

УДК 681.5.011

DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-235-244

М.Х. Шалабаева<sup>1</sup>, Б.С. Ахметов<sup>2</sup>, В.А. Лахно<sup>3</sup>, Ж.К. Алимсеитова<sup>4,5</sup>, А.К. Абуова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті,  
Киев, Украина

<sup>4</sup>Сәтбаев университет, Алматы, Қазақстан,

<sup>5</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: zh.alimseitova@alt.edu.kz

## САПАНЫ МОНИТОРИНГЛЕУДІҢ МОБИЛЬДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ

**Аңдатпа.** Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді жүйесі (АСММЖ) әзірленіп, жүзеге асырылды. Жүйе (немесе АСММЖ) негізгі екі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің біртұтас сервері және ақпаратты жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микробақылау базасында құрылған. Жұмысы Wi-Fi желісіне тәуелді АСММЖ құрамдас құрылғылары үшін ESP8266 микробақылау базасында таратқыш пайдаланылды. Соңғысы 802.11n стандарты бойынша тұрақты қосылымды қамтамасыз етеді. Бұл стандарт қоршаған орта деректерін жинау құрылғылары мен MQTT сервері арасындағы негізгі деректерді беру хаттамасы болып табылады. Енгізілген АСММЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT хаттамасы арқылы барлық құрылғылардан әрбір датчиктің жай-күйі және қоршаған ортаның ластануымен қатар жүретін жерлерде құрылғының орналасуы туралы ақпаратты алады. Барлық деректер уақытша белгілермен сәйкес пішімде сервердегі дерекқорға белгілі бір мерзімде жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-браузері бар барлық құрылғылардан АСММЖ басқаруға мүмкіндік беретін WEB интерфейсі пайдаланылады.

**Түйінді сөздер.** Қоршаған ортаны бақылау, мобильді мониторинг жүйесі, бағдарламалық қамтамасыз ету.

### Кіріспе.

Жаһандық өнеркәсіптік өркениет дамуының маңызды мәселелерінің бірі қоршаған ортаның антропогендік шығарындылармен ластануы болып табылады.

Сонымен қатар технологиялық объектілерді пайдалану кезінде туындайтын ең қауіпті құбылыстардың бірі қауіпті улы заттардың шығарындыларымен жүретін апатты жағдайлар болып табылады.

Қоршаған ортаны басқарудың тиімді жүйесін қалыптастыруға заманауи көзқарастағы қажетті қадам арнайы экологиялық ақпараттық жүйені құру болып табылады. Бұл табиғатты пайдалану процесінде экологиялық және экономикалық зиянның объективті бағасын алуға мүмкіндік береді. Ауа сапасын мониторингілеудің мобильді жүйелері (АСММЖ) осындай экологиялық ақпараттық жүйенің құрамдас бөлігі бола алады [1-15].

**Жұмыстың мақсаты:** темір жол көлігіндегі техногендік апаттар болған орындарда пайдалану үшін ауа сапасын мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін әзірлеу және жүзеге асыру.

### Материалдар мен тәсілдер.

Зерттеу аясында жасалған АСММЖ прототипі Arduino ең кішкентай тақталарының бірі Arduino Nano платформасында әзірленді [16, 17]. Бұл тақта оның жалпы өлшемдері негізінде таңдалды және жинақылығы маңызды жобаларда жиі қолданылады.

Сондай-ақ АСММЖ-де Wi-Fi интерфейсімен қытайлық Espressif өндірушісінің микробақылауы- ESP8266 қолданылды [18]. Wi-Fi-дан басқа, микробақылау SPI интерфейсімен сыртқы флэш-жадтан бағдарламаларды орындауға қабілетті.

Микробақылауда пайдаланушыға арналған энергияға тәуелсіз тұрақты жады жоқ. Бағдарлама қажетті бағдарлама фрагменттерін нұсқаулық кәшіне динамикалық түрде жүктеу арқылы сыртқы SPI ТЖҚ (тұрақты жад құрылғысы)-нан орындалады. 16 Мбайтқа дейінгі бағдарламаның сыртқы жадына қолдау көрсетіледі.

ESP8266 кіру нүктесі де, соңғы станция ретінде де жұмыс істей алады. Жергілікті желінің қалыпты жұмысы кезінде ESP8266 соңғы нүкте режиміне орнатылады. Ол үшін Wi-Fi желісінің SSID кодын және жабық желілерде кіру құпия сөзін орнату қажет.

Белгілі бір материалдарды тасымалдау кезінде радиоактивті заттардың бөлінуіне әкелуі мүмкін болғандықтан, АСММЖ Гейгер есептегішімен жабдықталған.

