

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ 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

Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы

«Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу»

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 ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

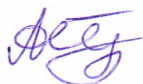
«20» 05 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын
пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:



Сатыбалды Ә.Б.

Пікір беруші

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

Мәлібайұлы 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 жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы*

Тақырыбы *«Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу»*

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2025 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: 1) *Негізгі платформа: Raspberry Pi (модель Raspberry Pi 4 ұсынылады).* 2) *Датчиктер: PM2.5 және PM10 бөлшектерін анықтауға арналған датчик (SDS011 немесе аналогы).* 3) *Температура және ылғалдылық датчигі (DHT22).* 4) *CO₂ және басқа газдар деңгейін өлшеу үшін MQ-135 датчигі.* 5) *Қуат көзі: 5В, 3А адаптері (Raspberry Pi үшін).* 6) *Деректерді сақтау және көрсету: IoT платформалары (Thingspeak, Blynk немесе MQTT сервері).* 6) *Жұмыс қашықтығы: Wi-Fi немесе Ethernet арқылы интернетке қосылу.* 7) *Датчиктерді сыртқы ортада қорғау үшін IP54 деңгейіндегі корпус.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) *Ауа сапасына мониторинг жүргізу қажеттілігін және қолдану салаларын зерттеу.* б) *Raspberry Pi платформасында IoT жүйесін әзірлеудің негізгі қадамдарын анықтау.* в) *Ауа сапасын анықтайтын датчиктерді таңдау, қосу және калибрлеу.* г) *Деректерді жинау, өңдеу және сақтау алгоритмін әзірлеу.* д) *IoT платформалары арқылы деректерді визуализациялау және алыс қашықтықта мониторинг жүргізу.* е) *Жүйені тестілеу және алынған нәтижелерді талдау.*

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) Петин В. "Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. 2-е изд." Виллен М. "IoT-программирование. Создание приложений для интернета вещей." ISBN: 978-5-4461-1477-6. 3) Изучаем программирование на Python. Бэрри П. ISBN: 978-5-699-98595-1. 4) Говорун Е. "Интернет вещей: основы и применение." ISBN: 978-5-496-03092-9. 5) Официальная документация Raspberry Pi и датчиков (<https://www.raspberrypi.org/documentation>).

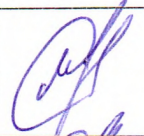
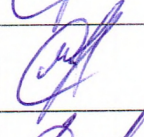
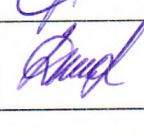
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

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

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	
Теориялық ақпарат	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	29.04.2025	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	19.05.2025	

Ғылыми жетекшісі

Марксұлы С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Сатыбалды Ә.Б.

Күні «02» ақпан 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл жұмыста көлік құралдары мен өнеркәсіптік шығарындылар салдарынан туындайтын ауа ластануын нақты уақыт режимінде бақылауға арналған жүйе әзірленді. Жүйе Raspberry Pi платформасы негізінде Заттар интернеті (IoT) және сымсыз сенсорлық желілер (WSN) технологияларын қолдану арқылы жүзеге асырылды. Бұрынғы классикалық бақылау құрылғыларының шектеулерін жеңу үшін бір тақталы компьютерлер (SBC) пайдаланылды. Олар жоғары жылдамдықты өңдеу мүмкіндігімен және бағдарламалау жеңілдігімен ерекшеленеді. Жүйе CO, CO₂, NH₃ және NO_x сияқты газдарды анықтайтын сенсорлармен жабдықталған. Деректерді сақтау және талдау үшін ThingSpeak ашық бастапқы кодты бұлттық платформасы қолданылды. Нәтижесінде әзірленген прототип арзан, қолжетімді, оңай қолданылатын және шынайы уақыттағы деректерді ұсынатын тиімді шешім болып табылады.

АННОТАЦИЯ

В данной работе разработана система для мониторинга загрязнения воздуха в реальном времени, вызванного выбросами транспортных средств и промышленных предприятий. Система реализована на основе платформы Raspberry Pi с использованием технологий Интернета вещей (IoT) и беспроводных сенсорных сетей (WSN). Для преодоления ограничений классических устройств мониторинга были использованы одноплатные компьютеры (SBC), которые отличаются высокой скоростью обработки данных и простотой программирования. Система оснащена датчиками для определения газов, таких как CO, CO₂, NH₃ и NO_x. Для хранения и анализа данных применялась облачная платформа с открытым исходным кодом ThingSpeak. В результате разработанный прототип является недорогим, доступным, простым в использовании и обеспечивает эффективный мониторинг данных в режиме реального времени.

ABSTRACT

In this work, a system was developed for real-time monitoring of air pollution caused by vehicle emissions and industrial discharges. The system was implemented based on the Raspberry Pi platform using Internet of Things (IoT) and Wireless Sensor Network (WSN) technologies. To overcome the limitations of traditional monitoring devices, single-board computers (SBC) were used, offering high data processing speed and ease of programming. The system is equipped with sensors capable of detecting gases such as CO, CO₂, NH₃, and NO_x. Data storage and analysis were carried out using the ThingSpeak open-source cloud platform. As a result, the developed prototype is low-cost, accessible, easy to use, and provides efficient real-time data monitoring.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Ауа сапасына мониторинг жүргізу қажеттілігі және қолдану салаларына шолу	8
1.1 Алматы қаласындағы ластану мәселесі	8
1.2 Алматы қаласының қолданыстағы мониторинг жүйелеріне шолу	16
1.3 Зерттелген мониторинг жүйелерінің салыстырмалы талдауы	24
2 Ауа сапасын бақылау жүйесін wsn сымсыз сенсорлы желі технологиясын пайдалана отырып дамыту	25
2.1 Жүйенің аппараттық бөлігін жобалау	25
2.2 Жүйенің бағдарламалық бөлігін жобалау	32
2.3 Сымсыз сенсорлық желіні құру	34
2.4 XBee Shield және ZigBee желісінің сипаттамасы	36
3 Raspberry Pi негізінде жүзеге асырылған IoT технологиялы ауа сапасын бақылау жүйесі	38
3.1 Ауа сапасын бақылау жүйесі архитектурасы	40
3.2 Ауа сапасын бақылау жүйесі аппараттық модель және жұмыс барысы	41
3.3 Деректерді талдау және ескерту хабарламаларын генерациялау	45
3.4 Ауа сапасына мониторинг жүргізу жүйесінің аппараттық бөлігі	48
Қорытынды	53
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	54
Қосымша А	56
Қосымша Ә	57
Қосымша Б	59

KIPICPE

Қазіргі уақытта қоршаған ортаның ластануы - бүкіл әлем қауымдастығы алдында тұрған ең өзекті және күрделі мәселелердің бірі. Әртүрлі көздерден, әсіресе көлік құралдары мен өнеркәсіптік кәсіпорындардан шығатын зиянды газдар тірі организмдердің денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіріп отыр. Соңғы зерттеулер Үндістан сияқты елдерде ауа сапасының күрт төмендеп бара жатқанын көрсетеді [1]. Мемлекеттер тарапынан шығарындыларға шектеулер енгізілгенімен, экологиялық жағдайды тұрақты бақылау мен жедел әрекет ету үшін нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін тиімді мониторинг жүйелері қажет екендігі анықталды.

Осы контексте газ сенсорларымен біріктірілген сымсыз сенсорлық желілер (WSN) ауа сапасын бақылау жүйесінде (AQMS) маңызды нүктелердегі ластану деңгейін қашықтықтан бақылай отырып, тиімді шешім ұсынады. Орталық экологиялық бақылау кеңесі (Central Pollution Control Board) ауа сапасының индексін бақылау әдістемесін енгізгенімен, көлік құралдарының санының күрт артуы мен урбанизацияның жылдам қарқын алуы қалалардағы ауа сапасының нашарлауын тоқтата алмады.

Жаһандық жылынудың негізгі себептерінің бірі ретінде атмосфераға көмірқышқыл газының (CO_2) көп мөлшерде шығарылуы көрсетіледі. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі дәстүрлі әдістер қолданылып келеді: қазба отындарының тұтынылуын есептеу, CO_2 флюксін инфрақызыл сәулелену арқылы өлшеу және қамту аймағы кең WSN жүйелерін орналастыру. Мәселен, [3] зерттеуінде CO_2 газына сезімтал 100 тораптан тұратын WSN желісі ұсынылып, тиімді деректер жинау үшін арнайы маршруттау стратегиялары қолданылған. Ал [4], [6], [7] еңбектерінде көліктен және өнеркәсіптен шығатын газдарды бақылауға арналған түрлі желілік архитектуралар әзірленген. Әсіресе, әмбебап сенсорлық желілер негізіндегі мониторинг шешімдерінің Google Maps сияқты платформалар арқылы деректерді жариялауға мүмкіндік беретіні атап өтілген.

Осы дипломдық жұмыста Raspberry Pi платформасы негізінде ауа сапасына мониторинг жүргізетін орталықтандырылған жүйе жобаланып, оған Заттар интернеті (IoT) технологиялары интеграцияланған. Ұсынылған жүйеде сенсор торабы, деректер базасы және бұлттық сервистер арасында деректер алмасу Wi-Fi (IEEE 802.11 N) технологиясы арқылы жүзеге асырылады. Жоба көміртек оксиді (CO), көмірқышқыл газы (CO_2), аммиак (NH_3) және азот оксидтері (NO_x) сияқты зиянды газдарды анықтау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. ThingSpeak ашық бастапқы кодты бұлттық платформасын қолдану арқылы деректерді өңдеу және сақтау процестері оңтайландырылды.

Осылайша, ұсынылып отырған жүйе арзан, қолжетімді, қолдануға ыңғайлы және шынайы уақыт режимінде жұмыс істейтін тиімді шешім ретінде экологиялық мониторинг саласында өзекті маңызға ие болады.

1 Ауа сапасына мониторинг жүргізу қажеттілігі және қолдану салаларына шолу

1.1 Алматы қаласындағы ластану мәселесі

Ауаның ластану деңгейін анықтау үшін төрт негізгі көрсеткіш қолданылады – бұл индекстер мен концентрациялар. Олар әр елде әртүрлі әдістермен өлшеніп, есептеледі, алайда басты мақсат – халықтың денсаулығын жоғары деңгейдегі ластанудан қорғау. Бұл жүйеге нақты уақыттағы ластану туралы хабарламалар, шамадан тыс ластанған жағдайда өзін қалай ұстау керек деген ұсыныстар, алдағы уақыттағы ластану деңгейін болжау және тағы басқалары кіреді. Төрт негізгі көрсеткіш пен норматив – бұл төрт қысқартылған атау:

- ШРК – Шекті рұқсат етілген концентрация,
- АЛИ – Атмосфералық ластану индексі,
- СИ – Стандартты индекс,
- ҚПШ – Қайталану жиілігі бойынша шекті шоғырлану.

Қазақстанда және ТМД елдерінде санитарлық-гигиеналық норма ретінде шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) қолданылады. ШРК – бұл қоспаның шекті деңгейі, ол адамның қазіргі немесе болашақ ұрпақтарына тікелей немесе жанама жағымсыз әсер етпейтін; еңбекке қабілеттілігін төмендетпейтін; өзін жайсыз сезінуіне немесе тұрмыстық жағдайының нашарлауына әкелмейтін концентрация.

Бұл мәндер «Қалалық және ауылдық елді мекендердегі атмосфералық ауаға арналған гигиеналық нормативте» көрсетілген. Бұл құжат бекітілгенге дейін Ресейдің «Атмосфералық ластануды бақылау жөніндегі басшылық» (РД 52.04.186-89 М.) құжаты қолданылған. Қазіргі қазақстандық нормативтер де осы ресейлік стандарттарға негізделіп, кейбір түзетулер енгізілген [1].

ШРК бастапқы мәндері 1970-жылдары Кеңес Одағының ғылыми институттарында алынған және олар қоршаған ортаның сіңіру қабілеті мен ластанушы заттардың атмосферада таралу теориясына негізделген. Бұл табиғи ортаның адамның шаруашылық әрекетінен туындайтын қалдықтарды сіңіру қабілеті дегенді білдіреді. Егер бұл қабілеттен асатын жүктеме болса, табиғатқа зиян келтіріледі. Әрбір зат үшін оның қауіптілік деңгейі мен халыққа әсеріне қарай жеке ШРК белгіленеді.

ШРК ұғымы тек ауаға ғана емес, суға, топыраққа, өнеркәсіптік және тағам өнімдеріне де қолданылады.

Қазіргі қолданылып жүрген нормативтер 2015 жылдың ақпанында ҚР Ұлттық экономика министрінің бұйрығымен бекітілген. 2014 жылы министрліктердің қайта құрылуына байланысты халықтың санитарлық-эпидемиологиялық саламаттылығын бақылау мен реттеу функциялары ҚР Ұлттық экономика министрлігінің Тұтынушылар құқықтарын қорғау комитетіне жүктелді.

Кесте 1.1 – Ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациялары (ШРК)

Қоспа атауы	ШРК мәні, мг/м ³	Қауіптілік класы
	макс. бір реттік	тәуліктік орташа
Взвешенные вещества	0,5	0,15
PM 10 бөлшектері	0,3	0,06
PM 2,5 бөлшектері	0,16	0,035
Күкірт диоксиді	0,5	0,05
Көміртек оксиді	5,0	3,0
Азот диоксиді	0,2	0,04
Азот оксиді	0,4	0,06
Озон	0,16	0,03
Сероводород	0,008	0,03
Фенол	0,01	0,003
Фторлы сутек	0,02	0,005
Хлор	0,1	0,03
Тұз қышқылы	0,2	0,1
Қорғасын	0,001	0,0003
Аммиак	0,2	0,04
Күкірт қышқылы	0,3	0,1
Формальдегид	0,05	0,01
Бензол	0,3	0,1
Мышьяк	0,4	0,0003
Хром (VI)	0,3	0,0015
Кадмий	0,2	0,0003
Мыс	0,3	0,002

Кестеде 1.2 зат бойынша ШРК, олардың қауіптілік көрсеткіштері мен қауіптілік класы көрсетілген. Алайда нақты тізімде 684 атаулы затқа арналған нормативтер бар.

Бақылау көбіне ШРК жиі асатын немесе оған жақын заттарға жүргізіледі. Бұл тізім елді мекеннің негізгі ластау көздеріне және басқа да факторларға байланысты өзгеріп отырады. ДДСҰ-ның ұсынысына сәйкес, басым ластаушы заттар ретінде PM10 және PM2.5 бөлшектері, NO₂, SO₂ және жерге жақын озон (O₃) танылған.

ШРК екіге бөлінеді:

- Максималды бір реттік (ШРК_{мр}) – бұл қысқа уақыттағы әсерден туындайтын рефлекторлық әсерді бағалау үшін қолданылады (иіс сезу, шырышты тітіркену, тыныс алу қиындығы).

- Тәуліктік орташа (ШРК_{сс}) – ұзақ әсер ету арқылы туындайтын резорбтивтік әсерді бағалау үшін қолданылады (жалпы уыттылық, эмбриоуыттылық, мутагендік әсерлер және т.б.).

Алматы қаласында бақылау РМ-10 бөлшектері, күкірт диоксиді, көміртек пен азот оксидтері, фенол, формальдегид және ауыр металдар бойынша жүргізіледі.

Атмосфералық ластанудың кешенді индексі (АЛИ5) – бұл бес зат бойынша есептелетін интегралды көрсеткіш, олардың ШРК мәні мен қауіптілік класы ескеріліп есептеледі.

Ауаның ластану деңгейі стационарлық бекеттерде алынған ауа үлгілерін талдау нәтижелері бойынша бағаланады. Негізгі сапа көрсеткіші – елді мекендердегі ауадағы зиянды заттардың ШРК мәні. Қалалардағы атмосфералық ластану деңгейі осы бес зат бойынша есептелетін комплекс индексі (АЛИ5) арқылы анықталады.

$$ИЗА_5 = \frac{q_{ср.i}}{ПЭК_i} \cdot C_i \quad (1.1)$$

мұндағы:

$q_{ср.i}$ – i -заттың орташа концентрациясы,

$ШРК_i$ – i -заттың тәуліктік шекті рұқсат етілген концентрациясы,

C_i – i -заттың қауіптілік класына байланысты коэффициент, ол сәйкесінше 1, 2, 3 және 4-ші қауіптілік кластары үшін тиісінше 1.7; 1.3; 0.1 және 0.9 мәндеріне тең деп алынады.

Есептеу жүргізілгеннен кейін алынған мән индекс шамасына қарай белгілі бір ластану деңгейіне жатқызылады. 1.2-кестеде көрсетілгендей, бұл жүйеде ластанудың 4 дәрежесі анықталған – «төмен» деңгейден бастап «өте жоғары» деңгейге дейін.

Кесте 1.2 – Ластану деңгейлерінің жіктемесі

Градация	Атмосфералық ластану деңгейі	Бағалау
I	Төмен	0–4
II	Артқан	5–6
III	Жоғары	7–13
IV	Өте жоғары	> 14

Стандартты индекс (СИ) – бұл қаладағы кез келген ластаушы заттың ең жоғарғы бір реттік концентрациясының ШРК-ге қатынасы. Яғни, бұл жеке индикатор. Мысалы, егер 8 зат бойынша бақылау жүргізіліп, әрқайсысы бойынша ең жоғары бір реттік концентрация анықталса, СИ есептеуде сол айда ең жоғары мәнге ие болған зат есепке алынады.

СИ-дің ИЗА-дан айырмашылығы – ол зиянды заттың ұзақ әсерін ескермейді, тек бір «ерекшеленген» заттың рұқсат етілген деңгейге қатынасын көрсетеді, яғни барлық қоспалардың жиынтық әсерін емес.

Наибольшая повторяемость (НП) – бұл нормалардың асырылу жағдайларының жалпы бақылау санына пайыздық қатынасын көрсетеді.

ИЗА сияқты, атмосфералық ластану деңгейі төрт градация бойынша бағаланады. Егер СИ мен НП әртүрлі градацияға түссе, онда жоғарғы мән бойынша бағаланады (1.3-кесте).

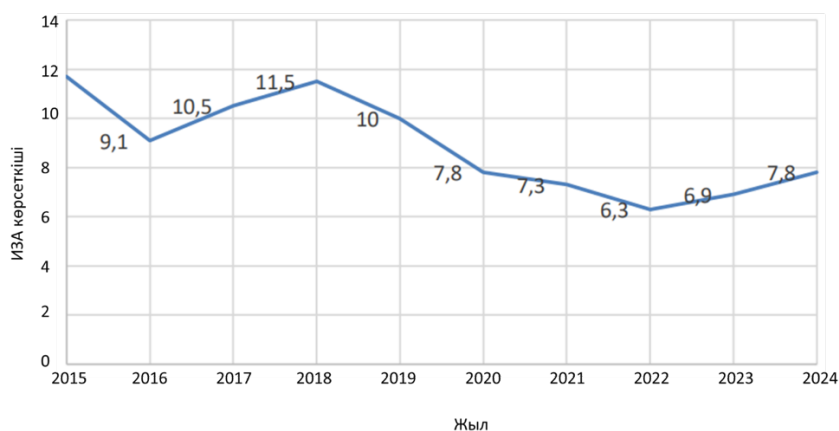
Кесте 1.3 – Атмосфералық ластану деңгейінің көрсеткіштері

Градация	Атмосфералық ластану көрсеткіштері	Жылдық бағалар
I	Төмен	СИ: 0–1 НП: 0% ИЗА: 0–4
II	Артқан	СИ: 2–4 НП: 1–19% ИЗА: 5–6
III	Жоғары	СИ: 5–10 НП: 20–49% ИЗА: 7–13
IV	Өте жоғары	СИ: >10 НП: >50% ИЗА: ≥ 14

«Қазгидромет» бюллетеньдері бойынша 2014 жылдан 2019 жылға дейінгі ИЗА индексі өзгерісінің динамикасы 1.1-суретте келтірілген.

