

РОЗДІЛ 4

АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНІ
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.391:681.5

А.С. КальченкоУчебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. Мартыновского В.С.
Одесской государственной академии пищевых технологий, ул. Дворянская, 1/3, Одесса, 65082**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УСЛУГ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

В работе представлена модель определения степени удовлетворенности пользователей качеством услуг, основанная на нечетком логическом выводе по базе лингвистических правил, сформулированных на основе пользовательских оценок. Предложенный подход может использоваться для экстраполяции и прогнозирования степени удовлетворенности пользователей качеством услуг в условиях ограниченного статистического материала.

Ключевые слова: Качество услуг – Сети следующего поколения – Нечеткая логика

А.С. КальченкоНавчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. Мартиновського В.С.
Одеської національної академії харчових технологій, вул. Дворянська, 1/3, Одеса, 65082**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ПОСЛУГ В МЕРЕЖАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

В роботі представлена модель визначення ступені задоволеності користувачів якістю послуг, основана на нечіткому логічному виводі по базі лінгвістичних правил, сформульованих на основі оцінок користувачів. Запропонований підхід може використовуватись для екстраполяції та прогнозування ступені задоволеності користувачів якістю послуг в умовах обмеженого статистичного матеріалу.

Ключові слова: Якість послуг – Мережі наступного покоління – Нечітка логіка

DOI: 10.15673/0453-8307.1/2015.31480



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ВВЕДЕНИЕ

Сети следующего поколения (Next generation networks, NGN) представляют собой единую транспортную платформу, на базе которой объединяются различные виды услуг. Одним из основных аспектов, который должен приниматься во внимание при проектировании NGN, является обеспечение соответствующего качества обслуживания (Quality of services, QoS). С внедрением сетей следующего поколения преобладающим становится подход к заданию уровня обслуживания на основании требований самих абонентов к качеству услуг. В используемых в настоящее время системах управления качеством услуг внимание в основном уделяется техническим показателям работы сети. Актуальной является разработка усовершенствованной системы управления качеством услуг в NGN, учитывающей требования пользователей. Для этого удобно использовать методы искусственного интеллекта.

Существуют примеры успешного примене

ния методов искусственного интеллекта в управлении качеством услуг. В [1] предложена система оценки QoS, использующая комбинацию методов нечеткой кластеризации Fuzzy C-means (FCM), классифицирующих параметры качества в три кластерных центра, и регрессионную модель, которая комбинирует параметры качества работы сети для каждого центра сгенерированных кластеров и производит единое значение, которое представляет общее качество услуги. В [2] проанализированы различные модели для измерения и мониторинга качества передачи голоса при использовании Random Neural Networks (RNN). В [3] представлен метод управления качеством для приложений реального времени: нейронные сети обеспечивают раннее и точное предсказание времени выполнения неконтролируемых акций, что позволяет выбирать адекватные параметры уровня качества. В [4] описывается искусственная нейронная сеть (многослойный перцептрон), предсказывающая уровень удовлетворения пользователей банковскими услугами с очень низким уров-

нем ошибки. В [5] комбинация двух видов нейронных сетей: сети Кохонена и многослойного персептрона (MLP) были использованы для анализа и оценки QoS для VoIP трафика. Однако в данных исследованиях внимание уделяется в основном техническим показателям работы сети, таким как джиттер, задержка и коэффициент потери пакетов.

В настоящее время все большее распространение приобретают мультимедийные услуги, которые должны обладать возможностью гибкой настройки в соответствии с требованиями пользователей. Именно для мультимедийных услуг одной из важнейших характеристик является степень удовлетворенности пользователей качеством услуг [6]. Таким образом, создание системы оценки качества мультимедийных услуг, учитывающей как технические характеристики работы сети, так и мнение пользователей, является актуальной задачей.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе предложена система оценки качества услуг на основе использования методов нечеткой логики, поскольку именно эти методы позволяют наиболее эффективно оценить мнение

пользователей. 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 [7].

