

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Абаева Құралай Русланқызы

«IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару
жүйесі»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және акпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

«20» 05 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және
басқару жүйесі»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:



Абаева Қ.Р.

Пікір беруші

М.Тынышбаев атындағы АЛТ
университеті, PhD, «АКТ»
кафедрасының ассистент
профессоры

Мәдібайұлы Ж.

«20» 05 2025 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, т.ғ.м., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
аға оқытушысы

Марксұлы С.

«20» 05 2025 ж.

Алматы 2025 ж.

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

6B06201 Телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 31 » 01 2025 ж.

**Дипломдық жұмысырындауға
ТАПСЫРМА**

Білімалушы *Абаева Құралай Русланқызы*

Тақырыбы *«IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі»*

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. №26 П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: 1) Аппараттық негіз: NodeMCU контроллері. 2) Температура және ылғалдылық датчигі (DHT11). 3) Датчиктерден алынған мәліметтерді сақтау дерекқоры. 4) Желіге қосылу: Wi-Fi немесе Ethernet арқылы. 5) Қуат көзі: 5В адаптері NodeMCU контроллері үшін.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) Азық-түлік өнімдерін бақылаудың заманауи жүйелеріне шолу және талдау жасау. б) NodeMCU негізінде автоматтандырылған бақылау жүйесінің аппараттық және бағдарламалық бөлігін әзірлеу. в) Өнімдердің нақты уақыт мезетіндегі параметрлерін талдау. г) Жүйенің деректерін визуализациялау және пайдаланушыға ыңғайлы интерфейс әзірлеу. д) Жүйені сынақтан өткізу және тиімділігін бағалау.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) Monk, S. (2022). *Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python*. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-1264257352. 2) Виллен М. "IoT-программирование. Создание приложений для интернета вещей." ISBN: 978-5-4461-1477-6. 3) Петин В. "Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. 2-е изд." 4) Говорун Е. "Интернет вещей: основы и применение." ISBN: 978-5-496-03092-9.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, карастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2025 - 01.02.2025	<i>орындау</i>
Теориялық ақпарат	01.02.2025 - 01.03.2025	<i>орындау</i>
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2025-30.05.2025	<i>орындау</i>

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	13.03.2025	<i>[Signature]</i>
Теориялық ақпарат	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	29.04.2025	<i>[Signature]</i>
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	19.05.2025	<i>[Signature]</i>

Ғылыми жетекшісі

Тапсырманы орындауға алған білімалушы

Марксұлы С.

Абаева Қ.Р.

Күні «02» ақпан 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста азық-түлік өнімдерінің сапасын нақты уақыт режимінде қашықтан бақылау мен басқаруға арналған IoT (Internet of Things) технологиясына негізделген жүйе ұсынылады. Жүйеде температура, ылғалдылық және газ деңгейі сияқты маңызды параметрлерді бақылау үшін DHT11 және MQ4 сенсорлары, сондай-ақ деректерді Telegram қосымшасы арқылы жіберетін NodeMCU ESP8266 микроконтроллері қолданылады. Жиналған деректердің негізінде жүйе автоматты түрде желдеткішті қосып, сақтау ортасын оңтайландырады. MATLAB ортасында модельдеу мен визуализация жүргізіліп, жүйенің тиімділігі мен сенімділігі тәжірибе жүзінде дәлелденді. Ұсынылған шешім азық-түлік өнімдерінің сапасын арттырып, бұзылу мен қалдықтарды азайтуға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной работе представлена система удаленного мониторинга и управления качеством пищевых продуктов в реальном времени, основанная на технологии Интернета вещей (IoT). Система использует датчики DHT11 и MQ4 для контроля таких параметров, как температура, влажность и уровень газа, а также микроконтроллер NodeMCU ESP8266, передающий данные через приложение Telegram. На основе собранных данных система автоматически активирует вентилятор для стабилизации условий хранения. В среде MATLAB проведено моделирование и визуализация, подтверждающие эффективность и надежность системы. Предложенное решение повышает качество продуктов питания, снижает вероятность их порчи и уменьшает пищевые отходы.

ABSTRACT

This thesis presents a real-time remote food quality monitoring and control system based on Internet of Things (IoT) technology. The system employs DHT11 and MQ4 sensors to monitor key parameters such as temperature, humidity, and gas levels, integrated with a NodeMCU ESP8266 microcontroller that transmits data via the Telegram application. Based on the collected data, the system can automatically activate a ventilation unit to optimize the storage environment. Modeling and visualization were carried out using MATLAB, confirming the system's efficiency and reliability. The proposed solution enhances food quality, reduces spoilage risks, and minimizes waste throughout the supply chain.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 IoT технологиясының негіздеріне шолу	8
1.1 IoT түсінігі және оның даму тарихына шолу	8
1.2 IoT архитектурасы мен негізгі компоненттерін талдау	10
1.3 IoT технологияларының өнеркәсіптік және тұрмыстық салаларда қолданылуы	12
1.4 IoT-тың азық-түлік сапасын бақылаудағы рөлі	16
2 Азық-түлік өнімдерінің сапасын қашықтықтан бақылауды жобалау және оның аппараттық-құрамдас бөліктерін талдау	22
2.1 IoT технологиясының азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі рөлі	22
2.2 Жүйенің аппараттық және бағдарламалық архитектурасы	23
2.3 Жүйені біріктіру, тестілеу және Telegram арқылы басқару	30
2.4 Жобаланған жүйенің негізгі параметрлерін есептеу	31
3 Жүйені іске асыру және алынған деректерді өңдеу	34
3.1 Жүйені біріктіру	34
3.2 Жүйені енгізу және сынақтан өткізу	34
3.3 Жүйені тестілеу	35
3.4 Деректерді өңдеу және визуализациялау	38
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	44

КІРІСПЕ

Қазіргі заманда ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы әртүрлі салаларда, соның ішінде ауыл шаруашылығы мен азық-түлік қауіпсіздігі саласында жаңа мүмкіндіктерге жол ашты. Әсіресе, «Интернет заттары» (Internet of Things, IoT) технологиясы нақты уақыт режимінде бақылау және автоматтандыру жүйелерін енгізу арқылы өнім сапасын сақтауға, қауіптерді алдын ала анықтауға және экономикалық шығындарды азайтуға ықпал етіп отыр.

Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі – адам денсаулығы мен өмір сапасына тікелей әсер ететін маңызды фактор. Температура, ылғалдылық және газ құрамының көрсеткіштері өнімнің жарамдылық мерзіміне және сапасына тікелей ықпал етеді. Дәстүрлі бақылау әдістері нақты уақыттағы мониторингті қамтамасыз ете алмайды, ал IoT технологиялары осы мәселенің тиімді шешімі ретінде қарастырылады.

Жұмыстың өзектілігі – азық-түлік өнімдерінің сапасын сақтау мәселесін заманауи IoT технологиялары арқылы оңтайлы және тиімді шешу, өнімнің бұзылуы мен тағам қалдықтарының көбеюінің алдын алу. Бұл бағыт қазіргі таңда өнеркәсіп пен логистикада ғана емес, қарапайым тұрмыстық жағдайда да маңызды рөл атқарады.

Жұмыстың мақсаты – IoT технологиялары негізінде азық-түлік сақтау жағдайларын нақты уақытта қашықтықтан бақылауға және басқаруға арналған жүйе құру, оны тәжірибе жүзінде іске асырып, тиімділігін бағалау.

Жұмыстың міндеттері:

- 1 IoT технологиясының теориялық негіздерін зерттеу;
- 2 Температура, ылғалдылық және газ деңгейін бақылайтын сенсорларды таңдау және талдау;
- 3 NodeMCU контроллері мен DHT11, MQ4 сенсорларын пайдалана отырып аппараттық жүйе құрастыру;
- 4 Telegram қосымшасы арқылы деректерді қашықтықтан бақылауды енгізу;
- 5 Жүйенің функционалдығын тестілеу және алынған нәтижелерді MATLAB ортасында визуализациялау;
- 6 Жүйенің тиімділігі мен қолдану ыңғайлылығын бағалау.

Ұсынылып отырған дипломдық жұмыс теория мен тәжірибені ұштастырып, нақты мәселеге IoT негізінде инновациялық шешім ұсынуға бағытталған.

1 IoT технологиясының негіздеріне шолу

1.1 IoT түсінігі және оның даму тарихына шолу

IoT (Internet of Things) – бұл тұрмыстық техника, автокөліктер, датчиктер және бағдарламалық жасақтама сияқты физикалық құрылғылардың интернет арқылы бір-бірімен деректер алмасу мүмкіндігін білдіретін тұжырымдама. Интернет заттары (IoT) – қазіргі заманның ең сұранысқа ие технологияларының бірі, ол адамның өмір салтымен тығыз байланысты. Бұл технология машинааралық байланысқа (M2M), бұлтты есептеулерге және деректерді жинайтын датчиктер желісіне негізделген. IoT-тың негізгі мақсаты – күнделікті қолданылатын кез келген затты «ақылды» ету, мысалы, шамдардан бастап теміржол станцияларына дейін. Көп жағдайда IoT туралы айтқанда, машинааралық байланыс (M2M) еске түседі, бірақ бұл бүкіл жүйенің тек бір бөлігі ғана. IoT-тың басты элементі – бұлтты технологиялар, өйткені дәл осы арқылы құрылғылар кез келген уақытта және кез келген жерде деректерге қол жеткізе алады. Деректерді беру мен өңдеу процестері сенсорлар арқылы жүзеге асады.

IoT – бұл құрамында электроникасы бар физикалық нысандарды өзара және қоршаған ортамен байланыстыру арқылы бір жүйеге біріктіру. Болашақта, тіпті қазірдің өзінде бұл технология медицина, энергетика, ақылды қалалар мен үйлер, ауыл шаруашылығы және басқа да көптеген салаларға айтарлықтай әсер етуде.

IoT – бұл уникалды идентификаторлары бар және адам араласуынсыз деректерді жіберу мүмкіндігіне ие өзара байланысты объектілердің, есептеуіш құрылғылардың, машиналар мен адамдардың жүйесі.

Кейт Д. 2022 жылы жазылған «Интернет заттарының қысқаша тарихы» атты мақаласы аясында IoT технологиясының даму тарихына шолу жасайық. Қарапайым тілмен айтқанда, Интернет заттары (IoT) – бұл интернетке қосылған, қосып-өшіру тетігі бар кез келген құрылғы. IoT – құрылғылардың интернет арқылы бір-бірімен мәлімет алмасуы, және бұл түсінік салыстырмалы түрде жаңа түсінік болып табылады.

Алғашқы тікелей құрылғылық байланыс телеграф арқылы 1830–1840 жылдары жүзеге асырыла бастады. Кейін 1900 жылдың 3 маусымында «сымсыз телеграф» ретінде сипатталған алғашқы радиодабыл дауысы берілді – бұл оқиға болашақта IoT-тың дамуына қажетті алғышарт болды. Ал компьютерлердің дамуы 1950 жылдардан басталды.

Интернет пен оның дамуы. IoT-тың негізгі элементтерінің бірі – интернет. Ол алғаш 1962 жылы АҚШ Қорғаныс министрлігінің DARPA жобасы ретінде басталып, 1969 жылы ARPANET желісіне айналды. 1980 жылдары ARPANET-ті коммерциялық ұйымдар да қолданысқа енгізіп, бұл қазіргі заманғы интернеттің негізі болды.

1993 жылы GPS (Жерсеріктік навигация жүйесі) іске қосылып, кейін жекеменшік жерсеріктер де пайдалануға берілді. Бұл – өнеркәсіптік IoT (ПоТ) жүйесінің дамуына жол ашты.

IoT идеясының қалыптасуы. IoT термині ресми түрде 1999 жылы енгізілгенімен, алғашқы мысалдар бұдан бұрын пайда болды. 1980 жылдары Carnegie Mellon университетінде орнатылған Coca-Cola автоматы интернет арқылы қосылып, пайдаланушылар сусынның бар-жоғын және суықтығын қашықтан тексере алатын еді.

MIT зертханасының директоры Кевин Эштон «Интернет Заттары» терминін алғаш Procter & Gamble компаниясына презентация кезінде қолданды. Ол адам ақпаратты жинауда шектеулі екенін айтып, егер құрылғылар деректерді өздері жинай алса, ысырап пен шығын азаяр еді деп тұжырымдады.

2000-жылдар және RFID. Кевин Эштон IoT-тың негізі ретінде RFID (радиожилік сәйкестендіру) технологиясын көрді. Ол барлық заттарды «таңбалау» арқылы құрылғыларды басқару, бақылау және түгендеуді автоматтандыруға болады деп есептеді.

2002–2003 жылдары Walmart және АҚШ Қорғаныс министрлігі RFID мен IoT-ты түгендеу жүйесіне енгізген алғашқы ірі ұйымдар болды.

Үйге арналған IoT құрылғысы — Ring. 2011 жылы Джейми Симинофф Ring есіктұтқасын жасап шығарды. Бұл құрылғы смартфонмен байланысып, қоңырау шалған адамды көрсетеді және дауыспен байланысуға мүмкіндік береді. IoT-тың тұрмыстық қолданыстағы сәтті мысалына айналды.

IPv6 және мекенжайлар кеңістігі. 2012 жылы ірі интернет провайдерлері мен веб-компаниялар IPv6 стандартына көшуге келісті. Бұл әлемдегі әрбір атомға бір IP-мекенжай беруге болатындай үлкен кеңістік жасады. Яғни, интернет мекенжайлары ешқашан таусылмайды.

«Ақылды» қалалар және сенсорлар. IoT арқылы қалалар энергияны үнемдейді, көлік қозғалысын реттейді және ластануды бақылайды. Швейцария 2012 жылы “Smart City Switzerland” жобасын бастап, 60-тан астам ақылды жоба іске қосты.

Ақылды қалаларда көлік қозғалысы бақыланады, ауа сапасы өлшенеді, ақылды бағдаршамдар мен тұрақ жүйелері жұмыс істейді, ақылды жарықтандыру мен ғимараттар біріктірілген жүйеде жұмыс істейді.

Өнеркәсіптік заттар интернеті (ПоТ). ПоТ – бұл өндіріс саласына арналған IoT. Онда ақылды сенсорлар мен атқарушы құрылғылар өндіріс жүйесімен біріктіріледі. Бұл өнімділікті, тиімділікті арттырады. ПоТ терминін 2012 жылы GE компаниясы енгізді.

Бұл салада технологиялар, робототехника және бұлттық есептеулер кеңінен қолданылады. Бұлттық сақтау (cloud storage) ПоТ дамуына негіз болды.

IoT – өмірдің бір бөлігі. 2013 жылға қарай IoT әртүрлі технологияларды біріктіріп, күнделікті өмірге енді – ұялы телефоннан бастап, ғимаратты

басқару жүйелеріне дейін. Денсаулық сақтау, ауыл шаруашылығы, авиация сияқты салаларда да кеңінен таралды.

