



АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
AUTOMATION AND CONTROL

DOI 10.51885/1561-4212_2025_1_163
MFTAA 50.43.15

Б.Т. Иманбек¹, Ж.Е. Байғараева², Н.Н. Қурманова³, А.К. Болтабоева⁴, Ж.Б. Кальпеева⁵

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: imanbek.baglan18.06@gmail.com*

E-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

E-mail: nuraida.kurmanovaa@gmail.com

E-mail: asiya322m@gmail.com

²Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ., Қазақстан

E-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university

АІ ЖӘНЕ SCADA КӨМЕГІМЕН МЕДИЦИНАДАҒЫ СТЕРИЛЬДІ ЖАҒДАЙЛАРДЫ БАҚЫЛАУ МЕН БАСҚАРУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ И УПРАВЛЕНИЮ СТЕРИЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ В МЕДИЦИНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИИ И SCADA

INNOVATIVE APPROACHES TO MONITORING AND MANAGEMENT OF STERILE CONDITIONS IN MEDICINE USING AI AND SCADA

Аңдатпа. Медициналық мекемелердегі таза үй-жайларды басқару үшін жасанды интеллектті SCADA жүйелеріне біріктіру өте маңызды міндет болып табылады, өйткені бұл үй-жайлардың стерильділігі медициналық процедуралардың қауіпсіздігіне және инфекциялық асқынулардың қаупін азайтуға тікелей әсер етеді. Бұл зерттеу қазіргі заманғы денсаулық сақтау мекемелері үшін өте маңызды болып табылатын бақылау және басқару жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігін арттырудағы жасанды интеллекттің әлеуетін бағалауға бағытталған. Бұл мақаланың мақсаты- жасанды интеллекттің SCADA жүйелері арқылы таза бөлмелердегі микроклимат параметрлерін басқаруды жақсарту мүмкіндіктерін көрсету, бұл қазіргі жағдайды дәл бақылауға ғана емес, сонымен қатар белгіленген нормалардан ықтимал ауытқуларды болжауға мүмкіндік береді. Зерттеу әдістемесі SCADA жүйелерінен жиналған деректердің сандық талдауын және жасанды интеллекттің дамыған моделінің жұмысын сапалы талдауды қамтиды. Нейрондық желілік модельдерді әзірлеу және оқыту бірнеше медициналық мекемелердің нақты операциялық деректері негізінде жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде AI-ны SCADA жүйелеріне біріктіру микроклиматтық жағдайлардың өзгеруіне болжау дәлдігі мен жауап берудің жеделдігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды, бұл қажетті стерильділік деңгейін сақтауға ықпал етеді. Авторлар ықтимал бұзушылықтардың алдын алуда жоғары тиімділікті көрсететін алгоритмдерді әзірледі және сынап көрді. Нәтижелер айтарлықтай теориялық және практикалық маңыздылыққа ие, өйткені олар таза бөлмелердегі ішкі микроклиматты басқару процестерін түсінуді жақсартуға ғана емес, сонымен қатар оларды оңтайландырудың тиімді құралдарын ұсынады. Бұл медициналық мекемелердің жалпы тиімділігін арттыруға және көрсетілетін медициналық қызметтердің сапасын жақсартуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, SCADA жүйелері, таза үй-жайларды басқару, медициналық мекемелер, микроклиматты бақылау, санитария, генетикалық ресурстар, ауа сапасы, негізгі медициналық көмекке қол жеткізудегі кедергілер.

Аннотация. Интеграция искусственного интеллекта в системы SCADA для управления чистыми помещениями в медицинских учреждениях является высокоактуальной задачей, поскольку стерильность этих помещений напрямую влияет на безопасность медицинских процедур и снижение риска инфекционных осложнений. Это исследование направлено на оценку потенциала искусственного интеллекта в повышении точности и надежности систем мониторинга и управления, что критически важно для современных медицинских учреждений. Цель данной статьи заключается в демонстрации возможностей искусственного интеллекта улучшить управление параметрами микроклимата в чистых помещениях через системы SCADA, что позволяет не только точно мониторить текущее состояние, но и прогнозировать потенциальные отклонения от установленных норм. Методология исследования включает использование количественного анализа данных, собранных с систем SCADA, и качественного анализа работы разработанной модели искусственного интеллекта. Разработка и обучение нейросетевых моделей проводилась на основе реальных операционных данных из нескольких медицинских учреждений. В результате исследования было выявлено, что интеграция ИИ в системы SCADA позволяет значительно повысить точность прогнозирования и оперативность реагирования на изменения микроклиматических условий, что способствует поддержанию необходимого уровня стерильности. Авторами разработаны и апробированы алгоритмы, которые демонстрируют высокую эффективность в предотвращении возможных нарушений. Полученные результаты имеют значительную теоретическую и практическую значимость, поскольку они позволяют не только улучшить понимание процессов управления внутренним микроклиматом в чистых помещениях, но и предлагают эффективные инструменты для их оптимизации. Это способствует повышению общей эффективности медицинских учреждений и улучшению качества оказываемых медицинских услуг.

Ключевые слова: искусственный интеллект, системы SCADA, управление чистыми помещениями, медицинские учреждения, мониторинг микроклимата, санитария, генетические ресурсы, качество воздуха, барьеры к доступу к базовому здравоохранению.

Abstract. The integration of artificial intelligence into SCADA systems for the management of clean rooms in medical institutions is a highly relevant task, since the sterility of these rooms directly affects the safety of medical procedures and reduces the risk of infectious complications. This study aims to assess the potential of artificial intelligence in improving the accuracy and reliability of monitoring and control systems, which is critically important for modern medical institutions. The purpose of this article is to demonstrate the capabilities of artificial intelligence to improve the management of microclimate parameters in clean rooms through SCADA systems, which allows not only to accurately monitor the current state, but also to predict potential deviations from established norms. The research methodology includes the use of quantitative analysis of data collected from SCADA systems and qualitative analysis of the work of the developed artificial intelligence model. The development and training of neural network models was carried out on the basis of real operational data from several medical institutions. As a result of the study, it was revealed that the integration of AI into SCADA systems can significantly improve the accuracy of forecasting and responsiveness to changes in microclimatic conditions, which contributes to maintaining the necessary level of sterility. The authors have developed and tested algorithms that demonstrate high efficiency in preventing possible violations. The results obtained have significant theoretical and practical significance, since they allow not only to improve the understanding of the processes of managing the internal microclimate in clean rooms, but also offer effective tools for their optimization. This contributes to improving the overall efficiency of medical institutions and improving the quality of medical services provided.

Keywords: artificial intelligence, SCADA systems, clean room management, medical facilities, microclimate monitoring, sanitation, genetic resource, air quality, barrier to basic health access.

Кіріспе. Таза бөлмелер денсаулық сақтау мекемелерінде, әсіресе операциялық бөлмелерде, зертханаларда және қоршаған ортаның стерильділігі инфекциялардың алдын алудың және медициналық процедуралардың тиімділігін қамтамасыз етудің негізгі факторы болып табылатын басқа аймақтарда маңызды рөл атқарады. Мұндай бөлмелерді басқару ауа тазалығын, температураны, ылғалдылықты және қысымды қоса алғанда, көптеген параметрлерді қатаң бақылауды қажет етеді, бұл қажетті зарарсыздандыру жағдайларын қамтамасыз етеді (Baird & Wang, 2019). Басқару технологияларының дамуымен SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) жүйелері медицинаны қоса алғанда, әртүрлі салалардағы техникалық процестерді бақылау мен бақылауда таптырмас құралға айналды. Бұл жүйелер әртүрлі датчиктер мен құрылғылардан орталықтан-

дырылған деректерді жинауға мүмкіндік береді, басқарылатын процестердегі өзгерістерге жедел жауап беруді және таза бөлмелерде оңтайлы жағдайларды сақтауды қамтамасыз етеді (Hassan, Siyal & Ker, 2020).

