

Садықов С.О.¹, Орманбекова А.А.¹, Жұмахан Н.Б.¹

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

IoT ЖӘНЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ШЕШІМДЕР НЕГІЗІНДЕ ҚАЛАЛЫҚ ОРТА ЖАҒДАЙЫНДА ҒИМАРАТТАРДЫ ЭНЕРГИЯЛЫҚ ТИІМДІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Түйіндеме. Бұл мақалада қала жағдайында энергияны тиімді басқару жүйесін өзірлеу және енгізу мәселесі қарастырылады. Жүйенің мақсаты – автоматтандырылған басқару арқылы энергияны тұтынуды азайту, жайлылықты арттыру және пайдалану шығындарын азайту. Жұмыста IoT және интеллектуалды шешімдер арқылы деректерді жинау, талдау әдістері және параметрлер мониторингі қарастырылған. Әртүрлі сенсорлар мен энергия тұтынуды болжау және реттеу модульдерін қамтитын жүйенің архитектурасы ұсынылады. HVAC, жарықтандыру және басқа да ресурстарды адаптивті және болжамды алгоритмдер арқылы басқаруға басты назар аударылған. Мақалада пилоттық жобалар, инженерлік жүйелермен интеграциялау, қызметкерлерді оқыту, сондай-ақ қалалық инфрақұрылым деңгейінде жүйені масштабтау бойынша ұсыныстар талқыланады. Ұсынылған жүйе заманауи ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға және ақылды қалаларды дамытуға бағытталған.

Түйінді сөздер: энергиялық тиімділігі, IoT, интеллектуалды басқару, ақылды ғимараттар, энергетикалық ресурстар, қалалық орта, болжамды алгоритмдер.

Кіріспе. Соңғы онжылдықтарда тұрақты даму мен энергетикалық ресурстарды ұтымды тұтынуға ұмтылыс көптеген елдер, оның ішінде Қазақстан үшін басымдыққа айналды. Құрылыс және ғимараттарды пайдалану саласы энергия көлемін айтарлықтай тұтынады, бұл энергиялық тиімді шешімдерді енгізуді қажет етеді. Қалалық орта жағдайында көпқабатты тұрғын және коммерциялық ғимараттарда энергоресурстарды басқаруды оңтайландыру қажеттілігі тұрғындар санының өсуі мен инфрақұрылымның тығыздығының жоғары болуына байланысты артып келеді.

Жұмыстың мақсаты – қалалық орта жағдайында энергия тұтынуды оңтайландыру үшін IoT технологиялары мен интеллектуалды шешімдер негізінде ғимараттарды энергия тиімді басқару жүйесін әзірлеу.

Зерттеудің мақсаты – қолданыстағы шешімдерді талдау. Ғимаратты басқарудағы Интернет заттар (IoT) технологиялары. 2012 жылы сенсорлар саласында орын алған елеулі өзгерістер IoT технологияларының дамуын жылдамдатып, көптеген компаниялар үшін цифрлық трансформацияны жеделдетті. Жаңа технологиялар микроэлектромеханикалық жүйелердің (MEMS: механикалық және электрлік компоненттерді микрофабрикациялау арқылы жасалатын шағын құрылғылар) пайда болуына әкелді. Бұл технология сенсорларды өте шағын етіп жасауға мүмкіндік берді, сондықтан оларды, мысалы, киімге орнатуға болады. Бүгінде IoT «ақылды» ғимараттарды іске асыруда басты рөл атқарады. Олар ішкі және сыртқы орта туралы деректерді жинауға мүмкіндік беретін сенсорлар мен құрылғылар желілерін қамтамасыз етеді. IoT қосымшалары энергия тұтыну, климаттық жағдайлар, жабдықтың жағдайы және басқа да мәліметтер туралы үлкен көлемдегі деректерді бақылауға және талдауға мүмкіндік береді. Интеллектуалды термостаттар, жарықтандыру сенсорлары, ылғалдылық сенсорлары және қозғалыс сенсорлары сияқты құрылғылар нақты уақыт режимінде алынған деректер негізінде энергоресурстарды басқарып, олардың тұтынуын азайта алады.