Алматы қаласындағы атмосфералық ластану индексінің соңғы екі жылда төмендегеніне қарамастан, мәндер әлі де «жоғары» ластану деңгейі шегінде қалып отыр.

2014 жылға дейін бұл индекс Қазақстан қалаларында ай сайын есептеліп, алынған мәндер басқа қалалармен және өткен айлармен салыстырылып отырды. 2014 жылдың сәуірінде «Қоршаған орта жағдайы туралы құжаттарды жасау бойынша басшылық» қабылданғаннан кейін, ИЗА жылына бір рет есептелетін болып бекітілді [1].



1.1-сурет – Алматы қаласындағы ИЗА көрсеткішінің өзгеру графигі

Маңызды ескерту: 2015 жылы ШРК нормативі әлсіретілді, сондықтан ауа сапасының жақсарғаны сияқты көрінуінің себебі – осы. Бұл өзгерістер 2015 жылдың 28 ақпанындағы №168 СанПиН нормативтерінде кейбір заттардың шекті мөлшерінің қайта қаралуына байланысты болды. Жаңа талаптар елді мекендердегі ауа сапасына қойылатын алдыңғы талаптармен салыстырылды.

Мысалы:

- Азот диоксиді (NO_2) үшін ШРК_{мр} 0,085 мг/м³-тен 0,2 мг/м³-ке дейін арттырылды,
- Формальдегид үшін ШРК_{мр} 0,035 мг/м³-тен 0,05 мг/м³-ке, ал ШРК_{сс} 0,003 мг/м³-тен 0,01 мг/м³-ке дейін арттырылды.
- Керісінше, бензол үшін ШРК_{мр} 1,5 мг/м³-тен 0,3 мг/м³-ке, ал мышьяк үшін 0,003 мг/м³-тен 0,0003 мг/м³-ке дейін қатаңдатылды.

Экологиялық жағдайдың нашарлауы мен халық денсаулығының төмендеуі арасындағы нақты сандық байланыстарды дәлелдеу қиын, дегенмен бұл байланыстың бар екеніне күмән жоқ.

С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті бұл байланысты 2012 жылдан бері зерттеп келеді. 2014 жылы университет зерттеушілері Алматы қаласындағы медико-экологиялық жағдайды бағалады. Зерттеу нәтижелері туралы «Ғарыш-Экология» РМК медициналық бағдарламалар бөлімінің аға ғылыми қызметкері, сол кезде ҚазҰМУ-да қызмет еткен Арман Баймұхамедов айтып берді.

Оның жұмыс кезеңінде зерттеу нысандары – атмосфералық ауа және халықтың денсаулығы болды.

Алматы қаласындағы атмосфералық жағдайға мониторинг жүргізуді «Қазгидромет» кәсіпорнының еншілес мемлекеттік кәсіпорны – «Алматы қаласының гидрометеорологиялық мониторинг орталығы» жүзеге асырады. Арман Баймұхамедовтің айтуынша, қазіргі уақытта бұл мекеме атмосфералық ауа сапасын 5 жерүсті (№27, 28, 29, 30, 31) және 6 биіктіктегі (№1, 2, 3, 4, 5, 6) автоматтандырылған бекетте бақылайды.

Сонымен қатар, 5 стационарлық бекетте (№1, 12, 16, 25, 26) қолмен үлгі алу да жүргізіледі.

Барлық бекеттерде күкірт диоксиді, көміртек оксиді, азот оксидтері мен диоксидтері өлшенеді. Жалпы суспензияланған заттар (TSP) мен PM_{2.5} және PM₁₀ бөлшектеріне қатысты өлшеулер де 5 постта (№1, 2, 3, 4, 5, 6) жүргізіледі.

Университет зерттеушілер тобы бұрын жүргізілген зерттеулер мен соңғы деректерге сүйене отырып, 2009–2016 жылдар аралығындағы «Қазгидромет» РМК мәліметтерін талдау негізінде ауа ластану деңгейін анықтады.

Ауа сапасы екі негізгі критерий бойынша бағаланды:

1. ИЗА5 – ШРК-мен нормаланған бес заттың мәндері және олардың қауіптілік кластары ескеріліп есептелетін атмосфералық ластанудың кешенді индексі.

2. Қалқып жүрген бөлшектер – қауіп талдау әдіснамасына сәйкес бағаланды.

Айта кету керек: қалқып жүрген заттар мен жекелеген бөлшектер ИЗА құрамына кірмейді, дегенмен 2006 жылы Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) қабылдаған «Атмосферадағы қалқып жүрген заттарға мониторинг жүргізудің құрылымдық жоспары» келісімінде оларды басым ластаушылар тізіміне енгізу ұсынылған.

ДДҰ пікірінше, елді мекендердегі атмосфералық ауа сапасын адам денсаулығына аса қауіпті заттар бойынша бағалау қажет.

Басым ластаушылар қатарына PM10, PM2.5, NO_x, SO₂ және озон (O₃) жатады. Қазақстанның атмосфералық ауа сапасын бақылау жүйесінде (ИЗА) осы басым заттардан азот және күкірт диоксиді, сондай-ақ қалқып жүрген заттар ескерілген. Алайда дисперстік құрам тек 5 постта анықталады.

Алматыда басым ластаушылар ретінде азот диоксиді, күкірт диоксиді және PM2.5 бөлшектері танылды.

Маманның айтуынша, шаңның биологиялық белсенділігі оның дисперстік құрамына – яғни бөлшектердің ұсақталу дәрежесіне байланысты. Бөлшектердің ұсақтығы олардың ауада ұзақ қалуына әсер етеді – сондықтан оларды қалқып жүрген бөлшектер деп атайды.

«Кәдімгі көзге көрінетін шаңнан айырмашылығы, бұл бөлшектер ұсақ әрі ұзақ уақыт ауада қалады, бронх пен альвеолаларға дейін еніп кетеді, сол себепті оларды респирабельді фракциялар деп атайды».

Егер шаң бөлшегінің мөлшері 10 мкм-нан асса, олар тыныс жолдарына енбейді.

- 10–7 мкм – мұрын қуысында жиналады,
- 7–4,7 мкм – тамаққа жетеді,
- 4,7–3,3 мкм – кеңірдек пен алғашқы бронхтарға түседі,
- 3,3–2,1 мкм – екінші деңгейлі бронхтарға,
- 2,1–1,1 мкм – терең бронхтарға,
- 1,1–0,65 мкм – бронхиолдарға,
- 0,65–0,43 мкм – өкпе альвеолаларына ене алады.

Барлық басым ластаушылар бойынша Алматыда әртүрлі жылдары ШРК-дан асу жағдайлары тіркелген. 8 жылдық бақылау нәтижесінде азот диоксидімен ластану деңгейі өте жоғары болған – 1,5–2,75 ШРК аралығында. Азот диоксиді тыныс алу жолдары мен қанды зақымдайтыны белгілі.

- Ластану деңгейі біртіндеп өсіп, 2013 жылы 2,75 ШРК шыңына жетті.

- 2014 жылы – 1,9 ШРК-ке дейін төмендеді,
- 2015 жылы – 2,5 ШРК-ке қайта көтерілді,
- Соңғы жылы – 2 ШРК-ке дейін төмендеді.

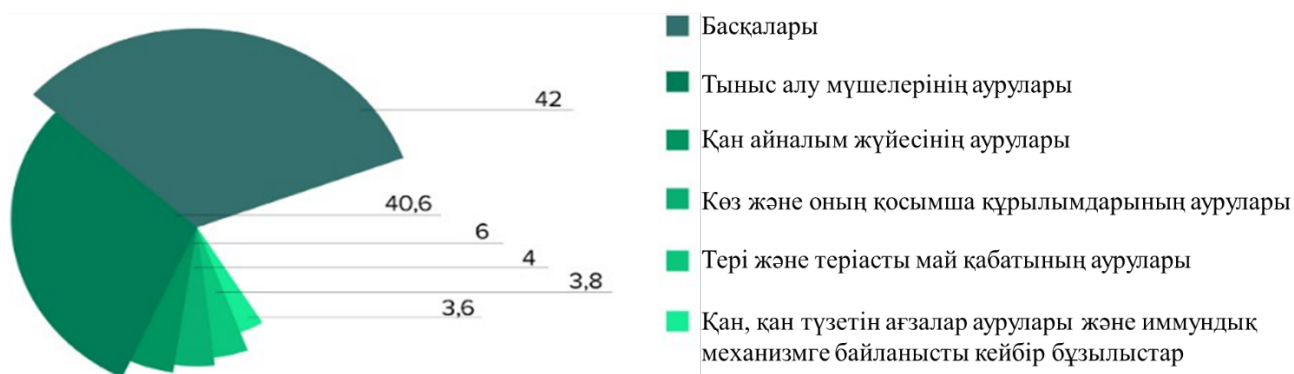
Алматыда негізгі ластаушылар бойынша (азот диоксиді, күкірт диоксиді және PM2.5 бөлшектері) халық денсаулығына обырлық емес қауіптердің жоғары даму ықтималдығы тіркелді.

Бұл нені білдіретінін түсіну үшін 2014 жылы С.Д. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ ғалымдары жүргізген ғылыми зерттеу нәтижелеріне жүгіну қажет. Бұл зерттеу «Алматы қаласы тұрғындарының денсаулығына төнетін қауіптерді бағалау және басқару жобасына дайындыққа арналған медико-экологиялық зерттеулер» аясында жүргізілді.

Осы мәліметтерге сәйкес (1.2-сурет), 2013 жылы халықтың бастапқы сырқаттануының негізгі себептерімыналар болған:

- Тыныс алу жүйесі аурулары – 40,6% (29412,1‰),
- Қанайналым жүйесі – 6,0% (4320,2‰),
- Көз және оның қосымша аппараты аурулары – 4,0% (2932,4‰),
- Тері және теріасты май тіні аурулары – 3,8% (2773,0‰),
- Қан, қан түзуші органдар аурулары және иммунитет бұзылыстары – 3,6% (2622,9‰).

Осы 5 аурулар класы барлық сырқаттардың 58%-ын құрады.



1.2-сурет – 2020 жылы Алматы қаласындағы бастапқы сырқаттанушылықтың негізгі себептері

2018 жылы ересектер арасындағы сырқаттанушылық себептерінің ішінде алғашқы орынды тыныс алу органдарының аурулары иеленді – бұл барлық аурулардың 23,8%-ын құрады. Екінші орында – қанайналым жүйесінің аурулары – 11,3%, үшінші орында – көз және оның қосалқы аппараттарының аурулары – 4,3%.

Одан кейін:

- тері және теріасты май қабатының аурулары – 3,8%,
- қан, қан түзуші ағзалар мен иммундық механизмге қатысы бар жекелеген бұзылыстар – 3,2%.

Жалпы алғанда, осы бес ауру түрі Алматы қаласы ересек тұрғындарының барлық сырқаттарының 46,4%-ын құрады.

Тыныс алу аурулары ішінде:

- пневмония – 1,7% (1,9‰),

- созылмалы және нақтыланбаған бронхит, эмфизема – 4,4% (4,9‰),
- бронхиялық демікпе – 0,6% (0,7‰).

Алматы қаласындағы қоршаған ортаның ластануы – бұл өткір экологиялық мәселе, ол физика-географиялық және табиғи-климаттық жағдайлармен күрделене түседі. Қала табиғи шұңқырда орналасқан, мұнда жиі тыныш ауа райы, тұмандар және жерге жақын инверсиялар байқалады, бұл ауадағы қоспалардың таралуын қиындатады. Соның салдарынан, Іле Алатауының алды аумағы атмосфераның өздігінен тазару қабілеті өте төмен аймаққа жатады.

Алматы қаласының «Гидрометеорологиялық мониторинг орталығы» ДГП-ның соңғы 20 жылдағы бақылаулары көрсеткендей, жыл ішінде 292 күнге дейін толық желсіздік жағдайлары тіркелген [3].

Негізгі себеп – таулы жотаның әсері, ол трансконтинентальды ауа ағыстарының солтүстікке еркін қозғалуына кедергі жасайды. Сонымен қатар, қаланың дұрыс жоспарланбаған құрылысы да ауа ағысының табиғи қозғалысына кедергі келтіреді.

Ауа ластануының негізгі көздері:

- автомобиль көлігі,
- жылу энергетикасы кәсіпорындары,
- өнеркәсіптік нысандар.

Ауаның ластануы топырақ пен беткі өзендердің ластануына да алып келеді.

Алматыда табиғи және климаттық факторлар қоршаған ортаның жоғары ластану деңгейін қалыптастыруға қолайлы жағдай жасаған. Сонымен қатар, қаланың дамуы мен индустриялануы кезінде қаланың физикалық-географиялық ерекшеліктері мен экологиялық тепе-теңдік ескерілмеген.

Қала аумағында автокөліктер саны бақылаусыз көбейіп келеді – қазіргі таңда 523 мыңнан астам, ал күн сайын қалаға 50 мыңға жуық қала сырты көлігі кіреді.

2019 жылы атмосфераға 170 мың тонна ластаушы заттар шығарылған. Сол жылы ШРК келесі заттар бойынша артық тіркелді:

- шаң – 2,2 есе,
- көміртек оксиді – 6,8 есе,
- азот диоксиді – 8 есе,
- фенол – 1,2 есе,
- формальдегид – 1,5 есе.

Соңғы жылдары атмосфералық ластану индексі 12–14 бірлік шамасында.

Дегенмен, нақты ластанудың негізгі көзі белгісіз. «Airkaz» және «AUA Group» қоғамдық ұйымдарының пікірінше, басты ластау көзі – Алматы маңындағы үш ЖЭО, ал «Қазгидромет» РМК керісінше негізгі ластаушы – автокөлік және жеке сектордағы қатты отын жағатын пештер деп есептейді.

Бұл құрылымдардың деректері жиі сәйкес келмейді, бұл болса бүгінгі күні ауа сапасы бойынша жүргізіліп жатқан зерттеулер мен өлшеулердің шынайылығына күмән тудырады.

1.2 Алматы қаласының қолданыстағы мониторинг жүйелеріне шолу

Қазіргі таңда Алматы қаласында ауа сапасын бақылау және деректерді ұсынумен айналысатын бірнеше құрылым бар:

- ҚР ұлттық гидрометеорологиялық қызметі – «Қазгидромет»
- және «AUA Group» және «Airkaz.org» атты қоғамдық бастамалар.

Қазақстан Республикасының ұлттық гидрометеорологиялық қызметі – «Қазгидромет». Қазақстанда қоршаған ортаның жай-күйін бақылау 1970-жылдары басталған, және бүгінгі күні де Энергетика министрлігіне қарайтын РМК «Қазгидромет» жүргізіп отыр.

Қазіргі уақытта бақылау желісі 46 елді мекенде орналасқан 146 посттан тұрады.

Посттардың орналасуы мен жұмыс тәртібі ҚР Энергетика министрлігімен бекітіледі, қолданылатын стандарттар – бұрынғы КСРО-дан қалған ГОСТ-тар.

Ауа ластануын бақылау бойынша екі категориядағы посттар бар:

- стационарлық,
- маршруттық.

Алматы қаласында бақылаулар тек стационарлық посттарда жүргізіледі, қала ішінде басқа нүктелерде эпизодтық бақылау сирек кездеседі.

Қазіргі қолданылып жүрген стандарт – ГОСТ 17.2.3.01-86 «Елді мекендердегі ауа сапасын бақылау ережелері» [4].

Осы ГОСТ бойынша бақылау былайша ұйымдастырылады:

1. Атмосфера ластануын бақылау үшін 3 категориядағы посттар орнатылады:

- стационарлық,
- маршруттық,
- жылжымалы (факел асты).

2. Стационарлық пост – ластаушы заттардың құрамын үздіксіз тіркеу немесе кейінгі талдауға ауа үлгілерін тұрақты алу үшін арналған.

3. Стационарлық посттар арасынан тірек посттар бөлініп алынады – олар негізгі және кең таралған ластаушы заттардың ұзақмерзімді өзгерістерін анықтауға арналған.

4. Маршруттық пост – белгілі бір жердегі ауа үлгілерін жылжымалы жабдық арқылы тұрақты түрде алу үшін арналған.

5. Жылжымалы (факел асты) пост – нақты ластау көзі астында үлгі алу арқылы сол көздің әсер ету аймағын анықтайды.

Әрбір пост ашық, барлық жағынан жел соғатын, шаң шығармайтын жабындысы бар жерде (асфальт, қатты топырақ, көгал) орнатылуы тиіс. Бұл жасанды нәтижелерді (ағаштар, ғимараттар т.б.) болдырмау үшін қажет.

Стационарлық және маршруттық посттар қаланың өндірістік, көлік, тұрмыстық және табиғи ластану көздерін ескере отырып орналастырылады. Олар көбінесе қаланың орталығында, тұрғын аймақтарда, демалыс аймақтарында және көлік тығыз жүретін жерлерде орналасады.

Жылжымалы бақылау кезінде үлгі алынатын орындар ластау көзінен әртүрлі қашықтықта белгіленеді.

Пост саны мен орналасуы халық санына, аумақ көлеміне, рельефке, өндірістік даму мен көлік желісіне байланысты анықталады.

Бұл ережелер – 1992 жылы ТМД елдерімен бекітілген мемлекетаралық стандарт. Бүгінде ол күшінде.

ГОСТ талаптарына сәйкес, әрбір пост ашық жерде орналасуы керек, ал посттар 0,5–5 км сайын орналастырылуы тиіс.

Бүгінде Алматыда SO_2 (күкірт диоксиді), CO (көміртек оксиді), NO және NO_2 (азот оксидтері мен диоксиді), $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ (фенол), CH_2O (формальдегид), қалқып жүрген бөлшектер мен PM_{10} өлшенеді.