IoT және мобильді құрылғылар – 2015. Смартфондар IoT-тың бір бөлігіне айналып, маркетинг пен денсаулық сақтау салаларында кеңінен қолданылды. Сағаттар мен мобильді құрылғылар жүрек соғысы мен қан қысымын өлшеуге мүмкіндік берді.

Көліктер және IoT. Көліктерде орнатылған GPS, OBD және басқа сенсорлар арқылы көлік жағдайы, техникалық қызметі, маршруттар туралы деректер жиналады. Автономды көліктер бұлтты есептеуді пайдалана отырып, жол жағдайын, ауа райын, карталарды талдай алады.

Бірінші автономды көлік 1980 жылдары пайда болды. 2021 жылы May Mobility компаниясы пилоттық бағдарламасын іске қосты [1].

1.2 IoT архитектурасы мен негізгі компоненттерін талдау

IoT архитектурасының негізгі қабаттары:

1) Қабылдау (сезіну) қабаты (Perception Layer) – Қоршаған ортадан дерек жинайтын сенсорлар мен датчиктарды қамтиды. Бұл деңгей физикалық объектілерден ақпарат жинауға жауап береді. Датчиктер температура, ылғалдылық, қозғалыс сияқты параметрлерді тіркейді. Мысалы, зауыттағы датчиктер жабдықтың жағдайын бақылай алады.

2) Желілік қабат (Network Layer) – Wi-Fi, Bluetooth, немесе ұялы желі арқылы деректерді жеткізуді қамтамасыз етеді.

3) Edge есептеу қабаты – Деректерді бұлтқа жібермей, құрылғыға жақын жерде өңдеп, жылдам жауап беруді арттырады. Деректерді тікелей құрылғының жанында өңдеу, бұл жүйенің жауап беру уақытын қысқартады.

4) Өңдеу қабаты (Processing Layer) – IoT құрылғыларынан алынған үлкен көлемдегі деректерді сақтау және талдау орталығы. Пайдалы қорытындылар жасайды. Осы деңгейде ақпарат жасанды интеллект пен машиналық оқыту алгоритмдері арқылы талданады. Мысалы, жүйе жабдықтың істен шығуын алдын ала анықтай алады немесе энергия тұтынуды оңтайландырады.

5) Қолданбалы қабат (Application Layer) – Ақылды үйлер мен денсаулықты бақылау жүйелері сияқты қолданбаларды пайдаланушыларға ұсынады. Бұл деңгей пайдаланушыларға ақпаратпен жұмыс істеу мүмкіндігін береді.

6) Қауіпсіздік қабаты (Security Layer) – Барлық деңгейде деректердің қауіпсіздігін сақтау үшін шифрлау мен аутентификация әдістерін қолданады.

Архитектураның негізгі компоненттері:

1) Құрылғылар – Деректерді жинап, жауап қайтаратын сенсорлар мен датчиктер.

2) Байланыс (Connectivity) – MQTT, CoAP сияқты протоколдар және Wi-Fi, ұялы желі сияқты технологиялар арқылы деректер алмасу, тасымалдау.

3) Деректерді басқару – Деректерді сақтау, өңдеу және машиналық оқыту арқылы талдау.

4) Пайдаланушы интерфейсі – Деректерді бақылап, басқаруға мүмкіндік беретін бақылау тақтасы мен қосымшалар.

Заттар интернеті (IoT) салаларды қайта құрып жатыр, бірақ бұл технологияны тиімді енгізу үшін белгілі бір архитектуралық қиындықтарды ескеру қажет. Олардың шешімі – дұрыс жобалау және жаңа технологиялық бағыттардан хабардар болу. IoT архитектурасындағы басты қиындықтар – құрылғылар саны күннен-күнге артып келе жатқандықтан, жүйенің өнімділігі мен тұрақтылығын сақтау күрделене түсуде. Өртүрлі өндірушілердің құрылғыларын бір жүйеге біріктіру, яғни үйлесімділік (интероперабельдік) те маңызды мәселе болып отыр.

Қауіпсіздік – әрдайым өзекті тақырып. IoT жүйелерінің кең таралғандығы оларды кибер шабуылдарға осал етеді, сондықтан қауіпсіздік шаралары жүйенің әр қабатында қамтамасыз етілуі керек. Сонымен қатар, деректердің үлкен көлемі мен жоғары кідіріс (латенттілік) жүйенің жауап беру қабілетіне әсер етеді.

IoT жүйесін жобалаудағы үздік тәжірибелер. Бұл қиындықтарды шешу үшін модульдік жобалау мен шеткі есептеу кеңінен қолданылады. Модульдік тәсіл икемділік береді, ал шеткі есептеу деректерді жақын жерде өңдеп, кідірісті азайтады. «Қауіпсіздік жобалау кезеңінен басталуы тиіс» деген ұстаным жүйенің сенімділігін арттырады. Стандартталған протоколдарды қолдану мен тұрақты жаңартулар үйлесімділік пен қауіпсіздікті нығайтады.

IoT жүйесін енгізу кезең-кезеңімен жүзеге асырылады:

1) Қосылған құрылғылар: Сенсорлар мен датчиктер ортаның күйін өлшейді және өзгерістерді тіркейді.

2) Интернет-шлюз: Аналогтық сигналдарды цифрлық форматқа түрлендіріп, желі арқылы жіберу үшін қажет.

3) Edge IT жүйелері: Жергілікті деңгейде деректерді өңдеу және алғашқы аналитика жүргізу арқылы орталық инфрақұрылымға түсетін жүктемені азайтады.

4) Бұлттық сақтау және деректер орталықтары: Қорытынды өңдеу, талдау және есеп беру процесі жүзеге асады. Бұл кезеңде қауіпсіздік, деректердің құпиялылығы және жүйелік басқару аса маңызды рөл атқарады.

2024 жылғы жаңа үрдістер:

а) AI интеграциясы. Болжамдық талдаулар мен автоматтандыруды жетілдіреді.

ә) 5G желілері. Жоғары жылдамдықты, аз кідірісті байланыс ұсынады.

б) Blockchain. Қауіпсіздік пен сенімділікті арттырады.

в) Edge Computing. Нақты уақыттағы өңдеуді жақсартады.

г) Стандарттау. Жүйелер арасындағы үйлесімділікті жеңілдетеді.

IoT архитектурасы қауіпсіз, икемді және келешекке бағытталған болуы тиіс. Жасанды интеллект, 5G және blockchain сынды технологияларды енгізу арқылы компаниялар IoT әлеуетін толық пайдалана алады.

IoT платформасын таңдағанда мыналарға назар аудару қажет:

- Масштабталу мүмкіндігі және басқа жүйелермен біріктіру ыңғайлылығы.

- Деректерді сенімді тасымалдау және әртүрлі желілік протоколдарды қолдау.

- Ақпараттық қауіпсіздік деңгейі.

IoT архитектурасы – күрделі, көпқабатты және жоғары технологиялық жүйе. Оның дұрыс жобалануы мен іске асырылуы цифрлық трансформация мен автоматтандырудың негізі болып табылады. Ақпаратты тиімді басқару, нақты уақыттағы деректерді өңдеу және қолданушыға бағытталған шешімдерді ұсыну – IoT жүйесінің табысты жұмыс істеуінің негізгі факторлары. Алдағы уақытта бұл технология жаңа салаларға еніп, ғылыми және өндірістік процестерді оңтайландыруда маңызды орын алатыны сөзсіз [2].

1.3 IoT технологияларының өнеркәсіптік және тұрмыстық салаларда қолданылуы

Қазіргі таңда көптеген өндірістік және тұрмыстық жүйелерде бақылау, мониторинг және басқару жұмыстары әлі де қолмен орындалады немесе толық автоматтандырылмаған. Бұл өз алдына адам қателігіне, ресурстардың шығынына, жүйенің уақытылы жұмыс істемеуіне немесе ақауларды кеш анықтауға түрткі болады және сәйкесінше энергия мен уақытты көп қажет етеді. Мысалы, өндіріс орындарында жабдықтардың істен шығуын оператор кеш байқаса, бұл өнімнің тоқтап қалуына және экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін. Тұрмыста да, мысалы, үй температурасын қолмен реттеу немесе азық-түлік сақталуын бақылау тағамның бұзылуына, энергия шығынының артуына әкеледі. Осы сияқты көптеген мәселелердің шешімі IoT технологияларын енгізу арқылы автоматтандыру және нақты уақыттағы бақылау жүйесін қалыптастыру болды. Бұл технология құрылғыларды интернетке қосу арқылы, оларды нақты уақытта бақылауға, басқаруға және мәліметтерді автоматты түрде жинап, өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл технология адам араласуын азайтады, процестерді жеделдетеді, деректер негізінде нақты шешімдер қабылдауға жол ашады, ресурстарды тиімді пайдаланып, шығынды азайтуға көмектеседі.

Бүгінде IoT-тың кеңінен қабылданған анықтамасы – өздігінен конфигурацияланатын мүмкіндіктері бар, стандартты және үйлесімді байланыс протоколдарына негізделген, жаһандық динамикалық желі инфрақұрылымы, онда физикалық және виртуалды «заттар» өздерінің

физикалық сипаттамаларына ие болып, интеллектуалды интерфейстерді пайдалана отырып, ақпараттық желіге біріктіріледі. Атап айтқанда, датчиктер немесе атқарушы құрылғылар, RFID белгілері және байланыс технологияларының интеграциясы – IoT негізі болып табылады және әртүрлі физикалық объектілер мен құрылғылардың интернетке қосылуын және олардың бірлесіп жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

IoT-тың өнеркәсіптік және тұрмыстық қолдану салаларындағы мүмкіндіктері жыл сайын артып келеді. Зауыттарда, фермаларда, ауруханаларда, үйлерде – барлығында дерлік «ақылды» құрылғылар мен сенсорлар қолданыла бастады. Бұл бөлімде IoT технологиясының мәні ашылып, оның әртүрлі салаларда қалай қолданылып жатқаны, артықшылықтары мен кездесетін мәселелері қарастырылады.

IoT – бұл сезгіш, байланыс, желілік және ақпаратты өңдеу технологияларына негізделген көптеген құрылғылардан тұратын жаһандық желілік инфрақұрылым ретінде қарастырылады. IoT-тың негізгі технологияларының бірі – RFID, ол микрочиптердің сымсыз байланыс арқылы мәліметтерді оқу құрылғысына жіберуіне мүмкіндік береді. RFID оқырмандардың көмегімен RFID белгісі бар кез келген затты автоматты түрде сәйкестендіріп, қадағалап және бақылауға болады. Бұл технология 1980-жылдардан бері логистикада, фармацевтикалық өндірісте, бөлшек саудада және жеткізу тізбегін басқаруда кеңінен қолданылып келеді.

IoT-тың тағы бір негізгі технологиясы – сымсыз сенсорлық желілер (WSN), олар ақылды сенсорлар арқылы қоршаған ортаны бақылау, денсаулық сақтау, өнеркәсіптік мониторинг және жол қозғалысын бақылау сияқты салаларда қолданылады. RFID және WSN салаларындағы жетістіктер IoT дамуына зор үлес қосты. Сонымен қатар, штрих-кодтар, смартфондар, әлеуметтік желілер мен бұлттық есептеулер сияқты көптеген басқа технологиялар да IoT-ты қолдауға арналған кең желіні құруда қолданылады.

Бүгінгі таңда логистика, өндіріс, бөлшек сауда және фармацевтика салаларында IoT-қа қызығушылық артып келеді. Сымсыз байланыс, смартфондар және сенсорлық желілердің дамуы нәтижесінде IoT-қа көбірек «ақылды» құрылғылар қосылып жатыр. Бұл технологиялар ақпараттық-коммуникациялық технологиялар мен кәсіпорын жүйелеріне де үлкен әсер етті.

Қолданушыларға сапалы қызмет көрсету үшін IoT-тың техникалық стандарттарын әзірлеу қажет. Бұл стандарттар заттар арасындағы ақпарат алмасу, өңдеу және байланыс спецификацияларын анықтайды. IoT-тың сәтті дамуы стандарттау жұмысына байланысты, өйткені бұл үйлесімділікке, сенімділікке және тиімділікке мүмкіндік береді. Көптеген елдер мен ұйымдар IoT стандарттарын әзірлеуге қызығушылық танытып отыр, себебі бұл болашақта үлкен экономикалық пайда әкелуі мүмкін.

Қазіргі уақытта Халықаралық электр байланыс одағы, Халықаралық электротехникалық комиссия, Халықаралық стандарттау ұйымы, IEEE, Еуропалық электротехникалық стандарттау комитеті, Қытайдың электроника

стандарттау институты және Америкалық ұлттық стандарттар институты сияқты көптеген ұйымдар әртүрлі IoT стандарттарын әзірлеумен айналысып жатыр. Осы көптеген ұйымдардың арасындағы үйлестіруді қамтамасыз ету үшін, халықаралық және аймақтық стандарттау ұйымдарының арасындағы қатынастарды реттейтін күшті басқару қажет.

Кеңінен қабылданған стандарттарды орнату арқылы әзірлеушілер мен пайдаланушылар ауқымды түрде қолдануға болатын IoT қолданбалары мен қызметтерін жүзеге асыра алады, сонымен қатар бұл ұзақ мерзімді дамуға және қызмет көрсету шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. IoT технологияларын стандарттау бұл технологиялардың кеңінен таралуына және инновациялардың дамуына жол ашады.

Қытай IoT – ты маңызды сала ретінде қарастырып, бұл салаға 2015 жылға дейін 800 миллион доллар инвестиция салуды жоспарлады. Қытай халықаралық стандарттарды әзірлеуде жетекші рөл атқаруды көздейді. АҚШ–та IBM және ITIF (Ақпараттық технологиялар және инновациялар қоры) 2009 жылы IoT дәстүрлі физикалық және ақпараттық инфрақұрылымды жақсартудың тиімді жолы болатынын және өнімділік пен инновацияға оң әсер ететінін мәлімдеді. Жапония 2008 жылы u–Japan, ал 2009 жылы i–Japan стратегияларын қабылдап, IoT–ты күнделікті өмірде қолдануға бағытталған. IoT қолданбалары әлі даму сатысында болғанымен, оны қолдану ауқымы тез өсіп келеді. IoT келесі салаларда кеңінен енуде:

1) Денсаулық сақтау саласында қолдану. IoT адам, құрал-жабдық, дәрі-дәрмек сынды объектілерді бақылап отыруға мүмкіндік береді. Пациенттің жүрек соғысы сияқты деректерді сенсор арқылы жинап, дәрігерге жібере алады. Мобильді құрылғылар мен интернетті қолдану арқылы денсаулық сақтау қызметтері автоматтандырылған болады. Дегенмен, деректердің қауіпсіздігі мен құпиялылығы – басты мәселе болып табылады.

