



УДК 004.89

DOI 10.18413/2411-3808-2018-45-4-748-759

**ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕЙ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ****SOCIAL SIGNIFICANCE ASSESSMENT OF NETWORK STRUCTURAL ELEMENTS
PROJECTS OF TELECOMMUNICATION OPERATOR****А.А. Сорокин****A.A. Sorokin**Астраханский государственный технический университет,
Россия, 414056, Астрахань, ул. Татищева, 16Astrakhan State Technical University,
16 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia

E-mail: alsorokin.astu@mail.ru

Аннотация

Цель работы: разработка методики определения социальной значимости проектов структурных элементов сетей операторов связи. Во время проведения исследований показано, что для определения комплексной оценки проекта необходимо учитывать экономическую и социальную эффективность. Применение известных методов определения социальной значимости различных проектов ограничено тем, что в применяемом математическом аппарате затруднен учет факторов, имеющих нелинейный уровень значимости и качественную форму описания. Устранение ограничений производится с использованием методов теории нечетких множеств. Учитывая особенности работы алгоритмов нечеткого вывода, предложен метод формирования базы знаний в условиях, когда эксперты формируют противоречивые правила. Предложенный метод заключается в формировании базы знаний, в которой уровень значимости правил зависит от количества экспертов, которые его предложили. Для определения оценки социальной значимости предложены переменные, характеризующие влияние проекта на качество проживания и работы абонентов. Для обобщения влияния переменных предложена иерархическая система нечеткого вывода. По результатам работы предложенной системы нечеткого вывода получены графические зависимости, которые показывают влияние входных переменных на промежуточные и итоговую выходную переменную.

Abstract

The purpose of this paper is developed a methodology for determining the social significance of networks structural elements projects of telecom operators. The paper is showing that in order to determine the project's assessment, it is necessary to take into account economic and social efficiency. The use of famous methods for determining the social significance of projects has a limitations set. Limitations are expressed by the difficulty of processing factors that have a non-linear level of significance or factors that have a qualitative description form. Elimination of restrictions is made using the methods of the fuzzy sets theory. Based on the analysis of the specifics of the fuzzy inference algorithms executing, a method of forming a knowledge base in the conditions when experts form conflicting rules is developed. The developed method proposes the knowledge base formation in which the level of rules depends significance on the number of experts who proposed it. For determine the social significance assessment, variables are proposed that characterize the project impact on the quality of living and working of users. For generalize the influence of variables, a hierarchical fuzzy inference system is developed. According to the results of the proposed system of fuzzy inference, graphic dependencies are presented. Graphic dependencies show the influence of input variables to output variables.

Ключевые слова: Социальная значимость, инфраструктурный проект, оператор связи, сеть связи, система нечеткого вывода, база знаний, продукционное правило, уровень значимости.

Keywords: Social significance, infrastructure project, telecom operator, communications network, fuzzy inference system, knowledge base, production rule, significance level.

Введение

Как показывают результаты анализа работ в области изучения развития систем телекоммуникаций [Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2018; Dependence of Operators' strategies on the economic development of the country, 2018; Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2018; Рынок фиксированного широкополосного доступа в России в сегменте частных пользователей. Предварительные итоги 2014 года, 2018; Мобильная связь: что произошло за последнее десятилетие, 2018], в настоящее время можно выделить следующие основные тенденции: увеличение объемов передачи трафика, завершение прироста абонентской базы за счет привлечения новых клиентов, уменьшение доходности с одного абонента, усложнение и увеличение количества оборудования, используемого оператором для предоставления новых услуг. Подобные обстоятельства становятся причиной смены парадигмы деятельности операторов: от «борьбы» за привлечение клиентов к «борьбе» за сохранение имеющейся клиентской базы и сокращение издержек на эксплуатацию сетевой инфраструктуры. С учетом анализа работ [Choi et al., 2010; Гольдштейн, 2017; Пожарский и др., 2017] сохранение абонентской базы и сокращение издержек возможно при помощи увеличения качества предоставления услуг и повышения эффективности эксплуатации имеющихся и планируемых к внедрению ресурсов сети. Учитывая, что решение подобных задач требует выполнения большого количества однообразных операций, разрабатываются специальные автоматизированные системы управления сетевой инфраструктурой оператора связи. В ряде зарубежных и отечественных источников [Choi et al., 2010; Пожарский и др., 2017, Hanhua et al., 2009] подобные программные комплексы получили название OSS/BSS (англ. Operation Support System/Business Support System) – систем поддержки операционной деятельности и бизнес-процессов оператора связи. Реализация OSS/BSS систем проводится в рамках концепции модели eTOM (англ. Enhanced Telecom Operations Map) – многоуровневой модели бизнес-процессов для управления оператором связи [Mohammed, Abderrahim, 2017; Raouyane et al., 2010].

Обзор работ в области реализации OSS/BSS систем показал, что в этой предметной области достаточно успешно решен ряд задач по управлению запасами оператора, оценки технического состояния эксплуатируемого оборудования, сбора и обработки заявок от абонентов с последующим формированием требований на устранение неисправностей, управления рабочей силой оператора, определения технико-экономических показателей действующего и планируемого к внедрению оборудования [Кисляков, Савич, 2016; Ефременко и др., 2016]. Практика показывает, что во время оценивания планируемых к внедрению проектов и эксплуатируемых элементов сетевой инфраструктуры оператора связи требуются учет не только технико-экономических, но и социально-экономических показателей, поскольку социально-экономические показатели влияют на определение «полезности» услуг и сервисов оператора связи для определенных групп абонентов. Одним из ключевых социально-экономических показателей является оценка социальной значимости проекта. Обзор работ в области систем поддержки при принятии решений по управлению инфраструктурой оператора [Гольдштейн, 2017; Кисляков, Савич, 2016; Ефременко и др., 2016], оценки социальной эффективности [Марченко, Глазкова, 2014; Косарев, Санталова, 2016, Ивановский, 2017] показал, что вопросы разработки и реализации теоретических положений по определению социальной значимости проектов структурных элементов сетей операторов связи требуют дальнейшего развития.