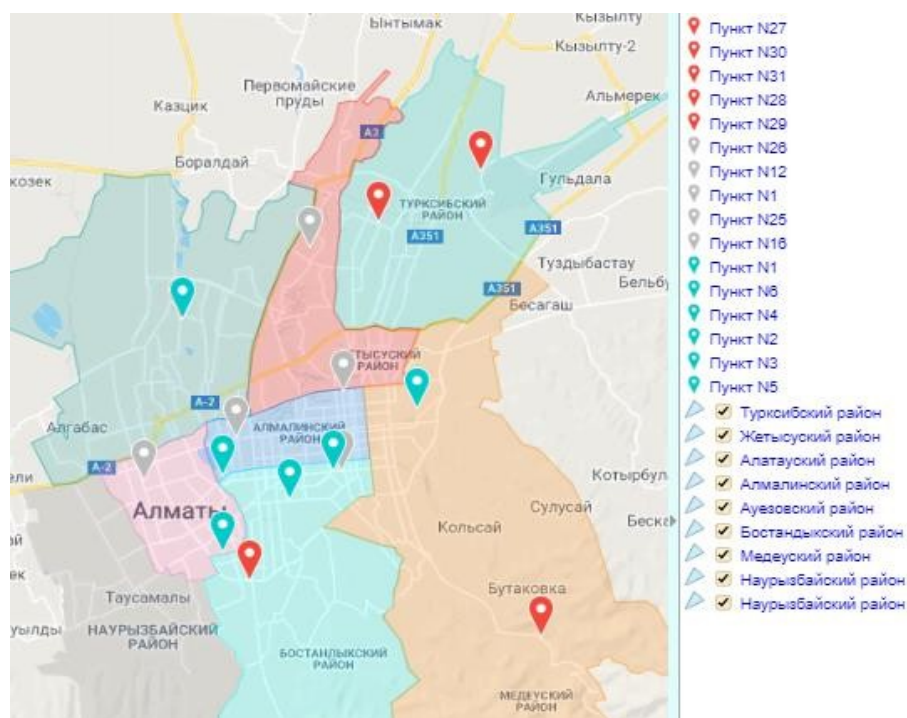
Қаладағы стационарлық бақылау пункттерін (ПНЗ) толығырақ қарастырайық. Олар – белгілі бір жерде орналасқан металл қораптар, ауа үлгілерін алу, зиянды қоспаларды үздіксіз жазу және метеопараметрлерді (температура, ылғалдылық, жел жылдамдығы) өлшеуге арналған құралдармен жабдықталған. 1.3-суретте посттардың орналасу картасы көрсетілген [5].

Қолмен жұмыс істейтін посттарда келесі заттар анықталады:

- қалқып жүрген бөлшектер,
- күкірт диоксиді,
- көміртек оксиді,
- азот диоксиді,
- фенол,
- формальдегид.

Үлгі алу тәулігіне 3 рет, №1 постта – 4 рет жүргізіледі.

Ауыр металдар (кадмий, қорғасын, мышьяк, мыс, хром) концентрациясы да №1 және №12 посттарда өлшенеді.



1.3-сурет – Стационарлық бақылау пункттерінің (ПНЗ) орналасу картасы

Тәулігіне 4 рет үлгі алу – бұл толық бақылау бағдарламасы аясында жүргізіледі, ол бір реттік және тәуліктік орташа көрсеткіштерді анықтауға арналған және күн сайын жергілікті уақыт бойынша сағат 1:00, 7:00, 13:00 және 19:00-де жүзеге асырылады.

Тәулігіне 3 рет үлгі алу (толық емес бағдарлама) – бұл бір реттік концентрацияларды анықтауға арналған, және сағат 7:00, 13:00 және 19:00-де жүргізіледі.

Алматы қаласындағы қолмен жұмыс істейтін бақылау пункттері:

- №1 – Амангелді көшесі мен Сәтпаев көшесінің қиылысы;
- №12 – Райымбек даңғылы мен Наурызбай батыр көшесінің қиылысы;
- №16 – Айнабұлақ-3 ықшам ауданы;
- №25 – Ақсай-3 ықшам ауданы, Маречек көшесі мен Момышұлы көшесінің қиылысы;
- №26 – Тастақ-1 ықшам ауданы, №8 қалалық балалар емханасы.

Үлгі алу аспирациялық әдіспен жүзеге асырылады, яғни белгілі бір көлемдегі ауа сіңіргіш құрылғы арқылы тартылады. Әрі қарай, үлгі арнайы құрылғыда жинақталып, зертханаға жіберіледі – бұл қолмен алынған үлгілерге қатысты.

Автоматтандырылған посттарда болса, бақылау нәтижелерін орнында тіркеуге мүмкіндік беретін аналитикалық құрал-жабдықтар орнатылған [6].

Автоматтандырылған бақылау пункттері 24 сағат бойы үздіксіз режимде жұмыс істейді, әр 20 минут сайынүлгілер алынып, бір реттік және тәуліктік орташа көрсеткіштер алынады.

Тәулігіне әрбір ластаушы зат бойынша 72 үлгі талданады. Анықталатын ластаушы заттар: күкірт диоксиді (SO_2), көміртек оксиді (CO), азот диоксиді (NO_2) және азот оксиді (NO).

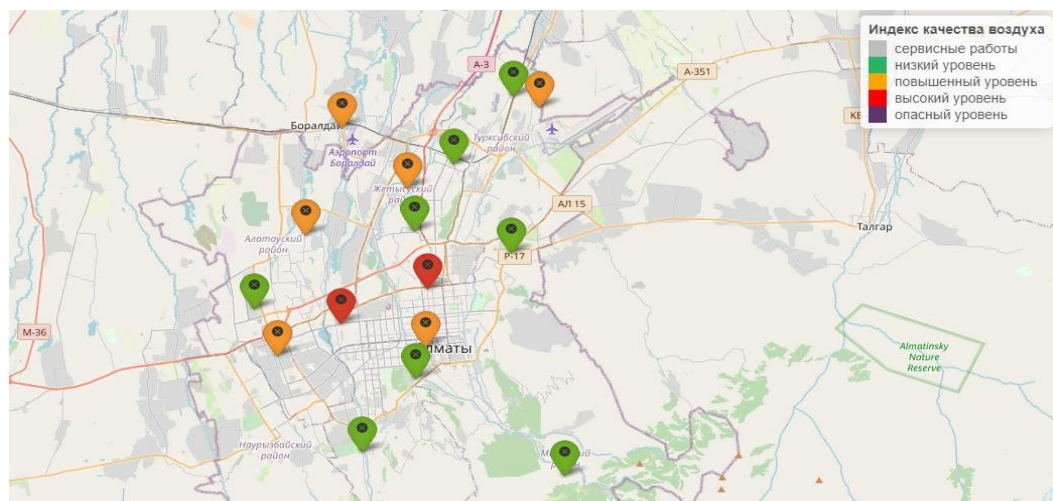
Алматы қаласындағы автоматтандырылған жерүсті бақылау пункттері:

- №27 – Медеу метеостанциясы, Горная көшесі, 548;
- №28 – Аэрологиялық станция (әуежай маңы), Ахметова көшесі, 50;
- №29 – Түркісіб ауданы ІІБ, Р. Зорге көшесі, 14;
- №30 – «Шаңырақ» ықшам ауданы, №26 мектеп, Жанкожа батыр көшесі, 202;
- №31 – Әл-Фараби даңғылы (АО «Зеленстрой» дендропаркі).

Автоматтандырылған биіктік бақылау пункттері:

- №1 – Д.А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институты, Абай даңғылы, 191;
- №2 – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Тимирязев көшесі, 74;
- №3 – ҚазҚСҒЗИ АҚ, Рысқұлбеков көшесі, 28;
- №4 – Алатау ауданы әкімдігі, Шаңырақ-2, Жанкожа батыр көшесі;
- №5 – Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, Сәтбаев көшесі, 22;
- №6 – Достық даңғылы, 72 (Медеу ауданы әкімдігі ғимараты).

Барлық посттардан алынған деректер бекітілген әдістеме бойынша өңделеді және нәтижелері РМК «Қазгидромет» ай сайынғы экологиялық бюллетенінде жарияланады, сондай-ақ Қазақстанның интерактивті картасында көрсетіледі (1.4-сурет).



1.4-сурет – «Қазгидромет» интерактивті ауа сапасы картасы

Ауаның ластануын бақылау және қадағалау посттары келесі түрлерге бөлінеді:

- Стационарлық посттар – жүйелі түрде бақылау жүргізуге арналған (1.5-сурет). Бұл арнайы металл қораптар, олар ауа үлгілерін алу мен талдауға, сондай-ақ метеорологиялық параметрлерді анықтауға арналған жабдықтармен және құралдармен жабдықталған.

- Маршруттық посттар (1.6-сурет) – ауа сапасын үнемі бақылауға арналған авто зертханалар.

Посттардың орналасатын жерлері санитарлық-эпидемиологиялық және гидрометеорологиялық қызмет мекемелерімен бірлесіп таңдалады.

«Елді мекендердегі ауа сапасын бақылау ережелеріне» сәйкес, әрбір пост (категориясына қарамастан):

- барлық жағынан ашық әрі жақсы желдетілетін,
- шаң шығармайтын жабындысы бар (мысалы, асфальт, қатты топырақ, көгал т.б.) алаңда орналасуы тиіс.

Посттардың саны мен орналасуы елді мекеннің халық санына, аумағына және жер бедеріне байланысты анықталады. Сонымен қатар, көлік қозғалысы тығыз жолдар мен өнеркәсіптің даму деңгейі де ескерілуі тиіс[7].



1.5-сурет – Стационарлық пост

Стационарлық посттар әрқашан атмосферада ШРК-ның (шекті рұқсат етілген концентрация) асып кетуіне нақты кінәлі ластаушы көзді анықтауға мүмкіндік бере бермейді. Мұндай жағдайда нүктелік мониторинг қолданылады.

Нүктелік мониторинг – бұл белгілі бір объектіге бағытталған, эпизодтық немесе тұрақты бақылау, ол потенциалды немесе нақты ластаушы көз ретінде қарастырылады.

Белгілі бір аумақта зиянды заттардың концентрациясының артуы немесе төмендеуі тенденциясын анықтау үшін ұзақ мерзімді климаттық бақылаулар

мен зерттелетін аумақтардың сипаттамаларын қамтитын деректер базасы қолданылады.



1.6-сурет – Маршруттық пост

1.4-кестеде атмосфералық ауаның ластануы бойынша максималды бір реттік концентрациялар, шекті рұқсат етілген концентрациямен (ШРК) салыстыру, сондай-ақ орташа тәуліктік көрсеткіштер келтірілген. Орташа мәндер барлық алынған мәліметтерді арифметикалық орташаға келтіру арқылы есептелген.

Дерек көзі – Қазақстан Республикасының 2019 жылғы қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттық бюллетені [6].

1.4-кестеден байқағанымыздай, қазіргі қолданыстағы стандарттар әрбір бақылау посты бойынша толыққанды және нақты ақпарат ұсынуға арналмаған, яғни ауа сапасының нақты жағдайын егжей-тегжейлі сипаттайтын мәліметтерден гөрі, тек жалпылама немесе орташа көрсеткіштер ғана беріледі. Бұл өз кезегінде ауаның нақты уақыттағы және нақты жердегі ластану деңгейін дәл бағалауға мүмкіндік бермейді. Соған қарамастан, ұсынылған шектеулі мәліметтердің өзі Алматы қаласының атмосферасының қатты ластанғанын аңғартады. Атап айтқанда, ауада РМ-10 қатты бөлшектерінің (шаң), көміртек оксидтерінің және азот диоксидінің жоғары концентрациясы тіркеліп отыр. Мысалы, 2023 жылдың қаңтар айының өзінде ғана азот диоксиді бойынша белгіленген шекті рұқсат етілген мөлшерден асу 936 рет орын алған [3], бұл көрсеткіш аталған газдың адам денсаулығына қауіпті деңгейде таралғанын білдіреді.

Ауа сапасын бағалауға арналған қазіргі әдістердің тиімділігіне келер болсақ, олар бірқатар шектеулерге тап болып отыр:

Бақылау желісінің жеткіліксіздігі – Қазгидромет мекемесінің Алматы қаласындағы бақылау посттарының саны жеткіліксіз, халық тығыз орналасқан мегаполис үшін олардың саны шамамен 20 болуы тиіс еді, бұл қазіргі деңгейден әлдеқайда көп.

Кесте 1.4 – Ластаушы заттар бойынша бақылау деректері

Қоспа атауы	Орташа концентрация (мг/м³)	ШРК-дан асу еселігі	Бір реттік ең жоғары концентрация (мг/м³)	ШРК-дан асу еселігі	ШРК-дан асу жағдайларының саны
Қалқып жүрген заттар (шаң)	0,294	4,902	0,514	1,712	187
PM-10 бөлшектері	0,294	4,902	0,514	1,712	187
Күкірт диоксиді (SO ₂)	0,060	1,195	1,136	2,271	334
Көміртек оксиді (CO)	1,113	0,371	15,084	3,017	430
Азот диоксиді (NO ₂)	0,102	2,556	0,458	2,288	936
Азот оксиді (NO)	0,046	0,763	0,485	1,214	9
Фенол	0,001	0,386	0,009	0,900	0
Формальдегид	0,014	1,386	0,030	0,600	0

Посттар арасындағы айырмашылықтар – Әрбір бақылау посты үлгі алу әдісі, жұмыс кестесі және бақыланатын зиянды заттар тізімі бойынша әртүрлі, бұл олардың деректерін бір-бірімен салыстыруды қиындатып, талдау нәтижелерінің нақтылығына кері әсер етеді.

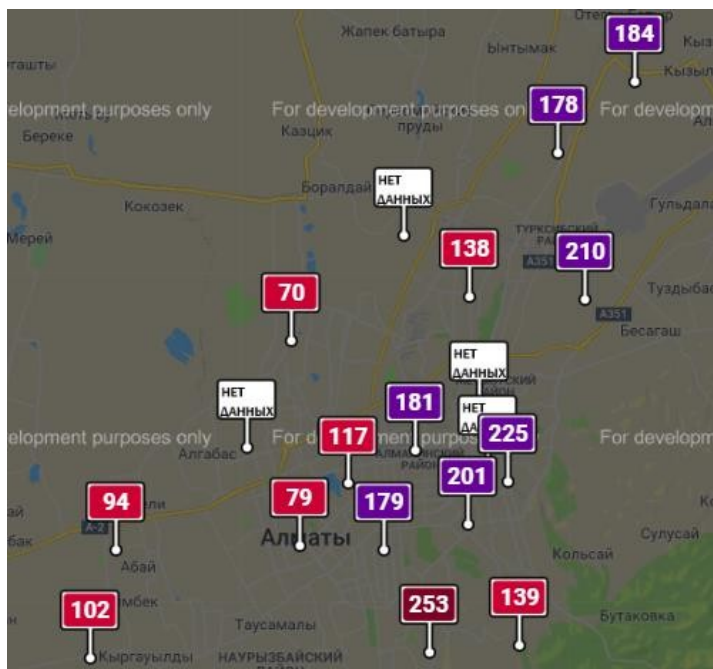
Өлшеу жиілігінің төмендігі – Кейбір посттарда тәулігіне бар болғаны үш рет өлшеу жүргізіледі, бұл деректердің жеткіліксіздігін тудырып, тәуліктік орташа деңгейлерді есептеуді қиындатады.

Ғылыми зерттеулердің тапшылығы – Алматы қаласы мен оған жақын аймақтарда климаттық өзгерістерге байланысты соңғы рет жан-жақты ғылыми зерттеулер 1980-жылдары жүргізілген. Осы себепті, қазіргі климаттың атмосфералық ластануға ықпал ету деңгейін бағалау мүмкін болмай отыр. Сонымен қатар, барлық посттар бірдей заттар бойынша өлшем жүргізбейді:

- кейбірінде тәулігіне 3 рет,
- бірінде 72 рет,
- кейбір пост тек бір ғана ластаушыны өлшейді,
- ал PM-10 бөлшектерінің концентрациясы тек Медеудегі бір ғана постта тіркеледі.

Қорытынды – қазіргі бақылау жүйесі бойынша:

1. Алматының ауасы РМ-10 (шаң), көміртек оксидтері және азот диоксидімен қатты ластанған, ал азот диоксиді бір ай ішінде 936 рет ШРҚ-дан асып кеткен;
2. Қолданыстағы өлшеу әдістері атмосфералық ауаның жай-күйін сапалы бағалауға мүмкіндік бермейді;
3. Посттар арасындағы арақашықтық 0,5–5 км нормасына сай емес, бұл қалада бақылау посттарының жеткіліксіз екенін көрсетеді;
4. Қазгидрометтің есеп кестесі тек орташа айлық мәндерді ұсынады, сондықтан біз әр пост бойынша нақты мәліметті көре алмаймыз. Бұл өз кезегінде қаланың қай бөлігінде жағдай нашар, қай жері қолайлы екенін бағалауға және нормадан асып кетуге әсер ететін факторларды анықтауға мүмкіндік бермейді.
5. 1.7-суретте азаматтық бақылау жүйесі «Airkaz» жариялаған ақпараттық карта көрсетілген.
6. Азаматтық «Airkaz» ауа сапасын бақылау жүйесі ауаның сапасын бақылауда адам денсаулығына аса қауіпті - өкпеге дейін жетіп, сонда тұрып қалатын ұсақ дисперсті бөлшектерге ерекше назар аударады.
7. Сонымен қатар, Қазгидромет Алматы қаласындағы 16 жұмыс істейтін посттың тек бесеуінде ғана РМ-2.5 және РМ-10 бөлшектерінің көрсеткіштерін тіркейді.
8. Ресми мәліметтер мен тәуелсіз бақылау нәтижелері арасында елеулі айырмашылықтар байқалады.



1.7-сурет – Алматы қаласының ластану картасы

1.3 Зерттелген мониторинг жүйелерінің салыстырмалы талдауы

Зерттелген мониторинг жүйелерінің салыстырмалы талдауы 1.5-кестеде ұсынылған.

Кесте 1.5 – Мониторинг жүйелерінің салыстырмалы талдауы

Жүйе атауы	«Қазгидромет»	Airkaz.org	Мәскеу мониторинг жүйесі	Беларусь мониторинг жүйесі	«Air Pollution in the World»	«IQAir»
ГАЗ (Геоақпараттық жүйе) қолдану	+	+	+	-	+	+
Нақты уақыттағы бақылау	Жоқ	Бар	Бар	Жоқ	Бар	Бар
Станциялар саны	140 (Алматыда 16)	16	25	22	>5000	>5000
Талдауға алынатын заттар саны	14	2	15	14	2	2

Барлық төрт жүйе үздіксіз жұмыс режимінде жұмыс істейді. Олардың үшеуі ГАЗ технологиясын пайдаланады, бұл ауа ластануы деңгейінің өзгерістерін ғаламтор желісінде орналасқан интерактивті карталар арқылы бақылауға мүмкіндік береді.

Қамту пайызы – бұл жүйенің нақты территорияны қамтуын жүйенің теориялық қамту аймағымен салыстыру арқылы анықталады.

Зерттелген жүйелердің ішінде «Air Quality Index China» жүйесі прототип ретінде ең қолайлы болып саналады, өйткені оның функционалдығын кеңейту мүмкіндігі бар және талданатын заттар саны басқа жүйелерге қарағанда көп.

2 Ауа сапасын бақылау жүйесін wsn сымсыз сенсорлы желі технологиясын пайдалана отырып дамыту

WSN сымсыз сенсорлы желі технологиясын пайдалана отырып ауа сапасын бақылау жүйесін әзірлеу - бұл аппараттық бөлікті және жүйенің бағдарламалық жасақтамасын жобалаудан тұрады. Бағдарлама жасау ортасы барлық қажетті аппараттық компоненттермен бірге бапталады.

Одан кейін, осы аппараттық платформада толық сынақтан өтетін бағдарламалық қосымша әзірленеді.