2) Азық-түлік жеткізу тізбегінде қолдану. Азық-түлік өндірісі – күрделі әрі кең таралған жүйе. IoT технологиялары бұл салада өнімді бақылауға, сапаны арттыруға, қалдықтардың азаюына және қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл саладағы жүйе үш бөліктен тұрады:

а) өрістегі құрылғылар (RFID, сенсорлар);

ә) шеткі жүйе (серверлер, дерекқорлар);

б) байланыс инфрақұрылымы (WiFi, ұялы байланыс, спутник).

IoT арқылы жиналған деректер үлкен деректер талдауы (Big Data Analytics) арқылы шешім қабылдауды жақсарты алады.

3) Тау–кен өндірісінде қауіпсіздік үшін IoT қолдану. Жер астындағы жұмыс жағдайы қауіпті екені бәрімізге мәлім. RFID, WiFi және сенсорлар арқылы жұмысшылардың орнын бақылауға, апаттарды алдын алып, уақытылы ескертуге болады. Химиялық және биологиялық сенсорлар қауіпті газдарды немесе ауру белгілерін ерте анықтауға көмектеседі. Алайда, сымсыз құрылғылардың жарылыс қаупі бар, сондықтан қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қосымша зерттеулер мен жұмыстар қажет.

4) Көлік және логистикада IoT қолдану. IoT физикалық объектілерді нақты уақытта бақылауға, тасымалдауды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мысалы, BMW-нің iDrive жүйесі сенсорлар арқылы көлік орнын және жол жағдайын бақылап, навигация қызметін атқарады. IoT болашақта автоұшқыш жүйелерінің дамуына ықпал етеді.

5) Өрт сөндіруде IoT қолдану. Қытайда RFID тегтері мен штрих-кодтар арқылы өрт сөндіру құралдарының деректер базасы жасалып жатыр. Сенсорлар мен бейнебақылау арқылы өртке ерте ескерту беру жүйелері енгізілуде. Ji және Qi ұсынған IoT инфрақұрылымы бес қабаттан тұрады: сенсорлық қабат, жіберу қабаты, қолдау қабаты, платформа қабаты және қолданбалар қабаты.

IoT технологиялары мен қолданбалары әлі даму кезеңінде екендігі кеңінен мойындалған. Өнеркәсіптік салада бұл технологияны қолдануға байланысты көптеген зерттеу мәселелері бар, олар: технология, стандарттау, қауіпсіздік және деректердің құпиялылығы. Бұл мәселелерді шешіп, әртүрлі салалардың ерекшеліктерін терең зерттеу арқылы IoT құрылғыларын өндірістік ортаға тиімді бейімдеу қажет. IoT – ты кең көлемде енгізу үшін, алдымен өнеркәсіптің ерекшеліктерін, шығындар, қауіпсіздік, құпиялылық және тәуекел сияқты факторлар бойынша талаптарын толық түсіну керек.

Болашақта мына бағыттарда зерттеулер қарастырылмақ:

1) IoT пен әлеуметтік желілерді біріктіру. IoT құрылғылары арасындағы байланысты арттыру үшін әлеуметтік желілерді қолдануға қызығушылық артып келеді. Atzori және әріптестері ұсынған Social Internet of Things (SIoT) концепциясы осы бағытта дамуда. IoT жаңа деңгейге – Web of Things (Заттар желісі) бағытында дамып келеді.

2) Жасыл IoT технологияларын дамыту. Миллиардтаған сенсорлардың жұмыс істеуі көп энергияны қажет етеді. Энергияны үнемдейтін шешімдер мен құрылғыларды жобалау – басты мақсаттардың бірі.

3) Контекстке сезімтал IoT middleware шешімдерін жасау. Миллиардтаған сенсорлардан келетін деректерді адам қолмен өңдей алмайды. Контекстке сезімтал есептеу (context-aware computing) технологиялары мен middleware шешімдері сенсорлық деректерді түсінуге және қай деректі өңдеу керектігін анықтауға көмектеседі.

4) Жасанды интеллект (AI) көмегімен интеллектуалды құрылғылар жасау. IoT құрылғыларына жасанды интеллект енгізу арқылы олар өздігінен конфигурацияланатын, оңтайландырылатын, қорғанатын және қалпына келетін «ақылды объектілерге» айналады.

5) IoT пен бұлттық есептеуді біріктіру. Бұлттық технологиялар құрылғыларды интернет арқылы біріктіруге мүмкіндік береді. Зерттеулер «сезіну қызметін бұлт арқылы ұсыну» (sensing as a service) моделін дамытуға бағытталуда.

Күрделі кибер-физикалық жүйе ретінде Интернет заттар (IoT) – тану, сезіну, өңдеу, байланыс және желілік мүмкіндіктермен жабдықталған әртүрлі құрылғыларды біріктіреді. Әсіресе, сенсорлар мен атқарушы құрылғылар

барған сайын қуатты, арзан әрі шағын бола түсуде, бұл олардың кеңінен қолданылуына жол ашуда. Өнеркәсіп салалары IoT құрылғыларын өндірістік қолданбаларда – мысалы, автоматтандырылған бақылау, басқару, қадағалау және техникалық қызмет көрсету үшін енгізуге үлкен қызығушылық танытуда. Технология мен өндірістік инфрақұрылымның жедел дамуына байланысты, IoT жүйелері өндірісте кеңінен қолданылуы мүмкін. Мысалы, азық-түлік өнеркәсібі сапаны бақылау мен қадағалау жүйесін құру үшін WSN (сымсыз сенсорлық желі) және RFID (радиожиілікпен сәйкестендіру) технологияларын біріктіріп, тағам сапасын жеткізу тізбегі бойынша автоматты түрде бақылауға кірісті [3–4].

1.4 IoT-тың азық-түлік сапасын бақылаудағы рөлі

Азық-түлік қауіпсіздігі мен сапасын қамтамасыз ету – қазіргі заманғы қоғам үшін аса маңызды мәселелердің бірі. Өнімнің сапасы мен жарамдылығы көбіне оның сақталу және тасымалдану жағдайларына байланысты. Температура, ылғалдылық, газ құрамы, жарық, діріл секілді факторлар тағамның бұзылуына әсер етеді. Соңғы жылдары бұл проблемаларды шешу мақсатында Интернет заттары технологиялары кеңінен қолданылуда. IoT құрылғылары арқылы нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізу азық-түлік сапасын жоғалтпай, шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

IoT технологиялары азық-түлік сапасын бақылауда маңызды рөл атқарады. Әртүрлі датчиктер мен жүйелерді қолдану арқылы өнімнің физикалық және химиялық параметрлерін нақты уақытта бақылауға болады. Мұндай технологиялар өнімнің сапасын жақсартуға, адам еңбегін жеңілдетуге және тамақ қалдықтарын азайтуға ықпал етеді. Зерттеушілердің еңбектері көрсеткендей, IoT шешімдерін дұрыс таңдап және біріктіру арқылы тиімді және үнемді экожүйе құруға болады. Әсіресе ауыл шаруашылығы, тамақ өнеркәсібі және логистика салаларында бұл технологиялардың қолданылу аясы кеңейіп келеді.

Осы тақырып аясында көптеген авторлар өз еңбектерінде бірнеше әдістерді қарастырған.

Mukhopadhyay және оның әріптестері өз еңбектерінде температура мен ылғалдылықты бақылауға арналған интеллектуалды сенсорлық жүйе ұсынған. Олар DHT22 датчигін пайдаланып, IoT платформасы арқылы деректерді шынайы уақытта жинақтап, талдауға мүмкіндік береді. Жүйе бұзушылықтарды анықтап, нақты уақыт режимінде операторға хабар жібереді. Бұл тәсіл өнімнің сақтау мерзімін ұлғайтып, тасымалдау кезінде сапаның сақталуын қамтамасыз ететінін көрсетеді [5].

2019 жылы Aazam және әріптестері Fog computing пен IoT-ты біріктіру арқылы азық-түлікке қатысты шешімдерді шекаралық есептеу негізінде өңдеуді ұсынған. Бұл модель желіге түсетін жүктемені азайтып, уақытша

кідірістерді қысқартады және тез жауап қайтаруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл әсіресе логистика және тарату орталықтарында тиімді болып шықты [6].

2020 жылы Kumar азық-түліктің газдық құрамына назар аудара отырып, MQ4 және MQ135 сияқты газ датчиктерімен жабдықталған IoT жүйесін әзірледі. Жүйе ауадағы метан және көмірқышқыл газының деңгейін бақылап, қауіпті концентрация байқалған кезде автоматты түрде салқындату немесе желдету жүйесін қосады. Бұл әдіс ішкі ортаның тұрақтылығын сақтап, бұзылу ықтималдығын төмендетеді [7].

2021 жылы Cheng және оның ғылыми тобы RFID технологиясы мен IoT жүйесін біріктіріп, өнімді сақтау мен тасымалдауда blockchain негізінде сенімділік пен қадағалау мүмкіндігін арттырған. Олар өнімнің логистикасынан бастап тұтынушыға дейінгі барлық жолын тіркеп отыру арқылы азық-түліктің қауіпсіздігін дәлелдейтін жүйе әзірлеген [8].

Осы зерттеулер салыстырмалы түрде 1.1-кестеде көрсетілген.

1.1-кесте – Салыстырмалы талдау

Авторлар	Датчиктер / Технология	Негізгі бағыт	Артықшылықтары	Шектеулері
Mukhopadhyay et al. (2017)	DHT22	Температура мен ылғалдылық	Қарапайым әрі сенімді жүйе	Газ көрсеткіштері есепке алынбайды
Kumar et al. (2020)	MQ4, MQ135	Газ деңгейін бақылау	Қауіпсіздікке бағытталған, автоматты басқару	Кешіктірілген желі жағдайында тиімділігі төмен
Aazam et al. (2019)	Fog+IoT	Шекаралық есептеу, логистика	Желі жүктемесі азаяды, жылдамдық жоғары	Құрылғылардың күрделілігі мен бағасы жоғары
Cheng et al. (2021)	RFID + Blockchain	Қадағалау мен сенімділік	Толық қадағалау, тұтынушыға сенімділік	Инфрақұрылымдық шығын көп

Азық-түлік өнімдерін сақтау және тасымалдау азық-түлікті жеткізу тізбегінің сегментіндегі маңызды кезең болып табылады және осы кезеңдердегі тағамның қауіпсіздігі мен сапасы аса маңызды. Температура мен газ деңгейі сақтау кезінде тағамның қауіпсіздігі үшін пайдалы екі маңызды параметр болып табылады. Сақтау қондырғыларындағы температура мен газ деңгейін бақылаудың дәстүрлі әдістері көп уақытты қажет етеді және қателіктерге бейім. Оның үстіне, бұл әдістер нақты уақыттағы мониторинг пен бақылауды қамтамасыз етпейді, бұл бұзылуға, ысырапқа және азық-түлік қауіпсіздігіне нұқсан келтіруі мүмкін.

Соңғы жылдары азық-түлік бизнесінде IoT технологиясын қолдануға үлкен көңіл бөлінуде. IoT құрылғылары азық-түлік өнімдерін бүкіл жеткізу тізбегінде, шаруашылықтан дастарханға дейін бақылауға мүмкіндік береді.

IoT технологиясы өндіріс процесін оңтайландыруға, өнім сапасын арттыруға және азық-түлік қалдықтарын азайтуға көмектеседі. Азық-түлік өнеркәсібінде IoT қолданылуының мысалына азық-түлік қауіпсіздігі мен сапасын бақылау кіреді. Азық-түлік бұзылуы мен тағамнан туындайтын аурулар азық-түлік өнеркәсібіндегі басты мәселелер болып табылады. Азық-түлік бұзылуы, өнімдер қолайсыз жағдайларға, мысалы, жоғары температура, ылғалдылық және оттегіге ұшырағанда орын алады. Қазақта ауру-астан деген сөз бар. Дұрыс сақталмаған көкөністер мен жемістер, пайдалы қасиеттерін жоғалтып, зиянды бактерияларды бөледі. Тағамнан туындайтын аурулар ластанған азық-түлік өнімдерін тұтынудан пайда болады. IoT технологиясын пайдалану азық-түлік өнімдерін бақылауға және бұзылу мен ластануға әкелуі мүмкін қауіптерді анықтауға көмектеседі. Температура мен газ деңгейлері – бұл азық-түліктің қауіпсіздігі мен сапасына әсер ететін негізгі факторлар. Сақтау орындарында температура мен газ деңгейлерін бақылаудың дәстүрлі әдістері көп уақытты алады және қателіктерге бейім. Заттар Интернеті (IoT) технологияларының дамуы сақтау жағдайларын нақты уақыт режимінде бақылау және басқару үшін жаңа мүмкіндіктер ашты [9].

Интернет заттары (IoT) технологиялары азық-түлік жеткізу тізбегінің әрбір кезеңінде нақты уақыт режимінде деректер жинауға мүмкіндік береді – егістіктен бастап тұтынушының үстеліне дейін. Бұл деректер өнімнің қауіпсіздігі мен сапасын сақтап қалуда маңызды рөл атқарады. Датчиктер мен байланысқан құрылғылар температураны, ылғалдылықты және қоршаған ортаның басқа да параметрлерін үздіксіз бақылап отырады, бұл өнімдердің дұрыс сақталуы мен тасымалдануын қамтамасыз етеді.

Мысалы, егер тоңазытқыш жүйесінің температурасы рұқсат етілген шектен төмендесе немесе жоғарыласа, IoT жүйесі логистикалық қызметкерлер мен жүргізушіге дереу хабарлама жібереді. Бұл ақауды ерте анықтап, оны шешуге мүмкіндік береді және тағамның бұзылып кету қаупін азайтады.

Төменде азық-түлік саласында Интернет заттарын қолдану мысалдары көрсетілген:

1) Салқындатылған тізбекті басқару:

а) Температураны бақылау. IoT датчиктері бұзылуы оңай өнімдердің бүкіл жеткізу тізбегіндегі температурасын бақылайды – сақтау орнынан бастап соңғы жеткізуге дейін.

ә) Жедел хабарламалар. Температура қалыпты деңгейден ауытқыса, жүйе бірден ескерту жасап, қызметкерлердің шұғыл әрекет етуіне жағдай жасайды.

б) Болжамдық қызмет көрсету. Деректерді талдау арқылы жүйе жабдық ақауларының алдын ала болуын болжай алады, бұл тоқтап қалу уақытын азайтады және өнімнің бұзылу қаупін төмендетеді.

2) Жеткізу тізбегін оңтайландыру:

а) Қор деңгейін бақылау. IoT датчиктері қоймадағы өнім көлемін нақты уақыт режимінде өлшей алады, бұл қорларды артық немесе жетіспеушіліктен қорғауға көмектеседі.

ә) Сұранысты болжау. Сату деректерін және нарықтық тенденцияларды талдау арқылы кәсіпорындар өндіріс пен тарату шешімдерін дәл қабылдай алады.

б) Жеткізу бағыттарын оңтайландыру. IoT логистика жүйелері көлік маршруттарын тиімді ұйымдастырып, жанармай шығынын және тасымалдау уақытын азайта алады.