Жасанды интеллектті (AI) SCADA жүйелеріне біріктіру таза кеңістікті басқарудың тиімділігі мен дәлдігін арттырудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. AI пайдалану деректерді жинау мен талдауды автоматтандыруға ғана емес, ықтимал мәселелерді болжауға, ресурстарды оңтайландыруға және өзгермелі нақты уақыттағы жағдайларға бейімделуге мүмкіндік береді. Бұл бақылаудың жоғары дәрежесін және медициналық процедуралардың стерильділігі мен қауіпсіздігін сақтау үшін өте маңызды адам факторының төмендеуін қамтамасыз етеді (Khan & Kumar, 2019). Бұл жұмыста осы тәсілдің тиімділігі қарастырылады, негізгі проблемалар айқындалады және оларды шешу жолдары ұсынылады, бұл медициналық мекемелердегі стерильді жағдайларды басқару сапасын едәуір жақсартуға мүмкіндік береді.

Зерттеу гипотезасы. Жасанды интеллектті SCADA жүйелеріне енгізу денсаулық сақтау мекемелеріндегі таза үй-жайларды бақылау мен бақылауды жақсартады, олардың тиімділігі мен сенімділігін арттырады деп болжайды. SCADA деректерін талдау үшін AI алгоритмдерін қолдану стерильділіктің бұзылуын дәл болжауға және алдын алуға ықпал етеді.

Зерттеудің мақсаттары мен сұрақтары. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты – денсаулық сақтау мекемелеріндегі таза үй-жайларды басқару үшін SCADA жүйелерінде жасанды интеллектті қолданудың әлеуетін бағалау және практикалық аспектілерін анықтау. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер анықталды:

1. AI интеграциясына әсер етуі мүмкін негізгі талаптар мен шектеулерді анықтау мақсатында денсаулық сақтау мекемелерінің таза бөлмелерінде қолданылатын қолданыстағы SCADA жүйелерін талдау.

2. Үлкен көлемдегі деректерді талдау үшін машиналық оқыту мен нейрондық желілерді қоса алғанда, SCADA жүйелерінде қолдануға жарамды заманауи жасанды интеллект технологияларын зерттеу.

3. SCADA жүйесі жинаған деректерді талдау негізінде стерильділік жағдайында ықтимал бұзылуларды болжау және алдын алу үшін AI пайдаланатын модельді әзірлеу.

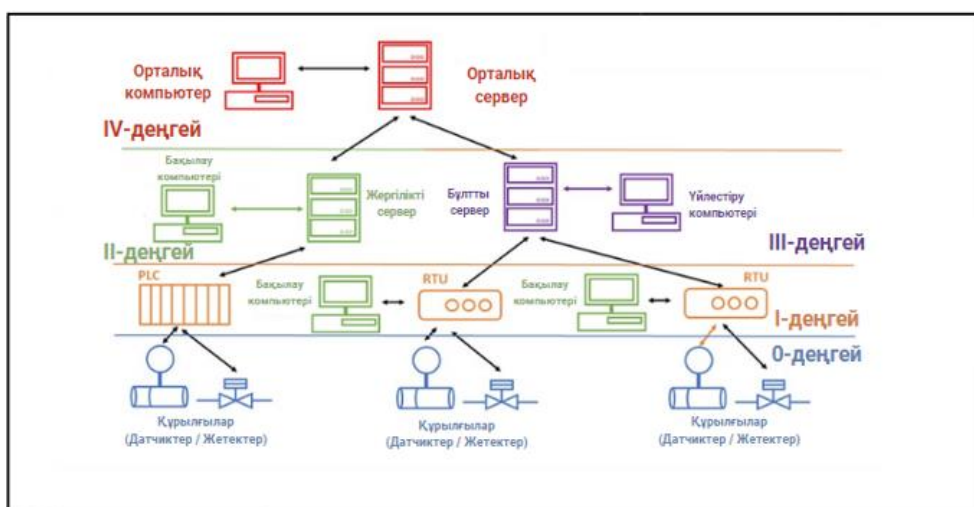
4. Модельді нақты пайдалану жағдайында оның тиімділігі мен сенімділігін бағалау үшін таңдалған эксперименттік базада пилоттық тестілеу.

5. SCADA жүйелеріне AI енгізу арқылы таза үй-жайларды басқарудың тиімділігі мен сенімділігін жақсарту дәрежесін анықтау үшін тестілеу нәтижелерін талдау.

Әдеби шолу. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) және жасанды интеллект (AI) жүйелерінің интеграциясы денсаулық сақтау мекемелеріндегі таза үй-жайларды басқару тәсілін айтарлықтай өзгертеді. Жасанды интеллекттің SCADA жүйелеріне интеграциясы: соңғы зерттеулер SCADA жүйелерінде жасанды интеллект (AI) қолдануды қарастыруда. AI алгоритмдері сенсорлардан алынған деректерді талдай отырып, ақауларды ерте анықтау, процестерді оңтайландыру және алдын алу шараларын әзірлеу бойынша жаңа мүмкіндіктер ашады. Мысалы, машиналық оқыту әдістері арқылы ауа тазалығын бұзатын ықтимал факторларды болжау және операциялық бөлмелердегі температура мен ылғалдылық деңгейлерін автоматты түрде түзету мүмкіндіктері қарастырылуда (Mohammed & Cai, 2019). Зерттеудің бұл бағыты медициналық процедуралар мен операциялар кезінде инфекциялық асқынулардың алдын алудың шешуші факторы болып табылатын жоғары стерильділікті қамтамасыз етудің маңызды қажеттілігі тұрғысынан таңдалады. Денсаулық сақтау мекемелеріндегі SCADA рөлі: SCADA жүйелері маңызды инфрақұрылымды бақылау және басқару үшін бұрыннан қолданылған және көптеген сенсорлардан орталықтандырылған деректер жинауды қамтамасыз етеді. Қашықтан басқару және мониторинг: жаңа буын SCADA жүйелері IoT

(Internet of Things) құрылғыларымен интеграциялана отырып, қашықтан басқару мүмкіндіктерін кеңейтті. Денсаулық сақтау мекемелерінде бұл технология дәрігерлер мен техникалық мамандарға мобильді қосымшалар арқылы нақты уақыт режимінде деректерді бақылауға мүмкіндік береді (Park & Lee, 2021). Олар медициналық қызметкерлерге операциялық залдар мен зертханалардағы температура, ылғалдылық және ауа тазалығы сияқты параметрлерді үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді. Бұл стерильділіктің барлық стандарттарын сақтау үшін қажетті жағдайларды сақтауға көмектеседі. Стерильділікті автоматтандырылған басқару: робототехника мен AI SCADA жүйелерімен бірге стерильділікті автоматты түрде қолдаудың жетілдірілген тәсілдерін ұсынады. Мысалы, кейбір зерттеулерде ультракүлгін сәулемен зарарсыздандыру немесе фильтрациялық жүйелерді автоматты түрде реттеу сияқты процестерді енгізу ұсынылған. Киберқауіпсіздік: SCADA жүйелерінің денсаулық сақтау саласында кең таралуы олардың кибершабуылдарға осал болу мәселесін тудырды. Соңғы зерттеулер SCADA жүйелерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуде AI негізделген шешімдерді қолдану бойынша зерттеулерге назар аударуда. Мысалы, аномалияларды анықтайтын AI модельдері жүйені хакерлік шабуылдардан қорғауға көмектеседі (Patel & Deshpande, 2019).

