

29. Prasikova A. Y., Osipov I. V., Volinsky A. A., Nikulchev E. V. Online e-learning application for practicing foreign language skills with native speakers. *Technology, Innovation and Education*, 2016, vol. 2, no. 3, pp. 1–8.
30. Sapountzi A., Psannis K. E. Social networking data analysis tools and challenges. *Future Generation Computer Systems*, 2016.
31. Skeels M. M., Grudin J. When Social Networks Cross Boundaries: A Case Study of Workplace Use of Facebook and LinkedIn. *Group '09*, 2009, vol. 10, no. 3, pp. 95–103.
32. Sun P. C., Tsai R. J., Finger G., Chen Y. Y., Yeh D. What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. *Computers and Education*, 2008, vol. 50, no. 4, pp. 1183–1202.
33. The employment situation – October 2016. Bureau of Labor Statistics; U.S. Department of Labor Publ., 2016.
34. Truica C. O., Radulescu F., Boicea A., Bucur I. Performance evaluation for CRUD operations in asynchronously replicated document oriented database. *Proceedings – 2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science*, 2015, pp. 191–196.
35. Van Dijck J. “You have one identity”: performing the self on Facebook and LinkedIn. *Media, Culture & Society*, 2013, vol. 35, no. 2, pp. 199–215.
36. Van Noorden R. Online collaboration: Scientists and the social network. *Nature*, 2014, vol. 512, no. 7513, pp. 126–129.
37. Wang Y., Wei L., Vasilakos A.V., Jin Q. Device-to-Device based mobile social networking in proximity (MSNP) on smartphones: Framework, challenges and prototype. *Future Generation Computer Systems*, 2015.

УДК [004.6+004.3] : [621.371+654]

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Статья поступила в редакцию 05.03.2017, в окончательном варианте – 15.05.2017.

Сорокин Александр Александрович, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, кандидат технических наук, доцент, ORCID [www.orcid.org: 0000-0001-5085-8417](http://www.orcid.org/0000-0001-5085-8417), e-mail: alsorokin.astu@mail.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=499675

Юссуф Ахмат, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, аспирант, ORCID [www.orcid.org: 0000-0001-8115-0286](http://www.orcid.org/0000-0001-8115-0286), e-mail: kalimy@mail.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=931016

Ахмат Махамат Салех, Национальный институт науки и техники, 6077, N'Djamena, Republic of Chad, кандидат технических наук, доцент, ORCID [www.orcid.org: 0000-0003-0347-022X](http://www.orcid.org/0000-0003-0347-022X), e-mail: ahmat02@yahoo.com

Маличенко Алексей Сергеевич, ООО «АсТел», 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Савушкина, 6, корп. 6,

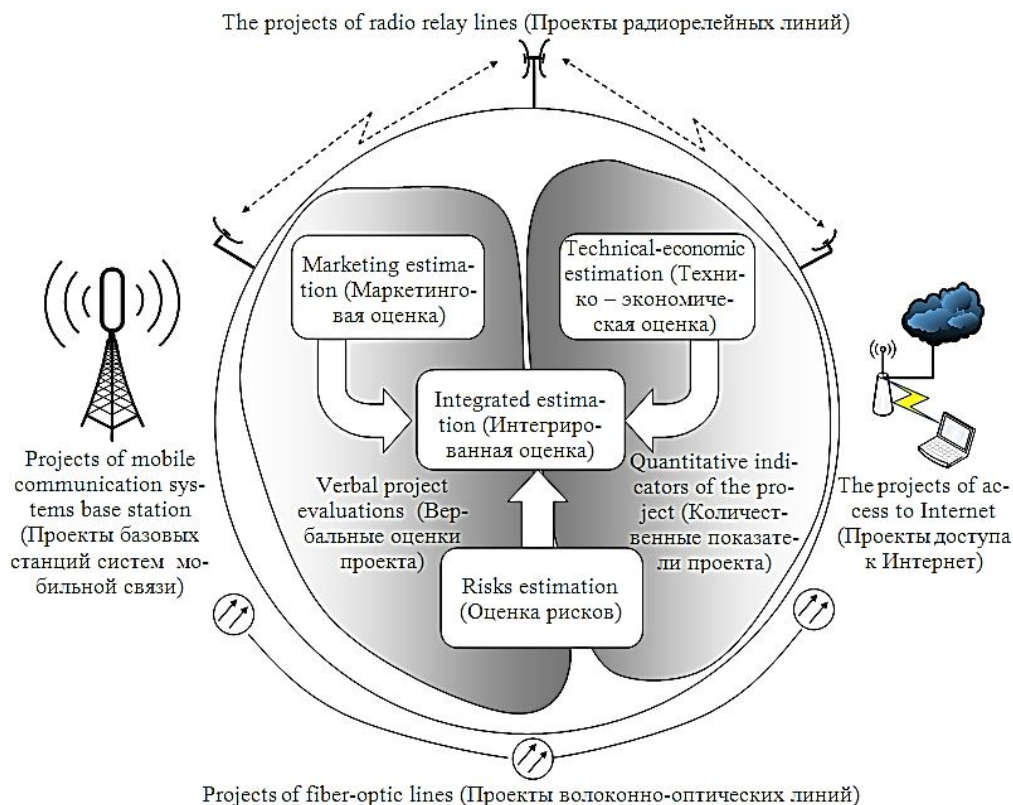
генеральный директор, магистр по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; ORCID [www.orcid.org: 0000-0003-2175-6467](http://www.orcid.org/0000-0003-2175-6467), e-mail: malichenko@yandex.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=930366