Бұл АСММЖ модулі Arduino бақылауы негізінде дозиметрді жинауға мүмкіндік берді. АСММЖ модулі ең жиі қолданылатын Гейгер датчиктерімен үйлесімді. Кеңейту тақтасы дыбыстық және визуалды сәулелену индикация жүйесімен жабдықталған.

Жиналған құрылғы қауіпті радиация деңгейін және радиоактивті материалдарды теміржол апаты орнында жоғары дәлдіктегі детектор ретінде пайдалануға болады.

АСММЖ шаңдану деңгейін бақылау үшін жеке датчик – оптикалық шаң датчигі GP2Y1010AU0F пайдаланылды. GP2Y1010AU0F оптикалық датчигі ауадағы шаңдану немесе түтіндену дәрежесін өлшеуге арналған (0,6 мг / м3 дейін).

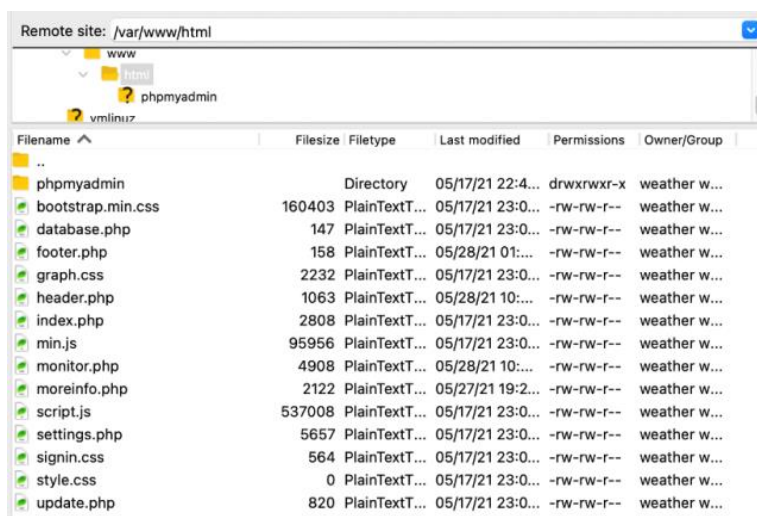
Ауа датчигінің модулі көптеген ауа параметрлерін өлшейтін SSI811, Si7021 және BME280 датчиктерінің үйлесімін қамтиды.

Arduino-ны датчиктерге қосу үшін I2C жүйелі интерфейсі пайдаланылды.

ССS811 кіріктірілген сенсор бірнеше өлшеу режимдерін қолдайды.

АСММЖ-де қажетті ақпаратты шығару веб-интерфейстің көмегімен жүзеге асырылады, ол датчиктері бар құрылғыларды басқару жүйесі болып табылады.

Баптаулар парақшасында құрылғыларды қосуға және жоюға болады. Сайтты орнату үшін барлық файлдарды / var/www/html папкасына көшіру керек, бұл операцияны орындау нәтижесі 1-суретте көрсетілген.



1 сурет – /var/www/html папкасының мазмұны

Темір жол апаты немесе төтенше жағдай орнындағы ауа сапасын мониторингілеу сайты бес веб-парақшадан тұрады:

- АСММЖ негізгі парақшасы;
- қосылған құрылғыларды мониторингілеу парақшасы;
- әрбір құрылғыға арналған сызбалар бойынша толық ақпарат парақшасы;
- жүйені әзірлеушілер парақшасы;
- құрылғыларды басқару парақшасы.

Сайт мекенжайын енгізгеннен кейін пайдаланушы жүйенің негізгі парақшасына өтеді. Бұл парақшада жүйе туралы жалпы ақпарат болады.

GPS модулі бар құрылғылар үшін орны көрсетілген карта автоматты түрде жүктеледі. Парақшада мынадай параметрлер бойынша АСММЖ датчиктерінің соңғы жаңарту деректерін көрсетеді:

- иондаушы сәулелену датчигінен алынған мәліметтер;
- шаң датчигінен алынған деректер;
- қоршаған ортаның температурасы;
- ауаның ылғалдылығы;
- атмосфералық қысым;
- CO<sub>2</sub> концентрациясы;
- жарықтандыру деңгейі;
- иіс газы мен басқа газдар деңгейі.

АСММЖ құрамына кіретін әрбір құрылғы бойынша соңғы 24 сағаттағы толық ақпаратты көруге болады. Сайттағы ақпарат АСММЖ датчигінің әрқайсысы үшін сызбалар түрінде ұсынылады. АСММЖ сызбалары бар парақшаның мысалы 2-суретте көрсетілген.