Цель работы: разработка методики, позволяющей при помощи формального аппарата реализовать определение оценки социальной значимости проектов структурных элементов сетей операторов связи.

1. Обзор методов получения оценки социальной значимости

Как показывает обзор работ [Марченко, Глазкова, 2014; Косарев, Санталова, 2016, Ивановский, 2017] для определения социальной значимости используются методы, осно-

ванные на идентификации усилиями экспертной группы совокупности факторов x_i , которые учитывают специфику объекта оценивания. Дополнительно эксперты идентифицируют уровни значимости каждого из факторов – b_i и формируют или рекомендуют оценочные шкалы l_i . В обобщенной форме оценку социальной значимости M_{Sign}^{Soc} (англ. social significance) можно описать соотношением вида:

$$M_{Sign}^{Soc} = \sum_{i=1}^{i_{\max}} x_i \cdot b_i, \quad (1)$$

где i_{\max} – максимальное количество идентифицированных экспертами факторов. С учетом работ [Марченко, Глазкова, 2014; Косарев, Санталова, 2016; Ивановский, 2017] в соотношение (1) могут добавляться дополнительные параметры, включая коэффициенты, показывающие положительное или отрицательное влияние фактора на оценку социальной значимости проекта, кроме этого перед использованием в соотношении (1) факторы могут подвергаться предварительной нормализации $x_i \Rightarrow x_i^{norm}$, например, как это показано в работе [Марченко, Глазкова, 2014] при помощи соотношения вида:

$$x_i^{norm} = x_i / x_{i,\max}, \quad (2)$$

где $x_{i,\max}$ – максимальное значение фактора.

Ограничением методов, в основе которых заложены соотношения аналогичные (1), (2) является, по сути, допущение, что величина уровня значимости переменной b_i постоянна, кроме этого, характер соотношения (1) носит линейный характер. Спецификой соотношения (2) также является линейность операций преобразования. Практика показывает, что спецификой переменных, описывающих факторы, связанные с социально-экономическими параметрами, является представление в количественной или качественной формах. Для идентификации переменных, имеющих качественное описание, нашли широкое применение экспертные системы [Орлов, 2010]. Учитывая работы в области обобщения экспертной информации [Полковникова, Курейчик, 2014; Леоненков, 2005; Штовба, 2007], связанной с преобразованием информации из качественной формы в количественную, часто у экспертов возникает неопределенность при отнесении определенного качественного значения переменной к количественному (и наоборот). Для разрешения подобной трудности в работах [Полковникова, Курейчик, 2014; Бирюлин, Куделина, 2015; Леоненков, 2005; Штовба, 2007] для повышения эффективности использования экспертных систем для решения задач обработки разнородной информации предлагается использовать методы теории нечетких множеств и нечеткого вывода.

2. Анализ и развитие методов теории нечетких множеств для обработки разнородной информации в условиях противоречивых суждений экспертов

Сущность использования методов теории нечетких множеств для обобщения разнородной информации заключается в представлении входных и выходных параметров в виде нечеткой переменной вида [Леоненков, 2005; Штовба, 2007]:

$$x_{fuzz} = \langle \lambda_x, \{\mu_x(\lambda_x)\} \rangle, \quad (3)$$

где λ_x – область определения нечеткой переменной, $\{\mu_x(\lambda_x)\}$ – множество функций принадлежности, которые описывают переменную. Результат взаимодействия переменных может описываться при помощи продукционных правил, которые формируют экспертные группы. Пример продукционного правила имеет вид [Леоненков, 2005; Штовба, 2007]:

$$\begin{aligned} v_n^{rule} : \text{if } (x_{fuzz1}^{input} = \tau_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.in}}^{input} = \tau_{\gamma_{\tau.in}}^{j\tau}) \Rightarrow \\ \Rightarrow (x_{fuzz1}^{out} = \upsilon_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.out}}^{out} = \upsilon_{\gamma_{\upsilon.out}}^{j\upsilon}) \end{aligned} \quad (4)$$



где v_n^{rule} – номер правила, $x_{fuzz1}^{input} \div x_{fuzzi_{x.in}}^{input}$ – совокупность входных переменных, $\tau_1^1 \subset T^1$, $\tau_{\gamma.in}^{j\tau} \subset T^j$ – термы, при помощи которых сформированы термножества входных переменных $T^1 \div T^j$, $x_{fuzz1}^{out} \div x_{fuzzi_{x.out}}^{out}$ – совокупность выходных переменных, часто выходом является одна переменная, $v_1^1 \subset Y^1$, $v_{\gamma.out}^{jv} \subset Y^j$ – термы, при помощи которых сформированы термножества выходных переменных $Y^1 \div Y^j$. Для переменной x соотношения (4) существует множество термов T в виде термножества $\{\tau_\gamma\} = T$ и шкала определения sc_x , а для каждого терма τ – функция принадлежности $\mu_\tau(x)$:

$$\forall x \exists T = \{\tau_\gamma\} \ni sc_x : \forall \tau \subset T \exists \mu_\tau(x). \tag{5}$$

