МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ
03035, м. Київ-35, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, т./ф. (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

MINISTRY OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES OF UKRAINE
STATE ECOLOGICAL ACADEMY OF POST-GRADUATE EDUCATION AND MANAGEMENT
35, Metropolitan Vasil Lypkivskyi str., Kyiv, 03035, Ukraine, tel./fax (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.861.05 у Державному університеті телекомунікацій
МОН України
03680, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

ВІДГУК
офіційного опонента,
проректора з наукової роботи
Державної академії післядипломної освіти та управління,
Міністерства екології та природних ресурсів України,
доктора технічних наук, професора *МАШКОВА Олега Альбертовича*
на дисертацію *МЕЛЬНИКА Юрія Віталійовича*
за темою: «Методологія підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертації.

Сучасні та перспективні телекомунікаційні мережі характеризуються великим обсягом різних видів інформації, мультисервісним характером мереж і значною розподіленою структурою. В цих умовах стає дедалі важливіше забезпечувати користувачам безперервність надання послуг у разі дотримання

Вхідний ДУТ № 560
« 12 » 09 2018 р.

встановлених рівнів вимог до їх повноти і якості та з мінімальними витратами для операторів зв'язку.

Забезпечення якісної роботи всіх видів послуг, наданих сучасним електрозв'язком, вже неможливо без ефективного комплексного управління станами його елементів та інформаційних потоків, що циркулюють у ньому. У зв'язку з цим, Міжнародний союз з електрозв'язку (МСЕ), розробив і запропонував концепцію ієрархічного управління мережею зв'язку, в основі якої закладена ідеологія TMN (Telecommunications Management Network). У відповідності до концепції TMN, важливою складовою частиною сучасних складних телекомунікаційних мереж (ТКМ), є розподілені системи управління і моніторингу.

Метою таких систем є підтримка високого рівня працездатності елементів телекомунікаційної мережі та якісного забезпечення, як доставки послуг мережі до споживачів, так і впровадження нових сервісів. Тому завдання управління мережами зв'язку є актуальним. Будь-яка мережа електрозв'язку складається з певної кількості мережевих елементів (Network Element – NE). Можна стверджувати, що мережевий елемент є основним об'єктом управління в телекомунікаційних системах. Тому якість управління та моніторингу станів телекомунікаційних систем істотно визначається повнотою і достовірністю інформації про їх функціонування. Як відомо, сучасні NE є складними пристроями, більшість з яких володіють технічним інтелектом. Тому всі нинішні та перспективні системи управління можна вважати інтелектуальними.

Традиційні математичні методи аналізу роботи сучасних та перспективних мереж електрозв'язку не завжди можуть дати адекватний опис процесів, що відбуваються в них. Це пов'язано з багатьма труднощами, основними з яких є: недостатність апріорної інформації про стан мережевих елементів та інших складових системи, багатопараметричність завдань мережі, різноманіття зв'язків і властивостей елементів системи, часта нестандартність ситуацій в телекомунікаційних мережах, суб'єктивний фактор операторів

мереж. Все це призводить до неточних оцінок аналізу стану мережевих елементів як об'єкту управління. В умовах, коли вихідні дані є, можливо, неповними (або ненадійними), різнорідними і слабо формалізованими, відсутні прості методи математичної обробки даних, рішення задачі управління та моніторингу станів ТКМ переводиться в площину апарату нечітких множин і нечіткої логіки.

Інформаційні технології являються одним з основних технологічних напрямків розвитку України, що суттєво впливають на всі сфери діяльності людини. Це являється основою бурхливого соціально-економічного розвитку суспільства і вимагає впровадження та використання новітніх досягнень науки та техніки для підвищення бізнес процесів і, як наслідок, підвищення якості надання послуг. Це в цілому дозволить підвищити суспільний, економічний та політичний рівень життя людей. Тому питання підвищення якості надання послуг, кількість яких постійно збільшується, вимагає нових методів побудови інформаційно-комунікаційних мереж, для забезпечення швидкого економічного зростання та кібербезпеки України.

За останні роки підвищилась увага щодо досліджень інформаційно-комунікаційних технологій, які застосовуються в різних сферах діяльності суспільства – економічному, суспільно-політичному, інформаційно-технологічному. На сьогодні це взаємопов'язані аспекти. В зв'язку з тим, що область дослідження носить технічний характер, в дисертаційній роботі розглядаються процеси, що пов'язані з питаннями забезпечення функціональної стійкості сучасних інтелектуальних інформаційних мереж (ІІМ). Окремі властивості складних технічних систем, такі як зв'язність, надійність, живучість, відмовостійкість характеризують функціонування систем при впливі відмов і пошкоджень, але не дозволяють в повній мірі описати процеси функціонування в умовах впливу потоків відмов і несправностей, можливих навмисних впливів, в тому числі і терористичних, а також помилок обслуговуючого персоналу та інших внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих факторів. І, звичайно, самим цікавим є ефект забезпечення

безперебійної роботи мереж в площинах забезпечення їх функціональної стійкості.

Розробка математичного апарату для забезпечення функціональної надійності із заданим коефіцієнтом Кг готовності інтелектуальної інформаційної мережі (ІІМ), здатної до самоадаптації та самоорганізації, набуває особливої актуальності в разі багаторівневих інформаційних мереж. При цьому мережа, про яку йдеться, повинна мати властивості адаптації та самоорганізації, а отже, знадобляться дослідження адаптивної моделі ІІМ, здатної до самоорганізації, спрямовані на побудову математичного опису такої мережі для отримання математичної моделі її поводження.

Аналіз літератури показав, що на сьогоднішній день напрацьовано різні методи, механізми, принципи і методики підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж.

Це підтверджується проведеними дослідженнями та працями в галузі теорії інтелектуальних телекомунікаційних мереж, інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень таких вчених, як Беркман Л.Н., Гороховський О.І., Герасимов Б.М., Локазюк В.М., Оксіюк О.Г., Поморова О.В. АлішовН.І., Апосталюк О.С., Балан С.О., Бандорин Л.М., Брагінський О.Л., Глибовець А.М., Столяревська А.Л. та ін.

При вирішенні цієї проблеми автор у своїх дослідженнях спирався на праці вітчизняних і зарубіжних вчених, які зробили значний внесок у розвиток теорії статистичного аналізу, штучного інтелекту, телекомунікаційних мереж та розробку систем їх аналізу та моніторингу : Reed J. H., Cardei M., Шеннон К., Кокс Д., Льюїс П., Тихонов А. Н., Веліхов Є. П., Вітербі Е.Д., Васильєв В.Н., Аріпов М.Н., Стеклов В.К., Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Козелков В.С., Климаш М.М., Машков О.А., Хеннан Е., Лазарєв В. Г., Аріпов М. Н., Фінк Л.М., Нетес В. А., Нечипоренко В. І., Сігалл А., та інші.

Усі ці напрями та чинники об'єднує загальна проблема розробки методології підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин.

Тому тема дисертаційної роботи Мельника Ю.В., яка присвячена рішенню цієї наукової проблеми є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Автор добре розуміє специфіку задачі, що розглядається у дисертації та коректно формулює її постанову. Аналіз сучасного стану досліджень питань управління телекомунікаційними мережами, моделей і алгоритмів управління та прогнозування на основі теорії нечітких множин, які виконано досить кваліфіковано, склали основу пошуку рішень проблеми розробки методології підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин.

Методологія підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж науково визначається на єдиній методологічний основі математичного аналізу та синтезу складних технічних систем. Тому автор обґрунтовано використовує: методи теорії сигналів і систем, теорію системного аналізу, теорію прийняття рішень, теорію ймовірностей, теорію алгебри логіки, теорію кінцевих автоматів, теорію нечітких множин, теорію матричного аналізу, теорію систем масового обслуговування.

Під час проведення досліджень автор спирається на відомі факти та наукові досягнення в обраній сфері, які отримані з використанням апробованого математичного апарату, який є адекватним моделям функціонування телекомунікаційних мереж, що розглядаються.

Розроблені автором практичні рекомендації ґрунтуються на розробленому ним науково-методичному апараті, який є достатньо чутливим для відповідних змін вихідних даних.

Відмічаю, що наукові положення та рекомендації, які сформульовані у висновках по всім п'яти розділам (стор.82-83; 147; 197-198; 239-240; 294) та у загальних висновках (стор.295-296), зроблено науково обґрунтовано і логічно

по результатам аналізу, узагальнення відомих та отриманих результатів, теоретичних досліджень, а також по результатам реалізації нечіткого управління канальним ресурсом та моделювання системи управління і моніторингу «Менеджер – Агент».