Мысалы, Google Nest және Ecobee сияқты ақылды термостаттар температура мен жұмыс кестесі туралы деректерді талдап, жылыту және кондиционерлеу параметрлерін динамикалық түрде реттей алады. Бұл құрылғылар энергияны минималды тұтыну кезінде оңтайлы температураны сақтауды үйренеді. Энергоресурстарды басқарудың интеллектуалды алгоритмдері. Жасанды интеллект (ЖИ) заманауи энергетика саласында маңызды құралға айналып, энергетикалық жүйелерді оңтайландыру мен болжау үшін жаңа мүмкіндіктер ұсынады. Озық технологияларды энергетикамен үйлестіре отырып, ЖИ ресурстарды тиімді пайдалануға және энергия тұтынуды басқаруға мүмкіндік береді. Үлкен көлемдегі деректерді, мысалы, ауа райы жағдайлары мен тұтынушылардың әдеттерін талдай отырып, ЖИ энергияға деген сұранысты дәл болжай алады. Бұл энергетикалық компаниялар-

ға ресурстарды тиімдірек бөлуге, шығындарды азайтуға және электр станцияларының жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мысалы, ЖИ ыстық ауа райында электр энергиясына сұраныстың артуын болжай алады және электр энергиясын өндіруді алдын ала түзетеді.

ЖИ сондай-ақ электр энергиясын тұтынуды тәулік бойы неғұрлым біркелкі бөле отырып, жүктеменің оңтайлы кестесін жасауға көмектесе алады. Бұл шыңдық жүктемелерден және онымен байланысты электр энергиясын өндіру мен тасымалдауға жұмсалатын артық шығындардан аулақ болуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ЖИ энергия сақтау құрылғыларын басқарып, зарядтау мен разрядтау үшін оңтайлы уақытты анықтай алады. Нақты уақыт режиміндегі деректерді пайдалана отырып, ЖИ жүйені ағымдағы жағдайларға бейімдеп, энергиямен жабдықтау тиімділігі мен сенімділігін арттыра алады. Мысалы, егер электр станциясында апат орын алса, ЖИ энергия ағындарын қайта бөлуді тез жүзеге асырып, тұтынушыларға әсерін барынша азайта алады.

ЖИ тұтынушылармен өзара әрекеттесіп, энергия тұтынуды басқару бойынша ұсыныстар бере алады. Мысалы, ол энергияны тарифтердің төмен кезінде қалай пайдалану керектігін ұсына алады немесе үй шаруашылықтары мен кәсіпорындарға энергия тиімділігін арттырудың жолдарын көрсете алады.

Іске асыру мысалдары және олардың тиімділігі. Зерттеулер көрсеткендей, мұндай шешімдерді өртүрлі қабаттардағы ғимараттарға енгізу энергия тұтынуды ғимараттың ерекшеліктеріне және технологиялық жабдықтау деңгейіне байланысты 20-40%-ға азайтуға мүмкіндік береді. Сәтті жобалардың мысалдарына Жапония, Германия және АҚШ сияқты елдердегі шешімдер жатады, онда энергиялық тиімді жүйелер қалалық энергетикалық желілерге түсетін жүктемені азайтуға көмектеседі.

Энергетикалық желілердегі сұраныс пен ұсынысты басқару: Siemens және Schneider Electric сияқты компаниялар энергияға деген сұранысты дәл болжау және оны ұсынысымен теңестіру үшін ЖИ пайдаланады. Бұл өнеркәсіпте және кәсіпорындарда энергия тұтынуын автоматты түрде реттеуді қамтиды әрі үлкен жүктемелерді төмендетуге мүмкіндік береді.

Ақылды электр желілері (Smart Grids): IBM компаниясы сияқты

интеллектуалды желілерді құру жобалары ЖИ-ды тұтынушылардың есептегіштерінен, метеостанциялардан және басқа көздерден деректерді талдау үшін қолданады. Бұл энергияның желіде таралуын және тұтынуын болжауға және оңтайландыруға, сондай-ақ желінің сенімділігін арттырып, пайдалану шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Hopeuwell компаниясының ақылды ғимараттарды басқару жүйелері: Бұл жүйелер жылу, вентиляция және кондиционерлеу жүйелерін бақылау мен басқару үшін кешенді IoT шешімдерін пайдаланады. Бұл шешімдер жылыту және салқындату бойынша энергияны 20%-ға дейін үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Ұсынылған жүйенің архитектурасы. Жүйенің жалпы құрылымы. Өзірленіп жатқан энергияны үнемдейтін басқару жүйесі келесі негізгі деңгейлерді қамтитын көп қабатты архитектураға негізделген:

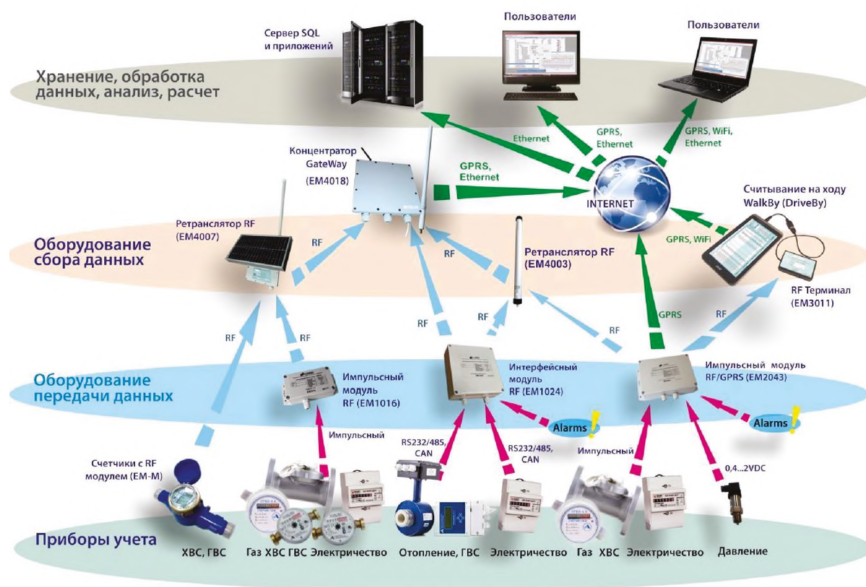
Датчиктер мен деректерді жинау құрылғыларының деңгейі: қоршаған ортаның параметрлерін (температура, ылғалдылық, жарық), энергия мен көмірқышқыл газын тұтыну көрсеткіштерін өлшейтін IoT сенсорларын қамтиды. Құрылғылар орталық басқару жүйесіне деректерді беруді қамтамасыз ететін шлюздерге қосылған.

Аралық деңгей-шлюздер мен деректерді өңдеу түйіндері: архитектураның осы бөлігіндегі құрылғылар орталық жүйеге жүктемені азайту және жүйенің қоршаған ортаның өзгеруіне жылдам жауап беруін қамтамасыз ету арқылы деректерді алдын ала өңдеуге және сүзуге жауап береді.

Орталық деңгей – бұлтты платформа: негізгі деректер қоймасын, аналитикаға қол жеткізуді және деректерді өңдеуді қамтамасыз етеді. Бұл деңгейде деректер талданады және құрылыс жүйелерін басқару үшін сигналдар жасалады.

Басқару және бақылау деңгейі: энергияны оңтайлы тұтыну үшін жылыту, жарықтандыру және желдету жүйелерінің жұмысын бейімдейтін Машиналық оқыту мен болжамды модельдерге негізделген интеллектуалды алгоритмдерді қамтиды (1-сурет).

Жүйенің негізгі модульдері. Параметрлерді бақылау модулі – ғимараттың ішіндегі және сыртындағы ағымдағы жағдайлар туралы деректерді жинауға және бастапқы өңдеуге жауап беретін жүйенің негізгі элементі. Модульде температура, ылғалдылық, жарықтандыру, үй-жайлардың толықтығы және көмірқышқыл газының концентра-



1-сурет – жүйе архитектурасының мысалы

циясы, сондай-ақ әртүрлі жүйелердің қуат тұтынуы сияқты қоршаған орта параметрлерін тікелей бақылауға арналған бірқатар сенсорлар мен құрылғылар бар.

