

## **Н.Б. Калиаскаровтың**

6D071900- «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін ұсынылған «Көпірлік құрылыстар мен ғимараттардың техникалық жағдайын бақылайтын үлестірілген дербес сымсыз Wi-Fi жүйесін құрастыру» диссертациялық

жұмысына

**АНДАТПА**

**Жұмыстың өзектілігі.** Автоматика мен телекоммуникацияның коммуникациялық және зияткерлік жүйелерінің дамуымен және аналогтық пен цифрлық электроника мен өлшеу жүйелерінің жетілдірілуімен көпірлер немесе ғимараттар сияқты объектілерді үздіксіз қашықтықтан бақылау жүйелерін дамыту үшін қосымша жағдайлар мен мүмкіндіктер пайда болады. Құрылыс объектілерінің немесе көпір құрылыстарының негізгі бөліктерін техникалық бақылаудың автономды жүйелерін жетілдіруі жаңа өлшеуіш датчиктері мен ақпаратты сымсыз жіберу құралдарын қолдану қажеттілігімен байланысты. Қазіргі заманғы қоғамның әл-ауқаты жақсы болу үшін маңызды негізі болып кең таралған, қауіпсіз, жоғары сапалы және қолжетімді кең жолақты желі саналады, ал ақпараттық – коммуникациялық инфрақұрылымды дамыту Қазақстан Республикасының экономикалық дамуының маңызды бағыттарының бірі болып табылады, сол себепті жүйенің датчиктері мен құрылғылары жоғары дәлдікке, бөгетке төзімділігі және үйлесімділікке ие болуы тиіс, ал ақпаратты жіберуі жоғары жылдамдықпен үлкен радиуста жүзеге асырылуы тиіс.

Құрылыс объектілерін немесе көпір құрылыстарын техникалық диагностикалаудың кез келген жүйесінің маңызды элементі ретінде үздіксіз мониторинг болып табылады, оның негізін салмақ түсетін құрылымдардың кернеулі-деформациялық параметрлерін өлшеу, сондай-ақ олардың негізгі параметрлерінің деңгейін анықтау құрайды. Техникалық диагностика жүйелерінің құрамдас бөлігі деректерді сақтайтын ішкі жүйесі, яғни өлшенген деректерді бірыңғай ақпараттық орталыққа жіберудің ішкі жүйесі болып табылады. Техникалық диагностикалауға арналған құрамында көптеген датчиктері бар үлестірілген жүйелердің жұмысы тиімді болу шарты болып өлшенген шамаларды сымсыз арнамен жіберу мүмкіндігі болып табылады.

Көптеген отандық және шетелдік өндірушілер мен ғалымдардың зерттеулері мен әзірлемелерінің нәтижелерін бағалай отырып, қолданыстағы мониторинг жүйелері ақпарат берудің ішкі жүйелері қойылатын қазіргі заманғы талаптарға толық сәйкес келмейтінін атап өтуге болады, мысалы: "өлшеу жүйесі - пайдаланушы" интерфейстерінің сымды байланыс желілерінен бас тарту, сымсыз ақпарат жіберу жүйелерінің электр энергиясын тұтынуды оңтайландыру, бір жағынан, жіберілетін ақпараттың сапасына қойылатын талапты қамтамасыз ететін дискретті ағынды деректерді жіберу алгоритмдерінің болуы, екінші жағынан, – дестелік деректер мөлшерін азайту. Осыған байланысты тиімді үлестірілген мониторинг жүйесін құрастырудағы негізгі міндеттердің бірі өлшеу датчиктерінен деректерді жинаудың

компьютерлік орталығына (серверге) дейін ақпаратты сымсыз беру тәсілін таңдау және құрылғысын әзірлеу болып табылады.

Деректерді жіберу құралдарын таңдау кезінде көпір құрылыстары мен құрылыс ғимараттарын үздіксіз мониторингтеу жүйелерінің басты айырмашылығы өлшеу объектісінің ұзын қашықтығы болып табылатындығын ескеру қажет, бұл үнемділік тұрғысынан да, техникалық сипаттамалары бойынша да датчиктерді қосатын кабельдерді пайдалануды шектейді. Сонымен қатар, көпір құрылысы мен құрылыс ғимараттарын үздіксіз бақылаудың өлшеу жүйелері ашық ауада, температураның кең диапазонында, жоғары ылғалдылықта және жауын-шашын жағдайында жұмыс істеуі керек.