Мониторинг качества воздуха



2 сурет – Теміржол апаты болған жердегі ауаның жай-күйі туралы сызбалары бар қосымша ақпаратты көрсетуге арналған парақша

Баптаулар парақшасында деректер қорынан және АСММЖ мониторингілеу жүйесінен құрылғыларды қосуға және жоюға болады. MQTT арқылы қосылған, бірақ деректер қорына қосылмаған құрылғы жүйеде көрсетілмейді. Жаңа құрылғыны қосқан кезде жүйе АСММЖ датчиктерінің көрсеткіштерін сақтау үшін деректер қорында оған автоматты түрде жаңа кесте жасайды.

Мониторингілеу нәтижелерін, мысалы, темір жол диспетчеріне көрсететін сайт мынадай бағдарламалау тілдерінде жазылған: PHP, HTML, CSS, JS, Python, SQL. АСММЖ деректер базасына қосылу кезінде қателер болған жағдайда жүйе пайдаланушыға тиісті қате коды туралы хабарлайды. Құрылғы жойылған кезде оның кестесі де деректер қорынан жойылады, сондықтан сақталған деректерді қалпына келтіру мүмкін болмайды. Баптаулар парақшасы пайдаланушының логині мен құпия сөзі арқылы қорғалған.

АСММЖ аппараттық бөлігі әртүрлі типтегі микробақылауда жұмыс істей алады, жұмысты орындау барысында Atmega328 және ESP8266 микробақылау базасында құрылғылар сәтті сынақтан өтті. АСММЖ модульділігі микробақылауға датчиктерді қосудың әртүрлі нұсқаларын қамтамасыз етеді. АСММЖ жүйесі әрқайсысында бес датчигі бар 100 құрылғыны қосуға есептелген. Әрбір құрылғының 00-ден 99-ға дейінгі бірегей идентификаторы бар. Микробақылауға қойылатын негізгі талап – MQTT хаттамасы бойынша деректерді беру мүмкіндігі. Жергілікті пайдалану үшін құрылғылар деректерді серверге жіберу үшін қаланың WiFi желісін пайдалана алады, ауылдық жерлерде пайдаланылған жағдайда шалғай және электрлендірілмеген аумақтарда сенімді байланысты қамтамасыз ету үшін құрылғылар GPRS байланыс модулімен жабдықталуы мүмкін.

ТР4056 және МТ3608 микросұлбалары компоненттерді үздіксіз қуатпен қамтамасыз ету және АСММЖ аккумуляторларын қайта зарядтау үшін қолданылады. 18650 типті, сыйымдылығы 2000 мА/сағ. үш дана аккумулятор пайдаланылған.

Температураны, ауа ылғалдылығын, атмосфералық қысымды, CO2 концентрациясын анықтайтын датчиктер ішкі компоненттерден қосымша қызуды азайту және жылдам ауа алмасу үшін корпустың сыртында болады.