Развитие сетей связи (СС) является необходимым условием обеспечения успешности функционирования социально-экономических систем регионов и стран в целом. В свою очередь, одним из важных компонентов развития СС является реализация проектов по внедрению в них структурных элементов (СЭ): точек доступа беспроводных сетей передачи данных; базовых станций систем мобильной связи; участков транспортной сети. При этом для оптимизации отбора проектов СЭ СС с целью практической реализации целесообразен переход от многочисленных частных показателей к интегральным, которые должны быть получены на основе совокупности частных. Описана технология разработки алгоритмов обработки информации для получения интегральных оценок (ИО) проектов СЭ СС с учетом технических, экономических и социальных факторов. Информация о них представлена в числовой и вербальной формах. С учетом особенностей подготовки проектов СЭ СС обоснована целесообразность использования двух видов алгоритмов: для получения предварительной и окончательной ИО таких проектов. Алгоритм для получения предварительной ИО проекта СЭ СС предназначен для оценивания эскизных проектов. В нем используется информация, полученная в результате экспертного оценивания проектов. В число оцениваемых параметров входят следующие: предварительно определенное количество абонентов; приблизительные затраты на приобретение, установку и эксплуатацию оборудования; прогнозируемая прибыль от реализации проектов; предварительная маркетинговая оценка проекта; оценка рисков реализации проекта внедрения СЭ СС. По результатам ИО, полученных с использованием этого алгоритма, принимается решение о целесообразности выполнения технико-экономических расчетов, необходимых для подготовки проекта внедрения СЭ СС. Таким образом, алгоритм получения предварительной ИО проекта СЭ СС может служить для исключения дальнейшего рассмотрения малоперспективных проектов. Алгоритм для окончательной оценки проекта СЭ СС использует информацию, полученную в ходе расчетов и анализа социально-экономических особенностей региона (или страны), где предполагается реализация

проекта. Результатом работы этого алгоритма являются расчеты, на основании которых может быть дана рекомендация о целесообразности практической реализации проекта. Для совместной обработки информации о социально-экономических и технико-экономических факторах использованы методы теории нечетких множеств. Программная реализация предложенных алгоритмов позволяет автоматизировать информационно-аналитическую поддержку принятия решений в процессе отбора и подготовки проектов СЭ СС.

Ключевые слова: связь, информационно-телекоммуникационные технологии, структурные элементы систем связи, оценки проектов, обработка информации, анализ, алгоритм, проектирование, система нечеткого вывода, поддержка принятия решений

Графическая аннотация (Graphical annotation):



DEVELOPMENT OF INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS FOR OBTAINING INTEGRATED ESTIMATES OF TELECOMMUNICATION PROJECTS

The article has been received by editorial board 05.03.2017, in the final version – 15.05.2017.

Sorokin Aleksandr A., Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, ORCID <http://www.orcid.org/0000-0001-5085-8417>, e-mail: al-sorokin.astu@mail.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=499675

Youssef Ahmat, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

post-graduate student, ORCID <http://www.orcid.org/0000-0001-8115-0286>, e-mail: kalimy@mail.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=931016

Ahmat Mahamat S., National Institute of Science and Technology, 6077, N'Djamena, Republic of Chad, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0347-022X>, e-mail: ahmat02@yahoo.com

Malichenko Aleksey S., AsTel company, building 6, 6 Savushkin St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Director, Master of "Infocommunication Technologies and Communication Systems"; ORCID <http://www.orcid.org/0000-0003-2175-6467>, e-mail: malichenko@yandex.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=930366