Функция принадлежности показывает степень отношения некоторого входного значения переменной x к определенному терму τ . Обобщение правил вида (4) формирует базу знаний о поведении объекта моделирования. С учетом значений входных переменных и этапов выполнения алгоритма нечеткого вывода определяется зависимость выходного значения переменной от входных параметров. Обобщение соотношения (4) с учетом операций, используемых алгоритмом нечеткого вывода Mamdani (как наиболее часто используемого), можно представить в виде соотношения [Леоненков, 2005; Штовба, 2007]:

$$\left. \begin{matrix} v_{\max}^{rule} \\ \bigcup \\ v_{rule}^{rule} = 1 \end{matrix} \left[\begin{matrix} (x_{fuzz1}^{input} = \tau_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.in}}^{input} = \tau_{\gamma.in}^{j\tau}) \Rightarrow (x_{fuzz1}^{out} = v_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.out}}^{out} = v_{\gamma.out}^{jv}), \omega_v \in (0,1] \end{matrix} \right] \right\} \begin{matrix} \text{Mamdani} \\ \Rightarrow \\ Y_{out}^{1.fuzz} \div Y_{out}^{j.fuzz} \end{matrix}, \tag{6}$$

где v_{\max}^{rule} – максимальное количество правил, ω_v – уровень значимости правил (УЗП), Y_{out} – итоговое значение выходных переменных в нечеткой форме. Преобразование выходных переменных $Y_{out}^{1.fuzz} \div Y_{out}^{j.fuzz}$ из нечеткой формы в четкую – $Y_{out}^{1.clear} \div Y_{out}^{j.clear}$ производится при помощи операции деффагификации. Применительно к алгоритму Mamdani для деффагификации используется метод центра тяжести – Centroid. После обработки нечетких выходных значений соотношения (6) формируются четкие значения в виде чисел.

$$F_{Centroid}(Y_{out}^{1.fuzz} \div Y_{out}^{j.fuzz}) = Y_{out}^{1.clear} \div Y_{out}^{j.clear}. \tag{7}$$

Одним из ограничений использования алгоритмов нечеткого вывода являются трудности формирования базы знаний в условиях, когда эксперты формируют противоречивые правила. Согласование экспертных мнений, например, по методу Дельфи [Орлов, 2010], приводит к определенному «навязыванию» отдельному эксперту «коллективного» мнения экспертной группы или предложение экспертной группе «мнений» авторитетных экспертов. В результате подобного согласования происходит утрата знаний экспертных групп, которые не разделяют общего или «авторитетного» мнения по исследуемому вопросу.

Для устранения подобного ограничения предлагается метод формирования базы знаний в условиях противоречивых высказываний экспертов. Сущность метода заключается в выполнении следующей последовательности операций:

- формировании экспертных баз знаний (ЭБЗ) на основании анкет-опросников, розданных экспертам (каждому эксперту выдается одна анкета, эксперты работают независимо друг от друга), в итоге каждой анкете соответствует база знаний определенного эксперта;
- формирование промежуточной базы знаний первого вида (ПБЗ) в нее включены правила в единственном экземпляре, а для каждого правила задан определенный уровень значимости (УЗП) ω_v ; величина УЗП определяется из соотношения:

$$\omega_v = n_{dupl}^{rule} / n_{list}^{ex}, \tag{8}$$

где n_{dupl}^{rule} (англ. duplicate rule) – количество одинаковых правил, сформулированных экспертами независимо друг от друга, n_{list}^{ex} (англ. expert list) – общее количество анкет полученных от экспертов; в результате правило (4) принимает вид:

$$\begin{aligned} v_n^{rule} : if (x_{fuzz1}^{input} = \tau_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.in}}^{input} = \tau_{\gamma_{\tau.in}}^{j\tau}) \Rightarrow \\ \Rightarrow (x_{fuzz1}^{out} = v_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.out}}^{input} = v_{\gamma_{v.out}}^{jv}), \omega_v \in (0,1] \end{aligned} \quad (9)$$

где $\omega_v = 0$ означает, что ни один эксперт не высказался в поддержку этого правила, $\omega_v = 1$ – все эксперты предложили заданное правило, если $\omega_v \in (0,1)$, то правило поддерживает определенная часть опрошенных экспертов;

• формирование промежуточной базы знаний второго вида (ПЗБЗ) производится для уменьшения объема базы знаний за счет исключения правил у которых УЗП меньше критического значения $\omega_v < \omega_{min}$:

$$d_{rule}^{del} = \begin{cases} 1, & \omega_v < \omega_{min} \\ 0, & \omega_v \geq \omega_{min} \end{cases} \quad (10)$$

если $d_{rule}^{del} = 1$ – правило удаляется; после этого соотношение (9) принимает вид:

$$\begin{aligned} v_n^{rule} : if (x_{fuzz1}^{input} = \tau_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.in}}^{input} = \tau_{\gamma_{\tau.in}}^{j\tau}) \Rightarrow \\ \Rightarrow (x_{fuzz1}^{out} = v_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.out}}^{input} = v_{\gamma_{v.out}}^{jv}), \omega_v \in (\omega_{min}, 1] \end{aligned} \quad (11)$$

