

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

КАЛЬЧЕНКО АНАСТАСІЯ СЕРГІЇВНА



УДК 621.391:681.5

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СЕРВІСІВ
В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій, Навчально-науковому інституті холоду, кріотехнологій та екоенергетики імені Мартиновського В.С. Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Князєва Ніна Олексіївна,
Одеська національна академія
харчових технологій,
професор кафедри
комп'ютерної інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент,
Рассомахін Сергій Геннадійович,
Харківський національний університет імені
В. Н. Каразіна, завідувач кафедри безпеки інформаційних
систем і технологій;

кандидат технічних наук, доцент,
Жученко Олександр Сергійович,
Український державний університет залізничного
транспорту, доцент кафедри транспортного зв'язку.

Захист відбудеться « 28 » жовтня 2016 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українському державному університеті залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий « 27 » вересня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



К.А. Трубчанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімкий розвиток і поширення інфокомунікаційних технологій набуває сьогодні характер глобальної інформаційної революції. У користувачів з'явилася потреба в сервісах зв'язку, які можна було б гнучко налаштувати. Мережі наступного покоління (Next Generation Networks, NGN) – сучасний етап розвитку телекомунікаційних мереж (ТКМ) – являють собою єдину транспортну платформу, на базі якої об'єднуються різні види сервісів. Одним з основних аспектів, який повинен братися до уваги при проектуванні NGN, є забезпечення відповідної якості обслуговування. З впровадженням мультисервісних мереж переважаючим стає підхід до завдання рівня обслуговування на підставі вимог самих користувачів до якості сервісів, що потребує вдосконалення методів управління якістю сервісів в ТКМ.

Аналіз робіт вітчизняних і зарубіжних учених щодо управління якістю сервісів в ТКМ свідчить про необхідність удосконалення методів управління якістю сервісів. Серед зарубіжних і вітчизняних авторів, які вирішували окремі завдання в цій галузі, можна відзначити наступних: Гольдштейн Б., Гольдштейн О., Тихвинський В., Вегешна Ш., Приходько С.І., Рассомахін С.Г., Соколов М., Атцик О., Князева Н., Стеклов В., Макаров В., Фергюсон П., Хастон Р., Росляков А., Острох С., Єфремов О., Dogman A., Ibarolla E., Saatchi R., Jaber M., Combaz J., Strus L., Fernandez J., Golmohammadi A., Jahandideh B., Larijani H. та інші.

Слід відмітити, що в роботах по управлінню якістю телекомунікаційних сервісів (ТКС) переважно приділяється увага технічним показникам якості сервісів, в той час як на сьогоднішній день актуальною є розробка ефективних методів урахування думки користувача при управлінні якістю сервісів. Існуючі суб'єктивні методи оцінки якості ТКС, такі як MOS / R-фактор, враховують якість переданої медіа-інформації на підставі експертних оцінок, але не забезпечують повну оцінку якості сервісу користувачем. Рекомендації ITU-T описують різні точки зору на якість сервісу, проте не надають конкретних методів оцінки і управління якістю ТКС з урахуванням думки користувача.

Саме невирішеність задачі всесторонньої оцінки якості сервісів в ТКМ наступного покоління визначили мету, загальну науково-технічну задачу дисертації, частинні задачі досліджень і зміст даної дисертаційної роботи.

Науково-технічна задача дисертації – розробка і вдосконалення методів управління якістю сервісів в телекомунікаційних мережах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі проводились згідно з такими нормативними актами:

1. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р., №75/98-ВР (із змінами, внесеними згідно із Законом N406-VII(406-18) від 04.07.2013).

2. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р., N 316-р (із змінами, внесеними згідно з Розпорядженням КМ N 1612-р (1612-2008-р) від 27.12.2008).

3. Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем та технологій».

4. Постанова про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних сервісів від 11 квітня 2012 р. № 295 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 251 від 29.04.2015).

5. Стратегія сталого розвитку "Україна – 2020", схвалена Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015.

6. Тема дисертаційної роботи пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, наведеними в «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року», затвердженому Постановою Кабінету міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 р. (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 556 від 23 серпня 2016 р.).

Дослідження, результати яких викладені в дисертації, проводились згідно з державними планами НДР, які виконуються на кафедрі комп'ютерної інженерії Одеської національної академії харчових технологій:

– «Принципи створення інтелектуальної надбудови в мережах наступного покоління» (Одеська національна академія харчових технологій, ДР № 0115U000286 МК 15-05, 2015 р.);

– «Підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних мереж» (Одеська національна академія харчових технологій, ДР № 0115U004197 МК 15-07, 2015 р.);

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в дослідженні та удосконаленні методів урахування думки користувача при управлінні якістю ТКС.

Мета та задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості сервісів в ТКМ з урахуванням думки користувача.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити сформульовану в роботі загальну науково-технічну задачу дисертації. У свою чергу, для вирішення загальної науково-технічної задачі дисертації необхідно вирішити наступні частинні наукові задачі досліджень:

1. Дослідити принципи побудови NGN та проаналізувати існуючі методи управління якістю сервісів в NGN.

2. Дослідити існуючі методи врахування думок користувачів відносно якості сервісів.

3. Розробити метод оцінки ступеня задоволеності користувача якістю ТКС.

4. Удосконалити метод управління якістю сервісів в ТКМ, який дозволяє враховувати думку користувачів.

5. Удосконалити метод управління якістю сервісів для MPLS з урахуванням думок користувачів.

6. Удосконалити метод формування загальної оцінки якості сервісів з урахуванням думки користувача для мереж з розподіленим принципом управління.

7. Розробити імітаційні моделі методів управління якістю сервісів в ТКМ.

Об'єкт досліджень – процес управління якістю сервісів в ТКМ.

Предмет досліджень – принципи, методи і моделі, що використовуються для управління якістю сервісів в ТКМ з урахуванням думки користувача.

Методи досліджень. Під час вирішення частинних задач дисертації використовувались методи системного підходу, методи нечіткої логіки та нейронних

мереж, методи алгоритмічного моделювання, методи дослідження операцій, якісні методи системного аналізу, методи імітаційного моделювання та аналізу. Так, при розробці методу оцінки ступеня задоволеності користувача якістю ТКС використовувались методи системного підходу, методи нейронних мереж і нечіткої логіки. При удосконаленні методів управління якістю сервісів в ТКМ і в MPLS використовувались методи алгоритмічного моделювання та елементи методів дослідження операцій. При удосконаленні методу формування загальної оцінки якості сервісів з урахуванням думки користувачів в мережах з розподіленим принципом управління використовувались якісні методи системного аналізу. При розробці імітаційних моделей методів управління якістю сервісів використовувались елементи імітаційного моделювання та аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. **Уперше розроблено** метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю телекомунікаційних сервісів, який на підставі використання ієрархічної нейронечіткої мережі дозволяє отримати всесторонню оцінку якості сервісів, а також виконати моделювання реакції користувача на зміни значень показників якості.

2. **Удосконалено** метод управління якістю сервісів в телекомунікаційних мережах, який, на відміну від відомих, на основі використання функції відповідності якості сервісів еталонному значенню та врахування співвідношення ефекту від покращення якості сервісів до необхідних для цього витрат, дозволяє підтримувати якість сервісів на рівні, який задовільняє користувачів.

3. **Удосконалено** метод формування загальної оцінки якості сервісів для мереж з розподіленим принципом управління за рахунок введення вагових коефіцієнтів для сегментів мережі, який, на відміну від відомих, дозволяє враховувати думку користувачів.

4. **Удосконалено** метод управління якістю сервісів в MPLS, який, на відміну від відомих, дозволяє налаштовувати значення показників якості у межах допустимих класів обслуговування, а також прогнозувати необхідний розвиток мережі.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в наступному.

1. Застосування удосконаленого методу управління якістю телекомунікаційних сервісів дозволить операторам телекомунікацій підвищити значення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів на приблизно 6%.

2. Застосування операторами телекомунікацій удосконаленого методу управління якістю сервісів в MPLS навіть при впливі лише на 2 показники якості з 22, дозволить підвищити значення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів більше ніж на 3%.

3. Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в науково-дослідній роботі Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій.

4. Ряд положень дисертаційної роботи використані у науково-технічній діяльності Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення» (ДП УНДІРТ), зокрема при проведенні НДР «Проведення досліджень, спрямованих на забезпечення застосування Технічного регламенту щодо

радіообладнання і телекомунікаційного кінцевого (термінального) обладнання» (№ДР 0113U005476).

