

## **ВІДГУК**

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Климаша Михайла Миколайовича на дисертаційну роботу Захаржевського Андрія Геннадійовича на тему: «Методи та моделі системи управління інфокомунікаційними мережами майбутнього на базі об'єктно-орієнтованого підходу», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

### **Актуальність теми дисертації**

Процеси інформатизації, формування інформаційного суспільства та широке впровадження нових технологій, необхідність управління не тільки мережами, а й послугами свідчить про доцільність нового підходу до створення автоматизованої системи управління на основі сучасних і перспективних технологій.

Необхідність удосконалення системи управління інфокомунікаційними мережами зумовлюється також глобальними структурними змінами у ІТ галузі, новими тенденціями та пріоритетами в мережних технологіях, інформаційній діяльності, зростанням впливу цифрових інфокомунікаційних технологій на діяльність економічної сфери у цілому та системи управління зокрема. В умовах інтенсивної цифровізації мереж, конвергенції мобільних та фіксованих мереж система управління інфокомунікаційними мережами має бути максимально автоматизована як в звичайному режимі так і в умовах надзвичайних ситуацій.

Додаткова складність полягає у відсутності апріорної інформації про об'єкти управління, значній кількості керуючих дій та великому об'ємі керуючої інформації.

Виникає необхідність розробки методики та моделей системи управління інфокомунікаційними мережами з використанням методів самоорганізації та багатокритеріальної оптимізації здатних здійснювати довгострокові прогнози щодо розвитку інфокомунікаційної мережі. Вищезазначене обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи, спрямованої на вирішення методики побудови системи управління інфокомунікаційними мережами на базі об'єктно-орієнтованого підходу.

### **Загальна характеристика роботи**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет, методи дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, представлено загальну характеристику роботи, структуру та обсяг дисертації. Наведено відомості про впровадження

результатів роботи, апробацію, особистий внесок автора, а також публікації за темою дисертації.

**У першому розділі** проаналізовано основні питання щодо еволюційного переходу інфокомунікаційної мережі наступного та майбутнього поколінь. Визначено пріоритетне використання інфокомунікаційної мережі майбутнього, яка за рахунок гнучкості і масштабованості дозволяє легко адаптуватися до інноваційних технологій.

Проаналізовано чинники, які впливають на створення мережі майбутнього. Зроблено незаперечний висновок, що процес глобалізації в світі продовжується з паралельним зміцненням та збільшенням потужності обробки даних глобальною інформаційною інфраструктурою. Проаналізовано всі концепції Глобального Інформаційного Суспільства які об'єднує їх – це втілення через нові послуги, технології.

Проведено аналіз сучасного стану розвитку мереж та послуг інфокомунікацій, розглянуто тенденції розвитку автоматизованої системи управління мережами та послугами інфокомунікацій в умовах багатооператорської діяльності та ринкових відносин.

Проведено обґрунтування вибору концепції побудови СУ – це концепція мережі управління інфокомунікаціями TMN, що є базою для реалізації інтегрованого управління будь-якими за структурою, складом й обсягом мережами інфокомунікацій і дозволяє оптимізувати систему управління; мінімізувати час реакції на події в мережі; забезпечити механізми захисту і цілісності даних; мінімізувати час локалізації й усунення несправностей обладнання мережі; поліпшити обслуговування і взаємодію зі споживачами; розширити діапазон і підвищити якість інфокомунікаційних послуг.

В розділі наведено загальну структуру системи управління мережами інфокомунікацій. Показано, що функції загального управління мережами національної системи інфокомунікацій виконує Національний центр управління. Розроблено механізм взаємодії Національного центру управління з центрами управління операторів.

Ці нагальні проблеми досліджуються для найбільш ефективної їх реалізації в інфокомунікаційних мережах України. Вирішення зазначених питань є суттю подальшого проведення досліджень і практичної реалізації, що визначають мету та задачі дисертаційної роботи.

**У другому розділі** досліджено використання методів самоорганізації, які дають змогу здійснювати системний аналіз та ідентифікацію складних об'єктів, сприяють отриманню точних довгострокових прогнозів щодо розвитку тих параметрів мережі FN, котрі відповідають необхідному спектру послуг.

Вперше запропоновано методику побудови адекватної моделі самоорганізованої мережі на базі динамічних систем, здатної забезпечити визначення основних параметрів мережі з необхідною точністю.

Проведено дослідження самоорганізованої моделі оптимальної складності за алгоритмом у вигляді системи рівнянь об'єктивного системного аналізу (ОСА). Визначено властивість поступового нарощування числа

характеристичних (вихідних) змінних по рядах вибірки ОСА. Ця властивість дозволяє значне скорочення обсягу обчислень при вирішенні багатьох практичних завдань (особливо в інфокомунікаціях), коли є лише невеликі вибірки спостережень. Алгоритм ОСА дозволяє найбільш ефективним способом вибрати малу за об'ємом з множини характеристичних змінних. Результати ОСА використовуються при вирішенні двох завдань: ідентифікації фізичної моделі, придатної для короткострокового прогнозу і для “відкриття закономірностей”; дворівневого кількісного довгострокового прогнозу, що базується на застосуванні прогнозуючих нефізичних моделей.