Согласно рекомендации МСЭ-Т E.802 для оценки качества мультимедийных услуг применима модель четырех рынков [6], в которой учитывается разделение между транспортным уровнем и уровнем услуг. В этом случае за транспорт, обеспечение и контент, а также за предоставление оконечного оборудования могут нести ответственность разные стороны. Общее качество обслуживания (воспринимаемое пользователем) является сочетанием различных элементов, работающих независимо друг от друга.

Данная модель позволяет проводить отдельное обследование этих различных элементов и определять соответствующие критерии качества для соответствующих видов услуг. Так, для обеспечения требуемого уровня качества мультимедийных услуг – это комплекс действий, охватывающий создание контента, управление услугой, сеть доставки и клиентское оборудование (рисунок 1).

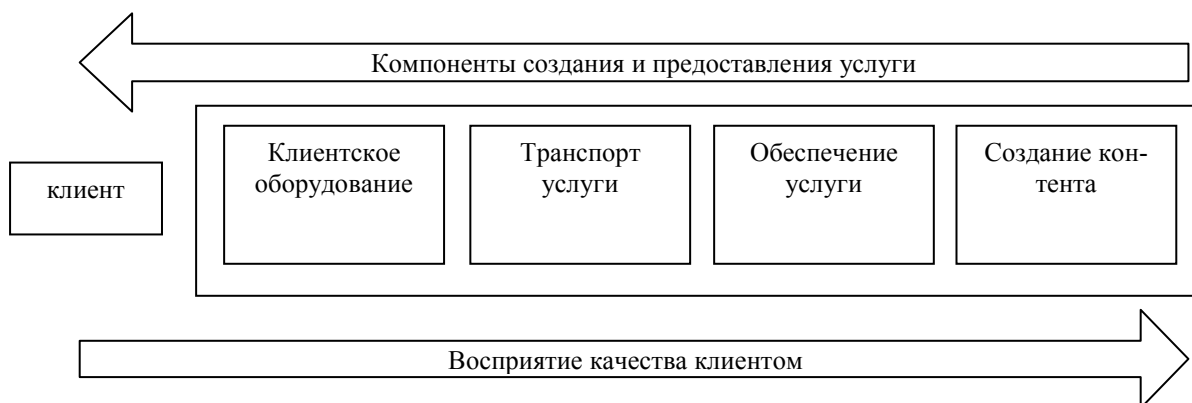


Рисунок 1 – Модель четырех рынков

Оценка качества услуги включает в себя как объективную оценку сетевых характеристик, так и субъективную экспертную и пользовательскую оценку. В [8] представлена методика определения комплексного показателя качества. Коэффициент удовлетворенности пользователей услугой определяется как сумма средних значений показателей удовлетворенности по влияющим на качество и доступность обслуживания факторам, взвешенных с учетом значимости этих факторов. При этом исходные данные для расчетов получены путем опроса пользователей.

Для стабильной работы сети необходимо отслеживание степени удовлетворенности пользователей услугами в зависимости от изменения состояния сети. Преобразование пользовательских оценок в показатели удовлетворенности качеством

услуг наиболее целесообразно осуществлять, используя соответствующие математические модели. В настоящей работе предложено для формирования математической модели использовать теорию нечетких множеств.

Исходя из модели четырех рынков, для определения степени удовлетворенности пользователей услугой следует учитывать значения всех компонентов качества услуги: создание контента, обеспечение услуги, транспорт услуги и клиентское оборудование. Учитывая это, а также то, что показатель по каждому из компонентов, в свою очередь, зависит от множества критериев, реализацию данной структуры предложено представлять как иерархическую систему нечеткого продуктивного вывода (рисунок 2).