3) Өнім сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету:

а) Өнімнің ізін қадағалау. Азық-түлік өнімінің жолын – қайдан шыққаны, қалай жеткізілгені және кімге жеткенін – нақты анықтауға болады. Бұл қажет болған жағдайда өнімді тез қайтарып алуға мүмкіндік береді.

ә) Ластануды анықтау. Датчиктер тағам құрамында зиянды заттар – мысалы, бактериялар мен пестицидтер – бар-жоғын анықтай алады.

б) Азық-түлік алаяқтығының алдын алу. IoT арқылы жалған немесе сапасыз өнімдерді анықтап, тұтынушылар мен өндірушілерді қорғауға болады. Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде IoT құрылғылары ерекше маңызға ие. Олар жеткізу тізбегіндегі барлық деректерді жинап, өндеуге жағдай жасайды.

в) Температура және ылғалдылық датчиктері. Бұл құрылғылар өнімдердің сақталу жағдайын бақылап, температура немесе ылғалдылық шектен шыққанда бірден хабарлама жібереді. Мысалы, SenseCAP сымсыз датчигі осы мақсатта жиі қолданылады.

г) Газ датчиктері. Мұндай құрылғылар өнімдердің бұзылу ықтималдығын анықтау үшін ауадағы газ құрамын бақылайды (мысалы, жемістерден бөлінетін этилен). ALLTAR газдық датчигі – осындай құрылғылардың бірі.

IoT құрылғыларының тиімді жұмыс істеуі үшін олар арасындағы тұрақты және сенімді байланыс қажет. Ең көп қолданылатын байланыс түрлеріне тоқталайық.

Ұялы байланыс:

а) 4G/5G. Жоғары жылдамдықты және кең ауқымды қамту мүмкіндігі бар, шалғай аймақтарға өте тиімді.

б) NB-IoT. Төмен қуатты және батареямен жұмыс істейтін құрылғылар үшін қолайлы.

с) LTE-M. IoT-қа бейімделген, энергия үнемдеуші әрі үнемді нұсқа.

Сымсыз байланыс:

а) Wi-Fi. Ішкі кеңістіктерде (қойма, цех) жиі қолданылады.

б) Bluetooth. Жақын арадағы құрылғылар арасында байланыс орнату үшін.

с) LoRaWAN. Ұзақ қашықтықта және төмен қуатпен жұмыс істеуге арналған.

Спутниктік байланыс:

а) Спутниктік жүйелер. Ұялы байланыс жоқ алыс фермаларда немесе ауылдық жерде сенімді мәлімет жіберуге жағдай жасайды [10].

Қазіргі IoT негізіндегі азық-түлікті мониторингтеу жүйелері азық-түлік қауіпсіздігі мен сапасын бақылауды жақсарту үшін бірнеше IoT негізіндегі азық-түлікті мониторингтеу жүйелері әзірленді. Бұл жүйелер азық-түлік өнімдерін бүкіл жеткізу тізбегінде бақылау үшін датчиктер, RFID таңбалары және ақылды жапсырмалар сияқты IoT құрылғыларын пайдаланады. Қазіргі кезде бар IoT негізіндегі азық-түлікті мониторингтеу жүйелерінің мысалдарына FreshSurety, Cold Chain Technologies және FoodLogiQ жатады. Бұл жүйелер операциялық тиімділікті арттыруға, шығындарды азайтуға және өнім сапасын жақсартуға көмектесетіні дәлелденген. Алайда, одан әрі зерттеулер жүргізу және IoT негізіндегі азық-түлікті мониторингтеу жүйелерін жетілдіру қажеттілігі әлі де бар.

IoT технологиясының азық-түлік өнімдерін бақылаудағы негізгі функциялары:

- Температура мен ылғалдылықты бақылау;
- Геолокация арқылы өнімдердің қозғалысын қадағалау;
- Қауіпті жағдайларда ескерту сигналдарын беру;
- Деректерді бұлттық серверлерде сақтау және өңдеу.

1.2-кесте – Қолданыстағы жүйелерге шолу және оларды салыстыру

Жүйе атауы	Мүмкіндіктері	Бағасы	Артықшылықтары	Кемшіліктері
CoolChain	Температура, ылғалдылық, GPS	Жоғары	Нақты уақыттағы бақылау	Қымбат
FreshSure	Температура, QR кодтар	Орташа	Қарапайым интерфейс	GPS жоқ
AgroMonitor	Температура, ылғалдылық, GPS	Төмен	Төмен баға	Шектеулі функционал
SmartTrack	Температура, ылғалдылық, газ анықтау	Жоғары	Толық функционалды жүйе	Қымбат

CoolChain жүйесі азық-түлік өнімдерінің тасымалдану кезінде температура мен ылғалдылық параметрлерін нақты уақыт режимінде бақылауды қамтамасыз етеді. Оның бұлттық серверлері арқылы деректерді талдау мүмкіндігі бар. Қосымша функциялар ретінде геолокация арқылы жүктердің қозғалысын бақылау және апаттық жағдайларда ескерту жүйесін қамтиды.

FreshSure жүйесі азық-түлік өнімдерінің жарамдылық мерзімін бақылау үшін QR-код технологиясын қолданады. Бұл жүйе арзан әрі қолдануға ыңғайлы интерфейсмен ерекшеленеді, бірақ GPS функционалдылығының жоқтығы оның қолдану аясын шектейді.

AgroMonitor жүйесі ауыл шаруашылығы өнімдерін сақтау және тасымалдау үшін қолданылады. Бұл жүйе төмен баға мен қарапайым функционалдығымен ерекшеленеді. Дегенмен, оның мүмкіндіктері шектеулі және тек базалық қажеттіліктерді қамтамасыз етеді.

SmartTrack жүйесі азық-түлік өнімдерін кешенді мониторингілеу үшін қолданылады. Бұл жүйе температура, ылғалдылық, газ концентрациясын анықтау сияқты функцияларды қамтиды. Сонымен қатар, GPS арқылы өнімдердің қозғалысын қадағалау және бұлттық серверлерде деректерді сақтау мүмкіндігі бар [11–12].

Жүйелерді салыстыру нәтижесінде SmartTrack жүйесі ең үздік болып анықталды. Оның функционалдығы мен кеңейтілген мүмкіндіктері азық-түлік өнімдерінің сапасын жоғары деңгейде бақылауға мүмкіндік береді. Бірақ, оның жоғары бағасы шағын және орта бизнес үшін, қарапайым адамдар үшін қиындық туғызуы мүмкін. Сол үшін де арзан және жоғары дәлдікпен ақпарат беретін жүйені ұсынамын.

2 Азық-түлік өнімдерінің сапасын қашықтықтан бақылауды жобалау және оның аппараттық-құрамдас бөліктерін талдау

2.1 IoT технологиясының азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі рөлі

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты - нақты уақыт режимінде бақылау және бақылау жүйелері арқылы өнімдер қауіпсіздігін арттыру, зиянды бактериялардың көбеюін болдырмау үшін IoT технологиясын енгізуді ұсыну. IoT құрылғылары, датчиктері және деректер аналитикасын пайдаланып, өнімдердің қауіпсіздігін басқаруда кешенді және алдын ала әрекет ету тәсілін құруға тырысу. Негізгі мақсаттар мыналарды қамтиды:

1) Сақтау кезеңінде температура, ылғалдылық, зиянды газдар сияқты маңызды параметрлерді үздіксіз бақылау үшін IoT сенсорлары мен құрылғылар желісін әзірлеу.

2) IoT датчиктерінен нақты уақыт режиміндегі деректер ағындарын талдау, үрдістерді анықтау, тағам қауіпсіздігіне қатысты ықтимал қауіп-қатерлерді алдын ала болжау үшін деректер талдау алгоритмдерін пайдалану.

3) IoT деректерінің талдауы негізінде жағдайларды реттеу, өндірістік үдерістерге араласу үшін автоматтандырылған бақылау механизмдерін енгізу, өнімдер қауіпсіздігіне қауіп төндіретін мәселелерді болдырмау немесе жеңілдету.

IoT негізіндегі нақты уақыт режиміндегі бақылау және бақылау жүйелерін сәтті енгізу мынадай оң нәтижелерге әкеледі деп күтілуде:

1) Қауіпсіздік стандарттарын арттыру. IoT жүйелері арқылы өнімдер қауіпсіздігінің ықтимал тәуекелдерін алдын ала анықтап, жеңілдету жалпы қауіпсіздік стандарттарын едәуір жақсартуы мүмкін.

2) Зиянды жағдайларды азайту. Нақты уақыт режимінде бақылау және болжау аналитикасы инфекцияның пайда болуын барынша азайтып, тамақ аурулары мен өнімді бұзылу ықтималдығын төмендетеді.

3) Жұмыстың тиімділігін арттыру және қаражатты үнемдеу. IoT технологиясымен мониторинг және бақылау процестерін автоматтандыру операцияларды оңтайландырып, қолмен араласуды азайтып, ресурстарды тиімді пайдалануға ықпал етеді, бұл өндірушілер мен азық-түлік дистрибьюторларына тиімділік пен үнемділікті әкеледі.

4) Тұтынушылардың сенімі. Өнімдердің қауіпсіздігін арттырудың озық шараларын көрсету арқылы компаниялар тұтынушылардың сенімін арттырып, өнімдеріне деген сенімділікті күшейте алады, бұл кез келген азық-түлік брендтерінің беделін жақсартады және нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

Өнімдер қауіпсіздігін нығайту қажеттілігін ескере отырып, өнімдердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін нақты уақыт режимінде маңызды параметрлерді бақылау мақсатында IoT негізіндегі жүйені енгізу ұсынылады. Бұл жүйе азық-түлік жеткізу тізбегінде қоршаған орта жағдайларын және

ықтимал қауіптерді үнемі бақылау мен бағалау үшін сенсорлық технологиялар, деректер аналитикасы үйлесімін қолданады.

2.2 Жүйенің аппараттық және бағдарламалық архитектурасы

Жүйенің негізі азық-түлік тізбегіндегі маңызды жерлеріне стратегиялық орналастырылған IoT датчиктері мен құрылғылары желісінен тұрады. Бұл датчиктер температура, ылғалдылық және зиянды газдар сияқты әртүрлі параметрлерді өлшеуге қабілетті болады. Нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізу үшін IoT датчиктері орталықтандырылған деректер беру инфрақұрылымына қосылады. Бұл инфрақұрылым Wi-Fi, Bluetooth немесе ұялы байланыс сияқты сымсыз байланыс технологияларын қамтуы мүмкін, бұл шалғай жерлерден деректерді орталықтандырылған мониторинг платформасына үздіксіз жеткізуге мүмкіндік береді. Жиналған деректер орталықтандырылған мониторинг платформасына жіберіледі, онда олар нақты уақыт режимінде талданады.

Дәстүрлі әдістердегі мониторинг пен бақылау жүйелері нақты уақыт режимінде жұмыс істемейді, бұл қауіптерге жылдам жауап беру мен ластану қаупін арттырады. Сонымен қатар, қолмен бақылау процестері адам қатесіне бейім, бұл мәселені күшейтеді. Бұл мәселелер инновациялық шешімдердің қажеттілігін көрсетеді, олар нақты уақыт режимінде мониторинг пен бақылауды қамтамасыз ете алады [13–14].

Ең алдымен бұл жүйенің аппараттық құрылымын жинақтау керек. Жүйеге қажетті аппараттық құрал құрамдастарын, соның ішінде DHT11 сенсорын, MQ4 газ сенсорын, контроллер және шығарушы желдеткішті таңдау болып табылады. Аппараттық құрамдас бөліктерді таңдау тағамды сақтау блогының нақты талаптарына және бақыланатын қоршаған орта жағдайларына байланысты болады. Жүйенің ең маңызды бөлігі басқарушы құрылғыны таңдайық. Ол мына параметрлер арқылы салыстырып анықталды:

- 1) Бағасы;
- 2) Өнімділігі;
- 3) Энергия тұтынуы;
- 4) Wi-Fi байланыс мүмкіндіктері;
- 5) Оңай бағдарламалану деңгейі;
- 6) Қолдану саласы.

Ендеше, техникалық сипаттамалары мынадай болады:

Node MCU ESP8266:

- Бағасы өте арзан (5-10\$);
- Wi-Fi модулі біріктірілген;
- Энергияны аз тұтынады;
- Бағдарламалау оңай (Arduino IDE немесе Lua);
- Қарапайым IoT құрылғылар үшін өте тиімді.

ESP32:

- ESP8266-ның жетілдірілген нұсқасы;
- Wi-Fi және Bluetooth қолдайды;
- Қосымша сенсорларды қосуға арналған GPIO пиндерінің саны көп;
- Бағасы жоғарырақ (10-20\$), бірақ функционалдығы кең.

Arduino Uno + Wi-Fi Shield:

- Бағасы ESP8266-ға қарағанда жоғары;
- Wi-Fi қосу үшін бөлек модуль қажет;
- Бағдарламалау күрделірек;
- Сенімді, бірақ тек қарапайым жобаларға арналған.

Raspberry Pi Zero W:

- Микрокомпьютер ретінде күрделі есептеулер жүргізе алады;
- Wi-Fi және Bluetooth біріктірілген;
- Бағасы жоғары (15-25\$);
- Жоғары қуат тұтынуы (IoT жобалары үшін тиімсіз);

STM32 + Wi-Fi модулі:

- Өнеркәсіптік қолдануға арналған;
- Бағасы орташа;
- Бағдарламалау күрделі;
- Жоғары сенімділік, бірақ көп қуат қажет етпейді.

Салыстыру жеңіл болуы үшін алынған ақпараттарды кесте түрінде бейнелеу тиімді.

