

УДК 330.46+51-77

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

<sup>1</sup>Герасимова Е.К., <sup>2</sup>Горемыкина Г.И., <sup>2</sup>Мастяева И.Н.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: ost\_elena@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)», Москва, e-mail: g\_iv.05@mail.ru

Представлена разработка системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети, позволяющей обеспечивать функционирование сети в рамках определённых параметров качества на всём протяжении, независимо от её масштабов и используемых протоколов. Для создания такой системы предложена методология нечёткого моделирования. Она включает метод оценки качества на основе нечёткой модели, а также метод принятия решений об управлении качеством на основе его количественной оценки. В предлагаемой системе применена схема нечёткого вывода по Мамдани по экспертным нечётким базам знаний. Процесс разработки системы реализован в программной среде *MatLab* с использованием пакета *Fuzzy Logic Toolbox* и интерактивного модуля *fuzzy*. Даны практические рекомендации по методике построения указанной системы и проведено моделирование её параметров. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования построенной системы как универсального средства для определения оценки качества корпоративной информационно-вычислительной сети, а также возможности формирования комплекса мер по повышению указанного качества.

**Ключевые слова:** нечёткое моделирование, нечётко-логическая система, оценка качества

## CREATING OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CORPORATE INFORMATION-COMPUTER NETWORK

<sup>1</sup>Gerasimova E.K., <sup>2</sup>Goremykina G.I., <sup>2</sup>Mastyayeva I.N.

<sup>1</sup>Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: ost\_elena@mail.ru;

<sup>2</sup>Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, Moscow, e-mail: g\_iv.05@mail.ru

The development of quality management system of corporate information network is presented. The system maintains a network within defined quality parameters throughout, regardless of its scope and the used protocols. The methodology of fuzzy modeling is proposed to create such a system. It includes method of evaluation of quality based on fuzzy model, as well as decision-making method of quality management based on its quantification. There are practical recommendations concerning the methods of construction of the mentioned system and the modeling of the system parameters is provided. In the proposed system the plan of a fuzzy conclusion according to Mamdani is applied using expert fuzzy knowledge bases. The process of developing the system is implemented in *Matlab* software environment using the package *Fuzzy Logic Toolbox* and interactive module *fuzzy*. The practical importance of this investigation is in the possibility of using the system as universal means to define the evaluation of quality of corporate information-computer network. The investigation also gives the opportunities for complex measures to improve the quality.

**Keywords:** fuzzy modeling, fuzzy-logic system, evaluation of quality

Одним из основных направлений информатизации является создание и дальнейшее совершенствование корпоративной информационно-вычислительной сети (сокращённо КИВС). Указанная сеть является сложной технической программно-аппаратной системой с разветвлённой инфраструктурой и транспортными средствами передачи информации. Например, КИВС, реализованная в рамках Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ), представляет собою мультисервисную информационную среду, объединяющую все учебные и административные корпуса, а также студенческий кампус.

К качеству сетевой инфраструктуры и параметрам соглашения об уровне сетевых сервисов предъявляются повышенные требования. Как правило, администраторов корпоративных сетей или сетевых интеграторов интересует поиск рациональных вариантов решения задачи оптимизации сети

для повышения качества её работы [2]. Поиск заключается в анализе (измерении, диагностике, локализации ошибок) и синтезе (принятии решения о том, какие изменения надо внести в работу сети). При этом задача анализа требует более активного участия человека и использования таких сложных средств, как экспертные системы, которые интегрируют практический опыт многих специалистов данной области. Задача же синтеза рационального варианта по оценке качества сети чаще всего связана с выбором большого и разнородного множества параметров. Задача усложняется, когда решение приходится принимать при использовании информации высокой степени гранулированности. Такая ситуация возникает очень часто, так как причины, влияющие на выбор, в целом носят не только технический характер, но и зависят от ряда обстоятельств, имеющих коммерческий, политический и тому подобный характер.

**Цель исследования** – создание нечётко-логической системы оценки и управления качеством КИВС. Для достижения поставленной цели сформулирована и решена следующая задача. Разработать методологию нечёткого моделирования оценки и управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети, включающую метод оценки качества на основе нечёткой модели, позволяющий для количественной переменной формировать лингвистическое представление в естественно-языковых категориях; а также метод принятия решений об управлении качеством на основе его количественной оценки.