Жасанды интеллекттің үлесі. SCADA жүйелеріне AI енгізу бұл процестерді түбегейлі жақсарты алады. Жасанды интеллект өзінің оқу және бейімделу қабілетінің арқасында нақты уақыттағы деректерді талдай алады, қоршаған орта параметрлеріндегі ағымдағы ғана емес, сонымен қатар ықтимал проблемаларды да анықтай алады, бұл мүмкін стерильділіктің бұзылуына жол бермейді. Машиналық оқыту алгоритмдері алдыңғы деректерге негізделген ауытқуларды болжай алады, бұл пациенттерге немесе медициналық процедураларға қауіп төнгенге дейін түзету шараларын қабылдауға мүмкіндік береді (Simpson & Khanna, 2020).



1-сурет. SCADA жүйесінің архитектурасы

Ескерту – автормен құрастырылған

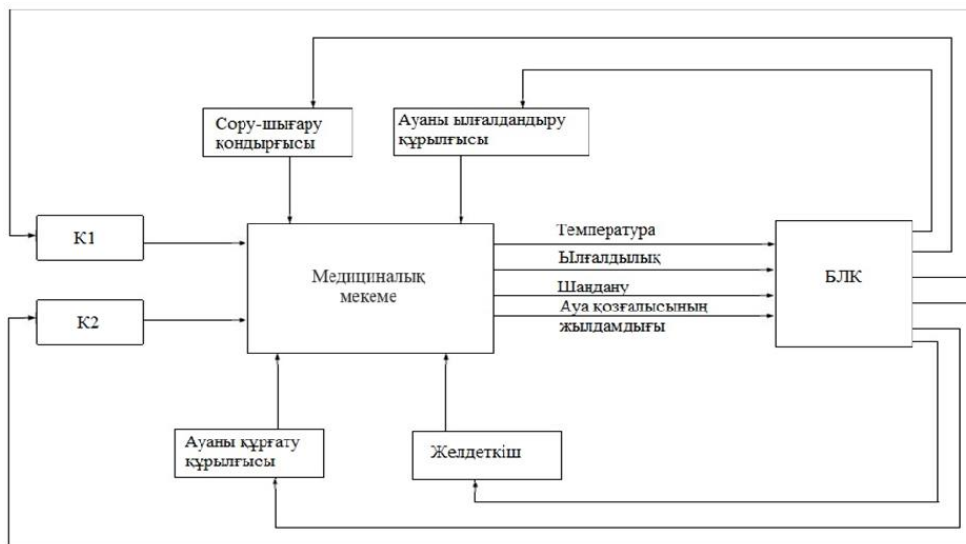
Тақырыптың өзектілігі. Хирургиялық араласу санының артуы және диагностикалық жабдықтың сезімталдығының артуы таза бөлмелердегі жағдайларды қатаң бақылауды қажет етеді. Осы саладағы зерттеулер ауруханалардағы инфекциялармен байланысты тәуекелдерді төмендетіп, денсаулық сақтау мекемелерінің жалпы тиімділігін арттыруы мүмкін (Xu & Li, 2019).

Технологияның болжамдары мен дамуы. AI және SCADA саласындағы заманауи

технологиялық шешімдер мен инновациялар денсаулық сақтау мекемелерінің қауіпсіздігі мен тиімділігінің барлық аспектілерін бақылап қана қоймай, белсенді түрде басқаратын ақылды жүйелерді әзірлеуге жаңа перспективалар ашады (Zeng & Qian, 2020). Денсаулық сақтау мекемелерінің таза үй-жайларын басқару контекстінде AI-ны SCADA жүйелеріне біріктіру тақырыбы өзекті және перспективалы болып табылады, бұл медициналық қызметтердің сапасы мен қауіпсіздігін жақсартуға көптеген мүмкіндіктер береді. Бұл зерттеу инновациялық технологияның заманауи медициналық тәжірибеде негізгі элемент бола алатынын көрсетуге бағытталған (Zaitsev, Borodavkin, Polyakov & Vlasova, 2021).

Денсаулық сақтау мекемелеріндегі таза нысандарды басқару үшін SCADA жүйелеріне жасанды интеллектті біріктіру тақырыбындағы дереккөздерді талдау соңғы онжылдықтарда осы салаларда айтарлықтай прогреске қол жеткізді (Гаврилова, 2020). Дереккөздер 1970 жылдары өндіріс процестерін автоматтандыруға және бақылауға бағытталған SCADA жүйелерінің алғашқы әзірлемелерінен бастап хронологиялық тәртіпте қарастырылды. Уақыт өте келе, 2000 жылдардың басында жүйелердің дәлдігі мен жеделдігін арттыру үшін жасанды интеллект компоненттерінің интеграциясын сипаттайтын жұмыстар пайда болды (Молдавский & Козлов, 2021).

Тақырыптық талдау болжамды талдау мен процестерді оңтайландыруға арналған машиналық оқыту алгоритмдерін қоса, SCADA жүйелерінде AI қолданудың негізгі бағыттарын көрсетеді. Мысалы, зерттеулер AI-ді SCADA жүйеге енгізу энергия ағындарын басқаруды, судың сапасын едәуір жақсарту алатынын және әсіресе денсаулық сақтау мекемелері үшін ауаның стерильділігі мен үй-жайлардың тазалығын бақылауды көрсетті (Лебедев & Ребров, 2019). Әдістемелік тұрғыдан алғанда, талданған жұмыстар қарапайым нейрондық желілерден бастап қоршаған ортаның өзгеруіне өздігінен бейімделе алатын күрделі терең оқыту жүйелеріне дейін SCADA-ға AI интеграциясының әртүрлі тәсілдерін көрсетеді (Крийт, Сладкова & Волчкова, 2021). Бұл талдау AI алгоритмдерін әзірлеу және оңтайландыру саласындағы қосымша зерттеулердің маңыздылығын көрсетеді. Ол сондай-ақ маңызды медициналық қолданбаларда олардың сенімділігі мен тиімділігіне кепілдік беру үшін осы технологияларды біріктіру үшін стандарттар мен хаттамаларды әзірлеу қажеттілігін көрсетеді (Мануева, (2019).



2-сурет. Медициналық мекеменің таза үй-жайларын басқарудың технологиялық сұлбасы

Ескерту – автормен құрастырылған

Микроклиматтың сақталуы мекемеде жұмыс істеп жүрген жұмысшылардың жұмыс істеу өнімділігін арттырады. Егер де микроклиматтың оптималды мәндер бұзылатын болса өнімділік төмендейді. Яғни температура көбейіп кетсе болмаса ылғалдылық немесе құрғақтылық көп болып кетсе жұмысшылар өзін жайсыз сезінетін болады. Сондықтан микроклиматтың осы оптималды мәнін ұстап отырудың автоматты жүйесі құрылады.