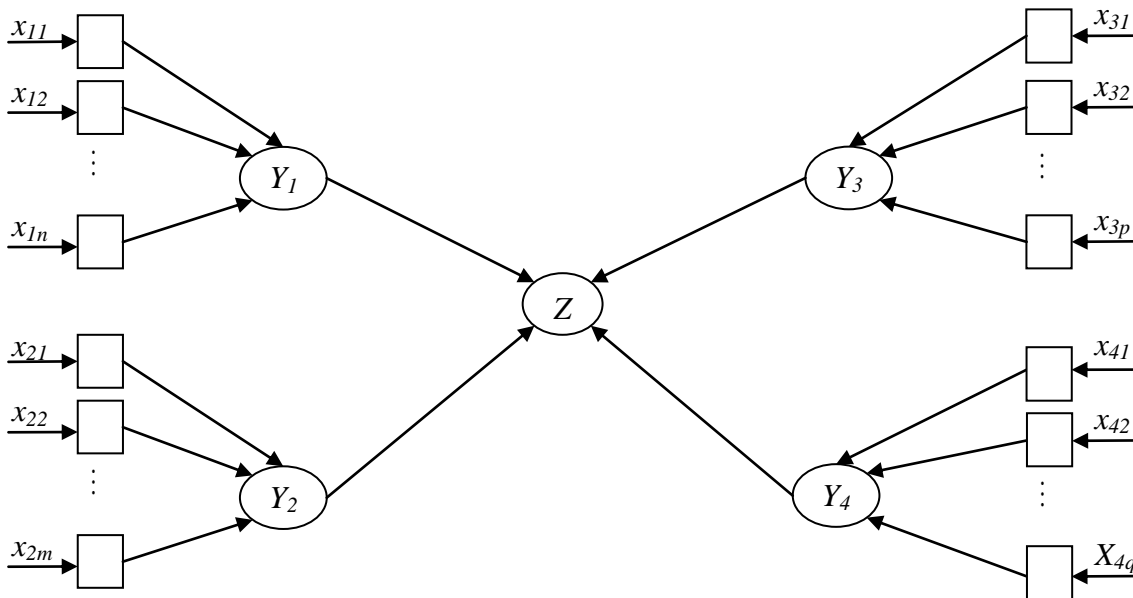


Рисунок 2 – Иерархическая структура системы определения степени удовлетворенности пользователей услугой

Здесь Y_1 – показатель по компоненту «Создание контента»; Y_2 – показатель по компоненту «Транспорт услуги»; Y_3 – показатель по компоненту «Обеспечение услуги»; Y_4 – показатель по компоненту «Клиентское оборудование»; Z – итоговый показатель качества услуги; x_{ij} – критерии качества (здесь i – номер компонента, j – номер критерия в i -м компоненте); n – количество критериев оценки компонента Y_1 ; m – количество критериев оценки компонента Y_2 ; p – количество критериев оценки компонента Y_3 ; q – количество критериев оценки компонента Y_4 .

В общем случае нечеткая модель должна содержать следующие блоки [9]:

- фаззификатор – преобразует фиксированный вектор влияющих факторов (X) в вектор нечетких множеств, необходимых для выполнения нечеткого логического вывода;
- нечеткая база знаний – содержит информацию о зависимости $Y=f(X)$ в виде лингвистических правил типа ЕСЛИ — ТО;
- машина нечеткого логического вывода – на основе правил базы знаний определяет значение выходной переменной в виде нечеткого множества, соответствующего нечетким значениям входных переменных;
- дефаззификатор – преобразует выходное нечеткое множество в четкое число.

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

Модель представляет функциональное отображение вида:

$$X = \{X_1(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}), X_2(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m}), \dots, X_4(x_{41}, x_{42}, \dots, x_{4q})\} \rightarrow Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_4\} \rightarrow Z,$$

где X – вектор влияющих факторов.

В иерархических системах выход одной базы знаний подается на вход другой базы знаний. Особенностью нечеткого логического вывода по иерархической базе знаний является отсутствие процедур дефаззификации и фаззификации для промежуточных переменных (Y_1, Y_2, \dots, Y_4). Результат логического вывода в виде нечеткого множества напрямую передается в машину нечеткого логического вывода следующего уровня иерархии [9].

На первом уровне иерархии определяется значение, которое достиг каждый из компонентов качества услуги (Y_1, Y_2, \dots, Y_4). На втором уровне иерархии в зависимости от значений, достигнутых по каждому из четырех компонентов, определяется итоговый показатель Z – степень удовлетворенности пользователей услугой.

III. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ

Для реализации экспертной системы выполнено моделирование с использованием инструментов Fuzzy Logic Toolbox.