Процесс разработки системы был реализован в *MatLab* с использованием пакета *Fuzzy Logic Toolbox* и интерактивного модуля *fuzzy*. Выбор *MatLab* обусловлен его высокой эффективностью вычислений и визуализацией результатов, а также имеющимся опытом работы авторов проектируемой системы с данным пакетом [1, 2, 3].

#### Постановка задачи

Многие предприятия имеют свои филиалы практически по всей территории страны. По мере роста бизнеса, развития предприятия, увеличения численности персонала, повышения требований к организации связи между офисами становится актуальным вопрос об объединении всех существующих ресурсов в единую корпоративную сеть. При этом одного объединения и создания корпоративной сети для эффективной работы предприятия на протяжении хотя бы пяти-десяти лет недостаточно. Необходимо, во-первых, коррелировать направление развития КИВС предприятия с развитием научно-технического прогресса, с развитием всего сетевого мира, а во-вторых, найти компромисс между потребностями предприятия в обработке циркулирующей информации, его финансовыми возможностями и возможностями сетевых и информационных технологий в настоящем и будущем.

Предприятие имеет распределённую структуру и хочет повысить организацию связи и передачу данных в свои подразделения путём построения корпоративной сети. Перед авторами была поставлена следующая задача. Необходимо разработать систему оценки и управления качеством проектируемой КИВС. Под системой оценки и управления качеством понимается система конфигурации, которая позволяет оценить качество и описать политику качества сети, с помощью определения классов сервиса, параметров, норм и действий в случае их нарушения. Согласно Серии Международных Стандартов ISO 9000, качество – это сово-

купность свойств системы, позволяющих удовлетворять потребностям и ожиданиям потребителя. На современном этапе предъявляют высокие требования к готовности сети, её пропускной способности и интеллектуальности, то есть способности гибко и качественно обрабатывать трафик различного типа (данные, голос, видео). Предприятие выдвигает следующие требования к проектируемой сети: интеграция с существующими сетями, другими технологиями и обеспечение совместимости продукции различных фирм-производителей; расширение видов услуг, прежде всего передачи голоса, данных бизнес-приложений, конференцсвязь, видео-конференцсвязь и др.; возможность предоставления канала связи с гарантированными значениями (возможность управления качеством обслуживания); обеспечение высоких скоростей передачи информации и малое время задержки сигнала; достаточный запас по основным техническим параметрам для развития КИВС по меньшей мере на ближайшие пять-десять лет.

Подход к решению данной задачи может быть самым разным и в очень большой степени зависит от конкретных предпочтений предприятия. Необходимо найти наилучший вариант с точки зрения качества функционирования, который обеспечивал бы на всём протяжении сети, независимо от её масштабов и используемых протоколов, циркуляцию данных в рамках определённых параметров качества. Для этого были выявлены основные параметры, определяющие качество КИВС. Ими, по мнению экспертов, стали: готовность сети (*availability*); пропускная способность (*throughput*); задержка (*delay*); вариация задержки (*jitter*); потери пакетов (*packet loss*). Ниже приводится краткая характеристика каждого из указанных параметров.

Готовность сети – доступность сетевого ресурса в течение всего срока эксплуатации. Готовность сети оценивается временем простоя предприятия в год: чем меньше время простоя, тем выше готовность сети. Время простоя в результате выхода из строя или ухудшения работы сети отражается непосредственно на доходах предприятия. Пропускная способность – это максимально возможная скорость передачи информации в сети. Она является одним из основных параметров, так как для корпоративных сетей характерна неравномерная структура трафика, всплески и падения. Поэтому если порт небольшой пропускной способности, то в те моменты, когда трафик велик и сеть испытывает нагрузки, качество передачи будет падать. Задержка характеризует интервал между приёмом и передачей

пакетов. Вариация задержки – параметр, описывающий возможные отклонения от времени задержки при передаче пакетов. Потери пакетов возникают, когда один или более пакетов с данными, передаваемыми по сети, не доходит до своего адресата.