Үлестірілген сымсыз жүйені пайдалану нәтижесінде орынды, көлбеу бұрышты, діріл көрсеткіштерін, температураның әсерін және қажетті жөндеу шараларының түрін дұрыс анықтауы болады, ол кезде кемшіліктерді түзету бойынша түрлі іс-шараларды жүргізу үшін қаржылық шығындары азаяды. Көп жағдайда үлестіру жүйелеріндегі өлшеу құрылғылары болып деректерді анықтау және бақылау технологияларына сәйкес параметрлерді өлшейтін әртүрлі датчиктері табылады.

Деректерді сымсыз жолмен жіберу пайдаланушыға зерттелетін объектіні қашықтан бақылауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда өлшеу нәтижелерін жіберу үшін жоғары жылдамдық, деректерді жіберу кезіндегі тұтастығы және үлкен радиусы қамтамасыз етіледі. Нәтижесінде құрылғының қызмет ету мерзімін ұлғайтуға және көпір құрылыстары мен ғимараттарының жай-күйі туралы болжамның дәлдігін, ақпараттылығын және сапасын арттыруға қол жеткізіледі. Қосылған құрылғылардың төмен құны және олардың бағдарламалау мүмкіндігі бүкіл жүйенің сенімділігін төмендетпейді, бұл дамыған сымсыз жүйенің артықшылықтарын арттырады. Мұндай тарату жүйесін іс жүзінде іске асыру болашақта оны құрылыста ғана емес, басқа да байланыс жүйелерінде, теміржол мен автомагистральдардың көпірлік құрылымдарда, "Ақылды" технологиялар мен басқа да салаларда (мысалы: ауыл шаруашылығы, экология, энергетика, денсаулық сақтау, метеорология) пайдалануға мүмкіндік береді.

**Осы диссертациялық жұмыстың мақсаты** болып деректерді жіберудің жоғары жылдамдығы мен үлкен әрекет ету радиусын қамтамасыз ететін, тасымалдаушыны тыңдап, соқтығысуды болдырмайтын технологияны қолдайтын, көпірлік құрылыстары мен ғимараттарының техникалық жағдайын қашықтықтан мониторинг жүргізетін үлестірілген дербес сымсыз Wi-Fi жүйесін құрастыру табылады.

#### **Зерттеу міндеттері:**

- құрылыс ғимараттары мен көпір құрылыстарының техникалық жағдайын мониторингтеу саласындағы зерттеулер мен техникалық шешімдерге талдау жасау;
- сымсыз технологиялар стандартын дұрыс таңдау;
- үлестірілген сымсыз Wi-Fi жүйесіне арналған құрылғыларды таңдау, оларды бағдарламалау және реттеу;

-зерттелетін жүйеде Wi-Fi сигналдарын қабылдау-жіберу процестерін зерттеу үшін тәжірибелерді жоспарлау технологиясын қолдану;

- жіберілетін деректер ақпаратының тұтастығы мен дұрыстығын қамтамасыз ету және басқа салаларда мониторинг жүргізу үшін жүйені бейімдеу;

- жүйенің құрылымдық, функционалдық сызбасын, жұмыс алгоритмін және үлестірілген сымсыз жүйенің математикалық моделін жасау;

- сымсыз жүйеде деректерді жіберудің жоғары жылдамдығын анықтау үшін жүйенің компьютерлік моделін құрастыру;

- зерттеу нәтижелерін математикалық өңдеу.

**Зерттеу объектісі** – Көпірлік құрылыстар мен ғимараттар.

**Зерттеу пәні** – бақылау мен диагностика процестері, техникалық жағдайдың қашықтықтан мониторинг процесі, ақпаратты көрсетудің, өңдеу мен жинаудың процестері.

**Зерттеу әдістері.** Диссертациялық зерттеулерді жүргізу барысында өлшеу ақпаратын өңдеу және талдау бойынша апробацияланған әдістер, өлшеулерді қашықтықтан сәйкестендіру әдістері, микроконтроллерлер негізінде бағдарламалық-аппараттық жүйелерді әзірлеу әдістері және компьютерлік модельдеу әдістері қолданылды. Бұдан басқа, құрылыс конструкцияларын пайдалану процесінде олардың техникалық жағдайына мониторинг бойынша зертханалық сынақтар жүргізілді.

**Ғылыми жаңалық** келесі ережелер мен нәтижелерге негізделген:

- құрылыс ғимараттары мен көпір құрылыстарының техникалық жағдайын қашықтықтан мониторингілеу бойынша деректерді жіберудің құрастырылған алгоритмі негізінде жаңа тәсіл ұсынылды;

- апаттық құрылымды қашықтан техникалық бақылау кезінде үлкен қашықтықта жоғары жылдамдықты деректерді жіберу үшін жаңа үлестірілген сымсыз мониторинг жүйесі жасалды;

- ғылыми тәжірибелердің жаңа нәтижелері алынды және оңтайлы деректерді алу үшін қажетті параметрлер таңдалды;

- жүйелердің автономды жіберу бөлігінің ең аз қуат тұтынуын қамтамасыз ететін жаңа схемалық және бағдарламалық шешімдер ұсынылады;

- әзірленген үлестірілген жүйеде деректерді жіберу жылдамдығын сипаттайтын сымсыз арнаның түпнұсқалық компьютерлік моделі ұсынылған.

**Практикалық маңыздылығы.**

Құрылысының қызмет ету мерзімін ұлғайту және техникалық жағдайды болжаудың дәлдігін, ақпараттылығын және сапасын арттыру үшін жаңа қосымша блоктарды енгізу.

Құрылыстарды қарапайым бағдарламалау және олардың барлық жіберуші мен қабылдаушы элементтерінің үйлесімділігі.

Қолданыстағы ұқсас жүйелермен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен баға.

Зерттеу нәтижелеріне қол жеткізудің үш кезеңдік қауіпсіздігі.

Нәтижелерді өңдеу әдістерінің кең таңдауы.

**Қорғауға шығарылатын диссертацияның ережелері:**

- математикалық және статистикалық деректерді өңдеу теориясының ережелері негізінде тәжірибелерді жоспарлау әдісі;

- жіберілетін мониторинг нәтижелерінің сенімділігін қамтамасыз ету үшін сымсыз Wi-Fi арнасының сапалық сипаттамалары;

- сәйкестендіруді өлшеу теориясы мен деректерді статистикалық өңдеу ережелеріне негізделген таратылған дербес сымсыз Wi-Fi жүйесінің алгоритмі;

- құрылыс ғимараттары мен көпір құрылыстарының техникалық жағдайын қашықтықтан мониторингілеу бойынша деректерді жіберудің әзірленген алгоритмі.

- көпір құрылыстары мен ғимараттарының техникалық жай-күйін мониторингілеудің бөлінген дербес сымсыз жүйесінің құрылымы.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертационды зерттеудің негізгі нәтижелері келесі конференцияларда талқыланып, баяндалды: «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» (Қарағанды, 2019 ж); «Scientific research – 2018» Халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда (Карловы Вары - Москва, 2018); «Қозыбаев оқулары-2018: Еуразиялық әлеует және жаһандық сын-қатерлер жағдайындағы жаңа даму мүмкіндіктері» Халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда (Петропавл, 2018); VIII «Ресейде және шетелде техникалық ғылымдар» Халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда (Краснодар, Ресей, 2019).

**Жарияланымдар.** Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері көптеген ғылыми жұмыстарда жарияланды, оның ішінде ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала, 1 мақала – нөлдік емес импакт-факторы бар халықаралық ғылыми журналда (Scopus деректер базасында индекстелген), 4 жұмыс халықаралық ғылыми конференциялардың еңбектерінде көрсетілген, оның ішінде 2 шетелдік 2 елімізде өткен, сонымен қатар 1 патентте.

#### **Автордың жеке қосқан үлесі.**

Теориялық және сынақтық зерттеулердің негізгі нәтижелері автормен өзімен алынды. Бірнеше авторлары бар баспалық жұмыстарда алынған нәтижелерді өңдегенде және жалпылағандағы авторға негізгі рөл берілді.

#### **Диссертациялық құрылымы.**

Диссертациялық жұмыста классикалық құрылымы бар: кіріспе бөлімі, негізгі бөлімі, (төрт бөлім), қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 103 бетінде ұсынылған, оның ішінде 69 сурет, 9 кесте және 73 библиографиялық дерек көздері бар.

#### **Зерттеу нәтижелері.**

Зерттеу нысаны көпір құрылыстары мен құрылыс ғимараттары болып табылады. Мониторинг жүйелерін шолу және талдау нәтижелері бойынша іске асырудың қиындықтарымен немесе Қазақстан Республикасында әзірлеудегі, жөнге келтірудегі және енгізудегі қиындықтармен негізделген олардың кемшіліктері анықталды. Анықталған кемшіліктерді жою мақсатында алгоритм мен құрылымдық схемаға негізделген көпірлік құрылыстар мен ғимараттардың техникалық жағдайын бақылайтын үлестірілген дербес сымсыз Wi-Fi жүйесін әзірлеу бойынша жаңа тәсіл әзірленді. Қолданыстағы сымсыз технологияларды

салыстыру жүргізілді және 802.11 – Wi-Fi стандартын таңдау көпір құрылыстары мен құрылыс ғимараттарын көлік құралының Көпірлік құрылыстар мен ғимараттардың техникалық жағдайын бақылайтын үлестірілген дербес сымсыз Wi-Fi жүйеге деректерді берудің негізгі технологиясы ретінде негізделген. Жіберілетін өлшеу нәтижелерінің қауіпсіздігі мен тұтастығын қамтамасыз ету үшін Wi-Fi технологиясының негізгі сипаттамалары талданады.

Құрылған математикалық модель негізінде компьютерлік модельдеуге арналған бағдарламалық орта таңдалды, сымсыз арнаның оңтайлы параметрлерін орнатуға қажетті компьютерлік модель жасалды, бұл дәстелердің минималды жоғалуымен деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді.

Көпір құрылыстары мен құрылыс ғимараттарының техникалық жағдайын бақылайтын үлестірілген дербес сымсыз Wi-Fi жүйесін құрылымдық схемасының барлық элементтерін реттеу және бағдарламалау Arduino IDE бағдарламалық ортасында жүзеге асырылды, қажет болған жағдайда қосымша функцияларды кеңейту бағдарламалау тілін өзгертуге мүмкіндік береді. Таңдалған датчиктер, қабылдайтын және жіберуші модульдер көптеген артықшылықтарға ие, оларға оңай бағдарламалау, алатын шағын көлемі, оңай ауыстыру датчиктер, қашықтан баптау және тағы басқалар жатады.

Жүйені практикалық іске асыру және сынау бірнеше кезеңде жүргізілді, бастапқы өлшеулерде сымсыз арна, қосылған датчиктердің Wi-Fi модульдерімен үйлесімділігі және олардың қосылуы тексерілді, диссертациялық зерттеу үшін таңдалған сервер конфигурацияланды және сынақтардың бастапқы кезеңінде берілетін мәндер тексерілді. Әрі қарай, жүйенің сенімділігін тексеру үшін эксперименттердің қажетті санын есептеу жүргізілді. 50 тәжірибелер жүргізілгеннен кейін нәтижелер серверден Microsoft Excel бағдарламасына экспортталды және математикалық күту, дисперсия, сенімділік аралығы сияқты параметрлер есептелді. Есептеулер нәтижелері бойынша Фишердің таралуы бойынша сыни мәндермен салыстыру үшін бақыланатын мәндер анықталды. Есептеу нәтижелері жүйенің және оның берілетін деректерінің сенімділігін 98% - ға дәлелдеді.

Зерттеулерді қорытындылай келе, келесі ережелерді бөліп көрсетуге болады:

- құрылыс ғимараттары мен көпір құрылыстарының техникалық жай-күйін қашықтықтан мониторингтеу бойынша зерттеулер, жұмыс режимдері мен техникалық шешімдер нәтижелері алынды және жүйеленді;

- таратылған сымсыз Wi-Fi жүйесін жобалау кезінде үйлесімді құрылғылар таңдалады, бағдарламаланған және конфигурацияланған;

- эксперименттерді жоспарлау әдісі таңдалды және зерттелетін процесті модельдеу жүргізілді;

- берілетін деректер ақпаратының тұтастығы мен дұрыстығы қамтамасыз етілді және басқа салаларда мониторинг жүргізу үшін жүйенің бейімделуіне жағдай жасалды;

- сымсыз жүйеде деректерді берудің оңтайлы жылдамдығы анықталған жүйенің компьютерлік моделі жасалды;
- жүйенің құрылымдық және функционалдық схемасы, жұмыс алгоритмі және таратылған сымсыз жүйенің математикалық моделі жасалды.

### **Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған еңбектер.**

1. Ивель В.П., Герасимова Ю.В., Калиаскаров Н.Б. Обзор распределенной беспроводной системы сбора и передачи аналоговых данных // Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения-2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития регионов Казахстана и России в условиях глобальных вызовов», – Казахстан: Петропавловск, 2018.– С.243-248..

2. Ивель В.П., Герасимова Ю.В., Калиаскаров Н.Б., Мехтиев А.Д., Югай В.В., Есенжолов У.С. О необходимости разработки распределенной беспроводной системы сбора и передачи данных, предназначенной для мониторинга технического состояния мостов // Материалы IV Международной научно-практической конференций «Scientific research – 2018», – Чехия: Карловы Вары-Россия:Москва, 2018.– С.138-143.

3. Ивель В.П., Разинкин В.П., Герасимова Ю.В., Калиаскаров Н.Б. Көпірлер мен ғимараттардың қиысқан жерлері мен жарықтардың жағдайын бақылау мен мониторингтеудің маңыздылығы // Материалы международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), – Казахстан: Караганда, 2019.– С.203-205.

4. Ивель В.П., Разинкин В.П., Герасимова Ю.В., Калиаскаров Н.Б., Несипова С.С. Разработка устройства беспроводной системы для мониторинга состояния трещин и стыков зданий и мостовых сооружений с использованием двухпроцессорных Wi-Fi передатчиков // Материалы VIII международной научной конференций «Технические науки в России и за рубежом», – Россия: Краснодар, 2019.– С.19-21.

5. Пат. 3860 РК, МПК E04G 23/00, G01B 11/00. Беспроводное устройство мониторинга состояния трещин и стыков зданий и сооружений / Калиаскаров Н.Б., Герасимова Ю.В., Ивель В.П., Есенжолов У.С., Югай В.В., Мехтиев А.Д.; опубл.08.04.2019, Бюл.№15. – 4 с.

6. Ивель В.П., Разинкин В.П., Калиаскаров Н.Б. Разработка беспроводного устройства мониторинга состояния трещин и стыков зданий и сооружений, и его преимущества. // Вестник КазАТК, Алматы, 2019. – №2, – С.10-17.

7. Калиаскаров Н.Б., Ивель В.П., Герасимова Ю.В., Петров П.А., Югай В.В. Использование технологии WI-FI для сбора и передачи данных температуры и влажности. // Вестник ПГУ. Серия Энергетика, Павлодар, 2020. – №4, – С.215-227.

8. Калиаскаров Н.Б., Ивель В.П., Югай В.В., Петров П.А. Измерение температуры и влажности на основе двухпроцессорной Wi-Fi системы. // Вестник АУЭС, Алматы, 2020. – №4 (51), – С.60-69.

9. Kaliaskarov N.B., Ivel V.P., Yugay V.V., Gerasimova Y.V., Moldakhmetov S.S. Development of a distributed wireless Wi-Fi system for monitoring the technical condition of remote objects // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020, Vol.5 №9 (107). – P. 36–48.