Рассмотрим оценку QoS на примере услуги «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки». В таблице 1 определены критерии QoS согласно модели четырех рынков [6].

Таблица 1 – Критерии QoS услуги «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки» согласно модели четырех рынков.

создание контента (Y_1):	транспорт услуги (Y_2):
<ul style="list-style-type: none"> актуальность контента (x_{11}); техническое качество исходного контента (x_{12}); популярность контента и исполнителей (x_{13}); возможность преобразования исходного контента в другие форматы с минимальными искажениями (x_{14}); аспекты противодействия пиратству и соблюдения прав интеллектуальной собственности (x_{15}); 	<ul style="list-style-type: none"> полоса пропускания (x_{21}); сетевая задержка (x_{22}); вариация задержки и ошибки (x_{23}); коллизии (x_{24}); двусторонняя задержка *сервер + приложение + сеть + (x_{25}); искажения (x_{26});
обеспечение услуги (Y_3):	клиентское оборудование (Y_4):
<ul style="list-style-type: none"> простота навигации при поиске музыки (x_{31}); безопасность (x_{32}); корректность условий контрактов (x_{33}); ценовая политика, виды тарификации (x_{34}); поддержка клиентов (x_{35}); 	<ul style="list-style-type: none"> простота выбора и воспроизведения (x_{41}); простота навигации и загрузки (x_{42}); емкость запоминающего устройства (x_{43}); качество воспроизведения (x_{44}); эргономика устройств (x_{45});

Иерархическая структура системы определения степени удовлетворенности пользователей

услугой «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки» представлена на рисунке 3.