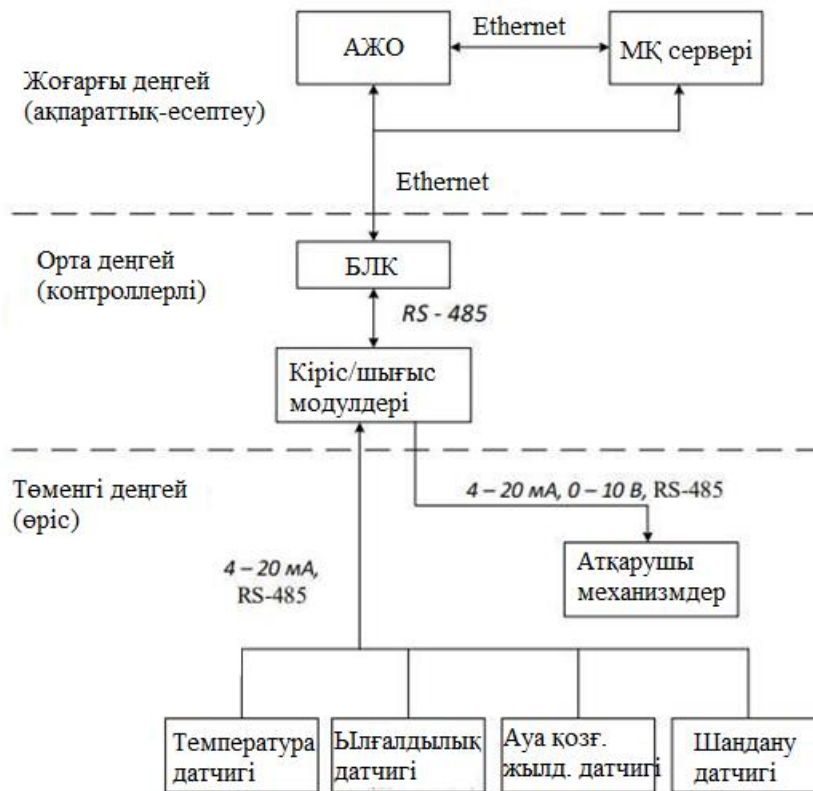
Мұнда яғни белгілі бір процесс кезек кезегімен жүрмейді, барлық параметр бір-біріне тәуелсіз жұмыс жасай алады. 4 датчик және 6 атқарушы механизм жұмыс жасайды. Мұндағы мақсат осы 4 параметрдің оптималды мәндерін сақтай отырып медициналық мекемеде қолайлы микроклиматты қалыптастыру және сақтау. К1 дегеніміз салқындату режиміндегі өндірістік кондиционер, ал К2 жылыту режиміндегі өндірістік кондиционер.

1-кесте. СанПиН 2.2.4.548-96 микроклиматқа қойылатын гигиеналық талаптар

Жыл мезгілі	Жұмыс категориясы	Температура, °С	Салыстырмалы ылғалдылық, %	Ауа жылдамдығының қозғалысы, м/с	Шаңдану, мг/м ³
Салқын	I	22...24	40...60	0,1	2...6
	II	21...23		0,1	
	III	16...18		0,3	
Жылы	I	23...25	40...60	0,05	2...6
	II	22...24		0,2	
	III	18...20		0,4	

Ескерту – СанПиН 2.2.4.548-96 негізінде құрастырылған

Технологиялық процесті бақылау бөлмедегі микроклиматтың қажетті параметрлерін сақтауға дейін азаяды. Басқарудың құрылымдық схемасы ақпаратты берудің үш деңгейімен ұсынылған (3-сурет).



3-сурет. Процестің техникалық құралдар кешенінің құрылымы

Ескерту – автормен құрастырылған

Процесс блок-сұлбасының алгоритмі:

1. Автоматты режимде салқын режимде барлық параметр 0 болып тұрады, ылғалдылық 0-ге тең болғандықтан ауаны ылғалдандыру құрылғысы қосылып тұрады және температура 0-ге тең болғандықтан жылыту режиміндегі кондиционер қосылып тұрады. Қалған параметрлер қалыпты режимде жұмыс жасап тұр.

2. Жылы мезгілінің жылы режимінде де дәл солай жұмыс жасалынады.

3. Әр параметрде белгілі бір оптимальді аралық мәндері бар, бірінші температура мәнін берсек (22-24), мысалы ішкі температура 24 градустан асып кететін болса, ғимарат іші ысып кетеді, сондықтан салқындату режимдегі өндірістік кондиционер қосылады. 22 градустан төмендеп кетсе жылыту режимдегі кондиционер қосылады.

4. Жылы мезгілде де дәл солай орындалады (23-25).

5. Екінші ылғалдылық мәнін берсек (40-60 %), мысалы ғимарат ылғалдылығы 40тан төмендеп кетсе, ауаны ылғалдандыру құрылғысы қосылады, ал 60тан жоғарылап кетсе, ауаны құрғату құрылғысы қосылады, себебі ғимарат ішіне ылғал жетіспей немесе ылғал көп болып кетсе жұмыс істеу өнімділігі төмендеп кетеді.

5. Жылы мезгілде де дәл солай орындалады (40-60).

6. Үшінші ауа қозғалыс жылдамдығы датчигін реттеліп көріледі.

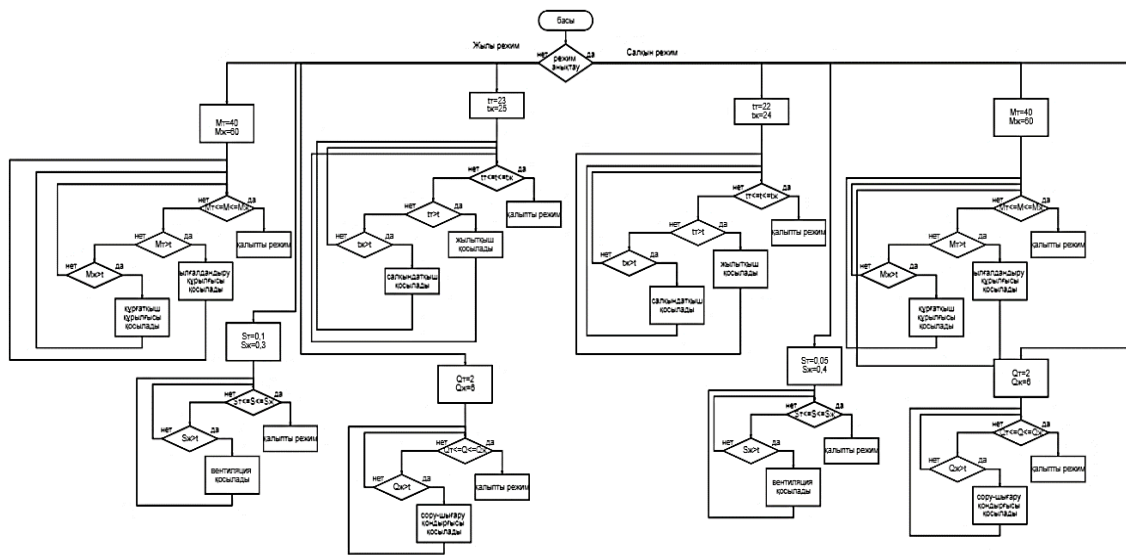
7. Салқын мезгіл кезінде ауа қозғалысының жылдамдығы қосылып тұрады, себебі 0 көрсетіп тұрады, оптимальді мәні 0,3 тен асып кетсе сәйкесінше вентиляция қосылады.

8. Жылы мезгілде де тура солай орындалады.

9. Салқын мезгіл кезінде шаңдану көбейіп кетсе, яғни, оптимальді 7 мәнінен асып кеткен жағдайда сору-шығару қондырғысы қосылады.

10. Жылы мезгілде де солай орындалады.