Серверлік бағдарламалық қамтамасыз ету темір жол апаттары болған жерлердегі ауа сапасын мониторингілеу жүйесіндегі маңызды функциялардың бірін орындайды. Сервер апат ауданындағы құрылғылардан деректерді алады, датчиктерден ақпаратты сүзеді де сақтайды және сақталған ақпаратты сызбалар түрінде көруге рұқсат береді. Бұл сервер функцияларын орындау үшін есептеу ресурстарының жеткілікті мөлшерін қамтамасыз ету керек. Қосылған екі құрылғымен нақты сервер жүктемесі және минут сайын деректерді тасымалдау 3-суретте көрсетілген.

```
progbi — weather@weather: ~ — ssh -p 3999 weather@91.219.144.75 — 87x32
CPU [|||||] 3.3% Tasks: 41, 55 thr; 1 running
Mem [|||||] 368M/5.75G Load average: 0.05 0.03 0.00
Swap [|||||] 0K/4.00G Uptime: 9 days, 23:13:45

PID USER PRI NI VIRT RES SHR S CPU MEMN TIME Command
18802 weather 20 0 32424 4368 3384 R 2.6 0.1 0:00.60 httpd
944 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 2.0 3.6 1:39:23 /usr/sbin/mysqld --daemon
1834 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 0.7 3.6 1:02:28 /usr/sbin/mysqld --daemon
946 root 20 0 48488 15188 4728 S 0.7 0.3 44:37.00 python /media/matt/MySQLC
18782 weather 20 0 185M 5276 4272 S 0.0 0.1 0:00.32 sshd: weather@pts/0
976 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 0.0 3.6 16:19.44 /usr/sbin/mysqld --daemon
836 mosquitto 20 0 4882 5624 4960 S 0.0 0.1 13:57.41 /usr/sbin/mosquitto -c /
975 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 0.0 3.6 3:02.39 /usr/sbin/mysqld --daemon
986 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 0.0 3.6 3:20.25 /usr/sbin/mysqld --daemon
968 mysql 20 0 1136M 212M 17120 S 0.0 3.6 0:26.86 /usr/sbin/mysqld --daemon
1 root 20 0 218M 984 656 S 0.0 0.2 0:35.26 /sbin/init maybe=ubunt
408 root 19 - 107M 80928 2928 S 0.0 0.5 4:02.64 /lib/systemd/systemd-jou
414 root 20 0 46420 5160 3082 S 0.0 0.1 0:21.91 /lib/systemd/systemd-ude
415 root 20 0 103M 1772 1556 S 0.0 0.0 0:00.00 /sbin/lvmstat -f
621 systemd-t 20 0 138M 3112 2076 S 0.0 0.1 0:00.00 /lib/systemd/systemd-tin
585 systemd-t 20 0 138M 3112 2076 S 0.0 0.1 0:00.52 /lib/systemd/systemd-tin
681 systemd-n 20 0 71720 4952 4444 S 0.0 0.1 0:06.66 /lib/systemd/systemd-net
697 systemd-r 20 0 70496 5088 4548 S 0.0 0.1 0:06.01 /lib/systemd/systemd-res
15348 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.04 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15353 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.03 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15354 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.03 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15359 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.02 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15365 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15369 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
15370 root 20 0 622M 3444 1616 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/lxcfs /var/lib/
F3=dp F2=stap F3=search F4=alter F5=tree F6=sortby F7=ic F8=ice F9=kill F10=quit
```

3 сурет - Сервер жүктемесі

Теміржол желісіндегі ауа сапасын мониторингілеу құрылғылары қашықтан жұмыс істейді, сондықтан олардың әрқайсысына физикалық түрде жылдам қосылу мүмкін емес. Құрылғылардың жұмыс тұрақтылығын қадағалау үшін серверге «Қосылғаннан кейінгі тасымалдау сеанстарының саны» параметрі жіберіледі. Бұл параметр құрылғының қайта жүктеусіз қанша уақыт жұмыс істеп тұрғанын анықтауға мүмкіндік береді, мысалы, егер бұл параметр 10000-ға тең болса және деректер осы құрылғыға секунд сайын жіберілсе, онда бұл құрылғы 2 сағат 47 минут қайта жүктеусіз жұмыс істейді.

MQTT деректерін тасымалдау хаттамасы бойынша құрылғыларды қосуды тексеру үшін MQTTTool мобильді қосымшасын пайдалануға болады.

Сервер мүмкіндіктерін тексеру үшін тест құрылғылары деректерді минут немесе секунд сайын жібереді, бұл қажетті уақыт аралығы үшін қалыпты деректерді беру кезеңі бар көптеген құрылғылар мөлшерімен жүйені модельдеуге мүмкіндік береді. Мұндай жұмыс режимінде АСММЖ ұзақ уақыт бойы тұрақты жұмыс істейді.

Антенналары, қуат қосқыштары және қосу түймесі жойылған су өткізбейтін корпустағы құрылғының соңғы көрінісі 4-суретте көрсетілген.



4 сурет - Құрылғының ішкі көрінісі

#### **Нәтижелер және талқылау.**

АСММЖ көмегімен жағдайды бағалау, әзірленген бағдарламалық өнім арқылы жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің дәрежесін модельдеу, апатты жағдайларға ден қою үшін қажетті шараларды әртүрлі сипатта жоспарлау, қабылданған шешімдерді орындаушыларға жеткізу, осындай шешімдерді орындау және түзету шараларын әзірлеу процестерін бақылау барлық басқару деңгейлерінің басшыларымен жүзеге асырылады. Әдетте, барлық көрсетілген шаралар уақыт тапшылығы жағдайында іске асырылады. Бұл, әдетте, көлік оқиғасының мән-жайы туралы ақпараттың белгісіздігі, адамдарға, объектілерге, жолаушыларға және жүк пойыздарына қауіптің болуы жағдайында орын алады, бұл ретте шешім қабылдаушы адам (ШҚА) күйзеліс жағдайында болуы мүмкін, сонымен қатар шешімнің орындалуына темір жол көліктеріне тән факторлар кедергі келтіреді.