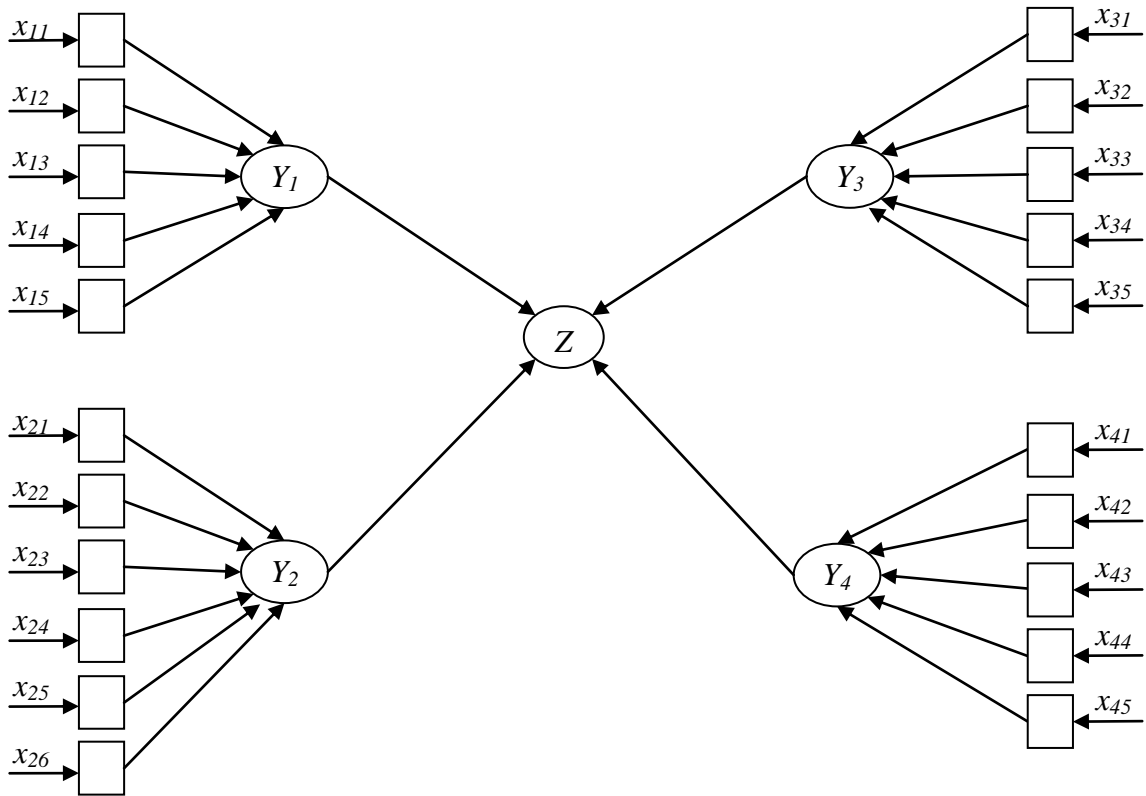


Рисунок 3 – Иерархическая структура системы определения степени удовлетворенности пользователей услугой «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки».

Уровень качества услуги «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки» определяется множеством критериев (таблица 1), в соответствии с которыми определены входные параметры системы нечеткого продуктивного вывода – лингвистические переменные x_{ij} . Для каждой перемен-

ной определены терм-множества; для всех переменных выбраны пределы значений [1,5]. Пример определения терм-множеств и пределов значений лингвистических переменных приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Определение терм-множеств для лингвистических переменных системы нечеткого продуктивного вывода.

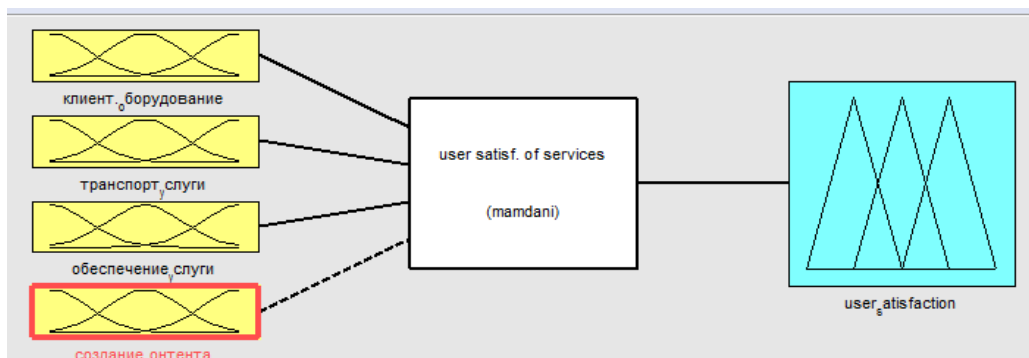
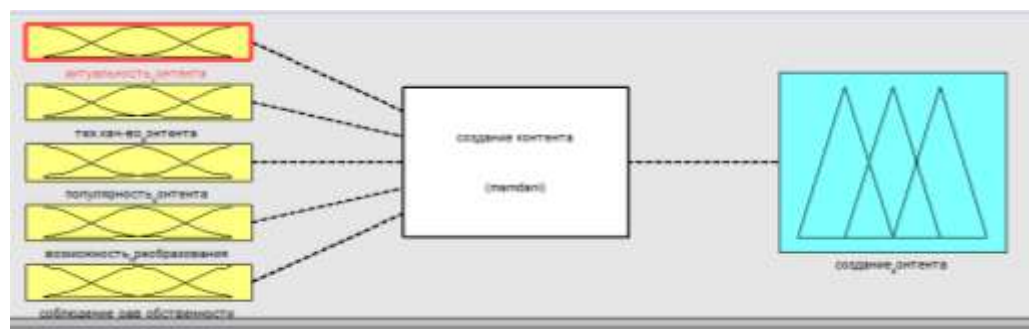
X	x_{11}	Имя переменной	актуальность контента
		Терм множество	[отличная, хорошая, средняя, низкая, неудовлетворительная]
		Пределы значений	[1,5]
	x_{12}	Имя переменной	техническое качество исходного контента
		Терм множество	[отличное, хорошее, среднее, низкое, неудовлетворительное]
		Пределы значений	[1,5]
	x_{13}	Имя переменной	популярность контента и исполнителей
		Терм множество	[чрезвычайно популярен, популярен, достаточно популярен, не очень популярен, не популярен]
		Пределы значений	[1,5]
... и т.д.			
Y	Y_1	Имя переменной	создание контента
		Терм множество	[отличное, хорошее, среднее, низкого качества, неудовлетворительное]
		Пределы значений	[1,5]
	... и т.д.		
Z		Имя переменной	Удовлетворенность пользователей качеством услуг
		Терм множество	[отличная, хорошая, средняя, низкая, плохая]
		Пределы значений	[1,5]

На рисунке 4 показана структура верхнего уровня иерархии системы нечеткого продуктивного вывода. На рисунке 5 показана структура подсистемы определения компонента Y_1 «Создание контента». Полученное значение затем подается на вход системы верхнего уровня иерархии.