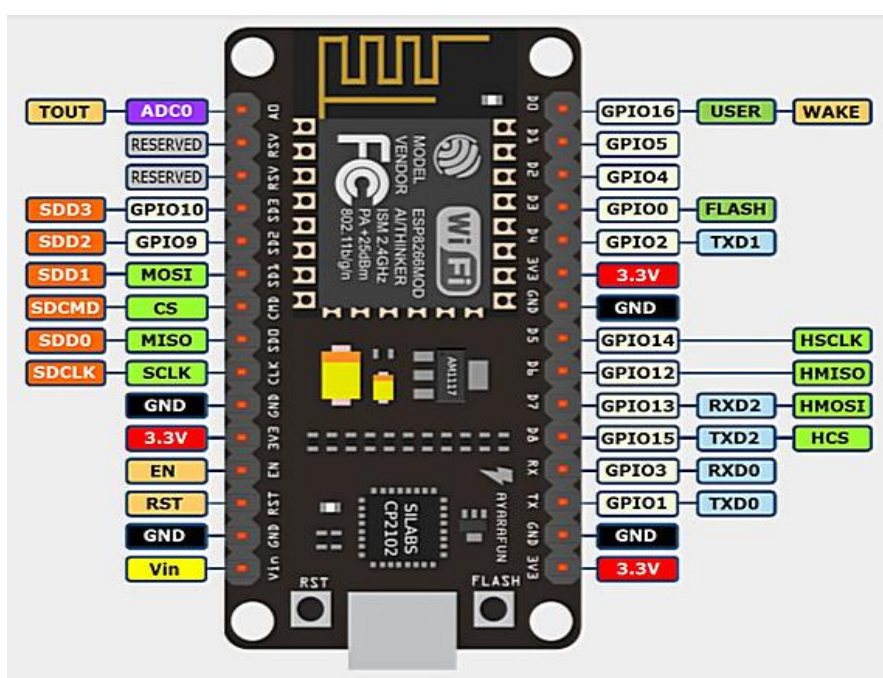
2.1-кесте – Басқару құрылғыларының техникалық сипаттамалары

Құрылғы	Бағасы	Өнімділігі (CPU, RAM)	Энергия тұтынуы	Wi-Fi мүмкіндігі	Бағдарламалау жеңілдігі	Қолдану саласы
Node MCU ESP8266	Төмен	80 МГц, 160 KB RAM	Өте төмен	Wi-Fi 802.11 b/g/n	Оңай (Arduino IDE, Lua)	IoT жүйелері, температура сенсорлары, деректерді жіберу
ESP32	Орташа	240 МГц, 520 KB RAM	Төмен	Wi-Fi + Bluetooth	Орташа (Arduino IDE, Micropython)	IoT жүйелері, камералар, аудио жүйелер
Arduino Uno + Wi-Fi Shield	Жоғары	16 МГц, 2 KB RAM	Орташа	Wi-Fi Shield қажет	Қиын (C тілінде бағдарламалау)	Ақылды үй жүйелері, сенсорлар
Raspberry Pi Zero W	Жоғары	1 ГГц, 512 MB RAM	Жоғары	Wi-Fi + Bluetooth	Орташа (Python, Linux)	Камералар, деректер өңдеу, AI
STM32 + Wi-Fi модулі	Орташа	72 МГц, 20 KB RAM	Төмен	Wi-Fi модулі қажет	Қиын (C/C++)	Өнеркәсіптік жүйелер

Салыстыру нәтижелеріне сүйене отырып, Node MCU ESP8266 құрылғысы арзан, оңай бағдарламаланатын және төмен энергия тұтынатын IoT жүйелерінде ең тиімді шешім болып табылады. Бұл құрылғы температура, ылғалдылық, жарық сенсорлары сияқты қарапайым мониторинг жүйелерінде қолданылады [15–16].

NodeMCU контроллері сақтау құрылғысындағы ауа ағынын реттеу үшін сору желдеткішіне бекітіледі.

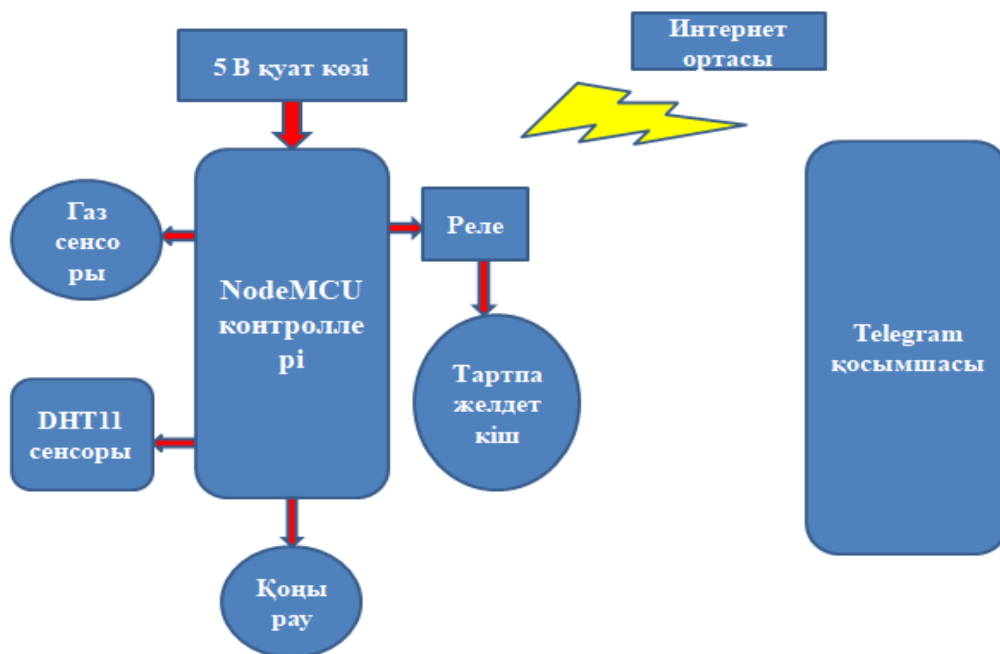
NodeMCU контроллері сенсорларды басқаратын және сенсорлармен өлшенетін температура мен газ деңгейлеріне байланысты шығатын желдеткішті басқаратын жүйенің миы болады. C++ NodeMCU контроллерінің кодын жазу үшін пайдаланылады, содан кейін ол сенсорлардан деректерді жинау және оны бақылауға болатындай етіп Telegram серверіне жіберу үшін пайдаланылады.



2.1-сурет – NodeMCU ESP8266 контроллері

2.1-суретте NodeMCU ESP8266 контроллері көрсетілген. NodeMCU – бұл ESP8266 чіпі негізінде жасалған электрондық плата, ол микроконтроллер функцияларын орындауға және интернетке (Wi-Fi арқылы) қосылуға мүмкіндік береді. Бұл құрылғыда бірнеше кіріс және шығыс контактілері бар, сондықтан оны Интернет заттары жобаларын бақылау және басқару үшін қолдануға болады. NodeMCU ESP8266 – бұл IoT платформасының модульдер отбасына негізделген туынды модуль. ESP8266 модулі өзінің функциялары бойынша Arduino модульдер платформасына ұқсас, бірақ басты айырмашылығы – ол тек «Интернетке қосылуға» арналған [17].

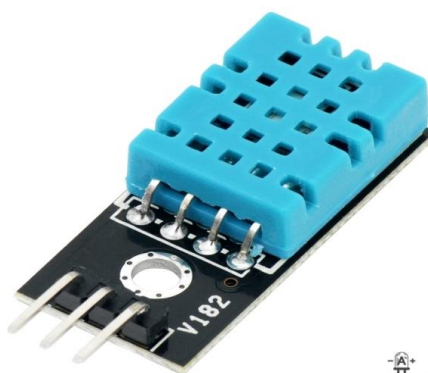
Сұлбаны жобалау. Келесі кадам аппараттық құрамдастарды NodeMCU контроллеріне қосатын сұлбаны жобалау болып табылады. Сұлба аппараттық құрамдас бөліктер мен NodeMCU контроллері арасындағы дұрыс қосылымды және үйлесімділікті қамтамасыз ету үшін жобалануы керек.



2.2-сурет – Аппараттық-құрылымдық жобаның блок-диаграммасы

2.2-суретте жобаның блок-диаграммасында құрылғылардың қосылуы көрсетілген. Бұл блок-диаграммада NodeMCU ESP8266 контроллері, DHT11 сенсоры, MQ4 газ сенсоры, желдеткіш, реле және қоңырау көрсетілген. Контроллер 5 В қуат көзіне қосылғанда жүйе жұмысын бастайды. Сенсорлардан жиналған ақпарат контроллерге барады. Интернет ортасы арқылы ақпараттар Телеграм қосымшасына жіберіледі.

DHT11 сенсорын жүйе тағам сақтауға арналған контейнердегі ылғалдылық пен температураны өлшеу үшін пайдаланады.



2.3-сурет – DHT11 сенсоры

2.3-суретте DHT11 – қоршаған ортаның температурасы мен ылғалдылығын өлшеуге арналған сенсор модулі бейнеленген. Ол аналогтық кернеу шығаратын сигнал береді, оны микроконтроллер арқылы өндеуге болады. Бұл модуль NTC термисторлары сияқты температураны өлшейтін резистивті элементтер тобына жатады. Басқа сенсорлармен салыстырғанда, DHT11 модулі деректерді дәл әрі тез оқуы, жылдам әрекет етуі және сыртқы әсерлерге тұрақты болуымен ерекшеленеді [18].

DHT11 – температура мен ылғалдылықты бақылау үшін жиі қолданылатын, қолжетімді және кең таралған IoT жобаларына арналған сенсор. Бұл сенсор контейнер ішіндегі температура мен ылғалдылықты қадағалау үшін пайдаланылады.

Ауаның ылғалдылығы – бұл ауадағы су буының мөлшері. Ылғалдылық химиялық, биологиялық және физикалық процестерге әсер етеді. Ылғалдылық деңгейін бақылау қызметкерлердің денсаулығы мен қауіпсіздігіне, өнімнің сапасына және компания шығындарын оңтайландыруға тікелей әсер етеді. Ылғалдылықты өлшеу жартылай өткізгіш өндірісінде және басқару жүйелерінде өте маңызды рөл атқарады. Газ қоспасындағы (су буы, азот, аргон немесе таза газ) ылғалдылық деңгейі оның салыстырмалы ылғалдылығымен анықталады.

Ылғалдылық сенсорлары өлшеу бірліктеріне қарай екі түрге бөлінеді. Ол– салыстырмалы ылғалдылық сенсоры және абсолюттік ылғалдылық сенсоры. DHT11 – температура мен салыстырмалы ылғалдылықты сандық түрде өлшейтін сенсор. Ұсынылып отырған құрылғы құрамына DHT11 кіреді – ол арзан әрі температура мен ылғалдылықты бірден өлшей алатын цифрлық сенсор. Бұл сенсорды Arduino, Raspberry Pi сияқты кез келген микроконтроллерге де оңай қосуға болады. DHT11 сенсоры жеке сенсор түрінде де, модуль ретінде де қолжетімді. Модуль нұсқасында қосымша түрде қуат индикаторлы жарықдиод және тарту резисторы болады. DHT11 қоршаған ортаның ылғалдылығын өлшеу үшін сыйымдылық сенсорын, ал температураны анықтау үшін термисторды қолданады. Сенсор құрылымында екі электрод бар, оларды ылғал сіңіретін қабат бөліп тұрады және бұл қабаттың қасиеттеріне қарай сыйымдылық өзгеріп отырады. Өзгерістер интегралды сұлба арқылы сандық форматқа айналады. Температура теріс температуралық коэффициенті бар термистор арқылы өлшенеді, яғни температура артқанда оның кедергісі азаяды. Бұл термисторлар жоғары сезімталдықты қамтамасыз ету үшін көбінесе полимерлерден немесе жартылай өткізгіш керамикалық материалдардан жасалады.

DHT11 температураны 0–50°C аралығында $\pm 2^\circ\text{C}$ дәлдікпен өлшейді. Ылғалдылық диапазоны – 20%–80% аралығы, дәлдігі $\pm 5\%$. Сенсор бір секундта бір рет дерек жаңартады (1 Гц). Жұмыс кернеуі – 3–5 В, ал максималды тұтыну тогы – 2,5 мА. Сенсорда Data, VCC, GND және Not Connected деген төрт шығыс бар. Сенсорды микроконтроллерге қосу үшін 5–10 кОм тарту резисторы қажет.

Бұл сенсор жылыту, желдету және ауа баптау жүйелерінде температура мен ылғалдылықты бақылау үшін қолданылады. Сондай-ақ, ауа райын болжау үшін метеостанцияларда пайдаланылады. Үй жағдайында да ылғалдылық деңгейін алдын ала бақылау үшін қолданылады. Бұдан бөлек, кеңселерде, көліктерде, музейлерде, жылыжайларда және өндірістік кәсіпорындарда қауіпсіздік шаралары ретінде кеңінен қолданылады [19].

Көміртек тотығы мен метанды қоса алғанда, қауіпті газдардың болуын анықтау үшін MQ4 газ сенсоры қолданылады.



2.4-сурет – MQ4 газ сенсоры

2.4-суретте MQ4 газ сенсоры көрсетілген. Ол азық-түлік сақтау қоймаларында көміртек тотығы мен метан сияқты зиянды газдардың бар-жоғын анықтау үшін қолданылады. Бұл сенсор арзандығымен ерекшеленеді және газдардың кең ауқымын анықтай алады.

MQ4 сенсоры үй жағдайында немесе өнеркәсіп орындарында метан (CH_4) және сығылған табиғи газ (CNG) сияқты газдардың ағуын анықтауда өте тиімді. Сенсор газ концентрациясының өзгеруіне өте тез әрекет етеді және қажетті сезімталдық деңгейін потенциометр арқылы реттеуге болады. Бұл сенсор аналогтық шығыспен жұмыс істейді және MQ сериясындағы басқа сенсорлар сияқты табиғи газды анықтауға қолайлы. Газ концентрациясы артқан сайын сенсордың шығыс кернеуі де өседі. MQ4 сенсоры 5В тұрақты токпен жұмыс істейді және шамамен 750 мВт қуат тұтынады.

MQ4 сенсоры MOS (металл-оксидті жартылай өткізгіш) технологиясына негізделген және ауадағы метан газының концентрациясын өлшеп, аналогтық кернеу ретінде шығарады. Сенсордың анықтау диапазоны 300 ppm-ден 10 000 ppm-ге дейін, бұл газдың ағуын анықтауға өте қолайлы. Сенсор алюминий оксидіне (Al_2O_3) негізделген керамикалық элементтен тұрады, оның беті қалайы диоксидімен (SnO_2) қапталған және болат тормен қорғалған.

Метан газы сенсордың сезгіш элементіне тигенде оның кедергісі өзгереді және осы өзгерістер арқылы газ концентрациясы есептеледі. Метанның жануы үлкен жылу бөлуімен жүреді.

MQ4 сенсорының түйін конфигурациясы:

1)H түйіндері. Біреуі қорек көзіне, екіншісі жерге қосылады.

2)A түйіндері. A және B түйіндері өзара алмастырылатын және қорек көзіне жалғанады.

3)V түйіндері. Бір түйін шығу сигналы ретінде, екіншісі жерге қосылады.

MQ-4 сенсор модулінің төрт негізгі шығысы бар:

1) VCC. Қоректендіру кернеуі 5 В.

2) GND. Жерге қосу.

3) DO (Цифрлық шығыс). Шекті мәнін потенциометр арқылы орнату арқылы цифрлық сигнал береді.

4) AO (Аналогтық шығыс). Газ концентрациясына байланысты 0-ден 5В-қа дейінгі аналогтық сигнал береді.

MQ4 сенсорының ерекшеліктері мен сипаттамалары:

- Жалпы жанғыш газдарға жоғары сезімталдық
- Табиғи газға және метанға ерекше сезімтал
- Түтінге төмен сезімталдық
- Жылдам жауап беру уақыты, ұзақ қызмет ету мерзімі және тұрақты жұмыс
- Қарапайым басқару сұлбасы
- Жүктеме кедергісі – 20 кОм
- Анықтау кедергісі – 10 кОм–60 кОм
- Алдын ала қыздыру уақыты – 24 сағаттан артық
- Қажетті кернеу – 5 В
- Цифрлық DO шығысы – 0,1–5 В
- Аналогтық AO шығысы – 0,1–0,3 В
- Анықталатын газдар – метан немесе табиғи газ
- Анықтау концентрациясының диапазоны– 200–10 000 ppm
- Интерфейс – TTL деңгейінде үйлесімді
- Жылытқыштың қуат тұтынуы – 750 мВт-тан төмен
- Жұмыс температурасы -10°C–50°C (немесе 14°F–122°F) [20].