Бұл жұмыста, жолда немесе демалыста болсаңыз да, үйді және ондағы барлық нәрсені басқаруды жеңілдетеді. Айта кету керек, мұндай жүйелер адамның қауіпсіздігін де, жайлылығын да қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Су немесе газ ағып кеткен жағдайда, жүйе бұл оқиғаны жазып және пайдаланушыға дыбыстық сигнал беріп қана қоймайды, сонымен қатар өшіру клапанын автоматты түрде іске қосады және қауіпті аймақта электр қуатын өшіреді.

Қауіпсіздік жүйесінің жұмысы туралы өгжей-төгжейлі есептерді және бейнекамералардан жазуды кез-келген уақытта Интернет арқылы алуға болады, ал егер қаласаңыз, SMS немесе веб-интерфейс арқылы бірқатар әрекеттерге араласуға болады.

Осыған байланысты SmartThings қуатты бақылау құралын ұсынады. Үйді бақылау жинағы виртуалды құлақ пен көз ретінде әрекет

ету үшін арнайы жасалған. Бұл сіздің пәтеріңізде не болып жатқаны туралы алаңдамай күнделікті мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Жинаққа әртүрлі сенсорлар, құлыптар, камералар және басқа да көптеген құрылғылар кіреді. Мысалы, есікті ашатын сенсорлар гараждың, кіреберіс есіктердің және терезелердің күйін басқара алады. Қозғалыс сенсорлары пәтердегі әртүрлі қозғалыстарды үнемі қадағалап отырады, ал ақылды розеткалар белсенді құрылғылар туралы хабарлайды.

Датчиктер деректерді шлюздерге – орталық серверге немесе бұлттық платформаға жібермес бұрын оларды алдын ала өңдейтін құрылғыларға жібереді. Бұл оларға:

- берілетін деректер көлемін азайту және желідегі жүктемені азайтуға;
- шулы деректерді жою және жіберілген ақпараттың дәлдігін жақсарту үшін сүзуді орындауға;
- жергілікті есептеулерді орындау және шешімдерді тезірек қабылдау, мысалы, пайдаланылмаған бөлмелердегі жарықты өшіруге мүмкіндік береді.

Бақылау модулі берілген параметрлерден ауытқуларды анықтауға арналған (мысалы, белгілі бір аймақтарда тым көп қуат тұтыну, қызып кету немесе гипотермия). Алгоритмдер анықталған ауытқулар туралы хабарламаларды автоматты түрде жібере алады. Бұл ақауларға уақтылы жауап беруге және төтенше жағдайлардың, сондай-ақ артық шығындардың алдын алуға және энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Энергияны тұтынуды болжау модулі. Модуль бақылау модулі жинаған бұрынғы энергия тұтыну деректерін, соның ішінде температура, ылғалдылық, адамдардың болу кестелері және энергия шығынына әсер ететін әрекеттер туралы ақпаратты пайдаланады. Бұл деректер тұтынудың қоршаған орта факторларына тәуелділігі мен заңдылықтарын анықтау үшін талданады. Осы тәсіл әдеттегі және бірегей тұтыну сценарийлерін ескеретін тұрақты модель құруға мүмкіндік береді.

Модульдің негізі сызықтық регрессия, нейрондық желілер және уақыт қатарларының әдістерінің бірі Машиналық оқыту және статистикалық талдау алгоритмдері болып табылады. Олар деректердегі жасырын үлгілерді анықтауға және нақты уақыттағы өзгерістерді ескере

отырып, қуат тұтынуды болжауға мүмкіндік береді. Негізгі тәсілдерге мыналар жатады:

- Тарихи деректер мен ағымдағы жағдайларға негізделген тұтынуды болжауға арналған *регрессиялық модельдер*;
- Көлемді деректерден үйренетін және күрделі сценарийлерді дәлірек болжайтын *нейрондық желілер мен шешім ағаштары*;
- Тұтынудың маусымдық және уақыттық ауытқуларын ескеретін *уақыт қатарларының әдістері*.