а сама база знаний с учетом операций обработки переменных при помощи алгоритма нечеткого вывода аналогично (6) описывается соотношением:

$$\begin{aligned} \bigcup_{v_{rule}=1}^{v_{max}^{rule}} \left[(x_{fuzz1}^{input} = \tau_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.in}}^{input} = \tau_{\gamma_{\tau.in}}^{j\tau}) \Rightarrow \right. \\ \left. \Rightarrow (x_{fuzz1}^{out} = v_1^1) \wedge \dots \wedge (x_{fuzzi_{x.out}}^{input} = v_{\gamma_{v.out}}^{jv}), \omega_v \in (\omega_{min}, 1] \right] \xrightarrow{Mamdani} \\ \Rightarrow Y_{out}^{1.fuzz} \div Y_{out}^{j.fuzz} \end{aligned} \quad (12)$$

Преобразование в рабочую базу знаний (РБЗ) производится после прогона соотношения (12) на тестовых выборках, в результате которых проводится проверка на монотонность выходного значения системы нечеткого вывода в зависимости от значений входных переменных, с последующей ручной корректировкой правил, которые вызывают нетипичные отклонения выходного значения системы нечеткого вывода.

В результате использования соотношений (8)–(12) производится обобщение экспертной информации, в том числе если эксперты имеют противоречивые суждения, при этом исключается «навязывание» экспертам мнений, которые они изначально не разделяли. Следующим шагом исследований является идентификация переменных и использование предложенных теоретических положений для определения оценки социальной значимости проекта структурного элемента оператора связи.

3. Предложение и реализация теоретических положений по получению оценки социальной значимости проектов структурных элементов сети оператора связи

С учетом анализа работ [Марченко, Глазкова, 2014; Косарев, Санталова, 2016; Ивановский, 2017; Андреева и др., 2014] для определения оценки социальной значимости проекта M_{Sign}^{Soc} предлагается выделить две группы факторов:

- факторы, влияющие на качество жизни пользователей проекта – L_{QL} (англ. quality of life);
- факторы, влияющие на качество условий работы пользователей проекта – L_{QE} (англ. quality of employment).

Совокупность факторов L_{QL} включает в себя следующие параметры:

- оценка влияния на состояние качества условий проживания пользователей проекта – M_{QLC} (англ. quality of living conditions);
- оценка влияния на приобретение товаров пользователями проекта для использования в быту или ведения личных бизнес-процессов – M_{QS} (англ. quality of shopping);
- оценка влияния на экономию пользователями проекта времени для решения бытовых и бизнес-задач – M_{ST} (англ. saving time).

Совокупность факторов L_{QE} включает в себя следующие параметры:

- оценка влияния проекта на количество рабочих мест для пользователей проекта – M_{NWP} (англ. number of workplace);
- оценка влияния проекта на условия труда пользователей проекта – M_{QWP} (англ. quality of workplaces).

Таким образом, получение оценки социальной значимости M_{Sign}^{Soc} предлагается представить в виде соотношения:

$$M_{Sign}^{Soc} = F_{Sign}^{Soc}[M_{QL}, M_{QE}], \quad (13)$$

M_{QL} – оценка влияния проекта на качество жизни пользователей проекта, определяется на основе факторов, входящих в группу L_{QL} , M_{QE} – оценка влияния проекта на качество условий работы пользователей проекта, определяется на основе факторов, входящих в группу L_{QE} . Получение самих величин M_{QL} и M_{QE} в общем виде можно описать соотношениями:

$$M_{QL} = F_{QL}[M_{QLC}, M_{QS}, M_{ST}], \quad (14)$$

$$M_{QE} = F_{QE}[M_{NWP}, M_{QWP}]. \quad (15)$$

Переменные, входящие в состав соотношений (14)–(15) изначально имеют качественную форму описания. Для удобства их обработки при помощи усилий экспертов они производится преобразование качественной формы их представления в бальную (количественную) форму. Для описания в качественной форме представления предлагается использовать набор термов, приведенный в таблице.

Бальная шкала оценивания каждого из факторов sc_x предлагается в диапазоне от 0 до 100 баллов. Степень принадлежности к определенному терму определяется в диапазоне от 0 до 1 при помощи функций принадлежности. Функции принадлежности формируются экспертами в области оценки влияния инфраструктурных проектов на социально-экономическую среду региона. С учетом рекомендаций, приведенных в работах [Халов, 2009], предлагается использовать гауссовы функции принадлежности. Вид функций принадлежности, описывающих входные переменные, показан на рис. 1а, на рис. 1б показаны функции принадлежности входных переменных.

Одним из ограничений систем нечеткого вывода является увеличение базы знаний, при количестве переменных более четырех и количестве термов более пяти, для снятия подобного ограничения в работе [Штовба, 2007] предлагается использование иерархических систем нечеткого вывода (ИСНВ). Формально ИСНВ представляет собой ориентированный граф:

$$G_{FIHS} = (V_{FIHS}, E_{FIHS}), \quad (16)$$

где V_{FIHS} (англ. fuzzy inference hierarchical system) – множество вершин графа, E_{FIHS} – множество ребра графа. В множество вершин графа входят подмножество листьев графа v_{list} (входные переменные), подмножество узлов-вычислителей v_{calc} (операторы соотношений, которые обобщают входные переменные и промежуточные результаты), подмножество корней графа v_{root} (выходные переменные).