Достовірність одержаних результатів.

Достовірність наукових положень, які захищаються здобувачем, висновків і рекомендацій підтверджується їх відповідністю методології дослідження поставленій проблемі; повнотою розгляду на теоретичному і експериментальному рівнях об'єкта дослідження, що охоплюють його змістовні і процесуальні характеристики; застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження; тривалістю практичної роботи і можливістю її відтворення.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертації ґрунтуються на:

• використанні результатів аналізу сучасного стану інтелектуальних інформаційних мереж;

• коректності застосування моделей і алгоритмів управління та прогнозування на основі теорії нечітких множин;

• узгодженістю із наявними результатами інших авторів, які надруковано у вітчизняній та зарубіжній літературі;

• даних про їх успішне практичне застосування для побудови центрального пункту управління мережею і алгоритму управління нестаціонарним об'єктом.

Новизна одержаних результатів.

Відомо, що однією з основних характеристик телекомунікаційної мережі є надання можливості отримання необхідної інформації для забезпечення діяльності організації або задоволення особистих потреб користувачів. Слід мати на увазі, що якість отриманої інформації (обсяг, достовірність, актуалізація) часто залежить не від комп'ютерної мережі, а від власника інформаційної продукції.

Тому, проблема інформаційного наповнення телекомунікаційних мереж стає все більше важливою у зв'язку тенденціями розвитку світової інформаційної інфраструктури. Існуючі на сьогоднішній день кілька десятків мереж не можуть набрати необхідну кількість абонентів для самоокупності і стабільної діяльності. Тому гостро постає питання комплексного обслуговування користувачів. Сьогодні також необхідно зазначити наявність проблеми якості баз даних та інформаційно-пошукових систем.

Якість управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж належить до найважливіших характеристик телекомунікаційних мереж у зв'язку з їхнім інтенсивним розвитком в останнє десятиліття. При цьому під показниками якості розуміють здатність телекомунікаційних мереж зберігати і відновлювати виконання основних функцій у заданому обсязі й протягом заданого часу у випадку зміни структури мережі й умов її функціонування внаслідок деяких зовнішніх несприятливих впливів. Крім того, під якістю управління та моніторингу станів телекомунікаційної мережі розуміють її здатність продовжувати функціонування і забезпечувати виконання основних функцій за заданих показників якості обслуговування. Живучість телекомунікаційних мереж аналізують і оцінюють на різних рівнях проектування, моделювання і функціонування, використовуючи різні методи аналізу й оцінки. Сучасні методи оцінки показників якості управління та моніторингу станів основані на застосуванні теоретико-ігрового та ентропійного підходів, логіко-ймовірнісних моделей. Відомі методи обчислення функціональної стійкості мережевої інформаційної системи в поліноміальній формі, а також методи, основані на використанні штучного інтелекту; запропоновані моделі й алгоритми для розв'язання задач аналізу й оцінки живучості мереж.

Для відомих телекомунікаційних мереж виникає проблема функціональної стійкості. Мова йде про таки мережі як, - зарубіжні телекомунікаційні мережі ARPANET, INTERNET, BITNET, EVnet, Fidonet, мережа PIENet НДЦ «Контур» ФАПСИ, Eunet/Релком, GTS-Interlinc, Infonet,

Bizlink, PIENet, Ремарт, Сітек, Мережа Асоціації ділового співробітництва «ІКС СВІТ» (Міжнародні інтелектуальні ринки) та ін. (матеріали з сайту http://globalconsulting.com.ua).

При проектуванні телекомунікаційних мереж виникає необхідність забезпечення функціональною стійкістю мережі в цілому, так і окремих ділянок та вузлів. Функціональна стійкість характеризує стійкість мережі зв'язку проти дії причин, що лежать поза мережі і призводять до руйнувань чи значних пошкоджень деяких її частин. Функціональна стійкість визначається як властивість мережі зберігати здатність виконувати необхідні функції в умовах, створюваних впливом зовнішніх дестабілізуючих факторів. На сьогоднішній день існує декілька способів забезпечення функціональної стійкості мереж (систем) різного призначення. Відомий підхід щодо побудови комплексу технічних засобів топології мережі і розподілу ресурсів по вузлах мережі. Для забезпечення функціонування системи може бути запропоновано застосування стратегії забезпечення функціональної стійкості. В процесі формування такої стратегії для кожного стану необхідно додатково виробити рішення, що відносяться до функцій системи: звужувати чи ні безліч функцій, які разом складають мету функціонування. Можливо доведеться спрощувати алгоритм реалізації функцій, при яких необхідно протидіяти загрозам порушення працездатності.

Бажано відзначити, що розглянуті показники якості управління та моніторингу стану телекомунікаційних мереж можна віднести і до телекомунікаційних систем, оскільки проблема забезпечення якості функціонування телекомунікаційних систем також пов'язана з вірогідністю і точністю переданої інформації, великою кількістю можливих реконфігурацій мережі, а також здатністю продовження функціонування при отриманні пошкоджень.

Забезпечення необхідного рівня функціональної стійкості є однією з важливих і актуальних задач проектування мережі. При вирішенні задач проектування мереж, розрізняють структурну та функціональну стійкість.

Кожна з них оцінюється за певним критерієм. За критеріями придатності, порівняльної оцінки і оптимальності оцінюється функціональна стійкість. Рішення завдань підвищення функціональної стійкості здійснюється з використанням критерію максимізації потоків або критерію кількісної оцінки компенсованих функціональних відмов.

Враховуючи те, що телекомунікаційні системи відносяться до структурних систем, питання якості функціонування, забезпечення функціональної стійкості набувають особливого значення. Вибір критерію визначення показників якості управління визначається виключно типом вирішуваної задачі. Найбільш ефективним критерієм для досягнення високого рівня функціональної стійкості є здатність перерозподіляти потоки інформації і продовжувати виконувати визначені функції мережі після того, як окремі елементи вийшли з ладу, порушуючи структуру мережі. Оцінюючи існуючі методи забезпечення і підвищення функціональної стійкості, можна сказати, що вони базуються на чотирьох основних принципах: розпізнавання, протидії, відновлення, адаптації.

Принцип розпізнавання полягає в здатності системи виявляти атаки, успішні вторгнення, підвищення ризику виходу з ладу важливих компонентів системи, ризику втрати або спотворення інформації.

Цей принцип ґрунтується на методах:

– діагностики – внесення в систему апаратно-програмних засобів, що дозволяють відслідковувати небажані відхилення в роботі системи та її окремих компонентів;

– оповіщення – внесення в систему апаратно-програмних засобів, що дозволяють повідомляти користувачів і системних адміністраторів про небажані відхилення в роботі системи та її окремих компонентів;

– реєстрацію подій – збирання та зберігання інформації про дії різних користувачів та компонентів системи;

– аналізу шаблонів поведінки користувачів – порівняння послідовності дій користувачів і компонентів системи з відомими шаблонами атак і некоректного використання.

Результати використання цього принципу служать базою для застосування активної протидії (при виявленні успішних атак або появу нових ризиків) і адаптації. Принцип відновлення полягає у здатності системи відновлювати функціональність і працездатність компонентів після відбиття атаки. Цей принцип реалізується методами:

– підтримки баз даних змін шляхом збору інформації про всі зміни і доповнення інформації, що зберігаються в системі, в такому обсязі, який передбачає можливість відмови від кожної конкретної зміни і визначення джерела кожної конкретної зміни;

– організацією безпечного зберігання інформації шляхом використання надійних і відмовостійких технологій, які забезпечували би збереження і доступність інформації за заданими показниками якості;

– підтримки транзакційності процесів шляхом організації роботи процесів зміни інформації в системі таким чином, щоб у будь-який момент часу можна було гарантувати цілісність даних, що зберігаються в системі. Основна мета цього принципу полягає в побудові формалізованої автоматизованої процедури повернення системи в штатні умови функціонування. Принцип адаптації полягає в здатності системи «навчатися», тобто розвиватися на підставі інформації про успішні атаки, виникненні нештатних ситуацій, зміні умов функціонування системи. Метою принципу адаптації є, по-перше, створення надійного захисту від відомих і невідомих атак, по-друге, пристосування до нових умов функціонування системи та забезпечення виконання всіх функцій системи в таких умовах функціонування. Принцип протидії частково запозичений із сфери безпеки інформаційних систем і реалізується її класичними методами:

– ідентифікацією – доказом того, що користувач системи дійсно є тим, за кого себе видає. Для ідентифікації можуть застосовуватися такі засоби як «ім'я користувача» і «пароль», картки доступу (smart cards), відбитки пальців тощо;

– авторизацією – набором прав того чи іншого користувача на виконання потрібних операцій;

– обмеженням привілеїв користувачів – поділом користувачів системи на групи, кожна з яких визначає свій набір прав доступу, наприклад, право на читання інформації, право на запис інформації, право на доступ до певних частинами баз даних тощо;

– встановленням міжмережевих екранів – фізичним відділенням системи від зовнішнього середовища;

– внесенням надмірності в систему – встановленням резервного апаратного та програмного забезпечення, а також архівів інформації.