5. У середовищі MATLAB розроблено імітаційні моделі методів управління якістю сервісів в ТКМ.

Результати наукових досліджень впроваджено в науково-дослідній та навчальній роботі Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, у проектній роботі Державного підприємства ДП УНДІРТ, що є головним галузевим інститутом, який відповідає за науково-технічне забезпечення галузі та координує проведення системних досліджень науково-дослідних організацій та підприємств Держспецзв'язку та захисту інформації України, що підтверджується відповідними актами впровадження.

Особистий вклад автора полягає в розробці та вдосконаленні методів управління якістю сервісів в ТКМ. Отримані наукові результати забезпечують вирішення поставлених у дисертації частинних задач досліджень. Усі основні наукові та практичні результати дисертації отримані особисто автором. Роботи [1-5, 8, 10-13, 15-17] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: обґрунтування важливості врахування думки користувача при оцінюванні якості ТКС [6], удосконалення методу оцінки якості за рахунок використання методів нечіткої логіки [7], удосконалення системи забезпечення якості сервісів в ТКМ за рахунок введення ієрархічної нечіткої системи [9], удосконалення методу управління якістю сервісів шляхом корекції показників якості з урахуванням обмежень ресурсів мережі [14].

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень дисертації доповідалися, обговорювалися та були схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях: XII, XV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених, аспірантів та студентів “Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій” (м. Одеса, Україна, 2012 р., 2015 р. відповідно); студентська науково-технічна конференція «Actual problems in professional sphere» (м. Одеса, Україна, 2012 р.); XI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Математичне моделювання та інформаційні технології» (м. Одеса, Україна, 2012 р.); 17-й Міжнародний молодежний форум «Перспективи розвитку телекомунікаційних і інформаційно-вимірних технологій» (м. Харків, Україна, 2013 р.); 73, 75 наукова конференція «Науково-педагогічного складу академії» Одеської національної академії харчових технологій «Всеукраїнська науково-технічна конференція «Математичне моделювання та інформаційні технології» (м. Одеса, Україна, 2013 р., 2015 р. відповідно); XVI-th Joint International Scientific Events on Informatics Dedicated to XX-th anniversary of IJ ITA «ITA 2013» (м. Варна, Болгарія, 2013 р.); International Scientific Event «Natural, Mathematical and Technical science NaMaTech-2013, NaMaTech-2015» (м. Будапешт, Угорщина, 2013 р., 2015 р. відповідно); VII Міжнародна школа-семінар «Теорія прийняття рішень ТПР-14» (м. Ужгород, Україна, 2014 р.); XII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Математичне моделювання та інформаційні технології» (м. Одеса, Україна, 2014 р.); П'ята міжнародна наукова конференція студентів та молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2015» (м. Одеса, Україна, 2015 р.); Третя міжнародна

науково-практична конференція "Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) ComInt-2015" (м. Черкаси, Україна, 2015 р.); XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії», TCSET'2016 (смт.Славське, Україна, 2016 р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 17 друкованих роботах: 7 статей у Міжнародних науково-теоретичних журналах, з яких 3 статті у зарубіжних журналах «Science and Education a new Dimension, Natural and Technical Science» [1, 2] та «Information Models and Analyses»[3], 3 статті у фахових журналах [4, 5, 6], 1 стаття у збірнику наукових праць [7], 10 тез доповідей у збірниках науково-технічних конференцій [8-17].

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та 6 додатків. Повний обсяг дисертації складає 186 сторінок, у тому числі: 148 сторінок основного тексту, бібліографія із 163 найменувань на 16 сторінках, 6 додатків на 22 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи містить: сутність і стан наукової задачі, обґрунтування актуальності теми дисертації, визначення мети і завдання дослідження, формулювання об'єкту, предмету і методів дослідження, визначення основних елементів наукової новизни особисто одержаних автором результатів, зазначення зв'язку роботи з науковими планами, темами, дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових і практичних результатів дисертації.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану питань оцінки та управління якістю сервісів в ТКМ з урахуванням думки користувача. Показано, що існуючі методи управління якістю сервісів здебільшого приділяють увагу технічним характеристикам роботи мережі, в той час як на сьогоднішній день якість сервісу визначається як сукупність характеристик ТКС, що відносяться до здатності задовольнити встановлені і передбачувані потреби користувача щодо сервісів.

На основі проведеного дослідження питань забезпечення якості сервісів виявлено основні задачі, що пов'язані з оцінкою якості сервісів з урахуванням думки користувача, підтримкою та управлінням якістю сервісів в NGN на відповідному рівні. Визначено, що існуючі методи оцінки якості ТКС не забезпечують усесторонню оцінку якості сервісів з урахуванням точки зору користувача. Показана необхідність удосконалення існуючих та розробки нових методів управління якістю сервісів, які мають урахувувати та передбачувати судження користувачів щодо якості надаваних сервісів.

У другому розділі розроблено метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю ТКС. На основі поставлених наукових задач, а також на підставі рекомендацій МСЕ-Т, запропоновано метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів, який урахує як особливості архітектури NGN, а саме поділ між транспортним рівнем і рівнем сервісів, так і думку користувачів щодо якості сервісів.

Для забезпечення рівня якості сервісів, за якого користувачі задоволені, необхідно відстежувати ступінь задоволеності користувачів якістю сервісів в

залежності від зміни стану мережі. Для цього запропоновано використовувати методи нечіткої логіки, тому що нечітка логіка більш природно відображає характер людського мислення, ніж традиційні формально-логічні системи. Процедура оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю ТКС представлена на рис. 1.

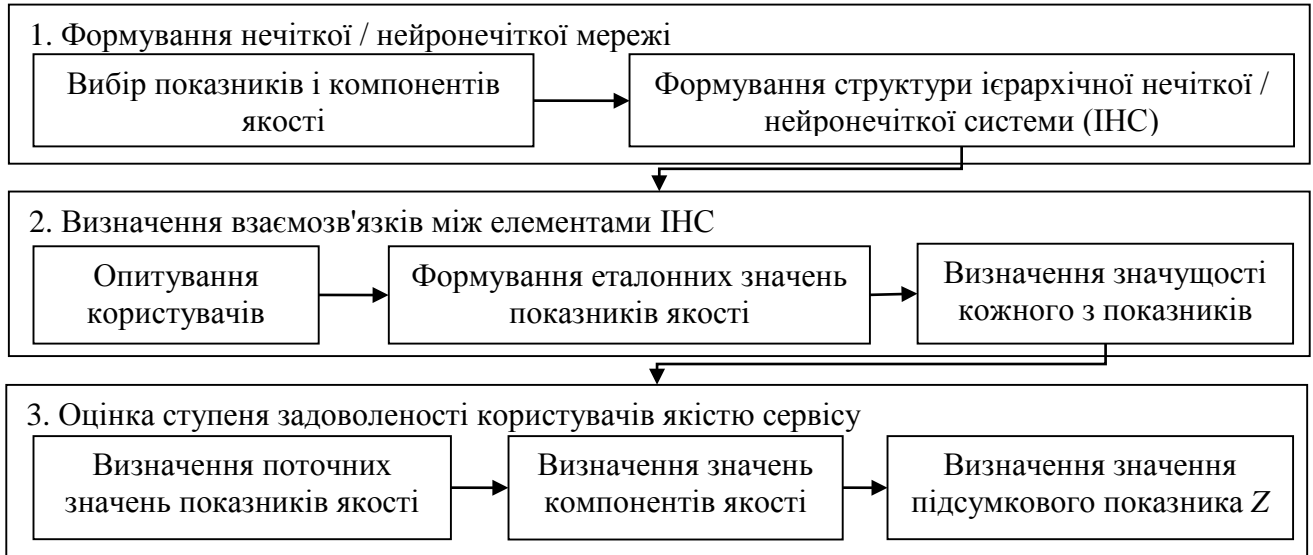


Рис. 1. Процедура оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю ТКС

Загальна якість сервісів (що сприймається користувачем) є поєднанням різних компонентів, які працюють незалежно один від одного: за транспорт, забезпечення, контент і кінцеве обладнання можуть нести відповідальність різні сторони. У свою чергу, значення кожного з компонентів залежить від множини показників, тому систему оцінки якості сервісів вирішено реалізувати як ієрархічну систему (рис. 2).

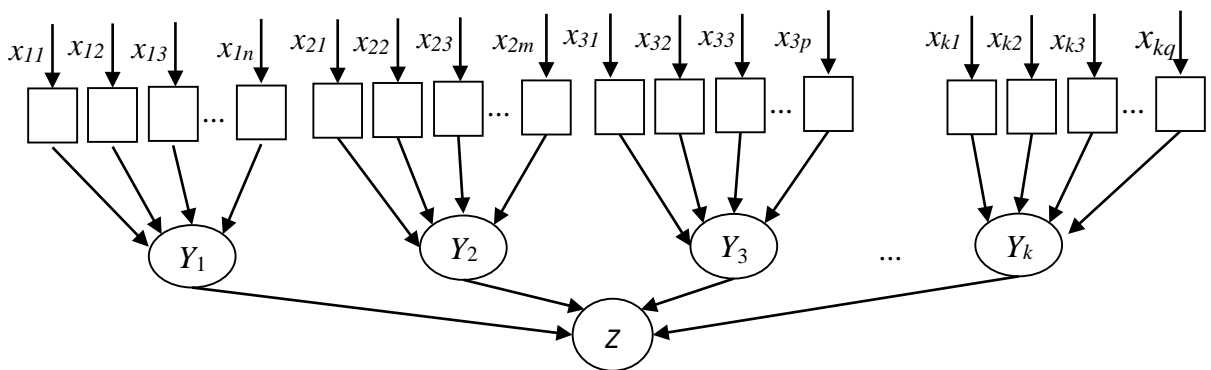


Рис. 2. Ієрархічна структура системи оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів

В ієрархічних системах вихід однієї бази знань подається на вхід іншої бази знань. На першому рівні ієрархії визначається значення, яке досяг кожен з компонентів якості сервісу (Y_1, Y_2, \dots, Y_k) в залежності від показників якості ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{kq}$). На другому рівні ієрархії визначається підсумковий показник Z – ступінь задоволеності користувачів сервісом. Чим більше значення Z , тим вище якість отриманих сервісів з точки зору користувачів. При цьому враховується значимість,

«вага» кожного з показників і компонентів якості. «Вагу» показників запропоновано виражати в бальній системі на основі експертних оцінок та оцінок користувачів.

Введемо наступні позначення: x_{ij} – показники, що впливають на компонент якості Y_i ; w_{ij} – значимість, «вага» показників x_{ij} ; w_i – значимість, «вага» компонентів Y_i ; k – кількість компонентів якості; $q(i)$ – кількість показників, що впливають на компонент якості Y_i . Тоді ступінь задоволеності користувачів визначається так:

$$Z=F(Y) \quad (1)$$

$$Y=f\{Y_i, w_i\}, i=\overline{1, k} \quad (2)$$

$$Y_i = \varphi(x_{ij}, w_{ij}), j=\overline{1, q(i)}. \quad (3)$$

Реалізація системи виконана для мультимедійних сервісів. При цьому були враховані рекомендації МСЕ-Т Е.802, згідно з якими для оцінки якості мультимедійних сервісів застосовна модель чотирьох ринків. Отримана оцінка QoS на прикладі сервісу «онлайн-відтворення і скачування музики». На рис. 3 визначені імена лінгвістичних змінних системи нечіткого логічного виводу – компонентів і показників якості сервісу відповідно до моделі чотирьох ринків.



Рис. 3. Змінні системи нечіткого логічного виводу – показники і компоненти якості сервісу «онлайн-відтворення і скачування музики»

Запропоновано об'єднання концепцій нечіткої логіки і нейронних мереж, що дає можливість гібридній системі закладати в інформаційне поле нейронних мереж апріорний досвід експертів в сфері телекомунікацій, використовувати нечітке уявлення інформації, витягати знання з вхідного потоку показників якості сервісів, а також проводити моделювання користувальницького відгуку на зміну значень показників якості без проведення додаткових опитувань. Структура нейро-нечіткої мережі приведена на рис. 4.

Розглянемо призначення шарів нейронечіткої мережі.

Шар 1 визначає нечіткі терми вхідних змінних. Виходи вузлів цього шару являють собою значення функцій належності (ФН) при конкретних значеннях входів. Кожен вузол шару являється адаптивним з ФН $\mu_{A_i}(x)$, де x – вхід i -го вузла, $i = 1, \dots, n$; A_i – лінгвістична нечітка змінна, асоційована з даним вузлом.

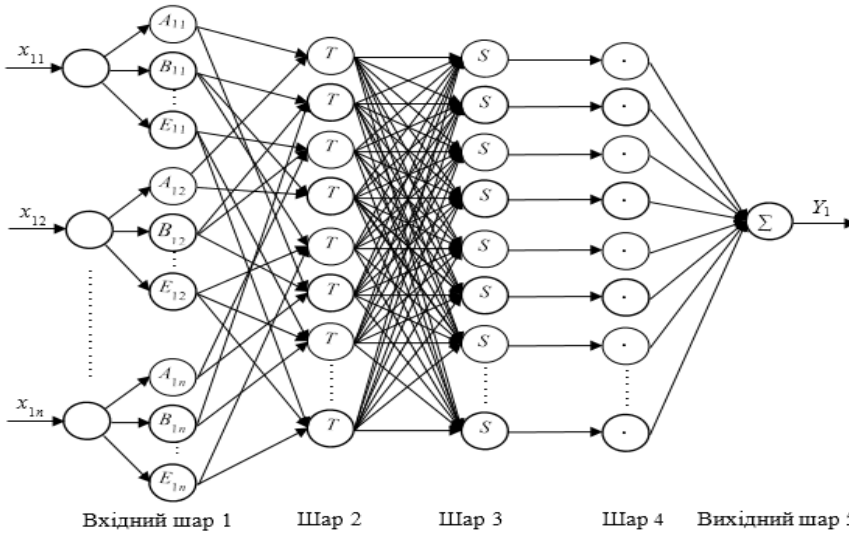


Рис. 4. Структура нейронечіткої мережі

$$w_j = \min[\mu_{EZ_j}(EZ), \mu_{EF_j}(EF)], j = 1, \dots, m - 1;$$

$$w_m = 1 - \mu_{EF(m-1)}(EF). \quad (4)$$

Шар 3. Здійснює нормалізацію ступенів виконання правил. Неадаптивні вузли цього шару розраховують відносну ступінь (вагу) виконання нечіткого правила.

Шар 4. Нечітке число v_{kj} , що задає висновок кожного j -го правила, розглядається як нечітка множина з сингלטонною ФН. Адаптивні вузли четвертого шару розраховують внесок кожного нечіткого правила в вихід мережі за формулою:

$$y_j = \bar{w}_j v_{kj}, j=1, \dots, m. \quad (5)$$

Шар 5. Неадаптивний вузол цього шару підсумовує вклади всіх правил.

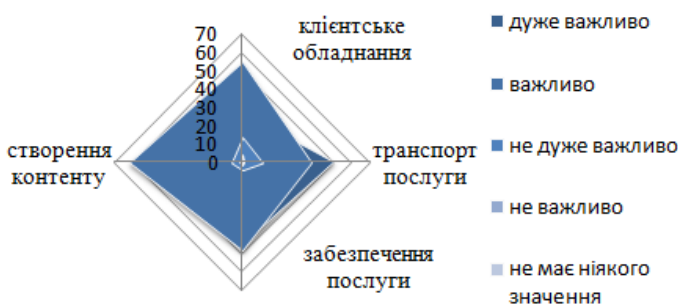


Рис. 5. Результати опитування користувачів

Для формування ФН було проведено опитування користувачів щодо важливості компонентів і показників якості сервісу «он-лайн відтворення і скачування музики» (рис.5). Для проведення опитування автором був визначений потрібний обсяг вибірки – 300 осіб, що забезпечує точність результатів з величиною допустимої помилки не більше 5%.

В результаті були сформовані вагові коефіцієнти для показників якості сервісів, що наведені в табл. 1. Крім того, були визначені ФН для показників і компонентів якості. Наведений метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів дозволяє визначити компоненти і показники якості, які в найбільшій мірі впливають на сприйняття якості сервісів користувачем.

Вагові коефіцієнти

x_{ij}	w_{ij}	$x_{ij\text{ет}}$, бал	x_{ij}	w_{ij}	$x_{ij\text{ет}}$, бал
x_{11}	0,21	4,2	x_{31}	0,21	4,2
x_{12}	0,21	4,5	x_{32}	0,21	4,0
x_{13}	0,19	4,3	x_{33}	0,2	4,1
x_{14}	0,21	4,0	x_{34}	0,18	3,9
x_{15}	0,18	3,8	x_{35}	0,20	4,2
x_{21}	0,20	4,0	x_{41}	0,23	4,2
x_{22}	0,30	3,9	x_{42}	0,27	4,3
x_{23}	0,10	4,1	x_{43}	0,18	3,8
x_{24}	0,10	4,2	x_{44}	0,17	4,0
x_{25}	0,20	3,8	x_{45}	0,15	3,5
x_{26}	0,10	4,0			

В третьому розділі удосконалено метод управління якістю сервісів в ТКМ, метод формування загальної оцінки якості сервісів для мереж з розподіленим принципом управління та метод управління якістю сервісів в MPLS. Метод управління якістю сервісів в ТКМ удосконалено за рахунок того, що в структуру системи забезпечення якості сервісів введено ІНС для оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів (рис. 6). Також розроблено процедуру роботи блоку аналізу, що визначає, чи необхідна корекція показників якості сервісів та розраховує вартість корекції (рис.7).

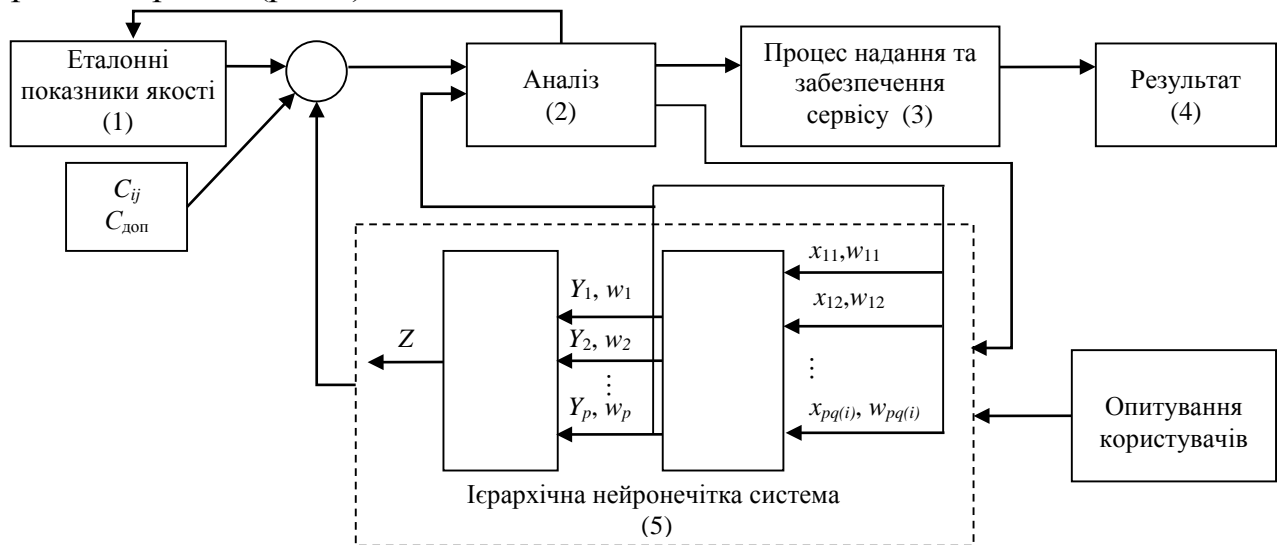


Рис. 6. Схема процесу забезпечення якості сервісів

Дамо коротку характеристику блокам схеми (рис.6):

1. *Еталонні показники якості.* Визначаються постачальником сервісів і фахівцями-експертами. При необхідності можуть коригуватися на основі як експертних, так і користувальницьких оцінок.

2. *Аналіз.* Блок виконує порівняння досягнутих показників якості з встановленими еталонними показниками та інформацією, що передається каналами зворотного зв'язку від ІНС. За необхідністю – виробляє відповідні керуючі впливи.

3. *Процес надання сервісу.* Цей блок представляє процес, розроблений

постачальником сервісів для надання та забезпечення сервісів з таким рівнем якості, який визначений еталонними показниками якості.

4. *Результат*. Це якість сервісів, фактично наданих користувачам постачальником сервісів, що є результатом процесу забезпечення якості.

5. *Ієрархічна нейронечітка система (ІНС)*. На підставі об'єктивних вимірів характеристик роботи мережі і отриманих в результаті опитування користувачів даних визначається ступінь задоволеності користувачів якістю сервісів.

Реалізація блоку аналізу здійснюється з урахуванням результатів роботи ІНС (рис.7).

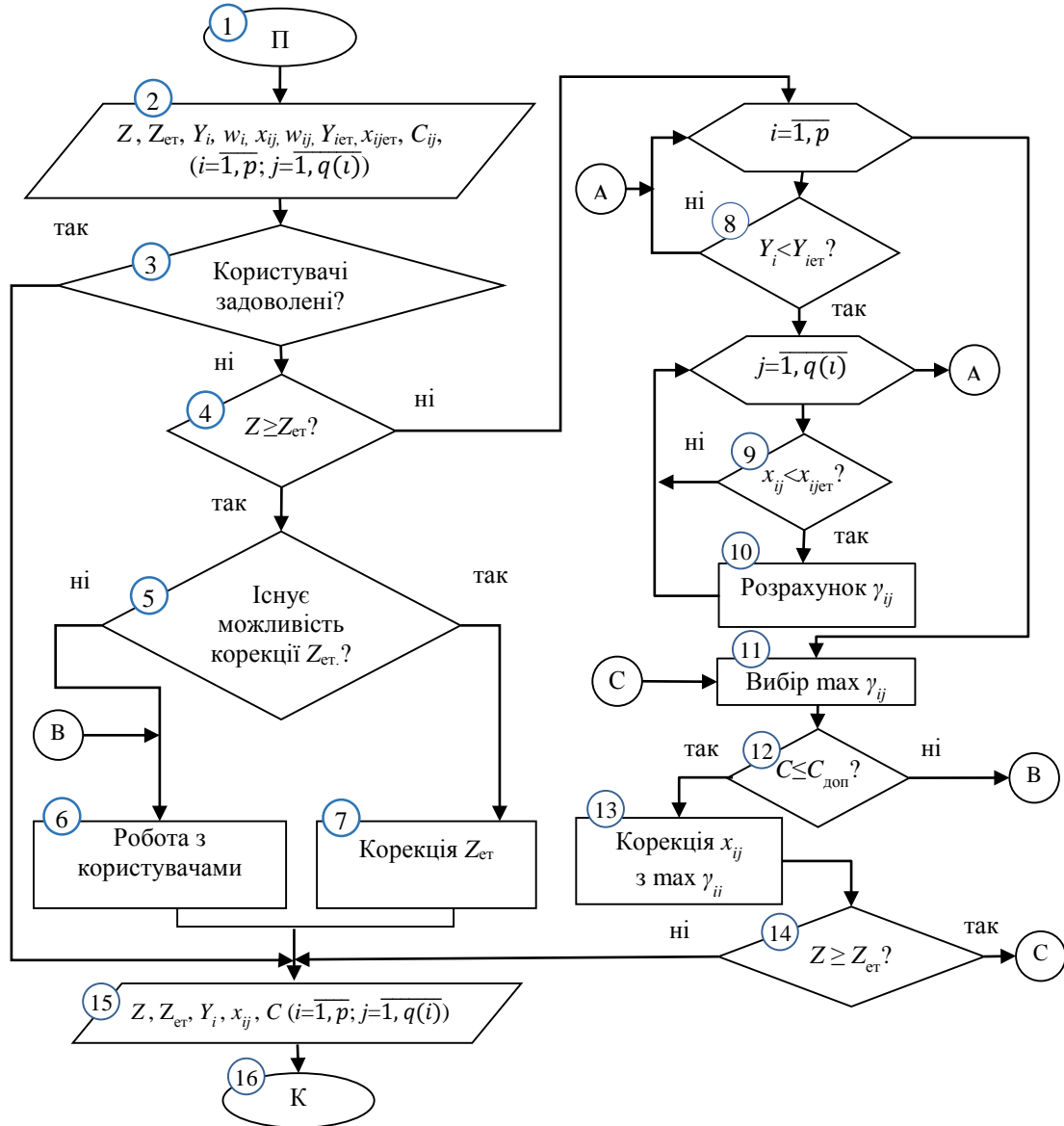


Рис. 7. Процедура роботи блоку аналізу

У разі незадоволеності користувачів якістю сервісів проводиться корекція показників якості задля максимізації ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів Z за умови:

$$C = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{q(i)} C_{ij} \leq C_{\text{доп}}. \quad (6)$$

Тут C_{ij} – витрати, необхідні для зміни значення показника x_{ij} ($1 \leq x_{ij} \leq 5$); C – загальні витрати; $C_{\text{доп}}$ – допустима величина витрат; p – кількість розглянутих компонентів якості; $q(i)$ – кількість розглянутих показників якості i -го компонента.

Процес максимізації ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів представляється послідовністю етапів, на кожному з яких необхідно знайти той показник якості, поліпшення значення якого дасть найбільший «питомий» приріст в прирості показника Z , тобто найбільший приріст на одиницю вартості. Якщо, наприклад, користувачі не задоволені деякими показниками x_{ij} , порівнюються фактичні значення показників з еталонними $x_{ij\text{ет}}$:

$$x_{ij} < x_{ij\text{ет}}. \quad (7)$$

Якщо для деяких показників виконується умова (7), виконується розрахунок витрат на корекцію даних показників. Для цього визначається показник γ_{ij} – відносна величина, що характеризує приріст показника якості x_{ij} на одиницю вартості (8):

$$\gamma_{ij} = w_{ij} \frac{x_{ij}(k+1) - x_{ij}(k)}{C_{ij} * x_{ij}(k)}. \quad (8)$$

Далі на кожному етапі k здійснюється розрахунок значення загальних витрат C і в разі виконання умови (6) відбувається корекція обраного показника якості, після чого проводиться моделювання імовірної реакції користувачів на зміну рівня якості сервісів з використанням ІНС. Таким чином будуть відкориговані ті показники, зміна яких призведе до максимально позитивного результату в рамках допустимих витрат.

З використанням даного методу була вирішена задача визначення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів на прикладі оцінки якості мультимедійного сервісу. В табл. 4 наведено результати корекції показників якості.

У результаті проведеної корекції значення показника Z підвищено на 6%.

Таблиця 4

Результати корекції показників якості

№ ітерації, k	x_{ij}	значення x_{ij} до корекції, бал	значення x_{ij} після корекції, бал	C_{ij} , тис. у.о.	C , тис. у.о.	Y_i	значення Y_i до корекції, бал	значення Y_i після корекції, бал	Z , бал
1	x_{33}	3	4,1	8	8	Y_3	3,700	3,994	3,935
2	x_{22}	3	3,9	10	18	Y_2	3,620	3,890	4,005
3	x_{12}	3	4,5	25	43	Y_1	4,065	4,350	4,084

Однією з основних технологій транспортного рівня NGN є MPLS завдяки реалізованим в ній можливостям управління якістю сервісів. Запропоновано вдосконалення методу управління якістю сервісів в ТКМ з технологією MPLS, що дозволяє визначити, чи задовольняє дана мережа рівню QoS, необхідному для забезпечення певного сервісу, та видає рекомендації щодо необхідних змін для забезпечення потрібної якості сервісу. Виконано корекцію значень показників якості x_{2j} компонента якості Y_2 – «транспорт сервісу» на підставі визначень IETF щодо класів якості. Для підвищення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів запропоновано наступні дії (рис.8):

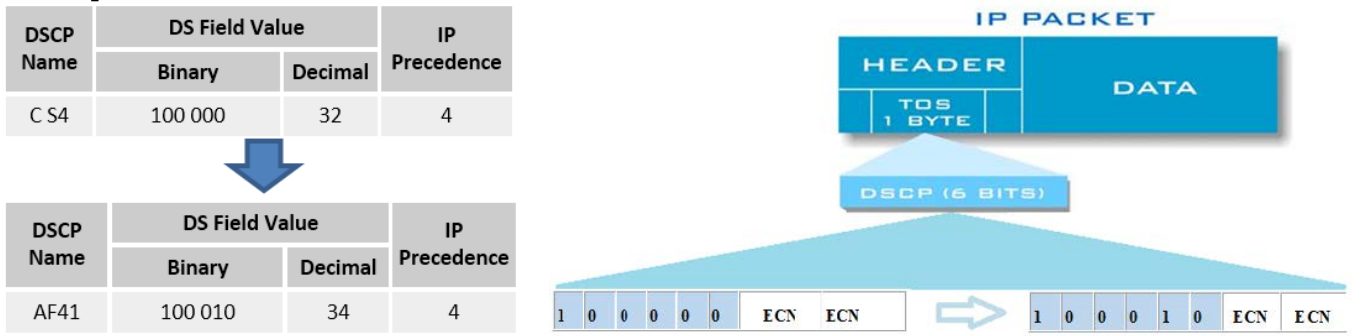


Рис. 8. Зміна коду DSCP в заголовку пакета

– корекція значень показників в межах класу якості даного сервісу, якщо існує така можливість (наприклад, зміна політики обслуговування пакетів певного класу в межах MPLS мережі);

– зміна класу якості даного сервісу (зміна коду DSCP в заголовку IP пакету).

У табл. 5 приведено результати корекції показників якості компонента Y_2 в результаті роботи удосконаленого методу управління якістю сервісів.

Таблиця 5

Результати корекції показників якості компонента Y_2

№ ітерації, k	x_{ij}	значення x_{ij} до корекції	значення x_{ij} після корекції	γ	C_{ij} , тис. у.о.	C , тис. у.о.	Y_i	значення Y_i до корекції, бали	значення Y_i після корекції, бали	Z , бали
1	x_{21}	3,0 бали (597 кб/с)	4,0 бали (796 кб/с)	0,0055	12	12	Y_2	3,49	3,67	3,93 - 3,98
2	x_{22}	3,0 бали (1800 мс)	3,9 бали (1260 мс)	0,0045	20	32	Y_2	3,67	3,97	4,06

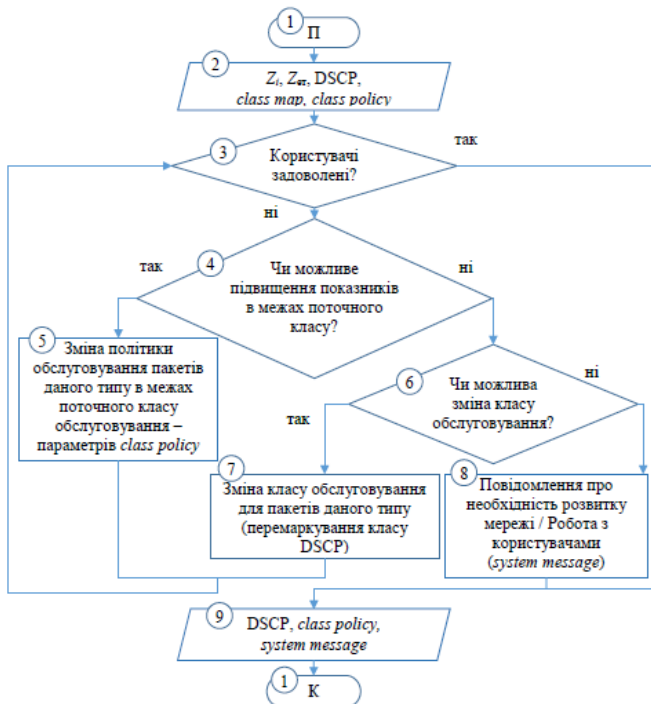


Рис. 9. Блок схема реалізації роботи удосконаленого методу управління якістю сервісів в MPLS

Блок-схему реалізації роботи удосконаленого методу управління якістю сервісів в MPLS приведено на рис.9. Удосконалений метод управління якістю сервісів в MPLS здійснює корекцію значень показників якості в залежності від вимог користувачів до певного сервісу або, при вичерпанні ресурсів мережі, прогнозує необхідний розвиток мережі.

При цьому метод враховує рекомендації міжнародних організацій стандартизації в сфері ТКМ.

Було розраховано значення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів Z до та після корекції, що показало підвищення Z більше ніж на 3%, при тому що вплив здійснювався лише на 2 показники якості із 22.

Розроблений підхід було використано для удосконалення методу формування загального ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів в мережі з розподіленим принципом управління (рис.10).

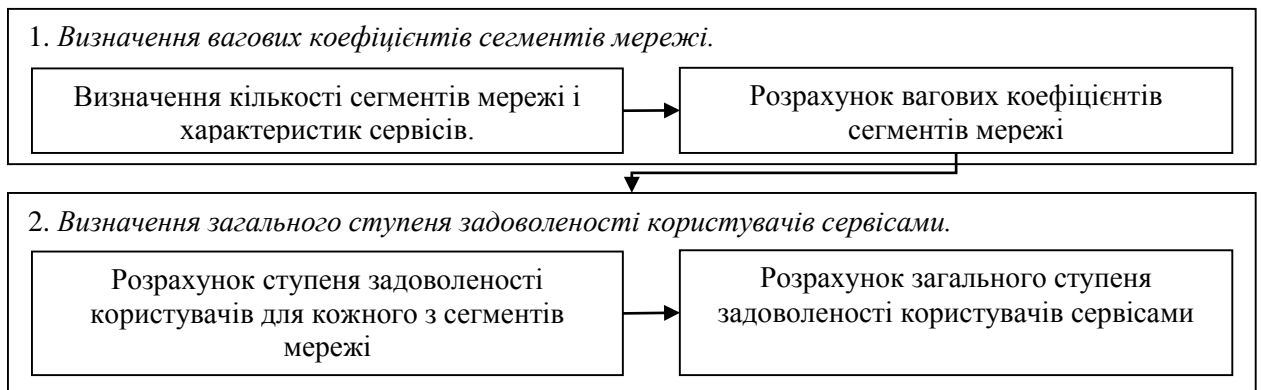


Рис. 10. Процедура формування загальної оцінки якості сервісів для мереж з розподіленим принципом управління

При цьому для визначення загального ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів $Z_{\text{заг}}$ враховуються особливості сегментів мережі, зокрема, кількість сервісів, наданих в кожному сегменті, та їх складність. Розрахунок проводиться наступним чином:

$$Z_{\text{заг}} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i K_i}{\sum_{i=1}^n K_i}, \quad (9)$$

де Z_i – ступінь задоволеності користувачів сервісами на i -му сегменті мережі, n – кількість сегментів мережі, K_i – ваговий коефіцієнт, що розраховується так:

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} Q_{ij} v_{ij}}{\sum_{j=1}^{m_i} v_{ij}} \quad (10)$$

де Q_{ij} та v_{ij} – об'єм та вагова характеристика сервісів j -го виду в i -му сегменті мережі, відповідно ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m(i)}$); m_i – кількість сервісів, що надаються в i -му сегменті мережі. Значення v_{ij} отримано на підставі експертних оцінок.

В четвертому розділі розроблено імітаційні моделі методів оцінки та управління якістю сервісів з урахуванням точки зору користувача. Моделювання виконано з використанням адаптивної мережі нечіткого виведення ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System) і пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB. На базі MATLAB було розроблено GUI-додаток, який реалізує роботу системи.

На рис. 11 представлений зовнішній вигляд головного вікна графічного інтерфейсу розробленого додатка щодо управління якістю сервісів. Вікно візуально ділиться на наступні основні зони: 1) аналіз даних, що відноситься до реалізації роботи блоку аналізу; 2) ієрархічна нечітка / нейронечітка система; 3) значення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісу; 4) зона виведення графічної інформації, де, в залежності від обраної функції, можуть відображатися поверхні "входи-вихід" або структура відповідної FIS. Крім того, у вікні відображаються «ваги» w_i компонентів якості, визначені на підставі опитувань користувачів (табл. 3).

Розглянемо зону 1, що візуалізує роботу блоку аналізу. Тут є можливість вибору способу корекції QoS: з використанням ієрархічної нейронечіткої системи; з використанням ієрархічної нечіткої системи; без використання систем корекції.

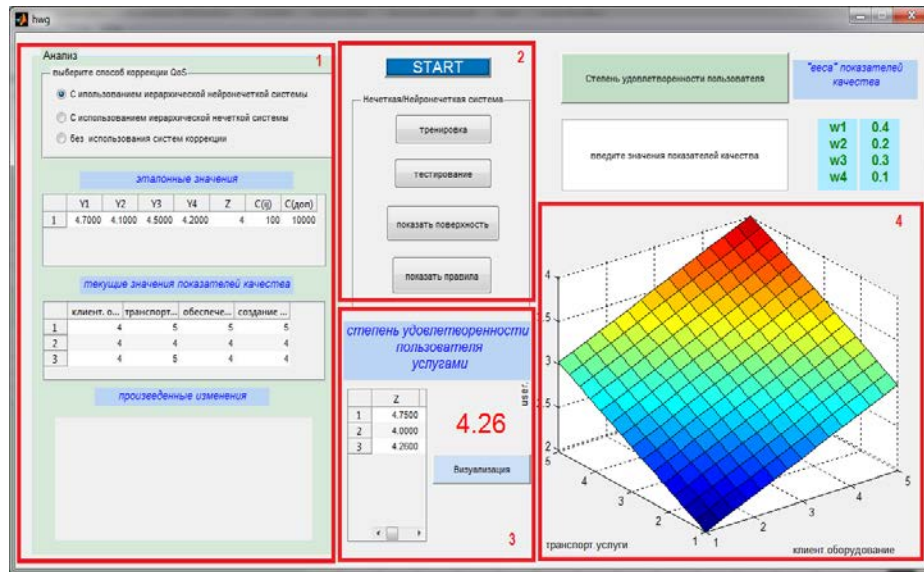
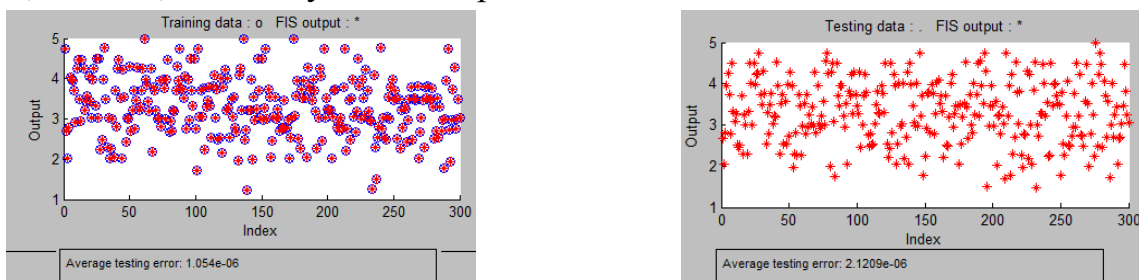


Рис. 11. Основні логічні зони головного вікна GUI-додатка щодо управління QoS

Відповідно до обраного способу корекції QoS, в системі розраховується і аналізується ступінь задоволеності користувачів якістю сервісу Z , після чого поточне значення Z виводиться у вікно програми. Статистика змін значення ступеня задоволеності користувачів якістю сервісу відображається в таблиці, розташованій в зоні 3. В зоні виведення графічної інформації (зона 4) генерується поверхня "входивихід" відповідної FIS, що ілюструє залежність значення підсумкового показника якості від компонентів якості.

На підставі навчальної вибірки формуються функції належності для змінних. На рис. 12 зображено результати процесу навчання. Використовувався гібридний метод навчання. Кількість епох – 3. При цьому для навчальної вибірки величина помилки склала $1,05 \cdot 10^{-6}$, для тестуючої вибірки – $2,12 \cdot 10^{-6}$.



а) для навчальної вибірки

б) для тестуючої вибірки

Рис. 12. Результати навчання нейронечіткої мережі визначення ступеня задоволеності користувача якістю сервісів.

На основі аналізу отриманих результатів роботи додатку визначено, що більш точні результати забезпечує використання нейронечіткої ієрархічної мережі (рис. 13). Величина помилки для результатів роботи нечіткої мережі склала 5,19%, для нейронечіткої – 0,536%. Це пояснюється здатністю нейронних мереж до навчання, завдяки чому система здатна уточнювати ФН на основі отриманих даних.

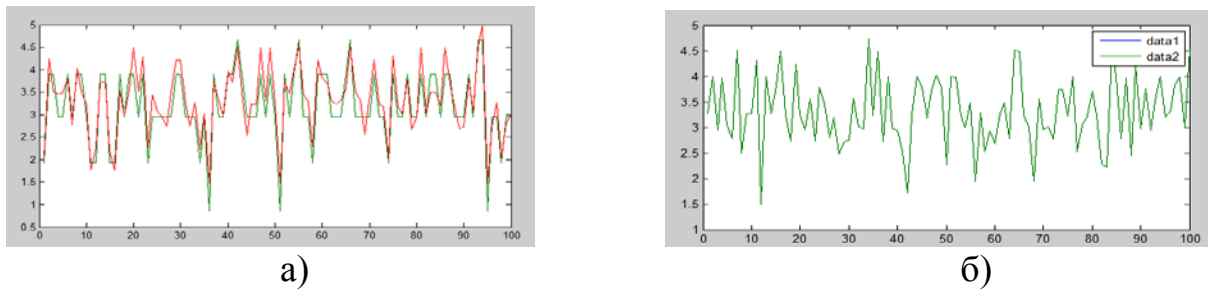


Рис. 13. Порівняння результатів роботи системи визначення ступеня задоволеності користувача з використанням нечіткої (а) та нейронечіткої (б) мереж

На рис. 14 наведено приклад визначення загального ступеня задоволеності користувачів якістю сервісу для мережі з 4 сегментів, для кожного з яких реалізована власна система управління.

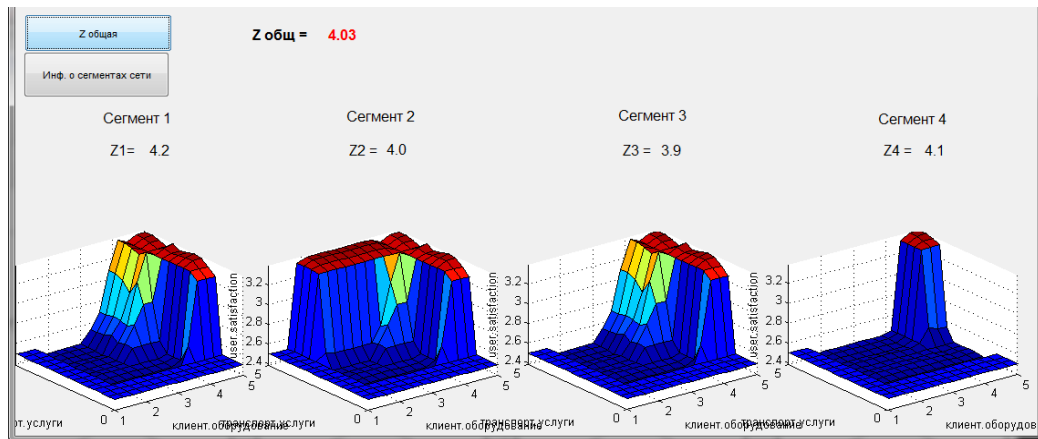


Рис. 14. Приклад визначення загального ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів для мережі з чотирьох сегментів

Розроблена система дозволяє отримати комплексну оцінку якості сервісів з урахуванням думки користувача та виконати моделювання передбачуваного ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів, що надає можливість забезпечити підтримку ступеня задоволеності користувачів на необхідному рівні. Система оцінки якості сервісів була застосована для мережі з розподіленим принципом управління, що дозволяє визначити загальний ступінь задоволеності користувачів якістю сервісів в мережі з урахуванням вагових коефіцієнтів сегментів мережі.

ВИСНОВКИ

Науковий результат дисертаційної роботи знайшов свою конструктивну реалізацію в наступному комплексі положень, методів і практичних рекомендацій щодо оцінки та управління якістю сервісів в ТКМ:

1. На підставі проведених досліджень в області управління якістю сервісів в ТКМ визначено, що існуючі на сьогоднішній день методи орієнтовані переважно на оцінку технічних характеристик роботи мережі, в той час як з розширенням спектру надаваних сервісів переважаючим стає підхід до визначення рівня якості сервісів в залежності від ступеня задоволеності користувачів. Визначено, що для отримання всесторонньої оцінки якості сервісів необхідно враховувати як технічні показники

роботи мережі, так і користувальницьку оцінку якості надаваних сервісів, що потребує удосконалення існуючих та розробки нових методів та підходів щодо управління якістю сервісів в ТКМ.

2. Уперше розроблено метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів, який дозволяє враховувати думку користувачів при управлінні якістю сервісів завдяки використанню апарату нечіткої логіки. Метод реалізовано в ієрархічній нейронечіткій системі, яка дозволяє отримати комплексну оцінку якості сервісів, а також моделювати реакцію користувачів на зміну стану мережі.

3. Удосконалено метод управління якістю сервісів в ТКМ, який, за рахунок введення відносної величини, що характеризує приріст показника якості на одиницю вартості, дозволяє визначити найважливіші для користувача показники якості сервісів та забезпечити рівень якості, за якого користувачі задоволені якістю сервісів, за умови обмеженості витрат на корекцію показників якості. Застосування ІНС дозволяє моделювати ступінь задоволеності користувачів якістю сервісів та запам'ятовувати кращий стан мережі для підтримки потрібного рівня задоволеності користувачів якістю сервісів.

4. Удосконалено метод формування загальної оцінки якості сервісів в мережах з розподіленим принципом управління. За рахунок введення вагових коефіцієнтів для сегментів мережі реалізована можливість формування загальної оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів з урахуванням особливостей сегментів мережі, зокрема, кількості сервісів, що надаються в кожному сегменті, та їх складності.

5. Удосконалено метод управління QoS в MPLS, який на базі врахування побажань та потреб користувачів здатен проводити налаштування значень показників якості шляхом зміни політики обробки пакетів заданого типу, а також змінювати клас обслуговування сервісу, переписуючи код DSCP у заголовку пакету у межах допустимих класів обслуговування. Крім того, розроблений метод дозволяє прогнозувати необхідність розвитку мережі. Розрахунок ступеня задоволеності користувачів якістю сервісів Z до та після корекції показав підвищення Z більш ніж на 3%, при тому що вплив здійснювався лише на 2 показники якості із 22.

6. Розроблено імітаційні моделі методів управління якістю сервісів в ТКМ. Програмне забезпечення реалізовано наступними засобами: Fuzzy Logic Toolbox – пакет розширення MATLAB, що містить інструменти для проектування систем нечіткої логіки; та ANFIS-редактор MATLAB, що дозволяє синтезувати з експериментальних даних нейронечіткої мережі.

7. Подальший розвиток розроблених імітаційних моделей передбачає ітеративне нарощування функціональності програмного забезпечення, розширення спектру оцінюваних сервісів та ефективного використання програмного забезпечення з метою підвищення якості сервісів в ТКМ.

8. Обґрунтованість отриманих результатів засновується на коректному застосуванні основних положень і принципів системного аналізу, теорій нечітких множин та нейронних мереж і математичного апарату методів дослідження операцій.

9. Достовірність отриманих результатів підтверджується: заданими реальними вихідними даними, використанням апробованого математичного апарату, несуперечливістю отриманих даних відомим підходам до управління якістю сервісів,

збіжністю теоретичних результатів з експериментальними даними, отриманими шляхом імітаційного моделювання процесу управління якістю сервісів в ТКМ з урахуванням думки користувача.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Міжнародні публікації в збірниках, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

1. Кальченко А.С. Управление качеством услуг в телекоммуникационных сетях [Текст] / А.С. Кальченко // Information Models and Analyses. – Varna:2013. – P.349-360.
2. Князева Н.А. Оценка качества услуг связи с позиций удовлетворенности потребителей [Текст] / Н.А. Князева, А.С. Кальченко // Science and Education a New Dimension. – Budapest: 2013. – Vol. 8. – P. 156-161.
3. Kniazieva N.A. Approach to evaluating the quality of telecommunication services in next generation networks [Текст] / N.A. Kniazieva, A.S. Kalchenko // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – Budapest: 2014. – Vol. II(4), Issue: 32. – P. 68-70.
4. Кальченко А.С. Повышение качества мультимедийных услуг в сетях следующего поколения с использованием методов нечеткой логики [Текст] / А.С. Кальченко // Холодильна техніка та технологія. – 2015. – Том 51, №1. – С.76-83.
5. Кальченко А.С. Интеллектуальная система управления качеством услуг в сетях наступного покоління [Текст] / А.С. Кальченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – Випуск 6(115). – С. 55-60.
6. Князева Н.А. Управление качеством услуг в сетях следующего поколения с использованием методов нечеткой логики [Текст] / Н.А. Князева, А.С. Кальченко // Холодильна техніка та технологія. – 2015. – Том 51, №4. – С.102-107.
7. Kalchenko A.S. Accounting users' opinion about quality of services in NGN with distributed control system [Text] / A.S. Kalchenko // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science. – Slavske, Ukraine:2016. – P. 926-929.

Статті у збірниках за матеріалами конференцій:

8. Kalchenko A.S. Intelligent control system in NGN [Text] / A.S. Kalchenko // Actual problems in professional sphere. – Odessa: 2012. – P. 65-66.
9. Кальченко А.С. Управление интеллектуальными услугами в NGN [Текст] / А.С. Кальченко // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій. – Одеса: 2012. – С. 89-90.
10. Кальченко А.С. Управление качеством услуг в сетях NGN [Текст] / А.С. Кальченко // Математичне моделювання та інформаційні технології. – Одеса: 2012. – С. 115-116.
11. Кальченко А.С. Использование искусственного интеллекта в управлении качеством услуг в сетях NGN [Текст] / А.С. Кальченко // Перспективы развития телекоммуникационных и информационно-измерительных технологий. – Харьков: 2013. – С. 91-92.

12. Князева Н.А. Повышение качества мультимедийных услуг в сетях следующего поколения [Текст] / Н.А. Князева, А.С. Кальченко // Теорія прийняття рішень. – Ужгород: 2014. – С. 124-125.

13. Кальченко А.С. Иерархическая система оценки качества услуг в NGN [Текст] / А.С. Кальченко // Математичне моделювання та інформаційні технології. – Одеса: 2014. – С.77-78.

14. Кальченко А.С. Повышение эффективности управления качеством услуг в сетях следующего поколения [Текст] / А.С. Кальченко // Сучасні інформаційні технології. – Одеса, ВМВ: 2015. – С. 57-58.

15. Кальченко А.С. Алгоритм управления качеством услуг в телекоммуникационных сетях [Текст] / А.С. Кальченко // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій. – Одеса: 2015. – С.82-84.

16. Кальченко А.С. Применение методов нечеткой логики в управлении качеством услуг в сетях следующего поколения [Текст] / А.С. Кальченко // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). – Черкаси: 2015. – С.204-205.

17. Кальченко А.С. Применение ANFIS в управлении качеством услуг в сетях следующего поколения [Текст] / А.С. Кальченко // Інформаційні технології і автоматизація. – Одеса: 2015. – С.32-33.

АНОТАЦІЯ

Кальченко А.С. Удосконалення методів управління якістю сервісів в телекомунікаційних мережах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі. – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2016.

У дисертаційній роботі досліджуються питання розробки і вдосконалення методів управління якістю сервісів в телекомунікаційних мережах наступного покоління. Уперше розроблено метод оцінки ступеня задоволеності користувачів якістю телекомунікаційних сервісів, який на підставі використання ієрархічної нейронечіткої системи дозволяє отримати всесторонню комплексну оцінку якості сервісів. Удосконалено метод управління якістю сервісів в телекомунікаційних мережах, який на основі використання функції відповідності якості сервісів еталонному значенню та врахування співвідношення ефекту від покращення якості сервісів до необхідних для цього витрат, дозволяє підтримувати якість сервісів на рівні, за якого користувачі задоволені якістю наданих сервісів. Удосконалено метод формування загальної оцінки якості сервісів для мереж з розподіленим принципом управління, який дозволяє враховувати думку користувача. Удосконалено метод управління якістю сервісів в MPLS, що дозволяє налаштовувати значення показників якості у межах допустимих класів обслуговування, а також прогнозувати необхідний розвиток мережі.

Ключові слова: управління якістю сервісів, телекомунікаційні мережі наступного покоління, ієрархічна нейронечітка система, показники якості, думки користувачів, комплексна оцінка.

АННОТАЦИЯ

Кальченко А.С. Усовершенствование методов управления качеством сервисов в телекоммуникационных сетях. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2016.

Целью диссертационной работы является повышение качества сервисов в ТКМ с учетом мнения пользователя.

В диссертационной работе исследуются вопросы разработки и усовершенствования методов управления качеством сервисов в телекоммуникационных сетях следующего поколения. Впервые разработан метод оценки степени удовлетворенности пользователей качеством телекоммуникационных сервисов, который на основе использования иерархической нейронечеткой сети позволяет получить всестороннюю комплексную оценку качества сервисов, а также выполнить моделирование реакции пользователя на изменения значений показателей качества. Усовершенствован метод управления качеством сервисов в телекоммуникационных сетях, который на основе использования функции соответствия качества сервисов эталонному значению и учета соотношения эффекта от улучшения качества сервисов к необходимым для этого расходам, позволяет поддерживать качество сервисов на уровне, при котором пользователи удовлетворены качеством сервисов. Применение иерархической нейронечеткой сети позволяет моделировать степень удовлетворенности пользователей качеством сервисов и запоминать лучшее состояние сети для поддержания нужного уровня удовлетворенности пользователей качеством сервисов. Предложен метод коррекции показателей качества сервисов с учетом мнения пользователей, основанный на использовании иерархической нейронечеткой системы, учитывающий многогранность оценок пользователей, что способствует повышению качества предоставления сервисов. Проведен опрос пользователей. Приведены примеры расчета изменения степени удовлетворенности пользователей качеством сервисов в результате коррекции значений показателей качества с применением разработанного метода коррекции на основании данных, полученных в результате опроса. Результаты расчетов показали, что применение усовершенствованного метода управления качеством телекоммуникационных услуг обеспечивает повышение значения степени удовлетворенности пользователей качеством сервисов на 6%. Усовершенствован метод формирования общей оценки качества сервисов для сетей с распределенной принципом управления, который, в отличие от известных, позволяет учитывать мнение пользователя. За счет введения весовых коэффициентов для сегментов сети реализована возможность формирования общей оценки степени удовлетворенности пользователей качеством сервисов с учетом особенностей сегментов сети, в частности, количества сервисов в каждом сегменте, и их сложности. Усовершенствован метод управления качеством сервисов в MPLS, который на базе учета пожеланий и потребностей пользователей способен производить настройку значений показателей качества путем изменения политики обработки пакетов заданного типа, а также изменять класс обслуживания сервиса,

переписывая код DSCP в заголовке пакета, в пределах допустимых классов обслуживания. что позволяет настраивать значения показателей качества в пределах допустимых классов обслуживания, а также прогнозировать необходимое развитие сети. Кроме того, усовершенствованный метод позволяет прогнозировать необходимость развития сети. Результаты расчетов показали, что применение усовершенствованного метода управления качеством сервисов в MPLS даже при воздействии только на 2 показателя качества с 22 обеспечивает повышение значения степени удовлетворенности пользователей качеством сервисов более чем на 3%. В среде MATLAB разработаны имитационные модели методов управления качеством сервисов в ТКМ. Результаты моделирования усовершенствованных методов управления качеством сервисов полностью совпадают с результатами расчетов, что свидетельствует о работоспособности разработанной системы.

Результаты диссертационной работы нашли практическое применение в научно-исследовательской и учебной работе Учебно-научного института холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского Одесской национальной академии пищевых технологий, в проектной работе Государственного предприятия «Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Ключевые слова: управление качеством сервисов, телекоммуникационные сети следующего поколения, иерархическая нейронечеткая система, показатели качества, мнение пользователей, комплексная оценка.

ABSTRACT

Kalchenko A.S. Improvement of the service quality control methods in telecommunication networks. – Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.12.02 - telecommunication systems and networks. – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2016.

The thesis investigates the issues of development and improvement of service quality control methods in next generation telecommunication networks. For the first time a method for assessment the degree of user satisfaction with the services, which provides a comprehensive service quality assessment and is based on the use of the hierarchical neurofuzzy system has been developed. A method of service quality control in telecommunication networks, which uses a function of compliance of service quality with reference values and takes into account the ratio of the service quality improvement effect to the necessary costs, was improved. The method allows maintaining the service quality at the level when users are satisfied. The method of forming an overall assessment of service quality for networks with distributed control principle, which takes into account users' opinion, was improved. The service quality control method for MPLS that configures the values of the quality indicators within acceptable service classes and can forecast the required development of the network if necessary was improved.

Keywords: service quality control, next generation telecommunication networks, hierarchical neurofuzzy system, quality indicators, user opinion, comprehensive assessment.

КАЛЬЧЕНКО АНАСТАСІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 621.391:681.5

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СЕРВІСІВ
В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «13» червня 2016 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний

Умовн.-друк.арк. 0,9. Тираж 100. Замовлення № 55 від 23.09.2016

Видавець та виготовлювач ФОП Колісніченко С.Ю.

65086, м.Одеса, вул. Семена Палія, 129/2

тел.(048) 789-07-78

Свідоцтво № 2 556 000 0000 115440