Таблица
Table

Обозначения и пояснения термов, используемых для описания переменных
Notation and explanation of terms used to describe variables

Обозначение терма	Наименование терма	Описание терма для входной переменной	Описание терма для выходной переменной
<i>NB</i>	негативный	реализуемый проект значительно ухудшает ситуацию по оцениваемому фактору	Оценка имеет низкое значение
<i>NM</i>	скорее негативный	реализуемый проект в среднем ухудшает ситуацию по оцениваемому фактору	Оценка имеет скорее низкое значение
<i>Z</i>	нейтральный	реализуемый проект не влияет на ситуацию по оцениваемому фактору	Оценка имеет среднее значение
<i>PM</i>	скорее положительный	реализуемый проект в среднем улучшает ситуацию по оцениваемому фактору	Оценка имеет скорее высокое значение
<i>PB</i>	положительный	реализуемый проект сильно улучшает ситуацию по оцениваемому фактору	Оценка имеет высокое значение

Применительно к рассматриваемой предметной области подмножество листьев имеет вид:

$$V_{list} = \{M_{QLC}, M_{QS}, M_{ST}, M_{NWP}, M_{QWP}\} \quad (17)$$

в состав узлов-вычислителей входят соотношения (13)–(15), корнем графа является величина M_{Sign}^{Soc} – оценка социальной значимости проекта структурного элемента сети оператора связи. Для обобщения соотношений (13)–(17) процесс получения величины M_{Sign}^{Soc} целесообразно представить в виде IDEF0-диаграммы, показанной на рис. 2.

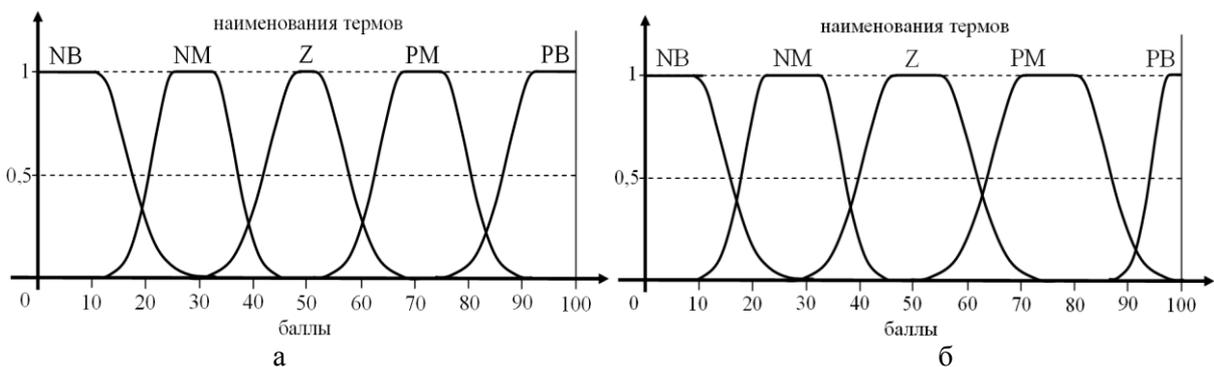


Рис. 1. Описание переменных для получения оценки социальной эффективности проекта структурного элемента сети оператора связи
Fig. 1. Variables description to obtain a social efficiency assessment of a telecommunication operator network element

С учетом (3)–(12) формальное описание операторов для обработки входных переменных соотношениями (13)–(15) можно представить в виде:

$$\begin{aligned}
 F_{Sign}^{Soc}[M_{QL}, M_{QE}] = & \\
 = \bigcup_{v_{Soc.Sign}^{rule} = 1}^{v_{max.Soc.Sign}^{rule}} & \left[\begin{aligned} & (M_{QL}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{QL}^{Fuzz}}) \wedge (M_{QE}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{QE}^{Fuzz}}) \Rightarrow \\ & \Rightarrow (M_{Sign}^{Soc.Fuzz} = v_{Fuzz}^{M_{Sign}^{Soc.Fuzz}}), \omega_v \in (\omega_{min}, 1] \end{aligned} \right] \xRightarrow{Mamdani} \\
 \xRightarrow{Mamdani} & M_{Sign}^{Soc.Fuzz} \xRightarrow{Centroid} M_{Sign}^{Soc}
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

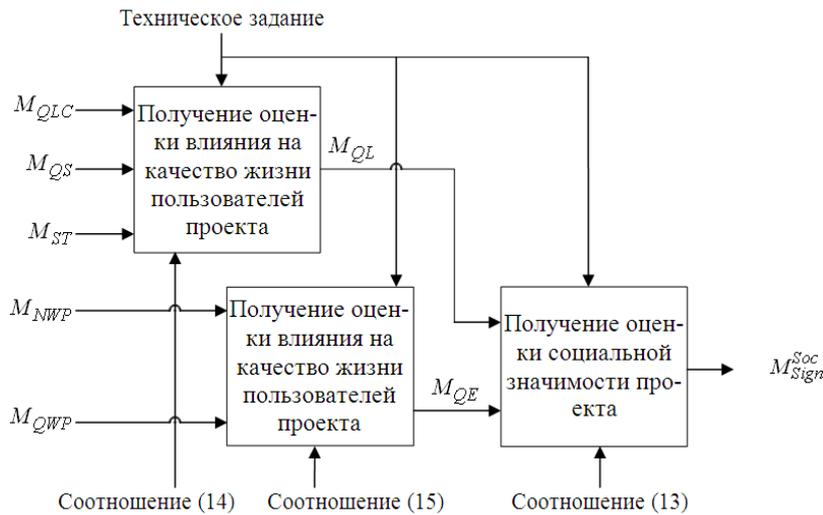


Рис. 2. IDEF0-диаграмма процесса получения оценки социальной значимости инфраструктурного проекта сети оператора связи
 Fig. 2. IDEF0-diagram of the obtain process an social significance assessment of the telecommunication operator network infrastructure project