Бұл тарауда жүйенің аппараттық бөлігін кезең-кезеңімен әзірлеу, содан кейін бағдарламалық қамтуды жасау және іске асыру сипатталады.

2.1 Жүйенің аппараттық бөлігін жобалау

Бұл жүйе – бірнеше платалардан тұратын жинақ, оның негізі ретінде Arduino тақтасы, оған жалғанған RHT-03 және SDS011 сенсорлары бар сенсорлық панель және жоғарғы деңгейде XBee модулі қолданылады. Осындай құрастыру жүйені шағын әрі қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Бұл тарауда осы компоненттердің әрқайсысы және олардың жұмыс істеу принциптері егжей-тегжейлі қарастырылады.

2.1.1 Arduino Uno R3 тақтасы

Соңғы онжылдықтарда электронды құрылғылардың күрделене түсуімен аппараттық құралдармен жұмыс істеу қиындай әрі қымбаттай түсті. Бүгінде ашық бастапқы коды бар аппараттық құралдардың дамуы ендірілген электронды жүйелерді жасауға жол ашты.

Arduino - бұл бағдарламалауға жеңіл, кең ауқымды жабдықпен қосыла алатын және бағасы қолжетімді басқару құрылғысы. 2.1-суретте Arduino Uno тақтасының сыртқы көрінісі көрсетілген.

Arduino – бұл ашық бастапқы кодты электроника прототипін жасау платформасы, ол икемді әрі қолдануға оңай аппараттық және бағдарламалық құралдарға негізделген.

Бұл платформа:

- суретшілерге,
- дизайнерлерге,
- әуесқойларға және
- интерактивті құрылғылар немесе орталар жасаумен айналысқысы келетін кез келген адамға арналған.

Arduino әртүрлі сенсорлардан кіріс деректерін қабылдау арқылы ортаны "сезіп", алынған ақпарат негізінде:

- жарықты,

- қозғалтқыштарды немесе
- басқа да жетектерді басқару арқылы әрекет жасай алады.

Платаның микроконтроллері Arduino бағдарламалау тілімен (Wiring платформасына негізделген) және Arduino IDE даму ортасы арқылы (Processing тілінің негізінде) бағдарламаланады.



2.1-сурет – Arduino Uno R3 тақтасы

Arduino Uno – бұл ATmega328P микроконтроллеріне негізделген микроконтроллер тақтасы. R индексі – бұл жетілдірілген RISC архитектурасына негізделген төмен қуатты 8-разрядты CMOS микроконтроллер екенін білдіреді.

Күрделі нұсқауларды бір такт ішінде орындау арқылы, ATmega328P секундына 1 миллион нұсқауға (MIPS) жуық өңдеу өткізу қабілеттілігіне қол жеткізеді (МГц бойынша), бұл жүйенің қуат тұтынуын азайтуға және өңдеу жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.

ATmega328P келесі мүмкіндіктерді ұсынады:

- 32 КБ ішкі бағдарламаланатын жады (Read-While-Write режимімен);
- 1 КБ EEPROM;
- 2 КБ SRAM;
- 23 жалпы мақсаттағы енгізу-шығару желісі;
- 32 жұмыс регистрі;
- 3 таймер/санауыш режимі (салыстыру функциясымен);
- ішкі және сыртқы үзілістер жүйесі;
- бағдарламаланатын асинхронды USART;
- екіжақты байттық интерфейс;
- SPI порты;
- 6 арналы 10-биттік АЦП (TQFP және QFN/MLF корпусында – 8 арна);
- ішкі осцилляторы бар бағдарламаланатын сторож-таймер;
- 5 энергия үнемдеу режимі.

Күту режимі орталық процессорды тоқтатып, бірақ SRAM, таймер/санауыш, USART, SPI, үзілістер жүйесі жұмысын жалғастыра алады.

Arduino Uno тақтасында:

- 14 сандық енгізу/шығару порты (оның 6-ауы PWM ретінде қолдануға болады);
- 6 аналогтық кіріс;
- 16 МГц кварц генераторы;
- USB қосылымы;
- қорек көзінің разьемі;
- ICSP порт және
- қалпына келтіру түймесі бар [12].

2.1.2 Сенсорлық панель

Сенсорлық панельді жобалау кезінде тақтаның өлшемі мен датчиктердің орналасуы – басты назарда болатын факторлар. Көптеген газ датчиктеріне жұмыс режиміне өтуі үшін бірнеше сағат алдын ала қыздыру уақыты қажет.

Бұл жүйеде температураны, ылғалдылықты және PM2.5 өте ұсақ бөлшектерін өлшеу үшін үш түрлі датчик қолданылады. Осы датчиктердің жұмыс принциптерін терең түсіну атмосфералық ауа мониторинг жүйесін дұрыс түсіну үшін маңызды.

Осы тараудың келесі бөлімдерінде әр датчикке қатысты жан-жақты талдау беріледі.

Сынақ тақтасын жобалаудағы басты қиындық – барлық датчиктерді орналастыру және тақтаның өлшемін барынша кішірейту, бұл оның келешекте қолдануға ыңғайлы болуын қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, кейбір датчиктерге қосымша қыздыру тогы мен жұмыс кернеуі қажет, нәтижесінде олар жылуды көбірек бөледі. Оған қоса, кейбір датчиктерде пластикалық қақпақ, ал біреуінде металл қақпақ бар. Металл пластикке қарағанда жылу өткізгіштігі жоғары, сондықтан датчиктерді тақтаға орналастыру кезінде бөлінген жылу басқа сенсорларға, әсіресе температура датчигіне әсер етпейтіндей етіп орналастыру оңай емес.

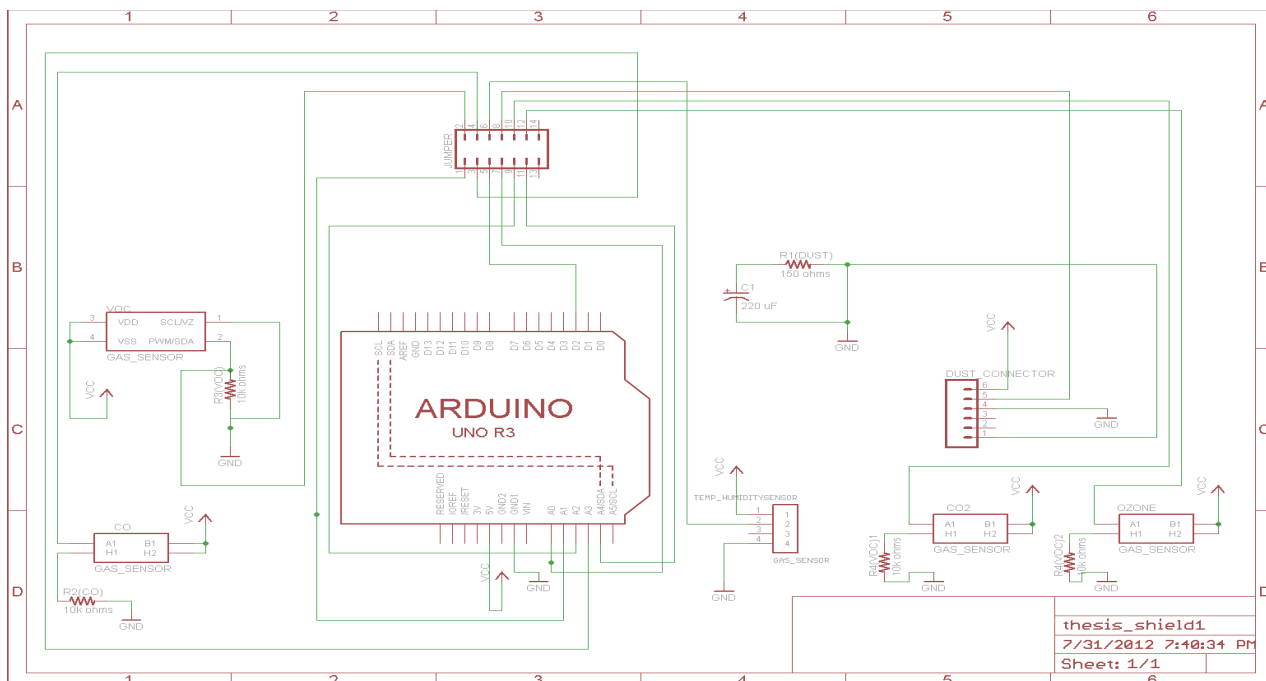
Сенсорлық панельді жобалауда туындайтын тағы бір мәселе – әрбір датчиктің тұтынатын қуаты.

Бұрын айтылғандай, Arduino тақтасы шамамен 500 мА дейін токты көтере алады, одан асса – жүктеме артып, тақта істен шығуы мүмкін. Кейбір газ датчиктері 5–6 В тұрақты токты талап етеді, ал тұтынатын ток шамамен 20 мА-дан аспайды, бұл қолайлы шектерде. Алайда, кез келген сенсор арқылы токтың ағып кетуін үнемі тексеріп отыру өте маңызды.

Сенсорлық панель дизайнындағы маңызды жетілдірулердің бірі – кез келген уақытта бір немесе бірнеше датчикті айналып өту мүмкіндігін қамтамасыз ету, бұл 2.2-суретте көрсетілген.

Бұрын айтылғандай, жүйе ақауы кезінде ақаулы датчикті анықтап, жүйені тез қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, қосымшада қолданылмайтын датчиктерді пайдаланудан бас тартуға болады, бұл қуатты үнемдейді және сенсордың жұмыс істеу мерзімін ұзартады.



2.2-сурет – Сенсорлық панельді қосу сұлбасы

2.1.3 Температура және ылғалдылық датчигі (RHT-03)

RHT-03 – бұл төмен бағалы, температура мен салыстырмалы ылғалдылықты өлшеуге арналған датчик, оның бірарналы цифрлық интерфейсі бар.

Датчик заводта калибрленген, сондықтан қосымша компоненттерді қажет етпейді және температура мен салыстырмалы ылғалдылықты дәл өлшеуге мүмкіндік береді.

Датчиктің интерфейс сұлбасы 10 кОм резисторынан тұрады, бұл 2.3-суретте көрсетілген.



2.3-сурет – Температура және ылғалдылық датчигі (RHT-03)

RHT-03 – бұл калибрленген цифрлық сигналдарды жіберетін сенсор. Ол цифрлық сигналды жинаудың патенттелген технологиясын және ылғалдылықты анықтау технологиясын қолданады, бұл оның сенімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

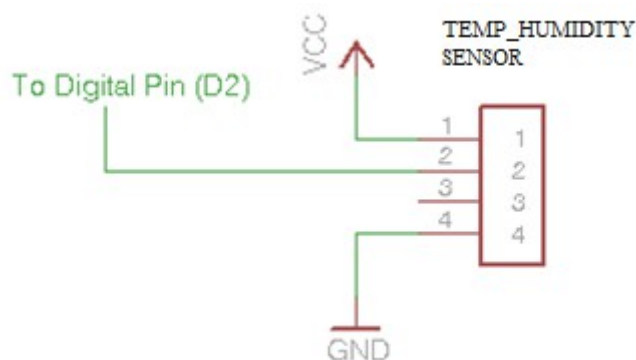
Оның сезімтал элементтері 8-разрядты бірчиптік компьютермен (микроконтроллермен) біріктірілген.

MCU (микроконтроллер модулі) іске қосу сигналын жіберген кезде, RHT-03 күту күйінен жұмыс күйіне өтеді.

MCU іске қосу сигналын жіберуді аяқтағаннан кейін, RHT-03 жауап ретінде 40 биттік дерек жібереді, бұл деректер салыстырмалы ылғалдылық пен температура мәндерін көрсетеді.

Егер MCU-ден іске қосу сигналы келмесе, RHT-03 жауап сигналын жібермейді.

Деректер жинау аяқталғаннан кейін, RHT-03 қайтадан күту режиміне өтеді, егер оған MCU-ден жаңа іске қосу сигналы келмесе [13].



2.4-сурет – Температура және ылғалдылық датчигін (RHT-03) өлшеу сұлбасы

2.1.4 Ультрадисперсті бөлшектер датчигі – SDS011

SDS011 ультрадисперсті бөлшектер датчигі - бұл лазерлік шашырау принципіне негізделген құрылғы.

Ол ауадағы 0,3-тен 10 мкм-ге дейінгі бөлшектердің концентрациясын анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, бұл датчикте ішкі орнатылған желдеткіш бар, сондықтан анализ жүргізілетін ауаны тарту үшін қосымша желдеткіш орнату қажет емес – бұл бүкіл жүйенің жинағын жеңілдетеді.



2.5-сурет – Лазерлік шаң датчигі (SDS011)

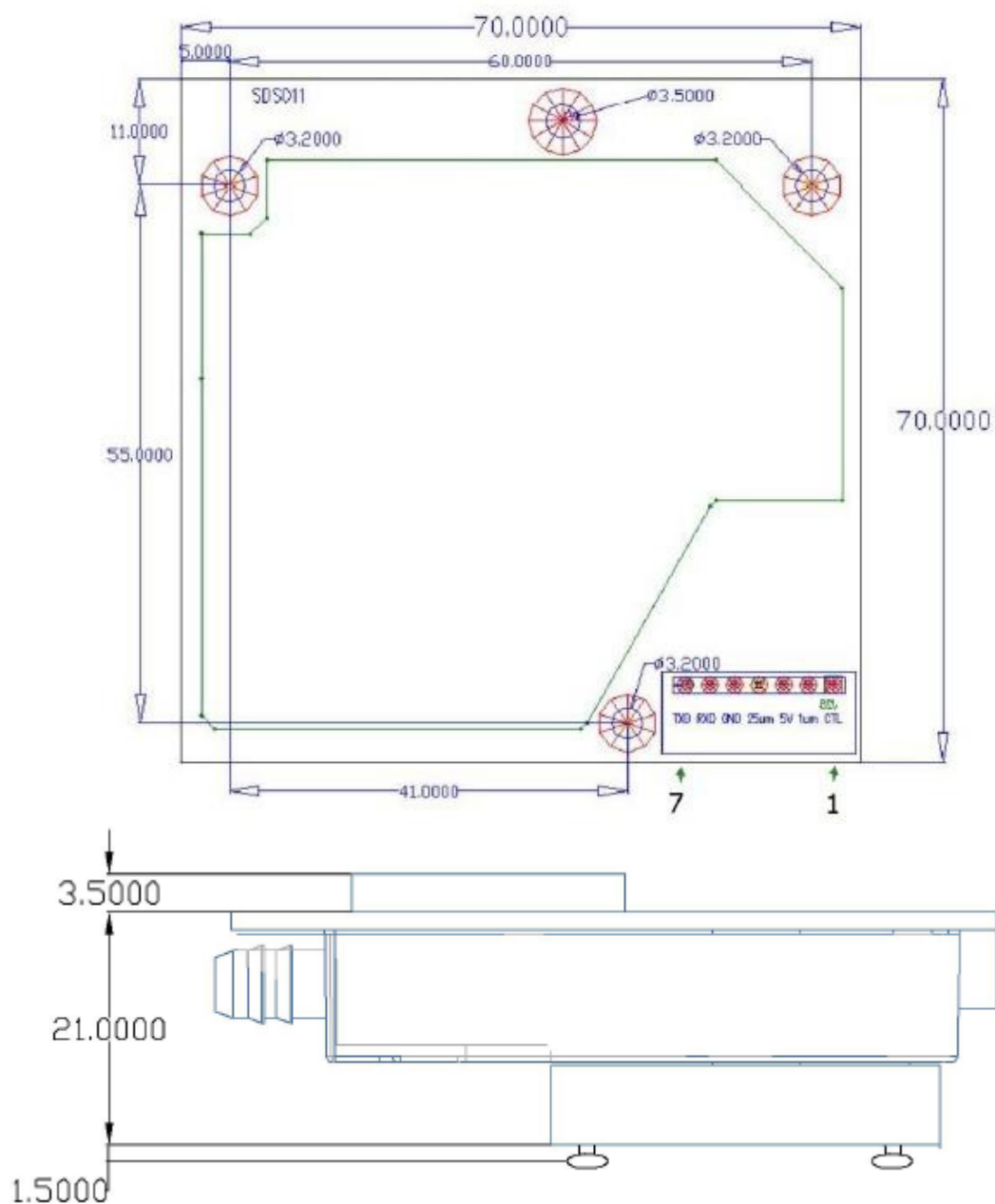
Бөлшектер анықтау аймағынан өткен кезде, лазер сәулесінің бір бөлігі шашырайды.

Шашыраған жарық электрлік сигналдарға түрлендіріледі, олар кейін күшейтіліп және өңделеді. Бөлшектердің саны мен диаметрі – сигнал пішіні бөлшектердің диаметрімен нақты қатынаста болғандықтан – талдау арқылы анықталады.

Бұл датчиктегі лазерлік диодтың қызмет ету мерзімі жоғары – 8000 сағатқа дейін. Сонымен қатар, SDS011 әдепкі жұмыс режиміне ие, мұнда өлшеу жиілігі секундына 1 рет жүргізіледі.

Кесте 2.1– SDS011 лазерлік шаң датчигінің техникалық сипаттамалары

Атауы	Параметр
Анықталатын параметрлер	PM2.5, PM10
Өлшеу диапазоны	0–999 мкг/м ³
Номинал кернеуі	5 В
Номинал ток	70 мА ± 10 мА
Температура диапазоны	-20 °C ~ +60 °C
Ылғалдылық диапазоны	Максимум 90%
Атмосфералық қысым	86 кПа ~ 110 кПа
Жауап беру уақыты	1 – 10 сек
Дерек шығару жиілігі	1 Гц (1 рет/секунд)
Анықтай алатын бөлшектердің ең кіші мөлшері	0,3 мкм
Өлшемдері	71 мм × 70 мм × 23 мм
Сертификаттары	CE / FCC / RoHS



2.6-сурет – Лазерлік шаң датчигінің өлшемдері

Кесте 2.2 – SDS011 лазерлік шаң датчигінің интерфейс сипаттамасы

Шығыс нөмірі	Атауы	Сипаттамасы
1	NC	Қосылмаған
2	1 мкм	PM2.5: 0–999 мкг/м ³ ; PWM шығысы
3	5 В	5 В кірісі
4	2,5 мкм	PM10: 0–999 мкг/м ³ ; PWM шығысы
5	GND	Жерге қосу
6	R	UART арқылы RX (TTL) – 3.3 В
7	T	UART арқылы TX (TTL) – 3.3 В

Ескерту: кіріс арасындағы қашықтық – 2,54 мм.

UART байланыс протоколы:

- Битрейт – 9600;
- Мәлімет биттері – 8;
- Теңдік биті – жоқ;
- Стоп биті – 1;
- Мәлімет беру жиілігі – 1 Гц.