К изменениям этих параметров сетевые сервисы чувствительны в разной степени. В моменты перегрузок в сети параметры начинают ухудшаться, и в итоге страдают все критически важные сетевые сервисы. Специалисты предприятия предполагают реализовать политику дифференцированного обслуживания трафика сетевых сервисов (Quality of Service, сокращённо QoS), что позволит обеспечить функционирование критических сервисов за счёт ограничения трафика менее важных сетевых приложений. Однако для обеспечения качественного функционирования критически важных для предприятия приложений в корпоративной сети реализации только политики дифференцированного обслуживания недостаточно. Даже при успешной работе QoS в моменты перегрузок перед компанией возникнут задачи, которые не решаются необходимой настройкой QoS. К таким задачам относятся следующие: проверить, удовлетворяют ли параметры качества установленным требованиям; выявить причины выхода какого-либо параметра за установленные пределы; определить локализацию проблемы в сети и комплекс мер по её устранению. Поэтому для обеспечения качественного функционирования сети необходим комплекс технических мер по реализации политики обслуживания сети, а также система мониторинга и управления качеством. Учитывая требования и возможности предприятия, для построения сети выбрано решение на базе услуги IP VPN (Virtual Private Network – виртуальная частная сеть), основанной на технологии MPLS (Multi Protocol Label Switching – мультипротокольная коммутация по меткам). В сети смогут функционировать любые системы, поддерживающие IP-протокол, то есть подавляющее большинство существующих приложений. К достоинствам технологии MPLS относятся гибкое определение топологии сети; возможность назначать различный приоритет пропуску трафика.

Предприятие провело классификацию трафика КИВС и, поскольку некоторые сегменты сети планируется арендовать у оператора связи, согласовало принятую классификацию с поддерживаемыми им классами обслуживания следующим образом: первый класс – класс обслуживания с высоким приоритетом – соответствует трафику видеоконференций и ряда прило-

жений, для которого задержки критичны; второй класс – класс обслуживания со средним приоритетом – соответствует трафику телефонии и приложений, для которого потери пакетов критичны; третий класс – класс обслуживания с низким приоритетом – соответствует обычному бизнес-трафику, к которому особых требований не предъявляется.

Качество работы рассматриваемой КИВС характеризуется набором технических параметров, которые условно можно разделить на параметры качества транспортировки сетевых сервисов и основные параметры качества сети. Качество транспортировки сетевых сервисов определяется параметрами: задержка, вариация задержки, потери пакетов. К основным параметрам качества отнесены: готовность сети и её пропускная способность.

### Моделирование оценки качества

Модель количественной оценки обобщённого качества  $K$  представляет собою функцию следующего вида:

$$\|K\|: X_1 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0; 1],$$

где  $X_1 \times \dots \times X_7 = \{(\Gamma, \text{ПС}, \mathcal{Z}_1, \text{ВЗ}_1, \text{ПП}_1, \mathcal{Z}_2, \text{ВЗ}_2, \text{ПП}_2, \mathcal{Z}_3, \text{ВЗ}_3, \text{ПП}_3) \mid (\Gamma \in X_1; \text{ПС} \in X_2; \mathcal{Z}_1 \in X_3; \text{ВЗ}_1 \in X_4; \text{ПП}_1 \in X_5; \mathcal{Z}_2 \in X_6; \text{ВЗ}_2 \in X_7; \text{ПП}_2 \in X_8; \mathcal{Z}_3 \in X_9; \text{ВЗ}_3 \in X_{10}; \text{ПП}_3 \in X_{11})\}$ ;  $(\Gamma, \text{ПС}, \mathcal{Z}_1, \text{ВЗ}_1, \text{ПП}_1, \mathcal{Z}_2, \text{ВЗ}_2, \text{ПП}_2, \mathcal{Z}_3, \text{ВЗ}_3, \text{ПП}_3)$  – вектор показателей обобщённого качества сети;  $\Gamma$  – готовность; ПС – пропускная способность,  $\mathcal{Z}_i, \text{ВЗ}_i, \text{ПП}_i$  – соответственно задержка, вариация задержки, потери пакетов в  $i$ -м классе,  $i = 1; 2; 3$ . Таким образом, количественной оценкой обобщённого качества КИВС является число, принадлежащее отрезку  $[0; 1]$ . Оценка  $\|K\|$  используется при принятии одного из следующих решений:  $S_1$  – улучшение качества КИВС не требуется;  $S_2$  – улучшение качества требуется и возможно;  $S_3$  – улучшение качества требуется, но оно невозможно.