The development of communication networks (CN) is a necessary condition for ensuring success of the functioning of socio-economic systems in regions and countries in general. In turn, one of the important components of the CN development is the implementation of projects on introducing structural elements (SE) in them: access points for wireless data transmission networks, base stations of mobile communication systems and transport network sections. In order to optimize the selection of projects on CN SE for the purpose of practical implementation, it is expedient to move from numerous individual indicators to "integral" ones, which must be obtained on the basis of a set of individual indicators. The technology for developing information-processing algorithms for obtaining integral estimations (IE) of CN SE projects, taking into account technical, economic and social factors presented in numerical and verbal forms is described. With due regard to the specificity of the preparation of CN SE projects, the expediency of using two types of algorithms for obtaining preliminary and final IE of CN SE projects is justified. The algorithm for obtaining preliminary IE of the CNSE project is intended for the evaluation of draft designs - it uses the information obtained from the expert evaluation of the projects. The parameters to be evaluated include the following: a predetermined number of subscribers; approximate costs for acquisition, installation and operation of the equipment; projected profit from the project implementation; preliminary marketing evaluation of the project; assessment of the risks of the CN SE project implementation. Based on the results of the EI obtained with the use of this algorithm, a decision is made as to whether it is expedient to perform the technical and economic calculations necessary for the preparation of the CN SE implementation project. Thus, the algorithm for obtaining preliminary IE of the CN SE project can serve to exclude further consideration of unpromising projects. The algorithm for the final evaluation of the CN SE project uses information obtained during calculations and analysis of the socio-economic characteristics of the region (or country) where the project is expected to be implemented. This algorithm will result in calculations which will be used to make a recommendation about the feasibility of project practical implementation. For the joint processing of information on socio-economic and technical-economic factors, the methods of the fuzzy sets theory were used. The program implementation of the proposed algorithms allows to automate information-analytical support of decision-making in the process of preparation of CN SE projects.

Keywords: communication, information and telecommunication technologies, structural elements of communication systems, project evaluations, information processing, analysis, algorithm, design, system of fuzzy inference, decision support

Принятие решения о внедрении проекта структурного элемента (СЭ) системы связи (СС) – важная задача, связанная с обработкой различной информации экономического, технического и социального характера. Современные методы поддержки принятия решений о целесообразности реализации проекта СЭ СС в области обработки информации, имеющей качественное (вербальное) описание, ограничены, т.к. основаны на использовании характеристик полученных в результате технико-экономических расчетов. Учет факторов, связанных с анализом рисков, маркетинговой и социальной эффективностью проекта производится, как правило, с использованием экспертов. Это может вносить субъективизм из-за ограничений методов обработки экспертной информации, используемых на предприятиях оператора СС. Поэтому цель работы – создание алгоритмов описывающих этапы обработки информации в процессах оценки проектов СЭ СС.

Описание проблематики работы. Расширение использования систем связи взаимосвязано с развитием социально-экономических отношений в регионе. Поэтому учет факторов социально-экономического характера важен во время принятия решений в процессе подготовки проектов СЭ СС. На сегодняшний день затраты времени на предварительную оценку проектов, связанных с установкой базовых станций, реконструкцией участков транспортной сети на основе радиорелейных и волоконно-оптических линий, а также сетей широкополосного доступа в многоквартирных домах, составляют, как правило, около одного часа. В свою очередь, для проведения окончательной оценки затраты времени могут составлять для анализа проектов базовых станций около двух часов; проектов реконструкции участков транспортной сети на основе радиорелейных и волоконно-оптических линий от одного до трех часов в зависимости от условий реализации; проектов сетей широкополосного доступа в многоквартирных домах более четырех часов.

Как показывает практика, к числу наиболее значимых факторов социально-экономического характера, влияющих на разработку и реализацию проекта СЭ СС, относятся уровень рисков, маркетинговая и социальная эффективность. Совместное использование этих оценок с оценками, полученными в ходе технико-экономических расчетов, позволит получать интегрированную оценку. В свою очередь, это обеспечит более эффективное принятие решений во время подготовки и реализации проектов СЭ СС. Для обработки информации связанной с оценкой проектов СЭ СС используются методы факторного анализа. Однако для оценивания влияния факторов социально-экономического характера такие методы имеют ряд ограничений. На основании анализа работ [5, 12–14] можно сделать вывод, что методами факторного анализа затруднена обработка информации, представленной в качественной (вербальной) форме. Также требуется определение уровней влияния входных переменных на выходную, что требует использования усилий экспертов.

Дополнительно отметим, что не проработаны вопросы нелинейности влияния факторов на итоговую оценку проекта. Учет нелинейности влияния факторов, а также обобщение разнородной информации, возможны при помощи использования методов экспертных оценок аналогично тому, как это описывается в работах [8, 15]. Однако при использовании экспертных оценок возникают ограничения, связанные со сложностями формирования и взаимодействия групп экспертов между собой, устранения противоречивости мнений экспертов по одним и тем же вопросам, подверженностью влияния мнений экспер-

тов более авторитетным коллегам. Дополнительно возникают технические сложности во время интерпретации и обработки информации, получаемой от экспертов. Как показал опыт, устранение описанных ограничений экспертных систем возможно при использовании методов теории нечетких множеств (ТНМ) и разрабатываемых на ее основе методов нечеткого вывода (МНВ) [6, 18]. Анализ источников [4, 7, 9, 11, 16, 19–22, 24] показал, что МНВ могут быть использованы для многофакторной оценки состояния и развития процессов в технических системах различного назначения, например энергетики [4, 7], телекоммуникаций [9, 11, 20–22, 24], общих задач управления проектами [16, 19] в различных прикладных областях. Кроме того, как указывается в [1], при решении задач управления сложными системами целесообразен групповой учет рисков. При совокупной оценке рисков для таких систем может быть целесообразным использование и моделей основанных на применении МНВ [3, 23, 25].