$$\begin{aligned}
 F_{QL}[M_{QLC}, M_{QS}, M_{ST}] = & \\
 = \bigcup_{v_{QL}^{rule} = 1}^{v_{max.QL}^{rule}} & \left[\begin{aligned} & (M_{QLC}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{QLC}^{Fuzz}}) \wedge (M_{QS}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{QS}^{Fuzz}}) \wedge \\ & \wedge (M_{ST}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{ST}^{Fuzz}}) \Rightarrow (M_{QL}^{Fuzz} = v_{Fuzz}^{M_{QL}^{Fuzz}}), \omega_v \in (\omega_{min}, 1] \end{aligned} \right] \xRightarrow{Mamdani} \\
 \xRightarrow{Mamdani} & M_{QL}^{Fuzz} \xRightarrow{Centroid} M_{QL}
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
 F_{QE}[M_{NWP}, M_{QWP}] = & \\
 = \bigcup_{v_{QE}^{rule} = 1}^{v_{max.QE}^{rule}} & \left[\begin{aligned} & (M_{NWP}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{NWP}^{Fuzz}}) \wedge (M_{QWP}^{Fuzz} = \tau_{Fuzz}^{M_{QWP}^{Fuzz}}) \Rightarrow \\ & \Rightarrow (M_{QE}^{Fuzz} = v_{Fuzz}^{M_{QE}^{Fuzz}}), \omega_v \in (\omega_{min}, 1] \end{aligned} \right] \xRightarrow{Mamdani} \\
 \xRightarrow{Mamdani} & M_{QE}^{Fuzz} \xRightarrow{Centroid} M_{QE}
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Во время практической реализации положений, описываемых соотношениями (18)–(20), использованы три группы экспертных баз знаний. В каждую группу входили базы знаний с продукционными правилами для получения оценки влияния проекта на ка-

чество жизни – M_{QL} , на качество условий работы – M_{QE} , обобщения переменных M_{QL} и M_{QE} в виде оценки социальной значимости M_{Sign}^{Soc} . Обобщение взаимного влияния входных переменных на выходные представлено на рис. 3:

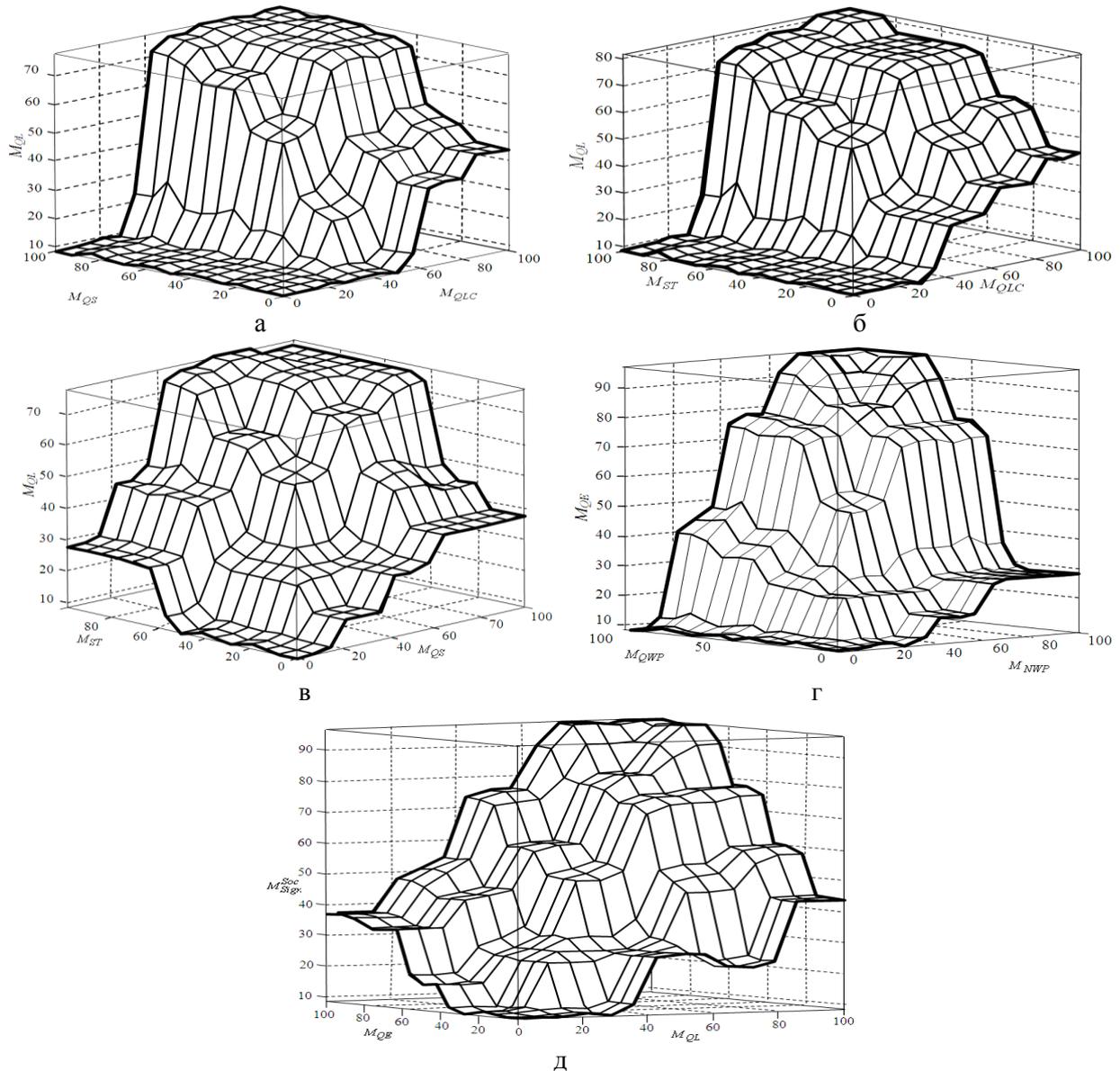


Рис. 3. Описание переменных для получения оценки социальной эффективности проекта структурного элемента сети оператора связи
 Fig.3. The generalization of the input variables influence on the output variables for obtain an social efficiency assessment of the network element projects