Басқару модулі – бақылау модулінен және энергияны тұтынуды болжау модулінің болжамдарынан алынған мәліметтер негізінде командалардың орындалуын қамтамасыз ететін, энергияны үнемдейтін ғимаратты басқару жүйесінің құрамдас бөлігі. Оның міндеті – ғимараттың инженерлік жүйелерінің жұмысын оңтайлы ету, жайлылық жағдайларын сақтау және энергия шығынын азайтуға бейімдеу. Басқару модулінің негізгі функциялары: кіріс деректерді талдау және командаларды қалыптастыру. Басқару модулі бақылау модулінен келетін деректерді өңдейді, сонымен қатар жүйенің параметрлерін реттеу үшін энергияны тұтыну болжамдарын қолданады. Ағымдағы жағдайлар мен болжамдарға сүйене отырып, ол ғимараттарды жылыту, желдету және кондиционерлеу (HVAC), жарықтандыру және қуат тұтынатын құрылғылар сияқты әртүрлі жүйелер үшін командалар құрады. Басқару модулі тәулік уақытына, үй-жайларды пайдалану кестесіне және басқа факторларға байланысты реттелетін берілген сценарийлер бойынша жұмыс істей алады. Мысалы:

Модуль түнде және белсенділігі төмен кезеңдерде энергия тұтынатын жабдықтың жұмысын барынша азайтатын энергия үнемдеу режимі. Ыңғайлы режим, жұмыс уақытында және ғимаратты пайдалану шыңында пайдаланушылардың жайлылығын арттыру үшін ауаны баптау және жарықтандыру реттеледі. Төтенше жағдай режимі, егер электр қуаты өшіп қалса немесе басқа күтпеген жағдайлар болса, басқару модулі маңызды жүйелерді қорғау үшін ауысады және барлық негізгі емес ресурстарды өшіреді. Деректерді жинау және талдау механизмдері ғимараттарды энергияны тиімді басқару жүйесінің орталық элементтері болып табылады. Олар әртүрлі көздерден деректерді ұқыпты және уақтылы жинауды және басқару шешімдерін қабылдау үшін оларды кейіннен өңдеуді қамтамасыз етеді. Энергия

тиімділігін басқару жүйесінің жұмысы энергия тұтынуды, микроклиматты және үй-жайларды жұмыспен қамту деңгейін талдауға көмектесетін сенсорлар мен IoT құрылғыларынан келетін сапалы деректерсіз тиімсіз болмақ.

Деректерді жинау мен талдаудың негізгі кезеңдері.

IoT құрылғылары мен сенсорларынан деректерді жинау.

Жүйе температура, ылғалдылық, жарық, көмірқышқыл газының концентрациясы, сондай-ақ адамдардың болуы туралы деректер сияқты қоршаған орта параметрлерін өлшеу үшін ғимаратта орнатылған көптеген IoT сенсорларын пайдаланады. Энергияны тұтыну датчиктері энергияны тұтынуды дәл есепке алу үшін ғимараттың негізгі жүйелері мен жеке аймақтарына да орнатылған.

Деректерді алдын ала өңдеу

Жиналғаннан кейін деректер алдын-ала өңдеу кезеңінен өтеді, онда Шу сигналдары, дұрыс емес немесе қате деректер жойылады. Өңдеу деректерді орталық қоймаға жібермес бұрын сүзетін жергілікті шлюздерде жүреді, бұл жүйеге жүктемені азайтады және аналитикалық деректердің дәлдігін арттырады.

Деректерді сақтау

Өңделген деректер аналитикалық және басқару модульдері қол жеткізе алатын орталық дерекқорда немесе бұлттық қоймада сақталады. Деректерді ұзақ мерзімді сақтау ретроспективті талдауға және трендтерді анықтауға, сондай-ақ болжамды модельдерді үйрету үшін деректерді пайдалануға мүмкіндік береді.

Нақты уақыттағы деректерді талдау және болжамды талдау

Жиналған деректерді талдау үшін уақыт сериялары, регрессиялық модельдер және нейрондық желілер сияқты Машиналық оқыту алгоритмдері қолданылады. Бұл алгоритмдер ресурстарды тұтыну және қоршаған орта факторлары арасындағы байланысты анықтауға көмектеседі. Нақты уақыттағы талдау жүйеге ғимараттардың жұмысын автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді, ал болжамды талдау болашақта қуатты тұтынуды оңтайландыру үшін ақпарат береді.