Кесте 2.3 – SDS011 лазерлік шаң датчигінің биттер сипаттамасы

Бит нөмірі	Атауы	Сипаттамасы
0	Хабарлама тақырыбы	AA
1	Команда нөмірі	C0
2	DATA 1	PM2.5 төменгі байт
3	DATA 2	PM2.5 жоғарғы байт
4	DATA 3	PM10 төменгі байт
5	DATA 4	PM10 жоғарғы байт
6	DATA 5	ID байт 1
7	DATA 6	ID байт 2
8	Check-sum	Check-sum
9	Хабарлама соңы	AB

Check-sum:

$$Check - sum = DATA1 + DATA2 + \dots + DATA6$$

PM2.5 мәні (мкг/м³):

$$PM2.5 = ((PM2.5 \text{ жоғарғы байт} * 256) + PM2.5 \text{ төменгі байт}) / 10$$

PM10 мәні (мкг/м³):

$$PM10 = ((PM10 \text{ жоғарғы байт} * 256) + PM10 \text{ төменгі байт}) / 10$$

2.2 Жүйенің бағдарламалық бөлігін жобалау

Бұл жүйенің бағдарламалық қамтылымы негізінен екі бөліктен тұрады:

1. Arduino тақтасын сенсорлардан деректерді оқып, оларды өңдеуге жіберетіндей етіп бағдарламалау қажет.
2. Пайдаланушыға ыңғайлы орта құру үшін компьютерге арналған графикалық интерфейс жасау керек.

Arduino тақтасы Arduino бағдарламалау тілінде бағдарламаланды, ал графикалық интерфейс Python бағдарламалау тілінде жасалды.

Келесі бөлімдерде екі бағдарламаның да функционалдық мүмкіндіктері сипатталады.

2.2.1 Arduino тақтасын бағдарламалау

Arduino үшін бағдарлама жазу барысында өте қарапайым тәсіл қолданылды.

Arduino тақтасының негізгі қызметі – сенсорлардан деректерді тіркеу және оларды пайдаланушының сұранысына сәйкес өңдеу.

Жүйеде бірнеше түрлі сенсор қолданылатындықтан, олардың әрқайсысының деректерді оқу әдісі әртүрлі.

Бағдарламалау кезінде бұл сенсорлардың жұмысын жан-жақты зерттеу қажет.

Бұл тарауда олардың сипаттамалары егжей-тегжейлі берілді.

Шаң датчигі SDS011 аналогтық шығысқа ие болғандықтан, оған ерекше көңіл бөлінуі тиіс.

Тек деректерді тіркеумен шектелмей, Arduino тақтасы әр сенсордың жағдайын, яғни:

- тіркелген мәліметтер санын,
- уақыт интервалын,
- сенсор көрсеткіштерін тіркеу үшін пайдаланылған блоктарды да

жібере алады.

Бұрын айтылғандай, Arduino Uno тақтасында 2 КБ көлеміндегі EEPROM жадысы (электрлік өшіруге және қайта жазуға болатын жады) бар, ол деректерді уақытша сақтау үшін пайдаланылады.

Маршрутизатордан қабылдағышқа дейінгі деректер пакеті жоғалған жағдайда, маршрутизаторда деректердің резервтік көшірмесі сақталады, ол сұраныс бойынша қайта жіберіледі. Бұл жүйені сенімді әрі тұрақты етеді [12].

2.2.2 Компьютерлік бөлікті бағдарламалау

Жүйе әлемдік деңгейде қолдануға ыңғайлы болуы үшін пайдаланушыға түсінікті интерфейс қажет. Бұл дегеніміз – техникалық білімі жоқ адам да жүйені ұялы телефон секілді оңай қолдана алуы керек.

Python тілінің таңдалу себебі – графикалық интерфейс жасау үшін қолайлы құралдар жиынына ие.

Мысалы:

- мәтіндік монитор терезесі,
- батырмалар (нақты әрекет орындайтын),
- нақты уақыттағы сенсор көрсеткіштерінің графигін шығаратын графикалық терезе және т.б.

Greywolf жүйесі – осы жүйені дамытуда үлгі ретінде қарастырылған эталондық жүйе.

Оның графикалық интерфейсі қарапайым және:

- сымсыз сенсорлық желі арқылы бірнеше сенсор торабын бақылау,
- қосымша функцияларды орындау мүмкіндіктеріне ие.

Бұл графикалық интерфейс үш бөлімнен тұрады:

1. «Байланыс»,
2. «Ағымдағы деректер»,
3. «Ағымдағы график».

Ағымдағы деректердің нақты уақыттағы графигі пайдаланушыға ауадағы нақты компоненттің өзгеру тенденциясын түсінуге мүмкіндік береді. Қажет болған жағдайда, осьтердің параметрлерін өзгертуге болады.

«Нақты уақыттағы деректер» терезесі мынадай функцияларды қамтиды:

- деректерді тіркеу,
- ағымдағы график,
- сенсор күйі мен конфигурациясы.

Олар келесі бөлімдерде егжей-тегжейлі түсіндіріледі.

Атауы айтып тұрғандай, деректерді үздіксіз бақылау – бұл ауа сапасын бақылау жүйесінің негізгі функциясы. Ағымдағы деректер функциясы нақты сенсор немесе сенсор торабы бойынша ағымдағы деректерді үнемі көрсетіп отырады.

2.3 Сымсыз сенсорлық желіні құру

Қалалық аймақтарда ауа сапасын бақылауға арналған сенімді жүйе құру үшін, бүкіл қаланы қамтитын сенімді сымсыз сенсорлық желі қажет. Сондықтан мұндай желіні жобалау кезінде бағасы мен қамту аумағы – негізгі ескерілетін факторлар.

Бұл мақсатқа XBee модулі жақсы сәйкес келеді, ол деректерді жіберу және қабылдаудың жоғары сенімді режимдеріне ие.

Бұл тарауда келесі мәліметтер беріледі:

- XBee модулі туралы шолу,
- ZigBee желісі,
- қабылдағыш пен маршрутизаторлар арқылы жоғары сенімді сенсорлық желі құру әдісі.

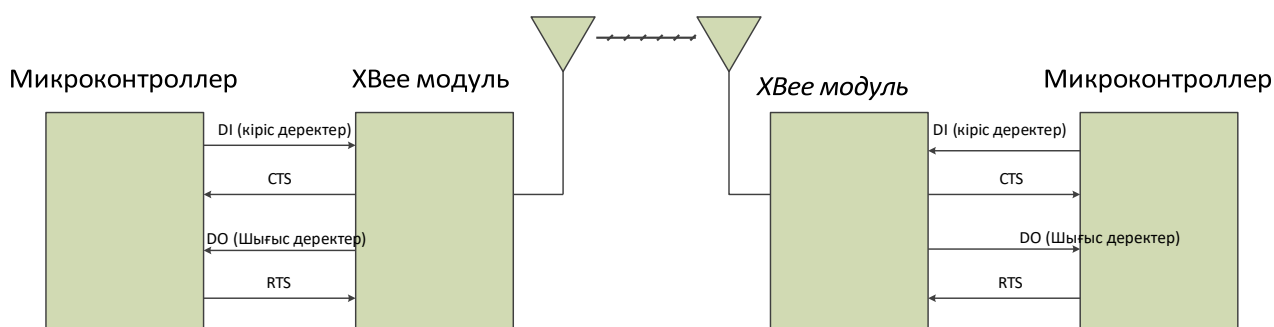
2.3.1 XBee PRO S2B модулі

XBee радиожииліктік модульдері хост құрылғымен асинхронды тізбекті логикалық деңгейдегі порт арқылы байланысады. Бұл модульдің тізбекті порты кез келген UART торабымен, логика мен кернеу жағынан үйлесімді болса, тікелей байланыса алады немесе RS232 немесе USB интерфейстік тақта арқылы қосыла алады.



2.7-сурет – XBee модулі

UART интерфейсі бар құрылғылар RF-модульдің контактілеріне тікелей қосыла алады, бұл төмендегі суретте көрсетілген.



2.8-сурет – UART интерфейс ортасындағы деректер ағыны

Деректер UART модуліне DIN (3-ші контакт) арқылы асинхронды тізбекті сигнал түрінде түседі. Сигнал деректер берілмеген кезде бос (холостой ход) күйде болуы керек.

Әрбір дерек байты келесі құрылымнан тұрады:

- Старт биты (төмен деңгейлі),
- 8 дерек биті (ең кіші мәнді бит бірінші),
- Соңғы бит (жоғары деңгейлі).

Тізбекті байланыс екі UART құрылғысы (яғни, микроконтроллер мен радиожиілікті модуль) арасында жүзеге асырылады, және оларда келесі параметрлер бірдей болуы тиіс:

- беру жылдамдығы,
- теңдік (четность),
- старт биттері,
- стоп биттері,
- дерек биттері.

XBee модуліндегі UART параметрлері келесі командалармен орнатылады:

- BD – жылдамдық (битрейт),
- NB – теңдік биты (паритет),
- SB – стоп биті.

XBee модулінің үш жұмыс режимі:

1. Күту режимі (Standby): Деректерді қабылдау немесе жіберу болмаған жағдайда, радиожиілікті модуль күту режимінде болады.

2. Беріліс режимі (Transmit Mode): Тізбекті деректер қабылданып, пакеттерге дайын болған кезде, модуль күту режимінен шығып, беру әрекетін орындайды. Мақсатты адрес – қай тораптар бұл деректерді қабылдайтынын анықтайды.

Деректерді жібермес бұрын модуль мыналарды тексереді:

- 16-разрядты желілік адрес орнатылған ба,
- мақсатты торапқа апаратын маршрут бар ма.

Егер 16-разрядты желілік адрес белгісіз болса - желілік адресі анықтау процесі басталады.

Егер маршрут белгісіз болса - маршрутты анықтау процесі орындалады.

Егер сәйкес модуль табылмаса - пакет жойылады. Маршрут анықталған соң ғана деректер жіберіледі. Егер маршрут анықталмаса - пакет тағы да жойылады.

Деректер бір тораптан екіншісіне жіберілгенде, қабылдаушыдан шыққан растау (ACK)

бастапқы торапқа белгіленген маршрутпен қайтарылады. Бұл растау пакеті бастапқы торапқа деректердің қабылданғанын білдіреді.

Егер растау алынбаса – деректер қайта жіберіледі.

Кейбір сирек жағдайларда қабылдаушы пакетті қабылдауы мүмкін, бірақ бастапқы торап растауды алмайды, сондықтан бастапқы торап пакетті қайта жібереді. Бұл жағдайда қабылдаушы бірдей дерек пакетін бірнеше рет алуы мүмкін. XBee модульдері қайталанған пакеттерді сүзбейді.

3. Қабылдау режимі (Receive Mode): Егер жарамды радиожиілікті пакет қабылданса, деректер тізбекті буферге жіберіледі.

2.4 XBee Shield және ZigBee желісінің сипаттамасы

XBee Shield Arduino тақтасына ZigBee технологиясы арқылы сымсыз байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Ол MaxStream компаниясының XBee модуліне негізделген.

Модуль ашық көріну жағдайында 90 метрге дейінгі қашықтықта жұмыс істей алады. Shield XBee модулінің барлық пиндерінен өтеді және сквозной дәнекерлеу арқылы бекітіледі.

ZigBee – төмен жылдамдықтағы сымсыз байланысқа арналған протоколдар жиынтығын анықтайтын стандарт

ZigBee құрылғылары келесі жиілік диапазонында жұмыс істейді:

- 868 МГц,
- 915 МГц,
- 2,4 ГГц.

Деректерді беру жылдамдығының ең жоғарғы мәні – 250 кбит/сек.

ZigBee DSSS (тікелей спектрлік шашырату) технологиясын пайдаланады,

ол 2,402–2,480 ГГц диапазонын 16 арнаға, 915 МГц диапазонын 10 арнаға, ал 868 МГц (Еуропада) 1 арнаға бөледі.

ZigBee - арзан, аз қуатты және батареямен жұмыс істейтін құрылғыларға арналған. ZigBee қолданылатын көптеген қосымшаларда құрылғы тек аз уақыт белсенді болып, көп уақытын қуат үнемдеу режимінде (ұйқы режимі) өткізеді.

Нәтижесінде ZigBee құрылғылары бірнеше жыл бойы батареясын ауыстырмай жұмыс істей алады.

ZigBee үш түрлі құрылғы түрін анықтайды:

а) Координатор

- Жаңа жеке желіні (PAN) бастайды: арна мен PAN идентификаторын таңдайды,

- Маршрутизаторлар мен соңғы құрылғыларға желілік қатынас береді,

- Жоғары жиілікті деректерді қабылдайды және жібереді,

- Деректерді бүкіл сымсыз желі бойынша маршрутиздейді.

б) Маршрутизатор

- Радиожиілікті деректерді қабылдайды және жібереді,

- Пакеттерге маршрут салып береді,

- Бұл жүйеде - сенсор тораптарының рөлін атқарады.

в) Соңғы құрылғы

- Деректерді маршрутиздей алмайды,

- Бірақ радиожиілікті деректерді жібереді және қабылдайды,

- Негізінен батареямен жұмыс істейтін құрылғыларға арналған.

3 Raspberry Pi негізінде жүзеге асырылған IoT технологиялы ауа сапасын бақылау жүйесі

Көлік құралдары мен өнеркәсіптік шығарындылар салдарынан туындайтын ауа ластануы тірі организмдер үшін үлкен қауіпке айналды. Осы қатерге байланысты ішкі және сыртқы орталардағы ауа сапасын нақты уақыт режимінде бақылау қажеттілігі туындап отыр. Заттар интернеті (IoT) мен бір тақталы компьютерлердің (SBC) дамуы нақты уақыттағы қашықтан мониторингті жалпыға бірдей қолжетімді процесске айналдырды. Бұрын қашықтан бақылау классикалық моттар (мөлтектер) арқылы жүзеге асырылатын, бірақ олардың жад көлемінің шектеулілігі, өңдеу жылдамдығының төмендігі және бағдарламалау күрделілігі сияқты кемшіліктері болды. Бұл дипломдық жұмыста IoT пен WSN (сымсыз сенсорлық желі) интеграциясын ауа сапасын бақылау жүйесінде (AQMS) қолдануда SBC пайдалану тәсілі қарастырылады. SBC күрделі тапсырмаларды жоғары жылдамдықпен және төмен күрделілікпен орындай алады. Бұлттық сервистерді SBC-мен біріктіру ескерту жүйесін ақылды және нақты уақыт режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Ауа сапасын басқаруда WSN саласына қатысты ауқымды әдебиеттерді шолу және талдау барысында сенсорлық веб-торапты жобалау қажеттілігі анықталды. SBC-нің дамуы кез келген өндірістік объектідегі орталықтандырылған AQMS жүйесінде маңызды факторларды бақылау мен өлшеуді жеңілдетеді. Ұсынылған сенсорлық торапта CO, CO₂, NH₃ және NO_x сияқты газдарды анықтайтын коммерциялық газ сенсорлары қолданылады, бұл ішкі және сыртқы ортадағы ауа сапасын бақылауға мүмкіндік береді. Байқау нәтижелері ThingSpeak ашық бастапқы кодты IoT платформасы арқылы тиісті түрде бағаланды. Бұлттық ашық сервистерді SBC-мен біріктіру ұсынылған прототип үлгісінің арзан, ыңғайлы, қолдануға қолайлы және жылдам жасалатын болуын қамтамасыз етеді.

Әртүрлі шығарындыларға байланысты қоршаған ортаның ластануы - бүкіл әлемге төнетін өте үлкен қауіп. Соңғы зерттеулерге сәйкес, Үндістан ауа ластануына аса осал елдердің біріне айналып бара жатыр [1]. Үкімет тарапынан шығарындыларға бірқатар шектеулер енгізілгенімен, тиімді және шұғыл әрекет ету үшін жылдам мониторинг жүйесі қажет. Осы тұрғыда, газ сенсорларымен біріктірілген WSN (сымсыз сенсорлық желі) жүйесі AQMS (ауа сапасын бақылау жүйесі) ішіндегі әртүрлі маңызды нүктелерді бақылау мен басқаруға тиімді шешім ұсынады.

Орталық экологиялық бақылау кеңесі (Central Pollution Control Board) ластану деңгейін төмендету бағытында жұмыс жүргізіп, ауа сапасының индексын бақылау әдістемесін енгізді [1]. Алайда көлік санының күрт артуы мен қалалардағы өнеркәсіп орындарының көптігі ауа сапасының күрт нашарлауына алып келуде.

Жаһандық жылынудың негізгі себептерінің бірі - атмосфераға көмірқышқыл газының (CO_2) шығарылуы. Эмиссияларды бақылау үшін бірнеше дәстүрлі әдістер ұсынылған:

1. Қазба отындарын тұтыну мен шикізатты есептеу,
2. CO_2 флюксін IR сәулелену арқылы өлшеу,
3. Қамту аймағы мен кеңейтілу мүмкіндігін ескере отырып, WSN жүйесін орнату.

[3] еңбекте CO_2 сезгіштігі бар 100 тораптан тұратын WSN ұсынылып, маршруттау үшін деректер ағашы стратегиясы және түйіндерді оңтайлы орналастыру үшін G-GSTWH алгоритмі қолданылған.

[4] зерттеуінде көліктен бөлінетін газдардың ластануын бақылау үшін peer-to-peer және grid архитектурасына негізделген екі қабатты желі ұсынылған.

[6] зерттеуінде өнеркәсіптік автоматтандыруға арналған 24 сенсор, 10 маршрутизатор және 1 басқару серверінен тұратын WSN құрастырылған.

[7] еңбекте әмбебап сенсорлық желіге негізделген ауа мониторингі ұсынылған, мұнда Wasp mote плата түрлі газ сенсорларымен біріктіріліп, алынған деректер Google Maps арқылы жарияланған.

[8] зерттеуде көліктік газ шығарындыларын радиография мен қашықтықтан бақылау әдістері ұсынылған.

[9–13] еңбектерінде WSN мен IoT интеграциясының маңыздылығы, Raspberry Pi-ді IoT құрылғысы ретінде қолдану артықшылықтары мен шектеулері сипатталған.

[14] еңбегінде әмбебап есептеу мен сенсорлау қажеттілігі кеңінен қарастырылған.

Алғашқы зерттеулерде ауа ластануын бақылау көбінесе дәстүрлі тәсілдерге сүйенді, яғни арнайы дайындалған сынамаларды жинап, оларды кейін зертханалық жағдайда талдау арқылы жүргізілді. Бұл әдіс деректердің дәлдігін қамтамасыз еткенімен, оның кемшілігі – бақылау процесінің кешігуі және уақыт шығынының жоғары болуы еді. Сонымен қатар, деректерді жинау мен өңдеу процестерінің ұзақтығы жедел әрекет ету мүмкіндігін шектеді.

Кейінгі кезеңде сымсыз сенсорлық желілер (WSN) негізінде әзірленген әдістер қолдана басталды. Бұл тәсіл белгілі бір дәрежеде қашықтықтан және мобильді бақылау жүргізуге мүмкіндік берді. Алайда мұндай жүйелердің тиімді жұмыс істеуі үшін қосымша инфрақұрылым қажет болды: деректерді жинау және өңдеу үшін шлюз құрылғылар, жад кеңейту құрылғылары, сондай-ақ күрделі аналитикалық құралдар орнатылуы тиіс еді. Осыған байланысты WSN негізіндегі классикалық жүйелердің икемділігі мен қолдану ауқымы шектеулі болды.