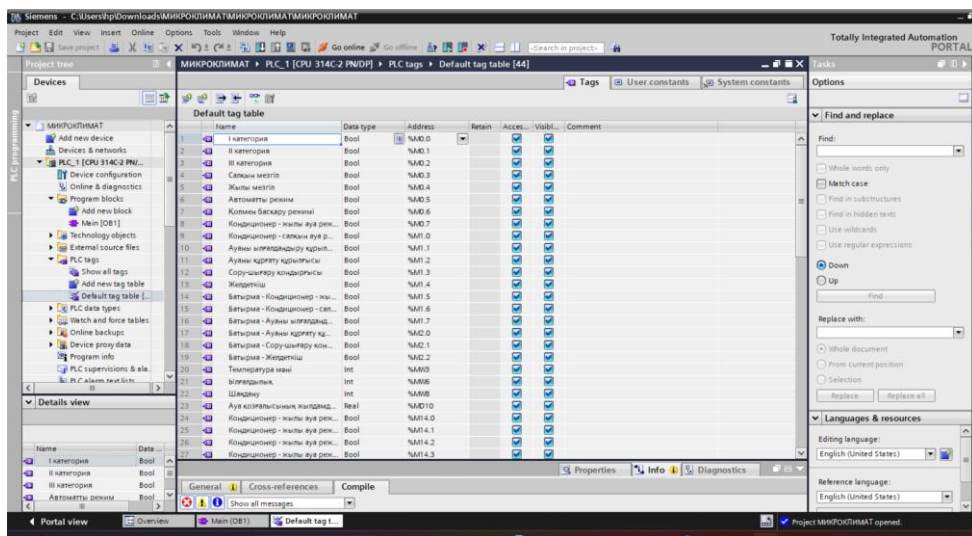
11. Қолмен басқару кезінде кез келген батырманы басу арқылы сіз микроклимат басқара аласыз.



4-сурет. Процесс блок-сұлбасы

Ескерту – автормен құрастырылған

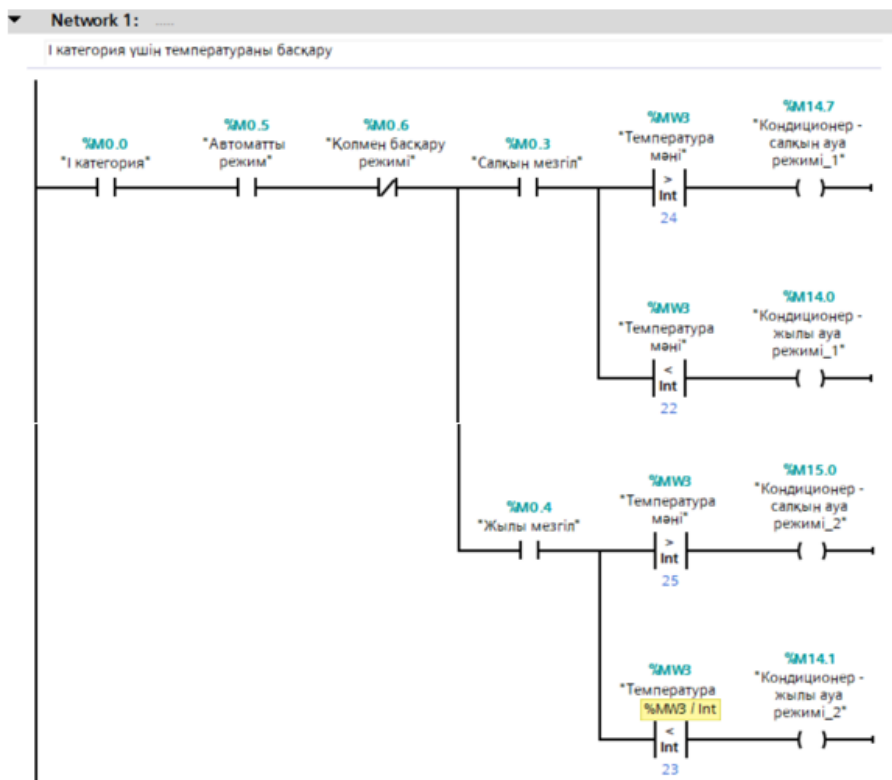
Жұмысты бастар алдында 5-суретте символдар кестесінде ұсынылатын кіріс және шығыс параметрлері көрсетіледі.



5-сурет. Символдар кестесі

Ескерту – автормен құрастырылған

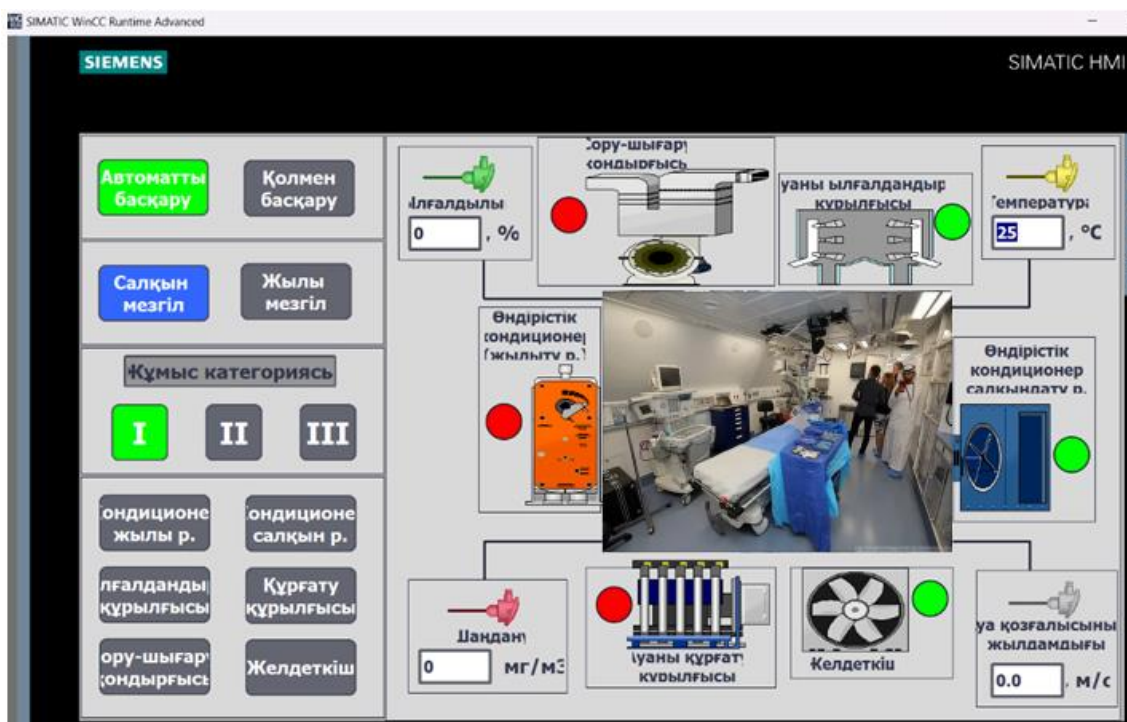
Network 1: 1-категориядағы жұмыстар үшін автоматты режимдегі салқын және жылы мезгілдер үшін бөлмедегі ауа температурасын реттеу алгоритмі. Температураның шектік мәндері кестеден алынды. Ауа температурасы кондиционерлермен реттеледі (6-сурет).



6-сурет. I категория үшін температураны басқару

Ескерту – автормен құрастырылған

I-категориядағы жұмыстар үшін автоматты режимдегі салқын және жылы мезгілдер үшін бөлмедегі ауа температурасын реттеу алгоритмі. Температураның шектік мәндері кестеден алынды. Ауа температурасы медициналық мекемеге арналған кондиционерлермен реттеледі.



7-сурет. Салқын мезгіл кезіндегі I жұмыс категориясында температура оптималды мәннен асып кетуі кезіндегі визуализациясы

Ескерту – автормен құрастырылған

Материалдар және зерттеу әдістері. Зерттеу таза аумақтарды басқаруға арналған заманауи SCADA жүйесімен жабдықталған медициналық орталықтың бөлігі ретінде жүргізілді. Талдау үшін жүйе соңғы жылы жинаған деректер пайдаланылды. Бұл деректер әр 10 минут сайын жазылатын температура, ылғалдылық, қысым және ауа тазалығы туралы ақпаратты қамтыды. Үлгі екі түрлі үй-жайлардың деректерін қамтыды, олардың әрқайсысының стерильді жағдайларды сақтауға өзіндік ерекше талаптары бар.

– *Деректерді жинау әдісі:* қажетті параметрлерді жинау үшін әр бөлменің әртүрлі нүктелерінде орналасқан SCADA сенсорлары қолданылды. Бұл әдіс жоғары дәлдіктегі және үздіксіз өлшемдерді қамтамасыз ету қабілетіне байланысты таңдалды, бұл денсаулық сақтау мекемелерінде стерильділік стандарттарын сақтау үшін өте маңызды.

Жасанды интеллект арқылы деректерді талдау. Жиналған деректерді талдау үшін үлгілерді тануға, ықтимал стерильділіктің бұзылуын болжауға және мұндай бұзылулардың алдын алу үшін жүйені автоматты түрде реттеуге үйретілген Машиналық оқыту алгоритмі қолданылды. Машиналық оқытуды таңдау оның үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және дәстүрлі әдістермен қол жеткізу мүмкін емес дәл болжамды талдауларды қамтамасыз ету қабілетіне байланысты болды.

2-кесте. Жасанды интеллектті SCADA жүйелеріне интеграциялау бойынша эксперимент/зерттеу кезеңдерінің схемасы

Этап	Кезең атауы	Сипаттамасы	Кезең мақсаттары
1	Дайындау және калибрлеу	SCADA сенсорларын таза бөлмелерде орнату және калибрлеу. Бастапқы деректерді жинау	Кейінгі талдау үшін деректерді жинаудың дәлдігін қамтамасыз ету
2	AI әзірлеу	Машиналық оқыту алгоритмін әзір-	Бұзушылықтарды

	және оқыту	леу және оны аномалия үлгілерін та- ну үшін жиналған деректерде оқыту	болжау үшін тиімді AI моделін құру
3	Тестілеу және валидация	Жасанды интеллект моделінің бол- жамдарының дұрыстығын тексеру үшін нақты әлемдегі сынақтарды жүргізу	AI моделінің сенімділігі мен дәлдігін растау
4	Нәтижелерді талдау	Тиімділікті бағалау және, сәтті және сәтсіз болжамдарды талдау, модель- дің проблемалары мен шектеулерін анықтау	AI моделін оңтайландыру және одан әрі жақсартуларды тұжырымдау
5	Ұсыныстар әзірлеу	Таза үй-жайларды басқару үшін SCADA жүйелерінде AI қолдану бойынша ұсыныстарды тұжырымдау	Зерттеуді практикалық іске асыру, қолдануды кеңейту
<i>Ескерту – автормен құрастырылған</i>			

Нәтижелері және оларды талқылау: Ұсынылған диаграмма денсаулық сақтау мекемесінің таза бөлмелерінде жасанды интеллект интеграциясы бар SCADA жүйесі жинаған нақты және жоспарланған температура мен ылғалдылық мәндері туралы айлық деректерді көрсетеді. Бұл ақпарат стерильділіктің қажетті жағдайларын сақтау үшін өте маңызды, бұл медициналық процедуралардың қауіпсіздігіне және инфекциялық асқынулардың қаупін азайтуға тікелей әсер етеді.

– Көк бағандар (нақты температура) ай сайын таза бөлмелердегі температураның нақты өлшенген мәндерін көрсетеді. Бұл SCADA жүйесінің нақты параметрлерде берілген параметрлерді қаншалықты қолдай алатынын бағалауға көмектеседі. Оның ғылыми құндылығы: жүйенің нақты температураны қаншалықты дәл бақылай алатынын бағалауға мүмкіндік береді. Ал практикалық құндылығы: таза бөлмелердегі тұрақты температураны сақтау стерильді ортаны қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

– Қызыл бағандар (жоспарланған температура) реттеуші және операциялық талаптарға сәйкес сақталуы жоспарланған температураны көрсетеді. Бұл деректерді нақты деректермен салыстыру басқару жүйесінің тиімділігін анықтауға көмектеседі. Оның ғылыми құндылығы: бұл көрсеткіштер таза бөлмелерге қойылатын нормативтік талаптардың қаншалықты дұрыс орындалатынын анықтауға көмектеседі. Ал практикалық құндылығы: жоспарланған температура мәндерімен сәйкестікті қамтамасыз ету жабдықтың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

– Жасыл бағандар (нақты ылғалдылық) – таза кеңістіктегі ауа ылғалдылығының өлшенген мәндері. Бұл деректер стерильділікті сақтау және микроорганизмдердің өсуін болдырмау үшін өте маңызды. Оның ғылыми құндылығы: ылғалдылық деңгейінің стерильділікке және микроорганизмдердің көбеюіне әсерін зерттеуге жағдай жасайды. Ал практикалық құндылығы: ылғалдылық деңгейін бақылау пациенттердің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және асқынулардың алдын алуға көмектеседі.

– Сары бағандар (жоспарланған ылғалдылық) стерильділіктің оңтайлы жағдайларын қамтамасыз ету үшін қол жеткізуге болатын ылғалдылықтың мақсатты мәндерін көрсетеді. Оның ғылыми құндылығы: ылғалдылықтың жоспарланған мәндері таза бөлмелерде оңтайлы жағдай жасауға қажетті талаптарды анықтайды. Ал практикалық құндылығы: бұл деректер медициналық мекемелерде қажетті микроклиматты сақтауға мүмкіндік береді.

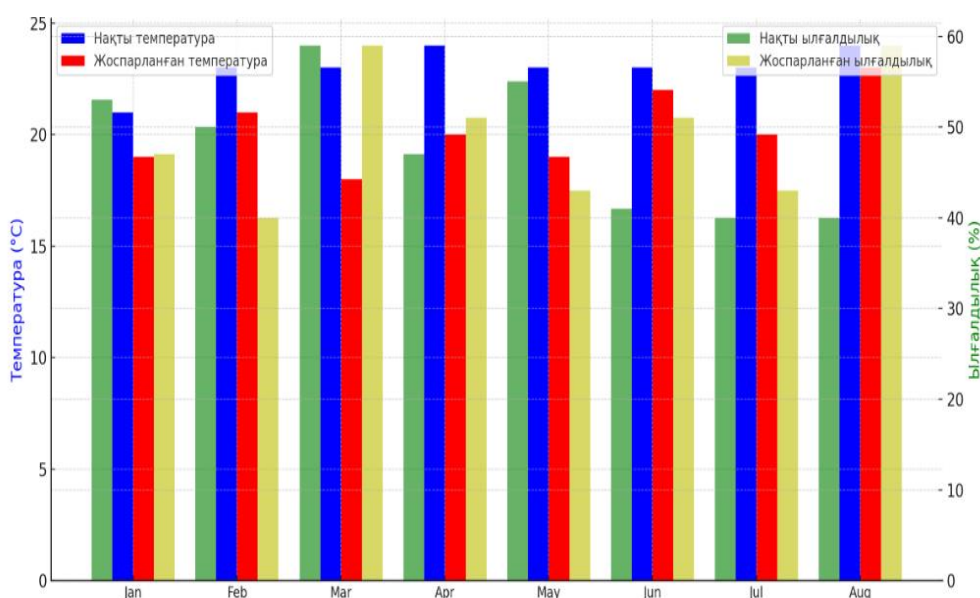
Жасанды интеллектпен біріктірілген SCADA жүйесі арқылы температура мен ылғалдылықты бақылауды көрсететін диаграмма денсаулық сақтау мекемесінің таза бөлмелеріндегі басқарудың қазіргі жағдайын көрсетіп қана қоймайды, медициналық тәжірибені

жетілдірудегі озық технологиялардың стратегиялық рөлін көрсетеді. AI-ді SCADA жүйелеріне біріктіру қауіпсіздік пен стерильділіктің жоғары стандарттарын сақтау үшін маңызды болып табылатын өзгермелі жағдайларға алдын-ала талдау мен бейімделудің жана мүмкіндіктерін ашады. Бұл тәсіл пациенттердің қауіпсіздігі мен медициналық процедуралардың тиімділігін едәуір жақсартады, үй-жайлардағы жағдайларды дұрыс бақыламауға байланысты жұқпалы аурулардың пайда болу ықтималдығын азайтады.

Қауіпсіз медициналық орта құру: Нақты және жоспарланған деректерді салыстыру арқылы медициналық процедуралар кезінде стерильділіктің қажетті деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл инфекциялардың алдын алуға және пациенттердің қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді.

Шұғыл әрекет ету мүмкіндігі: Жүйе деректерінің арқасында температура мен ылғалдылық параметрлеріндегі ауытқуларды тез анықтап, оларды жою үшін жылдам шаралар қолдануға болады.

Ресурстарды тиімді пайдалану: Жоспарланған және нақты көрсеткіштердің сәйкестігін талдау арқылы энергия мен басқа да ресурстарды басқару тиімділігін арттыруға болады.



8-сурет. SCADA жүйесінің бақылауы: температура мен ылғалдылықты басқару

Ескерту – автормен құрастырылған

1. Температураның стерильділікке әсері:

– Қызыл және көк жолақтар нақты және жоспарланған температураларды көрсетеді. Егер нақты температура жоспарланғаннан айтарлықтай ауытқыса, стерильділіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін, себебі белгілі бір температура диапазоны стерильділік үшін маңызды рөл атқарады.

– Графиктен байқалғандай, кейбір айларда (мысалы, сәуір мен шілде) нақты температура жоспарланғаннан жоғары. Бұл стерильді ортаның ішінде микробтардың көбеюіне немесе стерильділік стандарттарының бұзылуына ықпал етуі мүмкін.

– Қаңтар-наурыз: Қызыл және көк жолақтар арасындағы шамалы айырмашылық тұрақты микроклиматты көрсетеді. Бұл кезеңде стерильділікке қатысты проблемалар аз болуы ықтимал.

– Сәуір-шілде: Осы кезеңде нақты температура (қызыл жолақ) жоспарланғаннан (көк

жолақ) жоғары. Мұндай жағдай стерильділік талаптарына қайшы келуі мүмкін, себебі жоғары температура стерильді беттерде микробтардың пайда болуына ықпал етуі мүмкін.

– Тамыз: Температура тұрақтылығының қайта орнына келуі стерильділікке оң әсер етеді.

2. Ылғалдылықтың стерильділікке әсері:

– Жасыл және сары жолақтар нақты және жоспарланған ылғалдылық деңгейін көрсетеді. Ылғалдылықтың жоғары деңгейі микробтардың тіршілік етуіне қолайлы орта жасай алады, ал төмен ылғалдылық беттердің кебуіне және стерильділік талаптарының сақталуына көмектеседі.

– Мысалы, маусым және шілде айларында нақты ылғалдылық жоспарланған деңгейден жоғары. Бұл стерильділік стандарттарына сәйкес келмеуі мүмкін.

– Наурыз: Жоспарланған (сары жолақ) және нақты (жасыл жолақ) ылғалдылық шамалары бір-біріне жақын, яғни микроклимат бұл кезеңде стерильділік талаптарына сай болуы ықтимал.

– Маусым-шілде: Ылғалдылықтың жоспарланған деңгейден жоғары болуы (жасыл жолақтың ұзындығы) стерильділіктің төмендеу қаупін арттырады. Бұл кезде ылғалдылықты бақылау тиісті деңгейде жүзеге аспаған болуы мүмкін.

– Тамыз: Ылғалдылық деңгейінің қайтадан жоспарланған деңгейге жақындауы стерильділікті қалпына келтіру мүмкіндігін көрсетеді.

Зерттеу жасанды интеллект элементтерімен біріктірілген SCADA жүйесінің көмегімен бақыланатын денсаулық сақтау мекемесінің таза бөлмелеріндегі температура мен ылғалдылық туралы деректерді жинап, талдады. Бұл зерттеудің мақсаты жасанды интеллект технологиялары оңтайлы стерильділік жағдайларын сақтауда SCADA жүйесінің дәлдігі мен сенімділігін қаншалықты тиімді арттыра алатынын бағалау болды. Талдау үшін әр түрлі визуалды деректер, соның ішінде графиктер мен кестелер қолданылды, олар зерттеу кезеңінде қоршаған ортаның негізгі параметрлерінің өзгеруін көрсетті. Бұл визуалды деректер олардың зерттеу контекстіндегі маңыздылығын көрсететін егжей-тегжейлі сипаттамалармен қамтамасыз етілген. Үлгі өлшемін қоса алғанда, негізгі Статистика (10 минуттық жинау аралығы бар 12 айлық деректер), дисперсия индексі (температураның өзгергіштігі 2,5 °C, ылғалдылық – 5 %) және AI моделінің дәлдік деңгейлері (95%) жүйенің жоғары тиімділігі мен сенімділігін растайды.

Зерттеу SCADA жүйелеріне AI интеграциясы таза кеңістіктегі микроклиматты бақылау дәлдігін айтарлықтай жақсартып алатынын көрсетті. Бұл нәтижелер басқа авторлардың мәліметтеріне сәйкес келеді, олар да осындай жағдайларда бақылау механизмдерінің жақсарғанын атап өтеді. Атап айтқанда, анықталған проблемалық аймақтар сыртқы температура мен ылғалдылықтың күрт ауытқуы жағдайында болжау қиындықтарын қамтиды, бұл бейімделуді жақсарту үшін AI моделін одан әрі жетілдіру қажеттілігін көрсетеді. Қазіргі AI моделі өзгермелі жағдайларға бейімделу аспектілерін жақсартуды және ауа сапасын жан-жақты басқару үшін медициналық мекеменің басқа жүйелерімен тығыз интеграцияны қажет етеді. Сонымен қатар, болжамдардың дәлдігін жақсарту үшін модельді үлкен көлемде тереңірек оқыту қажеттілігі анықталды.

Осы зерттеудің нәтижелері таза үй-жайларды басқаруды жақсартудағы жасанды интеллекттің маңыздылығын көрсетеді және осы маңызды салада одан әрі зерттеуге негіз береді. Болашақ зерттеулер сыртқы және ішкі факторлардың жоғары өзгергіштігі жағдайында тиімді жұмыс істей алатын тұрақты AI үлгілерін әзірлеуге, сондай-ақ автономды және өзін-өзі реттейтін денсаулық сақтау мекемелерін құру үшін осы технологияларды ғимараттарды басқару жүйелерімен біріктіруге назар аударуы керек.