Есептер жасау және деректерді визуализациялау

Жиналған мәліметтер негізінде жүйе есептерді қалыптастырады және негізгі параметрлерді визуализациялайды. Бұл операторларға энергияны тұтынудың қазіргі тенденцияларын жақсы түсінуге және

жүйелердің тиімділігін бағалауға көмектеседі. Бейнелеу сонымен қатар энергияны тым жоғары тұтынатын проблемалық аймақтарды анықтауды жеңілдетеді және ауытқуларға уақтылы жауап беруге мүмкіндік береді.

Төмендегі диаграммадан (2 сурет) ғимараттың энергия тұтынуындағы маусымдық өзгерістерін байқауға болады. Бұл әртүрлі жүйелердің температура мен жарық деңгейінің өзгеруіне қалай бейімделетінін анық көрсетеді.



2-сурет – ғимараттың айлар бойынша энергия шығыны

Деректерді жинау және талдау механизмдері ғимараттардың энергияны тиімді басқару жүйесінің жұмыс істеуіне негіз болады. Деректерді жинау, алдын-ала өңдеу және сақтаудың нақты жүйесі болмаса, энергияны оңтайландыруға қол жеткізу және инженерлік жүйелерді адаптивті басқаруды қамтамасыз ету мүмкін емес.

Ғимараттың энергия ресурстарын басқару моделі (1-кесте) ғимараттың ішіндегі және сыртындағы өзгермелі жағдайларды ескере отырып, энергияны тиімді және ұтымды пайдалануды қамтамасыз етуге арналған. Ол инженерлік жүйелердің жұмысын бақылау және бейімдеу үшін бақылау жүйесі жинаған деректерге және энергияны

тұтыну болжамдарына сүйенеді. Басқару моделінің негізгі компоненттеріне жүйелердің жұмысын бақылау, талдау, реттеу және оңтайландыру кіреді.

1-кесте – Энергия ресурстарын басқару моделінің схемасының мысалы

Компонент	Сипаттама
Деректерді жинау	Температура, ылғалдылық, жарық, CO ₂ және қуат тұтыну көрсеткіштерінен деректерді алу.
Өңдеу және талдау	Деректерді сүзу, біріктіру және алдын ала өңдеу; негізгі көрсеткіштерді анықтау.
Болжау	Қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді болжамдарды құру Машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген энергияны тұтыну.
Оңтайландыру	Энергияны үнемдеу сценарийлерін құру, жүктемені бөлу және ғимарат жүйелерін адаптивті басқару.
Кері байланыс және оқыту	Тиімділікті бағалау негізінде жүйені бейімдеу; энергия тиімділігін жақсарту үшін басқару модельдері мен сценарийлерін түзету.

Энергияны басқарудың бұл моделі инженерлік жүйелерді ұзақ мерзімді перспективада ғимараттың энергия тиімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ететін бірыңғай басқару шешіміне біріктіруге мүмкіндік береді. IoT және смарт шешімдерге негізделген энергияны үнемдейтін ғимаратты басқару жүйесі энергияны тұтынуды оңтайландыру, пайдаланушылардың жайлылығын арттыру және экологиялық көрсеткіштерді жақсарту үшін болашағы зор платформа болып табылады. Жүйені сәтті енгізу және одан әрі кеңейту үшін келесі аспектілерді ескеру қажет.

Жүйені енгізу кезеңдері. Басқару жүйесін бірнеше ғимараттарға біріктірмес бұрын, оның функционалдығын нақты жағдайда сынау үшін пилоттық жобадан бастаған жөн. Пилоттық жоба ықтимал кедергілерді анықтауға және жүйені бейімдеу үшін нақты деректерді алуға мүмкіндік береді. Келесі маңызды қадам – жабдықты таңдау. Ғимараттың қажеттіліктерін талдау температураны, ылғалдылықты,

жарықтандыруды, көмірқышқыл газын және қуат тұтынуды бақылауға қолайлы IoT құрылғылары мен сенсорларын анықтайды. Техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтатын өзін-өзі диагностикалау функциясы бар жабдықты пайдалану ұсынылады. HVAC және жарықтандыру сияқты ғимараттың қолданыстағы инженерлік жүйелері біріктірудің негізгі аспектісі болып табылады. Оны BACnet немесе KNX сияқты әртүрлі жүйелермен үйлесімді стандарттар мен хаттамаларды қолдану арқылы жеңілдетуге болады. Бағдарламалық жасақтаманы орнату ғимараттың қажеттіліктерін және оны пайдалану сценарийлерін ескеруі керек, осылайша операторлар деректерге оңай қол жеткізе алады және жүйені басқара алады. Жүйені тиімді пайдалану үшін жүйені басқару және техникалық қызмет көрсету бойынша техникалық персоналды оқыту қажет.