Алайда қазіргі таңда Заттар интернеті (IoT) технологияларын интеграциялау арқылы орталықтандырылған мониторинг жүйелерін құру ауа сапасын бақылау саласында сапалы серпіліс жасауға мүмкіндік берді. IoT негізіндегі жүйелер нақты уақыт режимінде деректер жинауды, өңдеуді және талдауды жүзеге асырады, деректердің үлкен көлемін тиімді сақтауға және басқаруға арналған үлкен жад пен деректер базаларын пайдаланады. Сонымен

қатар, автоматтандырылған ескерту жүйелері арқылы ауа сапасының нашарлауы туралы дер кезінде хабарлама жіберу мүмкіндігі қамтамасыз етіледі, бұл өз кезегінде ластану көздеріне жедел жауап қайтаруға жол ашады.

Осы дипломдық жұмыста Raspberry Pi платформасы негізінде құрылған орталықтандырылған ауа сапасын бақылау жүйесі әзірленіп, оған Заттар интернеті (IoT) технологиялары интеграцияланды. Ұсынылған жүйе Wi-Fi (IEEE 802.11 N) сымсыз байланыс технологиясы арқылы сенсор тораптары, деректер базасы, интернет желісі және бұлттық қызметтер арасында үздіксіз және сенімді деректер алмасуын қамтамасыз етті. Мұндай шешім жүйенің сенімділігін арттырып қана қоймай, оның жылдамдығы мен қолдану тиімділігін де едәуір жоғарылатты.

3.1 Ауа сапасын бақылау жүйесі архитектурасы

Бұл жұмыста дәстүрлі сенсор тораптарының орнына, Raspberry Pi негізінде сенсорлық веб-тораптар жасалды. GrovePi+ электрондық модульдері сенсорларды қосуға, ал Wi-Fi модулі веб-торап пен сервер арасындағы деректер байланысына қолданылады.

Сенсорлық веб-торап – бұл толықтай автономды жұмыс істей алатын торап, ол ешқандай қосымша аралық шлюз құрылғыларын қажет етпей, тек тікелей маршрутизатор арқылы веб-серверлер мен бұлттық қызметтерге қосылу мүмкіндігіне ие. Бұл құрылым сенсорлық деректерді жинау, сақтау және өңдеу процестерін қарапайым әрі тиімді етуге бағытталған. Әрбір сенсорлық веб-торап өзінің жергілікті MySQL деректер базасына ие, бұл оған жиналған мәліметтерді жергілікті деңгейде сақтау және өңдеу мүмкіндігін береді. Сонымен қатар, қажет болған жағдайда бұл веб-тораптар желілік деректер базаларына да қосылып, мәліметтерді орталықтандырылған түрде синхрондауға мүмкіндік жасайды.

Осындай құрылым сенсорлық тораптарды дербес әрі икемді етеді, әрі оларды кең ауқымды жүйелердің құрамына интеграциялау жеңілдейді. Бұдан бөлек, сенсорлық веб-тораптар ескі сымсыз сенсорлық желі (WSN) құрылымдары үшін де маңызды рөл атқара алады: олар шлюз ретінде жұмыс істеп, сенсорлық тораптардан жиналған деректерді орталық серверге жеткізуді қамтамасыз етеді және деректер сервері ретінде әрекет етіп, өлшенген мәліметтерді сақтап, өңдеу және тарату қызметтерін орындайды. Бұл оларды заманауи экологиялық мониторинг, өнеркәсіптік автоматтандыру және «ақылды қала» (smart city) жүйелері үшін өте қолайлы етеді. Бұлттық қызметтерді қосу себептері:

- деректерді басқару,
- деректерді шоғырландыру,
- шешім қабылдау,
- аналитикалық қызметтер жүргізу.

3.1-сурет ұсынылған сенсорлық веб-торап архитектурасын көрсетеді. Мұнда:

- Raspberry Pi жалғыз платасымен салынған веб-торап,
- маршрутизатор арқылы ThingSpeak бұлттық платформасына қосылады,
- пайдаланушы құрылғылары деректерді бақылай алады.

Бұлттағы деректерді мобильді құрылғылар немесе кез келген IP құрылғысы арқылы қарауға болады. Пайдаланушылар ThingSpeak жария арнасына кіріп, нақты уақыттағы ағынды деректерді бақылай алады. Администраторлар автоматты шешім қабылдау сценарийлерін орната алады.

3.2 Ауа сапасын бақылау жүйесі аппараттық модель және жұмыс барысы

3.2.1 Raspberry Pi және ThingSpeak салыстырмалы талдау

SBC (Single Board Computer) құрылғыларының дамуымен бірге, шағын әрі арзан Raspberry Pi (quad-core ARM Cortex-A7 негізінде) негізгі аппараттық платформа ретінде таңдалды.

3.1-кесте және 3.2-кестеде Raspberry Pi-дің дәстүрлі сенсорлық тораптармен және коммерциялық SBC-мен салыстырмалы сипаттамасы келтірілген.

Кесте 3.1 – Raspberry Pi мен басқа SBC құрылғылардың салыстырмалы сипаттамасы

Параметр	Raspberry Pi	Arduino	Intel Galileo	UDOO NEO	BeagleBone
Процессор	Broadcom BCM2836 900 МГц, төрт ядролы	ATMEGA8, ATMEGA1280	Intel Quark X1000 – 400 МГц, бір ядро	Freescale i.MX 6SoloX, 1 ГГц ARM Cortex-A9 және Cortex-M4	AM3359, 1 ГГц ARM Cortex-A8
Жедел жад (RAM)	1 ГБ	16–32 КБ	512 КБ кіріктірілген SRAM, 256 МБ DRAM	512 МБ немесе 1 ГБ (толық нұсқада)	512 МБ DDR3 RAM
Қуат тұтыну	10 Вт	5 Вт	15 Вт	10 Вт	15 Вт

ОЖ	Raspbian, Debian, Fedora, ARCH Linux ARM, FreeBSD	Жоқ	Arduino Linux (Galileo үшін), Windriver Rocket	Android Lollipop және Linux UDOOubuntu2 (14.04 LTS)	Android, Debian, Angstrom, Yocto, Fedora, Ubuntu
Бағасы	\$40	\$30	\$70	\$65	\$55

Кесте 3.2 – Raspberry Pi мен дәстүрлі сенсорлық тораптардың салыстырмалы сипаттамасы

Параметр	Raspberry Pi	MicaZ	TelosB	Iris
Жедел жад (RAM)	1 ГБ	4 КБ	10 КБ	8 КБ
Бағдарламалау тілі	C, C++, Python, Java	C, NesC	C, NesC	C, NesC
Бағасы	\$40	\$99	\$99	\$115
Процессор	Broadcom BCM2836, 900 МГц, 4 ядро	ATMEGA128	TI MSP430	ATMEGA128
Жады көлемі	SD картасы арқылы 64 ГБ-қа дейін	128 КБ	48 КБ	128 КБ
ОЖ	Raspbian, Debian, Fedora, FreeBSD	TinyOS, Mote Runner	TinyOS, MantisOS	TinyOS, Mote Runner

1. Жедел жад (RAM): Raspberry Pi – 1 ГБ жедел жадымен дәстүрлі сенсорлық тораптардан әлдеқайда басым. MicaZ, TelosB, Iris – тек 4–10 КБ аралығында ғана жедел жады бар, яғни олар тек қарапайым мәліметтерді өңдей алады. Raspberry Pi күрделі есептеулерді, үлкен көлемді деректерді өңдеуді жеңілдетеді.

2. Бағдарламалау тілі: Raspberry Pi кең ауқымды бағдарламалау тілдерін қолдайды: C, C++, Python, Java. Басқа сенсорлық тораптар (MicaZ, TelosB, Iris) тек C және арнайы сенсорлық жүйелерге арналған NesC тілінде бағдарламаланады. Raspberry Pi икемді және әмбебап бағдарламалау мүмкіндіктеріне ие.

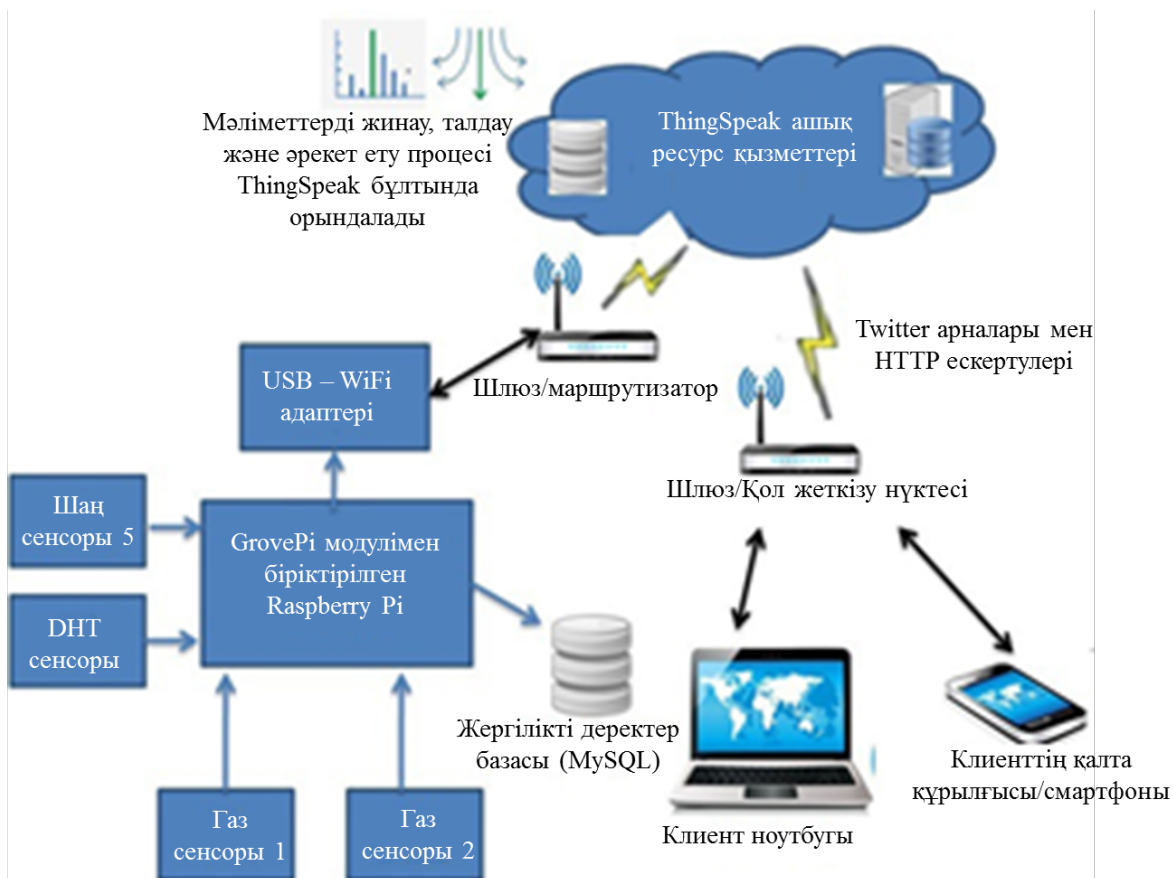
3. Бағасы: Raspberry Pi – \$40 (ең арзан шешім). MicaZ және TelosB – әрқайсысы \$99. Iris – ең қымбат, \$115. Raspberry Pi бағасы дәстүрлі сенсорлық тораптарға қарағанда 2–3 есе арзан.

4. Процессор: Raspberry Pi – Broadcom BCM2836, 900 МГц жиілігімен, 4 ядролы. MicaZ және Iris – ATMEGA128 процессорымен (төмен өнімділік). TelosB – TI MSP430 (өте аз қуат тұтынатын, бірақ өнімділігі төмен процессор). Raspberry Pi әлдеқайда жоғары өнімділік пен параллель есептеулер жүргізу мүмкіндігін береді.

5. Жады көлемі: Raspberry Pi – SD картасы арқылы 64 ГБ-қа дейін кеңейтуге болады. MicaZ – 128 КБ ішкі жады. TelosB – 48 КБ ішкі жады. Iris – 128 КБ ішкі жады. Raspberry Pi үлкен көлемді деректерді жинау, сақтау және талдау үшін өте қолайлы.

6. Операциялық жүйе (ОЖ): Raspberry Pi – Raspbian, Debian, Fedora, FreeBSD сияқты толыққанды операциялық жүйелерді қолданады.

MicaZ, TelosB, Iris – TinyOS, Mote Runner немесе MantisOS сияқты шағын, сенсорларға арналған арнайы операциялық жүйелерді қолданады. Raspberry Pi толық функциялы операциялық жүйелермен жұмыс істеу мүмкіндігін береді (мысалы, мультитаскинг, күрделі бағдарламаларды басқару).



3.1-сурет – Жалпы жүйе архитектурасы

GrovePi+ деп аталатын пайдалануға ыңғайлы, қосып-ойнат типті электрондық модуль Raspberry Pi-дің үстіне орнатылады. GrovePi+ контроллері ADC және I²C қолдауымен жабдықталған. Raspberry Pi мен GrovePi+ арасында I²C интерфейсі арқылы байланыс орнатылады.

Бірнеше аналогтық және цифрлық сенсорлар GrovePi+ арқылы Raspberry Pi-ге жалғанады.

Осы жүйеде қолданылған сенсорлар:

- Grove DHT (температура және ылғалдылық),
- Grove газ сенсорлары: шаң, MQ-5 (түтін), MQ-7 (CO), MQ-135 (CO₂).

Әрбір сенсор әртүрлі температура мен ылғалдылық жағдайларында газдарға түрлі сезімталдыққа ие.

Raspberry Pi құрылғысы Raspbian операциялық жүйесімен жұмыс істейді.

Сенсорларды басқару үшін қажетті драйверлер мен кітапханалар Python тілінде әзірленді.

Python – көп парадигмалы тіл, ол қосымшаларды жылдам дамытуға және біріктіруге мүмкіндік береді.

ThingSpeak – ашық кодты IoT бұлттық платформа, ол:

- қашықтықтан деректерді бақылау,
- деректерді шоғырландыру, шешім қабылдау және аналитика жүргізуге мүмкіндік береді.

ThingSpeak сонымен қатар:

- MATLAB арқылы деректер визуализациясы,
- ескертулер мен кесте бойынша әрекет,
- құрылғыаралық байланыс қызметтерін ұсынады.

Ұсынылған модельде бірнеше сенсорлық веб-тораптардан алынған деректер сәйкес арналарға жүктеледі. Арналар жеке немесе ашық ретінде орнатылады, бұл деректердің маңыздылығы мен құпиялығына байланысты таңдалады.

3.2.2 Raspberry Pi мен ThingSpeak интеграциясы

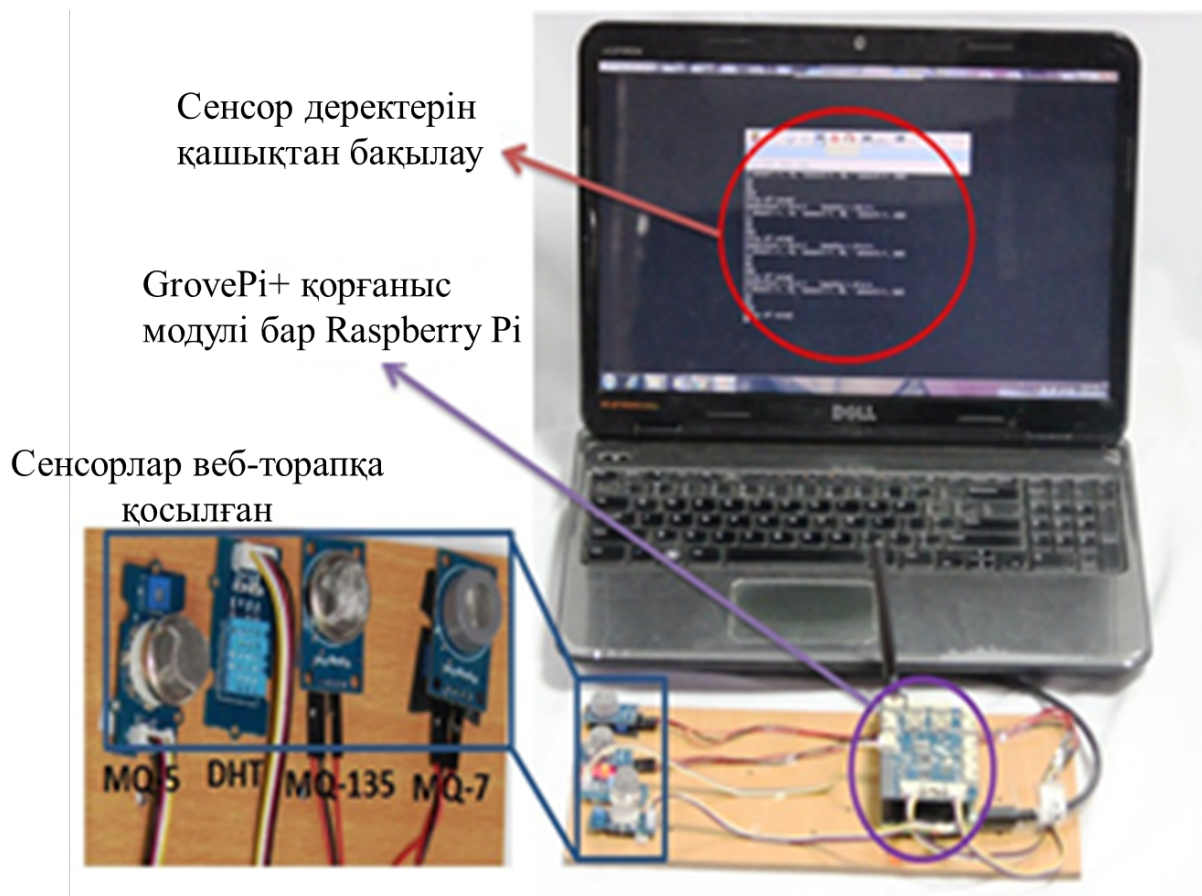
<https://thingspeak.com/> сайтында пайдаланушы тіркелгісі жасалып, әрбір торап үшін жеке арналар құрылады. Python-да қажетті API интерфейстері шақырылып, кітапханалар импортталады, сонда сенсор деректері бұлтқа жүктеледі.

Қашықтан бақылау үшін әр тораптың географиялық координаталары (ендік пен бойлық) ThingSpeak арна баптауларында көрсетіледі.

ThingSpeak деректер базасынан деректерді CSV, JSON немесе PHP форматтарында жүктеп алуға болады.

Қашықтағы клиенттер сайтқа кіріп, барлық тораптардың деректерін көре алады.

Сол деректер арнайы x және y осьтеріне сай график түрінде де бейнеленеді. 3.2-суретте Raspberry Pi құрылғысы Grove сенсорларымен және Wi-Fi адаптерімен қосылған аппараттық іске асыру көрсетілген.