Шығару желдеткіші азық-түлік сақтау камерасындағы желдетуді басқару үшін NodeMCU контроллеріне қосылады. Желдеткіш температура мен газ деңгейін анықтайтын сенсорлардың көрсеткіштеріне байланысты іске қосылады.

Шығару желдеткіштері бөлмелерде, асүйлерде, қоймаларда, асханаларда, жуынатын бөлмелерде, су айдау станцияларында және аккумулятор бөлмелерінде артық ылғал мен жағымсыз иістерді жоюға көмектеседі.



2.5-сурет – Шығару желдеткіші

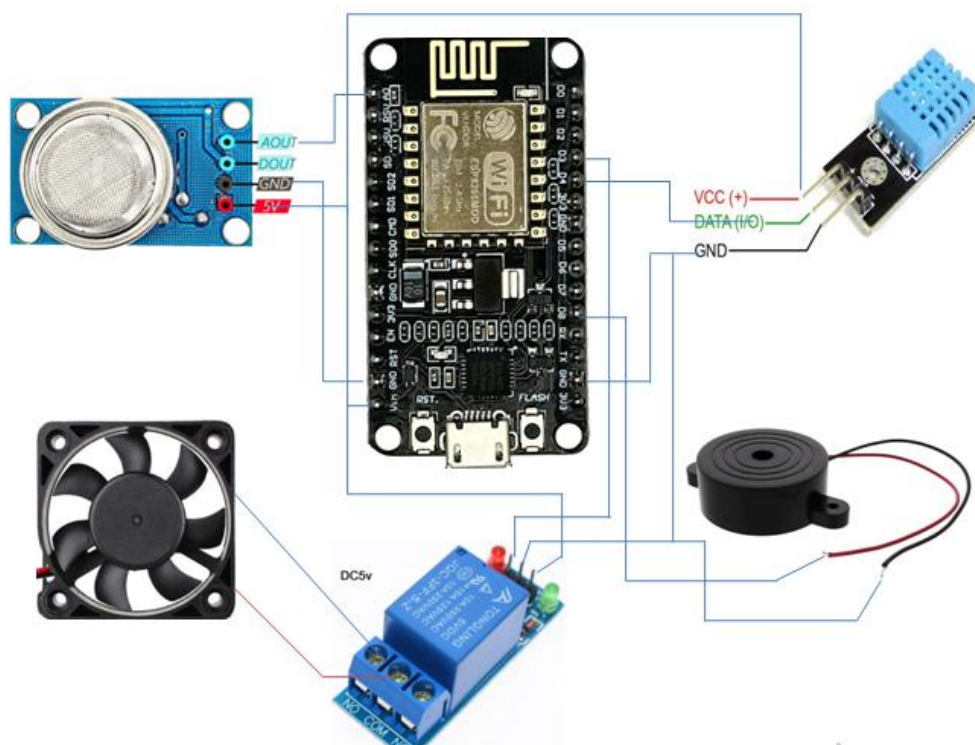
2.5-суреттегі шығару желдеткіші ылғалдылық тез жиналатын жерлерде дұрыс желдету үшін өте маңызды болып табылады. Шығару желдеткіштері ауаны тазартуға және зиянды бөлшектерді шығарып тастауға көмектеседі, бұл аллергия, бас ауруы, демікпе сияқты аурулардың алдын алады. Сондай-ақ олар қабырғалар мен жиһаздың көгеру мен зеңнен зақымдану қаупін азайтады [21].

2.3 Жүйені біріктіру, тестілеу және Telegram арқылы басқару

NodeMCU контроллері сақтау құрылғысындағы ауа ағынын реттеу үшін сору желдеткішіне бекітіледі. Сенсорларды басқаратын және сенсорлармен өлшенетін температура мен газ деңгейлеріне байланысты шығатын желдеткішті басқаратын NodeMCU контроллері жүйенің миы болады. NodeMCU контроллерінің коды C++ жазылды, содан кейін ол сенсорлардан деректерді жинау және оны бақылауға болатындай етіп Telegram қосымшасына жіберу үшін пайдаланылады.

NodeMCU контроллері деректерді Telegram серверіне жібереді, ол содан кейін жүйені бақылау және басқару үшін пайдалануға оңай интерфейсті қамтамасыз етеді. NodeMCU контроллерінің нақты уақыттағы деректерін Telegram сервері қабылдайды және мобильді қосымшада көрсетіледі, ол содан кейін жүйені бақылау және басқару үшін пайдалануға оңай интерфейсті қамтамасыз етеді.

Telegram bot жүйені бақылау және басқару үшін пайдаланушыға ыңғайлы интерфейсті ұсынатын мобильді қосымшаны құру үшін пайдаланылады. Қолданушы мобильді қосымшаның көмегімен нақты уақыт режимінде шығару желдеткішін қашықтан басқара алады және температура мен газ деңгейін бақылай алады.



2.6-сурет – Жүйе компоненттерінің қосылу сұлбасы

2.6-суреттен жүйедегі құрылғылардың қосылу жолын көре аламыз. Соңғы қадам жүйенің барлық компоненттерін біріктіру және оның функционалдығын тексеру болып табылады. Сенсорларды, NodeMCU контроллерін және Telegram қосымшасын тексерумен қоса, оның дұрыс жұмыс істеп тұрғанына көз жеткізу үшін жүйе тексеріледі. Сондай-ақ жүйе сенімділік пен дәлдікке де тексеріледі. Ұсынылған модель аппараттық бөліктерді таңдауды, сұлбаны жобалауды, бағдарламалауды, Telegram серверін конфигурациялауды, мобильді қосымшаларды әзірлеуді, жүйені біріктіруді және тестілеуді қамтиды. Ұсынылған жүйе азық-түлік өнімдерін сақтау шарттарын бақылау және басқару мәселесіне сенімді, үнемді және пайдаланушыға ыңғайлы шешім ұсынады.

Ұсынылған жүйе архитектурасы азық-түлік өнімдерін сақтау шарттарын бақылау және бақылау мәселесіне сенімді, үнемді және пайдаланушыға ыңғайлы шешімді қамтамасыз етуге бағытталған. Жүйе тағамды сақтау блогын нақты уақыт режимінде бақылауды және басқаруды қамтамасыз ету үшін сенсорлар, контроллерлер және мобильді қосымшалар сияқты заманауи IoT технологияларын қолданады.

2.4 Жобаланған жүйенің негізгі параметрлерін есептеу

Ұсынылған жүйе – IoT (Internet of Things) технологиялары негізінде жұмыс істейтін, азық-түлік өнімдерінің сапалық көрсеткіштерін

(температура, ылғалдылық, газ құрамы т.б.) нақты уақыт режимінде бақылауға және басқаруға арналған кешен. Жүйенің негізгі компоненттері:

- DHT22 температура және ылғалдылық сенсоры;
- MQ-135 газ анализаторы (аммиак, этанол және т.б. анықтау үшін);
- ESP32 микроконтроллері;
- Wi-Fi модулі (ESP32 құрамында);
- бұлтты платформа (Firebase немесе Blynk) арқылы қашықтан бақылау.

2.2-кесте – Қуат тұтынуын есептеу

Компонент	Тұтыну тогы, мА	Жұмыс уақыты, сағ/тәу	Күніне тұтыну, мА·сағ
ESP32 (орташа)	80	2	160
DHT22 сенсоры	1.5	2	3
MQ-135	150	2	300
Wi-Fi (берілім кезінде)	200	0.1	20
Жалпы	—	—	483 мА·сағ

Жүйе 3.7 В 2000 мА·сағ Li-Ion аккумуляторымен жұмыс істейді. Толық зарядталған аккумулятордың жұмысы:

$$\text{Жұмыс уақыты} = \frac{2000}{483} \approx 4.14 \text{ сағат}$$

Энергия үнемдеу режимдері (sleep mode) арқылы жұмыс уақытын 8–10 сағатқа дейін арттыруға болады.

2.3-кесте – Бір циклдағы мәлімет көлемі

Дерек түрі	Өлшемі (байт)
Температура	2
Ылғалдылық	2
Газ концентрациясы	2
Таймстамп	4
Барлығы	10 байт

Тәулігіне берілетін жалпы деректер көлемі (әр 5 минут сайын):

$$\frac{24 \times 60}{5} = 288 \text{ рет} \Rightarrow 288 \times 10 = 2880 \text{ байт} \approx 2.8 \text{ КБ}$$

Желі өткізу қабілеттілігі.

Wi-Fi модулі ESP32 802.11 b/g/n стандартымен жұмыс істейді. Теориялық өткізу қабілеттілігі — 72 Мбит/с. Тәуліктік 2.8 КБ дерек жүктемесі бұл шектеудің тек 0.00003% ғана құрайды.

Сенсор дәлдігін талдау.

- DHT22 дәлдігі: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $\pm 2\% \text{ RH}$.
- MQ-135: салыстырмалы дәлдік $\pm 5\text{--}10\%$ (калибрлеуге тәуелді).

Жүйе дәлдігі азық-түлік өнімдерінің жарамдылығын жалпы мониторинг үшін жеткілікті, бірақ тағам өндірісінің жоғары талаптары үшін зертханалық сенсорлар қажет болуы мүмкін.

Жүргізілген есептеулерден байқағанымыз:

- Жүйенің энергия тиімділігі жоғары, sleep режимдерімен бір тәуліктік жұмысқа жарамды;
- Мәліметтер көлемі аз, Wi-Fi өткізу қабілетіне салмақ түсірмейді;
- Сенсорлар орташа дәлдікпен нақты деректер береді;
- IoT жүйесі азық-түліктің сапасын қашықтан басқаруға толық мүмкіндік береді.

3 Жүйені іске асыру және алынған деректерді өңдеу

3.1 Жүйені біріктіру

Жүйені біріктіру — бұл ұсынылған модельдің барлық әртүрлі құрамдас бөліктерін біртұтас, үйлесімді жұмыс істейтін жүйе ретінде біріктіру процесі. IoT (Заттар интернеті) технологиясына негізделген азық-түлік сапасын бақылау жүйесін жинақтау қадамдары сипатталған.

Аппараттық бөлікті біріктіру. Жүйені біріктірудегі алғашқы қадам — барлық аппараттық бөлшектерді қосу. DHT11 және MQ4 сенсорлары NodeMCU микроконтроллеріне жалғанады, ал бұл микроконтроллер WiFi арқылы интернетке қосылады. Температура көрсеткіштері қалыпты жағдайдан асып кетсе іске қосуға болатын желдеткіш те осы контроллерге жалғанып, басқарылады. Барлық аппараттық компоненттер алдын ала көрсетілген сызба бойынша жалғанады.

Бағдарламалық жасақтаманы біріктіру. Жүйенің бағдарламалық модульдері C++ бағдарламалау тілінің көмегімен біріктіріледі. NodeMCU контроллері бағдарламаланып, сенсорлардан алынған деректерді Телеграм қосымшасына жіберіп отырады. Телеграм мобильді қосымшасы нақты уақыттағы көрсеткіштерді визуализациялауға және желдеткішті қашықтан басқаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жиналған деректер чатта сақталып отырады.

Пайдаланушымен біріктіру. Жүйені біріктірудегі соңғы кезең — оны соңғы пайдаланушымен біріктіру. Телеграм қосымшасы пайдаланушыға сенсор көрсеткіштерін бақылауға және желдеткішті басқаруға арналған ыңғайлы интерфейс ұсынады. Сонымен қатар, аналитикалық нәтижелер де қосымшада көрсетіліп, пайдаланушының азық-түлікті тиімді қадағалауына көмектеседі.

3.2 Жүйені енгізу және сынақтан өткізу

Азық-түлік сапасын бақылауға арналған IoT (Заттар интернеті) жүйесін іске қосу үшін аппараттық құрылғылар жинақталып, деректерді жинау, сақтау және талдау үшін қажетті бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді. Аппараттық құрамына DHT11 температура және ылғалдылық сенсоры, MQ4 газды анықтау сенсоры, желдеткіш, NodeMCU контроллері және қуат көзі кірді. Бағдарламалық бөлікке NodeMCU-ды бағдарламалау, Телеграм қосымшасын баптау және нақты уақыттағы деректерді көрсетуге арналған қолданушы интерфейсін құру енді.

Азық-түлікті сақтау орнындағы температура мен ылғалдылықты DHT11 сенсоры анықтады. Ал MQ4 сенсоры зиянды газдардың жиналуын бақылау үшін қолданылды. Температураны реттеу және анықталған зиянды газдарды шығару үшін шығарушы желдеткіш пайдаланылды.

NodeMCU микроконтроллері C++ ортасында бағдарламаланып, DHT11 және MQ4 сенсорларынан мәліметтер жинау және желдеткішті басқару міндетін атқарды. Ол Телеграм қосымшасымен WiFi арқылы байланыс орнатып, нақты уақыттағы мониторингке мүмкіндік берді. Телеграм мобильді қосымшасы температура, ылғалдылық және газ деңгейін визуалды түрде көрсетуге арналған интерфейс ретінде жасалды. Қосымшада температура немесе газ деңгейі қауіпсіз шектен асқан жағдайда, қолданушыға ескерту хабарламаларын жіберетін дыбыстық хабарландыру жүйесі де қарастырылған.

Жүйе макет пен сымдар арқылы жинақталып, компоненттер өзара біріктірілді. Жүйе бірнеше рет азық-түлік температурасы мен газ деңгейін бақылау арқылы сынақтан өткізілді.

IoT негізінде құрылған бұл бақылау жүйесі азық-түлік сақтау ортасының жағдайын нақты уақытта бақылап, қауіпті жағдайлардың алдын алуға септігін тигізе алатынын көрсетті. Жүйе температураны бақылап, зиянды газдарды сыртқа шығара алады. Бұл шешім азық-түлік қауіпсіздігін арттырып, оның бұзылу қаупін төмендетеді.

3.3 Жүйені тестілеу

Тестілеу – әзірленген жүйенің функционалдығын қамтамасыз ету және қойылған талаптарға сәйкестігін тексерудегі маңызды кезең болып табылады. «IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі» жобасында бұл үдеріс бірнеше негізгі қадамдардан тұрады:

1) Аппараттық бөліктерді сынақтан өткізу. DHT11 температура мен ылғалдылық сенсоры, MQ4 газ сенсоры, желдеткіш және NodeMCU контроллері сынды барлық аппараттық құрылғылар бөлек-бөлек тексерілді. Әрбір компоненттің дұрыс жұмыс істеуі және берілген тапсырмаларды нақты орындауы қамтамасыз етілді.