Остальные показатели по каждому из рынков определяются аналогично.

Для формирования продуктивной системы нечеткого вывода применен алгоритм Мамдани. На этапе фаззификации входных переменных на

основе пользовательских оценок (размер выборки – 300 пользователей возрастной группы 15, ..., 75 лет) построены функции принадлежности для всех терм-множеств. На рисунке 6 приведены графики функций принадлежности для терм-множеств входной переменной Y_4 «Клиентское оборудование». Пример графического образа зависимости Z – степени удовлетворенности пользователей в системе координат: входные переменные: «Транспорт услуги», «Создание контента» показан на рисунке 7.

**Рисунок 4** – Структура системы нечеткого продуктивного вывода**Рисунок 5** – Структура подсистемы нечеткого продуктивного вывода для компонента Y_1 «Создание контента»

В результате моделирования определено, что наибольшее влияние на степень удовлетворенности пользователей услугой «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки» оказывают компоненты Y_2 «Транспорт услуги» и Y_1 «Создание контента». Чем важнее показатель качества услуги для пользователей, тем меньше вариаций в значении данного показателя качества предоставляемой услуги они готовы принять. Кроме того, система

позволяет определить, какие критерии по каждому из компонентов оказывают наибольшее влияние на результат. Из рисунка 8 видно, что на показатель компонента Y_3 «Обеспечение услуги» «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки» больше всего влияют критерии качества x_{34} «ценовая политика, виды тарификации» и x_{31} «простота навигации при поиске музыки».

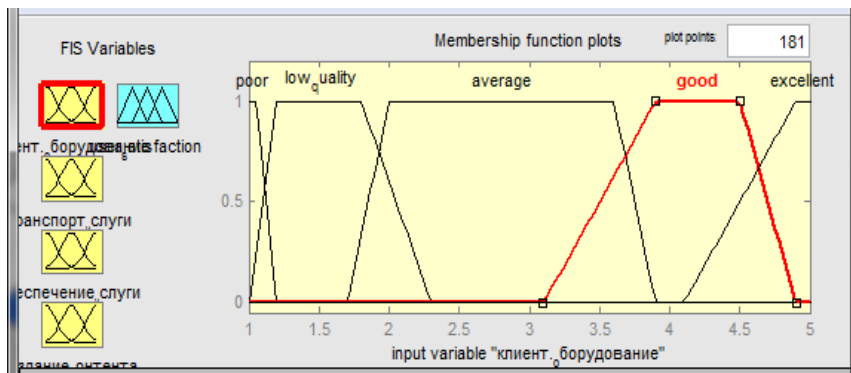


Рисунок 6 – Графики функций принадлежности для терм-множеств входной переменной Y_4 «Клиентское оборудование».

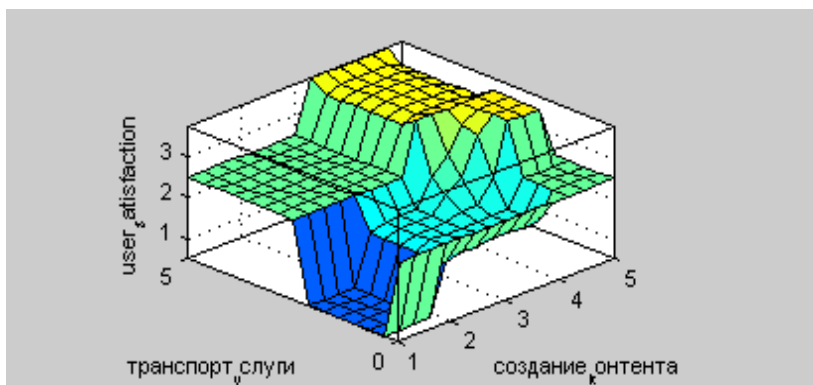


Рисунок 7 – Пример использования программы просмотра поверхности нечеткого вывода системы MATLAB при анализе результатов работы экспертной системы для переменных Y_2 «Транспорт услуги» и Y_1 «Создание контента».