Сондықтан басқару пункттерінің ситуациялық орталықтарының құрамында жағдайды жедел және объективті бағалау, экологиялық қауіпті апатты жағдайдың дамуын болжау бойынша ақпараттық есеп тапсырмалары үшін шешімдерді қалыптастыру, апатты жағдайды жою үшін арнайы бөлімшелердің іс-қимыл жоспарын әзірлеу мақсатында ақпаратты талдауға арналған автоматтандыру құралдарының жеткілікті өнімді кешендері, осындай іс-қимылдарды жан-жақты қамтамасыз ету

бойынша шаралар қабылдау, сондай-ақ жедел штабтың автоматтандырылған жұмыс орындары, темір жол мамандарының және жою жұмыстарын жүргізуге тартылған басқа да ұйымдар мамандарының жұмыс орындары болуы тиіс.

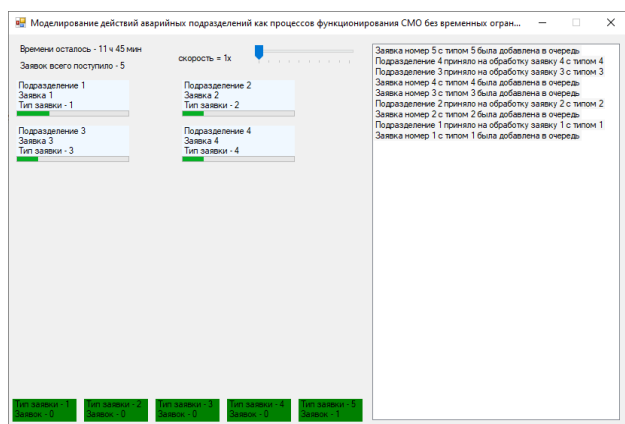
Мұндай тапсырмаларды орындау үшін толық бағдарламалық қамтамасыз ету пакетін әзірлеу осы мақаланың аясынан тыс, дегенмен, мұндай автоматтандырылған жүйенің негізгі құрамдас бөліктері біздің зерттеу барысында жүзеге асырылды. Ең алдымен, бұл темір жолдағы апат орнында ауаның сапасын автоматты түрде бағалауға мүмкіндік беретін ауа сапасын мониторингілеудің автоматтандырылған мобильді жүйесі (АСМАМЖ), сондай-ақ ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

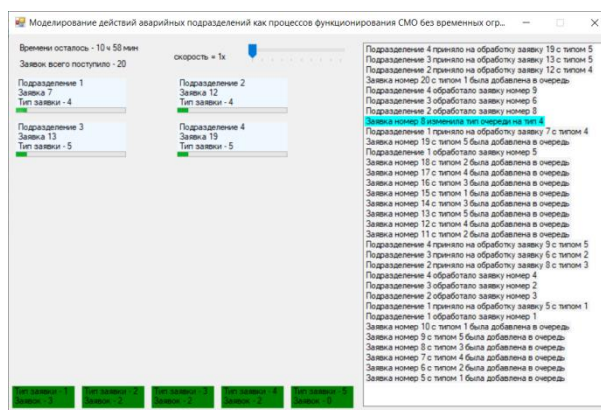
Апатты жағдайды оқшаулау және оның салдарын жою жұмыстарын сипаттайтын өтінімдердің бес түрі «талаптарға» (ден қоюды қажет ететін қауіпті факторларға) қызмет көрсетуге уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) және қызмет көрсетуге кезекте болу жүйесі ретінде қарастырылды. Мұндай теориялық тәсілмен нақты тапсырмаларға бейімделген TMT классикалық және математикалық әдістерін қолдануға болады.

Өтінімдердің біреуі міндетті түрде ең жоғары басымдықта болуы (кезектен тыс қызмет көрсетілуі) тиіс. Апат орнында жою жұмыстарын жүргізу барысында өтінім түрін өзгерту мүмкіндігін ескеру қажет. Сондай-ақ өтінімнің кезектен шығу ықтималдығын ескеру керек. Егер өтінім тым ұзақ кезекте болса және бірде-бір арна оны ағымдағы сәтте өңдей алмаса, осындай жағдай орын алуы мүмкін. Өтінімді қалыптастыру уақыты және оны өңдеу уақыты кездейсоқ сандар генераторының көмегімен көрсетілген диапазондағы кездейсоқ сандар түрінде құрылуы керек. ЖҚКЖ бірегей идентификаторларды беру және кездейсоқ мәндерді генерациялау үшін объектілерді модельдеуге арналған құралдармен қамтамасыз етуі керек.

Модельдеудің барлық параметрлерін баптау жою жұмыстарын жүргізуді модельдеу басталар алдында және, атап айтқанда, қоршаған орта үшін салдарды жою үшін тікелей бөлек терезеде орындалады. Аралық модельдеу нәтижелері нақты уақытта экранда шығарылады, 5-6-суреттерді қараңыз.



5 сурет – ТЖ АЖ орындарында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің жағдайларын көрсету (барлық бөлімдер бос және өтінімдерге қызмет көрсете алады)



6 сурет – ТЖ АЖ орындарында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесінің жағдайларын көрсету (өтінімдердің бірі кезек түрін өзгертті)

Жою жұмыстары барысында 5, 6-суреттердегі тиісті бөлімшелер (1-4 бөлімшелер) әртүрлі қарқындылықпен (өнімділікпен) орындалатын қызмет көрсетуге өтінімдердің алуан түрлерімен айналысуы керек. Мұндай жұмыстарға мыналар жатады: жүк қалдықтарын сақтау, жүк қалдықтарын қайта айдау (мысалы, қауіпті сұйық заттарды зақымдалған цистерналардан резервтердегілерге); жер жұмыстарын орындау кезінде экскаваторлардың жұмысы (мысалы, қауіпті сұйықтық сіңген топырақтың үстіңгі қабатын алу және шығару) және басқа жұмыстар.

Көрсетілген жою бөлімшелері мен құралдары әртүрлі жұмыс түрлерін орындау үшін бір уақытта пайдаланылуы мүмкін және бұл жұмыстар апатты жағдайдың сипатына және оның зардаптарын жою жоспарына байланысты түрлі уақытта аяқталуы мүмкін. Осылайша, жою жұмыстарының жалпы ұзақтығы «алғашқы» (кезек бойынша) жұмыстың басынан бастап (ауаның ластану дәрежесін АСММЖ көмегімен бағалау) және «соңғы» жұмыстың аяқталуына дейінгі уақытпен анықталады, ал оны анықтау және азайту тиісті математикалық әдістердің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін.

Мұндай тапсырмаларды орындау үшін толық бағдарламалық қамтамасыз ету пакетін әзірлеу бұл зерттеудің шеңберінен тыс, дегенмен мұндай автоматтандырылған жүйенің негізгі құрамдас бөліктері біздің зерттеу жұмысымыздың барысында жүзеге асырылды. Бұл, ең алдымен, темір жолдағы апат орнында ауаның сапасын автоматты түрде бағалауға мүмкіндік беретін ауа сапасын мониторингілеудің автоматтандырылған мобильді жүйесі (АСММЖ), сондай-ақ ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру.

### **Қорытынды.**

Жүргізілген зерттеу негізінде мынандай нәтижелер алынды:

ТЖ инфрақұрылымы объектілерінде ауа сапасын мониторингілеу жүйесі әзірленді және жүзеге асырылды. Жүйе (немесе АСММЖ) негізгі екі бөліктен тұрады: деректерді өңдеудің біртұтас сервері және ақпаратты жинау құрылғылары. Таратқыш ATmega328 микробақылау базасында құрылған. Жұмысы Wi-Fi желісіне тәуелді АСММЖ құрамдас құрылғылары үшін ESP8266 микробақылау базасында таратқыш пайдаланылды, бұл 802.11n стандарты бойынша тұрақты қосылымды қамтамасыз етеді. Бұл стандарт қоршаған орта деректерін жинау құрылғылары мен MQTT сервері арасындағы деректерді беру хаттамасы болып табылады.

802.11n хаттамасын осылай таңдау артықшылықтары: қолдану қарапайымдылығы, қарапайым басқару, байланыс арнасына төмен жүктеме, байланыс үнемі жоғалу немесе желідегі басқа мәселелер жағдайында жұмыс істеу, жіберілетін контенттің пішіміне шектеулер жоқ екендігі көрсетілді.

Енгізілген АСММЖ-де деректерді өңдеу сервері MQTT хаттамасы арқылы барлық құрылғылардан әрбір датчиктің күйі және қоршаған ортаның ластануымен жүретін теміржол апатының орнында құрылғының орналасқан жері туралы ақпаратты алады. Барлық деректер уақыт белгілерімен тиісті пішімде сервердегі деректер қорына мерзімді түрде жазылады. Сақталған деректерге қол жеткізу үшін веб-браузері бар барлық құрылғылардан АСММЖ басқаруға мүмкіндік беретін WEB интерфейсі пайдаланылады.

Мониторинг жүйесі (АСММЖ) тұрақтылық пен жылдамдыққа Украина мен Қазақстан теміржолдарында сәтті сынақтан өтті. Тестілеу кезінде деректерді тасымалдау құрылғылары өзгертілді. Атап айтқанда, электрмен жабдықтау жүйесі қосымша жоғары жиілікті сүзгілерді қолдану арқылы өзгертілді. АСММЖ веб-қосымшасының жұмысы әртүрлі виртуалдандыру жүйелерінде және берілген есептеу ресурстарының әртүрлі мөлшерінде сынақтан өтті.

ADO.net технология платформасында уақыт шектеусіз жалпыға қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі ретінде апатты бөлімшелердің формалды іс-қимыл сипатын бағдарламалық іске асыру орындалды. ТЖ АЖ қауіпті факторлары әсерінің қарқындылығы, жою бөлімшелерінің келу уақыты, іс-қимылын күшейту және өнімділік қарқындылығы және темір жол арқылы тасымалданатын қауіпті жүктердің қоршаған ортаға зиянын барынша азайтуға байланысты жою жұмыстарын орындау тиімділігі арасында сандық өзара байланыс орнатылды.

Әзірленген қосымшаның көмегімен компьютерлік модельдеу нәтижелері ТЖ АЖ-ның қоршаған ортаға тигізетін кері әсерін айтарлықтай азайту жою жұмыстарын жүргізу мерзімін қысқарту кезінде, сондай-ақ бөлімшелердің шоғырлану және қажетті өнімділіктің күштері мен құралдарын пайдалану уақытын қысқарту кезінде мүмкін болатынын көрсетті. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы кейде мұндай күштер мен құралдардың өнімділігін арттыруды талап етеді. Компьютерде имитациялық есептеу эксперименттерін жүргізу барысында, егер ТЖ АЖ салдарын жою құралдары оның сипатына сәйкес келмесе және/немесе өте өнімді болмаса, онда олар уақытында шоғырланған жерде болса да, жою тиімді болмайды. Немесе, егер жою құралдары жеткілікті тиімді болса да, бірақ олардың осы жағдайдың пайда болу орнында шоғырлануы кешіктірілсе, онда олар да нәтиже бермейді.

## ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Rimienè, K., & Grundey, D. (2007). Logistics centre concept through evolution and definition. *Inžinerinė ekonomika*, (4), 87-95.

[2] Skripnuk, D. F., Kikkas, K. N., Safonova, A. S., & Volodarskaya, E. B. (2019, July). Comparison of international transport corridors in the Arctic based on the autoregressive distributed lag model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 302, No. 1, p. 012096). IOP Publishing.

[3] Абуова А.К. Автоматизированные системы поддержки решений по реагированию на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте // Материалы международной практической интернет-конференции «Актуальные проблемы науки». – Алматы: КазНУ им. К.И. Сатпаева, 22 ноября 2018. – С.180-182. <https://doi.org/10.31643/2018.034>.

[4] Stroeve, S. H., Blom, H. A., & Bakker, G. B. (2009). Systemic accident risk assessment in air traffic by Monte Carlo simulation. *Safety science*, 47(2), 238-249.

[5] Zhao, H., Zhang, N., & Guan, Y. (2018). Safety assessment model for dangerous goods transport by air carrier. *Sustainability*, 10(5), 1306.

[6] Huang, W., Shuai, B., Zuo, B., Xu, Y., & Antwi, E. (2019). A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 61, 94-103.

[7] Soroka, M. L., & Yaryshkina, L. A. (2012). Technology for the oil spills clean-up which provides preliminary accumulation of sorbents into the area of emergence and localization oil spills. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, (42), 45-55.

[8] Michel, J., & Fingas, M. (2016). Oil Spills: Causes, consequences, prevention, and countermeasures. In *Fossil Fuels: Current Status and Future Directions* (pp. 159-201).

[9] Maslennikova, L. L., Abu-Khasan, M. S., & Babak, N. A. (2017). The use of oil-contaminated crushed stone screenings in construction ceramics. *Procedia Engineering*, 189, 59-64.



[10] Chadwick, S. G., Zhou, N., & Saat, M. R. (2014). Highway-rail grade crossing safety challenges for shared operations of high-speed passenger and heavy freight rail in the US. *Safety Science*, 68, 128-137.

[11] Elkins, J. A., & Carter, A. (1993). Testing and analysis techniques for safety assessment of rail vehicles: the state-of-the-art. *Vehicle System Dynamics*, 22(3-4), 185-208.

[12] Tartakovskiy, E., Gorobchenko, A., & Antonovych, A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (5 (3)), 4-11.

[13] Litra, M. (2014). Decision Support System for Assisting in Rail Traffic Management. *vol, 3*, 188-204.

[14] Akhmetov B., Lakhno, V., Malyukov, V., Omarov, A., Abuova, K. Issaikin, D., Development of a decision support system on the distribution of financial resources for emergency situations elimination on railway transport//Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(16), с. 4401-4411, 2019.

[15] Б. С. Ахметов, В. А. Лакно, А. К. Абуова. Интеллектуальные технологии для анализа чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте// Вестник ПГУ, Серия энергетическая. № 1. – 2019. – С. 43-51

[16] Arsyad, N. A., Syarif, S., Ahmad, M., & As'ad, S. (2020). Breast milk volume using portable double pump microcontroller Arduino Nano. *Enfermeria clinica*, 30, 555-558.

[17] Santosa, E. S. B., & Waluyanti, S. (2019, November). Teaching Microcontrollers using Arduino Nano Based Quadcopter. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1413, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.

[18] Mesquita, J., Guimarães, D., Pereira, C., Santos, F., & Almeida, L. (2018, September). Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (Vol. 1, pp. 784-791). IEEE.

**Maira Shalabayeva**, doctoral student, Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, [m.shalabaeva@mail.ru](mailto:m.shalabaeva@mail.ru)

**Bakhytzhан Akhmetov**, doctor of technical sciences, professor, Abai Kazakh National pedagogical university, Almaty, Kazakhstan, [bakhytzhан.akhmetov.54@mail.ru](mailto:bakhytzhан.akhmetov.54@mail.ru)

**Valerii Lakhno**, doctor of technical sciences, professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

**Zhuldyz Alimseitova**, PhD, associate professor, Satpayev University, senior lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, [zhuldyz\\_al@mail.ru](mailto:zhuldyz_al@mail.ru)

**Akbala Abuova**, docent, associate professor, Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, [akbala86@gmail.com](mailto:akbala86@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF A MOBILE AUTOMATED QUALITY MONITORING SYSTEM

**Annotation.** A mobile air quality monitoring system (MAMSKV) was designed and implemented. The system (or MASMCV) consists of two main parts: a single data processing server and information collection devices. The transmitter is based on the ATmega328 microcontroller. For MASMCV component devices whose operation depends on Wi-Fi, a transmitter based on the ESP8266 microcontroller was used. The latter provides a stable connection according to the 802.11n standard. This standard is the main communication protocol between environmental data collection devices and the MQTT server. In the implemented MACCM, the data processing server receives information via the MQTT protocol from all devices about the status of each sensor and the location of the device in

places accompanied by environmental pollution. All data is periodically written to the database on the server in the appropriate format with timestamps. To access the stored data, a WEB interface is used, which allows administering MACCM from all devices that have a web browser.

**Keywords.** Environmental monitoring, mobile monitoring system, software.

**Майра Шалабаева**, докторант, Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан, [m.shalabaeva@mail.ru](mailto:m.shalabaeva@mail.ru)

**Бахытжан Ахметов**, д.т.н., профессор, Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, [bakhytzhana.khmetov.54@mail.ru](mailto:bakhytzhana.khmetov.54@mail.ru)

**Валерий Лахно**, д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

**Жулдыз Алимсеитова**, PhD, ассоциированный профессор, Сатпаев университет, сениор-лектор Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, [zhuldyz\\_al@mail.ru](mailto:zhuldyz_al@mail.ru)

**Акбала Абуова**, доцент, ассоциированный профессор, Казахский университет путей сообщения, Алматы, Казахстан, [akbala86@gmail.com](mailto:akbala86@gmail.com)

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА

**Аннотация.** Спроектирована и реализована мобильная система мониторинга качества воздуха (МАСМКВ). Система (или МАСМКВ) состоит из двух основных частей: единого сервера обработки данных и устройств сбора информации. Передатчик построен на базе микроконтроллера ATmega328. Для компонентных устройств МАСМКВ, работа которых зависит от Wi-Fi, использован передатчик на базе микроконтроллера ESP8266. Последнее обеспечивает стабильную связь по стандарту 802.11n. Данный стандарт является основным протоколом передачи данных между устройствами сбора данных об окружающей среде и сервером MQTT. В реализованном МАСМКВ сервер обработки данных получает информацию через протокол MQTT со всех устройств о состоянии каждого датчика и местонахождение устройства в местах, сопровождающихся загрязнением окружающей среды. Все данные с определенной периодичностью записываются в базу данных на сервере в соответствующем формате с временными метками. Для доступа к хранимым данным используется WEB-интерфейс, что позволяет администрировать МАСМКВ из всех устройств, которые имеют веб-браузер.

**Ключевые слова:** мониторинг окружающей среды, мобильная система мониторинга, программное обеспечение.

\*\*\*\*\*