2) Бағдарламалық жасақтаманы тестілеу. NodeMCU контроллерінің коды, Телеграм қосымшасымен байланыс және қолданушы интерфейсі түгел тексерілді. Бағдарламалық модульдердің дұрыс жұмыс істеуі, деректердің нақты берілуі мен визуализациясы толықтай тестіленді.

3) Деректерді басқару және талдау жүйесін тестілеу. Сенсорлардан алынған деректердің дәл әрі үздіксіз жиналуын, сақталуы мақсатында бірнеше сынақтар жүргізілді. Бұл кезең жүйенің сенімділігі мен тұрақтылығын дәлелдеуге көмектесті.

4) Жүйенің жалпы тексерісі (верификация). Жүйе әртүрлі сценарийлерде қолданылып, шынайы жағдайда сынақтан өткізілді. Мысалы, температура мен газ деңгейінің шамадан асқан кездегі жүйенің дыбыстық ескерту бере алуы, желдеткішті басқару және пайдаланушыға жіберілетін мәліметтердің дұрыстығы тексерілді.

Өнімділікті тестілеу. Жүйенің тиімділігін бағалау үшін сенсорлардың жауап беру уақыты, NodeMCU мен сенсорлар арасындағы байланыс жылдамдығы, деректердің Телеграм қосымшасына жеткізілу уақыты өлшенді. Жүйе нақты уақытта жұмыс істеу талаптарына толықтай сай екені анықталды.

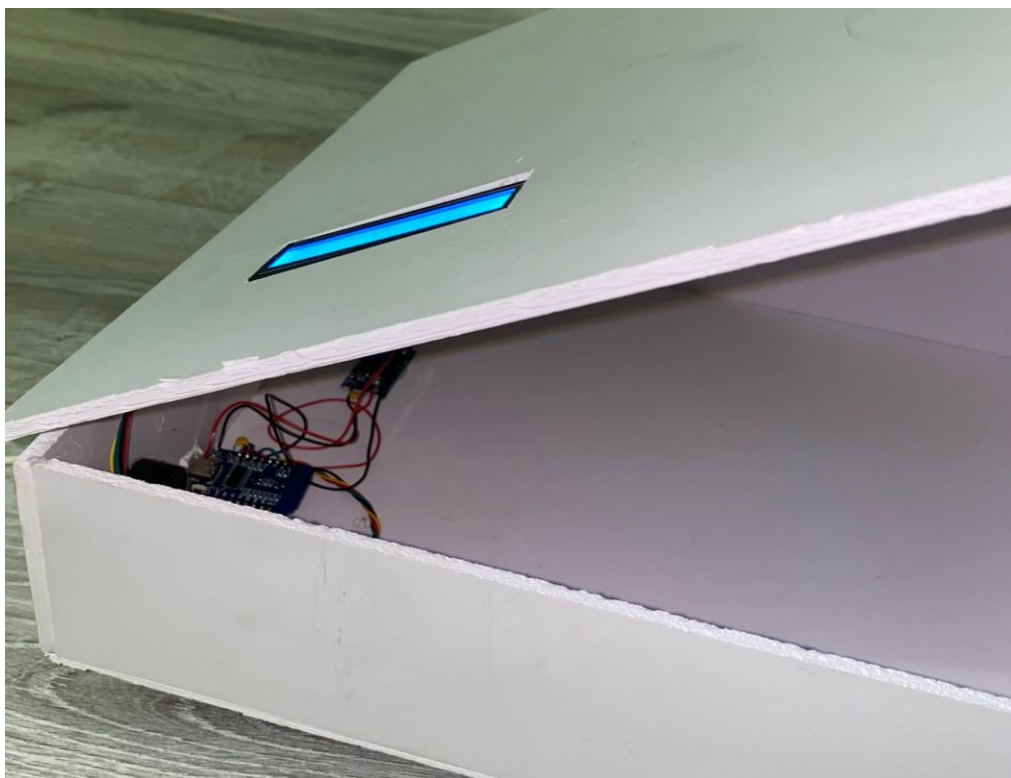
Пайдаланушы арқылы тестілеу. Жүйені соңғы пайдаланушылар сынақтан өткізді. Қолданушы интерфейсінің ыңғайлылығы, хабарламалардың уақтылы келуі және жалпы қолдану процесінің түсініктілігі бағаланды.

Жалпы алғанда, жүргізілген тестілеу нәтижелері бұл IoT жүйесінің сенімді, дәл әрі пайдалануға қолайлы екенін көрсетті.

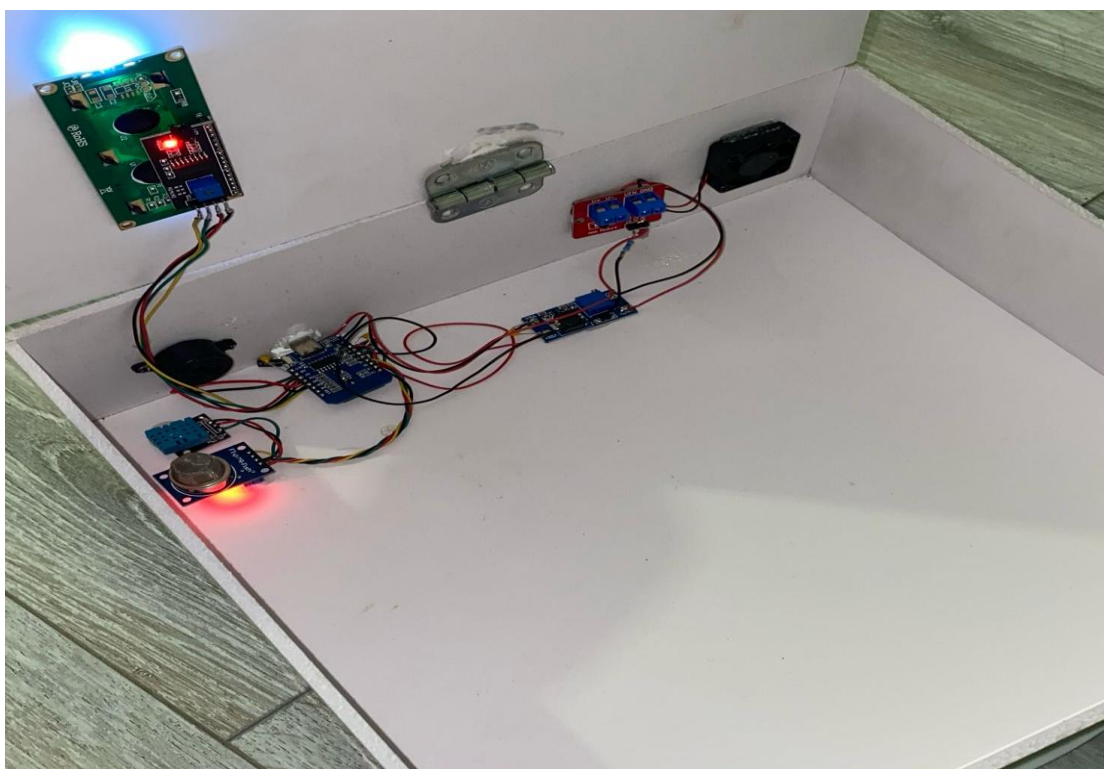
Ұсынылған жүйенің тиімділігі түрлі сенсорлар арқылы жиналған деректерді талдау негізінде бағаланды. Жүйе температура мен ылғалдылықты, сонымен қатар метан мен көмірқышқыл газы сияқты зиянды газдарды анықтау мүмкіндігіне ие.

DHT11 сенсоры арқылы алынған деректерді талдау. Бұл сенсордың температура мен ылғалдылықты дәл анықтайтыны дәлелденді. Сонымен қатар, жүйе уақыт өте келе температура мен ылғалдылықтағы өзгерістерді бақылауға мүмкіндік береді. Бұл деректер азық-түлік өнімдерінің сапасын сақтау және олардың жарамдылық мерзімін ұзарту үшін өте маңызды.

MQ4 сенсоры арқылы алынған деректерді талдау. Жүйе метан мен көміртек тотығы (CO) сияқты қауіпті газдарды дәл анықтайды. Уақыт бойынша газ деңгейлерінің өзгерісін бақылау арқылы өнімдердің сақтау жағдайының қауіпсіздігі қамтамасыз етіледі. Бұл азық-түлік қауіпсіздігін арттыруға және тұтынушы денсаулығына қауіп төнбеуін қамтамасыз етуге септігін тигізеді.



3.1-сурет – Жүйе корпусы



3.2-сурет – Жүйенің ішкі көрінісі



3.3-сурет – Жүйені LCD дисплеймен тестілеу

3.1, 3.2, 3.3-суреттерде дайын жүйе көрсетілген.

3.4 Деректерді өңдеу және визуализациялау

Мониторинг жүйесінің жұмысын бағалау үшін MATLAB бағдарламалық ортасын пайдалана отырып, деректерді визуализациялау жүзеге асырылды. Модельдеу барысында температура (DHT11), ылғалдылық және газ деңгейі (MQ4) датчиктерінен алынған мәліметтерге ұқсас синтетикалық деректер қолданылды. Сондай-ақ, сақтау жағдайларының бұзылуын анықтау үшін шекті мәндер орнатылды

Деректерді визуализациялау мысалы:

```

Command Window
>> % IoT жүйесіндегі датчиктерден алынған мәліметтерді модельдеу
% Температура (°C), ылғалдылық (%), газ деңгейі (ppm)

time = 0:1:100; % уақыт (секунд)
temperature = 20 + 5*sin(0.1*time) + randn(1, length(time));
humidity = 50 + 10*sin(0.07*time) + randn(1, length(time));
gas_level = 200 + 50*sin(0.05*time) + randn(1, length(time));

% Шекті мәндер
temp_threshold = 25;
gas_threshold = 300;

% ===== Температура графигі =====
figure;
plot(time, temperature, 'b', 'LineWidth', 1.5); hold on;
yline(temp_threshold, 'r--', 'Темп. шегі');
title('Температура');
xlabel('Уақыт (сек)');
ylabel('Температура (°C)');
grid on;
saveas(gcf, 'temperature_plot.png');

% ===== Ылғалдылық графигі =====
figure;
plot(time, humidity, 'g', 'LineWidth', 1.5);
title('Ылғалдылық');
xlabel('Уақыт (сек)');

ylabel('Ылғалдылық (%)');
grid on;
saveas(gcf, 'humidity_plot.png');

% ===== Газ деңгейі графигі =====
figure;
plot(time, gas_level, 'm', 'LineWidth', 1.5); hold on;
yline(gas_threshold, 'r--', 'Газ шегі');
title('Газ деңгейі');
xlabel('Уақыт (сек)');
ylabel('Газ деңгейі (ppm)');
grid on;
saveas(gcf, 'gas_plot.png');

% ===== Мәтіндік нәтиже =====
temp_exceed = temperature > temp_threshold;
gas_exceed = gas_level > gas_threshold;
fprintf('Температура шегінен асқан жағдайлар саны: %d\n', sum(temp_exceed));
fprintf('Газ шегінен асқан жағдайлар саны: %d\n', sum(gas_exceed));
Температура шегінен асқан жағдайлар саны: 10
Газ шегінен асқан жағдайлар саны: 0
>> gas_plot = imread("/MATLAB Drive/gas_plot.png");
>>

```

Деректерді модельдеу формулалары. Кодта үш параметр (температура, ылғалдылық және газ деңгейі) уақыт функциясы ретінде синусоидалық заңдылықпен және кездейсоқ флуктуациямен модельденген.

Температура моделінің формуласы:

$$T(t) = 20 + 5 \cdot \sin(0.1 \cdot t) + \varepsilon_T(t) \quad (3.1)$$

мұндағы:

$T(t)$ - t уақытындағы температура (°C),

20 – орташа температура,

$5 \cdot \sin(0.1 \cdot t)$ - температураның периодтық тербелісі (амплитудасы 5°C),

$\varepsilon_T(t) \sim N(0,1)$ - ақ шуды білдіретін кездейсоқ өзгеріс (randn функциясы арқылы).

Ылғалдылық моделінің формуласы:

$$H(t) = 50 + 10 \cdot \sin(0.07 \cdot t) + \varepsilon_H(t) \quad (3.2)$$

мұндағы:

$H(t)$ – t уақытындағы ылғалдылық (%),

50 – орташа ылғалдылық,

$10 \cdot \sin(0,07 \cdot t)$ – ылғалдылықтың ауытқуы (амплитудасы 10%),

$\varepsilon_H(t) \sim N(0,1)$ - кездейсоқ өзгеріс.

Газ деңгейінің формуласы:

$$G(t) = 200 + 50 \cdot \sin(0.05 \cdot t) + \varepsilon_G(t) \quad (3.3)$$

мұндағы:

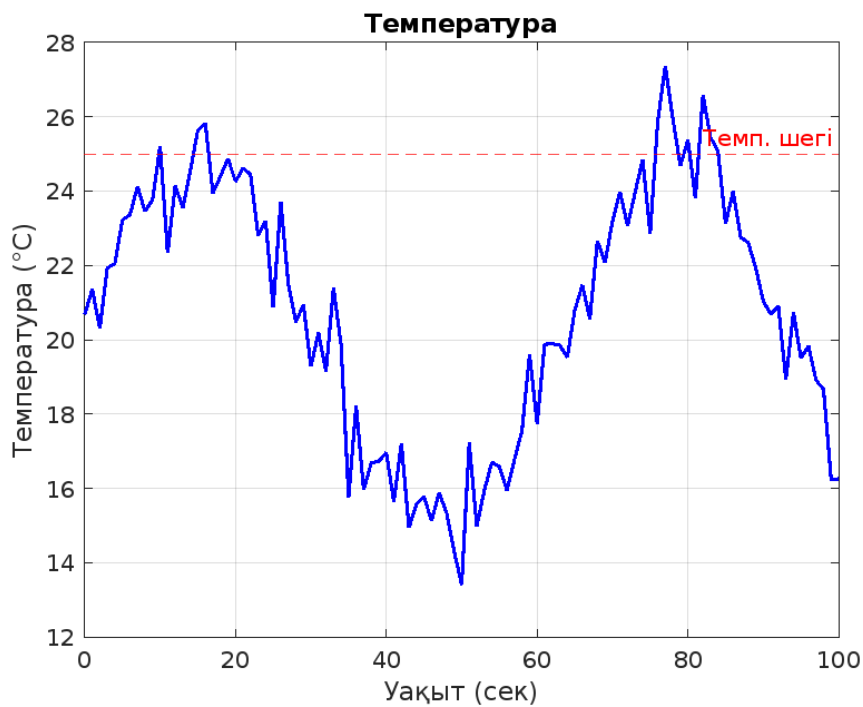
$G(t)$ - газ деңгейі (ppm),

200 – орташа газ концентрациясы,

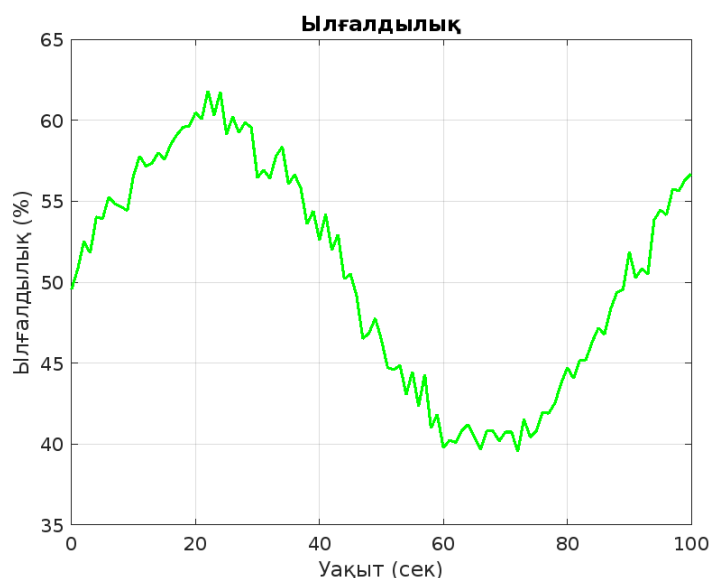
$50 \cdot \sin(0,05 \cdot t)$ - газ деңгейінің периодтық өзгерісі (амплитудасы 50 ppm),

$\varepsilon_G(t) \sim N(0,1)$ – кездейсоқ өзгеріс.