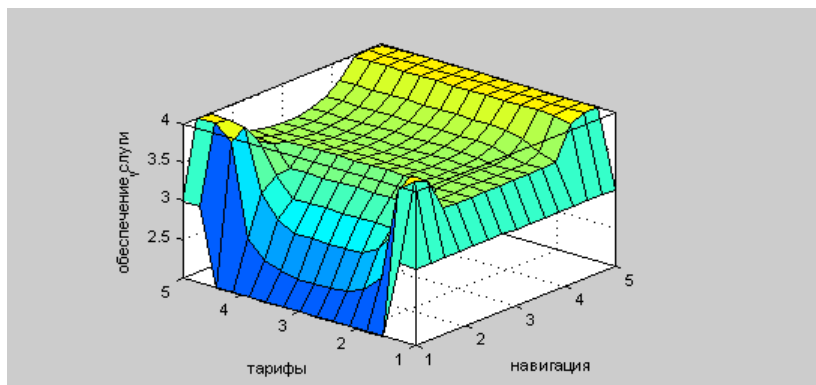


Рисунок 8 – Пример использования программы просмотра поверхности нечеткого вывода системы MATLAB при анализе результатов работы экспертной системы для переменных x_{34} «ценовая политика, виды тарификации» и x_{31} «простота навигации при поиске музыки» компонента Y_2 «Обеспечение услуги».

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена модель определения степени удовлетворенности пользователей услугами, которая позволяет учесть пользовательские оценки качества предоставляемых услуг на основании определения четырех компонентов создания и обслуживания услуги с использованием методов нечеткой логики. Модель представляет собой иерархическую структуру, которая содержит основные компоненты качества услуги, для каждого из которых представлены соответствующие критерии качества. На основании предложенной модели выполнена оценка пользовательского восприятия услуги «онлайн-воспроизведения и скачивания музыки». Моделирование выполнено в среде MATLAB с использованием инструментов Fuzzy Logic Toolbox. Выполненное моделирование дало возможность ответить на вопрос, какие критерии качества максимально влияют на степень удовлетворенности пользователей услугой в данной группе пользователей, т.е. какие критерии требуют наиболее пристального внимания со стороны поставщика услуг, и таким образом заблаговременно получить представление об изменении степени удовлетворенности пользователей услугой в зависимости от изменения уровня показателя качества, достигаемого по тому или иному критерию QoS. При необходимости количество критериев качества, влияющих на итоговый показатель, может быть с легкостью изменено.

Данная модель может быть использована для оценки качества различных услуг связи, однако наиболее целесообразно ее применение для мультимедийных услуг, поскольку именно они являются наиболее сложными в пользовательском восприятии и управлении их качеством.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Radhakrishnan K., Larijani H.** Evaluating perceived voice quality on packet networks using different random neural network architectures // Performance Evaluation. – Vol. 68, Issue 4. – April 2011. – P. 347–360.
2. **Jaber, M., Combaz J., Strus, L., Fernandez, J.-C.** Using neural networks for quality management // Emerging Technologies and Factory Automation, 2008. ETFA 2008. IEEE International Conference. – 2008. – P. 1441-1448.
3. **Golmohammadi A., Jahandideh B.** Prioritizing Service Quality Dimensions: A Neural Network Approach. // World Academy of Science, Engineering & Technology. – Issue 42. – 2010. – P.602-605.
4. **Dogman A., Saatchi R., Al-Khayatt S.** Quality of Service Evaluation using a Combination of Fuzzy C-Means and Regression Model // International journal of electronics and electrical engineering. – Vol.6, No.1 – 2012. – P. 58-65.
5. **Dogman A., Saatchi R., Al-Khayatt S.** Evaluation of computer network Quality of Service using neural networks // Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2012 IEEE Symposium. – 2012. – P.217-222.
6. “Международный союз электросвязи (ITU)”, официальное Интернет-представительство. – Режим доступа: <http://www.itu.int> (дата обращения 27.10.2014 г.).
7. **Князева Н.А.** Оценка качества услуг связи с позиций удовлетворенности потребителей /Н.А.Князева, А.С. Кальченко // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – Budapest, 2013. – P. 156-161.
8. **Леоненков А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2005. – 736 с.
9. **Штовба С.Д.** Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: Континент-Прим. – 2003. – 198 с.