Жүйені қалалық деңгейде масштабтау. Жүйені көптеген ғимараттарға кеңейту кезінде әртүрлі нысандардан деректерді бірыңғай басқару платформасына біріктіретін жалпы инфрақұрылымды дамыту қажет болады. Бұған деректерді орталықтан талдауға және жүйелерді басқаруға мүмкіндік беретін бұлтты технологияларды қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Масштабтаудың маңызды элементі нақты уақыт режимінде талдау мүмкіндігімен деректердің үлкен көлемін сақтауды, өңдеуді және оларға қол жеткізуді қамтамасыз ететін бірыңғай дерекқорды құру болады.

Қала деңгейінде масштабтау кезінде ғимараттарды аймақтарға бөлу және жергілікті басқару алгоритмдерін қолдану мүмкіндігін қарастыруға болады. Бұл энергия ресурстарын дәл басқаруды қамтамасыз ете отырып, әр ғимараттың әртүрлі қажеттіліктері мен ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Болжамдар мен басқарудың дәлдігін жақсарту үшін жаңа деректерге бейімделе алатын және өзін-өзі оқыта алатын болжамды алгоритмдерді енгізу ұсынылады. Мұндай Алгоритмдер уақыт өте келе жүйенің тиімдірек болуына көмектеседі. Масштабтау кезінде деректерді қорғау қажеттілігі де артады, сондықтан тасымалдау және сақтау кезеңдерінде сенімді шифрлауды қамтамасыз ету және авторизацияланған пайдаланушыларға қол жеткізу жүйесін құру маңызды.

Аяқтау және тиімділікті бақылау. Жүйені жаңа деңгейде енгізгеннен кейін нәтижелерді үнемі бағалау және басқару алгоритмдеріне

түзетулер енгізу маңызды. Мұндай бағалаулар энергияны үнемдеуді, пайдаланушылардың жайлылық деңгейін және жағдайлардың өзгеруіне жауап беру жылдамдығын талдауға негізделуі мүмкін. Жүйені үнемі жаңартып отыру және жақсарту оның өзгеріп отыратын жұмыс жағдайларына бейімделуіне және энергия ресурстарын басқарудың озық әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

Қорытынды. IoT және интеллектуалды шешімдерге негізделген ғимараттарға энергияны тиімді басқару жүйесін енгізу және масштабтау энергия шығындарын едәуір азайтуға, жайлылықты арттыруға және инженерлік жүйелердің қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Пилоттық жобалар, қолданыстағы жүйелермен интеграция, болжамды модельдерді қолдану және деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйені сәтті енгізу және кеңейту үшін ескерілуі керек негізгі аспектілер болып табылады.

Зерттеуді қаржыландыру көзі.

Жұмыс Алматы Технологиялық Университетінің «Автоматтандыру және робототехника» кафедрасының қолдауымен орындалды.

Алғыс. Алғыс Авторлар Алматы Технологиялық университетінің «Автоматтандыру және робототехника» кафедрасының меңгерушісі Орманбекова Айнура Алибековнаға зерттеулерді ұйымдастыруға және жүргізуге көмектескені үшін алғыс айтады.

References

- 1 Il i energetika: klyuch k effektivnomu upravleniyu energeticheskimi resursami [AI and energy: the key to efficient management of energy resources] // Dzen – 2019.
- 2 Prognostirovanie i planirovanie potrebleniya elektroenergii s pomoshch'yu machine learning [Forecasting and planning of electricity consumption using machine learning] // Habr.
- 3 Yarosh E.V. Ispol'zovanie interneta veshchej (IoT) dlya upravleniya energopotrebleniyem v umnyh gorodakh [Using the Internet of Things (IoT) for energy management in smart cities]// Zhurnal «Aktual'nye issledovaniya» #16 (198), aprel' 24.
- 4 Eliseev E. Internet veshchej (IoT) i ego vliyanie na umnye zdaniya [The Internet of Things (IoT) and its impact on smart buildings] // FriDom – 2022.