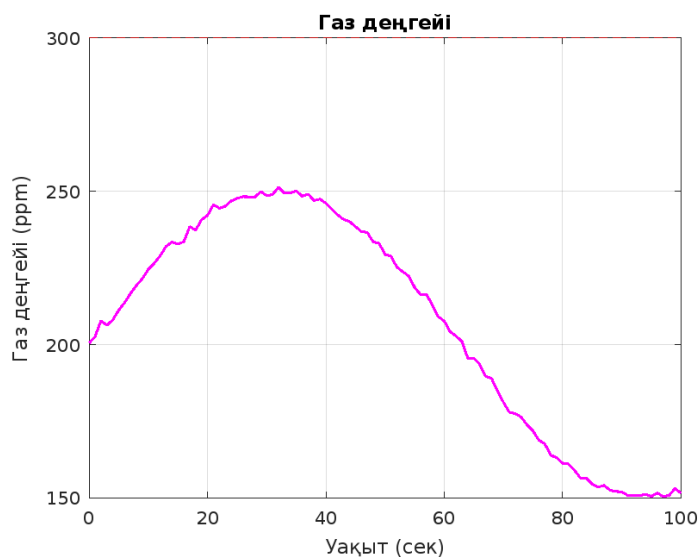
Төменде 3.4, 3.5, 3.6–суреттерде MATLAB бағдарламалық ортасындағы код нәтижелері бейнеленген. Мұнда температура, ылғалдылық, газ деңгейлерінің уақыт бойынша өзгерісі графикпен көрсетілген.



3.4-сурет – Температураның уақыт бойынша өзгерісі



3.5-сурет – Ылғалдылықтың уақыт бойынша өзгерісі



3.6-сурет – Газ деңгейінің уақыт бойынша өзгерісі

Графиктерден көріп тұрғанымыздай, шекті мәндерден асқан жағдайда жүйе автоматты түрде әрекет етіп (мысалы, желдеткішті қосу арқылы) сақтау ортасын тұрақтандыра алатынына көз жеткізе аламыз. Осы графиктер жүйенің нақты уақыт режимінде жұмыс істейтіндігін және шекті мәндерден асқан кезде автоматты әрекет жасауға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста «IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі» жобаланып, аппараттық және бағдарламалық компоненттер біріктірілді. Жүйе нақты уақыт режимінде температура, ылғалдылық және газ деңгейін бақылай отырып, алынған деректер негізінде автоматты түрде әрекет етуге және пайдаланушыға қашықтан басқару мүмкіндігін ұсынуға қабілетті.

Жобаның ғылыми нәтижелері:

- IoT архитектурасы мен оның компоненттері (сенсорлар, контроллер, байланыс модульдері, бұлттық қызметтер) егжей-тегжейлі зерттеліп, азық-түлік мониторингіне бейімделді;
- Зерттеу барысында азық-түлік сапасына әсер ететін негізгі факторлар анықталды: температура, ылғалдылық және газ концентрациясы (мысалы, метан);
- Жиналған мәліметтер MATLAB ортасында модельденіп, визуализацияланды. Бұл жүйенің тиімділігі мен шынайы жағдайларда қолдануға болатындығын дәлелдеді.

Тәжірибелік нәтижелер:

- NodeMCU ESP8266 микроконтроллері, DHT11 және MQ4 сенсорлары, желдеткіш және Telegram қосымшасы негізінде жұмыс істейтін толыққанды IoT жүйесі құрылды;
- Жүйе сенсорлардан алынған деректерді нақты уақыт режимінде жинап, Telegram арқылы пайдаланушыға жеткізеді, сондай-ақ шекті мәннен асқан жағдайда дыбыстық ескерту береді немесе желдеткішті іске қосады;
- Тестілеу нәтижелері жүйенің сенімді, үнемді және қолдануға ыңғайлы екенін көрсетті.

Жұмыстың әлеуметтік және экономикалық мәні:

- Азық-түлік өнімдерінің сақтау сапасын арттырып, бұзылу және тағам қалдықтарын азайту арқылы экономикалық шығындарды төмендетеді;
- Тағамдық улану қаупін азайту арқылы қоғамның денсаулығына оң әсер етеді;
- IoT жүйесін қолдану адам еңбегін автоматтандырып, бақылау және басқару тиімділігін арттырады.

Жұмыстың болашақтағы даму мүмкіндіктері:

- Жүйеге қосымша сенсорлар (мысалы, жарық, діріл, ауа қысымы) қосу арқылы функционалын кеңейтуге болады;
- Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту (ML) әдістерін енгізу арқылы автоматты шешім қабылдауды жетілдіру;
- Бұлттық деректер қорымен интеграциялау арқылы деректерді ұзақ мерзімді талдау және трендтерді болжау мүмкіндігін қарастыру;
- Өнеркәсіптік ортаға бейімделген модификацияларын әзірлеу (үлкен қоймалар, логистикалық орталықтар үшін);

- Көп нүктелі желі құру арқылы бірнеше сақтау орындарын бір орталықтан бақылау.

Қорытындылай келе, ұсынылған IoT жүйесі азық-түлік өнімдерін сақтау қауіпсіздігін қамтамасыз етуде инновациялық әрі қолжетімді шешім болып табылады. Бұл жоба тек оқу-зерттеу деңгейінде ғана емес, сонымен қатар өндірістік және тұрмыстық қолданысқа енгізуге дайын практикалық шешім ретінде бағаланады. Жұмыс барысында алынған нәтижелер цифрлық трансформация және «ақылды» инфрақұрылым құру бағытындағы бастамаларға нақты үлес қосатыны сөзсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] <https://www.dataversity.net/brief-history-internet-things/>
- [2] <https://procoders.tech/blog/iot-architecture/>
- [3] Internet of Things in Industries: A Survey Li Da Xu, Senior Member, IEEE, Wu He, and Shancang Li DOI: 10.1109/TII.2014.2300753
- [4] Industrial Application of Internet of Things, December 2016 Asia Pacific Journal of Energy and Environment 3(2):75-82 DOI:10.18034/apjee.v3i2.576 License CC BY-NC 4.0
- [5] Mukhopadhyay, S.C., et al. (2017). Smart Sensors for Food Monitoring Applications. Sensors Journal.
- [6] Kumar, R., et al. (2020). Gas Sensing in Smart Food Monitoring Using IoT. Journal of Food Engineering.
- [7] Aazam, M., et al. (2019). Fog Computing Model for Real-Time Food Supply Monitoring. Future Generation Computer Systems.
- [8] Cheng, L., et al. (2021). Blockchain-Enabled Food Traceability System Based on IoT. IEEE Internet of Things Journal.
- [9] Ki-hwan ecom, chang won lee, Nghia Truong Van, Kyung Kwon Jung, Joo Woong Kim and Woo Seung choi "food poisoning prevention monitoring system based on the smart IOT system "International Journal of multimedia and ubiquitous Engineering Vol.8, No.5(2013), Pp.213-322.
- [10] <https://tago.io/blog/iot-and-the-future-of-food-safety>
- [11] Mr.A.Venkatesh, T.Saravanakumar, S.Vairamsrinivasan, A.Vigneshwar, M.Santhosh Kumar."A Food Monitoring System Based on Bluetooth Low Energy and Internet of Things". Mr.A.Venkatesh et al. Int. Journal of Engineering Research and Application www.ijera.com ISSN: 2248-9622, Vol. 7, Issue 3, (Part - 6) March 2017, pp.30-34.
- [12] Brown K. Real-Time Monitoring in Supply Chains. 2022.
- [13] IoT Applications in Agriculture and Food Safety. Springer, 2021.
- [14] Lee, S. (2023). "IoT Devices for Food Monitoring Systems"
- [15] Brown, K. (2022). "Comparative Study of Microcontrollers in IoT Systems"
- [16] IoT Hardware Platforms: An Overview. Springer, 2021
- [17] Nuba Shittain Mitu A, B, Vassil T. Vassilev A, Myasar Tabany, Low Cost, Easy-to-Use, IoT and Cloud-Based RealTime Environment Monitoring System Using ESP8266 Microcontroller, International Journal of Internet of Things and Web Services, <http://www.iiar.org/iiar/journals/ijitws>, Volume 6, 2021, ISSN: 2367-9115, pp. 30-44.
- [18] Monitoring The Temperature And Humidity Air In The Room Using A Sensor IOT-Based DHT-11, DOI:10.59934/jaiea.v3i1.329
- [19] S. Kumar, S. Tiwari, V. Kumar, and A. Kumar, "IoTbased smart agriculture system using DHT11 and Arduino," 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies

(ICCCNT), Kharagpur, India, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225307.

[20] S. A. Soliman, M. S. A. El-Din, and A. F. A. Soliman, "IoT based gas leakage detection and notification system using MQ4 sensor," 2019 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCEEE), Cairo, Egypt, 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICCEEE47785.2019.9061054.

[21] S. Yadav and S. Prakash, "IoT-based real-time monitoring and controlling of exhaust fan using NodeMCU," 2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, 2019, pp. 739-742, doi: 10.1109/ICCMC.2019.8827229.

Дипломдық жоба (жұмыс) бойынша

РЕЦЕНЗИЯ

Абаева Құралай Русланқызы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі

Орындалды:

а) Графикалық бөлім 3 парақтарда
б) түсіндірме жазба 45 беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыстың тақырыбы қазіргі таңда аса өзекті мәселелердің бірі – азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған. IoT технологияларын қолдану арқылы тағам өнімдерін сақтау жағдайларын нақты уақыт режимінде бақылау – өнеркәсіптік автоматтандырудың маңызды бағыты болып табылады. Бұл мәселенің көтерілуі – заман талабына сай шешім ұсынып отырғандығын көрсетеді.

Жұмыс құрылымы талаптарға толық сай келеді: кіріспе, теориялық шолу, аппараттық бөліктерді сипаттау, жүйені іске асыру, тестілеу, деректерді өңдеу, қорытынды және әдебиеттер тізімі жақсы ұйымдастырылған. Әр бөлім логикалық бірізділікпен берілген, мазмұны нақты әрі терең жазылған. Автор ғылыми әдебиеттер мен заманауи IoT шешімдеріне шолу жасап, өз жобасына негіздеме бере отырып, заманауи DHT11, MQ4 сенсорларын және NodeMCU ESP8266 микроконтроллерін орынды қолданған. Жүйенің нақты блок-сұлбасы, телеграм-бот арқылы деректерді визуализациялау және MATLAB-пен алынған нәтижелер – жұмыстың техникалық және ғылыми деңгейінің жоғары екенін дәлелдейді.

Ұсынылған жүйе азық-түлік сақтау процесін оңтайландырып, нақты уақыттағы бақылау арқылы өнімдердің бұзылу қаупін төмендетуге бағытталған. Бұл шешім ауыл шаруашылығы, логистика және тамақ өнеркәсібі салаларында тікелей қолдануға жарамды. Мұндай жүйелердің коммерциялық нұсқаларын караганда, студент өз жобасын үнемді әрі қолдануға ыңғайлы етіп жүзеге асырған.

Абаева Құралай Русланқызының дипломдық жұмысы өзінің құрылымы, мазмұны, ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы бойынша барлық талаптарға сай келеді. Студент зерттеу жұмысын орындау барысында заманауи технологияларды меңгеріп, өздігінен шешім қабылдай алатын, техникалық сауатты маман екенін көрсетті.

Жұмысты бағалау

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал студент Абаева Құралай Русланқызына 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Аппараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынамын.

Рецензент

М.Тынышбаев атындағы
АЛТ университеті, PhD,
«АКТ» кафедрасының
ассистент-профессоры
Мәдібайұлы Ж.

«20» 05 2025 ж.



ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Абаева Құралай Русланқызы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі

Абаева Құралай Русланқызының 6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша жазған «IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі» тақырыбындағы дипломдық жұмысы қазіргі заманғы талаптарға сай, өзекті әрі тәжірибелік маңызға ие.

Дипломдық жұмыста IoT (Internet of Things) технологиясының теориялық негіздері терең қарастырылған, сондай-ақ азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі рөлі нақты мысалдармен талданған. Зерттеу барысында студент температура мен газ деңгейін өлшейтін сенсорлар мен желдеткіш басқару құрылғыларын пайдаланып, нақты уақытта бақылау жүргізуге арналған жүйе жобалап, сәтті іске асырған. Жүйенің архитектурасы заманауи техникалық талаптарға сай құрастырылған және тиімділігі тәжірибе жүзінде тексерілген. Жиналған деректерді Telegram арқылы бақылау мүмкіндігі – жұмыстың практикалық қолдану аясын кеңейтеді.

Абаева Құралай зерттеу жұмыстарын орындау барысында өз бетімен ізденіп, теориялық және практикалық білімін үйлесімді қолдана білді. Жұмыстың құрылымы, мазмұны және ғылыми деңгейі тиісті талаптарға сай. Дипломдық жұмыста қойылған мақсат пен міндеттер толық орындалған, алынған нәтижелер нақты, дәлелді және ғылыми жаңалығы бар.

Студент, Абаева Құралай Русланқызы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «95/А/ өте жақсы» деп бағаланды, ал Абаева Құралай Русланқызын 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,
техника ғылымдарының магистрі

Марксұлы С.
«26» 05 2025 ж.

**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: Абаева Құралай Русланқызы

Тақырыбы: IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.8

Өріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

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:

2025-05-22

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абаева Құралай Русланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 0.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 0

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:

2025-05-22

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Абаева Құралай Русланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: IoT негізіндегі азық-түлік сапасын қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 0.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 0

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:

2025-05-22

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт