

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента
Шушури Олексія Миколайовича

на дисертаційну роботу
Кращенка Дениса Васильовича на тему:

**«МЕТОДИКА ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ БУДІВЛЕЮ НА БАЗІ МЕТОДІВ
СТОХАСТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ»**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 123 – Комп’ютерна інженерія

Актуальність теми дисертації

На сучасному етапі розвитку галузі телекомунікацій виникає необхідність запровадження нових технічних рішень у галузі телеметрії та телекерування. Стрімке впровадження безпроводових сенсорних мереж з одного боку надає великий потенціал для розвитку автоматизованих систем управління, а з другого боку такі мережі, незважаючи на новітні технології та високий технічний рівень реалізації залишаються досить вразливими відносно вимог стійкості та рівнів захисту мережі.

Термін «сенсорна мережа» (Sensor Network), з'явившись порівняно недавно, на нинішній день є вже досить усталеним поняттям, що отримало широке поширення, і позначає, стійку до відмови окремих елементів мережу, що самоконфігурується та складається з великої кількості невеликих, компактних і дешевих напівпровідниковых пристройів, що пов'язані один з одним безпроводовим зв'язком; елементи мережі не обслуговуються і не вимагають спеціальної установки. Кожне вузол мережі може містити вбудовані датчики фізичних параметрів навколошнього середовища, наприклад, рух, рівень вологості повітря, світло, температура, тиск тощо, а також мікросхеми для первинної обробки інформації та зберігання отриманих даних. Кількість вузлів в безпроводовій сенсорній мережі (WSN) насправді визначається лише областю застосування і фінансовим обмеженням, і завдяки невисокій ціні окремих пристройів (від декількох доларів і вище) може бути дуже великою (кілька тисяч і вище).

Безпровідні сенсорні мережі збору і передачі даних можуть бути легко адаптовані до вирішення багатьох завдань практично в будь-яких сферах діяльності. Найбільш очевидна область застосування подібних мереж – це організація різних систем контролю і моніторингу, створення систем швидкого реагування в надзвичайних ситуаціях. В якості найбільш очевидних можна відзначити наступні завдання: протипожежні системи, організація систем безпеки – контроль периметру, визначення вторгнення, віддалене спостереження, контроль навколошнього середовища поблизу місць зберігання радіоактивних матеріалів, хімічних або біологічних речовин. Всі зазначені системи, фактично, є складовими автоматизованої системи управління, а в конкретній дисертаційній роботі – АСУБ (автоматизована система управління інтелектуальною будівлею).

Можливість адаптації мереж подібного роду до вирішення широкого спектра завдань, а також використання останніх наукових та технологічних досягнень робить сенсорні мережі актуальною і передовою мереженою технологією, яка може привести до формування досить великого ринку безпровідних сенсорних мереж. Однак на шляху до цього існує ряд проблем технологічного та експлуатаційного характеру, які вимагають пильного розгляду; однією з цих проблем є мінімізація енергетичних витрат в мережах WSN. Не менш важливим завданням є ефективне розташування сенсорів та шлюзів у мережах WSN та виявлення критичних вузлів мережі, оскільки до мереж такого типу застосовуються відповідні вимоги щодо стійкості.

Дана робота присвячена розробленню методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею. Грунтуючись на досить багатому бібліографічному матеріалі дана робота має завдання розглянути, проаналізувати, систематизувати вже відомі підходи до побудови АСУБ на базі безпровідних сенсорних мережах та головною метою роботи є отримання методики побудови автоматизованої системи управління на базі методів стохастичної оптимізації.

В роботі вирішувались наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих підходів побудови та основних елементів автоматизованих систем управління інтелектуальними будівлями.
2. Сформулювати та вирішити проблеми розгортання та критичності для WSN у складі АСУБ.
3. Розробити математичну модель WSN, яка на самих ранніх стадіях проектування враховує якісні показники, що впливають на ефективність роботи АСУБ.

4. Розробити моделі менеджера ресурсів АСУІБ для тестової реалізації.

5. Реалізувати тестову АСУІБ на прикладі змодельованої інтелектуальної будівлі.

6. Реалізувати спрощену модель АСУІБ у вигляді тестового стенду для практичного відтворення результатів дисертаційної роботи.

Отже, наукове завдання щодо розроблення методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації, вирішенню якого і присвячена дисертаційна робота Кращенко Д.В., є актуальним.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Матеріали дисертаційної роботи викладено логічно і продумано, з чітким розумінням мети та методів дослідження. Робота має логічну структуру і складається з переліку умовних скорочень, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульована мета та задачі досліджень, розкритий зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, відзначений особистий внесок автора.

В першому розділі роботи проведено аналіз вимог до систем управління для підвищення ефективності їх функціонування. Зокрема проаналізовано та класифіковано існуючі системи управління та характеристики їх основних компонентів. Детально описані режими керування системами АСУІБ та існуючі методи розробки та проектування таких систем, як у вигляді класичного моделювання так і у вигляді BIM – моделей.

Другий розділ роботи присвячено рішенню задач щодо розгортання неоднорідної мережі сенсорних вузлів (WSN) та опрацюванню критичних вузлів у однорідних WSN. В рамках розділу створено математичну модель розміщення вузлів у мережі та запропоновано метод «вибіркової процедури адаптивного пошуку». Також, в рамках розділу, введена «функція оцінки критичності вузла WSN». Застосуванням розробленого методу та нових параметрів оцінки було вирішено задачу опрацювання критичних вузлів. В прикінцевій частині розділу наведено результати досліджень набору моделей

мережі за введеними раніше параметрами «затримки передачі» та «тривалості життя».

В третьому розділі дисертаційної роботи розроблено модель створення менеджера ресурсів АСУІБ з введенням поняття порогу прогнозування. Для підтвердження доцільності розробленої моделі, автором виконано три моделювання АСУІБ, які відрізняються за вхідними наборами даних та сценаріями відпрацювання. окремим пунктом третього розділу роботи є практична реалізація АСУІБ у вигляді дослідницького стенду. Така реалізація дозволила закріпити отримані теоретичні результати дослідження та надала роботі практичного значення що підтверджує акт про реалізацію наукових досліджень.

Наукова новизна та практична цінність результатів отриманих в дисертаційній роботі

Наукова новизна одержаних результатів на мій погляд визначається розробленням нової моделі проектування безпровідних сенсорних мереж та, на її основі, методу оцінки критичності вузла такої мережі, що враховує параметри кластеризації та рівнів захисту мережі на ранніх стадіях проектування, а також розробленням нової моделі менеджера ресурсів автоматизованої системи управління на стадії проектування.

В дисертаційній роботі отримані наступні наукові результати:

1. Вперше розроблено математичну модель WSN, наукова новизна якої полягає у введенні таких понять, як кластеризація та рівень захисту мережі. На відміну від існуючих, дана модель дозволяє вирішити задачу щодо оптимального розміщення сенсорів у неоднорідних WSN (як частини АСУІБ), коли необхідно врахувати не лише оптимальне положення вузла а і його тип, та отримати засоби створення резервних каналів передачі інформації всередині мережі.

2. Вперше розроблено метод «вибіркової процедури адаптивного пошуку». Даний метод базується на обчисленні погіршення параметрів «затримки передачі» та «тривалості життя» однорідних WSN при видалені з них критичних вузлів. Відмінна особливість методу полягає у введенні поняття функції оцінки критичності вузла WSN, яка реалізується для скорочення сукупності можливих вхідних наборів критичних вузлів, що дозволяє скоротити час розрахунку найвпливовішої підмножини критичних вузлів.

3. Вперше розроблено модель менеджера ресурсів АСУІБ, наукова новизна якої полягає у введенні у склад моделі порогу прогнозування. Це дозволило АСУІБ під час прийняття рішень отримати засоби для врахування не лише показника споживання енергії, а й додати до оцінювання важливий показник комфорту. Це, в свою чергу, дозволило АСУІБ динамічно перемикатися між режимами функціонування завдяки програмно визначеному рівню вхідних вимог.

Отримані метод та моделі вирішують завдання, поставлені в дисертаційній роботі та спрямовані на створення методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації.

Практичне значення роботи. Отримані у дисертаційній роботі наукові результати є базою для оптимізації етапів проектування автоматизованих систем керування будівлею на основі технологій ІoT та забезпечують ефективне функціонування безпроводових сенсорних мереж.

Практична цінність полягає у наступному:

- застосування запропонованої математичної моделі на базі «вибіркової процедури адаптивного пошуку» дозволило скоротити час виконання моделювання мережі з 2хв. до 5,4 сек., відносно до показників моделі Змішаного Ціличисельного Програмування;
- використання запропонованого алгоритму моделювання менеджера ресурсів АСУІБ дозволило у середньому зменшити споживання енергії на 15,6%, підвищити комфорт у приміщені (відповідно до заданих норм) на 3 – 8% в залежності від типу моделі та збільшити загальну успішність прийняття рішень АСУІБ з 87% до 95%;
- використання при побудові WSN розробленого механізму резервування каналів передачі даних та введення рівнів захисту мережі дозволило значно підвищити рівень надійності та доступності мережі.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи реалізовані в рамках виконання науково-дослідної роботи: № 0115U001472 «Методи і алгоритми управління надійністю комп'ютерних мереж».

Науково-технічні рішення, щодо практичного використання розроблених рішень відносно методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації, використані в навчальному процесі кафедри Комп'ютерної інженерії Державного університету телекомунікацій.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень і рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій забезпечені коректним використанням апробованого математичного апарату, повнотою урахування початкових даних та визначенням і дотриманням доцільних обмежень та припущень, використання методів: стохастичної оптимізації, теорії інформації, системного аналізу, елементів методів теорії ієрархічних багаторівневих систем, теорії складних систем, автоматизованого управління, комп’ютерного імітаційного моделювання, оптимального управління, теорії цифрової обробки сигналів, теорії сигналів і процесів та методів комп’ютерного імітаційного моделювання.

Розроблені метод та моделі у поєднанні з алгоритмами їх застосування вирішують наукове завдання з розробки методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації.

Висновки та рекомендації щодо наукового та практичного використання здобутих результатів

Результати дисертаційної роботи доцільно використовувати в науково-дослідних інститутах і підприємствах для проектування, розробки, удосконалення, експлуатації, обґрунтування раціональних варіантів побудови перспективних автоматизованих систем управління, та у цілому дозволяють розв’язати проблему розгортання неоднорідних WSN та проблему критичності у однорідних WSN.

Повнота викладу в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 10 друкованих працях. Серед праць 6 наукових статей в фахових виданнях України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора й кандидата наук; 1 – в зарубіжних виданнях. Крім того, результати роботи пройшли апробацію на 3 науково-практичних та науково-технічних конференціях.

Мова та стиль викладення матеріалу дисертації

Мова та стиль викладення матеріалу дисертації свідчать про вміння автора аргументовано викладати свої думки та, у цілому, відповідають вимогам МОН України. Сформульовані у дисертаційній роботі основні положення, висновки та рекомендації викладені у логічній послідовності та доказовій формі, що значно сприяє усвідомленню думок автора. Всі розділи дисертації мають внутрішню єдність і завершеність. Змістовне заповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретним науковим завданням, сформульованим у вступі. В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота подана у вигляді завершеного рукопису на актуальну тему, в якій на основі виконаних автором досліджень представлені результати, сукупність яких охоплює новітні технологічні рішення, а саме нова модель та, на її основі, метод проектування безпровідних сенсорних мереж, що враховує параметри кластеризації та рівнів захисту мережі на ранніх стадіях проектування, а також нові засоби управління ресурсами на стадії проектування за рахунок розробки нової моделі менеджера ресурсів АСУБ.

Результати роботи дозволяють підвищити ефективність проектування, розробки, удосконалення та експлуатації безпроводових сенсорних мереж та автоматизованих систем управління в цілому, що має важливе наукове та практичне значення.

Дисертація за своїм змістом відповідає спеціальності 123 - Комп'ютерна інженерія.

Оформлення дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць.

Разом з тим, у дисертації існує ряд **недоліків**, що вимагають певних зауважень:

1. Метою дисертаційної роботи визначено “покращення методів проектування...”, а предметом дослідження подано “методи та засоби функціонування автоматизованих систем управління інтелектуальними будівлями”. Крім того, бажано в дисертаційній роботі було б надати обґрунтування показників, які свідчать саме про “покращення” та їх формалізувати.

2. Немає логічного продовження виконаного в п.1.4 аналізу сучасного стану систем відеоспостереження в наступних розділах дисертації, хоча систему відеоспостереження визначено як компонент автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею.

3. При формалізації моделі Змішаного Ціличисельного Програмування (формули (2.9)-2.(19)) не вказано, по яким змінним здійснюється мінімізація цільової функції (2.9), та які змінні є параметрами моделі й яким чином вони визначаються. Крім того, враховуючи велику кількість змінних моделі, цікавим було б дослідити проблему впливу розмірності задачі оптимізації на швидкість її вирішення, порівняти результати застосування стохастичних методів оптимізації з іншими класами методів.

4. В п. 2.3 для вирішення проблеми виявлення найважливіших сенсорів або критичних вузлів у мережі, яка пов’язана з порушенням роботи мережі, автором дисертації було запропоновано метод *Вибіркової Процедури Адаптивного Пошуку (Поглинаючого Типу)*) для визначення найважливіших вузлів усередині мережі, який ґрунтуються на методах стохастичної оптимізації, при цьому не наведено, яких саме. Також відсутній аналіз застосування цих результатів для покращення можливостей резервного копіювання, щоб максимально збільшити доступність мережі, її стійкість та надійність.

5. Відсутнє обґрунтування переваги автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею в порівнянні з існуючими. Не обґрунтовано роботу цієї системи в аварійному режимі.

6. Текст дисертації містить окремі стилістичні неточності та незначну кількість граматичних помилок.

Проте, наведені зауваження не зменшують наукового рівня та цінності дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

1. Дисертаційна робота Кращенка Д.В. є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують наукове завдання, яке полягає в розробці методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації, шляхом спільногого використання запропонованих методів та засобів на ранніх стадіях проектування безпроводових сенсорних мереж.

2. Автор дисертації добре володіє сучасними методами досліджень та вміло використовує їх для вирішення поставленого науково-технічного завдання.

3. За актуальністю, ступенем новизни, глибиною теоретичного обґрунтування та практичної цінності здобутих автором результатів дисертаційна робота Кращенка Дениса Васильовича на тему: «Методика побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», що висуваються до дисертацій, а її автор гідний присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 - Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент,
професор кафедри цифрових технологій в енергетиці
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, доцент

О.М. Шушура

Підпис застігнуто
Вчений секретар
КП ім. Ігоря Сікорського



Валерій Холевко