5 Sistema upravlениya energopotreblenіem zdaniya (BEMS)- chto eto? [Building Energy Management System (BEMS)-what is it?]/ Dzen -2020.

6 Anishchenko V.A., Kozlovskaya V.B. Metody i sredstva upravleniya energosnabzhenіem i potreblenіem elektroenergii [Methods and means of energy supply and consumption management]: uchebnoe posobie – Minsk: BNTU, 2013. -202p.

7 Rozyev A. Suvhanberdiev R. Kakadzhанov A. Ashyrov K. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya elektrosnabzhenіem zdaniya [Automated building power supply control system]/ Mezhdunarodnyj zhurnal «Simvol nauki» - #12–2023.

8 Avtomatizatsiya sistem upravleniya energosnabzhenіem [Automation of power supply control systems] // TMRsila-M – Minsk -2023.

Садыков С.О.¹, Орманбекова А.А.¹, Жумахан Н.Б.¹

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ИОТ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается разработка и внедрение системы энергоэффективного управления зданиями на базе технологий Интернета вещей (IoT) и интеллектуальных решений для городской среды. Цель системы — минимизация энергопотребления, повышение комфорта и снижение эксплуатационных затрат за счет автоматизированного управления системами умного здания. В работе анализируются существующие решения, предлагается архитектура системы, включающая датчики, модули прогнозирования и регулирования, а также механизм сбора и анализа данных. Основное внимание уделено управлению HVAC, освещением и другими ресурсами, с использованием адаптивных и предсказательных алгоритмов. Обсуждаются этапы внедрения, включая пилотные проекты, интеграцию с инженерными системами и обучение персонала, а также рекомендации по масштабированию системы на уровень городской инфраструктуры. Система направлена на повышение энергоэффективности и устойчивости современных зданий, что является важным этапом в создании умных городов.

Ключевые слова: энергоэффективность, IoT, интеллектуальное управление, умные здания, энергетические ресурсы, городская среда, прогностические алгоритмы.

Sadykov S.O.¹, Ormanbekova A.A.¹, Zhumakhan N.B.¹

¹Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan

ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT SYSTEM FOR BUILDINGS IN THE URBAN ENVIRONMENT BASED ON IOT AND INTELLIGENT SOLUTIONS

Abstract. This article explores the development and implementation of an energy-efficient building management system based on Internet of Things (IoT) technologies and smart solutions for urban environments. The system aims to reduce energy consumption, enhance comfort, and lower operational costs through automated control of engineering systems. The study analyzes existing solutions and proposes system architecture incorporating sensors, forecasting, and control modules, along with mechanisms for data collection and analysis. Key areas include HVAC, lighting, and other resources, managed through adaptive and predictive algorithms. The paper discusses the stages of implementation, including pilot projects, integration with building systems, and staff training, as well as recommendations for scaling the system to city infrastructure levels. The system aims to improve energy efficiency and sustainability in modern buildings, a crucial step in developing smart cities.

Keywords: energy efficiency, IoT, intelligent control, smart buildings, energy resources, urban environment, predictive algorithms.

Авторлар туралы мәліметтер

Садықов Самат Оспанович – 2-курс магистранты, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, samat.1092@mail.ru

Жұмахан Нұржан Бейбітұлы - аға оқытушы, техника ғылымдарының магистрі, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Орманбекова Айнура Алибековна – PhD докторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, a.ormanbekova@atu.edu.kz

Сведения об авторах

Садықов Самат Оспанович – магистрант 2-го курса, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, samat.1092@mail.ru

Жумахан Нуржан Бейбитұлы – сеньор-лектор, магистр технических наук, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Орманбекова Айнур Алибековна – PhD-доктор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, a.ormanbekova@atu.edu.kz

Information about the authors

Sadykov Samat Ospanovich – 2nd year Master's student, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, samat.1092@mail.ru

Zhumahan Nurzhan Beibituly – Senior Lecturer, Master of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Ormanbekova Ainur Alibekovna – PhD doctor, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, a.ormanbekova@atu.edu.kz