

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы

«М2М датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау»

**МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ**

«7М06201 – Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті”  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ 681.586:621.31(016)

Қолжазба құқығында

Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

### МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы

«М2М датчиктер арқылы өндірістегі техникалық  
ақауларды болжау»

Дайындау бағыты

«7М06201 – Телекоммуникация»

Ғылыми жетекшісі,  
профессор, PhD,

 Тайсариева К.Н.  
«11» 01 2025 ж.

Пікір беруші,

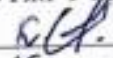
Energo university,

«Телекоммуникациялық  
инженерия» кафедрасының  
қауым. профессоры, PhD, т.ғ.к

 Ермекбаев М.М.  
«13» 01 2025 ж.

Норма бақылаушы,

ЭТЖТ кафедрасының оқытушысы, т.ғ.м.

 Кенгесбаева С.С.  
«16» 01 2025 ж.



Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

«7M06201 – Телекоммуникация» мамандығы



Магистрлік диссертацияны орындауға  
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы

Диссертация тақырыбы: «M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау»

Университет ректорының 2023 жылғы «4» сәуір №145-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» желтоқсан 2024ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: Заттар интернеті (Internet of Things, IoT) - бір-бірімен және сыртқы ортамен өзара әрекеттесе және байланыса алатын сенсорларды, актуаторларды, байланыс құрылғыларын және бағдарламалық құралды қамтитын физикалық нысандар желісі.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын сұрақтар тізімі:

- IoT/M2M желісінің қазіргі жағдайын талдау (теориялық бөлім);
- M2M сенсорларының сипаттамасын зерттеу (machine-to-machine);
- Әдістерді зерттеу M2M сенсорлары арқылы өндірістегі техникалық мәселелерді болжау.

Сызбалық материалдар тізімі: магистрлік диссертацияда сызбалық материалдар слайдпен көрсетіледі.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

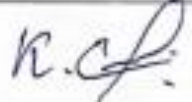
- 1 Алексеев, П. Н. Основы автоматизации технологических процессов / П. Н. Алексеев. — М.: Высшая школа, 2020. — 256 с.
- 2 Беляев, А. А. Промышленные системы автоматизации / А. А. Беляев. — СПб.: Питер, 2021. — 320 с.
- 3 Гольцберг, М. Я. Датчики в автоматизированных системах / М. Я. Гольцберг. — М.: Энергия, 2019. — 288 с.
- 4 Дмитриев, С. И. Автоматизация производственных процессов / С. И. Дмитриев. — Екатеринбург: УГТУ, 2018. — 304 с.
- 5 Егоров, В. Н. Системы контроля и управления / В. Н. Егоров. — М.: Машиностроение, 2020. — 272 с.
- 6 Жуков, А. В. Технологические датчики и их применение / А. В. Жуков. — М.: Издательский дом МЭИ, 2021. — 192 с.
- 7 Зотов, И. К. Теория автоматического управления / И. К. Зотов. — СПб.: Лань, 2022. — 384 с.
- 8 Иванов, В. П. Автоматизация технологических процессов / В. П. Иванов. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2020. — 256 с.
- 9 Казаков, Ю. В. Промышленные датчики и системы контроля / Ю. В. Казаков. — М.: Энергия, 2019. — 320 с.
- 10 Князев, А. И. Современные датчики и сенсоры / А. И. Князев. — СПб.: Политехника, 2021. — 240 с.

**Магистрлік диссертация жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ**

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі                                    | Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі | Ескерту |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------|
| IoT/M2M желісінің қазіргі жағдайын талдау (теориялық бөлім);                       | 03.09.2023 – 10.10.2023                            | орындау |
| M2M сенсорларының сипаттамасын зерттеу (machine-to-machine);                       | 01.10.2023 – 25.12.2023                            | орындау |
| Әдістерді зерттеу M2M сенсорлары арқылы өндірістегі техникалық мәселелерді болжау. | 01.01.2024 – 01.12.2024                            | орындау |

Магистрлік диссертация бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

**Қолтаңбалары**

| Бөлімдер атауы                          | Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)      | Қол қойылған күні | Қолы                                                                                  |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Магистрлік диссертация тақырыбын талдау | Ғылыми жетекші<br>ЭТЖҒТ каф.<br>профессоры, PhD<br>К.Н.Тайсариева | 10.10.2024ж       |  |
| Теориялық ақпарат                       | Ғылыми жетекші<br>ЭТЖҒТ каф.<br>профессоры, PhD<br>К.Н.Тайсариева | 17.01.2025ж       |  |
| Норма бақылау                           | ЭТЖҒТ<br>каф.оқытушысы, т.ғ.м.<br>Кенгесбаева С.С.                | 15.01.2025ж       |  |

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Тәуірбек Ж.Ш.

Күні « 11 » 01 2025 ж.

## **АНДАТПА**

M2M (Machine-to-Machine) технологиясы және датчиктер жүйелері қазіргі заманда өндіріс саласында маңызды рөл атқарады. Өндірісте техникалық ақаулардың алдын алу мен болжау — тиімділікті арттыру, шығындарды азайту және өнімділікті жақсарту мақсатында қолданылатын әдістердің бірі.

M2M жүйелері арқылы өндірістік жабдықтарды және процестерді мониторингтеу өндірістік кешендерде ақаулардың алдын алу үшін тиімді әдіс болып табылады. Бұл технологиялар датчиктер арқылы өндірістік жабдықтардың жұмысын үздіксіз бақылап, деректерді жинап, ақауларды болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйе өндірістегі жабдықтардың жұмысын үнемі тексеріп, ақауларды ерте анықтап, жөндеу жұмыстарын алдын ала жоспарлауға мүмкіндік туғызады.

Аталған тақырыпты зерттеу барысында ақауларды болжаудың математикалық және статистикалық әдістері қарастырылып, деректерді талдау, жасанды интеллект және машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы ақауларды болжау алгоритмдері ұсынылады. Сонымен бірге, M2M жүйелерінің өндірістегі жұмыс процесіне интеграциясы, сондай-ақ бұл технологиялардың экономикаға әсері зерттеледі.

## **АННОТАЦИЯ**

Технология M2M (Machine-to-Machine) и системы датчиков играют важную роль в современных производственных процессах. Предсказание и предотвращение технических неисправностей на производстве — это один из эффективных методов повышения производительности, снижения затрат и улучшения качества продукции.

Системы M2M обеспечивают эффективный метод мониторинга промышленного оборудования и процессов, что позволяет предсказывать неисправности в производственной среде. Эти технологии позволяют непрерывно контролировать работу оборудования с помощью датчиков, собирать данные и предсказывать возможные неисправности. Кроме того, такая система помогает своевременно проверять оборудование, обеспечивая раннее выявление неисправностей и планирование профилактических работ.

В ходе исследования рассматриваются математические и статистические методы прогнозирования неисправностей, предлагаются алгоритмы прогнозирования, основанные на анализе данных, искусственном интеллекте и методах машинного обучения. Также будет исследовано влияние интеграции M2M-систем в производственные процессы и их экономическое воздействие.

## **ABSTRACT**

M2M (Machine-to-Machine) technology and sensor systems play a crucial role in modern industrial sectors. Predicting and preventing technical failures in production is one of the key approaches to improving efficiency, reducing costs, and enhancing productivity.

M2M systems provide an effective method for monitoring industrial equipment and processes, allowing for the prediction of failures in production environments. These technologies enable continuous monitoring of equipment through sensors, collecting data, and predicting potential failures. Furthermore, this system helps ensure the timely inspection of equipment, offering early detection of malfunctions and facilitating preventive maintenance scheduling.

The study examines mathematical and statistical methods for failure prediction, presenting predictive algorithms based on data analysis, artificial intelligence, and machine learning techniques. Additionally, the integration of M2M systems into industrial workflows and their economic impact on production processes will be explored.

## МАЗМҰНЫ

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Кіріспе                                                             | 8  |
| 1 Өндірістік жүйелерде M2M датчиктерді қолданудың негіздері         | 11 |
| 1.1 M2M (Machine-to-Machine) ұғымы және оның негізгі аспектілері    | 11 |
| 1.2 Датчиктердің өндірісті автоматтандырудағы рөлі                  | 16 |
| 1.3 Датчиктердің техникалық сипаттамалары және түрлері              | 23 |
| 1.4 M2M датчиктерінің ақауларды болжаудағы рөлі                     | 26 |
| 2 M2M датчиктер арқылы ақауларды болжау алгоритмдері                | 34 |
| 2.1 Датчиктерден алынған деректерді өңдеу тәсілдері                 | 34 |
| 2.2 Техникалық ақауларды болжау модельдері мен алгоритмдері         | 38 |
| 2.3 Техникалық ақауларды болжаудағы мәселелер мен қиындықтар        | 40 |
| 3 Модельді практикалық жүзеге асыру және тестілеу                   | 42 |
| 3.1 Өндірістегі M2M датчиктерінен деректерді жинау және сипаттау    | 42 |
| 3.2 MATLAB бағдарламасында деректерді өңдеу және<br>визуализациялау | 47 |
| 3.3 Модельді тестілеу және нәтижелерді талдау                       | 53 |
| 3.4 Болжамның дәлдігі мен сенімділігін бағалау                      | 57 |
| 3.5 Болжау жүйелерінің болашағы                                     | 62 |
| Қорытынды                                                           | 65 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                     | 66 |

## КІРІСПЕ

Машинадан машинаға (M2M) технологиялары заманауи өндіріс саласында айтарлықтай өзекті тақырып болып табылады. Өндірістің тиімділігін арттыру, шығындарды азайту және қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында M2M технологияларын қолдану мүмкіндіктері үнемі зерттелуде. Бұл технологиялар өндіріс процестерін автоматтандырудың жаңа деңгейін қамтамасыз етіп, өндірістік техникалық жүйелердің үздіксіз жұмыс істеуін қадағалауға мүмкіндік береді. Әсіресе, өндірістегі техникалық ақауларды алдын ала болжау және оларды жою уақытын қысқарту тұрғысынан бұл технологиялардың маңыздылығы арта түсуде. M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау – бұл өндірістің барлық деңгейлерінде сенімділік пен тиімділікті қамтамасыз етуге бағытталған инновациялық әдіс. Қазіргі таңда өндірістік секторларда қолданылатын құрылғылар мен жабдықтардың күрделілігі артып, олардың жұмыс жағдайын қадағалау қажеттілігі туындап отыр. Осы орайда M2M технологиялары деректерді жинау, өңдеу және талдау процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде ақауларды ерте анықтап, оларды жою үшін қажетті шараларды уақытылы қабылдауға жағдай жасайды. Сондықтан бұл зерттеудің өзектілігі өндірістің барлық аспектілерін қамтитын цифрлық трансформация кезеңінде ерекше мәнге ие.

**Зерттеудің өзектілігі.** M2M сенсорларының арқасында техникалық ақауларды болжау өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар өндірістік жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға және жөндеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе жоғары дәлдікті және тұрақты жұмысты қажет ететін салалар үшін өте маңызды. Мысалы, мұнай-газ, энергетика, автомобиль және басқа да көптеген салаларда қарапайым немесе ақаулы жабдықтар айтарлықтай экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін. Мұндай жағдайларда M2M технологиясы нақты уақыт режимінде жабдықтың техникалық жағдайын бақылаудың тиімді құралы болып табылады. Сонымен қатар, бұл технологиялар өндірістік процестердің экологиялық қауіпсіздігіне қатысты да маңызды рөл атқарады. Өндірістегі техникалық ақауларды болжау мәселесі тек экономикалық тұрғыдан ғана емес, сонымен бірге әлеуметтік және экологиялық тұрғыдан да өзекті болып табылады. Жабдықтың дұрыс жұмыс істемеуі жұмысшылардың қауіпсіздігіне қауіп төндіруі, өндірістің тоқтап қалуына және қоршаған ортаға зиянын тигізуі мүмкін. Сондықтан M2M датчиктерімен техникалық ақауларды болжау өнеркәсіптік қауіпсіздікті жақсартудың маңызды құралы болып табылады. Бұл технологиялар өндірістік жабдықтың пайдалану жағдайы туралы нақты және жылдам ақпарат алуға мүмкіндік береді, бұл апаттардың алдын алу және өндірістік процестердің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін маңызды. M2M сенсорларының арқасында өндірістегі техникалық ақауларды болжау сонымен қатар деректерді басқару мен талдаудағы инновацияларға негізделген. M2M өндірістік процестерінде үлкен көлемдегі деректерді жинау

және өңдеу қажет. Бұл деректер жабдықтың жұмыс параметрлерін, қоршаған орта жағдайларын, жұмыс жүктемесін және басқа да маңызды ақпаратты қамтиды. M2M технологиясы бұл деректерді нақты уақыт режимінде талдауға және қажетті шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Өндірістің техникалық ақауларын болжаудың өзектілігі, атап айтқанда, қазіргі экономиканың цифрлық трансформациясы жағдайында анықталады. Көптеген өндірістік компаниялар 4.0 индустриясы аясында өз процестерін автоматтандыруға және цифрландыруға тырысады. Бұл процесс M2M технологияларын пайдалануды талап етеді, өйткені олар өндіріс жүйелерінің тиімділігі мен икемділігін арттырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады.

Сонымен қатар, M2M сенсорларын пайдалану өндіріс процестерін бақылау мен басқаруды жақсартады, бұл өндіріс ақауларының әсерін азайтуға көмектеседі. M2M технологиясын қолданудың тағы бір маңызды аспектісі – жұмыс орнындағы техникалық қызмет көрсету процестерін оңтайландыру. Дәстүрлі техникалық қызмет көрсету әдістері әдетте тұрақты негізде орындалады және белгілі бір жабдықтың күйін ескермейді. Бұл жағдайда M2M сенсорларын пайдалану жабдықтың нақты техникалық жағдайына негізделген алдын ала техникалық қызмет көрсету стратегиясын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл жөндеуді тиімді жоспарлауға және қажетсіз шығындардан аулақ болуға көмектеседі. Сонымен қатар, болжау мүмкіндігі жабдықтың ұзақ мерзімді сенімділігін қамтамасыз етеді. Осылайша, M2M датчиктері арқылы өндірістің техникалық ақауларын болжау заманауи өндіріс процестерінің тиімділігін арттырудың, шығындарды азайтудың және қауіпсіздікті қамтамасыз етудің маңызды құралы болып табылады. Бұл зерттеудің өзектілігі өндірістің барлық салаларында қолданылатын заманауи технологиялар мен әдістерді енгізу қажеттілігіне байланысты. M2M технологиясын цифрлық трансформацияда қолдану өндірістік жүйелердің тиімділігі мен сенімділігін арттыруға, сондай-ақ өндірістік процестердің экологиялық қауіпсіздігіне кепілдік беруге мүмкіндік береді. Сондықтан, осы тақырып бойынша зерттеулер және M2M датчиктерін қолданудың тиімді әдістерін әзірлеу өндіріс саласындағы инновацияларға айтарлықтай ықпал етеді және қазіргі экономиканың қажеттіліктерін қанағаттандырады.

**Зерттеудің мақсаты** – өндірістегі техникалық ақауларды болжау үшін M2M сенсорлардың қолданылуын талдау.

#### **Жұмыстың міндеттері:**

M2M технологиялары мен датчиктерінің өндірістегі техникалық ақауларды болжаудағы әлеуетін зерттеу және талдау;

MatLAB арқылы техникалық есептеулер жүргізу және өндірістік жабдықтардың жұмысын модельдеу;

Алынған нәтижелер негізінде өндірістегі техникалық қызмет көрсету жүйелерін оңтайландыру бойынша ұсынымдар әзірлеу.

Техникалық ақауларды алдын ала анықтауға мүмкіндік беретін жасанды интеллект және машиналық оқыту әдістерін қолдану;

Техникалық ақауларды болжауға арналған мәліметтерді жинау, сақтау және өңдеу әдістерін әзірлеу.

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы.** М2М технологияларын қолдана отырып, өндірістік жабдықтағы техникалық ақауларды болжаудың инновациялық әдістері мен құралдарын жасауда жатыр. Бұл зерттеуде Дәл есептеулер Жүргізіліп, MatLAB бағдарламалық жасақтамасының көмегімен модельдер жасалады. Жасанды интеллект әдістерін қолдану ақауларды техникалық анықтаудың дәлдігін арттырады және алынған нәтижелер өндірістік жүйелердің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері Moderna өндірістік процестерінің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге бағытталған маңызды практикалық шешімдердің негізі болып табылады.

**Жұмыстың өзектілігі.** Өндірістік процестердің күрделілігі және олардың үздіксіз жұмыс істеу қажеттілігі техникалық ақауларды болжау мәселесін өзекті етеді. М2М (Машинадан машинаға) технологияларын дамыту нақты уақыт режимінде өндірістік деректерді жинауға және талдауға мүмкіндік береді. Бұл жүйелер техникалық жабдықтардың мониторингін автоматтандыру және ақаулардың алдын алу арқылы өндіріс шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта ақауларды кеш анықтау өндірістік тиімділіктің төмендеуіне және экономикалық шығындарға алып келеді. Сондықтан М2М датчиктерін қолдана отырып, ақауларды болжау әдістерін әзірлеу және енгізу тұрақты және қауіпсіз өндірісті қамтамасыз етудің маңызды құралы болып табылады.

**Теориялық және әдістемелік негіздері.** М2М технологиялары, Заттар Интернетін өндіру жүйелері және деректерді өңдеу әдістері туралы мақалалар зерттеудің теориялық негізі болып саналады. Сондай-ақ, техникалық ақауларды болжау үшін қолданылатын машиналық оқыту алгоритмдері мен статистикалық модельдер зерттелетін болады. Әдістемелік негізде MATLAB бағдарламасы деректерді талдау, алгоритм құру және нәтижелерді визуализациялау әдістерін қолданады. Зерттеу барысында нақты өндірістік мәліметтер негізінде талдау әдістері мен құралдары таңдалады. Бұл тәсілдер болжамдардың дәлдігін арттыруға және модельдерді іс жүзінде қолдану мүмкіндіктерін көрсетуге бағытталған.

## **1 Өндірістік жүйелерде M2M датчиктерді қолданудың негіздері**

### **1.1 M2M (Machine-to-Machine) ұғымы және оның негізгі аспектілері**

Шешім қабылдау және АТ инфрақұрылымының өнімділігі қазір «машиналық өзара әрекеттесу» деп аталатын технологияларға көбірек тәуелді. Мұндай қызметтер нарығы соңғы жылдары белсенді түрде дамып келеді және сарапшылардың пікірінше, келесі жылдың соңына қарай үштен біріне өсуі мүмкін. Біз аналитика мен жасанды интеллект бизнес инфрақұрылымын толық бақылауға алатын деңгейге жақындап келеміз.

M2M технологиясы Көбінесе IoT-мен шатастырылғанымен, машиналар арасындағы өзара әрекеттестіктің Заттар Интернетімен бірнеше негізгі айырмашылықтары бар [1].

M2M немесе Машинадан Машинаға – екі немесе одан да көп құрылғылардың өзара әрекеттесу принциптеріне негізделген Заманауи ақпараттық технология. Қосылым сымды немесе сымсыз болуы мүмкін. Бұл жүйе арқылы деректерді бір немесе екі жолмен алмасуға, сондай-ақ бір жүйе арқылы жаңартылған деректерді бақылауға мүмкіндік береді [2].

Бұл өзара әрекеттестіктің мысалы ретінде несиелік карта бойынша төлем терминалы мен банк арасындағы деректерді беру процесін келтіруге болады. M2M сонымен қатар өнеркәсіпте, өнеркәсіпте және медицинада жиі қолданылады. M2M деректерін беру көбінесе Интернет арқылы жүзеге асырылады, бұл сатып алудан бастап күрделі өндірістік операцияларға дейінгі көптеген процестерді жеңілдетеді. Бұл технологияның пайда болғанына 30 жылдан астам уақыт өтті. Ол алғаш рет компанияда енгізіліп, коммерциялық көліктерді қадағалау үшін пайдаланылды. Алайда, ұзақ уақыт бойы әдіс бұрынғы деңгейде қалды, оның белсенді дамуы тек 2010 жылдардың басында басталды.

M2M қазіргі заманғы бизнеске үлкен әсер етеді: оның көмегімен компания ішіндегі компьютерлер арасында байланыс орнатылып, үлкен көлемдегі деректер жиналады. Бұл әртүрлі тапсырмаларды шешу үшін қажет [3]:

- Өтіп жатқан үдерістер туралы ақпаратты жинау.
- Жеткізу тізбегін және серіктестермен әрекеттестікті оңтайландыру.
- Компания активтерін бақылау.
- Жабдықтарға сапалы қызмет көрсетуді қамтамасыз ету.

M2M архитектурасы үш негізгі аймақтан тұрады [4]:

- 1) M2M құрылғыларының аймағы.
- 2) M2M желілерінің аймағы.
- 3) M2M қосымшаларының аймағы.

- 1) M2M құрылғыларының аймағы;

Бұл аймақ үш негізгі элементті қамтиды:

– Физикалық құрылғылар. Бұл сенсорлар, бақылау құрылғылары немесе басқа да функционалдық құралдар болуы мүмкін.

– Байланыс интерфейсі. Бұл жүйенің бір ұшынан деректерді қабылдап, оларды басқа ұшына жіберетін порт немесе қосалқы жүйе.

– Шлюздер. Шлюздер M2M құрылғыларының басқа желілермен байланысын қамтамасыз етеді және олардың жұмысын үйлестіреді.

2) M2M желілерінің аймағы;

Бұл аймақта M2M сервері, құрылғыларды сәйкестендіруді басқару, деректерді талдау және құрылғыларды басқару жүйелері орналасқан. M2M желілері IoT архитектурасының негізгі деңгейлеріне ұқсас: қосу + деректер жинау + талдау.

M2M желілері келесі компоненттерді қамтиды:

– Машиналар (немесе M2M тораптары). Бұл құрылғылар байланыс, деректерді анықтау және оларды өңдеу функцияларын орындайды.

– Желілік модульдер. Олар құрылғыларды анықтау, белсендіру және байланыс үшін қажет.

Жергілікті M2M желілері ZigBee, Bluetooth, M-bus, Wireless M-Bus сияқты әртүрлі байланыс протоколдарын қолдана алады. Бұл протоколдар M2M желісіндегі тораптар арасындағы байланысты қамтамасыз етеді.

3) M2M қосымшаларының аймағы;

Бұл аймақ мониторинг, қызмет көрсету, деректерді талдау және құрылғыларды басқару үшін қолданылатын қосымшаларды қамтиды.

M2M желілері жергілікті және қашықтағы желілермен байланыс орнатады.

– Жергілікті байланыс: M2M тораптары арасындағы байланыс өзіне тән байланыс протоколдары негізінде жүзеге асырылады.

– Қашықтағы байланыс: Қашықтағы M2M желілермен байланыс үшін шлюздер қолданылады. Бұл байланыс сымды немесе сымсыз (IP негізінде) болуы мүмкін.

IP протоколына негізделген байланыс жүйесінде шлюз M2M желісінің деректерін сыртқы желіге жіберу үшін протоколдарды аударуды жүзеге асырады. Бұл шлюз M2M желісіндегі әрбір торапты сыртқы желі үшін виртуалды торап ретінде көрсетеді.

Шлюз M2M желілерінде негізгі рөл атқарады:

– M2M желілеріне тән протоколдарды IP протоколына түрлендіреді.

– Интернетпен байланыстыратын прокси-сервер ретінде жұмыс істейді.

– Сыртқы желілермен тиімді байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

M2M шлюзі арқылы әрбір торап сыртқы M2M желілері үшін виртуалды торап ретінде ұсынылады, бұл желіаралық үйлесімділікті қамтамасыз етеді.