3.2-сурет – Ұсынылған аппараттық іске асыру – Raspberry Pi негізіндегі сенсорлық веб-торап және бақылау станциясы

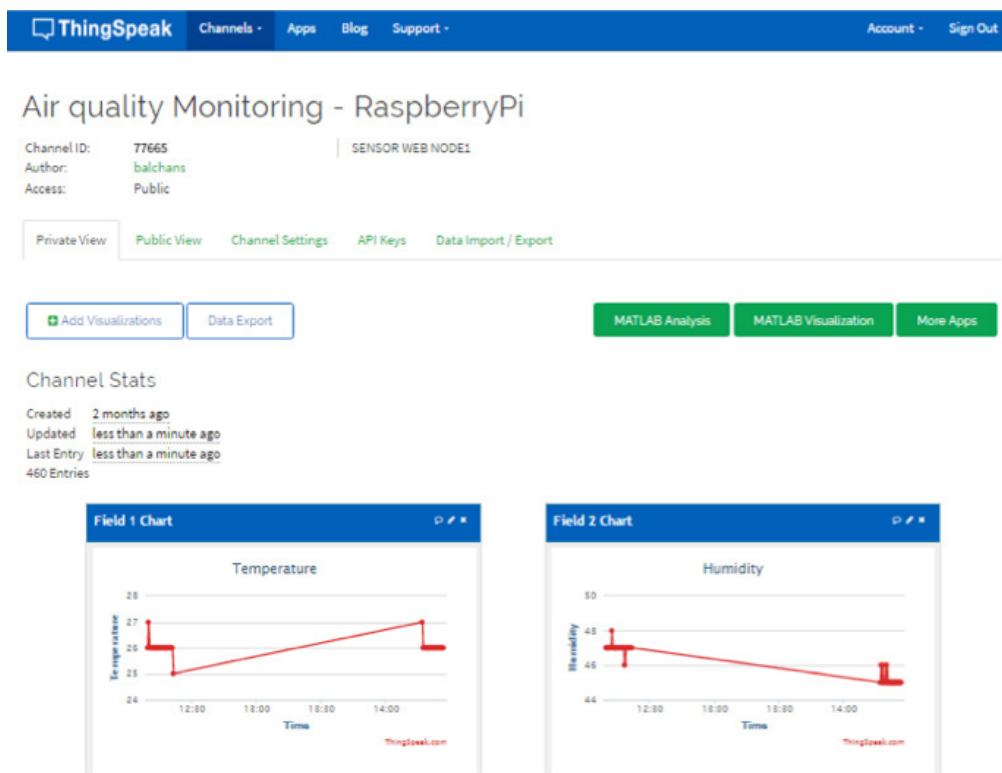
3.3 Деректерді талдау және ескерту хабарламаларын генерациялау

ThingSpeak бұлттық серверінде деректерді талдау үшін MATLAB код жазылып, белгілі бір уақыт аралығында орындалып тұратындай етіп орнатылды.

Аналитикалық нәтижелердің қорытындысы - ескерту хабарламаларын қалыптастыру түріндегі әрекетке айналады.

Бұл ескерту хабарламалары ThingSpeak серверімен байланыстырылған TWITTER аккаунтына жіберіледі, бұл процесті «ақылды» етумен қатар, нақты уақыттағы шектеулерге бейімделуге мүмкіндік береді.

Жобаланған сенсорлық торап қоршаған ортаның ауа сапасын (ішкі және сыртқы ортада) бақылау үшін орналастырылды. Әр тораптан алынған сенсорлық деректер жергілікті дерекқорда және ThingSpeak бұлттық дерекқорында сақталады. 3.3-суретте ThingSpeak бұлттық арнасын құру экраны көрсетілген. Қосымша А кодтық тізбек ұсынылған



3.3-сурет – 1-торапқа арналған ThingSpeak арнасын құру

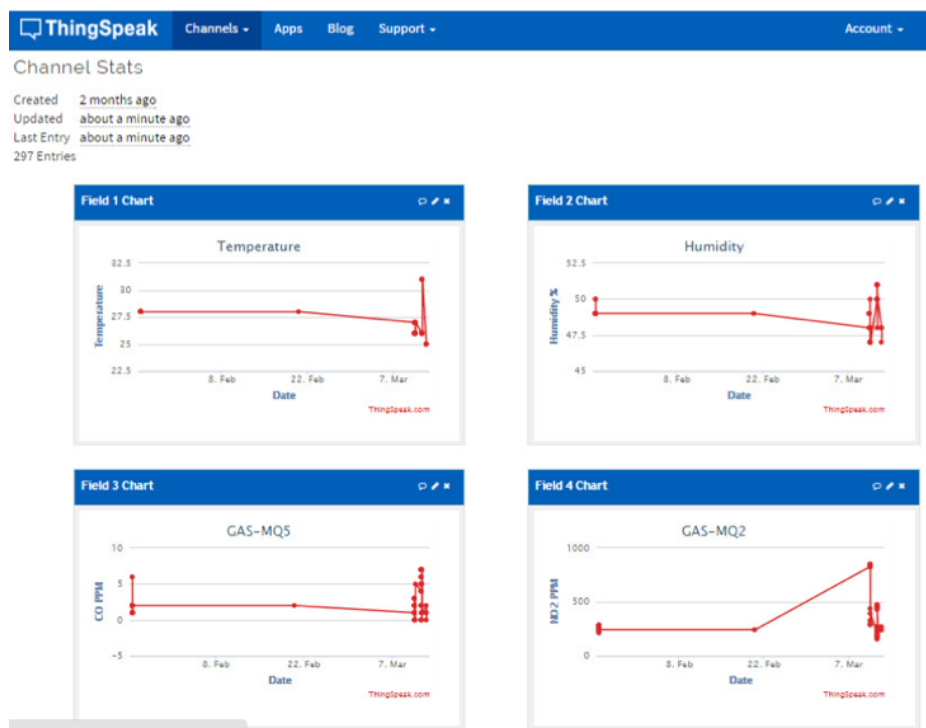
Жергілікті дерекқор:

- қашықтықтан мониторинг жүргізу,
- болашақта деректерді қайта алу және
- трендті талдау үшін қолданылады.

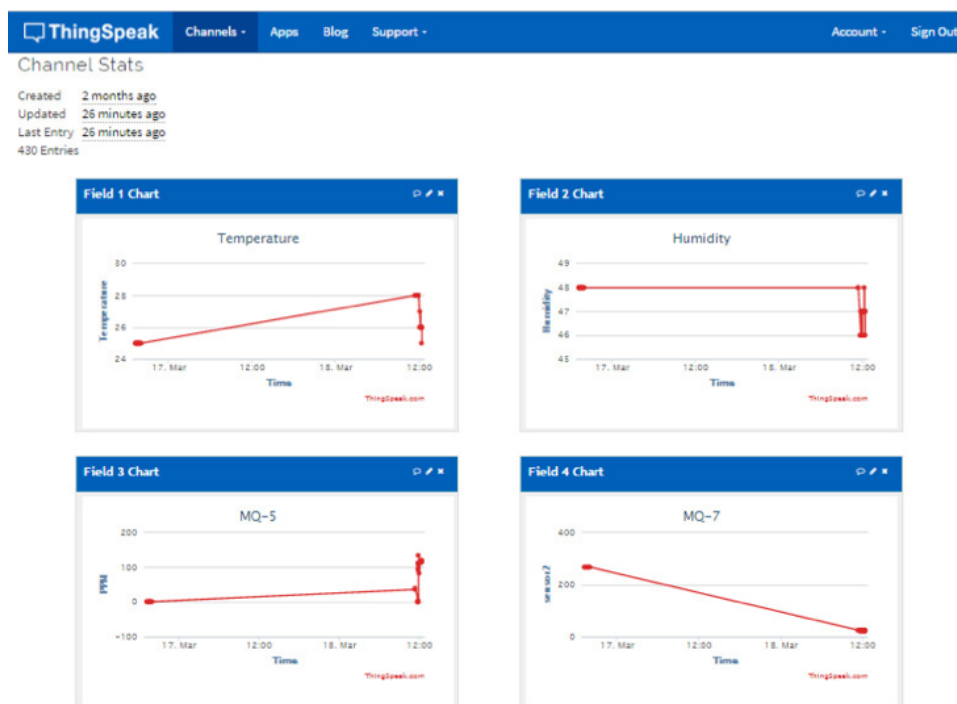
ThingSpeak бұлттық қызметі:

- деректерді желідегі бұлттық дерекқорда сақтау,
- аналитикалық қызметтерді жүргізу үшін қолданылады.

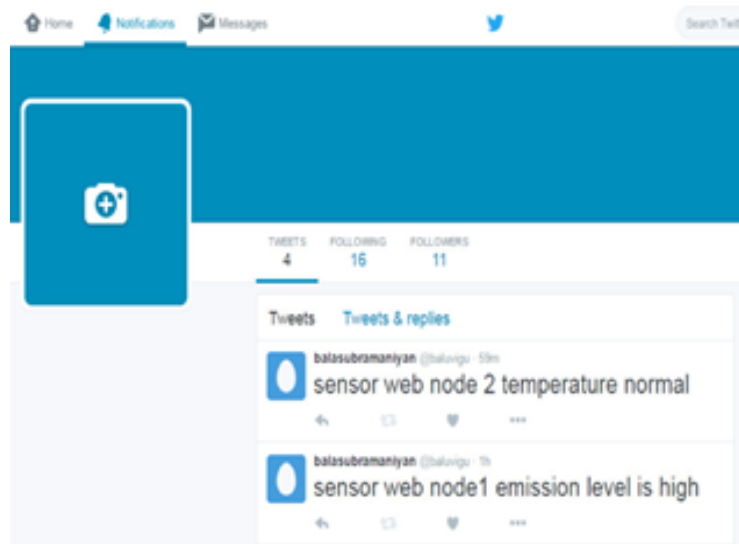
Арнаға жеке немесе ашық қолжетімділік баптаулар арқылы орнатылады.



3.4-сурет – 2-тораптан деректерді жинау және графикпен бірге ThingSpeak веб-интерфейсі



3.5-сурет – 3-тораптан деректерді жинау және графикпен бірге ThingSpeak веб-интерфейсі



3.6-сурет – 1 және 2-тораптардың күйі бойынша Twitter жаңартуы

Сенсорлық торап төрт түрлі орынға орналастырылды, және алынған деректер дерекқорда сақталады.

3.4 және 3.5-суреттерде 2 және 3-тораптарға арналған веб-интерфейс пен деректердің скриншоттары берілген.

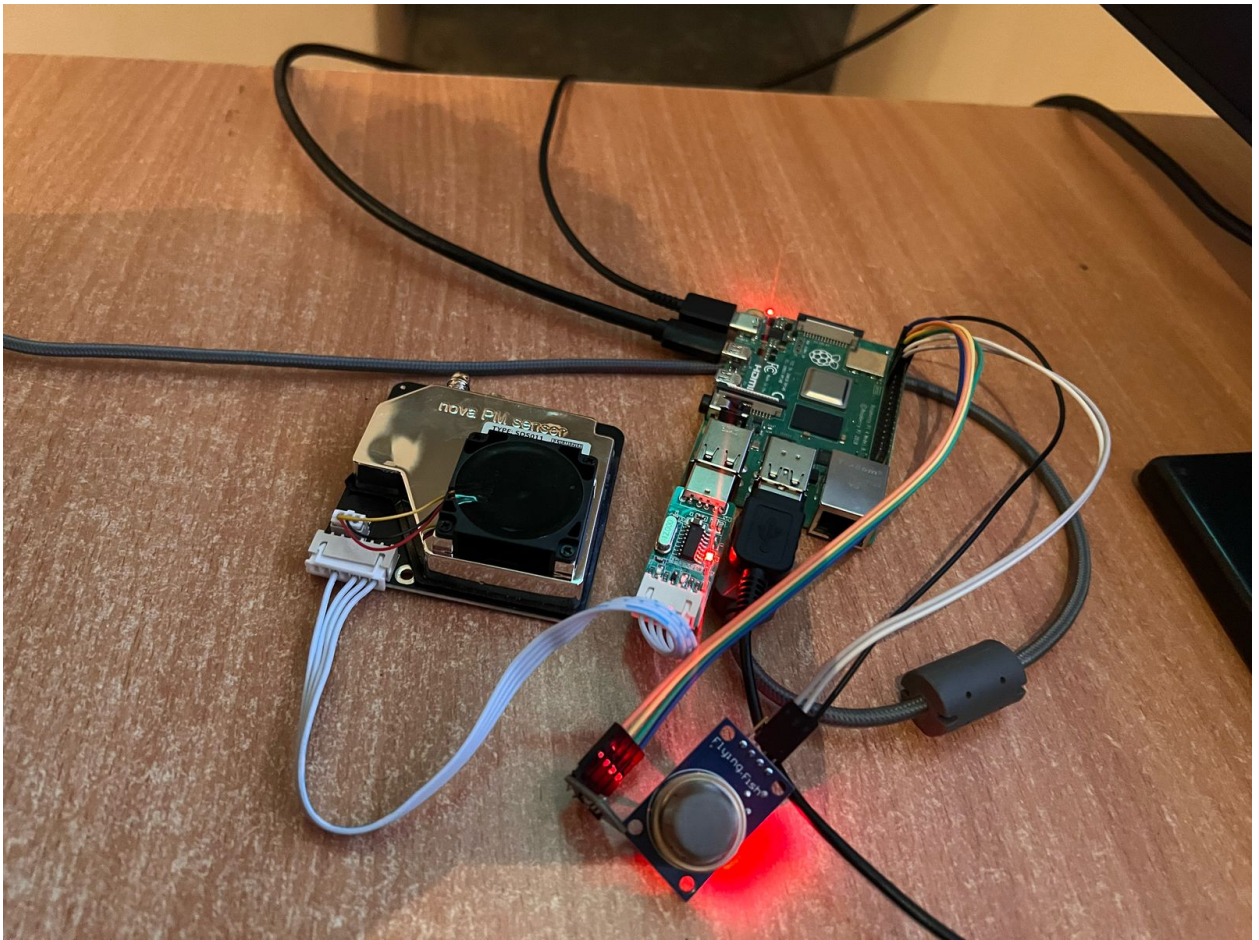
График құру және MATLAB көмегімен аналитика жүргізу сияқты деректерді өңдеу процестері бұлттық серверде орындалады, осылайша сенсорлық тораптағы өңдеу жүктемесі азайтылады, бұл энергияны тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Сәйкес арналарға жаңартылған деректер нақты уақытта MATLAB арқылы талданады. MATLAB талдауының нәтижесіне қарай ескерту хабарламалары Twitter аккаунттарына жарияланады. 6-суретте 1 және 2-тораптарға қатысты ескерту хабарламалары бар Twitter жаңартуы көрсетілген.

Raspberry Pi құрылғысындағы толық бағдарлама фондық режимде жұмыс істейді және жүйе жүктелгеннен кейін автоматты түрде іске қосылады. Қосымша скрипт - тораптардың желіге қосылғанын тексеріп, байланыс үзілген жағдайда оны қайта қалпына келтіреді.

3.4 Ауа сапасына мониторинг жүргізу жүйесінің аппараттық бөлігі

Ауа сапасын бақылауға арналған IoT жүйесін әзірлеу барысында Raspberry Pi платформасы негізінде түрлі сенсорлар мен модульдер біріктірілді. 3.7-суретте жүйенің нақты аппараттық құрылымы көрсетілген.



3.7-сурет – Ауа сапасын бақылау жүйесінің жинақталған макеті

Құрылғы құрамына кіретін компоненттер:

- Raspberry Pi 4 Model B – бұл жүйенің негізгі басқару блогы. Ол сенсорлардан мәлімет жинап, оларды өңдейді және қажет болған жағдайда бұлтты серверге жібереді.
- Nova PM Sensor SDS011 – ауадағы бөлшектердің (PM2.5 және PM10) концентрациясын өлшеуге арналған сенсор. Бұл сенсор ультрадыбыстық әдіс арқылы ауадағы шаң-тозаңды нақты анықтайды.
- MQ-135 газ сенсоры – ауадағы зиянды газдар (аммиак, бензол, түтін, CO2 және т.б.) концентрациясын анықтайтын модуль. Бұл сенсор жалпы ауа сапасының индексін бағалауға мүмкіндік береді.
- Жиынтық сымдар (Jumper wires) мен breadboard – модульдер мен Raspberry Pi арасындағы қосылымды қамтамасыз етеді.
- USB to UART модулі – кейбір сенсорларды UART интерфейсі арқылы басқару үшін пайдаланылады.

Жұмыс істеу принципі:

1. Жүйе іске қосылғанда Raspberry Pi барлық сенсорларды инициализациялайды.
2. Nova PM сенсоры мен MQ-135 сенсоры ауа сапасына қатысты мәліметтерді нақты уақыт режимінде өлшейді.

3. Raspberry Pi бұл мәліметтерді жинақтап, бастапқы өңдеуден өткізеді.
4. Өңделген деректер локалды экранда (егер қосылса) немесе веб-интерфейс арқылы көрсетілуі мүмкін, сонымен қатар бұлтқа (мысалы, Thingspeak, Blynk, Firebase) жіберіледі.
5. Егер ауа сапасы қауіпті шекке жетсе, жүйе автоматты түрде хабарлама немесе ескерту жібере алады.



3.8-сурет – Telegram бот арқылы ауа сапасы мәліметтерін бақылау интерфейсі

3.8-суретте IoT негізіндегі ауа сапасын бақылау жүйесінің Telegram мессенджерінде жұмыс істейтін бот интерфейсі көрсетілген. Бұл бот нақты уақыт режимінде температура, ылғалдылық, қысым, ауадағы зиянды газдардың мөлшері және PM2.5/PM10 бөлшектерінің концентрациясы туралы ақпаратты қолданушыға ұсынады. Сонымен қатар, график түрінде веб-интерфейс арқылы динамикалық өзгерістер де бейнеленеді.



3.9-сурет – Telegram мини-қосымшасы арқылы ауа сапасының нақты уақыттағы визуализациясы

3.9-суретте IoT жүйесінің Telegram платформасындағы мини-қосымша интерфейсі бейнеленген. Бұл интерфейс арқылы пайдаланушы нақты уақыттағы ауа сапасының негізгі параметрлерін бақылай алады: температура, ылғалдылық, атмосфералық қысым, зиянды газдардың бар-жоғы және ауадағы бөлшектердің концентрациясы (PM2.5 және PM10). Графиктер сағаттық, күндік және апталық масштабтарда көрсетіліп, мәліметтерді динамикалық түрде талдауға мүмкіндік береді. Мұндай визуализация шешім қабылдауды жеңілдетеді және экологиялық мониторинг жүйесінің тиімділігін арттырады.