- на рис. 3а приведено обобщение влияния переменных M_{QS} (оценка влияния на приобретение товаров) и M_{QLC} (оценка влияния на состояние качества условий проживания) на M_{QL} ;
- на рис. 3б приведено обобщение влияния переменных M_{ST} (оценка влияния на экономию пользователями проекта времени) и M_{QLC} на M_{QL} ;
- на рис. 3в приведено обобщение влияния переменных M_{ST} и M_{QS} на M_{QL} ;

- на рис. 3г приведено обобщение влияния переменных M_{NWP} (Оценка влияния проекта на количество рабочих мест) и M_{QWP} (оценка влияния проекта на условия труда) на M_{QE} ;
- на рис. 3д приведено обобщение влияния переменных M_{QE} и M_{QL} на M_{Sign}^{Soc} .

Таким образом, использование соотношений (18)–(20) и реализованной на их основе иерархической системы нечеткого вывода позволяет получать оценку социальной значимости проектов структурных элементов сетей операторов связи.

Заключение

В ходе проведения исследований показано, что в процессе комплексного оценивания проектов структурных элементов сети оператора связи кроме экономической оценки необходимо учитывать социальную значимость. Подобное необходимо для определения целесообразности внедрения проектов, которые позволят косвенно повысить эффективность работы своей сети в целом. Поскольку подобные проекты повышают удобство использование услугами оператора.

Использование традиционных методов оценки социальной значимости различных видов проектов ограничивается тем, что для обработки информации используются методы получения интегрированных оценок, основанных на использовании аналитических зависимостей, применяющих математические операции, при помощи которых затруднено учитывать нелинейность уровня значимости переменной в зависимости от ее значения. Дополнительно использование подобных методов ограничено в условиях, когда переменные представлены изначально в качественной форме.

Для устранения ограничений имеющихся методов предложено использовать положения теории нечетких множеств и нечеткого вывода. Учитывая, что одним из ограничений алгоритмов нечеткого вывода являются сложности формирования базы знаний в условиях противоречивых суждений экспертов во время формирования продукционных правил в работе предложен метод, позволяющий компенсировать подобное ограничение. Сущность предложенного метода заключается в формировании базы знаний, в состав которой входят продукционные правила, уровень значимости которых зависит от количества экспертов их предложивших.

Для получения оценки социальной значимости идентифицированы переменные, которые характеризуют влияние проекта на качество проживания абонентов, удобство приобретения ими товаров, экономию времени, влияние на количество и качество рабочих мест. С учетом рекомендаций на количество переменных, обрабатываемой одной системой нечеткого вывода, предложено разбиение переменных на две группы: группа переменных, показывающих оценку влияния на качество жизни абонентов, и группу переменных, показывающих оценку влияния на условия работы пользователей проекта.

В завершении приведена IDEF0-диаграмма, показывающая процесс работы иерархической системы нечеткого вывода для получения оценки социальной значимости проекта структурного элемента сети оператора связи. Приведены графические зависимости, показывающие влияние входных переменных на промежуточные и окончательные результаты работы системы нечеткого вывода, полученные на основании обработки экспертной информации.

Предложенные теоретические положения открывают возможности дальнейшего развития систем поддержки принятия решений по эксплуатации и усовершенствованию сетевой инфраструктуры операторов связи.