Модель количественной оценки основного качества  $K_{\text{осн}}$  представляет собою функцию вида:

$$\|K_{\text{осн}}\|: X_1 \times X_2 \rightarrow [0; 1],$$

где  $X_1 \times X_2 = \{(\Gamma, \text{ПС}) \mid \Gamma \in X_1; \text{ПС} \in X_2\}$ . Модель количественной оценки качества транспортировки сетевых сервисов  $K_T$  – функция вида:

$$\|K_T\|: X_3 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0; 1],$$

где  $X_3 \times \dots \times X_{11} = \{(\mathcal{Z}_1, \text{ВЗ}_1, \text{ПП}_1, \mathcal{Z}_2, \text{ВЗ}_2, \text{ПП}_2, \mathcal{Z}_3, \text{ВЗ}_3, \text{ПП}_3) \mid \mathcal{Z}_1 \in X_3; \text{ВЗ}_1 \in X_4; \text{ПП}_1 \in X_5; \mathcal{Z}_2 \in X_6; \text{ВЗ}_2 \in X_7; \text{ПП}_2 \in X_8; \mathcal{Z}_3 \in X_9\}$

$VZ_3 \in X_{10}; \text{ПП}_3 \in X_{11}\}$ . Модель количественной оценки качества обслуживания  $K_i$  в  $i$ -м классе ( $i = 1; 2; 3$ ) – функция вида

$$\|K_i\|: \{(Z_i, VZ_i, \text{ПП}_i)\} \rightarrow [0; 1].$$

Иерархическую взаимосвязь между входными переменными, классами входных переменных и выходной переменной (интегральным показателем) представим в виде дерева логического вывода (рис. 1).



Рис. 1. Иерархическая классификация переменных

Элементы дерева интерпретируются следующим образом. Корень дерева – количественная оценка обобщенного качества  $K$ ; терминальные вершины  $\Gamma, \Pi, Z_1, VZ_1, \text{ПП}_1, Z_2, VZ_2, \text{ПП}_2, Z_3, VZ_3, \text{ПП}_3$  – частные показатели; нетерминальные вершины  $f(K_{\text{осн}}), f(K_1), f(K_2), f(K_3)$  – свертки частных показателей; дуги  $K_{\text{осн}}, K_1, K_2, K_3$  – укрупненные показатели; нетерминальные вершины  $f(K_T)$  и  $f(K)$  – свертки укрупненных показателей; дуга  $K_T$  – укрупненный показатель. Каждый частный, а также каждый укрупненный показатель рассматривается как лингвистическая переменная.

Каждая из сворок  $f(K_{\text{осн}}), f(K_1), f(K_2), f(K_3), f(K_T)$  и  $f(K)$  производится с помощью логического вывода по экспертным нечетким базам знаний типа Мамдани. При определении формы функций принадлежности, ассоциированных с каждой переменной, эксперты выбрали треугольную [5]. В качестве нечетких баз знаний, являющихся носителем экспертной информации, были сформулированы логические правила, которые выражаются в виде пар посылок и заключений типа «ЕСЛИ..., ТО...». Элементы antecedентов нечетких правил связаны логической операцией И.

#### Компьютерная реализация модели

Рассмотрим задачу оценки качества транспортировки сетевых сервисов для класса обслуживания с высоким приоритетом. Для создания СНЛВ (системы нечеткого логического вывода) запускаем в *Matlab* модуль *fuzzy*. Добавляя входные переменные, получаем следующую структуру СНЛВ: три входа (задержка, вари-

ция задержки, потери пакетов), механизм нечеткого вывода Мамдани, один выход (качество  $K_1$ ). Каждой входной и выходной переменной ставим в соответствие набор функций принадлежности (ФП) типа *trimf*. Для переменной  $Z_1$  был определен диапазон значений от 0 до 80 (единица измерения – миллисекунда). Для переменной  $VZ_1$  диапазон значений составил отрезок от 0 до 60 (единица измерения – миллисекунда). Для переменной  $\text{ПП}_1$  диапазон значений был выбран от 0 до 2 (единица измерения – процент). В качестве лингвистических термножеств переменных, исключая  $K_1$ , эксперты указали {низкая(ие), средняя(ие), высокая(ие)}. Термножество переменной  $K_1$  было задано как {неприемлемо низкое, низкое, среднее, выше среднего, высокое}. Значения выходной переменной были определены в диапазоне от 0 до 1 (единица измерения – действительное число); затем были добавлены пять ФП типа *trimf*. В качестве базы знаний были сформулированы 27 правил управления. С помощью средства просмотра правил вывода вводятся значения входных данных, отображается процесс нечеткого вывода и результат. Аналогичным образом были разработаны СНЛВ для оценок качеств  $K_2$  и  $K_3$ . Полученные значения оценок качеств  $K_1, K_2$  и  $K_3$  были введены как значения входных данных в СНЛВ для оценки качества  $K$ .