	A	B	C	D	E	F	G	H
911	2025-04-30 01:39:50	28,6	25,9	910	Таза	3,5	16,5	
912	2025-04-30 01:40:03	28,7	25,8	910	Таза	3,4	20,4	
913	2025-04-30 01:40:15	28,7	25,7	910	Таза	3,3	21,4	
914	2025-04-30 05:52:33	26,6	35,3	911,8	Таза	3,6	9,1	
915	2025-04-30 05:52:48	26,6	35,6	911,8	Таза	3,5	8,2	
916	2025-04-30 05:53:02	27	33,8	911,8	Таза	3,7	9,6	
917	2025-04-30 05:53:23	27,3	32,8	911,8	Таза	4,3	12,4	
918	2025-04-30 05:53:37	27,4	34,2	911,8	Таза	4,2	13,3	
919	2025-04-30 05:53:51	27,5	33,1	911,8	Таза	3,9	12,9	
920	2025-04-30 05:54:05	27,7	32,2	911,8	Таза	4	11,8	
921	2025-04-30 05:54:18	27,8	32,3	911,8	Таза	4,1	10,9	
922	2025-04-30 05:54:31	28	32	911,8	Таза	4	8	
923	2025-04-30 05:54:44	28	31,7	911,8	Таза	3,7	8,1	
924	2025-04-30 05:54:57	28,1	31,4	911,8	Таза	3,7	8,9	
925	2025-04-30 05:55:09	28,1	31,2	911,8	Таза	3,7	9,4	
926	2025-04-30 05:55:23	28,2	31,1	911,8	Таза	3,5	8	
927	2025-04-30 05:55:35	28,3	31,1	911,7	Таза	3,6	10,2	
928	2025-04-30 05:55:47	28,3	31,6	911,8	Таза	3,6	10,3	
929	2025-04-30 05:56:00	28,1	31,3	911,7	Таза	3,5	10	
930	2025-04-30 05:56:13	27,9	33,5	911,8	Таза	3,7	10,5	
931	2025-04-30 05:56:28	27,6	34,1	911,9	Таза	3,7	8,8	
932	2025-04-30 05:56:44	27,9	32,1	911,8	Таза	3,6	8,5	
933	2025-04-30 05:56:59	28	31,8	911,8	Таза	3,5	8,6	
934	2025-04-30 05:57:11	28	31,5	911,9	Таза	3,5	7,1	
935	2025-04-30 05:57:23	28,1	31,4	911,8	Таза	3,5	7,8	
936	2025-04-30 05:57:36	28,1	31,3	911,8	Таза	3,4	6,6	
937	2025-04-30 05:57:48	28,2	31,2	911,8	Таза	3,4	8	
938	2025-04-30 05:58:02	28,3	31,1	911,8	Таза	3,6	9,2	
939	2025-04-30 05:58:14	28,2	31,7	911,8	Таза	3,7	10,5	
940	2025-04-30 05:58:26	28,2	31,8	911,8	Таза	3,5	10,2	
941	2025-04-30 05:58:39	28,3	31,1	911,8	Таза	3,5	8,4	
942	2025-04-30 05:58:51	28,2	31,1	911,8	Таза	3,5	8,1	
943	2025-04-30 05:59:04	28,3	31,1	911,8	Таза	3,5	8,9	
944	2025-04-30 05:59:18	28,5	30,8	911,8	Таза	3,7	7,7	
945	2025-04-30 05:59:32	29	31,5	911,8	Таза	3,7	6,7	
946	2025-04-30 05:59:44	28,9	31,3	911,8	Таза	3,5	7,6	
947	2025-04-30 06:00:02	29,1	30,8	911,8	Таза	3,9	9,3	
948	2025-04-30 06:00:20	29	30,5	911,8	Таза	3,5	7,4	
949	2025-04-30 06:00:35	29,1	30,1	911,8	Таза	3,7	8,2	
950	2025-04-30 06:00:48	29,2	30,2	911,8	Таза	3,9	9,2	
951	2025-04-30 06:01:01	29,3	29,8	911,9	Таза	3,6	9,1	
952	2025-04-30 06:01:14	29,2	30,2	911,9	Таза	3,4	7,5	
953	2025-04-30 06:01:26	29,2	29,8	911,9	Таза	3,6	6,1	
954	2025-04-30 06:01:39	29,1	29,8	911,8	Таза	3,4	6,2	
955	2025-04-30 06:01:53	29,1	30,4	911,8	Таза	3,3	6,8	
956								
957								

3.10-сурет – Ауа сапасы параметрлерінің нақты уақыттағы өлшенген мәліметтер жиыны (кестелік түрде)

3.10-суретте ауа сапасына мониторинг жүргізу барысында жинақталған мәліметтердің кестелік түрі берілген. Бұл деректер нақты уақыт режимінде жазылып, келесі параметрлерді қамтиды:

- Күні мен уақыты,
- Температура (°C),
- Ылғалдылық (%),
- Атмосфералық қысым (hPa),
- Газ күйі (таза немесе ластанған),
- PM2.5 және PM10 бөлшектерінің концентрациясы ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Бұл мәліметтер негізінде жүйе автоматты түрде талдау жүргізіп, оларды графикке түсіріп, Telegram боты арқылы қолданушыға жібереді. Сонымен қатар, бұл кесте кейінгі статистикалық өңдеулер мен экологиялық зерттеулер үшін пайдаланылуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүргізу жүйесі әзірленді және енгізілді. Жұмыс барысында сымсыз сенсорлық желі (WSN) мен Заттар интернеті (IoT) технологияларының интеграциясы табысты жүзеге асырылып, белгілі бір аймақтың атмосферасындағы зиянды газдар концентрациясын нақты уақыт режимінде қашықтан бақылау мүмкіндігі қамтамасыз етілді.

Жобаланған жүйе көміртек оксиді (CO), көмірқышқыл газы (CO₂), аммиак (NH₃) және азот оксидтері (NO_x) сияқты негізгі ластаушы заттарды анықтауға бағытталған сенсорлармен жабдықталды. Деректерді жіберу және қабылдау үшін дәстүрлі HTTP протоколы қолданылды, ал сенсорлық тораптардың саны төртпен шектелді. Деректерді сақтау және өңдеу үшін ашық бастапқы кодты ThingSpeak бұлттық платформасы пайдаланылды, бұл жүйенің арзан әрі қолжетімді болуын қамтамасыз етті.

WSN жүйесін IoT технологиясымен біріктіру оны IoT саласында құнды және тиімді ресурсқа айналдырды [9,14]. Жобаланған жүйенің негізгі артықшылықтары ретінде қарапайымдылығы, жылдам құрылуы, деректердің шынайы уақыт режимінде қолжетімділігі және пайдаланушыға бағдарлануы атап өтіледі. Бұл шешім экологиялық мониторинг процесін анағұрлым икемді, қолжетімді әрі тиімді етті.

Дипломдық жұмыстың нәтижесінде ауа сапасын бақылаудың заманауи, қолжетімді және шынайы уақыт режимінде жұмыс істейтін прототипі жасалды. Жоба қазіргі инфрақұрылымдық шектеулер жағдайында да тиімді мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді және болашақта одан әрі жетілдіру үшін берік негіз қалайды.

Болашақтағы жұмыс бағыттары ретінде мыналар ұсынылады:

Бірнеше сенсорлық веб-тораптардан жиналған деректер негізінде ауа сапасының индексін есептеу модулін әзірлеу [1,16];

IoT желілеріне тән жеңілдетілген және тиімді байланыс протоколдарын (мысалы, MQTT немесе CoAP) қолдану арқылы деректер алмасу механизмін жетілдіру;

Сенсорлық тораптар санын арттыру арқылы бақылау аймағын кеңейту және деректердің нақтылығын арттыру.

Осы бағыттарда жүргізілетін болашақ зерттеулер мен әзірлемелер экологиялық мониторинг жүйелерінің тиімділігін одан әрі арттыруға және қалалардағы ауа сапасын жақсарту шараларын дер кезінде қабылдауға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. A brief history of single board computers. 2014. Available from: <http://www.newark.com/wcsstore/ExtendedSitesCatalogAssetStore/cms/asset/pdf/americas/common/NE14-ElectronicDesignUncovered-Dec14.pdf>
2. Air quality index: A guide to air quality and your health. 2014. Available from: https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf
3. Alcaraz C, Najera P, Lopez J, Roman R. Wireless Sensor Networks and the Internet of Things: Do we need a complete integration? 1st International Workshop on the Security of the Internet of Things, (Select'10); 2010.
4. Andres RJ, Fielding DJ, Marland G, Boden TA, Kumar N. Carbon dioxide emissions from fossil-fuel use. *Tellus B*. 1999; 51(4):759–65.
5. Arvind RV, Raj RR, Raj RR, Prakash NK. Industrial automation using Wireless Sensor Networks. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016; 9(8):1–8.
6. Bagula A, Zennaro M, Inggs G, Scott S, Gascon D. Ubiquitous Sensor Networking for development (USN4d): An application to pollution monitoring. *Sensors*. 2012; 12(1):391–414.
7. Christin D, Reinhardt A, Mogre PS, Steinmetz R. Wireless Sensor Networks and the Internet of Things: Selected challenges. 8th GI/ITG/ KuVS; University of Darmstadt, Germany,. 2009. p. 31–3.
8. Felstead TJ. The use of a road side remote sensing device to encourage voluntary vehicle emissions related maintenance. SEIG Conference; London'07. 2007. p. 1–18.
9. Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements and future directions. *Future Generation Computer Systems*. 2013; 29(7):1645–60.
10. Jayavel K, Nagarajan V. Survey of migration, integration and interconnection techniques of data centric networks to Internet - Towards Internet of Things (IoT). *Indian Journal of Science and Technology*. 2016 Mar; 9(11):1–8.
11. Jung YJ, Lee YK, Lee DG, Lee Y, Nittel S, Beard K, et al. Design of sensor data processing steps in an air pollution monitoring system. *Sensors*. 2011; 11(12):11235–50.
12. Ma Y, Richards M, Ghanem M, Guo Y, Hassard J. Air pollution monitoring and mining based on sensor grid in London. *Sensors*. 2008; 8(6):3601–23.
13. Maksimovic M, Vujovic V, Davidovic N, Milosevic V, Perisic B. Raspberry Pi as Internet of Things hardware: Performances and constraints. *IcETRAN Conference; Vrnjacka banja, Serbia*. 2014. p. 1–6.
14. Mao X, Miaoy X, He Y, Zhu T, Wang J, Dongy W, et.al. Citysee: Urban CO2 monitoring with sensors. *IEEE Proceedings INFOCOM; Orlando, FL*. 2012. p. 1611–9.
15. National Air Quality index. 2014. Available from: http://www.cpcb.nic.in/FINAL-REPORT_AQI_.pdf

16. Vujovic V, Maksimovic M. Raspberry Pi as a sensor web node for home automation. *Computers and Electrical Engineering*. 2015; 44:153–71.

ҚОСЫМША А

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Уақыт бойынша мәндер (шартты түрде)
time = ["12:00", "13:00", "14:00", "15:00"]

# Температура және ылғалдылық мәндері (шартты түрде)
temperature = [24.5, 25.0, 26.0, 27.0]
humidity = [48.0, 47.0, 46.0, 44.5]

# Температура графигі
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(time, temperature, marker='o')
plt.title('Temperature Over Time')
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('Temperature (°C)')
plt.grid(True)
plt.show()

# Ылғалдылық графигі
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(time, humidity, marker='o', color='green')
plt.title('Humidity Over Time')
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('Humidity (%)')
plt.grid(True)
plt.show()
```

ҚОСЫМША Ә

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Уақыт осі (шартты мәндер)
time = ["17-Mar", "18-Mar", "19-Mar"]

# Температура мәндері (Celsius)
temperature = [24.5, 26.0, 27.5]

# Ылғалдылық мәндері (%)
humidity = [48.0, 47.5, 46.5]

# MQ-5 сенсоры мәндері (ppm шартты түрде)
mq5 = [50, 80, 100]

# MQ-7 сенсоры мәндері (ppm шартты түрде)
mq7 = [300, 250, 200]

# Фигура және графиктер
fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(12, 8))

# Температура графигі
axs[0, 0].plot(time, temperature, marker='o', color='red')
axs[0, 0].set_title('Temperature Over Time')
axs[0, 0].set_xlabel('Time')
axs[0, 0].set_ylabel('Temperature (°C)')
axs[0, 0].grid(True)

# Ылғалдылық графигі
axs[0, 1].plot(time, humidity, marker='o', color='blue')
axs[0, 1].set_title('Humidity Over Time')
axs[0, 1].set_xlabel('Time')
axs[0, 1].set_ylabel('Humidity (%)')
axs[0, 1].grid(True)

# MQ-5 сенсоры графигі
axs[1, 0].plot(time, mq5, marker='o', color='green')
axs[1, 0].set_title('MQ-5 Gas Sensor Readings')
axs[1, 0].set_xlabel('Time')
axs[1, 0].set_ylabel('PPM')
axs[1, 0].grid(True)

# MQ-7 сенсоры графигі
```

```
axs[1, 1].plot(time, mq7, marker='o', color='purple')
axs[1, 1].set_title('MQ-7 Gas Sensor Readings')
axs[1, 1].set_xlabel('Time')
axs[1, 1].set_ylabel('PPM')
axs[1, 1].grid(True)

# Барлық графиктер арасында аралық реттеу
plt.tight_layout()
plt.show()
```

ҚОСЫМША Б

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Уақыт мәндері (шартты түрде суреттен алынған)
time = ["17-Mar", "18-Mar", "19-Mar"]

# Температура мәндері (°C)
temperature = [24.5, 26.0, 27.5]

# Ылғалдылық мәндері (%)
humidity = [48.0, 47.0, 46.5]

# MQ-5 сенсоры мәндері (ppm)
mq5 = [50, 70, 100]

# MQ-7 сенсоры мәндері (ppm)
mq7 = [400, 300, 200]

# Фигура жасау (2x2 график)
fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(12, 8))

# Температура графигі
axs[0, 0].plot(time, temperature, marker='o', color='red')
axs[0, 0].set_title('Temperature Over Time')
axs[0, 0].set_xlabel('Time')
axs[0, 0].set_ylabel('Temperature (°C)')
axs[0, 0].grid(True)

# Ылғалдылық графигі
axs[0, 1].plot(time, humidity, marker='o', color='blue')
axs[0, 1].set_title('Humidity Over Time')
axs[0, 1].set_xlabel('Time')
axs[0, 1].set_ylabel('Humidity (%)')
axs[0, 1].grid(True)

# MQ-5 газ сенсоры графигі
axs[1, 0].plot(time, mq5, marker='o', color='green')
axs[1, 0].set_title('MQ-5 Gas Sensor Readings')
axs[1, 0].set_xlabel('Time')
axs[1, 0].set_ylabel('PPM')
axs[1, 0].grid(True)

# MQ-7 газ сенсоры графигі
```

```
axs[1, 1].plot(time, mq7, marker='o', color='purple')
axs[1, 1].set_title('MQ-7 Gas Sensor Readings')
axs[1, 1].set_xlabel('Time')
axs[1, 1].set_ylabel('PPM')
axs[1, 1].grid(True)
```

```
# Барлық графиктер арасындағы аралықты автоматты түрде реттеу
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Channel: Air quality Monitoring – RaspberryPi

Channel Stats:

- Created: 2 months ago
- Updated: 26 minutes ago
- Last Entry: 26 minutes ago
- Total Entries: 430

Measured Fields:

1. Field 1: Temperature

- Units: °C
- Observations:
 - Value increased from ~24°C to ~27°C between 17 March and 18 March.
 - Small fluctuations around 27°C.

2. Field 2: Humidity

- Units: %
- Observations:
 - Humidity stayed relatively constant between 46% and 48%.
 - Minor variations detected over time.

3. Field 3: MQ-5 Gas Sensor

- Units: ppm (parts per million)
- Observations:
 - Gas concentration increased from ~50 ppm to ~100 ppm.
 - Significant fluctuation during measurements.

4. Field 4: MQ-7 Gas Sensor

- Units: ppm (parts per million)
- Observations:
 - CO gas concentration decreased steadily from ~300 ppm to ~150 ppm between 17 March and 18 March.

Дипломдық жоба (жұмыс) бойынша

РЕЦЕНЗИЯ

Сатыбалды Әділбай Бактыбайұлы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу

Орындалды:

а) Графикалық бөлім 3 парақтарда
б) түсіндірме жазба 70 беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыс қоғамдағы экологиялық қауіпсіздік мәселесін шешуге бағытталған өзекті жобалардың бірі болып табылады. Автор ауа сапасын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік беретін смарт жүйе құрастырып, оны Raspberry Pi платформасында жүзеге асырған. Бұл жүйе ауа құрамындағы бөлшектер (PM2.5, PM10), газдар (CO₂), температура, қысым және ылғалдылық сияқты көрсеткіштерді анықтап, оларды визуалды түрде ұсынуға және Telegram арқылы ескерту хабарламаларын жіберуге қабілетті.

Жұмыстың құрылымы мен мазмұны:

Жұмыс логикалық тұрғыда дұрыс құрылымдалған, алға қойылған ғылыми-тәжірибелік міндеттер нақты әрі жүйелі орындалған. Теориялық бөлімде ауа сапасының маңыздылығы, мониторинг жүйелерінің шолуы, IoT құрылғыларының мүмкіндіктері мен артықшылықтары баяндалған. Практикалық бөлімде сенсорлардың интеграциясы, веб-интерфейс жасау, Telegram ботпен жұмыс істеу процесі толық сипатталған. Flask + Chart.js технологияларын пайдалану визуализацияны тиімді іске асыруға мүмкіндік берген.

Сатыбалды Әділбай Бактыбайұлының дипломдық жұмысы мазмұны мен ғылыми-практикалық бағыты бойынша жоғары деңгейде орындалған. Жұмыс тақырыбы заманауи талаптарға сай, ғылыми тұрғыдан негізделген және практикалық маңызы зор. Студенттің зерттеу дағдылары мен техникалық білімі жеткілікті екенін айқын көрсеткен.

Жұмысты бағалау

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал студент Сатыбалды Әділбай Бактыбайұлын 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынамын.

Рецензент

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

Мәдібайұлы Ж.
«20» 05 2025 ж.



Дипломдық жобаға (жұмысқа)

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу

Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлының дипломдық жұмысы қазіргі заманауи технологиялар талабына толықтай сай келеді. Жұмыс барысында студент Raspberry Pi платформасының мүмкіндіктерін тиімді пайдаланып, қоршаған орта жағдайына мониторинг жүргізуге арналған кешенді IoT жүйесін жобалап, жүзеге асырған.

Дипломдық жобада студент ауа сапасын өлшеуге арналған бірнеше сенсорлармен жұмыс жүргізіп, алынған мәліметтерді өңдеу, сақтау және визуализациялау үдерістерін сәтті жүзеге асырды. Жобаның ерекше қыры — нақты уақыт режимінде мәліметтерді Telegram боты арқылы ұсыну және пайдаланушыға дер кезінде ескерту жасау мүмкіндігінің қарастырылуы.

Зерттеу барысында білім алушы төмендегі қабілеттерін көрсетті:

- Жоғары деңгейдегі техникалық білім мен бағдарлама жазу дағдылары;
- IoT жүйелерін жобалауда жүйелі тәсілді қолдану;
- Деректерді жинау, өңдеу және визуализациялау алгоритмдерін дұрыс құру;

Дипломдық жұмыс құрылымы мен мазмұны бекітілген талаптарға сай жазылған. Жұмыс дер кезінде аяқталып, практикалық нәтижелермен негізделген.

Студент, Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «95/A/ өте жақсы» деп бағаланды, ал Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлын 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,
техника ғылымдарының магистрі

Марксұлы С.

«20» 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: Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы

Тақырыбы: Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.2

Дәйексөз (35): 3.2

Әріптерді ауыстыру: 19

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

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: Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу

Научный руководитель: Сұңғат Маркесұлы

Коэффициент Подобия 1: 9.1

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 19

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: Сатыбалды Әділбай Бақтыбайұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Raspberry Pi платформасы негізінде IoT технологияларын пайдаланып, ауа сапасына мониторинг жүйесін әзірлеу және енгізу

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 9.1

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 19

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 Марқсұлы

проверяющий эксперт