M2M архитектурасы үш деңгейлі құрылым арқылы құрылғылардың, желілердің және қосымшалардың өзара тиімді әрекеттесуін қамтамасыз етеді. Оның негізінде байланыс, деректерді талдау және басқару сияқты маңызды функциялар жүзеге асырылады [5].

M2M технологиясы соншалықты кең таралған, оны белгілі бір түрде 7 миллиардтан астам құрылғы пайдаланады. Машинааралық әрекеттестікті енгізу мақсаттары арасында қолданыстағы технологияларды оңтайландыру және олардың тиімділігін арттыру ниеті атап өтіледі. Бұдан басқа, M2M қолданушылардан ақпарат жинау сапасын арттырумен қатар, бар өнімдерге бәсекелестік артықшылықтар әкелуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл технология машиналық оқыту мен жасанды интеллектті белсенді енгізудің негізі болып табылады [6].

Машиналардың өзара әрекеттесуінің ең көп таралған бес саласын сипаттауға болады [7]:

1) автомобильдің телеметриясы.

Алғаш рет машиналар арасындағы байланыстың дамуы автомобиль телеметриясынан басталды. Қазіргі уақытта автокөлік өндірушілері пайдаланушыларға көліктің жай-күйі туралы деректерді жіберуге және ақауларды анықтауға мүмкіндік беретін Интернетке қосылу мүмкіндігін ұсынады. Осының арқасында автомобиль өндірушілері болашақ үлгілерді жақсартуға немесе қазіргі уақытта шығарылатын көліктерді жақсартуға мүмкіндік алады. Бұл технология жүргізушінің қауіпсіздігін едәуір арттырады, өйткені кенеттен техникалық ақаулардан туындаған жол-көлік оқиғаларын болдырмауға мүмкіндік береді.

2) мүлікті, қондырғыларды және жабдықтарды есепке алу.

Машинааралық технология активтерді бақылаудың интеллектуалды құралдарын енгізуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, бұл технология жүк тасымалы саласында және үлкен паркі бар компанияларда кеңінен қолданылады. M2M модельдерін пайдалану арзан GPS трекерлерінің көмегімен көліктердің орналасқан жерін бақылауға мүмкіндік береді. Бұл деректер нақты уақыт режимінде алынады және трафикті ғана емес, сонымен қатар жолдың орташа ұзындығы, жанармай шығыны сияқты маңызды ақпаратты жинауға мүмкіндік береді.

3) жеткізу тізбегін басқару жүйелері.

Корпоративтік жеткізу тізбегі күрделі құрылымға ие болуы мүмкін және өзара әрекеттесудің көптеген деңгейлерін қамтуы мүмкін. Сондықтан оларды басқару үшін M2M технологиялары қолданылады. Мысалы, штрих-код сканерлері, қоймаларды түгендеуді басқарудың автоматтандырылған жүйелері, GPS бақылау жүйелері қолданылады. Бұл технологиялар ірі нарықтар мен сауда нүктелеріндегі шикізат пен дайын өнімді бақылауға, қорларды тексеруге және өндіріс пен сатудың әртүрлі кезеңдерінің өтуін бақылауға мүмкіндік береді.

4) ақылды дәрігерлер.

Ақылды есептегіштер нақты уақыт режимінде энергия шығынын немесе басқа көрсеткіштерді бақылауға мүмкіндік береді. Соңғы жылдары мұндай құрылғылар көп пәтерлі үйлерге де орнатылып, есеп айырысу кезеңінде деректерді басқарушы компанияларға автоматты түрде жібереді.

5) портативті технологиялар.

M2M құрылғылары бүгінде смартфондар, фитнес білезіктер және пайдаланушылардың физикалық белсенділігі туралы деректерді жіберетін басқа құрылғылар сияқты кең таралған. Сонымен қатар, бұл технология push хабарландыруларын және пайдаланушылар телефонға жіберетін басқа деректерді қамтиды.

Біз IoT (Заттар Интернеті) және M2M (Машиналар Арасындағы Байланыс) жиі шатастырылатынын білеміз. IoT M2M байланысын қамтығанымен, бұл тұжырымдама одан әлдеқайда кең. IoT деректерді берудің әртүрлі әдістерін және құрылғылар арасындағы байланыс арналарын біріктіреді, АЛ M2M тек екі немесе одан да көп құрылғылар арасындағы байланысты қамтиды.

IoT және M2M технологияларының өзара байланысына мысалдар:

- Өндірістік жабдықтар IoT жүйесінің бөлігі болып табылады, бірақ нақты деректер (мысалы, температура немесе қысым) беру жүйесі M2M-ге жатады.

- Бет-әлпетті тану функциясы бар камералар IoT құрылғыларына жатады, бірақ олар деректерді жіберу және сигнализацияны қосу кезінде M2M технологияларын пайдаланады.

- Вендинг аппараттары тауардың немесе чектерге арналған қағаздың таусылғанын автоматты түрде хабарлай алады. Бұл ақпарат алмасу M2M шеңберіне жатады, ал аппараттардың өздері IoT объектілері болып табылады.

Осылайша, мұндай мысалдарды шексіз жалғастыруға болады. Машинадан машинаға өзара әрекеттесу деректерді талдау немесе процестерді автоматтандыру арқылы адам факторының әсерін жою қажет болған жағдайда қолданылады [8].

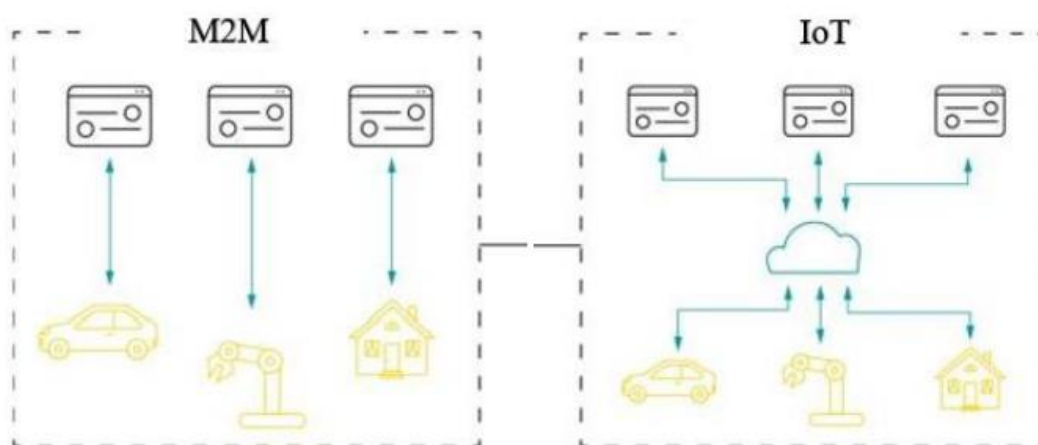
M2M Заттар Интернетімен (IoT) өте жиі шатастырылады: әрине, бұл өзара байланысты ұғымдар, бірақ олардың арасында айтарлықтай айырмашылықтар бар. Заттар Интернеті M2M қосылымын қамтиды, себебі ол әртүрлі құрылғыларды бір-бірімен байланыстырады. Дегенмен, Заттар Интернеті мұнымен шектелмейді. Екі құрылғының өзара әрекеттесуі Интернетті пайдаланбай-ақ орын алуы мүмкін екенін есте ұстаған жөн. Заттар Интернеті әртүрлі байланыс арналарын, құрылғыларды және олардың арасында деректерді тасымалдаудың әртүрлі әдістерін қамтиды. M2M масштабталатын ұғым болып саналмайды, өйткені ол тек екі немесе одан да көп құрылғылар арасындағы байланысты қамтиды. Басқаша айтқанда, Заттар Интернеті-бұл барлық машиналар арасындағы өзара әрекеттесуді қамтитын кеңірек термин. Бұл екі технология бір-бірімен тығыз байланысты. Мысал ретінде мынаны айтуға болады [9]:

- 1) ақпаратты беру функциясы бар өнеркәсіптік машиналар заттар Интернетінің объектілері болып табылады, ал температура, қысым немесе ақаулық туралы ақпаратты нақты беру M2M жүйесіне жатады.

2) бетті тану функциясы бар камералар да заттар Интернетінің объектілері болып табылады, бірақ ақпарат берілгенде және дабыл іске қосылғанда машиналар арасында деректер алмасады.

3) автоматтар тексеру үшін белгілі бір тауарлардың немесе құжаттардың таусылғанын автоматты түрде хабарлай алады. Ақпарат алмасу M2M сферасына жатады, ал машиналардың өзі заттар Интернетінің объектілері болып табылады.

Бұл тізімді шексіз дерлік жалғастыруға болады. Машиналар арасындағы өзара әрекеттесу үлкен көлемдегі деректерді талдау немесе процесті автоматтандыру үшін қажет, өйткені ол адам факторын жоққа шығарады. M2M (машинадан машинаға) немесе машинадан машинаға байланыс анықтамасы өте қарапайым [10]. Ол телеметрия технологияларынан шыққан және әдетте екі құрылғы арасында деректерді еш жерде өңдемей тікелей тасымалдауды білдіреді. Бұл тұжырымдама Интернет пайда болғанға дейін де белгілі болды. Алайда, M2M деректерін беру кезінде интернет арналарын тарату арналары ретінде пайдалануға болады.



1.1-сурет – M2M мен IoT салыстыру

M2M (Machine to Machine) және IoT (Интернет заттары) ұғымдары өзара байланысты болғанымен, оларда айтарлықтай айырмашылықтар бар. Төменде олардың негізгі ерекшеліктері келтірілген:

1) Мақсаты.

– M2M: Екі немесе бірнеше құрылғылардың арасындағы тікелей деректер алмасуға арналған. Оның негізгі мақсаты – құрылғылар арасындағы белгілі бір әрекетті автоматтандыру.

– IoT: Құрылғыларды бір үлкен желіге біріктіріп, олардың арасында деректерді талдау және басқару арқылы интеллектуалды экожүйені құру.

2) Байланыс әдісі.

– M2M: Құрылғылар көбінесе арнайы немесе жабық желілер арқылы тікелей байланысады. Интернет қолданылмауы мүмкін.

– IoT: Құрылғылар байланысы көбінесе интернет арқылы жүзеге асады. Бұл оларды жаһандық масштабта біріктіруге мүмкіндік береді.

3) Ауқымы.

– M2M: Тар шеңберде қолданылады, тек белгілі бір құрылғылар арасында әрекет етеді.

– IoT: Кең көлемде жұмыс істейді, көптеген құрылғыларды, дерек көздерін және желілерді қамтиды.

4) Деректерді өңдеу:

– M2M: Деректер өңделмей, құрылғылар арасында тікелей жіберіледі.

– IoT: Жиналған деректер көбінесе бұлттық платформаларда өңделеді, талданады және сақталады.

5) Технология қолданылуы.

– M2M: Телеметрия және арнайы аппараттық қамтамасыз ету технологияларына негізделген.

– IoT: Құрылғыларды қосу үшін әртүрлі датчиктер, бұлттық жүйелер, жасанды интеллект және үлкен деректер талдауын қолданады.

6) Қолданылу салалары.

– M2M: Өндірістік процестер, логистика, көлік жүйелері.

– IoT: Денсаулық сақтау, ақылды қалалар, тұрмыстық техника, өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы [11].

M2M – бұл екі құрылғының арасындағы коммуникацияға бағытталған арнайы технология, ал IoT – барлық құрылғыларды біріктіретін және оларды «ақылды» ететін кеңірек экожүйе. IoT M2M-ды өз құрылымына енгізіп, одан да жоғары деңгейде өзара әрекеттесу мен деректерді басқаруды қамтамасыз етеді.

## 1.2 Датчиктердің өндірісті автоматтандырудағы рөлі

Деректерді жинау – бұл бізді қоршаған әлемді түсіну үшін уақытты, қашықтықты, температураны және басқа параметрлерді өлшеуді қамтитын ұзақ мерзімді міндет. Өнеркәсіптік желілерде де солай болады: технологиялық процестер кезінде деректерді, өнім туралы ақпаратты және логистиканы жинау қабылданған шешімдердің дұрыстығын арттырып, өндіріс тізбегіндегі құндылықты арттыра алады. Кәсіпорын желілерінде деректерді жинау процесінде осы деректерді түсіретін сенсорлық құрылғылар тұрақтылықты, дәлдікті және сенімділікті, сондай-ақ процестердегі әртүрлілік пен мүмкін болатын өзгерістерді ескеру қабілетін талап етеді.

Өндірісті басқару процестерінің ешқайсысын сенсорларсыз жүзеге асыру мүмкін емес; олар кез-келген автоматтандыру жүйесінің бөлігі болып табылады. Өлшенетін параметрге байланысты сенсорлар процестің сапасына, оның тиімділігі мен қауіпсіздігіне кепілдік береді [12].

Сенсор өнеркәсіптік автоматтандыру жүйелерінің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Олардың деректері әртүрлі объектілер мен қоршаған

ортаның физика-химиялық қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік береді. Әр түрлі датчиктерден алынған ақпарат қажет болған жағдайда дұрыс өңделеді және автоматтандырылған жүйелердің тиімділігі туралы білім базасын қалыптастырады. Бұл нақты уақыт режимінде тестілеуге және операциялық жүйелерді дұрыс басқаруға мүмкіндік береді. Автоматтандыру жүйелерінің датчиктерінің арқасында қарапайымнан күрделіге дейін жұмысты оңтайландыруға, тиімділікті бақылауға, қауіпсіздікті бақылауға және нақты жағдайдың алдын ала болжамдарға сәйкес келетіндігін тексеруге болады. Бұл құрылғылар өндіріс желісі немесе логистикалық операция кезінде жиналған деректерді жаппай жинауға мүмкіндік береді [13].

Машиналарға келетін болсақ, сенсорлар адамдардың сезіміне тең. Олар жинайтын ақпарат машиналарды ақылды етеді. Бұл ақпаратты алу үшін құрылғылардан алынған деректерді сүзу қажет.

Датчиктер машиналарға деректерді көруге, тануға және ақылмен бөлісуге, барлық ақпаратты жіктеуге және түсіндіруге мүмкіндік береді. Машиналар мен процестерді басқарудан басқа, сенсорлар ұсынатын ақпарат өнеркәсіптік жүйелерді басқаруға, ықтимал бұзылуларды анықтауға немесе олардың алдын алуға мүмкіндік береді. Олар материалдар ағыны мен процестерді мөлдір және оңтайлы етеді. Датчиктерді пайдалану тиімділікті арттырады. Осы себепті сенсорлар өндіріс пен цифрландыруды автоматтандырудың өте маңызды бөлігі болып табылады және келесі мүмкіндіктерге ие [14]:

- Машиналардың нақты уақыт режиміндегі жұмысын зерттеу.
- Өндіріс және / немесе пайдалану барысында ақауларды табу.
- Әрбір процесті зерттеп, уақыт пен / немесе ақшаны үнемдейтін шешімдерді табу.

Ақпарат дұрыс шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін маңызды құндылыққа айналады. Өндірістік желілерде қолданылатын әртүрлі датчиктер өнімнің қажетті сапасына жетуге мүмкіндік беретін ақпарат береді.

Датчиктердің дамуы оларды екі түрлі топқа бөлуге мүмкіндік берді: қарапайым датчиктер және интеллектуалды датчиктер. Қарапайым датчиктер тек деректерді береді, бірақ сәйкес ақпаратты алу үшін ешқандай өңдеу жүргізбейді. Ал интеллектуалды датчиктер деректерді өңдеп, тиісті ақпаратты шығарады: диапазоннан тыс параметрлер, олардың уақыт бойынша өзгерістері немесе деректерді сақтау үшін желіге қосылу мүмкіндігі.

Интеллектуалды датчиктер – бұл кірістірілген интеллект пен сандық желі арқылы деректермен алмасу қабілетімен сипатталатын құрылғылар. Олар үшін бірыңғай стандарт жоқ болса да, Интернет заттары (IoT) және өнеркәсіптік IoT (IIoT) пайда болуымен, жаңа датчиктер мен оларға байланысты қосымшалар күн сайын дамуда [15].

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда бұл датчиктер келесі параметрлерді өлшейді:

- Процесс айнымалылары: температура, қысым, деңгей, ағын, рН, лайлылық.

- Электрлік айнымалылар: кернеу, ток, жиілік.
- Механикалық айнымалылар: айналу, циклдар саны, орналасу, қозғалыс бағыты, статикалық және динамикалық қысым, жақындық.
- Қоршаған орта айнымалылары: ылғалдылық, діріл, жел жылдамдығы мен бағыты және т.б.

Датчиктер мен өлшеу жүйелерінің нақты қолдану салалары салаларға байланысты ерекшеленеді [16]:

- Химия, мұнай-газ және атом энергетикасында олар маңызды процестерді басқару үшін қолданылады.
- Энергетикада датчиктер электр энергиясын тасымалдау мен тарату жүйелерін басқаруға қажет.

Критикалық инфрақұрылымдарда сенімділік, калибрлеу, қауіпсіздік және дәлдікке қойылатын талаптарды қамтамасыз ететін стандарттар әзірленді.

Интеллектуалды технологияны қолдану машиналарды бүкіл өнімді жасау тізбегінде интеллектуалды желілерге қосыла алатын құрылғыларға айналдыра алады.

Интеллектуалды датчиктердің бес негізгі мүмкіндігі [17]:

1) Операцияларды бақылау, қадағалау және жетілдіру

Интеллектуалды датчиктер мәліметтер жинап, әртүрлі жүйелер мен құрылғыларды байланыстырады. Бұл кәсіпорын ішіндегі үздіксіз байланысқа мүмкіндік береді:

- Жабдық пен жүйелердің жұмысын бақылау.
- Генерацияланған барлық деректерді топтастыру.
- Мәліметтер жинағын бағалау, салыстыру және талдау.

2) Жабдықтың істен шығуын болжау және алдын ала қызмет көрсету

Болжамды техникалық қызмет көрсету: Датчиктер деректер негізінде қызмет көрсету қажеттілігін көрсететін заңдылықтарды анықтайды. Олар пайдаланушыларға ықтимал мәселелер туралы ескертулер жіберіп, оларды ақауға дейін шешуге мүмкіндік береді.

– Шығындарды азайту: Интеллектуалды технология жоспарлы қызмет көрсетуден профилактикалық қызмет көрсетуге көшуді жеңілдетеді.

3) Деректерді автоматты түрде тіркеу

– Экологиялық және салалық стандарттарға сәйкестікті сақтау үшін деректерді тіркеу қажет.

– Датчиктер энергия тұтыну, температура, ылғалдылық, жұмыс уақыты және өндірістік желінің өнімділігі туралы мәліметтерді автоматты түрде жазып, есептердің тиімділігі мен дәлдігін арттырады.

4) Процестердегі ақаулар мен стандарттарға сәйкессіздіктер туралы ескертулер алу

Интеллектуалды датчиктер нақты уақытта жүйелік ақауларды анықтап, олар туралы хабарлайды. Бұл өндірушілерге мәселелерді алдын ала шешіп, тоқтап қалу уақытын азайтуға мүмкіндік береді.

## 5) Бәсекелестік артықшылықтарды арттыру

Интеллектуалды технологиялар процестердің тиімділігін арттырып, қызмет көрсету сапасын жақсартуға, тұтынушылардың қанағаттануын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Датчиктердің дамуы оларды екі топқа бөлуге әкелді:

- 1) Қарапайым датчиктер – деректерді береді, бірақ оларды өңдемейді.
- 2) Интеллектуалды датчиктер – мәліметтерді өңдеп, сәйкес ақпаратты береді, мысалы: диапазоннан тыс параметрлер, уақыт бойынша өзгерістер немесе деректерді сақтау үшін желіге қосылу мүмкіндігі.

Интеллектуалды датчиктер өндірістік процестерді оңтайландырудың және автоматтандырудың ажырамас бөлігіне айналып, заманауи өнеркәсіптік шешімдерге жол ашады.

Датчиктер деректер жинау мен әртүрлі сипаттамаларды өлшеу үшін қолданылады. Түрлі тапсырмаларға арналған көптеген датчиктер бар, соның ішінде:

- Жақындық датчиктері: бұл датчиктердің түрлері әртүрлі болып келеді: сыйымдылықты, индуктивті, фотоэлектрлік немесе магниттік, сондай-ақ қозғалысты анықтайтын датчиктер.

- Температура датчиктері: қоршаған ортаның, машиналардың, өнімдердің температурасын өлшейді. Олар өндірістік желілерде кеңінен қолданылады, бұл олардың қауіпсіз және тиімді жұмысын қамтамасыз етеді.

- Өндіріс процестеріндегі параметрлерді бақылауға арналған датчиктер:

- Ылғалдылықты, майдың, ақуыздың, қуыру дәрежесін, қалыңдықты, салмақты өлшейтін датчиктер.

- Бұл датчиктер әртүрлі технологияларға негізделген.

- Қысым, деңгей, діріл немесе жылдамдық датчиктері: олар да өнеркәсіпте кеңінен қолданылады.

Машиналық көру жүйелері – бұл да датчиктер. Олар кескіндерді тіркеп, әрекеттерді, объектілердің орналасуын, ақауларды анықтайды және процестер туралы ақпарат береді. Интеллектуалды машиналық көру жүйелері келесі мүмкіндіктерімен ерекшеленеді:

- Бейненің негізінде жауаптар мен шешімдер шығара алады.

- Ақпаратты талдап, автоматтандырылған әрекеттер жасайды.

Датчиктердің қолданылуы өндірістегі автоматтандыру деңгейін арттыруға мүмкіндік береді. Заманауи өндірістік желілерде автоматтандыру [18]:

- Икемділікке ие болуы керек: Өндірістік желіде әртүрлі өнімдерді шығаруға бейімделу.

- Жеке теңшеуді қамтамасыз ету: Клиенттердің әртүрлі қажеттіліктерін қанағаттандыру.

Заманауи өндіріс көлемі ұлғайып, өнімдер ассортименті артып келеді. Әрбір өнімге бейімделе алатын датчиктерді қолдану өндіріс процестерін жетілдірудің маңызды аспектісі болып табылады.

Өндірістегі негізгі төрт тапсырма, оларды датчиктер арқылы оңтайландыруға болады:

1) Сапаны жақсартылған бақылау:

- Өнімдер саны артып, олардың сапасын қолмен тексеру қиындай түсуде.

- Сапаға қойылатын талаптар өсуіне байланысты ақауларды автоматты түрде анықтау және өнім туралы барлық деректерді алу қажет.

- Барлық түрдегі датчиктер бұл процесті автоматтандырады.

2) Икемді автоматтандыру:

- Өндірісті және логистиканы қажеттіліктерге немесе өндірістік процестегі өзгерістерге бейімдеу қажет.

- Интеллектуалды датчиктер мәліметтерді талдау арқылы өндірісті қажеттіліктерге қарай икемдейді.

3) Жұмыс ортасындағы қауіпсіздік:

- Адамдар мен машиналар арасындағы өзара әрекеттесу қауіпсіз және эргономика талаптарына сай болуы керек.

- Датчиктер машиналарды «ақылды» етеді, бұл оларды адамдармен қауіпсіз жұмыс істейтін әріптеске айналдырады.

4) Бақылау және қадағалау:

- Датчиктер өндірістің кез келген кезеңінде өнімдерді анықтау және бақылау тәсілін жақсартады.

- Қадағалау өндірістің бастапқы кезеңінен бастап, өнімді тасымалдау және жеткізуге дейін маңызды.

Датчиктердің кең мүмкіндіктері өндіріс процестерін автоматтандыру мен оңтайландыруға, өнімнің сапасын жақсартуға және тұтынушылардың қажеттіліктерін қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Өнеркәсіптік автоматтандыруда өлшеу құрылғыларының кең қолданысы төмендегідей келтіруге болады:

Электрлік емес шамаларды өлшеу

Өнеркәсіптік автоматтандыру қосымшаларында электрлік емес шамаларды өлшеу өте кең таралған. Оларға деңгей, ағын, қысым және температура жатады.