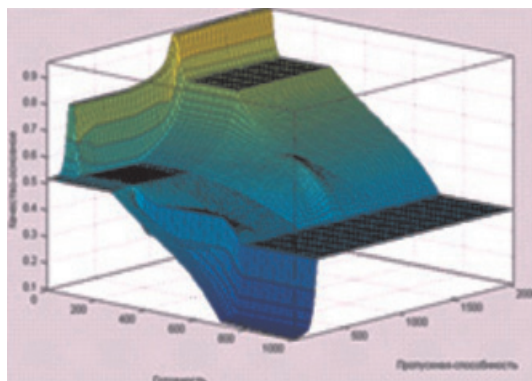
Для создания СНЛВ оценки качества  $K_{\text{осн}}$  использовались входные переменные: готовность: диапазон значений [0; 1000] (единица измерения – минута),

терм-множества {низкая, средняя, высокая} и соответствующие значения (200; 1000; 1000), (25; 53; 303), (0; 0; 65); пропускная способность: диапазон значений [64;2048] (единица измерения – кбит/с), терм-множества {низкая, средняя, высокая} и значения (64; 64; 260), (192; 768; 1200), (786; 2048; 2048). В качестве базы знаний были сформулированы девять правил управления. Поверхность вывода, соответствующая указанным правилам, приведена на рис. 2, а. Полученные зна-

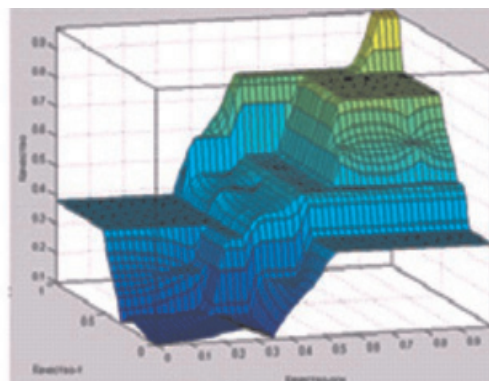
чения оценок качеств  $K_T$  и  $K_{осн}$  были введены как значения входных данных в СНЛВ для оценки обобщённого качества  $K$ . Геометрическая интерпретация полученной зависимости изображена на рис. 2, б.

**Структурная схема моделирующего алгоритма системы управления качеством**

Процесс функционирования предлагаемой системы представлен на рис. 3.