Список литературы References

1. Андреева Е.И., Горшкова И.Д., Ковалевская А.С. 2014. Рекомендации по оценке социально-экономической эффективности социальных программ. Определения, подходы, практический опыт. М.: Проспект, 72.
Andreeva E.I., Gorshkova I.D. and Kovalevskaya A.S., 2014. Recommendations for assessing the socio-economic effectiveness of social programs. Definitions, approaches, practical experience. Prospect, 72. (in Russian)
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. 2015. Система нечеткого вывода оценки эффективности региональной энергетики. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 13(210): 128–132.
Birulyin V.I., Kudelina D.V., 2015. Fuzzy inference system for regional energy effectiveness evaluation. Belgorod State University Scientific Bulletin Economics Information technologies, 13(210): 128–132. (in Russian)
3. Гольдштейн А.Б. 2017. Модели и методы эксплуатационного управления телекоммуникационными сетями. Электросвязь. 8: 35–41.
Goldstein A.B., 2017. Models and methods of operational management of telecommunication networks. Electrosvyaz, 8: 35–41. (in Russian)
4. Ефременко Д., Гольдштейн А., Суховицкий А. 2016. Инвестиции в автоматизацию управления сетью – залог устойчивого развития оператора связи. Технологии и средства связи. 6(117): 14–17.
Efremenko, D., Goldstein A. and Suhovitsky A., 2016. Investments in network management automation is the key to sustainable development of telecom operator. Tehnologii i sredstva svyazi, 6(117): 14–17. (in Russian)
5. Ивановский А.В. 2017. Оценка социального эффекта проекта нового транспортного строительства для государственных источников финансирования. Теория и практика общественного развития. 2: 54–56.
Ivanovsky A.V., 2017. Social impact assessment of the project of new transport construction for public finance sources. Teorija i praktika obshhestvennogo razvitiya, 2: 54–56. (in Russian)
6. Кисляков С., Савич В. 2016. Решение по автоматизации бизнес-процессов групп Fulfillment и Assurance для крупного оператора связи. Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 10(6): 34–37.
Kislyakov S. and Savich V., 2016. The solution to automate business processes Fulfillment and Assurance group for a large telecom operator. T-Comm: Telekommunikacii i Transport. 10 (6): 34–37. (in Russian)
7. Косарев К.Э., Санталова М.С. 2016. Оценка качества жизни населения. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 1(57): 119–125.
Kosarev K.E. and Santalova M.S., 2016. Life quality evaluation. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, jekonomiki i prava, 1(57): 119–125. (in Russian)
8. Леоненков А.В. 2015. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. СПб.: БХВ-Петербург, 736.
Leonenkov A.V., 2005. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTech. BHV-Petersburg, 736. (in Russian)
9. Марченко Е.М., Глазкова В.В. 2014. Методические подходы к оценке эффективности инвестиций в социальные проекты. Экономический анализ: теория и практика. 8(359): 35–42.
Marchenko E.M. and Glazkova V.V., 2014. Methodical Approaches To Assessment Of Efficiency Of Investments Into Social Projects. Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika, 8(359): 35–42. (in Russian)
10. Мобильная связь: что произошло за последнее десятилетие. URL: www.prospo.ru/mobilnye-texnologii-i-telefony/3595-mobilnaya-svyaz-chto-proizoshlo-za-poslednee-desyatiletie?device=xhtml (дата обращения: 13 сентября 2018).
Mobile communications: what happened in the last decade. Available at: www.prospo.ru/mobilnye-texnologii-i-telefony/3595-mobilnaya-svyaz-chto-proizoshlo-za-poslednee-desyatiletie?device=xhtml (accessed 13 September 2018). (in Russian)
11. Орлов А.И. 2010. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. М.: КНОРУС, 568.

Orlov A.I., 2010. Organizational and economic modeling: decision theory. KNORUS, 568. (in Russian)

12. Пожарский Н.А., Лихачев Д.А., Кисляков С.В. 2017. Использование когнитивных карт и нечеткой логики в разработке OSS/BSS решений для операторов связи. Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 11(1): 21–25.

Pozharsky N.A., Likhachev D.A. and Kisliakov S.V., 2017. Cognitive maps and fuzzy logic to develop of OSS/BSS solutions for telecom service provider. T-Comm: Telekommunikacii i Transport, 11(1): 21–25. (in Russian)

13. Полковникова Н.А., Курейчик В.М. 2014. Разработка модели экспертной системы на основе нечёткой логики. Известия ЮФУ. Технические науки. 1(150): 83–92.

Polkovnikova N.A. and Kureichik V.M., 2014. Development of an expert system model based on fuzzy logic. Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki, 1(150): 83–92. (in Russian)

14. Рынок фиксированного широкополосного доступа в России в сегменте частных пользователей. Предварительные итоги 2014 года. URL: json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-fiksirovannogo-shirokopolosnogo-dostupa-v-rossii-v-segmente-chastnyh-polzovateley-predvaritelnye-itogi-2014-goda-20150217030011 (дата обращения: 12 сентября 2018).

The market of fixed broadband access in Russia in the segment of private users. Preliminary results of 2014. Available at: www.json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-fiksirovannogo-shirokopolosnogo-dostupa-v-rossii-v-segmente-chastnyh-polzovateley-predvaritelnye-itogi-2014-goda-20150217030011 (accessed 12 September 2018). (in Russian)

15. Халов Е.А. 2009. Систематический обзор четких одномерных функций принадлежности интеллектуальных систем. Инженерия знаний, Информационные технологии и вычислительные системы. 3: 60–74.

Halov E.A., 2009. Systematic review of clear one-dimensional functions of the accessories of intellectual systems. Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy, 3: 60–74. (in Russian)

16. Штовба С.Д. 2007. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия-Телеком, 288.

Shtovba S.D., 2007. Design of fuzzy systems using MATLAB. Gorjachaja linija-Telekom, 288. (in Russian)

17. Choi Y.H., Park S.H., Kim S.D., Kang D.M., Keum C. and Chung T.M., 2010. NGOSS based OSS/BSS architecture for hosting common platform for convergence services. Second International Conference on Ubiquitous and Future Networks, IEEE: 199–204.

18. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021. URL: www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html (дата обращения: 11 сентября 2018).

19. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021. URL: www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.pdf (дата обращения: 09 сентября 2018).

20. Dependence of Operators' strategies on the economic development of the country. URL: json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/dependence-of-operators-strategies-on-the-economic-development-of-the-country-2014090305101619 (дата обращения: 10 сентября 2018).

21. Hanhua L., Yashi W., Lijuan M. and Zhenqi H., 2009. OSS/BSS Framework Based on NGOSS. International Forum on Computer Science-Technology and Applications, IEEE, 1: 466–471.

22. Mohammed, E. and S. Abderrahim, 2017. Implementation of new broker based on the eTOM framework for dynamic supply of resources during the composition of virtual networks. International Symposium on Networks, Computers and Communications, IEEE: 1–6.

23. Raouyane B., Errais M., Bellafkih M. and Ramdani M., 2010. IMS Management & Monitoring with eTOM Framework and Composite Web Service. International Conference on Multimedia Information Networking and Security, IEEE: 245–249.