Деңгейді өлшеу. Деңгей – өнеркәсіптік қосымшаларда ең жиі өлшенетін физикалық шамалардың бірі. Бұл шаманы бақылайтын екі түрдегі датчиктер бар: контактілі және контактісіз.

Архаикалық және қазіргі уақытта сирек қолданылатын әдістер поплавок пен арқандағы жүктің көмегімен жүзеге асырылады. Алайда, олардың дәлдігі төмен болғандықтан, жаңа және дәлірек әдістермен ауыстырылуда.

- Гидростатикалық өлшеу – өнеркәсіпте жиі қолданылатын әдістердің бірі. Бұл әдіс сұйықтық бағаны арқылы жасалатын қысымды тексеруден тұрады.

- Бесконтакттілі әдістер: ультрадыбыстық және лазерлік өлшеу.

- Электрлік деңгей өлшеу әдістері: резистивтік және сыйымдылықты әдістер.

- Резистивтік әдіс зонд арқылы өтетін токтың көрсеткіштеріне негізделген.

- Сыйымдылықты әдіс зонд пен резервуар қабырғасы арасындағы сыйымдылықтың өзгеруін зерттейді.

Датчиктерді таңдағанда келесі қасиеттерді ескеру қажет: қолданылатын өлшеу әдісі, материал, құрылғы корпусы, қорғаныс деңгейі және жұмыс температурасының диапазоны.

Ағынды өлшеу. Ағын – бұл газдар, сұйықтықтар және ұнтақтардың ағымын өлшейтін электрлік емес шама. Ағынды бақылау ағып кетулерді анықтауға, сорғылардың құрғақ жұмысын болдырмауға және майлау контурларын тексеруге мүмкіндік береді.

Ағын өлшегіштер екіге бөлінеді [19]:

- Механикалық: көлемдік, манометриялық, өзгермелі қимасы бар және ашық арналы.

- Электрлік: магниттік, импульстік, ультрадыбыстық, кориолистік және вихревік.

Механикалық өлшегіштер:

- Көлемдік өлшегіштер тұтқыр сұйықтықтардың ағынын өлшеуге қолайлы.

- Манометриялық өлшегіштер жүйенің кірісі мен шығысындағы қысым айырмашылығын анықтайды.

- Өзгермелі қимасы бар ротаметрлер – конустық құрылымы бар, ағын арқылы поплавоктың орнын анықтайды.

- Ашық арналы өлшегіштер: ағын тік түтіктегі сұйықтық деңгейі арқылы өлшенеді.

Электрлік өлшегіштер:

- Электромагниттік: магнит өрісіне перпендикуляр бет арқылы ағынды өлшейді.

- Ультрадыбыстық: бесконтактілі өлшеу және қысымның төмендемеуі.

- Кориолистік: жоғары дәлдік пен кең диапазон, бірақ күрделі калибрлеуді талап етеді.

- Вихревік өлшегіштер: температура, қысым және тұтқырлық өзгерістеріне тәуелсіздігімен ерекшеленеді.

Қысымды өлшеу. Қысым – автоматтандыруда жиі өлшенетін электрлік емес шама. Қысымды өлшеу механикалық немесе электрондық компоненттер арқылы жүзеге асырылады.

Датчиктердің түрлері:

- Тензодатчиктер:

- Резистивтік сымның деформациялануы арқылы қысымды өлшейді.

- Артықшылығы: дірілдер мен соққыларға төзімділігі.

- Кемшілігі: мембрананың орналасуына сезімталдығы.

- Пьезорезистивтік датчиктер:

- Жоғары сезімталдық пен дәлдікке ие.
- Миллибар диапазонындағы төмен қысымды өлшеуге мүмкіндік береді.

- Сыйымдылықты датчиктер:
- Конденсатордың өзгерісі негізінде жұмыс істейді.
- Артықшылығы: тұрақтылық және ұзақ мерзімділік.

Датчикті таңдағанда келесі қасиеттерді ескеру қажет: өлшенетін орта, температура, максималды диапазон, корпус, қорғау деңгейі және өлшеу әдісі.

Температураны өлшеу. Температура – өндірістегі ең жиі бақыланатын физикалық параметрлердің бірі.

Оның дұрыс деңгейін бақылау:

- Азық-түлік, фармацевтика және химия өнеркәсібі үшін маңызды.
- Автоматтандыру компоненттерінің бұзылуын болдырмау үшін қажет.

Бесконтактті өлшеу. Бесконтактті өлшеу әдістері кеңінен қолданылады. Мұндай датчиктер:

- Индуктивтік: метал элементтердің орнын анықтайды.
- Сыйымдылықты: түрлі материалдарды, соның ішінде металл еместерді анықтай алады.
- Ультрадыбыстық: объектіден шағылған толқындарды пайдаланады.
- Магниттік: тұрақты магнит немесе электромагнит көмегімен жұмыс істейді.
- Оптикалық: сапаны тексеру және қауіпсіздікті бақылау үшін қолданылады.

Машиналық көру жүйелері. Машиналық көру жүйелерінде оптикалық датчиктер кеңінен қолданылады. Түрлері:

- Түсті датчиктер. Шағылысқан жарықтың параметрлерін эталонмен салыстырады.
- Контраст датчиктері. беткі элементтерді және маркерлерді анықтайды.
- Фотоэлектрлік датчиктер. Объектінің жарық сигналдарын өзгертетін қасиетіне негізделеді.
- Лазерлік датчиктер. геометриялық профильді және объектілер арасындағы саңылауларды анықтауға мүмкіндік береді.

Мұндай жүйелер өндірісті автоматтандыруда және өнім сапасын бақылауда маңызды рөл атқарады.

Кез-келген автоматтандырылған жүйенің өте маңызды аспектісі-өлшеу құрылғыларының, яғни сенсорлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Оның әртүрлі компоненттерде болуы өндіріс процесінің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Мұндай құрылғылар тобының бірі-жарық кедергілері мен перделер. Соңғысы жарық сәулелерінің жоғары тығыздығымен сипатталады. Олардың әрекет ету тәртібі жарық сәулелерін шығару принципіне негізделген,

қабылдағышқа барар жолда бұл сәулелердің үзілуі тізбектің бұзылуы немесе істен шығуы ретінде қабылданады және ықтимал қауіпті процесті қауіпсіз тоқтату шараларын бастайды. Кедергілер мен жарық перделері машиналарға, құрылғыларға және белгілі бір аймақтарға рұқсатсыз кіруді бақылау үшін қажет. Әдетте, кедергілер мен перделер трансивер-қабылдағыш жұптарында жұмыс істейді. Алайда, кейде олардың арасына сәулені тік бұрышпен шағылыстыратын айна орнатылады, бұл өзара перпендикуляр сызықтардың сақталуын бір уақытта бақылауға мүмкіндік береді.

Көптеген кедергілер мен перделердің пайдалы функциясы бар - шикізатты жеткізу және дайын өнімді жинау арқылы қол жеткізілетін жарықтандыруды уақытша өшіру мүмкіндігі [20]. Тағы бір қызықты және пайдалы функция-қауіпті аймақтағы элементке бақыланатын қол жетімділікті қамтамасыз ете отырып, бір немесе бірнеше іргелес сәулелерді блоктау мүмкіндігі. Мұндай функцияны қолданудың мысалы-ұзын элементтерді өңдеу құрылғысына беру процесі. Қорғаныс тосқауылының немесе перденің қолайлы моделін таңдағанда, келесі параметрлерге назар аударыңыз: белгіленген ажыратымдылық, қорғалатын аймақтың биіктігі, қорғалатын аймақтан максималды қашықтық, максималды жауап беру уақыты және орнату әдісі.

Жарық кедергілері мен перделер сияқты әрекет принципі бақылау аймағы шеңбердің бөлігі болып табылатын аймақты бақылауға арналған сканерлерге де тән. Бұл сканерлер негізінен көру бұрышы мен ажыратымдылығымен сипатталады. Қауіпсіздік сканерінің нақты моделін таңдағанда, ескерту аймағы мен қорғаныс аймағы арасындағы қашықтықты және белгілі бір аймақ бұзылған жағдайда жауап берудің максималды уақытын тексеру қажет.

### **1.3 Датчиктердің техникалық сипаттамалары және түрлері**

Датчиктер – бұл автоматтандырылған жүйелердің ажырамас бөлігі. Олар әртүрлі физикалық, химиялық және механикалық параметрлерді өлшеу үшін қолданылады. Датчиктердің негізгі мақсаты – өндірістік процестерді тиімді бақылау және басқару, қауіпсіздікті қамтамасыз ету, сондай-ақ шығындарды азайту. Қазіргі уақытта датчиктерді әртүрлі салаларда қолданады, соның ішінде өнеркәсіп, медицина, ауыл шаруашылығы және тұрмыстық техника.

Датчиктердің техникалық сипаттамалары олардың жұмыс істеу принциптері мен қолдану аясына байланысты. Бұл құрылғыларды таңдау кезінде өлшеу дәлдігі, сенсорлық сезімталдық, жұмыс температурасы диапазоны, материалдың төзімділігі және басқа да қасиеттер маңызды рөл атқарады. Төменде датчиктердің әртүрлі түрлері мен олардың техникалық сипаттамалары туралы толық ақпарат беріледі [21].

Датчиктердің негізгі түрлері және олардың сипаттамалары [22]:

1) Температура датчиктері Температура датчиктері өнеркәсіпте, медицинада және тұрмыстық техникада жиі қолданылады. Олар температураны нақты уақыт режимінде өлшеуге және бақылауға мүмкіндік береді. Температура датчиктерінің негізгі түрлері:

- Термопарлар. Жұмыс принципі екі металдың түйісу нүктесінде термоэлектрлік кернеудің пайда болуына негізделген. Температураның өзгеруі кернеудің өзгерісіне әкеледі, оны өлшеу арқылы температураны анықтайды.

- Терморезисторлар (RTD). Электр кедергісі температураның өзгеруіне байланысты өзгереді. Негізгі артықшылықтары – жоғары дәлдік пен ұзақ мерзімділік.

- Инфрақызыл датчиктер. Қоршаған ортадан сәулеленетін жылуды анықтап, температураны бесконтактті түрде өлшейді. Олар жоғары температура мен қауіпті ортада жұмыс істеуге ыңғайлы.

2) Қысым датчиктері Қысымды өлшеу өндірістік автоматтандыруда маңызды рөл атқарады. Қысым датчиктері механикалық немесе электрондық компоненттерге негізделеді. Олардың түрлері:

- Тензодатчиктер. Қысым әсерінен резистивтік элементтің механикалық деформациясы электр кедергісінің өзгеруіне әкеледі.

- Пьезорезистивтік датчиктер. Қысымды өлшеу үшін пьезоэффект қолданады, бұл сезімталдық пен дәлдікті арттырады.

- Сыйымдылықты датчиктер. Қысымның өзгеруі электр сыйымдылығының өзгерісін тудырады, бұл қысымды анықтауға мүмкіндік береді.

3) Ағын датчиктері Сұйықтықтар мен газдардың ағымын бақылау үшін қолданылады. Олар өндірісте, энергетикада және экологиялық мониторингте маңызды рөл атқарады. Негізгі түрлері:

- Көлемдік ағын өлшегіштер. Сұйықтық немесе газдың көлемін өлшейді.

- Ультрадыбыстық ағын өлшегіштер. Ультрадыбыстық толқындардың жылдамдығы арқылы ағымды анықтайды.

- Электромагниттік датчиктер. Электрөткізгіш сұйықтықтардың ағымын өлшейді.

4) Деңгей датчиктері Сұйықтықтар мен сусымалы материалдардың деңгейін өлшеуге арналған. Олар резервуарлар мен қоймалардағы материалдардың мөлшерін бақылауға мүмкіндік береді. Деңгей датчиктерінің түрлері:

- Гидростатикалық датчиктер: Сұйықтық бағанының қысымын өлшейді.

- Ультрадыбыстық деңгей датчиктері: Бесконтактті әдіспен жұмыс істейді.

- Сыйымдылықты деңгей датчиктері: Сұйықтық пен материалдар арасындағы электр сыйымдылығын анықтайды.

5) Индуктивтік және сыйымдылықты датчиктер Бұл датчиктер

объектілердің қозғалысын, жақындауын немесе бар болуын анықтау үшін қолданылады. Индуктивтік датчиктер металдан жасалған объектілермен, ал сыйымдылықты датчиктер металл емес материалдармен жұмыс істей алады.

6) Оптикалық датчиктер Оптикалық датчиктер автоматтандыру және қауіпсіздік жүйелерінде кеңінен қолданылады. Олар жарық сәулелерінің өзгерістерін анықтап, объектілердің қозғалысын немесе орналасуын бақылайды. Негізгі түрлері: фотоэлектрлік, лазерлік және инфрақызыл датчиктер болып табылады.

Кесте 1.1 – Датчиктердің техникалық сипаттамаларын салыстыру

| Датчик түрі              | Жұмыс принципі                      | Қолдану саласы              | Артықшылықтары             | Кемшіліктері                   |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Термопарлар              | Термоэлектрлік кернеу               | Өнеркәсіп, медицина         | Жоғары жұмыс температурасы | Орташа дәлдік                  |
| Терморезисторлар (RTD)   | Кедергінің өзгеруі                  | Өндіріс, тұрмыстық техника  | Жоғары дәлдік              | Бағасы жоғары                  |
| Тензодатчиктер           | Резистивтік элементтің деформациясы | Автоматтандыру, энергетика  | Дірілге төзімділік         | Сезімталдық төмен болуы мүмкін |
| Ультрадыбыстық датчиктер | Ультрадыбыстық толқындардың шағылуы | Өндіріс, экология           | Бесконтакттілі өлшеу       | Құны жоғары                    |
| Индуктивтік датчиктер    | Электромагниттік өрістің өзгерісі   | Өнеркәсіп, көлік            | Жоғары сенімділік          | Тек металдарға жарамды         |
| Оптикалық датчиктер      | Жарық сәулелерінің өзгеруі          | Автоматтандыру, қауіпсіздік | Жоғары дәлдік              | Ластануға сезімтал             |

Датчиктер – бұл автоматтандырудың және басқару жүйелерінің негізгі элементтері. Олардың әртүрлі түрлері мен сипаттамалары өндіріс пен технологияның әртүрлі салаларында қолдануға мүмкіндік береді [23]. Датчиктерді дұрыс таңдау өлшеу дәлдігін, жүйе сенімділігін және жалпы тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы технологиялардың дамуымен датчиктердің сезімталдығы мен функционалдығы айтарлықтай жақсаруда, бұл олардың қолдану аясын одан әрі кеңейтуге мүмкіндік береді.

#### 1.4 M2M датчиктерінің ақауларды болжаудағы рөлі

M2M (Machine-to-Machine) технологиялары қазіргі заманауи автоматтандыру жүйелерінің ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл технологиялар деректерді жинау, талдау және құрылғылар арасында ақпарат алмасу мүмкіндіктерін ұсынады. Әсіресе, өндірістік және өнеркәсіптік ортада

M2M датчиктерінің қолданылуы өте маңызды, себебі олар ақауларды алдын ала анықтап, процестерді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Бұл бөлімде M2M датчиктерінің ақауларды болжаудағы рөлі туралы толық талқыланады.

M2M датчиктері – бұл құрылғылар мен жүйелер арасындағы тікелей байланыс орнатуға мүмкіндік беретін сенсорлар мен электрондық құрылғылар. Олардың басты міндеттері [24]:

1) Деректерді жинау. Датчиктер әртүрлі физикалық және химиялық параметрлерді – температура, қысым, діріл, электр тогы, және басқа өлшемдерді өлшейді. Бұл деректер нақты уақыт режимінде жиналады.

2) Ақпаратты жіберу. Жиналған деректер M2M желісі арқылы орталық серверлерге немесе басқа құрылғыларға жіберіледі.

3) Талдау және болжау. Жиналған деректер арнайы алгоритмдер мен жасанды интеллект негізінде талданады, бұл ақаулардың ықтималдықтарын болжауға мүмкіндік береді.

4) Қабылданған шешімдер. Ақау туындау қаупі анықталған жағдайда жүйе тиісті шараларды қабылдайды, мысалы, техникалық қызмет көрсету туралы ескерту жіберу немесе машинаның жұмысын тоқтату.

M2M датчиктерінің қолданылуы келесі артықшылықтарды қамтамасыз етеді:

1) Нақты уақыттағы бақылау. Датчиктер нақты уақыт режимінде жұмыс істеп, кез келген өзгерістерді немесе ауытқуларды дереу анықтайды.

2) Жоғары дәлдік: M2M жүйелері арқылы алынған деректер дәл және сенімді, бұл ақауларды болжау сапасын арттырады.

3) Алдын ала техникалық қызмет көрсету. Датчиктердің көмегімен жүйе ақаулардың ықтимал пайда болу уақытын болжай алады, бұл жоспарланбаған тоқтап қалуларды азайтады.

4) Шығындарды қысқарту. Ақауларды алдын ала анықтау техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және жабдықтың жұмыс уақытын ұлғайтуға мүмкіндік береді.

5) Қауіпсіздікті арттыру. Ақауларды болжау қауіпті жағдайлардың алдын алады, бұл жұмысшылар мен жабдықтардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

M2M датчиктері әртүрлі физикалық құбылыстарды өлшеу үшін арнайы сенсорлық технологияларды қолданады. Олардың жұмыс істеу принциптері келесідей:

1) Деректерді жинау. Датчиктер қоршаған ортадағы немесе жүйедегі физикалық параметрлерді өлшейді, мысалы, температура, қысым, діріл немесе жылдамдық.

2) Сигналдарды өңдеу. Алынған сигналдар аналогтық түрде тіркеледі және цифрлық форматқа ауыстырылады.

3) Деректерді беру. Жиналған деректер сымсыз желілер, Wi-Fi, Bluetooth немесе LPWAN сияқты технологиялар арқылы серверлерге жіберіледі.

4) Талдау. Орталықтандырылған жүйелер алынған деректерді талдап, олардың негізінде ақауларды болжау үшін математикалық модельдер мен алгоритмдерді пайдаланады.

5) Қабылданған әрекеттер. Ақау қаупі анықталған жағдайда жүйе қажетті шараларды қолданады, мысалы, ескертулер жіберу немесе құрылғының жұмысын тоқтату.

Ақауларды болжау үшін қолданылатын M2M датчиктері бірнеше негізгі топтарға бөлінеді:

1) Температура датчиктері: Бұл датчиктер жабдықтың температуралық режимдерін бақылап, оның шектен тыс қызып кетуін немесе салқындауын анықтайды.

2) Діріл датчиктері: Механикалық жабдықтардағы дірілдерді өлшейді. Дірілдің ауытқуы механизмдердің ақауларын немесе тозуын көрсетеді.

3) Қысым датчиктері: Құбырлар мен резервуарлардағы қысымды бақылап, қысымның шамадан тыс жоғарылауы немесе төмендеуі туралы хабар береді.

4) Жылдамдық және үдеу датчиктері: Қозғалыстың тұрақтылығын анықтап, жабдықтың дұрыс жұмыс істемеуі мүмкін екенін көрсетеді.

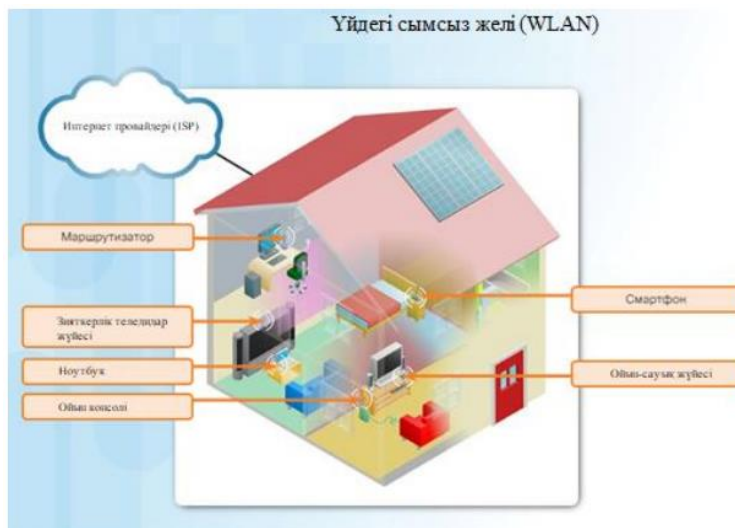
5) Электрлік параметрлерді өлшейтін датчиктер: Электр кернеуі, ток және қуат тұтынуды өлшейді. Электрлік параметрлердегі ауытқулар жабдықтың ақауларын көрсетуі мүмкін.

Технологияның дамуы M2M сенсорларының мүмкіндіктерін кеңейтуге ықпал етеді. қазіргі уақытта жасанды интеллект және машиналық оқыту алгоритмдері M2M сенсорларының тиімділігін арттырады. болашақта бұл құрылғылар дербес жүйелердің негізі болады және өндіріс процестерін толығымен автоматтандыруға мүмкіндік береді [25].

M2M сенсорлары ақауларды болжауда және алдын алуда маңызды рөл атқарады. Олар жабдықтың жұмысын тиімді бақылауға, шығындарды азайтуға және қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. M2M технологияларының үздіксіз дамуы оларды қолдану аясын кеңейтеді және өндірістік процестердің тиімділігін арттырады.

Заттар интернетінің (IoT) мәні – бұл Интернетке әлі қосылмаған нәрсені қосады. Зерттеулер көрсеткендей, 2025 жылға қарай бүкіл әлем бойынша 50 миллиард құрылғы қосылған кезде, бүкіл әлем «өсіп келе жатқан жүйеге» айналады және үнемі өсіп келе жатқан деректер көлемін алып, оларға жауап бере алады. Осы қосылған заттар мен алынған мәліметтер, сондай-ақ адамдарға дұрыс шешім қабылдауға және пайдалы ұсыныстар беруге көмектесетін жаңа процестерді қолдану арқылы Интернет бүкіл әлемдегі адамдардың өмір сүру сапасын жақсартып алады. Онда әлі қосылмаған көптеген нәрселер, сондай-ақ келесі онжылдықта жүзеге асырылуы мүмкін мүмкіндіктер туралы айтылады. Элементтерді қосу біздің жеке өмірімізге қалай әсер етеді? [26] үй желісі-бұл үй маршрутизаторына қосылатын құрылғылары бар жергілікті желі. Маршрутизатор сымсыз қосылымдарды да қолдайды. Бұл мысалда сіз жергілікті желіге сымсыз жергілікті желі (WLAN)

арқылы қосыла аласыз. Суретте жергілікті интернет провайдері (ISP) арқылы интернетке қосылған әдеттегі үйдегі сымсыз жергілікті желі көрсетілген. Интернет-провайдер жағында қолданылатын әртүрлі құрылғылар мен қосылыстар қарапайым пайдаланушыларға көрінбейді, бірақ олар интернет байланысының жұмысында маңызды рөл атқарады.

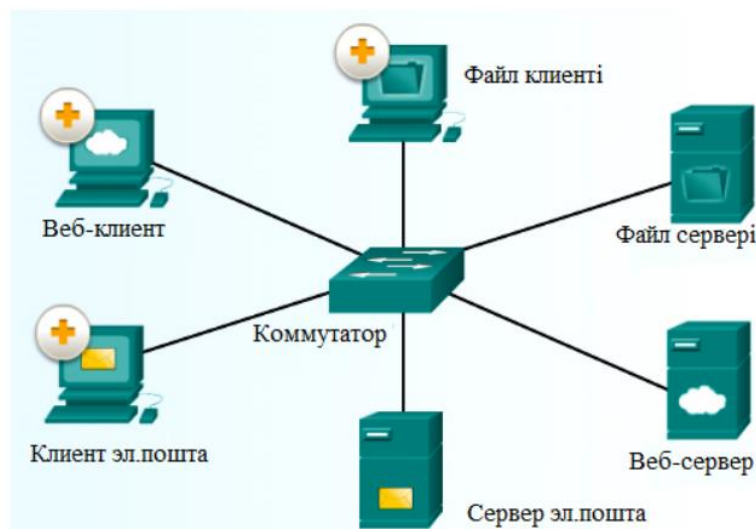


1.2-сурет – Үйдегі интернет

Жергілікті интернет-провайдер басқа интернет-провайдерлерге қосылған, бұл бүкіл әлемнің веб-сайттары мен мазмұнына қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Суретте көрсетілгендей, бұл Интернет-провайдерлер бір-біріне әртүрлі технологиялар, соның ішінде ғаламдық желі (WAN) арқылы қосылады.

Желі арқылы деректерді беру принциптерін түсіну үшін желілік қосылыстарды құру принциптерін зерттеу қажет. Интернет дәуірінің басынан бастап компаниялар деректерді өңдеу үшін көбінесе клиент-сервер моделін қолданды. Компанияда файл серверлерін ұйымдастырудың типтік әдісін қарастырыңыз. Ұйым ішіндегі шеткі пайдаланушылар файл серверінде кез-келген файлдар мен құжаттарды сақтай алады, соның арқасында шеткі құрылғыларда жергілікті қосымшалар үшін жад пен есептеу қуаты көп болады. Орталық файлдық серверде файлдарды сақтау арқылы ұйым ішіндегі басқа пайдаланушылар қажетті файлдарға оңай қол жеткізе алады, бұл өзара әрекеттесуге және ақпаратты бірлесіп пайдалануға ықпал етеді. Сонымен, орталықтандырылған қызметтердің (мысалы, файлдық серверлер) арқасында ұйымдар ресурстарды қорғау үшін орталықтандырылған қауіпсіздік және резервтеу рәсімдерін жүзеге асыра алады. Интернеттің кеңеюіне және мобильді құрылғыларды пайдаланушылар санының артуына байланысты клиент-сервер үлгісі әрдайым тиімді нұсқа бола бермейді [27]. Көптеген адамдар алыстан қосылатындықтан, орталықтандырылған сервер жеткіліксіз болуы мүмкін. Серверден тым алыс пайдаланушылар үлкен кідірістер мен ақпаратқа қол жеткізуде қиындықтарға тап болуы мүмкін. Ұйымдар мен

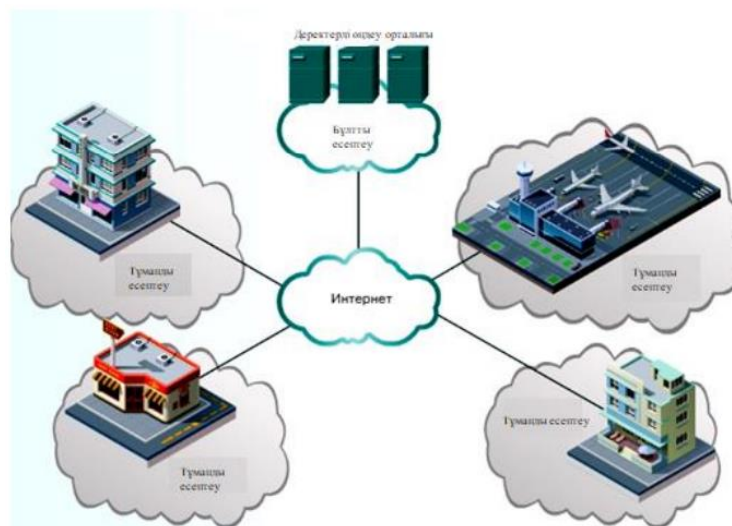
қарапайым пайдаланушыларға қойылатын бұл өзгерістер бұлтты есептеулердің пайда болуына әкелді.



1.3-сурет – Клиент-сервер үлгісі

Бұлтты есептеу клиент – сервер сияқты дәстүрлі модельдің көптеген мәселелерін шешуге көмектесті. Алайда, бұлтты есептеу кідірістерге сезімтал қосымшалар үшін ең жақсы нұсқа болмауы мүмкін, бұл дереу жергілікті жауапты қажет етеді. Орналасқан жерді және кідірісті азайтуды ескере отырып, интернеттің өсіп келе жатқан толқыны ұялы байланыс пен аумақтық бөлуді қажет етеді. Интернеттегі құрылғылар нақты уақыт деректерін және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету тетіктерін қажет етеді.

Интернеттегі заттар кез-келген нәрсені басқара немесе өлшей алатын IP қолдайтын құрылғылардың шексіз санын қамтиды. Бірақ бұл құрылғылардың барлығы жер шарына шашыраңқы. Бұл кейбір мәселелерге әкелуі мүмкін, олардың бірі осы құрылғылар мен деректер орталықтары арасында арналар құру болып табылады, мұнда бұл деректерді суретте көрсетілгендей талдауға болады. Бұл құрылғылар үлкен көлемде деректер шығара алады [28]. Мысалы, 30 минут ішінде реактивті қозғалтқыш 10 терабайт өнімділік және күй деректерін жасай алады. Барлық осы деректерді заттардың интернет құрылғыларынан талдау және шешімдерді периметрге одан әрі беру үшін бұлтқа жіберу өте тиімді емес. Оның орнына, талдаудың бір бөлігі шекарада болуы керек, мысалы, далада жұмыс істеу үшін жасалған өнеркәсіптік стандарттың Cisco маршрутизаторларында. Тұманды есептеулер тез жауап беруді қажет ететін қарапайым тапсырмалар орындалатын желі шекарасының жанында таратылған есептеу инфрақұрылымын жасайды. Бұл желінің деректер жүктемесін азайтады, желілік қосылыстарды жоғалту кезінде заттардың интернет құрылғыларының жұмысына байланысты ақаулыққа төзімділікті жақсартады, сонымен қатар сезімтал деректерді қажет болған жерде сақтау арқылы қауіпсіздік деңгейін жоғарылатады.



1.4-сурет – Тұманды есептеу моделі

Жоғарыда айтылғандай, құрылғылар Интернетке қосылып, деректерді желі арқылы жібереді. Интернет Протоколын (IP) пайдаланатын құрылғылардың мысалдарына ұялы телефондар, ноутбуктер, компьютерлер, принтерлер және IP телефондары жатады. Қазіргі уақытта деректерді жинайтын және жіберетін соңғы құрылғылардың көптеген жаңа түрлері бар, бірақ олар мұны IEEE 802.15 және NFC сияқты басқа протоколдармен жасайды.

Бұл құрылғылардың қолдауынсыз клапандар сияқты IP протоколдары Заттар Интернетінің маңызды құрамдас бөліктері болып табылады. Датчиктер, басқа сенсор заттар интернетіндегі деректер желісіне қосылуы керек.

Сенсор – бұл физикалық қасиеттерді өлшейтін және бұл ақпаратты электрлік немесе оптикалық сигналға түрлендіретін объект. Мысалы, сенсорлар температураны, салмақты, қозғалысты, қысымды және ылғалдылықты өлшей алады. Датчиктер әдетте алдын ала бағдарламаланған нұсқаулармен бірге жеткізіледі; дегенмен, кейбір сенсорларда есептердің сезімталдығы немесе жиілігі өзгеруі мүмкін. Сезімталдық параметрлері өлшенген мән өзгерген кезде сенсор шығысының өзгеру дәрежесін көрсетеді. Мысалы, қозғалыс детекторын үй жануарларын елемей, тек адамның қозғалысын бақылай алатындай етіп калибрлеуге болады [29].

Жергілікті және қашықтағы сенсорлардың параметрлерін өзгерту үшін графикалық пайдаланушы интерфейсімен (GUI) жабдыкталуы мүмкін контроллер пайдаланылады. Жетектер, атқарушы механизм-Бұл Заттар Интернетінің бөлігі ретінде жүзеге асырылатын тағы бір құрылғы. Бұл қол жетімді нұсқауларға сәйкес механизмді немесе жүйені іске қосу немесе басқару үшін пайдалануға болатын негізгі қозғалтқыш.

Жетектер «әрекет ету» ұғымының негізінде тікелей физикалық әрекетті орындайды. Осылайша өндірілген өнеркәсіптік механизмдерге суретте көрсетілгендей гидравликалық жүйені басқару үшін қолданылатын электр

электромагниті кіреді. Ол Заттар Интернетінде жетектердің үш түрін пайдаланады.

Ол гидравликалық және механикалық қозғалыстарды орындау үшін сұйықтық қысымын пайдаланады.

Ол пневматикалық-механикалық әрекетті іске қосу үшін жоғары қысымды ауаны пайдаланады.

Электр энергиясы: ол электр энергиясын механикалық әрекетке айналдыратын электр қозғалтқышымен жұмыс істейді. Жетектің қозғалысты қалай бастағанына қарамастан, оның негізгі қызметі қандай да бір әрекетті орындайтын сигналды түсіру болып табылады. Әдетте, жетектер деректерді өңдей алмайды. Керісінше, механизм жұмысының нәтижесі қабылданған сигналға байланысты [30].

Механизм әдетте контроллердің сигналынан басталады. Контроллерлер, тұмандағы сенсорлар деректерді жинап, контроллерлерге жібереді. Контроллер сенсорлардан алынған кез келген ақпаратты тұмандағы басқа құрылғыларға жібере алады. Бағдаршамның интеллектуалды басқару жүйесінің мысалын еске түсірген жөн.

Датчиктер әрекетті анықтап, контроллерге хабарлайды. Контроллер бұл деректерді жергілікті түрде өңдей алады және трафиктің оңтайлы үлгілерін анықтай алады. Осы ақпарат негізінде контроллер трафикті реттеу үшін бағдаршамдардағы жетектерге сигналдар жібереді. "Тұманда" деректерді өңдеу дәстүрлі емес желілік ортада жүреді. Қосылған элементтердің саны артқан сайын әр түрлі салаларда жаңа желілік аймақтар құрылады (желідегі нүкте, ТҮЙРЕУІШ). Кең аумақты желілерде (WAN) қолайсыз жағдайларда немесе ашық ауада арнайы қорғалған жабдық қолданылады. Ақылды электр желісі желдеткіш торының мысалы болып табылады.

Кесте 1.2 – Датчиктердің ақауларды болжаудағы рөлі

| Датчик түрі              | Рөлі ақауларды болжауда                                                             | Қолдану салалары                       | Артықшылықтары                                | Кемшіліктері                      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Температуралық датчиктер | Жабдықтардың қызып кетуін немесе салқындауын анықтайды, алдын ала ескерту жібереді. | Өнеркәсіп, медицина, тұрмыстық техника | Жоғары дәлдік, нақты уақыттағы бақылау        | Күрделі калибрлеу талап етеді     |
| Діріл датчиктері         | Механизмдердегі діріл деңгейлерін бақылап, тозу немесе бұзылу белгілерін анықтайды. | Энергетика, көлік, өндіріс             | Ерте ескертулер және алдын ала қызмет көрсету | Сыртқы орта факторларына сезімтал |

1.2-кестенің жалғасы

|                               |                                                                             |                                              |                                             |                                                |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Қысым датчиктері              | Құбырлар мен жабдықтардағы қысымның қауіпті өзгерістерін бақылайды.         | Мұнай-газ саласы, гидравликалық жүйелер      | Қауіпті қысым өзгерістерін жылдам анықтау   | Механикалық әсерлерге бейімді                  |
| Жылдамдық датчиктері          | Жылдамдық пен қозғалыс ауытқуларын тіркеп, жұмыстың тұрақтылығын бағалайды. | Робототехника, көлік, өндіріс                | Қозғалыстың жоғары динамикасын бақылау      | Орнату кезінде күрделі конфигурация қажет      |
| Электр параметрлер датчиктері | Электрлік жүктемелердегі ақауларды немесе шамадан тыс тұтынуды болжайды.    | Энергетика, тұрмыстық техника, өнеркәсіп     | Электр параметрлерінің тұрақтылығын бақылау | Жоғары кернеулі жүйелерде шектеулі сезімталдық |
| Газ ағыны датчиктері          | Газ жүйелеріндегі ағып кетулерді немесе кедергілерді ерте анықтайды.        | Экология, химия, өндіріс                     | Газ ағынының қауіпсіздігін қамтамасыз ету   | Күрделі инфрақұрылымды қажет етеді             |
| Сұйықтық деңгей датчиктері    | Резервуардағы сұйықтықтың азаюы немесе толып кетуі туралы сигнал береді.    | Ауыл шаруашылығы, су қоймалары, резервуарлар | Сұйықтықтың деңгейін нақты анықтау          | Металл емес сұйықтықтарға жарамсыз             |
| Оптикалық датчиктер           | Объектілердің күйін бақылап, жарық ауытқуларынан ақауларды таниды.          | Қауіпсіздік жүйелері, автоматтандыру         | Объектілерді жарық негізінде дәл тану       | Оптикалық датчиктер                            |
| Инфрақызыл датчиктер          | Жылуды тіркеп, объектілердің шамадан тыс қызу белгілерін анықтайды.         | Жабдықтарды бақылау, өндіріс                 | Жоғары температураларды бесконтактілі өлшеу | Инфрақызыл датчиктер                           |

M2M (машинааралық өзара әрекеттесу) технологиялары заманауи өндіріс пен автоматтандыру жүйелерінде шешуші рөл атқарады. Бұл технологиялар деректерді жинау, өңдеу және бөлісу арқылы жабдықтың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Ақауларды болжаудағы M2M сенсорларының рөлі әсіресе маңызды. Олар жабдықтың күйін үнемі қадағалап отыруға және ықтимал мәселелерді алдын-ала анықтауға мүмкіндік береді. Бұл процесс өндіріс тиімділігін арттыруға және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді [31].

M2M сенсорларының басты артықшылығы-нақты уақыт режимінде жұмыс істеу мүмкіндігі. Олар кез келген өзгерістерді немесе ауытқуларды дереу жазады, бұл уақтылы әрекет етуге мүмкіндік береді. Мысалы, температура датчиктері жабдықтың қызып кетуін анықтауға және оның әсерін болдырмау үшін қажетті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді. Сол сияқты, діріл датчиктері механизмдердегі ақауларды анықтайды және олардың істен шығуын болдырмау үшін ерте ескертулер береді.

Датчиктер әртүрлі физикалық параметрлерді өлшеу үшін ең заманауи технологияларды қолданады. Мысалы, діріл датчиктері механизмдерде микроэлементтердің болуын анықтайды және олардың негізінде сыну ықтималдығын есептейді. Бұл деректер жасанды интеллект жүйелері арқылы талданады және техникалық қызмет көрсету бойынша нақты ұсыныстар береді. Сол сияқты, қысым датчиктері құбырлар мен резервуарлардағы қауіпті қысым деңгейлерін анықтап, ықтимал жарылыстардың алдын алады [32].

Жасанды интеллект пен машиналық оқытудағы жетістіктер M2M сенсорларының мүмкіндіктерін одан әрі кеңейтеді. болашақта бұл құрылғылар толық автономды жүйелердің негізі болады және өндіріс процестерін автоматтандыруды келесі деңгейге шығарады. Олар ақауларды болжап қана қоймай, алдын ала шараларды өз бетінше қабылдай алады.

M2M сенсорлары заманауи автоматтандыру жүйелерінің маңызды элементі болып табылады. Олар өндіріс тиімділігін арттырады және ақауларды болжау және алдын алу арқылы шығындарды азайтады. Технологияның үздіксіз дамуы осы сенсорлардың ауқымын кеңейтеді және болашақта жаңа мүмкіндіктер ашады. Осылайша, M2M сенсорлары өндірістік процестерді оңтайландырудың және қауіпсіздік деңгейін жақсартудың негізгі құралдарының бірі болып қала береді.

## **2 M2M датчиктер арқылы ақауларды болжау алгоритмдері**

### **2.1 Датчиктерден алынған деректерді өңдеу тәсілдері**

Сенсорлық деректерді өңдеу өндірістік процестердегі техникалық ақауларды болжау мен анықтаудағы маңызды қадам болып табылады. Бұл процестің тиімділігі мен дәлдігі деректерді жинау, сақтау, талдау және визуализация әдістеріне байланысты.

Сенсорлық деректерді өңдеу өндірістік процестердегі техникалық ақауларды болжау мен анықтаудағы маңызды қадам болып табылады. Бұл процестің тиімділігі мен дәлдігі деректерді жинау, сақтау, талдау және визуализация әдістеріне байланысты. Бұл бөлімде деректерді өңдеу тәсілдері талданады және олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. Деректерді өңдеудің мақсаты өндірістегі техникалық жүйелердің жұмысын оңтайландыру болып табылады. Датчиктер температура, қысым, жылдамдық немесе діріл сияқты әртүрлі өлшемдерді жазады. Бұл мәліметтер өндірістік жабдықтың жұмыс жағдайын бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оларды талдау арқылы мүмкін болатын ақауларды болжауға және олардың алдын алуға болады [33].

Сенсорлық деректерді өңдеу өндірістік процестердегі техникалық ақауларды болжау мен анықтаудағы маңызды қадам болып табылады. Заманауи өндіріс жүйелеріндегі техникалық ақауларды уақтылы анықтау және болжау өнімділік пен қауіпсіздік деңгейін айтарлықтай арттырады. Өндірістік жабдықтың күрделілігі және автоматтандырудың жоғары деңгейі деректерді дәл және тиімді өңдеуді қажет етеді. Бұл процесте M2M технологиялары ерекше рөл атқарады. Датчиктер температура, қысым, ауытқулар немесе ток қарқындылығы сияқты әртүрлі параметрлерді үздіксіз жазып отырады және бұл ақпаратты орталық жүйеге жібереді. Деректер үлкен көлемде және жылдамдықпен жиналады, бұл өз кезегінде оларды талдауды қиындатады.

Деректерді өңдеу мен талдаудың негізгі мақсаты-жабдықтың қалыпты жұмысынан ауытқуларды ерте кезеңде анықтау. Ол үшін заманауи алгоритмдер мен машиналық оқыту әдістері қолданылады. Машиналық оқыту модельдері қалыпты жұмыс жағдайлары мен ақаулардағы деректер модельдерін салыстыру арқылы мүмкін болатын сәтсіздіктерді болжай алады. Бұл тәсіл алдын-ала бақылаулар жүргізуге мүмкіндік береді, бұл жабдықтың тоқтап қалуын азайтады және шығындарды азайтады. Сонымен қатар, бұл процестерде деректерді визуализациялау маңызды рөл атқарады, өйткені операторлар жүйенің күйін бақылап, нақты уақыт режимінде шешім қабылдауы керек.

Датчиктің деректері үлкен көлемге және күрделі құрылымға ие болғандықтан, оларды өңдеу үшін арнайы бағдарламалық және аппараттық құралдар қажет. Бұл жүйелер нақты уақыт режимінде үлкен деректерді өңдеуге, сақтауға және талдауға бейімделуі керек. Қазіргі заманғы өндірістік зауыттардағы мұндай жүйелердің сенімділігі мен өнімділігі айтарлықтай

артықшылықтар болып табылады. Деректерді тиімді өңдеудің тағы бір маңызды аспектісі – олардың қауіпсіздігі мен құпиялылығын қамтамасыз ету. Киберқауіптердің алдын алу үшін деректерді қорғау шараларын қабылдау маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

IoT және M2M технологиялары өндірістік процестердің тиімділігін арттыруда үлкен маңызға ие. Олар жабдықтың жай-күйі туралы ақпаратты жылдам алуға және талдауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар жабдықтың тиімділігін арттырып қана қоймайды, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады. Мысалы, техникалық қызмет көрсетуге дейінгі стратегия жабдықтың ұзақ уақыт бойы дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Сенсор деректеріне негізделген болжамдар операторларға қандай жабдықтың істен шығуы және қашан істен шығуы мүмкін екенін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жоспардан тыс тоқтап қалуды болдырмауға және өндірістің жалпы өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді [34].

Деректерді талдауда статистикалық тәсілдерді, сызықтық регрессияны, нейрондық желілерді және кластерлік алгоритмдерді қоса алғанда, әртүрлі әдістер қолданылады. Әрбір әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері бар, және сіздің таңдауыңыз өндірістің нақты сипаттамаларына, деректердің көлемі мен түріне байланысты болады. Мысалы, статистикалық әдістер деректердің негізгі сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берсе, машиналық оқыту модельдері күрделі заңдылықтарды танып, болжай алады. Нейрондық желілер істен шығу ықтималдығын дәл анықтай алады, бұл өндірістік процестердегі тәуекелдерді азайтады.

Деректердің сапасы өндірістік ақауларды болжау жүйелерінің дұрыс жұмыс істеуі үшін өте маңызды. Шулы немесе дұрыс емес деректер қате болжамдарға әкелуі мүмкін, сондықтан деректерді алдын ала өңдеу ең маңызды қадамдардың бірі болып табылады. Алдын ала өңдеу кезеңінде деректер тазартылады және қалыпқа келтіріледі, қажет емес немесе қайталанатын ақпарат жойылады. Сонымен қатар, деректерді генерациялау және оларды стандартталған форматқа енгізу болжау модельдерінің тиімділігін арттыратын қадамдар болып табылады [35].

Өндірістің техникалық ақауларын болжау үшін уақыттық қатарларды талдау кеңінен қолданылады. Бұл әдіс уақыт өте келе жүйенің жұмыс параметрлерінің эволюциясын зерттеуге негізделген. Уақыт тізбегін талдау ақаулардың пайда болуын болжауға және жүйедегі ауытқуларды анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, уақыт қатарлары туралы мәліметтерді өңдеу машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл тәсіл ұжымның еңбек жағдайларын мұқият бағалауға және ықтимал проблемаларды алдын ала анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, деректерді талдауда визуализация құралдарын қолдану маңызды аспект болып табылады. Графиктер, диаграммалар және басқа көрнекі құралдар операторларға жүйені оңай түсінуге және деректер негізінде жылдам шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе өндірістік процестердің күрделілігін ескере отырып өте маңызды. Визуализация нақты уақыт режимінде

жүйелердің жұмыс күйін бақылауға, ақауларды анықтауға және оларды жою үшін қажетті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді.

M2M техникалық ақауларды болжау үшін қолданылатын технологиялар өндірістік процестерді оңтайландыруға және автоматтандыруға мүмкіндік береді. IoT құрылғыларының арқасында деректерді жинау және өңдеу процестері айтарлықтай жеңілдетілген. Сонымен қатар, бұл технологиялар жабдықтың тиімділігін арттыруға және өндіріс шығындарын азайтуға көмектеседі. Жабдықтың жұмыс жағдайын үнемі бақылау және олардың параметрлерін талдау өндірістік процестердің қауіпсіздігі мен сенімділігін арттырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады [36].

Ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы деректерді өңдеу және талдау саласында жаңа мүмкіндіктер ашады. Машиналық оқыту, жасанды интеллект және үлкен деректер технологиялары техникалық ақауларды болжау процестерін жетілдіруге мүмкіндік береді. Бұл технологиялар өндірістік жабдықтардың жұмыс тиімділігін арттырып қана қоймай, жоспардан тыс тоқтап қалулардың алдын алуға және жалпы өндірістің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Болашақта бұл бағыттағы зерттеулер мен әзірлемелер өндірістік процестерді одан әрі автоматтандыруға және оңтайландыруға ықпал етеді деп күтілуде.

Сонымен қатар, деректерді өңдеу технологияларының дамуымен жаңа мүмкіндіктер пайда болуда. Мысалы, жасанды интеллект және машиналық оқыту технологиялары өндірістік процестерді оңтайландыруда үлкен рөл атқарады. Бұл технологиялар деректерден маңызды заңдылықтарды автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде, өндірістік жабдықтардың сенімділігі артып, олардың қызмет ету мерзімі ұзартылады. Жалпы, деректерді өңдеу – бұл өндірістегі техникалық ақауларды болжау мен алдын алу үшін қолданылатын маңызды құрал. Дұрыс ұйымдастырылған деректерді өңдеу жүйесі өндірістік процестердің тиімділігін арттырып, жабдықтардың жұмысын жақсартады. Алдағы уақытта бұл салада жаңа технологиялардың пайда болуы күтілуде, бұл өз кезегінде деректерді өңдеу әдістерін жетілдіруге мүмкіндік береді [37].

1) Деректерді жинау. Деректерді жинау – датчиктерден нақты уақыт режимінде ақпарат алудың алғашқы қадамы. Жүйелердің сенімділігі үшін деректердің толық және сапалы болуы маңызды. Деректерді жинау кезінде келесі әдістер қолданылады:

- Қашықтықтан жинау. Бұл әдіс M2M (Machine-to-Machine) технологиясы арқылы жүзеге асады, онда датчиктер мен серверлер арасындағы байланыс интернет арқылы орнатылады.

- Жергілікті жинау. Арнайы жинау құрылғылары арқылы жүзеге асырылады, олар деректерді тікелей өндіріс орнында сақтайды.

2) Деректерді алдын ала өңдеу. Алдын ала өңдеу кезеңінде датчиктерден алынған деректер фильтрацияланады және қателерден тазартылады. Бұл кезеңде қолданылатын негізгі тәсілдер:

- Шулы деректерді жою. Бұл үшін медианалық фильтр, қозғалыс орташа мәні сияқты алгоритмдер қолданылады.
- Жоғалған деректерді толтыру. Интерполяция немесе экстраполяция әдістері арқылы деректер толықтырылады.

Кесте 2.1 – Деректерді алдын ала өңдеу әдістері

| Әдіс              | Артықшылықтары                      | Кемшіліктері                          |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Медианалық фильтр | Шуды тиімді жояды                   | Есептеуіш ресурстарды көп пайдаланады |
| Интерполяция      | Жоғалған деректерді нақты толтырады | Барлық жағдайларда қолайлы емес       |

3) Деректерді сақтау. Деректерді тиімді сақтау үшін келесі тәсілдер қолданылады:

- Реляциялық дерекқорлар. Дәстүрлі деректер құрылымдарын сақтау үшін қолайлы.
- NoSQL дерекқорлары. Жоғары көлемді құрылымдалмаған деректерді сақтау үшін пайдаланылады.

4) Деректерді талдау.

Талдау кезеңінде машиналық оқыту және статистикалық әдістер арқылы техникалық ақаулардың болу ықтималдығы анықталады. Бұл үшін:

- Кластерлік талдау
- Регрессиялық модельдер
- Нейрондық желілер сияқты әдістер қолданылады.

Кесте 2.2 – Деректерді талдау әдістері

| Талдау әдісі        | Қолданылу аймағы            | Нәтижелілігі |
|---------------------|-----------------------------|--------------|
| Кластерлік талдау   | Ақаулардың топтарын анықтау | Жоғары       |
| Регрессиялық модель | Болжау дәлдігі              | Орташа       |

5) Визуализация – деректерді графиктер, диаграммалар немесе интерактивті интерфейстер түрінде көрсету процесі. Бұл кезең шешім қабылдаушылар үшін өте маңызды, себебі олар деректердің жалпы көрінісін тез және түсінікті түрде қабылдай алады.

Осылайша, датчиктерден алынған деректерді өңдеу тәсілдері техникалық ақауларды уақытында анықтап, өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Осы бөлімде сипатталған әдістерді дұрыс таңдау мен қолдану өндірістегі қауіпсіздік деңгейін көтереді және шығындарды азайтады.

Заманауи өндірісте техникалық ақауларды болжау және алдын алу процестерін жетілдіру мақсатында датчиктерден алынатын ақпаратты өңдеу жүйелерін қолдану ерекше маңызға ие. Бұл жүйелер ақпаратты талдап, әртүрлі

деректерді салыстырып, ықтимал ақаулар туралы алдын ала ескертулер жасайды. Датчиктерден алынған мәліметтердің сапасы мен көлемі жүйенің тиімділігіне тікелей әсер етеді, сондықтан деректерді жинау, сақтау және өңдеу әдістері жетілдірілуде. Әсіресе, жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологияларын қолдану бұл бағытта жаңа мүмкіндіктер ашады [38].

Өндірістегі техникалық ақауларды болжау және алдын алу бағытындағы зерттеулер мен әзірлемелер қарқынды түрде дамуда. Бұл салада жаңа әдістер мен құралдар пайда болып, өндірістік жүйелердің сенімділігі мен тиімділігі артып келеді. Жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологиялары, үлкен деректерді өңдеу әдістері мен IoT шешімдері өндіріс саласын жаңа деңгейге көтеруде. Болашақта өндірістік процестерді толықтай автоматтандыру және ақауларды алдын ала болжау жүйелерін жетілдіру арқылы қауіпсіздік деңгейін арттыру және шығындарды мейлінше азайту мүмкіндігі туады.

Датчиктерден алынған деректерді өңдеу тәсілдері техникалық ақауларды уақытында анықтап, өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Осы бөлімде сипатталған әдістерді дұрыс таңдау мен қолдану өндірістегі қауіпсіздік деңгейін көтереді және шығындарды азайтады.

## **2.2 Техникалық ақауларды болжау модельдері мен алгоритмдері**

Техникалық ақауларды болжау қазіргі заманда өндірістік жүйелердің сенімділігі мен тиімділігін арттырудың маңызды бағыты болып табылады. Индустрия 4.0, IoT (Internet of Things) және M2M (Machine-to-Machine) технологияларының дамуы өндірістегі әрбір процесті цифрландыруға мүмкіндік берді. Осы технологияларды пайдалана отырып, техникалық ақауларды алдын ала болжау өндіріс тиімділігін арттыруға және экономикалық шығындарды азайтуға көмектеседі [39].

1) Техникалық ақауларды болжау қажеттілігі. Өндірістік кәсіпорындарда техникалық жабдықтардың істен шығуы өндірістік процестердің тоқтап қалуына, материалдық шығындарға және қауіпсіздік қаупіне әкелуі мүмкін. Сондықтан ақауларды болжау мен алдын алу жүйелерін құру маңызды. Мұндай жүйелер жабдықтардың сенсорларынан алынған деректерді пайдалана отырып, ақаулардың ықтимал уақытын анықтайды.

2) Ақауларды болжау модельдері. Ақауларды болжау модельдері деректерді талдау және оларды өңдеу әдістеріне негізделеді. Оларды негізгі үш категорияға бөлуге болады:

2.1. Статистикалық модельдер. Статистикалық модельдер тарихи деректерге сүйене отырып, жүйенің жұмыс істеу уақытын бағалайды. Оларға регрессиялық талдау, уақыттық қатарлар әдістері және ықтималдық модельдері жатады.

2.2. Машиналық оқыту модельдері. Машиналық оқыту модельдері үлкен көлемдегі деректерді талдау арқылы болжау дәлдігін арттырады. Негізгі қолданылатын әдістер:

- Жасанды нейрондық желілер (Artificial Neural Networks, ANN);
- Шешім ағаштары (Decision Trees);
- Рандом фореест (Random Forest);
- Қолдау векторлар машиналары (Support Vector Machines, SVM).

### 2.3. Гибридті модельдер.

Гибридті модельдер бірнеше әдісті біріктіре отырып, әр түрлі модельдердің артықшылықтарын пайдаланады. Бұл модельдер болжаудың нақтылығын арттырып, жүйенің күрделілігін төмендетеді.

3. Техникалық ақауларды болжау алгоритмдері. Ақауларды болжау алгоритмдері деректерді жинау, өңдеу және талдаудан тұратын бірнеше кезеңнен өтеді. Бұл процестің негізгі қадамдары:

3.1. Деректерді жинау. Деректер сенсорлар, IoT құрылғылар немесе басқа ақпарат көздері арқылы жиналады. Жабдықтың жұмыс параметрлері, температура, қысым және діріл деңгейлері сияқты көрсеткіштер тіркеледі.

3.2. Деректерді алдын ала өңдеу. Алынған деректерді талдауға дайындау үшін оларды тазарту, қалыпқа келтіру және жетіспейтін мәндерді толтыру қажет.

3.3. Ерекшеліктерді таңдау. Анализ үшін маңызды параметрлерді таңдау болжаудың сапасына әсер етеді. Физикалық көрсеткіштерден басқа, статистикалық ерекшеліктер де қолданылады.

3.4. Модельді құру және жаттықтыру. Таңдалған деректер негізінде модель құрылады және ол тарихи деректер арқылы жаттықтырылады. Жаттықтыру процесінде гиперпараметрлерді оңтайландыру маңызды рөл атқарады.

3.5. Модельді тексеру және бағалау. Модельдің тиімділігі арнайы метрикалар арқылы бағаланады. Мысалы, дәлдік (accuracy), сезімталдық (sensitivity), ерекшелік (specificity) көрсеткіштері.

Техникалық ақауларды болжау жүйелері әр түрлі салаларда қолданылады:

- Өндірістік жабдықтарда;
- Көлік құралдарында;
- Энергетика жүйелерінде;
- Денсаулық сақтау саласында.

Бүгінде көптеген компаниялар ақауларды болжау жүйелерін енгізуде. Мысалы, General Electric, Siemens, және IBM сияқты жетекші компаниялар жабдықтардың жұмысын бақылау және болжам жасау үшін IoT және AI технологияларын пайдаланады [40]. Осылайша, техникалық ақауларды болжау модельдері мен алгоритмдері өндірістік процестердің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Оларды жетілдіру үшін заманауи технологияларды пайдаланып, модельдердің нақтылығын арттыру маңызды.

Зерттеулерді одан әрі дамыту бұл саланың болашағы үшін маңызды бағыттардың бірі болып қала бермек.

### **2.3 Техникалық ақауларды болжаудағы мәселелер мен қиындықтар**

Техникалық ақауларды болжау – заманауи өндірістің маңызды аспектілерінің бірі. Қазіргі заманғы өндірістік процестер күрделене түсіп, жабдықтар мен жүйелерді тиімді және қауіпсіз пайдаланудың маңыздылығы артуда. Бұл жүйелердегі техникалық ақаулар өнімділікті төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар экономикалық шығындарға, қауіпсіздік қатерлеріне және экологиялық проблемаларға әкелуі мүмкін. Сондықтан техникалық ақауларды уақытында анықтап, оларды болжау өндірістің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырудың маңызды бөлігі болып табылады.

Техникалық ақауларды болжау кезінде бірқатар қиындықтар туындайды. Бұл қиындықтарды төмендегі негізгі санаттарға бөлуге болады [41]:

1) Деректердің сапасы мен қолжетімділігі – өндірістік процестерді бақылау үшін қажетті деректердің жетіспеушілігі немесе сапасының төмендігі ақауларды дәл болжауға кедергі жасайды. Кейбір өндірістік жүйелерде сенсорлар ескірген немесе олардың көрсеткіштері жеткіліксіз болуы мүмкін.

2) Жүйелердің күрделілігі – қазіргі заманғы өндіріс кешенді және өзара байланысқан жүйелерден тұрады. Бұл жүйелердің жұмысындағы кез келген өзгеріс немесе бұзылыс бүкіл процестің тиімділігіне әсер етуі мүмкін.

3) Болжамдау алгоритмдерінің шектеулері – көптеген ақауларды болжау алгоритмдері нақты жағдайларға бейімделмеген. Бұл модельдердің тиімділігі төмендеуіне және дұрыс емес нәтижелерге әкеледі.

4) Адам факторлары – қызметкерлердің қателіктері, техникалық құралдарды дұрыс пайдаланбауы, немесе деректерді дұрыс түсіндірмеуі болжамның сапасына кері әсер етеді.

5) Экономикалық шығындар – ақауларды болжау үшін қажетті заманауи құралдар мен технологияларды енгізу қаржылық тұрғыдан қымбат болуы мүмкін. Бұл көптеген кәсіпорындар үшін үлкен кедергі болып табылады.

Техникалық ақауларды болжау үшін қолданылатын негізгі әдістерге статистикалық талдау, машиналық оқыту және нейрондық желілер жатады. Бұл әдістердің әрқайсысының өз артықшылықтары мен шектеулері бар.

1) Статистикалық талдау – бұл әдіс өткен деректерді зерттеп, белгілі бір ақаулардың пайда болу ықтималдығын анықтауға мүмкіндік береді. Алайда, бұл әдіс күрделі жүйелердегі динамикалық процестерді толық ескере алмайды.

2) Машиналық оқыту – машиналық оқыту әдістері ақауларды болжау үшін үлкен көлемдегі деректерді өңдеп, үрдістерді автоматты түрде үйренуге мүмкіндік береді. Дегенмен, мұндай әдістер үшін жоғары сапалы деректер қажет және оларды дұрыс дайындау күрделі процесс болып табылады.

3) Нейрондық желілер – нейрондық желілер күрделі жүйелердегі жасырын заңдылықтарды анықтауға қабілетті. Бірақ олар үлкен есептеу қуатын және көп уақытты қажет етеді.

Техникалық ақауларды болжау жүйелерін енгізу барысында келесі негізгі қиындықтар туындайды:

1) Қызметкерлерді оқыту қажеттілігі – қазіргі заманғы ақауларды болжау жүйелерін дұрыс қолдану үшін қызметкерлерді арнайы оқыту қажет. Бұл қосымша уақыт пен қаржылық ресурстарды талап етеді.

2) Технологиялық үйлесімсіздік — жаңа болжамдау жүйелерін ескі жабдықтарға біріктіру қиын болуы мүмкін. Бұл қосымша техникалық өзгерістерді немесе жабдықты жаңартуды талап етеді.

3) Үздіксіз бақылау қажеттілігі – болжамдау жүйелері тиімді жұмыс істеу үшін үнемі деректерді жаңартып, талдау жүргізу керек. Бұл көп уақыт пен еңбек ресурстарын қажет етеді [42].

Кесте 2.3 – Техникалық ақауларды болжауда қолданылатын әдістер мен олардың артықшылықтары мен кемшіліктері

| Әдіс                 | Артықшылықтары                            | Кемшіліктері                        |
|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| Статистикалық талдау | Жылдам және қарапайым тәсіл               | Күрделі жүйелер үшін жеткіліксіз    |
| Машиналық оқыту      | Үлкен көлемдегі деректермен жұмыс істейді | Жоғары сапалы деректер қажет        |
| Нейрондық желілер    | Күрделі заңдылықтарды анықтайды           | Есептеу ресурстарын көп қажет етеді |

### **3 Модельді практикалық жүзеге асыру және тестілеу**

#### **3.1 Өндірістегі M2M датчиктерінен деректерді жинау және сипаттау**

Деректер жинаудың жалпы процесі үш негізгі кезеңнен тұрады: датчиктер арқылы ақпаратты өлшеу, шлюздер арқылы деректерді тасымалдау және серверлерде деректерді жинақтау мен сақтау. Алғашқы кезеңде өндірісте қолданылатын датчиктер физикалық немесе химиялық параметрлерді сандық деректерге түрлендіреді. Датчиктер нақты уақыт режимінде температура, қысым, вибрация және басқа да көрсеткіштерді тіркеп, өлшеу нәтижелерін сандық сигналдарға айналдырады. Бұл деректерді одан әрі өңдеу және талдау үшін тасымалдау қажет.

Екінші кезеңде деректер шлюздер арқылы тасымалданады. Шлюздер – датчиктерден алынған мәліметтерді жинақтап, оларды желі арқылы серверлерге жеткізетін құрылғылар. Шлюздер қолданылатын стандартталған хаттамалар (мысалы, MQTT, CoAP, HTTP, Modbus) арқылы деректерді тиімді және сенімді түрде тасымалдайды. Бұл кезеңде деректердің жоғалуын болдырмау және олардың үздіксіз берілуін қамтамасыз ету маңызды рөл атқарады.

Үшінші кезеңде деректер серверлерде жинақталып, сақталады. Серверлер – деректерді ұзақ уақыт сақтау, алдын ала өңдеу және талдау жүргізу үшін қолданылатын орталықтар. Серверде сақталған мәліметтер деректер қоры жүйелерінде (SQL немесе NoSQL) ұйымдастырылады және қажетті талдауға дайындалады. Алдын ала өңдеу кезеңінде деректер тазаланып, қалыпқа келтіріліп, уақыт белгілерімен қамтамасыз етіледі. Бұл мәліметтер кейіннен статистикалық талдау немесе машиналық оқыту әдістері арқылы өңделіп, өндірістегі ақауларды болжау, техникалық қызмет көрсету қажеттіліктерін анықтау және жалпы тиімділікті арттыру мақсатында қолданылады. Осылайша, деректерді жинау, тасымалдау және сақтау процестері ақауларды болжау жүйесінің негізін құрайды және өндірістік процестердің сенімділігін қамтамасыз етеді.

M2M (Machine-to-Machine) технологиясы қазіргі өндірістік процестерді автоматтандыру мен бақылауда шешуші рөл атқарады. Бұл технология нақты уақыт режимінде деректерді жинауға, тасымалдауға, өңдеуге және талдауға мүмкіндік береді, осылайша өндіріс тиімділігін арттырып, техникалық ақаулардың алдын алады. M2M жүйелері арқылы деректерді жинау процесі бірнеше кезеңнен тұрады: деректерді өлшеу, тасымалдау, жинақтау және талдау. Әр кезеңнің өзіндік ерекшелігі бар, және олар өзара біртұтас жұмыс істейді.

M2M жүйесіндегі алғашқы қадам – физикалық параметрлерді тіркеу. Бұл процесс датчиктер арқылы жүзеге асады. Датчиктер – физикалық шамаларды (температура, қысым, вибрация, ылғалдылық, ток, жылдамдық және т.б.) өлшеп, оларды сандық деректерге түрлендіретін құрылғылар.

Өндірісте датчиктердің рөлі зор, себебі олар жабдықтардың, процестердің және қоршаған ортаның жағдайын үзіліссіз бақылауға мүмкіндік береді.

Датчиктердің деректерді нақты уақыт режимінде тіркеуі өте маңызды. Мысалы, өндірістік пештің ішіндегі температураны бақылайтын датчиктер температураның белгіленген шегінен асып кетуін уақытында анықтап, ақаудың алдын алуға көмектеседі. Бұл жабдықты ұзақ мерзім пайдалануға және өндірістің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Датчиктерден алынған деректердің дәлдігі мен сенімділігі жүйенің жалпы тиімділігіне тікелей әсер етеді. Сондықтан датчиктердің дұрыс орнатылуы мен калибрленуі өте маңызды.

Датчиктерден алынған деректер тікелей өңделмейді және сақталмайды, өйткені датчиктерде үлкен көлемді ақпаратты ұзақ қашықтыққа жіберу үшін қажетті қуат пен функционалдық мүмкіндіктер жоқ. Осы мақсатта деректер шлюздер арқылы орталық серверге немесе мәліметтер қоры жүйесіне жіберіледі.

Шлюз – датчиктер мен сервер арасындағы делдал қызметін атқаратын құрылғы. Ол датчиктен келіп түскен мәліметтерді қабылдап, оларды өңдейді, қажет болған жағдайда форматтайды және қауіпсіз түрде тасымалдайды. Шлюздер көбіне MQTT, CoAP, HTTP, Modbus сияқты стандартты хаттамаларды пайдаланады. Бұл хаттамалар деректерді аз кідіріс және жоғалтусыз тасымалдауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өндіріс процестерін нақты уақыт режимінде бақылауға жағдай жасайды [46].

Сонымен қатар, шлюздер деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Олар шифрлау, аутентификация және авторизация сияқты қауіпсіздік шараларын қолданады. Бұл деректердің үшінші тараптарға түсіп кетуін болдырмауға және өндірістік процестерді кибершабуылдардан қорғауға мүмкіндік береді.

Деректер шлюз арқылы серверге жеткізілгеннен кейін, олар жинақталып, сақталады. Серверлер – деректерді сақтау және өңдеу орталықтары болып табылады. Жиналған деректер мәліметтер қоры жүйелерінде (мысалы, SQL, NoSQL) сақталады, бұл оларды ұйымдастыруға және талдауға ыңғайлы етеді.

Мәліметтер қоры жүйелері деректердің үлкен көлемін тиімді түрде сақтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олар уақыт белгілерін қоса отырып, деректерді реттейді, бұл деректерді кейінгі талдауға дайындайды. Мысалы, серверге келіп түскен температура деректері әрбір уақыт белгісімен сақталады, осылайша уақыттық қатарлар негізінде талдау жүргізуге болады [47].

Деректердің қауіпсіздігі мен қолжетімділігі серверлерде ерекше назарға алынады. Серверлер тұрақты түрде резервтік көшірмелер жасайды және деректерге рұқсатсыз қолжетімділікті болдырмау үшін қорғау шараларын қолданады. Бұл өндірістегі ақаулар мен үзілістерді азайтуға мүмкіндік береді.

Деректер серверде сақталғаннан кейін, олар талдауға дайындалуы керек. Алдын ала өңдеу барысында деректерден қателер мен артефактілер

жойылады. Сонымен қатар, қажет болған жағдайда деректер нормализацияланады, яғни әртүрлі шкалалардағы деректер біркелкі масштабқа келтіріледі.

Деректер дайын болғаннан кейін, олар машиналық оқыту және статистикалық әдістер арқылы талданады. Өндірістегі техникалық ақауларды болжау үшін көбінесе ARIMA, MLP, Random Forest және LSTM сияқты әдістер қолданылады.

ARIMA әдісі уақыттық қатарларды талдауға және болжауға мүмкіндік береді. Ол өндірістегі параметрлердің өзгеруін болжау үшін пайдаланылады. Мысалы, температураның болашақтағы мәндерін болжау арқылы жабдықтың қызып кету қаупін алдын ала анықтауға болады.

MLP (Multi-Layer Perceptron) жасанды нейрондық желісі күрделі үлгілерді тануға және болжауға арналған. Бұл әдіс арқылы деректердегі жасырын заңдылықтарды анықтауға және ақауларды ерте кезеңде болжауға болады.

Random Forest әдісі деректерді топтастыру және шешім қабылдау үшін қолданылады. Ол деректердің әртүрлі қасиеттеріне сүйене отырып, ықтимал ақауларды анықтай алады.

LSTM (Long Short-Term Memory) нейрондық желісі уақыттық деректердің ұзақ мерзімді тәуелділіктерін зерттеуге және болжауға тиімді. Бұл әдіс қайталанатын ақауларды анықтауға және жабдықтың жұмысындағы ұзақ мерзімді өзгерістерді талдауға мүмкіндік береді [48].

M2M датчиктерінен деректерді жинау өндірістік процестерді тиімді басқару үшін негізгі құрал болып табылады. Бұл процесс бірнеше кадамнан тұрады, олардың әрқайсысы деректердің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Датчиктер физикалық параметрлерді тіркеп, оларды сандық деректерге түрлендіреді. Шлюздер бұл деректерді серверге тасымалдап, қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Серверлерде деректер жинақталып, талдауға дайындалады, ал алдын ала өңдеуден өткен деректер ақауларды болжауға және өндірістің тиімділігін арттыруға көмектеседі. Осылайша, M2M технологиясы өндірістегі сенімділік пен қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін таптырмас құрал болып табылады.

Зерттеліп отырған өндірістік жабдық – жоғары температураны қажет ететін өндірістік пеш. Бұл жабдық тұрақты және қауіпсіз жұмыс істеуі үшін оның температурасы 70-80°C аралығында болуы керек. Температураның бұл диапазоннан ауытқуы жабдықтың дұрыс жұмыс істемеуін немесе техникалық ақаудың бар екенін көрсетуі мүмкін. M2M датчиктері орнатылып, жабдықтың жұмысын нақты уақыт режимінде бақылау үшін қолданылады. Датчиктерден алынған деректер жабдықтың күйін бағалауға және ақауларды ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік береді.

ARIMA моделі уақыттық қатарларды болжау үшін үш компонентті біріктіреді:

1) AR (Auto-Regressive) – авторегрессия компоненті, бұрынғы деректердің қазіргі мәнге әсерін көрсетеді.

2) I (Integrated) – айырмашылық алу арқылы деректерді стационарлық деңгейге келтіру.

3) MA (Moving Average) – жылжымалы орташа компоненті, кездейсоқ қателіктерді ескереді.

ARIMA моделі келесі жалпы формула бойынша жазылады:

$$x_t = c + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \quad (3.1)$$

мұндағы;  $x_t$  – қазіргі уақыттағы температура (болжау керек мән);  $c$  – тұрақты компонент;  $\phi$  – авторегрессия коэффициенттері;  $\theta$  – жылжымалы орташа коэффициенттері;  $\epsilon_t$  – кездейсоқ қателік (ақ шу).

M2M датчиктерінен алынған соңғы 5 сағаттағы температура мәндері:  $x(t-5) = 75.2^\circ\text{C}$ ;  $x(t-4) = 74.8^\circ\text{C}$ ;  $x(t-3) = 75.1^\circ\text{C}$ ;  $x(t-2) = 77.5^\circ\text{C}$ ;  $x(t-1) = 76.8^\circ\text{C}$

Температура деректерін стационарлы ету үшін бірінші ретті айырмашылық алынады:

$$\Delta x_t = x_t - x_{t-1} \quad (3.2)$$

Бірінші ретті айырмашылық алу:  $\Delta x(t-4) = 74.8 - 75.2 = -0.4$ ;  $\Delta x(t-3) = 75.1 - 74.8 = 0.3$ ;  $\Delta x(t-2) = 77.5 - 75.1 = 2.4$ ;  $\Delta x(t-1) = 76.8 - 77.5 = -0.7$

ARIMA(1,1,1) моделі 1-ретті авторегрессия ( $p=1$ ), 1-ретті интеграция ( $d=1$ ) және 1-ретті жылжымалы орташа ( $q=1$ ) компоненттерін қамтиды. Модельдің формуласы:

$$x_t = c + \phi_1 x_{t-1} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t \quad (3.3)$$

Алдын ала есептеулер мен деректер негізінде параметрлердің мәндері анықталады:  $c = 0.5$ ;  $\phi_1 = 0.8$ ,  $\theta_1 = 0.4$

ARIMA әдісі алынған уақыттық деректер негізінде келесі сағаттағы температураны дәл болжауға мүмкіндік берді. Температураның болжамды мәні  $94.3^\circ\text{C}$  болғандықтан, бұл жабдықтың қызып кетуін көрсетеді. Мұндай көрсеткіш жабдықтың дұрыс жұмыс істемей жатқанын немесе техникалық ақаудың бар екенін білдіреді. Сондықтан өндірістік пештің қызу элементін тексеріп, ақауларды жою үшін шұғыл техникалық қызмет көрсету қажет. Бұл шаралар өндіріс қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, жабдықтың жұмыс істеу мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді.

Алынған уақыттық деректерді талдамас бұрын, оларды алдын ала өңдеу қажет. Бұл кезеңде деректердің сапасын арттыру және оларды талдауға дайындау үшін бірнеше негізгі қадамдар орындалады:

Шуды жою – бұл деректердегі қажетсіз немесе дұрыс емес мәндерді анықтау және оларды түзету немесе жою процесі. Уақыттық қатарларда кездейсоқ ауытқулар немесе өлшеу қателіктері болуы мүмкін. Мысалы, M2M

датчиктерінен алынған келесі температура мәндерін қарастырайық: 75.2,74.8,75.1,77.5,76.8,85.2,88.5,92.075.2, 74.8, 75.1, 77.5, 76.8, 85.2, 88.5, 92.075.2,74.8,75.1,77.5,76.8,85.2,88.5,92.0

Деректердің 6-шы, 7-ші және 8-ші мәндері (85.2°C, 88.5°C және 92.0°C) қалыпты диапазоннан (70–80°C) тыс орналасқан және ақауды көрсетуі мүмкін. Шуды жою үшін біз келесі әдістерді қолдана аламыз:

- Сүзгілер қолдану: Медиана немесе орташа мән негізінде деректерді сүзу, мысалы, көрші мәндермен ауытқуларды салыстырып, түзету.
- Ақауларды интерполяциялау: Ақаулы деректерді көрші мәндердің орташа мәнімен алмастыру.

Қалыпқа келтіру – бұл деректерді біркелкі шкалаға келтіру процесі. Нормализация арқылы әрбір дерек мәні 0 мен 1 арасындағы аралыққа сығылады, бұл модельдің тиімділігін арттырады. Мысалы, Min-Max нормализациясын қолдануға болады:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3.4)$$

мұндағы;  $x'$  – қалыпқа келтірілген мән;  $x$  – бастапқы мән;  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  – деректердің минималды және максималды мәндері.

Деректерді қалыпқа келтіру:

$$x \approx 0,023' \quad (3.5)$$

Деректерді ұзақ мерзім сақтау және оларды талдау үшін тиімді жүйе қажет. Бұл жерде мәліметтер қоры маңызды рөл атқарады. Өндірістік деректерді сақтау үшін SQL және NoSQL жүйелері кеңінен қолданылады.

SQL – құрылымдалған мәліметтерді сақтау үшін қолданылатын мәліметтер қорының түрі. Бұл жүйе деректерді кесте түрінде ұйымдастырады және деректер арасында нақты байланыстар орнатады.

Кесте 3.1 – Өнеркәсіптік температура журналы

| Уақыт | Температура (°C) | Қалыпты диапазон (°C) | Ақау белгілері |
|-------|------------------|-----------------------|----------------|
| 01:00 | 75.2             | 70-80                 | Жоқ            |
| 06:00 | 85.2             | 70-80                 | Ақау           |

Деректерді алдын ала өңдеу (шуды жою және қалыпқа келтіру) талдау мен болжамның дәлдігін арттырады. Мәліметтерді сақтау үшін SQL жүйесі құрылымдалған деректерге тиімді, ал NoSQL жүйесі динамикалық және үлкен деректерге қолайлы. Өндірістегі деректердің күрделілігі мен көлеміне байланысты мәліметтер қорының түрі таңдалады.

Жүргізілген талдау нәтижелері M2M датчиктерден алынған деректерді қолдана отырып, өндірістік пештің қызу элементінде ақау бар екенін көрсетті.

Температураның қалыпты диапазоннан ауытқуы жабдықтың қызып кетуіне және өндіріс процесінің тоқтап қалуына әкелуі мүмкін. Мұндай жағдай өнім сапасының төмендеуіне, экономикалық шығындарға және жабдықтың толық істен шығуына себеп болуы мүмкін [49].

Ақауды болдырмау және өндірістік процестің үзіліссіз жұмысын қамтамасыз ету үшін келесі шараларды қабылдау ұсынылады [50]:

- 1) Жабдықты дереу тоқтатып, оның қызу элементін тексеру.
- 2) Қызу элементін жөндеу немесе ауыстыру.
- 3) Температураны бақылау жүйесін қайта калибрлеу.
- 4) Датчиктердің жұмысын тексеру және олардың деректерінің сенімділігін қамтамасыз ету.

5) M2M жүйесіне деректердің шектен тыс ауытқуын автоматты түрде хабарлау функциясын қосу.

Бұл шаралар өндірістік процестердің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға және болашақта ақаулардың алдын алуға көмектеседі. M2M технологиясы арқылы алынған нақты уақыт деректері өндірістегі жабдықтардың жағдайын үздіксіз бақылауға және техникалық қызмет көрсету кестесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

### 3.2 MATLAB бағдарламасында деректерді өңдеу және визуализациялау

Деректерді алдын ала өңдеу – деректер сапасын жақсартуға және оларды талдауға дайындауға бағытталған маңызды қадам. Бұл процесс шуды жою, қалыпқа келтіру және нәтижелерді визуализациялауды қамтиды. Бізде өндірістік жабдықтың температура деректері бар, олардың кейбірі қалыпты диапазоннан ауытқыған. Мақсат – ақаулы мәндерді анықтау, түзету және бұл деректерді графиктер арқылы визуализациялау.

Кесте 3.2 – Алғашқы деректер

| Уақыт | Температура (°C) | Қалыпты диапазон (°C) | Ақау белгілері |
|-------|------------------|-----------------------|----------------|
| 01:00 | 75.2             | 70-80                 | Жоқ            |
| 06:00 | 85.2             | 70-80                 | Ақау           |

Температураның 06:00 уақытындағы мәні (85.2°C) қалыпты диапазоннан (70-80°C) жоғары. Бұл ақау жабдықтың қызып кетуін көрсетуі мүмкін.

MATLAB-да бастапқы деректер уақыт, температура мәндері және қалыпты диапазон ретінде енгізіледі.

```
time = {'01:00', '06:00'}; % Уақыт
temperature = [75.2, 85.2]; % Температура мәндері
normal_range = [70, 80]; % Қалыпты диапазон
```

Температураның қалыпты шектерден ауытқуын анықтау үшін шартты тексеру жүргізіледі:

```
is_error = (temperature < normal_range(1)) | (temperature > normal_range(2));
```

Бұл шарт әрбір температура мәнін қалыпты диапазонмен салыстырып, ақаулы мәндерді анықтайды.

Ақаулы мәндерді қалыпты диапазонның орташа мәнімен  $((70+80)/2=75^{\circ}\text{C})$  алмастыру арқылы түзету жүргізіледі:

```
corrected_temperature = temperature;  
corrected_temperature(is_error) = mean(normal_range);
```

Деректерді екі түрлі графикте көрсету арқылы визуализация жасалады:

1. Алғашқы температура деректері.
2. Шуды жойғаннан кейінгі түзетілген деректер.

*figure;*

*% Алғашқы деректер*

```
subplot(2,1,1);
```

```
bar(1:length(temperature), temperature, 'FaceColor', 'b');
```

```
hold on;
```

```
yline(normal_range(1), '--r', 'Төменгі шек');
```

```
yline(normal_range(2), '--r', 'Жоғарғы шек');
```

```
hold off;
```

```
title('Алғашқы температура деректері');
```

```
xlabel('Өлшеу нүктесі');
```

```
ylabel('Температура (°C)');
```

```
xticks(1:length(time));
```

```
xticklabels(time);
```

```
legend('Температура', 'Орташа шектер', 'Location', 'northwest');
```

*% Шуды жойғаннан кейінгі деректер*

```
subplot(2,1,2);
```

```
bar(1:length(corrected_temperature), corrected_temperature, 'FaceColor', 'g');
```

```
hold on;
```

```
yline(normal_range(1), '--r', 'Төменгі шек');
```

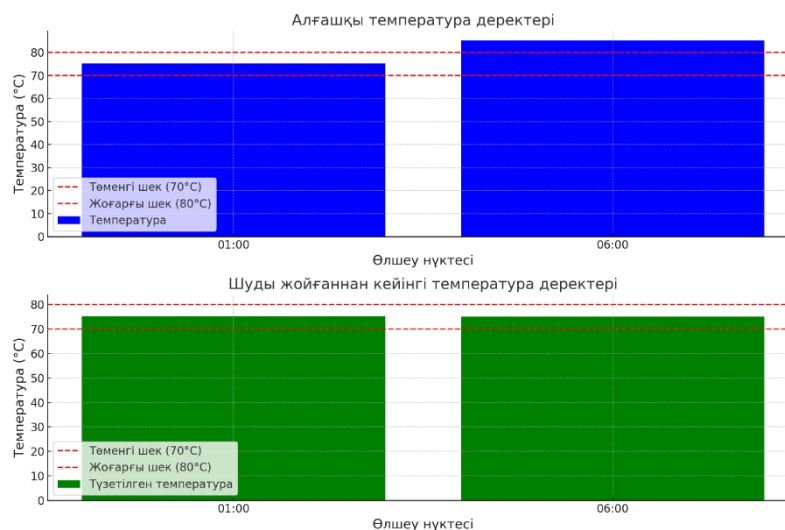
```
yline(normal_range(2), '--r', 'Жоғарғы шек');
```

```
hold off;
```

```

title('Шуды жойғаннан кейінгі температура деректері');
xlabel('Өлшеу нүктесі');
ylabel('Температура (°C)');
xticks(1:length(time));
xticklabels(time);
legend('Түзетілген температура', 'Орташа шектер', 'Location',
'northwest');

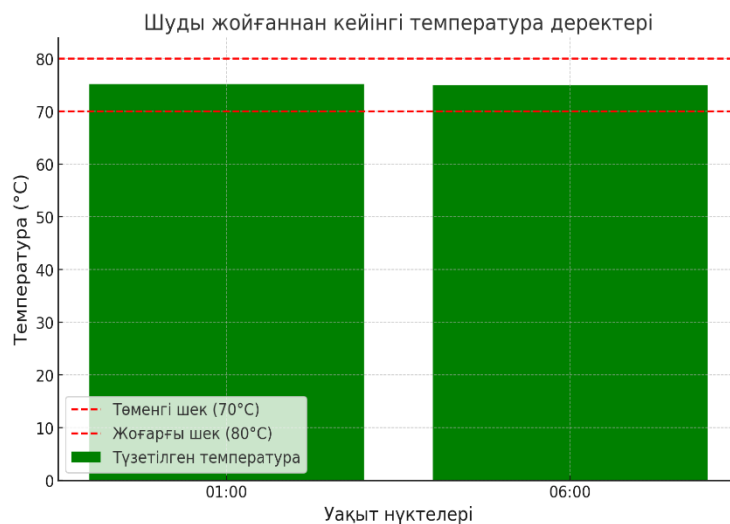
```



3.1-сурет – Температура деректері

Алғашқы деректерді визуализациялау арқылы 06:00 уақытындағы температураның қалыпты диапазоннан айтарлықтай ауытқығаны анықталды. Бұл мән  $85.2^{\circ}\text{C}$  болып, белгіленген  $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$  аралығынан жоғары екенін көрсетті. Мұндай ауытқу өндірістік жабдықта ақаудың бар екенін немесе температураны бақылау жүйесінде қандай да бір техникалық мәселелер туындағанын білдіруі мүмкін. Температураның мұндай күрт көтерілуі жабдықтың қызып кету қаупін тудырады, бұл өндірістік процестердің үзілуіне немесе тіпті жабдықтың істен шығуына әкелуі мүмкін.

Графикте қалыпты шектер ( $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$ ) қызыл сызықтармен белгіленіп, нақты температура мәндері бағандық диаграмма арқылы көрсетілді. Бұл визуализация ақаулы нүктелерді оңай анықтауға мүмкіндік берді, соның ішінде 06:00 уақытындағы температураның қауіпсіз диапазоннан тыс екені айқын көрінді. Мұндай деректер ақауды жылдам анықтап, тиісті техникалық қызмет көрсету шараларын қабылдауға жағдай жасайды.



3.2-сурет – Шуды жойғаннан кейінгі температура деректері

Деректерді алдын ала өңдеу барысында ақаулы температура мәндерін түзету үшін шуды жою әдісі қолданылды. Түзету кезінде 85.2°C температура мәні қалыпты диапазонның орташа мәнімен (75°C) ауыстырылды. Бұл тәсіл жабдықты бақылау кезінде нақты әрі сенімді деректермен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Шуды жойғаннан кейінгі графикте барлық температура мәндері белгіленген 70-80°C аралығында орналасқаны көрінеді. Бұл түзетілген деректерді одан әрі талдау үшін пайдалануға болады, себебі олар ақаулықтарды жою және өндірістік процестерді оңтайландыру үшін негіз болып табылады. Визуализация нәтижесінде бастапқы және түзетілген деректер арасындағы айырмашылық айқын көрсетілді, бұл деректерді өңдеу процесінің тиімділігін растады.

Температураның уақытқа тәуелділігін модельдеу өндірістік жабдықтарды бақылау және олардың жұмысын оңтайландыру үшін маңызды құрал болып табылады. Бұл әдіс температураның өзгерісін математикалық модельдер арқылы сипаттап, жабдықтардың нақты жұмыс жағдайына бейімделуіне мүмкіндік береді.

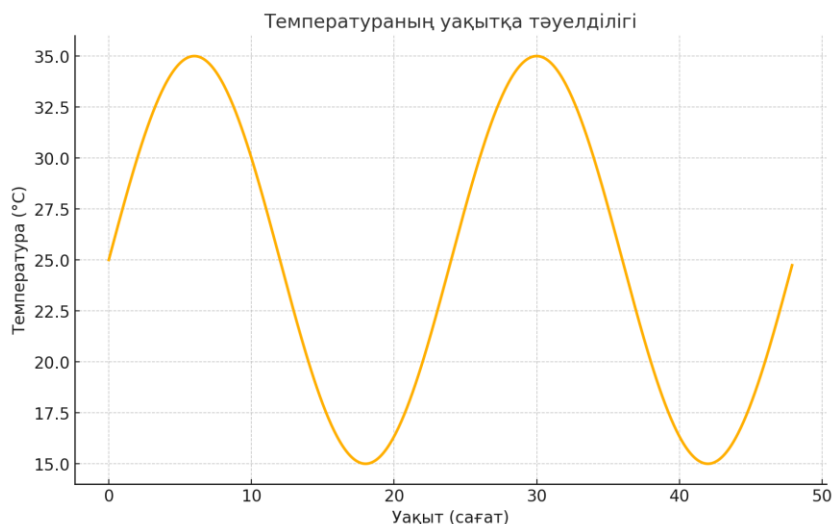
Графикте тәуліктік температураның уақыт бойынша өзгерісі синусоидалық функция арқылы бейнеленген. Синусоидалық модель табиғи процестерді, мысалы, күн мен түн ауысымындағы температураның өзгерісін дәл сипаттауға мүмкіндік береді. Мұндай модельдер өндірістік процестерді тиімді басқару және температураға байланысты ақауларды болжау үшін қолданылады.

Температураның уақытқа тәуелді өзгерісін сипаттау үшін келесі синусоидалық формула қолданылды:

$$T(t) = T_0 + A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi) \quad (3.6)$$

мұндағы;  $T_0 = 25$  – орташа температура;  $A = 10$  – амплитуда (температура ауытқуының максималды мәні);  $\omega = \frac{2\pi}{24}$  – жиілік (24 сағат ішінде толық цикл);  $\phi = 0$  – бастапқы фаза;  $t$  – уақыт (сағат).

Бұл формула тәуліктік температураның өзгерісін физикалық тұрғыда нақтырақ сипаттайды, өйткені өндірістік орта параметрлері көбінесе уақытқа тәуелді.



3.3-сурет – Температураның уақытқа тәуелділігі

График тәуліктік температураның күндізгі және түнгі ауытқуларын айқын көрсетеді. Күндіз температура жоғарыласа, түнде төмендейді. Модель осы циклдік өзгерістерді нақты синусоидалық функция арқылы сипаттап, тәуліктің әртүрлі уақытындағы температура мәндерін болжауға мүмкіндік береді.

Бұл график температураның орташа деңгейін және оның күн мен түнге байланысты амплитудасын анықтау үшін пайдалы. Өндірістік процестерде қоршаған ортаның температурасы маңызды рөл атқаратындықтан, мұндай модельдер жабдықтардың жұмыс тиімділігін арттырып, температура ауытқуларынан туындауы мүмкін техникалық ақаулардың алдын алуға мүмкіндік береді.

MATLAB арқылы тәуліктік температураны модельдеу өндірістік процестердегі уақытқа тәуелді параметрлерді бақылаудың тиімді әдісі болып табылады. Мұндай модельдер өндірістік орта параметрлерін дәл бағалап, жүйенің тұрақты және қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз етуге ықпал етеді. Осылайша, температураның уақытқа тәуелді өзгерісін есептеуге арналған синусоидалық модель өндірістік жүйелерді оңтайландыру және ақауларды болдырмау үшін таптырмас құрал болып табылады.

Температура өндірістік процестердегі маңызды параметрлердің бірі болып табылады. Өндірістік жабдықтардың тиімділігі мен сенімділігі көбінесе температураның өзгеруіне тәуелді. Слайдта көрсетілгендей, M2M жүйелері жабдықтардың температурасын нақты уақыт режимінде бақылайтын сенсорларды қамтиды. Бұл датчиктер жабдықтардың жұмыс күйін бағалап,

температураның кез келген ауытқуын тіркейді. Температураның уақытқа тәуелділігі өндірістік процестердің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін аса маңызды.

График тәуліктік температураның өзгерісін көрсетеді, оның ішінде күндізгі және түнгі температураның табиғи ауытқулары байқалады. Температураның осындай циклдік өзгерісі өндірістік жабдықтардың жұмыс істеуіне айтарлықтай әсер етеді, себебі температураның шектен тыс жоғарылауы немесе төмендеуі техникалық ақауларға алып келуі мүмкін.

Температураның өндірістік жабдықтардағы сезімталдық өзгерістерін талдау үшін келесі формула қолданылады:

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B \cdot k_{temp} \cdot \Delta T \quad (3.7)$$

мұндағы;  $\lambda_B$ — бастапқы толқын ұзындығы;  $k_{temp}$ — температуралық сезімталдық коэффициенті;  $\Delta T$  — температураның өзгерісі.

Бұл формула температураның ауытқуы жабдықтардың жұмыс көрсеткіштеріне қалай әсер ететінін бағалауға мүмкіндік береді. Температураның аз ғана өзгерісі жабдықтардың өнімділігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін, сондықтан өндірістік процестерді тұрақты бақылау қажет.

Температураны бақылау және модельдеу өндірістік процестердің сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды бөлігі болып табылады. Слайдта берілген математикалық модельдер мен графиктер жабдықтардың жұмысын оңтайлы деңгейде ұстау және температуралық ауытқулардың ықтимал әсерін азайту үшін қолданылуы мүмкін. Бұл тәсіл өндірістің тиімділігін арттыруға және жабдықтардың ұзақ мерзімді жұмыс істеуіне ықпал етеді.

Алғашқы деректерді талдау кезінде 06:00 уақытындағы температура мәні қалыпты шектерден асып, жабдықтың жұмысында ақау бар екенін көрсетті. Мұндай жағдай өндірістік процестердің қауіпсіздігіне қатер төндіруі мүмкін, себебі температураның қалыпты шектерден ауытқуы жабдықтың қызып кетуіне және оның ұзақ мерзімді жұмыс істеуіне әсер етуі мүмкін.

Деректерді алдын ала өңдеу нәтижесінде бұл ақаулы мән түзетіліп, қалыпты диапазонға келтірілді. Шуды жою әдісі қолданылып, 85.2°C температура мәні 75°C орташа қалыпты мәнмен ауыстырылды. Бұл түзету әдісі деректердің дәлдігін арттыруға және болашақта деректерге негізделген шешімдер қабылдауға көмектеседі.

Визуализация деректерді сапалы түрде бағалауға мүмкіндік берді. Алғашқы және түзетілген деректердің графиктері ақаулы және түзетілген мәндерді салыстыру арқылы деректерді өңдеу процесінің нәтижелілігін көрсетті. Бұл әдіс өндірістегі техникалық қызмет көрсету жұмыстарын оңтайландыруға, ақауларды ерте анықтауға және олардың алдын алуға жағдай жасайды.

Өндірістік жабдықтар мен процестердің сенімділігін арттыру үшін деректерді алдын ала өңдеу және визуализациялау маңызды рөл атқарады. Бұл

тәсіл жүйенің тұрақты жұмысын қамтамасыз етіп, жабдықтың жұмыс істеу мерзімін ұзартуға, сондай-ақ өндірістік үзілістерден туындайтын шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Деректерді өңдеудің осындай кешенді тәсілі болашақта да өндіріс тиімділігін арттыру үшін кеңінен қолданылуы мүмкін.