а



б

Рис.2. Карта поверхности оценки:  
а –  $K_{осн}$ ; б –  $K$

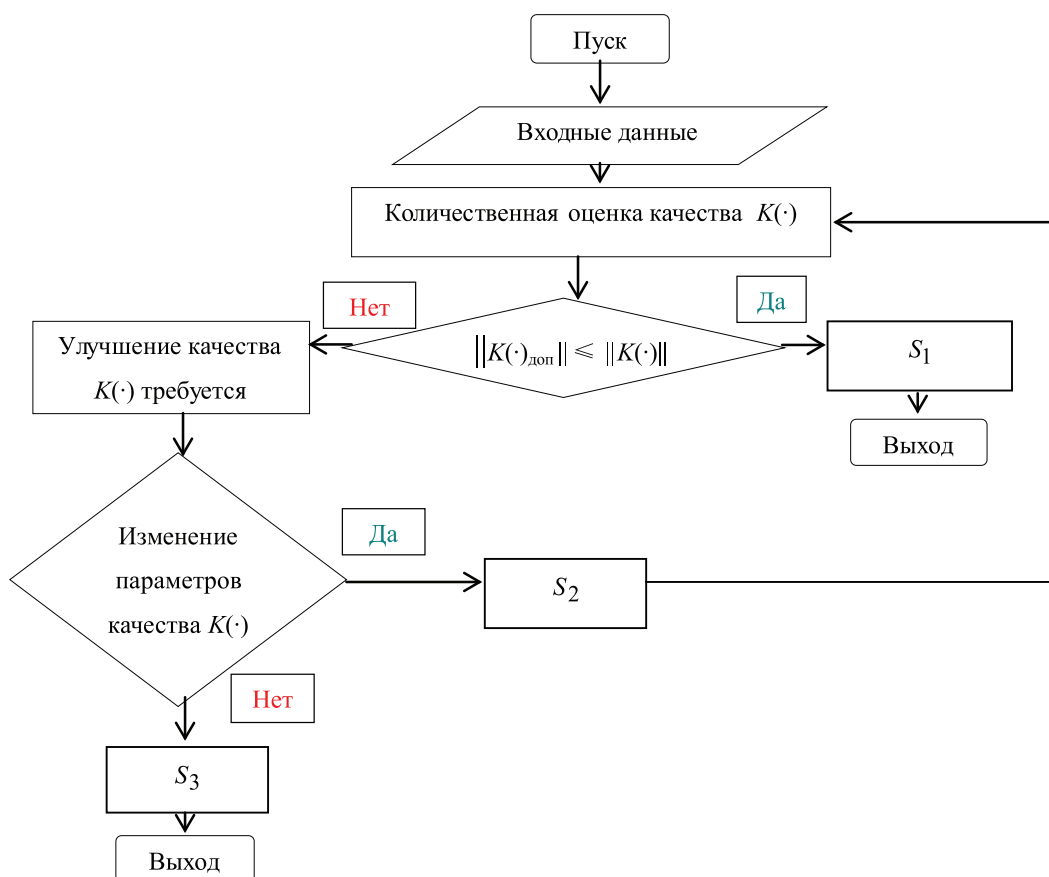


Рис. 3. Структурная схема моделирующего алгоритма системы управления качеством

В соответствии со схемой рис. 3, если условие блока « $\|K(\cdot)_{\text{доп}}\| \leq \|K(\cdot)\|$ » выполняется, то переход к блоку  $S_1$  и выход. Если же условие блока не выполняется, то необходимо провести анализ работы сети с целью повышения её качества. Для этого необходимо выяснить, какие из показателей качества можно улучшить – блок «Изменение параметров качества  $K(\cdot)$ ». Если условие этого блока выполнимо, то – переход к блоку  $S_2$  (улучшение качества сети требуется и возможно) и после изменения значений показателей – возвращение к блоку «Количественная оценка качества  $K(\cdot)$ », где производится оценка качества после проведённых мероприятий. Если корректировка показателей качества невозможна, то – переход к блоку  $S_3$  (улучшение качества требуется, но оно невозможно) – выход.

### Заключение

Согласно алгоритму созданной системы, для управления качеством КИВС необходимо: определить текущее значение выходной переменной  $\|K\|$ ; сравнить его с установленным допустимым значением; подобрать значения управляющих переменных так, чтобы достичь заданного допустимого качества (при условии, что такие значения могут быть обеспечены).

*Основные результаты работы доложены и обсуждены на VIII Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование» (МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет ВМК, 2013) [1].*

### Список литературы

1. Горемыкина Г.И., Герасимова Е.К. Моделирование системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети на основе нечёткой технологии // Современные информационные технологии и ИТ-

образование: Труды VIII Межд. научно-практич. конф. (Москва, 08-10 ноября 2013) – М., 2013. – С.747–756.

2. Горемыкина Г.И., Мастяева И.Н., Герасимова Е.К. Моделирование системы оценки эффективности управления качеством на основе fuzzy-технологии в среде MatLab // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8–6. – С. 1434–1439.

3. Горемыкина Г.И., Мастяева И.Н. Моделирование нечётко-логической системы управления по результатам деятельности таможенных органов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 23. – С. 52–63.

4. Любешкий В.А. Оценки и пучки. О некоторых вопросах нестандартного анализа // Успехи математических наук. – 1989. – Т. 44, Вып. 4(268). – С.99–153.

5. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.

### References

1. Goremykina G.I., Gerasimova E.K. *Trudy VIII Mezhdunarodnoy Nauchno-prakticheskoy Konferentsii «Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie»* (Proc. VIIIth Int. Sc.-pract. Conf. «Modern information technology and IT-education»). Moscow, 2013, pp. 747–756.

2. Goremykina G.I., Mastyaeva I.N., Gerasimova E.K. *Fundamental Research*, 2013, no. 8–6, pp. 1434–1439.

3. Goremykina G.I., Mastyaeva I.N. *National interests: priorities and security*. 2013. no. 23, pp. 52–63.

4. Lyubetsky V.A. *Advances of Mathematical Sciences*, 1989. vol. 44, is. 4(268). pp. 99–153.

5. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control]. Moscow, 2013. 798p.

### Рецензенты:

Тельнов Ю.Ф., д.э.н., профессор, зав. кафедрой «Прикладная информатика в экономике», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)», г. Москва;

Уринцов А.И., д.э.н., профессор, зав. кафедрой «Управление знаниями и прикладная информатика в менеджменте», ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.