Крім того, до цього ж принципу можна віднести і такі методи:

– реконфігурація – забезпечення функціонування системи при виході з ладу її ресурсів за рахунок зміни шляхів передачі та обробки інформації;

– реорганізація – забезпечення функціонування системи при виході з ладу її ресурсів за рахунок перевизначення функцій компонентів які вийшли з ладу системи між працездатними компонентами;

– реконструкція – забезпечення функціонування системи при виході з ладу її ресурсів за рахунок компенсації частково втраченої функціональності працездатних компонентів;

– диверсифікація – безперервна планомірна зміна конфігурації системи, спрямована на ускладнення організації атак на систему. Метою принципу протидії є підтримання умов функціонування. Аналізуючи існуючі методи підвищення функціональної стійкості, призначені для забезпечення реагування при впливі зовнішнього середовища на мережу, можна зробити висновок, що найбільш важливим для мережі є метод реконфігурації при вже завданих пошкодженнях з подальшим перерозподілом потоків, при цьому інформація (потік інформації) повинна бути доставлена адресату.

Метод підвищення показників якості управління телекомунікаційної мережі на основі перерозподілу ресурсів мережі для обслуговування потоків вимог при виникненні несприятливих впливів дозволяє:

– виконати оцінку працездатності мережі на основі запропонованого показника;

– виявити «вузькі місця» мережі для можливості їх резервування;

– виробити відповідні рекомендації для забезпечення працездатності телекомунікаційних систем.

Такий підхід може бути використаний на етапі проектування телекомунікаційних систем для оцінки працездатності мережі в умовах зміни її топології.

Існують також детерміновані і стохастичні моделі невідновлюваних та відновлюваних систем, які дають змогу досліджувати процеси зміни властивості функціональної стійкості в часі й умовах, що безперервно або дискретно змінюються.

Зазначимо, що розглянуті загальні проблеми оцінки і підвищення функціональної стійкості, що стосуються систем різного призначення, зачіпають і телекомунікаційні мережі. Водночас сучасні тенденції розвитку телекомунікацій, процеси конвергенції мереж, перехід до мереж нового покоління – NGN, FGN – зумовлюють актуальність питань оцінки і підвищення живучості сучасних телекомунікаційних мереж з урахуванням тенденцій їхнього розвитку. При цьому особливого значення набувають питання забезпечення структурної стійкості мереж у зв'язку з процесами їхньої конвергенції.

Структурна стійкість розглядається як можливості реконструкції, реорганізації, реконфігурації при зовнішніх несприятливих впливах, які дадуть змогу створити структуру, що забезпечує функціонування мережі.

У математичній теорії графів показники функціональної стійкості інтерпретуються як кількісні міри зв'язності для структури графа: мінімальний розріз, вузлова зв'язність, узагальнена зв'язність, довжина шляху тощо, тобто

задачі оцінки структурної живучості мережі можна звести до задач аналізу зв'язності графів, оцінки імовірності формування працездатної структури у випадку несприятливих впливів тощо.

Під час розв'язання зазначених задач виникає необхідність у визначенні кількості шляхів, які залишаються в мережі при зовнішніх несприятливих впливах, що виражається у видаленні деякої лінії зв'язку (гілки) з мережі.

Під час проектування телекомунікаційних мереж проблема аналізу якості функціонування може бути сформульована як проблема оцінки величини максимального потоку, що передається в мережі у разі відмов її елементів і зниження до допустимого рівня якості функціонування. При цьому виникає задача визначення того, які максимальні потоки зміняться у разі видалення деякої гілки з мережі, і як при цьому зміняться показники функціональної стійкості. Крім того, безумовний інтерес викликає задача визначення можливості реконфігурації телекомунікаційних мереж із метою забезпечення необхідних показників якості управління.

Підвищення показників якості управління та моніторинг стану мереж дає змогу реалізувати можливості мережі з реконфігурації, що забезпечує необхідну якість обслуговування потоків відповідного класу, а також виробити відповідні рекомендації щодо чинних вимог і обмежень – допустимих значень показників функціональної стійкості для мережі загалом і допустимих значень показників якості обслуговування окремих потоків.

Відомий також метод забезпечення функціональної стійкості телекомунікаційної мережі на основі перерозподілу ресурсів мережі. Цей метод дозволяє виконати оцінку працездатності мережі на основі запропонованого показника та виявити «вузькі місця» мережі для можливості їх резервування. Він може бути використаний на етапі проектування телекомунікаційних систем для оцінки працездатності мережі при зміні її топології.

Новизна одержаних в дисертаційній роботі результатів визначається наступним.

В дисертаційній роботі шляхом використання теорії нечітких множин розроблено нові моделі управління та моніторингу станів елементів телекомунікаційної мережі які можуть бути застосовані на етапах проектування і експлуатації розподілених систем управління та моніторингу і отримано наступні нові наукові результати, а саме:

ВПЕРШЕ:

розроблено метод управління мережею зв'язку в частині врахування стану оператора телекомунікаційної мережі на основі узагальненого показника стану оператора телекомунікаційної мережі, відмінною особливістю якого є використання інтервалів норм параметрів залежно від режиму функціонування мережі та який може застосовуватись для досліджень як в статичних умовах, так і в реальному часі;

розроблено методику побудови нейромережевого регулятора і управління нестаціонарним об'єктом в якому запропоновано комбіноване використання нейромережевих і статистичних підходів, коли статистична компонента забезпечує виявлення значимої зміни характеристик об'єкту і запуск механізму донавчання, що дає змогу зменшити час реагування на зміни об'єкта керування у порівнянні з традиційними методами;

розроблено модель управління канальним ресурсом на основі прямих нечітких продукційних правил виведення і алгоритм маршрутизації для моделі «Менеджер – Агент», який дає змогу без визначення повної статистики про стан елементів мережі та у разі виникнення інтенсивних мережевих навантажень і заважаючих чинників різної природи походження, адекватно формувати матрицю маршрутів у постійно мінливих мережевих обставинах;

УДОСКОНАЛЕНО:

метод нечіткого прогнозування станів пристроїв мережі на основі нечіткого узагальненого параметра з використанням нечітких поліноміальних коефіцієнтів, який, на відміну від існуючих методів, дає змогу залежно від повноти поточної інформації також використовувати досвід експертів;

НАБУЛА ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ:

модель ієрархічного управління телекомунікаційною мережею з використанням теорії нечітких множин, яка дає змогу концептуально будувати і аналізувати підсистеми управління мережею зв'язку в умовах дії заважаючих чинників різної природи походження, і на відміну від існуючих підходів є відкритою для можливих агрегуючих операторів рівнів управління і природи завад.

Отримані моделі, методи, методики у поєднанні з алгоритмами їх застосування формують методологію підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин, що визначено предметом дисертаційного дослідження.

Таким чином, моделі, методи, методики і алгоритми аналізу та управління процесом прийняття рішення про стан елементів телекомунікаційної мереж з використанням теорії нечітких множин забезпечують підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж.

Аргументування та критичне оцінювання порівняно з відомими рішеннями запропонованих автором нових рішень.

Відомо, що розробка та впровадження нових послуг телекомунікаційних мереж були пов'язані з низкою проблем, що виражалися саме у необхідності підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж.

Відомо, що вперше поняття лінгвістичної змінної і її застосування до прийняття наближених рішень запропоновано Л.Заде.

Використанню теорії нечітких множин у процесі управління складними системами присвячено праці В.І. Ткаченка, Є.Б. Смірнова, А.В. Тристана.

Відомий метод ідентифікації стану телекомунікаційної мережі, який запропонував Е.М.Бовда. Питанням ідентифікації, моніторингу і контролю продуктивності додатків за допомогою маршрутизаторів Cisco присвячені праці К. Григор'єва

У роботах Кучера А.В. також приділяється увага інтелектуальним системам підтримки прийняття рішення на основі нечіткої логіки для діагностики стану мережі передачі даних

Проектуванню нечітких систем засобами MATLAB присвячені праці В.В. Борисова, В.В. Круглова, А.С Федулова. Питаннями нечіткого моделювання в MATLAB і fuzzyTECH присвячено праці А.В. Леоненкова. Відомі праці Штовба С.Д., які також присвячені проектування нечітких систем засобами MATLAB. Також нечіткі моделі та мережі розглядали Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С.

Застосуванню Fuzzy-технологій у практиці моделювання в економіці присвячено праці В.П. Бочарникова.

Використання теорії нечітких множин у процесі діагностики стану підприємства відображено в роботах О.М. Тищенко. Застосуванню теорії нечітких множин для оцінки фінансового стану підприємств присвячено праці Н.М. Соколової.

У роботах Недосекина А.О. розглядаються питання застосування теорії нечітких множин до задач управління фінансами. Питання нечітко-множинного підходу до оцінки ризику банкрутства розглянуто Т.М. Ісаєвою. Застосування теорії нечіткої логіки для прогнозування ціноутворення на ринку житлової нерухомості розглянуто у працях А. Кофмана.

Питанням побудови функцій належності нечітких множин, що відповідають кількісним експертними оцінками присвячено праці Скофенко А.В. Відомий метод побудови функцій належності нечітких множин, який запропонували Ротштейн О.П., Черноволик Г.О., Ларюшкін Є.П.

Моніторинг об'єктів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації досліджували Бобало Ю.Я., Даник Ю. Г., Комарова Л.О., Максимович В.М., Писарчук О.О.

Методика побудови нечітких баз знань інтелектуальних систем управління вузлами мобільних радіомереж класу MANET розглянута в працях О.Я. Сови, П.В. Жука, Д.А. Міночкіна, О.А. Симоненка.

Нечіткі моделі та мережі розглядали В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов.

Субач І.Ю. та Фесьоха В.В. запропонували модель виявлення аномалій в інформаційно –телекомунікаційних мережах органів військового управління на основі нечітких множин та нечіткого логічного виводу.

Визначенню аномалій обсягу мережевого трафіку на основі апарата нечітких множин присвячено праці І.М. Ажмухамедова, А.Н. Марьянкова.

В працях В.О. Апостолюка, О.С. Апостолюка розглянуто найбільш важливі аспекти сучасних технологій створення інтелектуальних систем керування (ІСК), зокрема, генетичні алгоритми для вирішення завдань глобальної багатопараметричної оптимізації (генетичні оператори, репродуктивний план Холланда, селекцію батьківських хромосом, критерій зупинення еволюції), теорії нейронних мереж (НМ) і нечітких множин, методи синтезу нечітких регуляторів (НР). Ними висвітлено особливості застосування НМ і НР в ІСК, охарактеризовано загальні принципи алгоритмізації та побудови ІСК, а також наведено алгоритми знаходження оптимальних траєкторій, описано біологічні та штучні НМ

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень розглянуто в працях Б.М. Герасимова, В. М. Локазюка, О. Г. Оксіюка, О. В. Поморовой. В цих працях: викладено питання проектування, практичного застосування й оцінки ефективності систем підтримки прийняття рішень (СППР); висвітлено особливості людино-машинних процедур прийняття рішень, математичних моделей їх зображення й опрацювання, прийняття рішень за умов невизначеності; розглянуто типові задачі та засоби інтелектуального аналізу даних, приклади практичної реалізації інтелектуальних та інформаційно-розрахункових СППР; наведено критерії та методи оцінки ефективності СППР, зокрема процесу діагностування цифрових і мікропроцесорних пристроїв.

В роботах Кирика В. В., яку присвячено комп'ютерно-інтегрованим технологіям управління на основі нечіткої логіки увагу приділено використанню математичного апарату в процесі управління складними

нелінійними електротехнічними системами з нестаціонарними процесами, а також інтелектуальним методам та підходам до управління, синтезу нелінійних систем з нечітким логічним контролером.

Таким новим підходом стала концепція інтелектуальної мережі (Intelligent Network, IN). Призначення інтелектуальної мережі полягає у наданні додаткових телекомунікаційних послуг користувачеві, при цьому розробка, впровадження і модифікація послуг здійснюється максимально швидко, економічно та з найбільш ефективним використанням існуючої інфраструктури мережі.

Інтелектуальна мережа є принципово новою архітектурою, основна ідея якої полягає у відокремленні процесу традиційної комутації викликів від процедур впровадження, надання та управління послугами. Для цього необхідно мати певні інтерфейси між комутаторами мережі та спеціальними пристроями, які складають так звану «інтелектуальну надбудову» («інтелектуальну платформу», «платформу IN»). Модернізація послуг у цьому разі досягається лише модернізацією програмного забезпечення платформи IN. Це дозволяє швидко та економічно впроваджувати на існуючих мережах будь-які послуги незалежно від виробників комутаційного обладнання.

Основна вимога до функціональної архітектури IN – це відокремлення функцій надання послуг від функцій комутації та їх розподіл по різних функціональних підсистемах. Функції комутації, як і для традиційних мереж, залишаються в базовій мережі зв'язку, а функції управління, створення та впровадження послуг виносяться в створювану окремо від базової мережі інтелектуальну надбудову, яка взаємодіє з базовою мережею за допомогою стандартизованих інтерфейсів.

Архітектура IN є розподіленою системою, у якій всі функції комутації, управління обслуговуванням, створення, модифікації та надання послуг поділені на невелику кількість модулів, взаємодію між якими забезпечують стандартні інтерфейси, а перелік функцій кожного модуля строго визначений. Такі модулі отримали назву функціональних об'єктів. Комутаційне

обладнання, яке оснащене необхідними функціональними модулями, і спеціалізовані програмно-апаратні засоби й називаються вузлами IN.

Існує кілька варіантів розподілу функціональних об'єктів між фізичними вузлами IN: від централізованого, при якому всі необхідні функції інтегровані в одному-двох вузлах, до найбільш розподіленої (класичної) архітектури, при якій надання послуги передбачає взаємодію декількох типів вузлів, найважливішими з яких є SSP, SCP, IP і SDP.

Вузол комутації послуг SSP (Service Switching Point) є комутаційною системою, за якою зберігаються всі функції з управління процесом надання основних послуг зв'язку, але ця система оснащена додатковим програмним забезпеченням.

Вузол комутації послуг SSP забезпечує абонентам мережі загального користування доступ до послуг і підтримку протоколів взаємодії з іншими елементами IN. Вузол комутації послуг визначає, що виклик відноситься до IN, і надсилає запит на активацію послуги у вузол, що виконує функції управління послугами, наприклад, вузол управління послугами SCP. Це повідомлення може містити номер абонента, що викликає, набрані цифри номера, код необхідної послуги та деякі інші параметри. Після оснащення комутаційного обладнання функціями SSP послуги IN можуть вводитися та видалятися за допомогою лише певних модифікацій конфігурації SSP, які доступні технічному персоналу через звичайний інтерфейс оператора, без зміни системного прикладного програмного забезпечення (версії ПЗ).

Вузол управління послугами SCP (Service Control Point) забезпечує управління послугою та зазвичай є високопродуктивним комп'ютером з підвищеною надійністю. SCP містить програми, які централізовано реалізують логіку послуг для всієї мережі IN, програмне забезпечення протоколів взаємодії з іншими елементами мережі, системне програмне забезпечення, а також може містити базу даних реального часу. Вузол управління послугами також реалізує функції доступу до бази даних для трансляції номера та перевірки кодів послуг.

SCP приймає запит і повертає в SSP інструкції з подальшої обробки виклику відповідно до логіки послуги. Обслуговування виклику в SSP припиняється доти, доки перший набір інструкцій не досягне вузла комутації послуг. Вузол управління послугами відповідає за обробку виклику доти, доки управління не буде передано назад у вузол комутації послуг. Протягом часу, поки SCP відповідає за управління викликом, SSP може надсилати йому звіти у вигляді повідомлень про результати виконання необхідних операцій. Для підтримки названих функцій SCP має виконувати високопродуктивну обробку повідомлень мережі загальноканальної системи сигналізації. SCP має прямий доступ до вузла підтримки даних SDP або може з'єднуватися з ним через мережу сигналізації. При цьому вузол SDP може входити як у ту саму мережу, що й вузол SCP, так і в інші мережі. Через мережу сигналізації SCP може бути з'єднаний з вузлом комутації послуг SSP та інтелектуальною периферією (IP).

Вузол підтримки даних SDP (Service Data Point) містить дані, необхідні для надання індивідуалізованих послуг, тобто виконує функцію підтримки даних. Доступ до SDP може бути отриманий або через мережу сигналізації, або через вузол управління послугами SCP, або вузол забезпечення послуг SMP. Різні вузли підтримки даних можуть бути пов'язані один з одним.

Вузол інтелектуальної периферії IP (Intelligent Peripheral) містить засоби, що роблять послуги мережі зручними для користувачів, забезпечуючи для SSP допоміжні функції з ведення діалогу з абонентом, такі як надсилання запрошення до набору додаткових цифр, прийом цифр, що абонент надсилає двочастотним способом, розпізнавання мови та деякі інші можливості. Обладнання IP може бути як інтегрованим з SSP, так і окремо встановленим обладнанням. IP управляється по протоколу INAP з боку SCP. Підключення до SSP здійснюється по сполучних лініях, якими управляє підсистема користувача ISUP, або по первинному доступу ISDN, що управляється цифровою абонентською сигналізацією DSS1.

Вузол середовища створення послуг SCEP (Service Creation Environment Point) забезпечує оператору мережі можливості для контролю та управління

параметрами та конфігурацією послуг IN. Функціями цього вузла є модифікація послуг, розробка та тестування нових послуг (у тому числі й до початку комерційної експлуатації). SCEP дозволяє задати фактично індивідуальне обслуговування для кожного клієнта. У проектувальника послуг, що використовує таке обладнання, відсутня необхідність у використанні традиційних програмних засобів. Замість цього використовуються програмні засоби, управління якими здійснюється через систему меню, а послуги створюються введенням потрібних параметрів. Створена й протестована належним чином у SCEP нова послуга (тобто програмні засоби для її реалізації) через систему техобслуговування SMP одночасно завантажується в усі SCP мережі оператора. В SSP для підтримки послуги не потрібно ніякого нового програмного забезпечення, достатньо лише активувати потрібні тригерні точки.

Вузол менеджменту послуг SMP (Service Management Point) забезпечує адміністративне управління мережними елементами IN і мережею в цілому. Цей вузол може управляти базами даних, навантаженням, тестувати мережу та вимірювати різні її характеристики. Протоколи взаємодії між SMP, SCEP і SCP у рамках першого набору можливостей CS1 не визначені, однак стандартними протоколами де-факто стали X.25 і TCP/IP.

Переваги інтелектуальної мережі полягають у тому, що на першому етапі впровадження послуг IN існуюча мережа зв'язку лише структурується відповідно до концепції IN з метою більш ефективного надання послуг, що переважно вже зарекомендували себе (трансляція номерної інформації, альтернативна тарифікація, телефонні кредитні карти та ін.). Слід зазначити, що досить поширеним є й альтернативні способи надання тих самих послуг, найвідомішим з яких є застосування комп'ютерної телефонії. При цьому зовнішній комп'ютер, з'єднаний з комутаційною системою, так само як SCP у мережах IN, бере на себе частину функцій з реалізації логіки послуги й у цьому сенсі функціонально аналогічний йому.

Однак загальноприйняті стандарти на прикладному рівні для взаємодії через інтерфейс між ним і комутаційною системою поки відсутні. Крім того, не передбачені рішення, що дозволяють використовувати той самий комп'ютер для обслуговування декількох комутаторів, і, як наслідок, відсутня можливість централізованого розгортання і модифікації послуг на всій мережі. Перевагою такого способу є відносно низька вартість, що є досить привабливим для операторів виділених і приватних мереж, тому відповідне обладнання зазвичай підключається до відомчих АТС.

Використовуючи комп'ютерну телефонію для надання таких послуг, як телеголосування та телефонні кредитні карти, і називаючи останні «інтелектуальними послугами» або навіть послугами IN, оператори найчастіше вводять в оману своїх клієнтів, не знайомих зі стандартами IN. Адже не існує інтелектуальних послуг, є лише той чи інший спосіб їхньої реалізації. Один з таких способів отримав назву «інтелектуальна мережа», з цієї причини послуги, реалізовані саме таким способом, називаються послугами інтелектуальної мережі. При цьому кінцевого користувача у більшості випадків не цікавить, який саме спосіб використовує той чи інший оператор для надання потрібних йому (клієнтові) послуг, його цікавить лише співвідношення між їхньою якістю та вартістю. Для оператора ж мережі зв'язку спосіб надання послуг має першорядне значення, і в цьому контексті використання комп'ютерної телефонії (або інших функціонально аналогічних способів) на великих мережах з погляду перспектив їхнього розвитку навряд чи можна вважати доцільним, беручи до уваги можливості з розширення номенклатури послуг, забезпечення надійності мережі, доступності послуг і взаємодії між мережами.

Використання концепції IN має такі переваги:

– ефективне використання мережних ресурсів;

– модульність і багатоцільове призначення мережних функцій;

– стандартизована взаємодія мережних функцій за допомогою незалежних від послуг мережних інтерфейсів;

– можливість розвивати незалежно мережі зв'язку та бази даних/послуг, але з чіткою їх взаємодією у відповідності зі стандартами, протоколами та інтерфейсами ITU-T;

– великий діапазон можливостей: IN дозволяє операторам мережі та постачальникам послуг надавати широкий спектр послуг, кількість яких обмежується лише визнанням користувачів та інтересом до цих послуг;

– контроль послуги абонентом і адаптація послуг до вимог замовника: послугу може конфігурувати як постачальник, так і її абонент;

– швидке впровадження нових послуг і корекція старих. Завдяки послугонезалежному підходу до реалізації програмного забезпечення (ПЗ), використання концепції IN дозволяє зводити до мінімуму обсяг модифікацій ПЗ комутаційної системи, необхідних для введення нових послуг, дозволяє швидко й гнучко вводити нові або модифікувати вже наявні в експлуатації послуги без внесення істотних змін в існуюче ПЗ цифрових систем комутації;

– інтелектуальна мережа може бути реалізована на будь-якій існуючій мережі зв'язку, хоча ефективнішим було б її впровадження на цифрових мережах з використанням ЗКС 7, розподіленої обробки даних, а також управління базами даних.

Слід зазначити, що в країнах з розвинутою телекомунікаційною інфраструктурою задовго до введення послуг IN існувала практика надання додаткових послуг у межах мережі загального користування. Для таких країн перехід до інтелектуальної мережі – це лише перехід до іншого, ефективнішого, способу надання послуг, що характеризується значним ступенем стандартизації. Створення IN спростить введення нових послуг, підвищить якість обслуговування споживачів, знизить витрати операторів, а звідси – і тарифи на послуги, підвищивши доходи. При цьому користувач одержує можливість управляти послугами, формувати й замовляти їх на певний час і одержувати доступ до послуг незалежно від свого географічного положення. IN підтримує телефонні мережі загального користування, мережі рухомого радіотелефонного зв'язку, мережі передачі даних тощо, а також

широкий спектр послуг, включаючи (але не обмежуючись цим) усі існуючі й майбутні послуги вузькосмугової N-ISDN і широкосмугової B-ISDN.

Закладені у концепції інтелектуальної мережі принципи відіграють ключову роль в інтеграції стаціонарних мереж і мереж рухомого зв'язку, телефонних мереж і мережі Інтернет. Ці принципи можна застосовувати у широкосмугових мережах, частково вони покладені в основу побудови мереж наступного покоління NGN.

В працях Алішова Н.І. досліджено проблему процесу організації системної взаємодії мережевих технологій і апаратно-програмних засобів у інтелектуальних системах і мережах комп'ютерів. Предметом дослідження виступають моделі, методи, алгоритми й інструментальні засоби взаємодії розподілених ресурсів на канальному, мережевому та прикладному рівнях, орієнтовані на підвищення ефективності функціонування сучасних інтелектуальних систем і мереж комп'ютерів.

В працях Апостолюка В. О. розглянуто найбільш важливі аспекти сучасних технологій створення інтелектуальних систем керування (ІСК), зокрема, генетичні алгоритми для вирішення завдань глобальної багатопараметричної оптимізації (генетичні оператори, репродуктивний план Холланда, селекцію батьківських хромосом, критерій зупинення еволюції), теорії нейронних мереж (НМ) і нечітких множин, методи синтезу нечітких регуляторів (НР). Висвітлено особливості застосування НМ і НР в ІСК, охарактеризовано загальні принципи алгоритмізації та побудови ІСК. Наведено алгоритми знаходження оптимальних траєкторій та описано біологічні та штучні НМ.

В працях Балана С. О. висвітлено аспекти використання сучасних інформаційних та інтелектуальних технологій у машинознавстві. Наведено числові методи проектування об'єктів машинознавства, методи просторово-часової дискретизації моделей деталей машин, а також принципів перетворення моделей з урахуванням симетрії деталей і джерел навантаження на них. Показано можливості даних технологій на етапах проектування і

керування машинами та їх групами. Наведено приклади використання інформаційних технологій для оптимізації конструкцій і умов експлуатації деталей машин та їх головних вузлів. Описано методи проектування зварної рами напівпричепа, а також балки його моста.

В працях Бандоріна Л. М. розкрито суть поняття «інформаційно-інтелектуальних технологій» (ІІТ), визначено їх особливості й можливі критерії оцінювання. Розроблено систему оцінних позицій ефективності ІІТ, а також модель процесу оцінювання. Запропоновано ієрархію багатокритеріальної оцінки ефективності. Створено модель аналізу економічної доцільності впровадження ІІТ і можливого ризику. Наведено модель комплексної оцінки ефективності ІІТ, що базується на теорії нечітких множин. Модифіковано середню оцінку β-розподілу. Визначено ступінь ризику за методами нечіткої математики. Запропоновано концептуальний підхід до створення системи комплексної оцінки ІІТ і програмної реалізації інтерфейса та модуля обробки оцінок.

В працях Брагинського О. Л. розглянуто моделі, методи та програмні засоби інформаційно-аналітичного ядра інтелектуальної системи для підтримки прийняття рішень. Запропоновано інтелектуальні методи підтримки актуальності семантичних моделей предметних галузей знань шляхом формування баз об'єктів пошуку й об'єктів уваги, що дозволило підвищити точність аналізу текстів, запитів користувача, релевантність синтезу відповідей на підставі аналізу поточних структурних одиниць змісту розподілених і частково суперечливих даних з урахуванням коефіцієнтів довіри й обмежень діапазонів багатозначних умов. Удосконалено інтелектуальні методи аналізу СІО та даних різного рівня структурованості за елементарними взірцями, а також текстових даних на базі морфологічного аналізу, що значно підвищило швидкість і поліпшило якість обробки даних. На базі розроблених і застосованих семантичних моделей та інтелектуальних методів сформульовано методики і розроблено програмні засоби ядра інтелектуальної системи для

підтримки прийняття рішень для розв'язання задач інформаційного пошуку за синтаксичними правилами, семантичними взірцями й ознаками.

В працях Глибовця А. М. запропоновано методи побудови ефективних розподілених систем інтелектуального типу з використанням агентного підходу. Досліджено розділені інтелектуальні системи (РІС) на базі агентної моделі. Сформульовано основні вимоги до архітектури та реалізації цілісної агентної платформи РІС мобільного крос-платформного типу. Досліджено ступінь використання формальних моделей агентів у існуючих агентно-орієнтованих методологіях. Проаналізовано формальні моделі агентів, їх застосування для проектування агентних систем. Створено методичні фрагменти для розширеної метамоделі OPEN на базі формальних моделей для проектування агентів. Комплексно досліджено концепцію агента як розвиток концепції об'єкта.

В працях Гороховського О. І. розглянуто інтелектуальні системи, теоретичні засади інженерії знань, розпізнавання зорових і мовних образів, побудови експертних систем. Наведено інформацію про елементи теорії штучного інтелекту, принципи формування баз знань, методи розпізнавання мовних сигналів. Розкрито особливості організації та функціонування експертних систем.

Р. Р. Даревич, Д. Г. Досин, В. В. Литвин, Л.С. Мельничок розглядали питання застосування інформаційних технологій для координації наукових досліджень. В їх працях висвітлено питання використання інформаційних технологій для координації наукових досліджень, зокрема, для побудови віртуального робочого місця наукового працівника. Розглянуто концепцію управління ресурсами у науковому менеджменті, засоби автоматизації документообігу та побудови інтелектуальних інформаційних систем. Наведено структурну та функціональну моделі таких систем і можливі варіанти їх реалізації. Описано методи застосування мережевих інформаційних технологій у науковому менеджменті, зокрема, в роботі адміністратора корпоративного

сервера. Розкрито особливості встановлення та налагодження засобів розробки веб-аплікацій Apache, PHP, MySQL.

Литвин, Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник розглянули інтелектуальні системи, базовані на онтологіях. В їх працях висвітлено сучасні підходи до розробки інтелектуальних систем прийняття рішень, що базуються на використанні онтологій предметних областей і онтологій задач. Розглянуто особливості створення систем із застосуванням технологій опрацювання знань на основі онтологій. Описано методи та засоби наповнення баз знань і їх адаптації до розв'язання прикладних задач відповідною інтелектуальною системою. Запропоновано методи побудови інтелектуальних систем з використанням прецедентів, що базуються на онтології предметної області. Розкрито можливості використання систем, побудованих на онтологіях, що розвиваються, для інформаційного та когнітивного супроводу наукових досліджень. Увагу приділено розробці інструментальних засобів, які дозволяють формувати й інтегрувати описи музейних колекцій як бази знань

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень розглянуто в працях Б.М. Герасимова, В. М. Локазюка, О. Г. Оксіюка, О. В. Поморової. Викладено питання проектування, практичного застосування й оцінки ефективності систем підтримки прийняття рішень (СППР). Висвітлено особливості людино-машинних процедур прийняття рішень, математичних моделей їх зображення й опрацювання, прийняття рішень за умов невизначеності. Розглянуто типові задачі та засоби інтелектуального аналізу даних, приклади практичної реалізації інтелектуальних та інформаційно-розрахункових СППР. Наведено критерії та методи оцінки ефективності СППР, зокрема процесу діагностування цифрових і мікропроцесорних пристроїв.

Ковальчук К. Ф. Запропонував оцінку ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій та розглянув питання розробки методичних підходів до багатокритеріальної оцінки ефективності інформаційно-інтелектуальних технологій (ІТ) та їх практичної реалізації на підставі методів економіко-математичного моделювання і комп'ютерних технологій. Їм

показано, що застосування нових підходів до процесу оцінки ІТ надає можливість обґрунтування доцільності впровадження ІТ з урахуванням факторів економічного, технологічного, якісного, ергономічного характеру, що підвищує адекватність ІТ дійсним управлінським процесам і максимально наближує ухвалені рішення до реальних вимог.

Рогоза В. С. розглянув інтелектуальні платформи розподілених інформаційних середовищ. Визначено спільні ознаки та відмінності в парадигмах паралельного та розподіленого програмування. Висвітлено концепцію середнього шару, розглянуто моделі розподілених систем і програмно-апаратних платформ систем паралельних обчислень. Розкрито теоретичні засади технологій виклику віддалених процедур і віддалених об'єктів. Охарактеризовано архітектури екзистенціальних програмних платформ CORBA, DCOM, Java/RMI та платформи компонентного проектування розподілених систем Microsoft.NET. Описано спеціалізовані платформи розгорнення мереж Грід, зокрема такі, як UNICORE, Globus, Legion та Gridbus. Наведено технології побудови адаптивних і гібридних інтелектуальних систем, а також платформ програмних агентів і комбінованих мультиагентних платформ.

В працях Столяревської А. Л. розглянуто інтелектуальні системи. Розглянуто теоретичні, методичні, програмні засоби, що використовуються в різноманітних галузях штучного інтелекту, зокрема, автоматичний доказ теорем, обробка природної мови, логічне програмування, алгоритми пошуку розв'язання у просторі станів, ігри, експертні системи. Технологію програмування задач штучного інтелекту описано за допомогою мов Паскаль, Delphi, JavaScrip. Особливу увагу приділено методиці програмування мовою Пролог. Наведено інформацію про технологію Microsoft Agent – набір програмних сервісів, що підтримують відтворення інтерактивних анімованих персонажів у межах інтерфейсу Microsoft Windows. Розкрито особливості побудови та застосування нейронних мереж, висвітлено перспективи нейротехнології.

Універсальна модель процесу функціонування інформаційного об'єкта в інтелектуальній системі управління розглянута в роботах О. В. Барабаша, С. В. Лєнкова. Описано розроблену на базі моделі кінцевого автомата універсальну модель інформаційного об'єкта, який може функціонувати в неоднорідному інформаційному середовищі.

В дисертаційній роботі автором визначені мета роботи і завдання досліджень, - підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин.

Для досягнення мети в роботі вирішено наступні наукові завдання.

Проведено аналіз існуючих математичних моделей систем управління телекомунікаційними мережами, управління потоками інформації.

Досліджено можливість та доцільність застосування інтелектуального управління мереж електрозв'язку.

Обґрунтована доцільність застосування теорії нейронних мереж для аналізу задач управління телекомунікаційними системами.

Розроблено теоретичні положення застосування теорії нейронних мереж для вирішення задач управління телекомунікаційними системами.

Розроблено математичну модель стану мережевого елемента.

Розроблено методи прийняття рішення про стан мережевого елемента і прогнозування його стану залежно від мережевих обставин.

Розроблено метод управління мережею зв'язку в частині врахування стану оператора телекомунікаційної системи.

Запропоновано методику побудови нейромережевого регулятора й управління нестаціонарним об'єктом з комбінованим використанням нейромережевих і статистичних підходів.

Розроблено модель управління канальним ресурсом на основі прямих нечітких продукційних правил виведення; розроблено алгоритм маршрутизації для моделі «Менеджер – Агент» в умовах неповної інформації про стан мережі.

Розроблено модель ієрархічного управління телекомунікаційною мережею з використанням теорії нечітких множин.

Усі вище визначені чинники визначають аргументування та критичне оцінювання запропонованих автором нових рішень порівняно з відомими підходами.

Практична значимість та важливість для галузі полягає в створенні теоретико-прикладних основ аналізу та проектування елементів розподілених систем управління різного призначення в умовах неповноти інформації і включає наступне.

Зроблений аналіз існуючих математичних моделей систем управління телекомунікаційними мережами, управління потоками інформації дозволив зробити висновок про недостатню пристосованість їх для опису процесів управління й моніторингу в умовах неповної інформації.

Розроблені теоретичні положення застосування інтелектуального управління мереж електрозв'язку дозволили обґрунтувати можливість застосування теорії нейронних мереж для вирішення задач управління телекомунікаційними системами та розробити модель стану пристрою мережі і на її основі удосконалити метод нечіткого прогнозування станів пристрою мережі на основі нечіткого узагальненого параметру, що є розширенням функціональних можливостей підсистем прогнозування розподілених систем управління і моніторингу станів об'єктів управління телекомунікацій мережі.

Запропонований метод прогнозування дозволяє в залежності від повноти поточної інформації, також використовувати досвід експертів і отримати прийнятний результат при коефіцієнті конкордації оцінок від 0.2. Розроблений метод управління мережею зв'язку в частині врахування стану оператора телекомунікаційних систем враховує інтервали норм психофізіологічних параметрів, в залежності від режиму функціонування і повноти інформації про стан системи в цілому і дає змогу здійснювати оцінку станів багатовимірних об'єктів з лінгвістичними змінними.

Розроблено методику побудови нейромережевого регулятора і управління нестаціонарним об'єктом в якому запропоновано комбіноване

використання нейромережевих і статистичних підходів, коли статистична компонента забезпечує виявлення значимої зміни характеристики об'єкта і запуск механізму донавчання. Запропонований підхід дає змогу зменшити час реагування на зміни об'єкта керування на 12% та при прийнятній затримці, до 200 мс, в часі реагування, на 17% швидше знижує середньоквадратичну помилку керування у порівнянні з традиційними методами; розроблено модель управління канальним ресурсом на основі прямих нечітких продукційних правил виведення. Запропоновані технічні рішення дозволяють отримати перевагу у швидкості прийняття рішення про необхідний канальний ресурс у порівнянні з існуючими моделями в 3.26 рази. При цьому розроблений алгоритм маршрутизації для моделі «Менеджер-Агент», який дозволяє, на відміну від існуючих підходів, без визначення повної статистики про стан елементів мережі та при інтенсивних мережевих навантаженнях, адекватно формувати матрицю маршрутів в мінливій мережевій обстановці. Обґрунтовано модель ієрархічного управління телекомунікаційною мережею з використанням теорії нечітких множин, на відміну від існуючих, є відкритою для можливих агрегуючих операторів рівнів управління в умовах неповної інформації їх стан та у разі дії заважаючих чинників.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи реалізовані в рамках виконання науково-дослідної роботи (НДР) «Елементи фотонних мереж зв'язку» (ДР № 0115U004265) та в рамках НДР «Дослідження ефективності передачі інформації в системі управління інфокомунікаційною мережею» (ДР № 0114U000397). Впровадження результатів дослідження підтверджуються відповідними актами, наведеними в додатку до дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

У ***вступі*** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень,

визначено об'єкт, предмет, розкрито зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, визначено особистий внесок автора, наведено дані про апробацію та практичне впровадження, публікації та структуру роботи.

У ***першому*** розділі на основі опрацьованих літературних джерел проведено аналіз питання управління телекомунікаційними мережами зв'язку та визначено основні завдання, які необхідно вирішити для розроблення методології підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин. Розглянуто загальні принципи, завдання та архітектура системи управління, в основі яких лежить концепція TMN (Telecommunications Management Network). Показано взаємозв'язок між TMN і мережею зв'язку. Розглянуто математичні моделі ієрархічної системи TMN на основі моделей мереж масового обслуговування, які дозволяють досліджувати критерії ефективності глобального управління через пропускну здатність мережі передачі даних і середній час доставки пакетів адресату.

Враховуючи сучасний стан об'єкту та предмету дослідження, автором зроблено висновок, що актуальним питанням і науковою проблемою дослідження є розробка методології підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин, що є перспективним, важливим і економічно обґрунтованим напрямом розвитку науки і техніки на сучасному етапі. Вирішення зазначених питань є суттю подальшого проведення досліджень, що визначають мету та задачі які вирішуються в дисертаційній роботі.

У ***другому*** розділі розробляється модель прийняття рішень та прогнозування станів пристроїв мережі та метод управління мережею зв'язку в частині врахування стану оператора телекомунікаційної системи.

В розділі розроблено моделі та методи прийняття рішення про стан пристрою мережі, прогнозування стану об'єкту управління, визначення узагальненого показника функціонального стану людини-оператора

дозволяють оперувати різнорідними нечіткими і інтервальними інформативними параметрами в різних режимах функціонування телекомунікаційної системи. Все це спрямовано на підвищення якості управління та моніторингу станів мереж зв'язку.

Третій розділ присвячений розробці методики побудови нейромережевих регуляторів і їх застосування в задачах автоматичного керування елементами телекомунікаційних мереж. Подібно традиційним регуляторам, нейромережеві регулятори можуть підключатися як по збуренню, так і по відхиленню. Пропонується здійснювати налаштування алгоритму кумулятивних сум шляхом вибору виходячи з деякого компромісу між значеннями середнього часу запізнення та середнього часу між помилковими тривогами. З метою більш точної діагностики розладнання запропоновано перевіряти її наявність шляхом повторного запуску алгоритму кумулятивних сум. Розроблена в розділі методика побудови нейромережевого регулятору і управління нестаціонарним об'єктом з адаптацією по виявленню розладнання дозволяє підвищити керованість та прогнозування станів об'єктів управління телекомунікаційної мережі.

У ***четвертому*** розділі вирішуються задачі пов'язані з процесами пакетної передачі даних в умовах динамічної мережевої топології. Визначається, що адекватних моделей, які здатні точно описати стан бездротової самоорганізуючої мережі, на даний час, не існує, а застосування наближених моделей в процесі вибору значень параметрів пакетної передачі не дає прийнятних результатів. Вибір значень параметрів пакетної передачі даних в бездротової самоорганізуючої мережі відбувається в умовах наявності неповної, розмитої, неточної інформації про стан елементів цієї мережі в поточний час та у майбутньому. Тому запропоновано використовувати апарат нейронечітких систем.

У ***п'ятому*** розділі вирішується задача побудови моделей і алгоритмів управління та прогнозування на основі теорії нечітких множин з врахуванням «інтелектуальності» пристрою мережі. У відповідності з рекомендаціями

Міжнародного союзу з електрозв'язку управління телекомунікаційних мереж будується за чотирирівневою схемою: рівень управління елементами мережі; рівень управління мережею; рівень управління послугами; рівень управління бізнесом. Запропонований метод вибору маршруту для передачі пакету даних дозволить адекватно реагувати на заповнення матриці маршрутів в постійно мінливій мережевій обстановці без визначення повної статистики про стан вузлів комутації і трактів мережі. Особливо це може проявитися при виникненні інтенсивних мережевих навантажень і заважаючих чинників різної природи походження

В роботі розроблено моделі, методи, методики і алгоритми аналізу та управління процесом прийняття рішення про стан елементів телекомунікаційної мережі, що дозволяє підвищити показники якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату 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 наповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретними науковими завданнями, сформульованими у вступі. В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях. Наукова новизна безсумнівна та достатня для

докторської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано з необхідною повнотою після захисту кандидатської дисертації в 25 наукових працях, з низ 8 входять до міжнародних наукометричних баз, 15 публікацій у матеріалах доповідей науково-технічних конференцій у період 2008-2018 р.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і дає повне уявлення про отримані результати дослідження та їх наукову новизну та практичну значимість.

Відмічаю в цілому науково-коректний стиль викладення матеріалів дисертації. Назва роботи відповідає змісту і відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Недоліки

У якості недоліків у роботі потрібно відмітити наступне.

1. У якості мети досліджень автором визначено підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин. Згідно з рекомендаціями ITU M.3010, а також специфікаціями ISO 74984 та ITU X.700, можна визначити такі функціональні області управління, у рамках яких можуть розв'язуватись задачі мережного управління: – управління усуненням несправностей (Fault Management); – аналіз продуктивності та управління робочими характеристиками (Performance Management); – управління конфігурацією (Configuration Management); – управління ресурсами (Resource Administration); – управління безпекою (Security Management). У відповідності з рекомендаціями міжнародної спілки по електрозв'язку, управління телекомунікаційних мереж будується за чотирирівневою схемою: рівень управління елементами мережі; рівень управління мережею; рівень управління послугами; рівень управління бізнесом. Таким чином, завдання підвищення показників якості управління та моніторингу стану телекомунікаційної мережі

може розглядатися або як задача векторної оптимізації та знаходження Парето-оптимальних рішень, або як задача скалярної згортки з відповідними коефіцієнтами. Однак математичної формалізації цього в роботі не зроблено, а надана «формальна постановка наукового завдання у вигляді рішення двокритеріальної задачі» (управління та моніторинг) потребує обґрунтування.

2. При розгляді «1.9. Моделі управління на основі нейронної мережі» автор стверджує, що з (1.4) – (1.7) випливає, що моделі ідентифікації об'єктів управління в загальному випадку повинні складатися з нейромережевих моделей і ліній затримки (стор. 5) – це припущення потребує додаткового обґрунтування.

3. В роботі обґрунтовано, що найбільш ефективним кількісним методом прогнозування представляється використання штучних нейромереж з радіально базісними функціями (стор.68). Чому? В роботі при розгляді питання оцінювання ефективності функціонування телекомунікаційної мережі при управлінні нею на основі нейромережі робиться висновок, що таку ефективність доцільно оцінювати з точки зору процесу застосування і навчання нейромережевих засобів (стор. 69). Чому саме так?

4. При розгдяді методу визначення стану об'єкту управління (стор.91) розглянуто приклад при заданих розрядності елементарних станів і системи (Рис. 1.1) і відповідно потужності множини. Бажано було обґрунтувати, як початкові дані, так й оцінити вплив можливих змін початкових даних на отриманий кінцевий результат (властивость робастності). На стор. 153 автор стверджує, що «Класичний метод ідентифікації лінійних систем управління ґрунтується на якісному визначенні структури об'єкту по перехідній характеристиці і на частотному аналізі, що застосовується для уточнення параметрів об'єкту. Даний підхід не піддається автоматизації, і ґрунтується тільки на експертних знаннях» не є безперечним, відомі різні підходи у задачах автоматичної ідентифікації складних систем управління.

5. В другому розділі розроблено моделі та методи прийняття рішення про стан (порушення, пошкодження, дефект) пристрою мережі як об'єкту управління на основі метричної відстані, мір включення, нечіткої міри перетину, апостеріорної нечіткої ймовірності, на основі нечіткого інтегралу. Цю процедуру виконано математично коректно та обґрунтовано. Однак порівняного аналізу запропонованих методів не зроблено. Також у другому розділі розроблено метод управління мережею зв'язку в частині врахування стану оператора телекомунікаційних систем. Даний метод враховує інтервали норм психофізіологічних параметрів, в залежності від режиму функціонування і повноти інформації про стан системи в цілому і дозволяє здійснювати оцінку станів багатовимірних об'єктів з лінгвістичними змінними. При цьому основу прийняття рішення про вибір типу нейронної мережі покладено відповідні міркування, але обґрунтування цього не зроблено.

6. Пріоритет практичних рішень бажано було підтвердити авторськими свідоцтвами на винаходи, або патентами на винахід (корисну модель). Це пов'язано з тим, що з точки зору управління, для досягнення правильного функціонування мережі необхідно знати своєчасно точний її стан і своєчасно усувати передвідмовні і відмовні стани, з метою мінімальної втрати якості послуг і максимуму утримання обсягу обслуговування послуг. На стор. 160 стверджено, що в роботі запропоновано синтезуючий нейромережевий оптимальний регулятором (НОР), маючи на увазі оптимальність за помилкою управління, а не по структурі нейромережі. Но це питання астатизму (мінімізіції помилки в сталому режимі). Питання ступеня астатизму не розглянуто, як й інши критерії оптимальності, наприклад, фінітне управління, термінальне тощо. При проведенні експерименту (стор.170) обрано об'єкт управління (об'єкт першого порядку – аперіодична ланка), керуючий вплив – нормально розподілений білий шум (0;1);. Виникає питання це нормальний стохастичний процес, або білий шум?

7. В роботі присутні окремі стилістичні помилки. Наприклад.

Так не зовсім коректно визначена «математична модель виконання послуг», практично це взаємодія моделей $СМО_1$ та $СМО_2$ (стор. 50). Порушена нумерація формул: у 5 розділу після виразу (5.50) наведено (7.11, 7.12, 7.17 стор 281).

В загальному вигляді система нечіткого висновку має вигляд наведений на рис. 1.30. (стор. 80) — Це відомий теоретичний матеріал.

Має місце фразеологія не науково загальновизнана, наприклад: стор. 154 «найбільш відповідний метод оцінки якобіана»; стор.157 - «Але алгоритм навчання є дуже важким в обчислювальному відношенні процедурою і вимагає багато пам'яті для збереження повного стану мережі»; стор.173 «багато в чому залежить від властивостей самого об'єкту»; стор. 175 «надійність по амплітуді». На стор.187 рис. 3.19 представлена залежність тривалості навчання в дискретах часу від довжини епохи. Вважаю що поняття «епохи», як часового аргументу можливо, однак для реальних телекомунікаційних мереж потребує конкретизації, уточнення.

Має місце висновок, який при сучасному рівні обчислювальної техніки, не досить актуальні: Стор. 215 Застосовування необґрунтовано високого числа навчальних циклів призводить до нераціонального використання обчислювальних ресурсів при проектуванні нейронечітких систем та при їх переналаштуванні в процесі експлуатації.

Вказані недоліки не знижують науковий рівень дисертації «Методологія підвищення показників якості управління та моніторингу станів телекомунікаційних мереж з використанням теорії нечітких множин», та, на мою думку, не впливають на позитивне враження від дисертації, як кваліфікаційну роботу, в цілому, завершеність якої не викликає сумніву. Робота містить висунуті автором науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, наукові положення, особистий внесок здобувача в науку.

Висновок.

Вивчення дисертаційної роботи, автореферату та опублікованих здобувачем наукових праць дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота виконана на актуальну тему, представляє собою логічно завершене наукове дослідження, що містить нові обґрунтовані наукові результати, які в сукупності є вирішенням сформульованої вище науково-технічної проблеми, та відповідає вимогам п. 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів» до докторських дисертацій, а здобувач ***Мельник Юрій Віталійович*** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
проректор з наукової роботи
доктор технічних наук, професор,
Заслужений діяч науки і техніки України **О.А. Машков**

11 вересня 2018 р.