

РОЗДІЛ 4

АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНІ
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.391:681.5

Н.А. Князева, А.С. Кальченко

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039, Украина

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ УСЛУГ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В работе представлен метод управления качеством услуг в сетях следующего поколения с использованием теории нечетких множеств. Приведен алгоритм работы системы управления качеством услуг. Предложенный метод управления качеством услуг позволяет эффективно отслеживать и поддерживать степень удовлетворенности пользователей услугами на требуемом уровне.

Ключевые слова: Управление качеством услуг – Сети следующего поколения – Нечеткая логика – Алгоритмы

Н.О. Князева, А.С. Кальченко

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОСЛУГ В МЕРЕЖАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У роботі представлено метод управління якістю послуг в мережах наступного покоління з використанням теорії нечітких множин. Наведено алгоритм роботи системи управління якістю послуг. Запропонований метод управління якістю послуг дозволяє ефективно відстежувати і підтримувати ступінь задоволеності користувачів послугами на необхідному рівні.

Ключові слова: Управління якістю послуг - Мережі наступного покоління - Нечітка логіка - Алгоритми

DOI: 10.15673/0453-8307.4/2015.44782



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ВВЕДЕНИЕ

С внедрением сетей следующего поколения (Next generation networks, NGN) преобладающим становится подход к заданию уровня обслуживания на основании требований пользователей к качеству услуг (Quality of services, QoS) [1]. В этом случае оценка качества услуги должна включать как объективную оценку сетевых характеристик, так и субъективную экспертную и пользовательскую оценку. Существующие системы управления качеством ориентированы в основном на оценку сетевых характеристик. Поэтому усовершенствование системы управления качеством услуг, включение в неё как технических характеристик работы сети, так и характеристик, учитывающих мнение пользователей, является актуальной задачей.

II. ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛИ РАБОТЫ

Целью данной работы является усовершенствование системы управления качеством услуг в сетях следующего поколения, что дает возможность

максимально эффективно учитывать требования пользователей к качеству услуг. Для стабильной работы сети необходимо непрерывное отслеживание степени удовлетворенности пользователей услугами в зависимости от изменения состояния сети. Известно, что при получении данных о степени удовлетворенности пользователей услугами на основании опроса пользователей невозможно обеспечить достаточно быстрое реагирование системы управления. Поэтому в настоящее время в случае решения задачи учета мнения пользователей широко применяются математические модели. Преобразование пользовательских оценок в математические модели наиболее целесообразно осуществлять с использованием теории нечетких множеств. Нечеткая логика, которая служит основой для реализации методов нечеткого управления, более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы [2]. В данной работе предложена система оценки качества услуг на основе использования методов нечеткой логики, в которой в результате сравнения

пользовательских оценок качества услуг с эталонными показателями качества выполняются необходимые корректирующие воздействия.

III. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УСЛУГ

На основании рекомендаций МСЭ-Т E.802 и необходимости учета требований пользователей в ра-

боте [3] предлагается реализация процесса обеспечения качества услуг, схема которого представлена на рисунке 1. В схему введен блок оценки степени удовлетворенности пользователей качеством услуг, реализованный с использованием методов нечеткой логики.

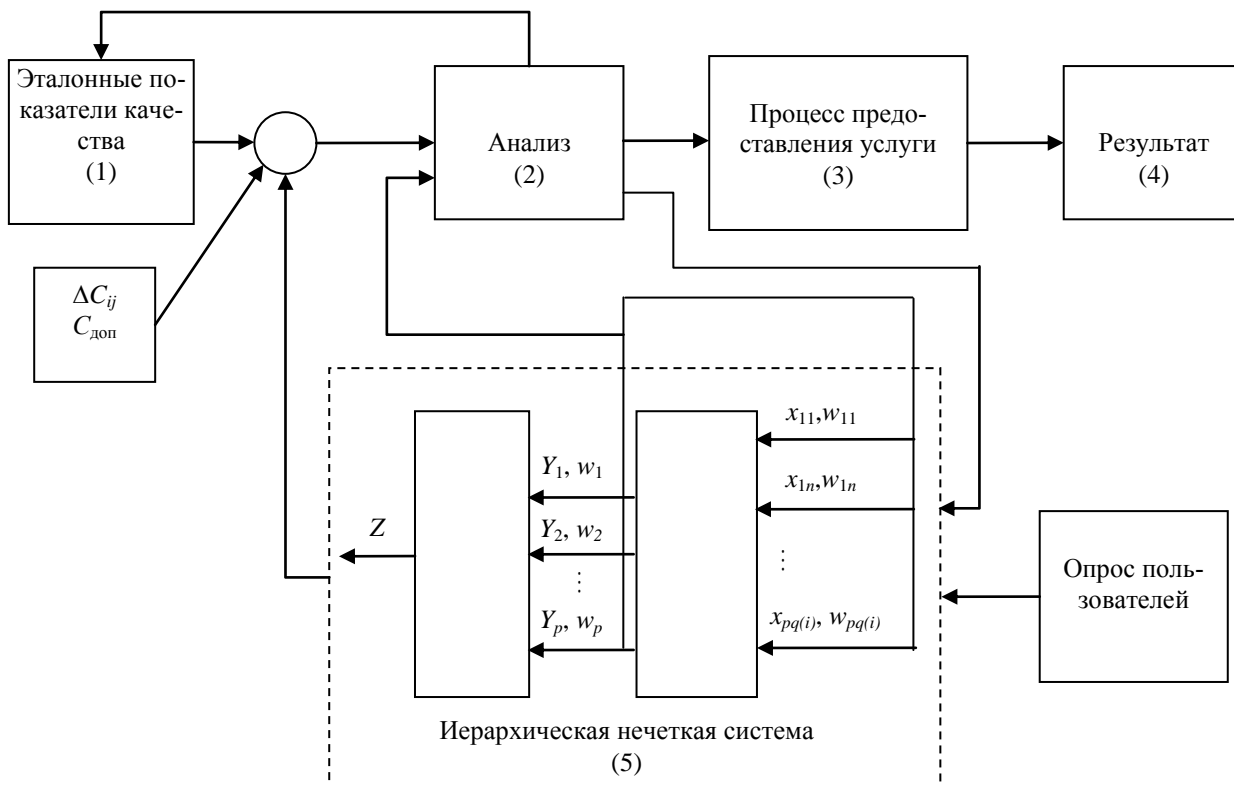


Рисунок 1 – Схема процесса обеспечения качества услуг

Дадим краткую характеристику блокам системы:

1. *Эталонные показатели качества.* Определяются поставщиком услуг и специалистами-экспертами. При необходимости могут корректироваться на основе как экспертных, так и пользовательских оценок.

2. *Анализ.* Блок осуществляет свои функции, когда проводятся исследования качества предоставляемых услуг и выполняется сравнение достигнутых показателей качества с установленными эталонными показателями и информацией, передаваемой каналами обратной связи от иерархической нечеткой системы. В случае необходимости, вырабатывает соответствующие управляющие воздействия.

3. *Процесс предоставления услуги.* Этот блок представляет процесс, разработанный поставщиком услуг для предоставления услуг с таким уровнем качества, который определен эталонными показателями качества.

4. *Результат.* Это качество услуг, фактически предоставленных пользователям поставщиком услуг, являющееся результатом процесса обеспечения качества.

5. *Иерархическая нечеткая система (ИНС).* На основании объективных измерений характеристик работы сети и полученных в результате опроса пользователей данных определяется степень удовлетворенности пользователей качеством услуг. В работе [4] представлен метод моделирования процесса определения степени удовлетворенности пользователей услугой на основе применения иерархической нечеткой системы.

В качестве итогового показателя – выходной лингвистической переменной Z – выступает степень удовлетворенности пользователей качеством услуг.

Модель представляет функциональное отображение вида:

$$X = \{X_1(x_{11}, w_{11}; x_{12}, w_{12}; \dots; x_{1n}, w_{1n}), X_2(x_{21}, w_{21}; x_{22}, w_{22}; \dots; x_{2m}, w_{2m}), \dots, X_p(x_{p1}, w_{p1}; x_{p2}, w_{p2}; \dots; x_{pq(i)}, w_{pq(i)})\} \rightarrow Y = \{Y_1, w_1; Y_2, w_2; \dots; Y_b, w_b; \dots; Y_p, w_p\} \rightarrow Z \quad (1)$$

Здесь X – вектор влияющих факторов, x_{ij} – показатели, влияющие на компонент качества Y_i , w_{ij} – значимость, «вес» показателей x_{ij} ($i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, q(i)}$), p – количество компонентов качества, $q(i)$ – количество показателей, влияющих на компонент качества Y_i . «Веса» w_{ij} показателей целесообразно выражать в балльной системе на основе экспертных оценок.

В иерархических системах выход одной базы знаний подается на вход другой базы знаний. На первом уровне иерархии определяется значение, которое достиг каждый из компонентов качества услуги ($Y_1, Y_2, \dots, Y_b, \dots, Y_p$). На втором уровне иерархии в зависимости от значений, достигнутых по каждому из компонентов, определяется итоговый показатель Z – степень удовлетворенности пользователей услугой.

Рассмотрим работу блока анализа. В данном блоке определяется, соответствует ли степень удовлетворенности пользователей услугой уровню, определенному эталонными показателями качества.

В случае несоответствия система определяет причину – сравнивает фактические показатели качества (QoS, достигнутое оператором) с эталонными значениями (QoS, предлагаемое оператором). При этом сравнение проводится по ниспадающей: сначала анализируются компоненты качества Y_i ($i = \overline{1, p}$), затем, при выявлении отклонений, показатели качества x_{ij} ($i = \overline{1, p}$; $j = \overline{1, q(i)}$) компонентов, значения которых не соответствуют требуемому уровню. В случае недостаточного уровня, достигнутого по какому-либо из показателей (Y_b, x_{ij}), генерируется рекомендация/управляющее воздействие, направленное на повышение значения данного показателя (принимается, что более высокому уровню качества соответствует большее значение показателя).

Если пользователи неудовлетворены полу

$$\left. \begin{array}{l} \{Y_{1эт}, w_1; Y_{2эт}, w_2; \dots; Y_{iэт}, w_i; \dots; Y_{pэт}, w_p\} \rightarrow Z_{эт}, \\ X_1(x_{11эт}, w_{11}; x_{12эт}, w_{12}; \dots; x_{1nэт}, w_{1n}) \rightarrow Y_{1эт}, \\ X_2(x_{21эт}, w_{21}; x_{22эт}, w_{22}; \dots; x_{2mэт}, w_{2m}) \rightarrow Y_{2эт}, \\ \dots \dots \dots \\ X_p(x_{p1эт}, w_{p1}; x_{p2эт}, w_{p2}; \dots; x_{pq(i)эт}, w_{pq(i)}) \rightarrow Y_{pэт}. \end{array} \right\} \quad (2)$$

Также вводятся величина затрат C_{ij} , необходимых для коррекции показателя качества x_{ij} , и общая допустимая величина затрат $C_{доп}$.

На «шаге 3» осуществляется проверка, удовлетворены ли пользователи качеством предоставляемых услуг, и, если ответ положительный, осуществляется переход на окончание работы алгоритма – к «шагу 1». В противном случае осуществляется переход к «шагу 4».

На «шаге 4» проверяется соответствие текущего значения $Z_{потр}$ эталонному $Z_{эт}$. При выполнении условия «шага 4» осуществляется переход к «шагу 5», в противном случае – к «шагу 8».

ческим качеством услуг, но при этом значения показателей качества соответствуют эталонным, установленным поставщиком услуг, рассматривается возможность коррекции эталонных показателей качества с учетом норм данных показателей, определенных международными организациями стандартизации, а также существующими ресурсами системы. В случае, когда все эталонные значения показателей соответствуют международным нормам, а изменение значений показателей не может быть осуществлено в связи с ограничением ресурсов системы и/или допустимых финансовых затрат на повышение качества услуги, возникает ситуация, когда претензии пользователей являются либо необоснованными, либо их невозможно учесть. В данном случае необходимо провести с пользователями разъяснительную работу, предоставив информацию о ресурсах системы в рамках текущей стоимости услуг.

В противном случае, при несоответствии эталонных показателей качества международным нормам, осуществляется коррекция этих показателей.

Структурная схема алгоритма работы блока анализа представлена на рисунке 2. Все составляющие структурной схемы обозначены номерами, которые в дальнейшем будем называть «шагами». Реализация блока анализа осуществляется с учетом результатов работы ИНС.

«Шаг 1» – начало работы алгоритма.

На «шаге 2» в блок анализа вводятся: текущее значение степени удовлетворенности пользователей качеством услуг (полученное на основе опроса пользователей) и эталонное, установленное поставщиком услуг ($Z_{потр}, Z_{эт}$); значения компонентов и показателей, влияющих на компоненты качества – $Y_b, w_b, x_{ij}, w_{ij}, Y_{iэт}, x_{ijэт}$ ($i = \overline{1, p}$; $j = \overline{1, q(i)}$). По аналогии с (1) эталонные показатели определяются следующим образом (2):

На «шаге 5» проверяется возможность коррекции эталонного показателя $Z_{эт}$. Если возможности нет, то осуществляется переход к «шагу 6» – проводится разъяснительная работа с пользователями. После чего – переход к «шагу 1». Если возможность коррекции эталонных показателей качества существует, – на «шаге 7» осуществляется коррекция $Z_{эт}$. После чего также осуществляется переход к «шагу 1».

На «шаге 8» сравниваются текущие Y_i и эталонные $Y_{iэт}$ значения компонентов качества ($i = \overline{1, p}$). Сравнение происходит в цикле для всех Y_i . При несоответствии некоторых Y_i значениям

$Y_{iэт}$ – на «шаге 9», также в цикле для всех x_{ij} ($j=\overline{1, q(i)}$), сравниваются текущие x_{ij} и эталонные $x_{ijэт}$ значения показателей качества. После определения, коррекция каких показателей качества x_{ij} необходима, на «шаге 10» осуществляется проверка, присутствуют ли в системе ресурсы, в том числе и финансовые, для коррекции показателей каче-

ства. Если существуют, то переходим к «шагу 11», на котором проводится выбор и коррекция показателей качества x_{ij} . В случае, если ресурсы системы исчерпаны, но пользователи не удовлетворены, – осуществляется переход к «шагу 6», где проводится разъяснительная работа с пользователями.

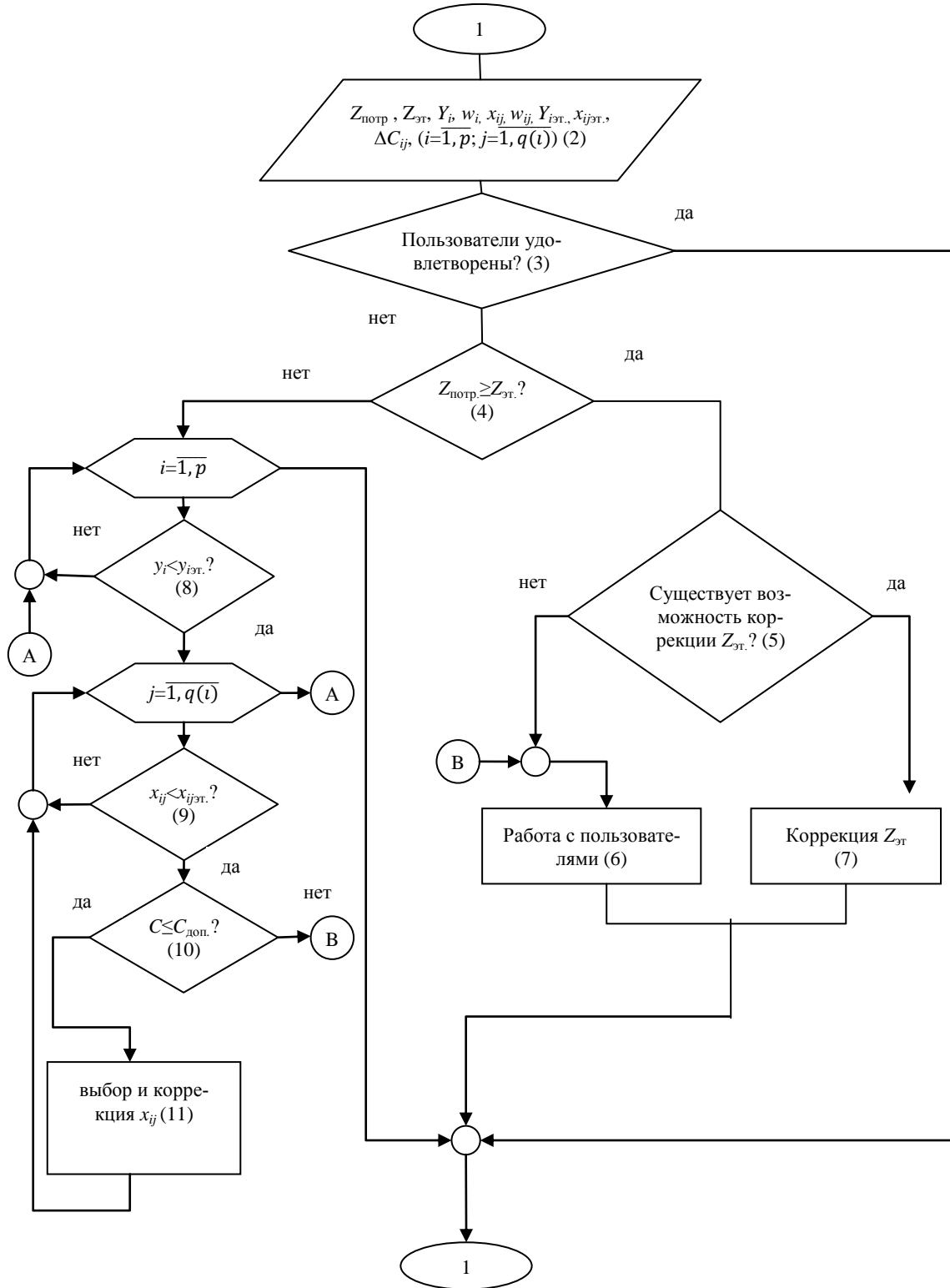


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма работы блока анализа

Коррекцию показателей качества предлагается проводить с использованием следующего метода улучшения качества услуг, состоящего из последовательных этапов.

Учитывая, что Z – функция, определенная в соответствии с (1), необходимо определить компонент качества, а также показатели, влияющие на данный компонент качества, коррекция которых позволит достигнуть максимального повышения степени удовлетворенности пользователей услугой. С этой целью проводится моделирование на основании нечеткого логического вывода с различными вариантами изменений и определяется, какие изменения в рамках допустимых затрат приведут к оптимальному результату. Таким образом, задача принимает вид:

$$Z \rightarrow \max \quad (3)$$

При условии:

$$C = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{q(i)} C_{ij} \leq C_{\text{доп}} \quad (4)$$

Здесь Z – функция цели – степень удовлетворенности пользователей услугой; C_{ij} – затраты, необходимые для изменения значения показателя x_{ij} (в сумме общие затраты C не могут превышать определенный допустимый предел $C_{\text{доп}}$); p – количество рассматриваемых компонентов качества; $q(i)$ – количество рассматриваемых показателей качества i -го компонента.

Отметим, что процесс максимизации функции цели (3) представляется последовательностью этапов, на каждом из которых необходимо найти тот показатель качества, улучшение значения которого даст наибольший «удельный» выигрыш в приросте показателя Z , иными словами – наибольший прирост на единицу стоимости.

Допустим, пользователи не удовлетворены несколькими показателями x_{ij} . Необходимо сравнить фактические значения показателей с эталонными. Если для некоторых показателей выполняется условие (5):

$$x_{ij} < x_{ijm} \quad (5)$$

следующим шагом будет расчет затрат на коррекцию данных показателей. Осуществляется расчет относительной величины γ_{ij} изменений, или соотношения произведенного эффекта по улучшению качества услуг к необходимым для этого затратам ресурсов:

$$\gamma_{ij} = w_{ij} \frac{x_{ij}(k+1) - x_{ij}(k)}{\Delta C_{ij} * x_{ij}(k)} \quad (6)$$

Здесь γ_{ij} – относительная величина, характеризующая прирост показателя качества x_{ij} на единицу стоимости; k – номер этапа; ΔC_{ij} – затраты на изменение значения показателя x_{ij} ($i = \overline{1, p}$; $j = \overline{1, q(i)}$).

Необходимо на каждом этапе для всех требующих коррекции показателей качества x_{ij} просчитать значение γ_{ij} и выбрать максимальное. Таким образом, изменение (улучшение) показателя

x_{ij} обеспечивает наибольший «удельный» выигрыш в приросте функции цели Z .

Далее проводится моделирование с использованием иерархической нечеткой системы, в результате которого мы получаем предположительную реакцию пользователей на изменение уровня качества услуг.

В случае удовлетворенности пользователей – процесс коррекции показателей качества завершится. В случае неудовлетворенности – после каждого этапа осуществляется расчет значения C и проверка выполнения условия (4). Если значение C не превышает $C_{\text{доп}}$, то процесс в соответствии с выражением (6) осуществляется до тех пор, пока пользователи не будут удовлетворены качеством услуг, либо когда условие (4) не будет выполняться.

Таким образом будут откорректированы те показатели, изменение которых приведет к максимально положительному результату в рамках допустимых затрат.

При этом границы коррекции показателей качества услуг обуславливаются как внутренними возможностями сети, так и внешними – рекомендациями и нормами международных организаций стандартизации.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная система управления качеством услуг в сетях следующего поколения позволяет максимально эффективно учитывать мнение пользователей. Использование для определения степени удовлетворенности пользователей услугами методов нечеткой логики дает возможность учесть как технические аспекты работы сети, так и пользовательские оценки качества предоставляемых услуг, а также провести моделирование пользовательского отклика на изменение значений показателей качества. Применение предложенного метода позволяет найти именно те показатели качества, улучшение которых позволит достигнуть максимального эффекта в рамках допустимых затрат. Таким образом, предложенный подход позволяет определить наиболее значимые для пользователей показатели качества услуг и поддерживать их состояние на таком уровне, при котором пользователи максимально удовлетворены качеством полученных услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. “Международный союз электросвязи (ITU)”, официальное Интернет-представительство. – Режим доступа: <http://www.itu.int> (дата обращения 27.10.2014 г.).
2. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: Контигент-Прим. – 2003. – 198 с.
3. Князева Н.А. Approach to evaluating the quality of telecommunication services in next generation networks /Н.А.Князева, А.С. Кальченко // Science and

Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – Budapest, 2014. – P.68-70.

4. **Кальченко А.С.** Повышение качества мультимедийных услуг в сетях следующего поколения с использованием методов нечеткой логики // Хо-

лодильна техніка та технологія, 51 (1). – ОНАХТ, 2015. – С.76-83.

Отримана в редакції 03.03.2015, прийнята до друку 03.07.2015

N.A. Kniazieva, A.S. Kalchenko

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine

QUALITY OF SERVICES MANAGEMENT IN THE NEXT GENERATION NETWORKS USING THE METHODS OF FUZZY LOGIC

The method of controlling the quality of services in next generation networks using the theory of fuzzy sets is presented in the paper. The algorithm of the quality of services management system is given. The proposed method of service quality management can effectively monitor and maintain the degree of users satisfaction with the services at the required level.

Keywords: *Quality of services management; Next Generation Networks; Fuzzy Logic; Algorithms*

REFERENCES

1. [Electron source] “Mezhdunarodnyy soyuz elektrosvyazi (ITU)”, ofitsial'noye Internet-predstavitel'stvo. Access mode: <http://www.itu.int> (Access data: 27.10.2014.).
2. **Shtovba, S.D.** 2003. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku. Vinnitsa: Kontinent, Prim. 198 p. (in Russian)
3. **Князева, N.A., Кальченко, A.S.** 2014. Approach to evaluating the quality of telecommunication services in next generation networks. *Science and Ed-*

ucation a New Dimension: Natural and Technical Science, 68-70.

4. **Kalchenko, A.S.** 2015. Improvement of multimedia services quality in next generation networks using fuzzy logic methods. *Kholodil'na tekhnika ta tekhnologiya* [Refrigeration engineering and technology], 51 (1), 76-83.

Doi: 10.15673/0453-8307.1/2015.31480

Received 03 March 2015

Approved 03 July 2015

Available in Internet 30.08.2015