), 2019, 250-256 б.

8. Н.И.Калантаевская, К.Т.Кошеков, С.И.Латыпов Машиналық оқыту техникаларының көмегімен бір тәулікке алға жүктемелер кестесін құру кезінде деректерді қалыпқа келтіруді қолдану тиімділігін зерттеу // Павлодар мемлекеттік университетінің хабаршысы. Энергетикалық серия, №3(2019), 2019, 257-264 б.

9. N.I.Kalantayevskaya, K.T.Koshekov, S.I.Latypov, A.A.Savostin, M.M.Kunelbaev. Design of decision-making support system in power grid dispatch control based on the forecasting of energy consumption // Cogent Engineering (2022), 9: 2026554 DOI: [10.1080/23311916.2022.2026554](https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2026554)