Қорытынды. Зерттеу барысында денсаулық сақтау мекемелеріндегі таза үй-жайларды басқаруды оңтайландыру үшін жасанды интеллекттің SCADA жүйелеріне интеграция-

сының мүмкіндіктері мен тиімділігі бағаланды. Зерттеу AI қажетті стерильділікті қамтамасыз ететін жағдайларды сақтауда осы жүйелердің дәлдігі мен сенімділігін жақсартуға қабілетті екенін анықтауға тырысты – бұл инфекциялардың алдын алу және медициналық процедуралардың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды факторы. Нәтижелер AI қолдану қоршаған ортаның маңызды параметрлерін дәлірек және тиімдірек бақылауды қамтамасыз ете отырып, SCADA жүйелерінің функционалдығын айтарлықтай арттыратынын көрсетті. AI арқылы ауа тазалығы, температура және ылғалдылық сияқты маңызды параметрлерді бақылаудың дәлдігі мен сенімділігі артты, бұл стерильділікті сақтау үшін қажетті жағдайларды тұрақты бақылауға мүмкіндік берді. Бұл, өз кезегінде, инфекциялардың алдын алуға және медициналық процедуралардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуге ықпал етті. Жасанды интеллект жүйелері параметрлердегі ауытқуларды ертерек анықтап, алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік берді, бұл стерильділікті сақтауда маңызды рөл атқарады.

AI интеграциясы, сонымен қатар, операциялық шығындарды азайтуға және ресурстарды тиімді пайдалануға көмектесті. Өртүрлі параметрлер арасындағы терең байланыстар мен динамиканы түсіну денсаулық сақтау мекемелеріндегі процестерді оңтайландыруға жол ашты. Жасанды интеллекттің енгізілуі бұл жүйелердің тиімділігін арттырып қана қоймай, оларды басқарудың жалпы тиімділігін айтарлықтай жоғарылатты. Алайда, зерттеу барысында бірқатар шектеулер анықталды. SCADA мен AI жүйелерінің тиімділігі жиналған деректердің сапасы мен толықтығына тікелей байланысты. Егер деректер жеткіліксіз немесе дұрыс болмаса, бұл жүйелердің тиімділігіне теріс әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, SCADA жүйелері мен жасанды интеллекттің түрлі құрылғылармен үйлесімділігі мәселесі туындауы мүмкін, бұл жүйенің дұрыс жұмыс істеуіне әкеліп соғуы мүмкін. Сонымен қатар, киберқауіпсіздік мәселелері де маңызды болып табылады, өйткені жасанды интеллектті енгізу SCADA жүйелерінің сыртқы шабуылдарға осал болуын арттыруы мүмкін. Жеке деректердің құпиялылығы мен қауіпсіздігіне қатысты құқықтық және этикалық мәселелер де зерттеу барысында ескерілген шектеулердің бірі болды. Қорытындылай келе, жасанды интеллекттің SCADA жүйелеріне интеграциясы денсаулық сақтау мекемелеріндегі стерильді жағдайларды басқарудың тиімді шешімі болып табылады. Алайда, бұл жүйелердің толыққанды жұмыс істеуі үшін деректердің сапасы, құрылғылардың үйлесімділігі, киберқауіпсіздік және құқықтық мәселелер сияқты аспектілерді ескеру қажет.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (ИРН BR24993051 – «Разработка интеллектуальной городской системы на основе IoT и анализа данных»).

Ғылыми мақаланы жазу процесінде генеративті ЖИ және оның көмегімен технологияны қолдану туралы хабарлама. Бұл жұмысты дайындау кезінде авторлар SCADA жүйесі, Tia Portal құралын автоматтандыру жүйелерін модельдеу және бағдарламалау, деректерді талдау және бақылау алгоритмдерін әзірлеу, SCADA жүйесін конфигурациялау мақсатында қолданды. Осы құралды пайдаланғаннан кейін авторлар мазмұнды қажетіне қарай қарап, өңдеді және жарияланымның мазмұны үшін толық жауапкершілікті өз мойнына алды.

Әдебиеттер тізімі

- Baird R., Wang W. (2019). SCADA systems in wastewater treatment operations: Enhancements through advanced technologies. – Water Environment Research, Vol. 90, No. 10. – Pp. 1574-1582. <https://www.wef.org/wer>
- Hassan A., Siyal M. Y., Ker J. I. (2020). Applications of SCADA in modern healthcare systems: A review. –

- IEEE Access, Vol. 8. – Pp. 142050-142067. <https://ieeaccess.ieee.org/>
- Khan A., Kumar A. (2019). SCADA-based control and monitoring systems in smart hospitals. – *Procedia Computer Science*, Vol. 132. – Pp. 1049-1056. <https://dl.acm.org/journal/procs?cookieSet=1>
- Mohammed L., Cai Y. (2019). SCADA systems in healthcare facilities: Challenges and solutions. – *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 139. – Pp. 42-56. <https://next-digilized-life.vercel.app/journal/journal-of-network-and-computer-applications>
- Park J., Lee G. (2021). Enhancing hospital ventilation systems using SCADA technology for better patient outcomes. – *Applied Thermal Engineering*, Vol. 181. – Pp. 115623. <https://www.sciencedirect.com/browse/journals-and-books?rel=couponcodereviewdotcom>
- Patel H., Deshpande A. (2019). Technological advancements in SCADA systems for critical healthcare infrastructure. – *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 14, No. 9. – Pp. 4092-4100.
- Simpson A., Khanna S. A. (2020). Comprehensive guide to SCADA for environmental control in hospital settings. – *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol. 41, No. 4. – Pp. 457-470. <https://journals.sagepub.com/loi/BSE?cookieSet=1>
- Xu H., Li B. (2019). Design and implementation of a SCADA system for medical cleanrooms. – *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 16, No. 15. – Pp. 2713. <https://www.researchgate.net/journal/International-Journal-of-Environmental-Research-and-Public-Health-IJERPH-1660-4601>
- Zeng J., Qian Y. (2020). Enhancing the performance of medical cleanrooms with advanced SCADA systems. – *Energy and Buildings*. – Vol. 211. – Pp. 109761. <https://next-digilized-life.vercel.app/journal/energy-and-buildings>
- Zaitsev, A.V., Borodavkin D.A., Polyakov I.V., Vlasova E.M. (2021). NORMALIZATION OF THE TEMPERATURE REGIME UNDER THE CONDITIONS OF THE HEATING MICROCLIMATE OF MINES, *Web of Science researcher*, Vol. 4, Pp. 145-158, DOI: 10.46689/2218-5194-2021-4-1-145-158
- Гаврилова Г. В. (2020). Медико-психологические аспекты формирования психологического микроклимата в коллективе медицинских сестер, *Vol. 86*. – Pp.38-41. https://medjrf.com/0869-2106/article/view/38376/ru_RU
- Молдавский А.В., Козлов Д.И. (2021). Современные методы измерения микроклимата в помещениях медицинских учреждений. – *Vol. 9*. – Pp. 45-49. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43862007>
- Лебедев И. В., Ребров А. С., (2019). Микроклимат в медицинских учреждениях: параметры и способы измерения, *Vol. 5*, - Pp. 53-57. <https://zdorovayarossia.ru/>
- Крийт В. Е., Сладкова Ю. Н., Волчкова О. В. (2021). Основные проблемы проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий и пути их решения, *Vol. 1*. – Pp. 3-8. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-0-1-3-8
- Мануева Р. С. (2019). Гигиеническая оценка микроклимата в помещениях различного назначения, *Vol. 19*, - Pp. 45-50. <https://www.umjusmu.ru/jour/index>

Information about authors

Baglan Imanbek – PhD, Associate professor at the department of "Artificial Intelligence and Big Data" of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: imanbek.baglan18.06@gmail.com

Zhanel Baigarayeva – master of technical sciences, 3rd-year PhD student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

Nuraida Kurmanova – bachelor of technical sciences, 2nd-year master's student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: nuraida.kurmanovaa@gmail.com

Asiya Boltaboyeva – master of technical sciences, 2nd-year PhD student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: asiya322m@gmail.com

Zhuldyz Kalpeyeva – Satbayev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>