**У третьому розділі** досліджено актуальні проблеми визначення об'єкта управління для моделі СУ ТМН. Запропоновано для синтезу сучасних СУ телекомунікаційними мережами використовувати більш прості критерії. Представлено аналіз основних структурних категорій об'єкта управління: динамічність, нелінійність, стохастичність і нестационарність моделі об'єкта. Проведено дослідження на базі імітаційного моделювання побудови моделі об'єкта управління, проаналізовано механізми ситуаційного управління. Проаналізовано проблеми реалізації моделей КО та процесу управління.

**У четвертому розділі** розглянуто методи багатокритеріальної оптимізації СУ телекомунікаційними мережами. Описано особливості систем управління як складної системи. Визначено основні критерії (показники) якості, що впливають на ефективність управління розмаїттям телекомунікаційних мереж. Розроблено методи об'єднання суперечливих критеріїв та отримання загального критерію.

Запропоновано оптимальну систему управління за допомогою синтезу системи. Задача синтезу полягає в знаходженні такої СУ, яка компромісно оптимізує обмеження вхідних даних та спектр визначених умов.

Також розглянуто методи обробки інформації, одержаної від експертів, та методи перевірки погодженості і вірогідності отриманих експертних оцінок. Обґрунтовано вибір кількості показників якості, за якими треба визначити узагальнений критерій оптимальності системи управління телекомунікаційними мережами. Показано, що при проектуванні СУ доцільно зупинитися на виборі кількості показників якості, які враховуються при синтезі

### **Наукова новизна дисертаційної роботи**

Метою дисертаційної роботи є розв'язання комплексу науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням методів самоорганізації, які надають змогу здійснювати коротко- і довгострокові прогнози щодо поведінки мережі майбутнього в умовах надзвичайних ситуацій та вирішення задач з багатокритеріальної оптимізації параметрів системи управління.

*Об'єкт дослідження* – процес управління інфокомунікаційними мережами майбутнього.

*Предмет дослідження* – методи і моделі управління інфокомунікаційними мережами майбутнього в умовах надзвичайних ситуацій.

*Наукова новизна* здобутих результатів роботи полягає у наступному:

характеристичних (вихідних) змінних по рядах вибірки ОСА. Ця властивість дозволяє значне скорочення обсягу обчислень при вирішенні багатьох практичних завдань (особливо в інфокомунікаціях), коли є лише невеликі вибірки спостережень. Алгоритм ОСА дозволяє найбільш ефективним способом вибрати малу за об'ємом з множини характеристичних змінних. Результати ОСА використовуються при вирішенні двох завдань: ідентифікації фізичної моделі, придатної для короткострокового прогнозу і для “відкриття закономірностей”; дворівневого кількісного довгострокового прогнозу, що базується на застосуванні прогнозуючих нефізичних моделей.

**У третьому розділі** досліджено актуальні проблеми визначення об'єкта управління для моделі СУ ТМН. Запропоновано для синтезу сучасних СУ телекомунікаційними мережами використовувати більш прості критерії. Представлено аналіз основних структурних категорій об'єкта управління: динамічність, нелінійність, стохастичність і нестационарність моделі об'єкта. Проведено дослідження на базі імітаційного моделювання побудови моделі об'єкта управління, проаналізовано механізми ситуаційного управління. Проаналізовано проблеми реалізації моделей КО та процесу управління.

**У четвертому розділі** розглянуто методи багатокритеріальної оптимізації СУ телекомунікаційними мережами. Описано особливості систем управління як складної системи. Визначено основні критерії (показники) якості, що впливають на ефективність управління розмаїттям телекомунікаційних мереж. Розроблено методи об'єднання суперечливих критеріїв та отримання загального критерію.

Запропоновано оптимальну систему управління за допомогою синтезу системи. Задача синтезу полягає в знаходженні такої СУ, яка компромісно оптимізує обмеження вхідних даних та спектр визначених умов.

Також розглянуто методи обробки інформації, одержаної від експертів, та методи перевірки погодженості і вірогідності отриманих експертних оцінок. Обґрунтовано вибір кількості показників якості, за якими треба визначити узагальнений критерій оптимальності системи управління телекомунікаційними мережами. Показано, що при проектуванні СУ доцільно зупинитися на виборі кількості показників якості, які враховуються при синтезі

### **Наукова новизна дисертаційної роботи**

Метою дисертаційної роботи є розв'язання комплексу науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням методів самоорганізації, які надають змогу здійснювати коротко- і довгострокові прогнози щодо поведінки мережі майбутнього в умовах надзвичайних ситуацій та вирішення задач з багатокритеріальної оптимізації параметрів системи управління.

*Об'єкт дослідження* – процес управління інфокомунікаційними мережами майбутнього.

*Предмет дослідження* – методи і моделі управління інфокомунікаційними мережами майбутнього в умовах надзвичайних ситуацій.