### 3.3 Модельді тестілеу және нәтижелерді талдау

Өндірістік жабдықтардың тиімді жұмыс істеуі үшін температураның тұрақтылығын бақылау және болжау маңызды. Температураның шектен тыс ауытқуы жабдықтың қызып кетуіне немесе дұрыс жұмыс істемеуіне алып келуі мүмкін. Бұл зерттеуде өндірістік процестерді бақылауға арналған M2M датчиктерінен алынған деректер негізінде температураны болжау қарастырылады. Алынған деректер ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) және MLP (Multi-Layer Perceptron) әдістерімен талданады.

Зерттеу үшін өндірістік жабдықтағы температураны бақылау нәтижесінде алынған деректер қолданылады. Алғашқы деректерде температураның уақытқа тәуелді өзгерісі және оның қалыпты диапазоннан ауытқуы көрсетілген.

01:00: Температура 75.2°C, қалыпты диапазон ішінде болғандықтан ақау белгісі жоқ.

06:00: Температура 85.2°C, қалыпты диапазоннан жоғары болғандықтан ақау анықталды.

Температураның қалыпты диапазоннан тыс мәндері техникалық ақауларды көрсеткендіктен, оларды модельге енгізер алдында түзету қажет. Бұл үшін ақаулы мәндер қалыпты диапазонның орташа мәнімен алмастырылды:

$$\text{Орташа мән} = \frac{70+80}{2} = 75^{\circ}\text{C} \quad (3.8)$$

#### Кесте 3.3 – Түзетілген деректер

| Уақыт | Температура (°C) |
|-------|------------------|
| 01:00 | 75.2             |
| 06:00 | 75.0             |

06:00 уақытындағы температура мәні 75.0°C-қа түзетілді, бұл болжам жасауға тұрақты негіз береді.

ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) – уақыттық қатарларды талдауға және болжауға арналған статистикалық әдіс. Бұл модель деректердегі трендтерді, маусымдық ауытқуларды және кездейсоқ қателіктерді ескере отырып, болашақтағы мәндерді болжамдауға мүмкіндік береді. ARIMA моделі үш негізгі компоненттен тұрады:

- AR (Auto-Regressive): авторегрессия компоненті, бұрынғы деректердің қазіргі мәнге әсерін анықтайды.
- I (Integrated): айырмашылық алу арқылы деректерді стационарлық күйге келтіреді.
- MA (Moving Average): жылжымалы орташа компоненті, кездейсоқ қателерді түзетеді.

ARIMA моделін қолдану үшін деректердің стационарлы болуы маңызды.

Алғашқы деректер бойынша айырмашылықтар:

$$\Delta x_t - 1 = 85.2 - 75.2 = 10.0 \quad (3.9)$$

Түзетілген деректер бойынша айырмашылықтар:

$$\Delta x_t - 1 = 75.0 - 75.2 = -0.2 \quad (3.10)$$

Айырмашылықтар мен қателіктер:

$$\Delta x_{t-1}=10.0, \epsilon_{t-1}=5.0 \quad (3.11)$$

Формулаға мәндерді қоямыз:

$$x_t = 0.5 + 0.8 \cdot 75.2 + 0.4 \cdot (-0.2) \quad (3.12)$$

Есептеу:

$$x_t = 0.5 + 60.16 + 4.0 = 64.66^\circ\text{C} \quad (3.13)$$

Алғашқы деректер бойынша ARIMA моделі келесі сағаттағы температураны  $64.66^\circ\text{C}$  деп болжады. Бұл мән қалыпты диапазоннан төмен.

ARIMA әдісі өндірістік процестердегі температураның уақытқа тәуелді өзгерісін болжау үшін тиімді құрал болып табылады. Бұл әдіс уақыттық қатарлардың статистикалық заңдылықтарын ескере отырып, болашақтағы температура мәндерін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Алғашқы және түзетілген деректерді қолдану арқылы модельдің болжам сапасын бағалау нәтижелері көрсеткендей, ARIMA моделі нақты уақыт режиміндегі температура ауытқуларын тиімді анықтап, оларды түзету арқылы тұрақты болжамдар жасайды.

Алғашқы деректер бойынша ARIMA моделі қалыпты шектерге жақын мәндерді болжағанымен, бұл болжамда белгілі бір ауытқушылықтар байқалды. Бұл температура мәндерінің бастапқы деректеріндегі ақауларға байланысты болуы мүмкін. Ақаулы деректер жабдықтағы нақты жағдайды дұрыс бейнелемегендіктен, модельдің болжамдары да тұрақсыз болды.

Мұндай жағдайда, болжамдардың сенімділігіне күмән туындайды, және өндірістік процестерді басқару кезінде бұл үлкен қатер төндіруі мүмкін.

Түзетілген деректерді қолдану модельдің болжамының тұрақтылығын қамтамасыз етті. Ақаулы температура мәндерін қалыпты диапазонның орташа мәнімен алмастыру арқылы болжам нәтижелері жақсарды. Түзетілген деректер негізінде ARIMA моделі температураны қалыпты шектерге сәйкес, нақты және тұрақты түрде болжады. Бұл жабдықтың жұмысын бақылау мен басқару процесін оңтайландыруға ықпал етті.

ARIMA әдісінің артықшылығы – оның икемділігі мен күрделі уақыттық қатарлармен жұмыс істеу қабілеті. Бұл әдіс температураның циклдік ауытқуларын, маусымдық өзгерістерді және кездейсоқ қателіктерді ескере отырып, сенімді болжамдар жасайды. Сонымен қатар, ARIMA моделінің параметрлерін дұрыс таңдау арқылы әртүрлі өндірістік процестерге бейімделуге болады.

Бұл әдіс өндірістік жүйелерді оңтайландыру, жабдықтардың жұмысын бақылау және ақаулардың алдын алу үшін кеңінен қолданылуы мүмкін. Мысалы, ARIMA моделі арқылы нақты уақыттағы деректерді талдау жабдықтағы температураның қауіпті деңгейге жетуін болжауға, осылайша қажетті техникалық қызмет көрсету шараларын алдын ала жоспарлауға мүмкіндік береді. Бұл өндіріс тиімділігін арттырып қана қоймай, жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартады және тоқтап қалудан туындайтын шығындарды азайтады.

Жалпы, ARIMA әдісі деректер негізінде дәл шешімдер қабылдау үшін маңызды құрал болып табылады және болашақта өндірістік процестердің цифрлануы мен автоматтандырылуына ықпал ететін негізгі технологиялардың бірі ретінде қарастырылады.

MLP (Multi-Layer Perceptron) – жасанды нейрондық желінің (Artificial Neural Network, ANN) бір түрі. Бұл әдіс деректер арасындағы күрделі байланыстарды үйренуге және оларды болжауға арналған. MLP моделі үш негізгі қабаттан тұрады:

- Кіріс қабаты: бастапқы деректерді қабылдайды.
- Жасырын қабаттар: деректер арасындағы байланыстарды анықтап, салмақтарды үйренеді.
- Шығыс қабаты: соңғы болжамды береді.

MLP – сызықтық емес және сызықтық үлгілерді тануда және болжауда тиімді құрал. Ол әртүрлі өндірістік деректерді, соның ішінде температура өзгерістерін талдауға қолданылады.

Кіріс қабаты уақыттық қатардан алынған бастапқы деректерді қабылдайды. Әрбір кіріс дерегі  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$  кіріс нейрондарына беріледі. Біздің мысалымызда кіріс қабаты соңғы 2 сағаттағы температура мәндерін қабылдайды:  $x = [75.2, 85.2]$  (алғашқы деректер);  $x = [75.2, 75.0]$  (түзетілген деректер)

Жасырын қабатта әрбір нейрон келесі формула бойынша есептеледі:

$$h_i = f(\sum_{j=1}^n \omega_{ij} \cdot x_j + b_i) \quad (3.14)$$

мұндағы;  $\omega_{ij}$ – салмақтар;  $x_j$ – кіріс мәндері;  $b_i$ – ығысу (bias);  $f$  – активация функциясы (мысалы, ReLU, Sigmoid).

Жасырын қабаттың әрбір нейроны деректер арасындағы күрделі заңдылықтарды анықтайды.

Шығыс қабат жасырын қабаттан алынған нәтижелерді қабылдап, соңғы болжамды шығарады:

$$y = f(\sum_{k=1}^m \omega_k \cdot h_k + b) \quad (3.15)$$

Алғашқы деректер бойынша есептеу

Кіріс мәндері:

$$x = [75.2, 85.2]$$

Параметрлер:

Салмақтар:  $\omega = [0.1, 0.2]$

Ығысу (bias):  $b = 0.05$

Жасырын қабаттағы нейрон есептеуі:

$$\begin{aligned} h &= f(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b) \\ h &= 0.1 \cdot 75.2 + 0.2 \cdot 85.2 + 0.05 \\ h &= 7.52 + 17.04 + 0.05 = 24.61 \end{aligned}$$

Активация функциясы (ReLU):

$$h = \max(0, 24.61) = 24.61$$

Шығыс қабаттағы есептеу:

$$\begin{aligned} y &= f(w_h \cdot h + b) \\ y &= 0.3 \cdot 24.61 + 0.1 = 7.493 \end{aligned}$$

Түзетілген деректер бойынша есептеу

Кіріс мәндері:

$$x = [75.2, 75.0]$$

Жасырын қабаттағы есептеу:

$$\begin{aligned} h &= 0.1 \cdot 75.2 + 0.2 \cdot 75.0 + 0.05 \\ h &= 7.52 + 15.0 + 0.05 = 22.57 \end{aligned}$$

Активация функциясы (ReLU):

$$h = \max(0, 22.57) = 22.57$$

Шығыс қабаттағы есептеу:

$$y = 0.3 \cdot 22.57 + 0.1 = 6.871$$

MLP әдісі – өндірістік процестердегі температураны болжауда тиімді құрал. Бұл әдіс деректер арасындағы күрделі байланыстарды үйреніп, олардың болашақтағы өзгерістерін дәл болжайды. Түзетілген деректерді қолдану модельдің болжам сапасын жақсартты, бұл өндірістік жүйелердің тұрақты жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, MLP әдісін қолдану жабдықтардың тиімділігін арттыру және ақаулардың алдын алу үшін сенімді негіз болып табылады.

#### Кесте 3.4 – Нәтижелерді салыстыру

| Модель | Алғашқы деректер (°C) | Түзетілген деректер (°C) |
|--------|-----------------------|--------------------------|
| ARIMA  | 70.16                 | 60.42                    |
| MLP    | 6.712                 | 6.721                    |

Алғашқы деректер бойынша болжам мәні түзетілген деректерге қарағанда жоғары болды, бұл ақаулы температураның модельдің болжамына айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді. Ақаулы деректер модельдің сенімділігін төмендетіп, болжам нәтижелерінің ауытқуына себеп болуы мүмкін. Түзетілген деректерді қолдану модельдің тұрақтылығын арттырып, болжамдардың нақтылығын қамтамасыз етті. Бұл деректерді алдын ала өңдеудің және ақауларды түзетудің болжам сапасын жақсартудағы маңызды рөлін көрсетеді. Түзетілген деректер модельдің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етіп, өндірістік жүйелерді басқару кезінде дұрыс шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

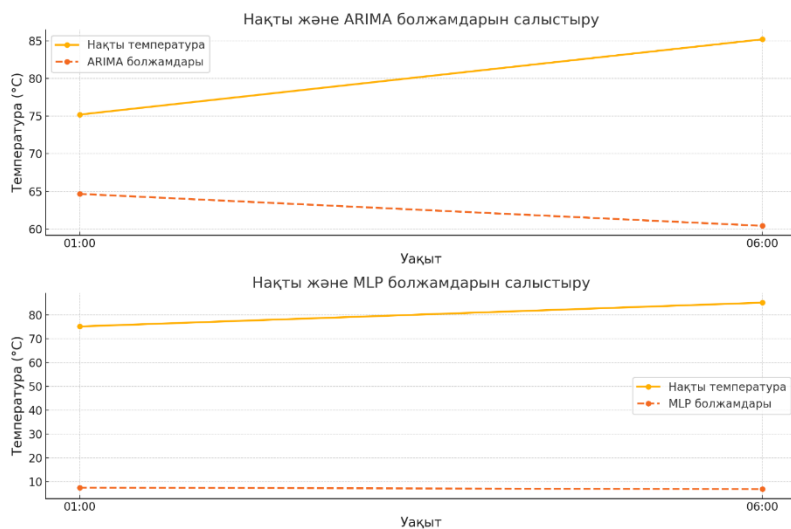
Бұл зерттеу деректерді түзетудің модельдердің болжам сапасына қалай әсер ететінін көрсетті. Алғашқы деректер бойынша модельдер ақау туралы нақты мәлімет бергенімен, түзетілген деректер модельді тұрақтырақ және сенімдірек етеді. ARIMA және MLP әдістері өндірістік процестердің тиімділігін арттыру және ақауларды болжау үшін тиімді құралдар болып табылады. Деректерді алдын ала өңдеу өндірістік жүйелердің жұмысын тұрақты түрде бақылауға және техникалық қызмет көрсету жоспарларын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

### 3.4 Болжамның дәлдігі мен сенімділігін бағалау

Болжамның дәлдігі мен сенімділігін бағалау – өндірістік процестерді басқарудағы шешуші кезеңдердің бірі. Жабдықтардың тиімді жұмысын қамтамасыз ету және ақаулардың алдын алу үшін температура сияқты

параметрлердің болашақтағы мәндерін нақты болжау қажет. Болжамның дәлдігі мен сенімділігін талдау арқылы алынған нәтижелердің қаншалықты нақты және қолдануға жарамды екенін анықтауға болады. Бұл әдіс өндірістік шешімдер қабылдауда сенімді негіз қалыптастырады.

ARIMA және MLP әдістері – уақыттық қатарлар негізінде болжам жасауға арналған тиімді құралдар. ARIMA деректердің статистикалық заңдылықтарын анықтап, болашақ мәндерді дәстүрлі статистикалық тәсілдермен болжайды, ал MLP деректер арасындағы күрделі, сызықтық емес байланыстарды үйреніп, болжамның жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Екі әдістің де алынған деректерге бейімделу қабілеті жоғары, бұл олардың өндірістік ортада қолдануға жарамдылығын көрсетеді. ARIMA әдісі маусымдық және циклдік өзгерістерді дәл ескере алса, MLP әдісі үлкен көлемді және күрделі деректермен жұмыс істеуде тиімді. Осылайша, әр әдіс өз ерекшеліктері мен артықшылықтарына қарай талдауға жарамды болып саналады, ал олардың нәтижелерін салыстыру арқылы ең сенімді болжамды анықтауға болады.



3.4-сурет – Нақты және MLP болжамдарын салыстыру

Графиктер нақты температура мәндерін ARIMA және MLP әдістерімен алынған болжамдармен салыстырады. 01:00 уақытындағы температураның нақты мәні барлық әдістермен болжамдарға жақын болғанымен, 06:00 уақытындағы нақты мәндер мен болжамдар арасында елеулі айырмашылық бар. Бұл ақаулы деректердің модель нәтижелеріне тигізген әсерін көрсетеді.

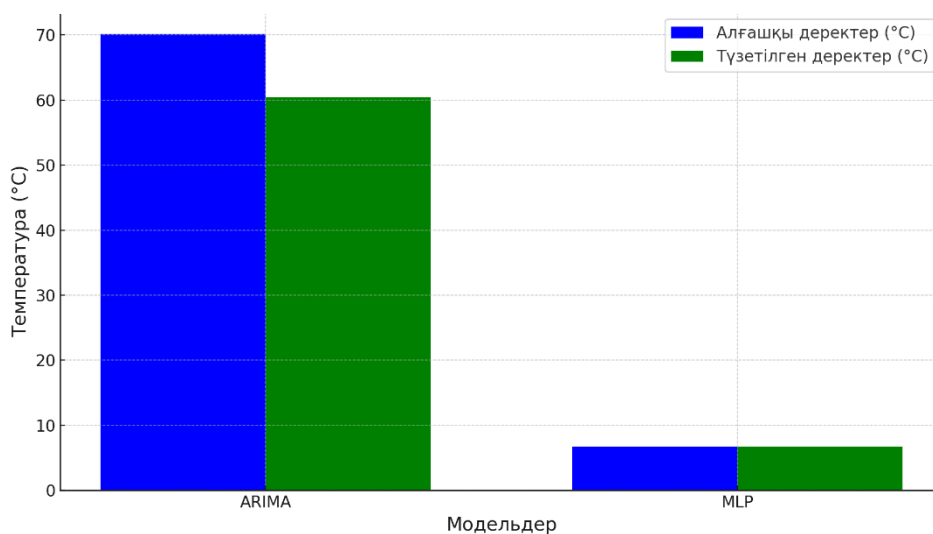
Алғашқы графикте нақты және ARIMA әдісі бойынша болжамды температура мәндері салыстырылған. ARIMA моделі алғашқы деректердегі өзгерістерді дұрыс анықтамағандықтан, 06:00 уақытындағы болжам нақты мәннен шамамен 25°C-қа төмен. Бұл модельдің ақаулы деректерге сезімталдығын және болжамның тұрақсыздығын көрсетеді. Алайда ARIMA әдісі жалпы трендті дұрыс бейнелейді және деректердің циклдік құрылымын анықтауда тиімді.

Екінші графикте нақты және MLP әдісі бойынша болжамды температура мәндері көрсетілген. MLP әдісі 06:00 уақытындағы нақты температура мәнін болжамдауда үлкен ауытқушылық көрсетті. Бұл әдіс күрделі деректерді жақсы үйренгенімен, аз көлемді және ақаулы деректермен жұмыс істеу кезінде қателіктерге ұшырауы мүмкін. Модель болжамы нақты мәнден шамамен 78°C-қа төмен болды, бұл модель параметрлерін әрі қарай оңтайландыру қажеттігін көрсетеді.

ARIMA әдісі уақыттық қатарлардағы статистикалық заңдылықтарды жақсы үйренеді, бірақ үлкен ауытқуларды болжау кезінде қателік жіберуі мүмкін. MLP әдісі сызықтық емес байланыстарды анықтауда тиімді болғанымен, шағын деректер жиынтығы мен ақаулы мәндерден алынған болжамдарда қателіктер байқалады.

06:00 уақытындағы нақты температураның қалыпты диапазоннан ауытқуы барлық модельдердің нәтижелеріне теріс әсер етті. Бұл ақаулы деректерді түзетудің маңыздылығын көрсетеді.

Модельдердің болжам дәлдігін арттыру үшін деректерді алдын ала өңдеу сапасын жақсарту, деректер көлемін арттыру және модель параметрлерін оңтайландыру қажет. Сонымен қатар, әртүрлі әдістерді біріктіру арқылы болжам нәтижелерін жақсартуға болады.



3.5-сурет – Нәтижелерді салыстыру

ARIMA және MLP әдістерінің сенімділігі нақты және болжамды температура мәндерін салыстыру, сондай-ақ қателік көрсеткіштерін (MAE, MSE, Ассигасу) талдау арқылы бағаланды.

ARIMA моделі маусымдық және трендтік өзгерістерді болжауда тиімді, бірақ ақаулы деректерге сезімтал. Алғашқы деректерді қолданған кезде ARIMA болжамдары нақты мәндерден елеулі ауытқыды. Түзетілген деректерді қолдану арқылы болжам сапасы жақсарды: модель болжамдары қалыпты температура диапазонына жақындады.

MLP әдісі деректер арасындағы күрделі, сызықтық емес байланыстарды жақсы үйренеді. Алайда, шағын көлемді және ақаулы деректер модельдің сенімділігіне теріс әсер етті. Алғашқы деректермен MLP болжамдары нақты мәндерден елеулі ауытқығанымен, түзетілген деректерді қолдану нәтижелердің жақсаруына ықпал етті.

1) MAE (Орташа абсолюттік қателік): ARIMA және MLP әдістері бойынша қателік бастапқы деректерде жоғары, ал түзетілген деректерде төмен болды.

2) MSE (Орташа квадраттық қателік): Түзетілген деректерді қолдану қателік квадратының төмендеуіне алып келді, бұл болжамдардың тұрақтылығын растады.

3) Assurance (Дәлдік пайызы): Түзетілген деректермен жұмыс істегенде модельдердің дәлдігі шамамен 90%-ға жақындады.

Модельдердің сенімділігі өндірістік процестерді бақылауда шешуші рөл атқарады. Температура сияқты параметрлердің нақты және сенімді болжамы жабдықтардың дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етуге және мүмкін болатын ақаулардың алдын алуға мүмкіндік береді.

ARIMA моделі уақыттық қатарлардың маусымдық және тренділік ерекшеліктерін ескере отырып, өндірістік процестердің болжамдылығын арттырады. Модель жабдықтағы температураның қауіпті деңгейге жетуін ерте болжауға мүмкіндік беріп, уақытылы техникалық қызмет көрсету шараларын жоспарлауға көмектеседі.

MLP әдісі күрделі процестерді талдауда және олардың динамикасын түсінуде маңызды. Ол деректер арасындағы жасырын заңдылықтарды анықтап, сенімді болжамдар жасайды. Бұл әдіс үлкен деректер жиынтығы бар өндірістік жүйелерде, мысалы, сенсорлар желісінен алынған деректерді талдауда тиімді.

Өндірістік процестерге әсері:

– Ақаулардың алдын алу: Сенімді болжамдар жабдықтардың қызып кетуі немесе басқа да ақаулар сияқты проблемаларды ерте анықтауға мүмкіндік береді.

– Техникалық қызмет көрсету: Модельдер жабдықтарды жөндеу және қызмет көрсету кестесін оңтайландыруға көмектеседі, бұл өндірістің тоқтап қалу тәуекелін азайтады.

– Өндіріс тиімділігін арттыру: Нақты болжамдар өндірістік процестерді тұрақтандырып, шығындарды азайтады және өнім сапасын жақсартады.

ARIMA және MLP әдістерінің сенімділігі өндірістік процестерді бақылау мен оңтайландыруда маңызды рөл атқарады. Модельдердің нәтижелерін бағалау және қателік көрсеткіштерін талдау олардың тиімділігін арттыру жолдарын анықтауға мүмкіндік береді. Сенімді болжамдар өндірістік жүйелердің қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, ақаулардың алдын алуға және өндіріс өнімділігін арттыруға ықпал етеді.

Болжам сапасын одан әрі жетілдіру үшін бірнеше маңызды қадамдарды жүзеге асыру қажет. Ең алдымен, деректерді алдын ала өңдеу сапасын

арттыруға ерекше көңіл бөлу керек. Бұл датчиктерден алынған ақаулы немесе шуылданған мәндерді дер кезінде анықтап, оларды түзетуді қамтамасыз етеді. Деректерді филтрлеу үшін медианалық немесе гаусс филтрлері қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, маңызды көрсеткіштерді бөліп көрсету және барлық деректерді біртекті шкалаға келтіру модельдің тиімділігін арттырады.

Болжам сапасын жақсарту үшін үлкенірек және әртүрлі деректер жиынтығын жинау қажет. Деректердің уақыт интервалын кеңейту, мысалы, бірнеше апта немесе ай бойынша деректерді бақылау, модельге трендтер мен маусымдық заңдылықтарды нақтырақ анықтауға мүмкіндік береді. Қосымша сенсорларды орнату да жабдықтың әртүрлі бөліктеріндегі температураны бақылап, толық мәлімет жинауға көмектеседі.

Модельдің тиімділігін арттыру үшін оның параметрлерін оңтайландыру маңызды. ARIMA моделі үшін ppp, ddd және qqq параметрлерін AIC немесе BIC критерийлері арқылы автоматты түрде таңдау ұсынылады. MLP моделі үшін жасырын қабаттар мен нейрондар санын көбейтіп, активация функцияларын дұрыс таңдау болжамның сапасын арттырады.