A.S. Kalchenko

Odessa National Academy of Food Technologies,
V. S. Martynovsky Educational-Scientific Institute of Refrigeration, Cryotechnologies, and Ecoenergy, 1/3
Dvoryanskaya Str., Odessa, 65082, Ukraine

IMPROVEMENT OF MULTIMEDIA SERVICES QUALITY IN NEXT GENERATION NETWORKS USING FUZZY LOGIC METHODS

The paper presents a model for determining the degree of user satisfaction with quality of services, based on fuzzy inference on the basis of linguistic rules which are formulated based on user ratings. Proposed model is based on the fuzzy logic methods, because these methods allow evaluating user opinion most effectively. The model is a hierarchical structure that contains the main components of the service quality. For each of the components corresponding quality criteria are represented. On the basis of the proposed model user perception for music streaming and download service was estimated. Simulation was performed in MATLAB using the instruments of Fuzzy Logic Toolbox. The simulation enabled to answer the question which components of the quality of service and which quality criteria cause the maximum effect on the degree of user satisfaction with the service. Moreover, proposed model enables to get in advance an idea of the variation of the degree of satisfaction of a user of a service depending on changes in the level achieved by a particular quality criterion. The number of quality criteria that affect the final index can be easily changed if necessary. The proposed approach can be used to extrapolate and predict the degree of user satisfaction with quality of services on a limited statistical material.

Keywords: Quality of services – Next generation networks – Fuzzy logic

REFERENCES

1. **Radhakrishnan, K., Larijani, H.** 2011. Evaluating perceived voice quality on packet networks using different random neural network architectures. *Performance Evaluation*, Vol. 68, Issue 4, 347–360. doi:10.1016/j.peva.2011.01.001
2. **Jaber, M., Combaz J., Strus, L., Fernandez, J.C.** 2008. Using neural networks for quality management Emerging Technologies and Factory Automation, 2008. ETFA 2008. *IEEE International Conference*. P. 1441-1448. doi: 10.1109/ETFA.2008.4638586
3. **Golmohammadi, A., Jahandideh, B.** 2010. Prioritizing Service Quality Dimensions: A Neural Network Approach. *World Academy of Science, Engineering & Technology*, Issue 42, 602–605. doi: 10.1108/09604520710817325
4. **Dogman, A., Saatchi, R., Al-Khayatt, S.** 2012. Quality of Service Evaluation using a Combination of Fuzzy C-Means and Regression Model. *International journal of electronics and electrical engineering*, Vol.6, No.1, 58–65.
5. **Dogman, A., Saatchi, R., Al-Khayatt, S.** 2012. Evaluation of computer network Quality of Service using neural networks. Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2012 IEEE Symposium. – P. 217-222. doi: 10.1109/isbeia.2012.6422873
6. “Mezhdunarodnyy soyuz elektrosvyazi (ITU)”, ofitsial'noye Internet-predstavitel'stvo. – Access mode: <http://www.itu.int> (access data: 27 Oktober 2014).
7. **Knyazeva, N.A., Kal'chenko, A.S.** 2013. *Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science*. Budapest, – P. 156-161.
8. **Leonenkov, A.V.** 2005. – SPb: BHV – Peterburg. – 736 p.
9. **Shtovba, S.D.** 2003. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku. – Vinnitsa: Kontinent-Prim. – 198 p.

Отримана в редакції 15.10.2014, прийнята до друку 17.11.2014