*Наукова новизна* здобутих результатів роботи полягає у наступному:

- розроблено модель та функції управління інфокомунікаційною мережею в умовах надзвичайних ситуацій;
- вперше запропоновано методику побудови самоорганізованої моделі відповідних мережних процесів на базі динамічних систем, здатної забезпечити визначення основних параметрів мережі з необхідною точністю, що забезпечують потрібні показники якості функціонування зазначених мереж;
- удосконалено методику синтезу контрольованого об'єкту за допомогою декомпозиції моделі що дозволило на 25% зменшити відхилення параметрів інфокомунікаційної мережі від норми.
- розроблено методику багатокритеріальної оптимізації системи управління інфокомунікаційними мережами з різними параметрами на базі методу експертних оцінок що дозволяє реалізувати оптимальне проектування системи управління та підвищити точність параметрів мережі на 17%.

### **Методи досліджень, використані в дисертаційній роботі**

Для досягнення поставлених в дисертаційній роботі задач використано методи теорії інформації, методи теорії інваріантності, методи системного аналізу, елементи методів теорії ієрархічних багаторівневих систем, методи оптимального управління, методи імітаційного моделювання, методи багатокритеріальної оптимізації.

### **Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами**

Обраний напрям досліджень відповідає тематиці науково-дослідних робіт Державного університету телекомунікацій, що проводилися протягом 2014-2019 рр., а саме: “Дослідження ефективності передачі інформації в системі управління інфокомунікаційною мережею “, (Державний реєстраційний №0114U000397). Основні результати за темою дисертаційної роботи отримані в процесі виконання науково-дослідної роботи: «Методика підвищення ефективності систем управління безпроводовими мережами на основі векторного синтезу», (Державний реєстраційний №0118U004553).

Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій**

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним багатостороннім системним аналізом реально існуючих процесів у сфері інфокомунікацій взагалі та в об'єкті дослідження зокрема. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення,

результатами імітаційного моделювання, а також практичними результатами, які відображено в актах впровадження.

### **Наукове і практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі**

Результати дисертаційної роботи з багатокритеріальної оптимізації параметрів СУ інфокомунікаційними мережами майбутнього доцільно використовувати науково-дослідним організаціям і підприємствам та операторам телекомунікацій України при розробці систем управління інфокомунікаціями.

На базі запропонованої методики дослідження самоорганізації моделі оптимальної складності за допомогою алгоритму ОСА визначено параметри СУ, які на 15% покращують точність параметрів короткострокового та довгострокового прогнозу.

За допомогою декомпозиції моделі розроблена методика синтезу контрольованого об'єкту яка дозволяє на 25% зменшити відхилення параметрів інфокомунікаційної мережі від норми.

### **Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи**

На тему дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 8 статей у фахових науково-технічних журналах, 1 стаття - у науково періодичному виданні проіндексованому у міжнародній науко метричній базі даних Scopus та 4 матеріали доповідей у збірниках наукових праць на науково-технічних конференціях. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях та семінарах професорсько-викладацького складу і наукових співробітників Державного університету телекомунікацій.

### **Зауваження до дисертаційної роботи**

1. В дисертаційній роботі не описано, які з параметрів інфокомунікаційної мережі контролюються.
2. На стор. 112 нечітко представлено об'єднання суперечливих критеріїв, для яких визначено співвідношення переваги за вагомістю.
3. На стор.68 не зрозуміло яким чином порівнюються системи  $S'$  і  $S''$  за значенням вектора  $K$ .
4. Не наведено строгого обґрунтування кількості показників якості, які використовуються для векторного синтезу.
5. Не обґрунтовано, чому саме для моделей короткострокового прогнозу вибираються фізичні моделі, а для довгострокового прогнозу нефізичні моделі.
6. В третьому розділі дисертаційної роботи не обґрунтовано, на якій стадії при використанні методу декомпозиції проводиться дроблення об'єкта, що значно ускладнює задачу.

## Висновки

1. Дисертаційна робота за змістом є закінченим науковим дослідженням, що містить нові науково-обґрунтовані результати, важливі на сучасному етапі перспективного розвитку національних інфокомунікаційних мереж і цілком відповідає вимогам «Паспорту» спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

2. Розроблені метод, модель, та структура системи складають основу методики побудови системи управління інфокомунікаційними мережами майбутнього на базі об'єктно-орієнтованого підходу, дозволяють формувати коротко- і довгострокові прогнози щодо поведінки мережі в умовах надзвичайних ситуацій для самоорганізації мережі та здійснювати багатокритеріальну оптимізацію параметрів системи управління. Це дозволяє на базі традиційного обладнання здійснювати більш ефективно та досконало управління, що є надзвичайно актуальним для телекомунікаційних мереж України. Таким чином, поставлені наукові задачі вирішені в повному обсязі, мета дослідження досягнута.

3. Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

4. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає п. 9, 10 та 12 вимог «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор – Захаржевський Андрій Геннадійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02- телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка»

 М.М. Климаш

Підпис д.т.н. Климаша М.М. засвідчую  
Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



 Р.Б. Брилинський