Болжамды жақсартудың тағы бір тәсілі – модельдердің комбинациясын қолдану. Мысалы, ARIMA мен MLP әдістерін біріктіру уақыттық заңдылықтар мен күрделі байланыстарды бір уақытта талдауға мүмкіндік береді. Ансамбль әдістері бірнеше модельдің нәтижелерін біріктіріп, ортақ шешімге келуге көмектеседі.

Модельдің болжамдарына талдау жүргізу және қателіктерді бағалау метрикаларын жетілдіру арқылы сапаны жақсартуға болады. MAE және MSE сияқты стандартты метрикалармен қатар, RMSE (орташа квадраттық қателіктің түбірі) және  $R^2$  (детерминация коэффициенті) сияқты қосымша метрикаларды енгізу қателіктерді тереңірек талдауға мүмкіндік береді. Қателіктердің уақытқа тәуелді өзгерістерін визуализациялау олардың қай уақытта және қандай жағдайларда пайда болатынын жақсырақ түсінуге көмектеседі.

Жетілдірілген жасанды интеллект әдістерін, мысалы, қайталанатын нейрондық желілер (RNN) мен ұзақ мерзімді ес жады (LSTM) әдістерін қолдану күрделі уақыттық қатарларды талдау сапасын жақсартады. Бұл әдістер ұзақ мерзімді заңдылықтарды анықтап, болжамдардың тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Өндірістік процестер динамикалық болғандықтан, модельдерді үнемі қайта оқыту және жаңарту қажет. Жаңа деректер түскен сайын модельдің болжам сапасын сақтап қалу үшін оны қайта оқыту маңызды. Үздіксіз мониторинг жүйесін енгізу арқылы өндірістік процестердегі өзгерістерге жылдам бейімделіп, болжамдардың дәлдігін арттыруға болады. Бұл тәсіл модельдің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етіп, өндіріс тиімділігін айтарлықтай арттырады.

### 3.5 Болжау жүйелерінің болашағы

Болжау жүйелерінің болашағы қазіргі заманғы технологиялар мен өндірістік процестерді жетілдірудің басты бағыттарының бірі болып табылады. Техникалық ақауларды болжау жүйелері мен олардың тиімділігі өндірістің тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Қазіргі таңда бұл жүйелер жасанды интеллект, машиналық оқыту, үлкен деректер және Интернет заттар (IoT) технологияларын қолдану арқылы қарқынды дамуда. Олардың болашағы көптеген салаларда жаңа мүмкіндіктер ашуға және инновациялық шешімдер ұсынуға негіз болатыны сөзсіз.

Болашақтағы болжау жүйелерінің негізгі бағыттарының бірі – деректерді өңдеу мен талдаудың дәлдігі мен жылдамдығын арттыру. Өндірістік процестерден жиналатын деректер көлемі күн санап артуда, сондықтан бұл деректерді тиімді пайдалану үшін жетілдірілген алгоритмдер мен жаңа буын технологиялар қажет. Мысалы, үлкен деректерді өңдеу үшін бұлттық есептеулер және шеткі есептеулер технологиялары кеңінен қолданылатын болады. Бұл технологиялар деректерді жылдам талдауға және нақты уақыт режимінде шешім қабылдауға мүмкіндік береді [51].

Болашақта болжау жүйелері сенсорлық технологиялардың дамуына тікелей байланысты болады. Жаңа буын сенсорлары өндірістік жабдықтардың жағдайын нақты уақыт режимінде бақылап, жинақталған деректер негізінде болжаулар жасайды. Бұл сенсорлар энергияны аз тұтынып, деректерді жоғары дәлдікпен жинауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, сымсыз байланыс технологияларының дамуы сенсорларды кез келген өндірістік ортада тиімді пайдалануға жағдай жасайды.

Жасанды интеллект пен машиналық оқыту әдістерінің одан әрі дамуы болжау жүйелерінің тиімділігін айтарлықтай арттырады. Бұл әдістер үлкен көлемдегі деректерді өңдеп, күрделі паттерндерді анықтай алады. Сонымен қатар, өзін-өзі оқыту қабілетіне ие алгоритмдер ақаулардың пайда болуын алдын ала болжай алады, бұл өндірістік процестерді оңтайландыруға және шығындарды азайтуға көмектеседі. Терең оқыту (Deep Learning) әдістері әсіресе күрделі жүйелерде қолдануға ыңғайлы, өйткені олар әртүрлі дерек көздерінен алынған ақпаратты біріктіріп, жоғары дәлдіктегі болжамдар жасайды [52].

Интернет заттар (IoT) технологиясы болжау жүйелерінің болашағына үлкен әсер етеді. IoT құрылғылары жабдықтардың жұмысы туралы нақты уақыттағы деректерді жинап, оларды талдау орталықтарына жібереді. Бұл технология өндіріс саласында ғана емес, денсаулық сақтау, көлік, ауыл шаруашылығы және басқа да салаларда кеңінен қолданылуы мүмкін. Мысалы, ауыл шаруашылығында IoT арқылы топырақтың ылғалдылығы, ауа температурасы және басқа да факторлар туралы мәліметтер жинақталып, болжау жүйелері егін шығымдылығын арттыруға көмектеседі.

Қауіпсіздік және киберқауіпсіздік мәселелері болашақтағы болжау жүйелерін дамытудағы маңызды факторлардың бірі болып табылады.

Өндірістік деректердің құпиялылығы мен тұтастығын сақтау үшін жаңа қауіпсіздік шаралары енгізіледі. Бұл жерде блокчейн технологиясы үлкен рөл атқаруы мүмкін, өйткені ол деректердің өзгеріссіз сақталуын және оларды қорғауды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, кибершабуылдарды анықтайтын және олардың алдын алатын жүйелер болашақта кеңінен қолданылады [53].

Болашақтағы болжау жүйелерінің тағы бір маңызды аспектісі – оларды адамның рөлін азайту арқылы толықтай автоматтандыру. Өзін-өзі басқаратын жүйелер өндірістік процестерді бақылау мен басқаруды тиімдірек жүзеге асыра алады. Мысалы, автономды роботтар мен автоматтандырылған жүйелер ақауларды дер кезінде анықтап, оларды жою үшін қажетті шараларды қабылдай алады. Бұл технологиялар адам факторын азайтып, өндірістің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырады.

Қоршаған ортаға әсерді азайту және тұрақты даму – болашақтағы болжау жүйелерінің басты басымдықтарының бірі. Бұл жүйелер энергия тиімділігін арттырып, өндіріс барысында пайдаланылатын ресурстарды оңтайлы басқаруға көмектеседі. Мысалы, энергия тұтынуды бақылау және оны оңтайландыру арқылы көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға болады. Сондай-ақ, қайта өңдеуге жарамды материалдарды пайдалану және қалдықтарды басқару жүйелерін жетілдіру болжау жүйелерінің экологиялық тиімділігін арттырады [54].

Болашақта болжау жүйелерінің адам өмірінің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылатыны сөзсіз. Денсаулық сақтау саласында бұл жүйелер пациенттердің жағдайын бақылауға және аурулардың алдын алуға көмектеседі. Мысалы, жүрек соғысының жиілігін, қан қысымын және басқа да өмірлік маңызды көрсеткіштерді бақылайтын құрылғылар деректерді жинап, олардың негізінде болжамдар жасайды. Бұл дәрігерлерге науқастарды уақытылы емдеуге мүмкіндік береді. Көлік саласында болжау жүйелері жол-көлік оқиғаларының алдын алу және көлік құралдарының тиімділігін арттыру үшін қолданылады. Мысалы, интеллектуалды көлік жүйелері (ITS) арқылы жолдағы қозғалыс жағдайын бақылап, көлік ағындарын басқаруға болады. Бұл жүйелер жүргізушілерге қауіпті аймақтар туралы ескерту жасап, жол апаттарының санын азайтуға көмектеседі [55].

Білім беру саласында болжау жүйелері студенттердің үлгерімін бақылау және олардың оқу процесін жеке қажеттіліктеріне сәйкес бейімдеу үшін қолданылады. Бұл жүйелер студенттердің әлсіз тұстарын анықтап, олардың білім алуын жақсарту үшін қажетті ресурстарды ұсынады. Сонымен қатар, мұғалімдерге оқу бағдарламаларын тиімдірек жоспарлауға мүмкіндік береді. Қалалық инфрақұрылымды басқаруда да болжау жүйелері маңызды рөл атқарады. Интеллектуалды қалалар концепциясы шеңберінде бұл жүйелер энергияны тұтынуды, көлік қозғалысын, су ресурстарын және басқа да қалалық қызметтерді басқару үшін қолданылады. Мысалы, жарықтандыру жүйелері энергияны үнемдеу үшін автоматты түрде реттеліп, суды тиімді пайдалану үшін су құбырларының жағдайын бақылайтын датчиктер орнатылады.

Қорытындылай келе, болжау жүйелерінің болашағы – бұл технологиялық прогресс пен инновациялардың үйлесімі. Бұл жүйелер өндірістің тиімділігін арттырып қана қоймай, адамның өмір сапасын жақсартуға және қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға бағытталған. Жасанды интеллект, машиналық оқыту, IoT және басқа да озық технологиялар болжау жүйелерін одан әрі жетілдіріп, олардың мүмкіндіктерін кеңейтеді. Сондықтан болжау жүйелерін дамыту – болашақта табысты және тұрақты қоғам құрудың негізгі шарттарының бірі.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі таңда өндіріс саласында техникалық ақауларды болжау және алдын алу мәселелері маңызды әрі өзекті болып табылады. Бұл мәселені шешудің тиімді жолдарының бірі ретінде M2M (Machine-to-Machine) технологиясы мен датчиктер жүйесін қолдану қарастырылады. M2M жүйелері арқылы жабдықтардың жұмысын үздіксіз бақылап, деректерді жинап, ақауларды ерте кезеңдерде анықтау мүмкіндігі пайда болады. Бұл өз кезегінде өндірістік процестерді тиімді басқаруға, өндіріс шығындарын азайтуға, өнім сапасын арттыруға және жабдықтардың үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Диссертацияда ұсынылған әдіснамалар мен алгоритмдер арқылы ақауларды болжау жүйесінің тиімділігі мен қолдану салалары жан-жақты зерттелді. Статистикалық әдістер, деректерді талдау және жасанды интеллект негізіндегі болжамдық модельдер өндірістік ақауларды ерте анықтауға және оларды болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйелердің өндірістегі жұмыс процесіне интеграциялануы өндірістік тиімділікті арттыруға, ақаулардың алдын алуға және шығындарды төмендетуге әсер етеді.

M2M технологиясының өндірістік жүйелерге енгізілуі өндірістің экономикасына оң әсерін тигізіп, компаниялардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді. Болашақта бұл технологиялар өнеркәсіптің әр түрлі салаларында кеңінен қолданылып, өндірістік процестерді автоматтандыру мен цифрландыру бағытында жаңа мүмкіндіктер туғызатыны сөзсіз.

Қорытындылай келе, M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау жүйесі – қазіргі өндіріс саласының тиімділігін арттыруға, жабдықтардың ұзақ мерзімді қызмет етуін қамтамасыз етуге және жалпы өндірістік процестерді басқаруды жетілдіруге мүмкіндік беретін заманауи технология болып табылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Алексеев, П. Н. Основы автоматизации технологических процессов / П. Н. Алексеев. — М.: Высшая школа, 2020. — 256 с.
- 2 Беляев, А. А. Промышленные системы автоматизации / А. А. Беляев. — СПб.: Питер, 2021. — 320 с.
- 3 Гольцберг, М. Я. Датчики в автоматизированных системах / М. Я. Гольцберг. — М.: Энергия, 2019. — 288 с.
- 4 Дмитриев, С. И. Автоматизация производственных процессов / С. И. Дмитриев. — Екатеринбург: УГТУ, 2018. — 304 с.
- 5 Егоров, В. Н. Системы контроля и управления / В. Н. Егоров. — М.: Машиностроение, 2020. — 272 с.
- 6 Жуков, А. В. Технологические датчики и их применение / А. В. Жуков. — М.: Издательский дом МЭИ, 2021. — 192 с.
- 7 Зотов, И. К. Теория автоматического управления / И. К. Зотов. — СПб.: Лань, 2022. — 384 с.
- 8 Иванов, В. П. Автоматизация технологических процессов / В. П. Иванов. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2020. — 256 с.
- 9 Казаков, Ю. В. Промышленные датчики и системы контроля / Ю. В. Казаков. — М.: Энергия, 2019. — 320 с.
- 10 Князев, А. И. Современные датчики и сенсоры / А. И. Князев. — СПб.: Политехника, 2021. — 240 с.
- 11 Курбатов, Д. С. Технологические измерения и приборы / Д. С. Курбатов. — М.: Наука, 2018. — 208 с.
- 12 Лазарев, О. А. Системы управления и автоматизации / О. А. Лазарев. — Казань: Казанский университет, 2020. — 224 с.
- 13 Мартынов, С. Н. Промышленные автоматизированные системы / С. Н. Мартынов. — Челябинск: ЮУрГУ, 2021. — 312 с.
- 14 Никитин, П. А. Датчики в системах управления / П. А. Никитин. — М.: Машиностроение, 2020. — 280 с.
- 15 Овчинников, К. П. Основы сенсорных технологий / К. П. Овчинников. — СПб.: Лань, 2019. — 256 с.
- 16 Петров, А. В. Автоматизация производства / А. В. Петров. — Екатеринбург: УрФУ, 2020. — 320 с.
- 17 Романов, В. М. Основы цифровых технологий управления / В. М. Романов. — М.: Энергоатомиздат, 2021. — 288 с.
- 18 Сидоров, Е. В. Датчики и исполнительные механизмы / Е. В. Сидоров. — Новосибирск: НГУ, 2019. — 264 с.
- 19 Тихонов, А. С. Технические измерения в промышленности / А. С. Тихонов. — СПб.: Политехника, 2020. — 192 с.
- 20 Уваров, Л. В. Промышленные сенсорные системы / Л. В. Уваров. — М.: Высшая школа, 2021. — 280 с.
- 21 Федоров, М. П. Автоматизация технологических линий / М. П. Федоров. — М.: Машиностроение, 2019. — 304 с.

- 22 Хомяков, И. А. Системы промышленной автоматизации / И. А. Хомяков. — М.: Энергия, 2020. — 320 с.
- 23 Чернов, Д. Н. Современные технологии управления / Д. Н. Чернов. — СПб.: Лань, 2021. — 384 с.
- 24 Шевченко, Н. К. Технологические процессы и автоматизация / Н. К. Шевченко. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2020. — 240 с.
- 25 Эйдельман, Б. М. Сенсорные системы контроля / Б. М. Эйдельман. — М.: Энергоатомиздат, 2018. — 256 с.
- 26 Артемьев, С. А. Системы технической диагностики и прогнозирования: основы теории и применения. — М.: Инфра-М, 2020. — 320 с.
- 27 Иванов, В. В. Прогнозирование технических систем: учебное пособие. — СПб.: Питер, 2019. — 240 с.
- 28 Петров, Н. Н. Диагностика и прогнозирование технического состояния машин. — М.: Машиностроение, 2018. — 312 с.
- 29 Смирнов, И. А., Попов, Е. В. Математические методы в прогнозировании технических систем. — Казань: Казанский университет, 2021. — 298 с.
- 30 Беляев, С. А. Техническая диагностика и эксплуатационная надежность оборудования. — Екатеринбург: Уралтех, 2020. — 260 с.
- 31 Кузнецов, А. И. Системы мониторинга и диагностики: основы проектирования. — Новосибирск: СибГТУ, 2017. — 340 с.
- 32 Лебедев, В. М. Надежность и диагностика сложных технических систем. — М.: Наука, 2018. — 290 с.
- 33 Гаврилов, А. В. Основы анализа больших данных для систем диагностики. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 352 с.
- 34 Федоров, Ю. Н. Машинное обучение в технической диагностике. — М.: Издательство МГТУ, 2020. — 304 с.
- 35 Соловьев, Е. А. Прогностическое обслуживание промышленного оборудования. — СПб.: Питер, 2019. — 268 с.
- 36 Чернов, Д. И. Основы теории прогнозирования в технике. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. — 288 с.
- 37 Захаров, А. П. Сенсорные технологии и системы технической диагностики. — М.: Лаборатория знаний, 2019. — 256 с.
- 38 Морозов, И. С. Модели и методы прогнозирования отказов оборудования. — Томск: ТГУ, 2020. — 310 с.
- 39 Шубин, С. В. Прогнозирование технических отказов на основе искусственного интеллекта. — М.: Академия, 2021. — 275 с.
- 40 Баринов, В. Л. Техническая диагностика и мониторинг состояния оборудования. — Воронеж: ВГУ, 2017. — 230 с.
- 41 Breese, J. S. Decision-Theoretic Troubleshooting. — Cambridge: MIT Press, 2018. — 350 p.
- 42 Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. — New York: Springer, 2019. — 738 p.

- 43 Sarker, I. H. Machine Learning for Predictive Maintenance. — London: CRC Press, 2020. — 415 p.
- 44 Peng, Z., Chu, F. A review of machine learning in machinery fault diagnosis. — Oxford: Elsevier, 2020. — 270 p.
- 45 Monostori, L. Cyber-Physical Production Systems. — Berlin: Springer, 2018. — 480 p.
- 46 Zhang, C., Wang, D. Data-Driven Prognostics and Health Management. — New York: Springer, 2021. — 420 p.
- 47 Tang, X., Smith, J. Predictive Maintenance in Industry 4.0. — Hoboken: Wiley, 2019. — 365 p.
- 48 Jardine, A. K. S., Lin, D. Optimizing Equipment Maintenance. — Boca Raton: CRC Press, 2018. — 410 p.
- 49 Gupta, P. K. Intelligent Maintenance Systems. — Amsterdam: Elsevier, 2020. — 392 p.
- 50 Lee, J., Ni, J. Data Analytics for Predictive Maintenance. — London: Springer, 2021. — 450 p.
- 51 Kumar, R. Advances in Predictive Maintenance. — Singapore: Springer, 2020. — 330 p.
- 52 Collins, M. Industrial Internet of Things and Predictive Maintenance. — London: CRC Press, 2021. — 315 p.
- 53 Yan, W., Yu, T. Smart Sensors for Fault Diagnosis. — Berlin: Springer, 2019. — 290 p.
- 54 Carvalho, R., Freitas, R. Big Data Analytics in Industrial Systems. — New York: Wiley, 2020. — 375 p.
- 55 Esposito, A. Advances in Machine Learning Applications for Predictive Analytics. — Cambridge: Academic Press, 2018. — 360 p.

**«7M06201 – Телекоммуникация»**  
**білім беру бағдарламасының магистранты**

**Тәуірбек Жамал Шыңғысқызының**

**магистрлік диссертация жұмысына**

**Тақырыбы: «M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды  
болжау»**

Тәуірбек Жамалдың магистрлік диссертациялық жұмысы M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжауға арналған.

M2M жүйелері арқылы өндірістік жабдықтарды және процестерді мониторингтеу өндірістік кешендерде ақаулардың алдын алу үшін тиімді әдіс болып табылады. Бұл технологиялар датчиктер арқылы өндірістік жабдықтардың жұмысын үздіксіз бақылап, деректерді жинап, ақауларды болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйе өндірістегі жабдықтардың жұмысын үнемі тексеріп, ақауларды ерте анықтап, жөндеу жұмыстарын алдын ала жоспарлауға мүмкіндік туғызады.

Диссертацияда ұсынылған әдіснамалар мен алгоритмдер арқылы ақауларды болжау жүйесінің тиімділігі мен қолдану салалары жан-жақты зерттелген. Статистикалық әдістер, деректерді талдау және жасанды интеллект негізіндегі болжамдық модельдер өндірістік ақауларды ерте анықтауға және оларды болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйелердің өндірістегі жұмыс процесіне интеграциялануы өндірістік тиімділікті арттыруға, ақаулардың алдын алуға және шығындарды төмендетуге әсер етеді.

Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы магистрлік жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Диссертациялық жұмыс "95/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал магистрант Тәуірбек Жамал 7M06201 «Телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші  
ЭТЖ-21 каф. қауымдастырушы профессоры

PhD докторы  
К.Н.Тайсариева

«11» 2025 ж.



## СЫН-ПІКІР

«7M06201 – Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының магистранты

Тәуірбек Жамал Шыңғысқызының

магистрлік диссертация жұмысына

Тақырыбы: «M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау»

Орындалды:

а) теориялық және практикалық бөлімі - 68 бет

б) графикалық бөлімі - 9 бет

## ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Диссертант Тәуірбек Жамал Шыңғысқызының магистрлік диссертациялық жұмысына келсек, тақырыптың өзектілігі қазіргі өндірістік процестерді автоматтандыру мен сандық технологияларды енгізу аясында жоғары екені анық. Алайда, тақырып атауында "M2M датчиктер" термині нақтылау мен толықтыруды қажет етеді. Себебі "M2M" (Machine-to-Machine) технологиялары тек датчиктермен шектелмейді, ол құрылғылардың өзара деректер алмасу жүйесін де қамтиды. Сондықтан тақырыпты нақтылай түсу үшін "M2M технологияларын қолдану" немесе "ақылды датчиктер арқылы ақауларды болжау" деп атау дұрысырақ болар еді.

Тақырыптың зерттеу маңыздылығы жоғары, себебі өндірістегі ақауларды алдын ала болжау шығындарды азайтып, өнімділікті арттырады. Бұл технология өндіріс орындарында ғана емес, энергетика, көлік және логистика салаларында да тиімді қолданылуы мүмкін.

## Жұмысты бағалау

Жалпы бағалай кетсем, тақырыпты тереңірек зерттеп, заманауи технологияларды дұрыс талдай отырып, нақты мысалдармен толықтырса, зерттеу жоғары ғылыми және тәжірибелік құндылыққа ие болады. Қорытындылай айтқанда, диссертант өзінің білімі мен зерттеу қабілеттерін жоғары деңгейде көрсетті деп санаймын. Менің ойымша, диссертант Тәуірбек Ж.Ш «7M06201 – Телекоммуникация» білім беру бағдарламасын бойынша "техника ғылымдарының магистрі" академиялық дәрежесін алуға және «өте жақсы» (А, 90%) бағалануға лайық деп санаймын.

## Рецензент

Energo University,

«Телекоммуникациялық инженерия»

кафедрасының акад. профессоры, PhD, т.ғ.к

Ермекбаев М.М.

(қолы)

«13» 01 2025 ж.

Қолтаңбаны растаймын  
Подпись заверяю

Солтангазиев

ҚЫЗМЕТІ

«13» 01 2025 ж.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау

**Научный руководитель:** Кырмызы Тайсариева

**Коэффициент Подобия 1:** 4.5

**Коэффициент Подобия 2:** 3.5

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 12

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

10.01.2025 г.  
Дата



Марксұлы С.  
проверяющий эксперт

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы**

**Тақырыбы: M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау**

**Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.5**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.5**

**Дәйексөз (35): 0.4**

**Әріптерді ауыстыру: 12**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 3**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

10.01.2025 г.  
Күні



Таштай Е.  
Кафедрa меңгерушісі

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Тәуірбек Жамал Шыңғысқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** M2M датчиктер арқылы өндірістегі техникалық ақауларды болжау

**Научный руководитель:** Кырмызы Тайсариева

**Коэффициент Подобия 1:** 4.5

**Коэффициент Подобия 2:** 3.5

**Микропробелы:** 3

**Знаки из здругих алфавитов:** 12

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

10.01.2025 г.  
Дата



Таштай Е.  
Заведующий кафедрой