ТНМ позволяет обобщать результат взаимодействия факторов в четкой и в вербальной формах при помощи МНВ. Ограничением МНВ является рост объема базы правил при увеличении количества переменных. Это делает затруднительным создание МНВ с количеством входных переменных более пяти. Для устранения указанного ограничения в работе [11] использована иерархическая система нечеткого вывода (ИСНВ) [17, 18]. Ее апробация для оценки проекта выявила ограничение, связанное с использованием в качестве входных переменных интегрированных показателей, значения которых являются результатом промежуточных расчетов (при этом сами этапы промежуточных расчетов скрыты). В результате усложняется отладка для проектов СЭ СС в случае получения неудовлетворительной оценки. Поэтому необходимо комплексное описание алгоритмов получения оценок проектов СЭ СС. С учетом работы [11] в процессе обработки информации о проекте СЭ СС рекомендуется применение двух этапов оценки: предварительного и окончательного.

На этапе предварительной оценки осуществляется выбор из множества эскизных проектов, такого подмножества проектов, которые целесообразно отправить на этап рабочего проектирования. Если же оценка ни одного из эскизных проектов не набрала значения выше критического, то происходит корректировка технического задания. Окончательная оценка проводится для готовых рабочих проектов, прошедших оценку по техническим характеристикам. Окончательная оценка необходима для обобщения множества факторов, которые будут влиять на проект во время его эксплуатации.

Алгоритм предварительной оценки проекта СЭ СС. Как показал практический опыт, перед формированием эскизного проекта обычно собирается информация в предварительном виде на основании мнений экспертов в области проектирования и эксплуатации систем связи. Перечень факторов, влияющих на предварительную оценку проекта, с учетом мнений экспертов приведен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень факторов для предварительной оценки проекта СЭ СС

Наименование фактора	Обозначение	Описание
Предварительное количество абонентов	$M_{ПКА}$	Численное
Предварительный размер зоны обслуживания	$M_{ПРЗО}$	Численное
Предварительная средняя скорость доступа абонента к сети	$M_{ПСД}$	Численное
Предварительная цена единицы оборудования	$C_{Об ПСО}$	Численное
Предварительная стоимость монтажа	$M_{\tilde{I}\tilde{N}\tilde{I}}$	Численное
Предварительная стоимость доставки	$M_{ПСДО}$	Численное
Предварительная оценка дополнительных затрат на монтаж	$M_{ПЗР}$	Численное
Предварительная оценка текущих платежей (от абонентов)	$M_{ППА_ТП}$	Численное
Предварительная оценка распределения абонентов (по тарифным планам)	$M_{ПРА_ТП}$	Численное
Предварительная маркетинговая оценка	$M_{ПрМО}$	Вербальное
Предварительная оценка рисков проекта	$M_{ПрОР}$	Вербальное
Контрольные сроки проекта	$M_{КС}$	Численное

Процесс предварительной оценки проекта СЭ СС в виде IDEF0 диаграммы, показан на рисунке 1. Значения входных переменных определяются экспертом или группой экспертов, имеющих опыт реализации аналогичных проектов. В роли экспертов могут выступать специалисты технического отдела, отдела развития сети, маркетинга, взаимодействия с клиентами и др. В таблице 2 сопоставлены входные переменные с необходимыми областями знаний экспертов.

Таблица 2. Сопоставление входных переменных с необходимыми областями знаний экспертов

Наименование входной переменной	Область знаний и компетенций эксперта
Предварительное количество абонентов	Взаимодействие с абонентами, анализ регионального рынка
Предварительный размер зоны обслуживания	Проектирование сетей и систем связи
Предварительная средняя скорость доступа абонента к сети	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи, анализ регионального рынка
Предварительная цена единицы оборудования	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи
Предварительная стоимость монтажа	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи
Предварительная стоимость доставки	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи
Предварительная оценка дополнительных затрат на монтаж	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи
Предварительная оценка текущих платежей (от абонентов)	Взаимодействие с абонентами, анализ регионального рынка
Предварительная оценка распределения абонентов (по тарифным планам)	Взаимодействие с абонентами, анализ регионального рынка
Предварительная маркетинговая оценка	Взаимодействие с абонентами, анализ регионального рынка
Предварительная оценка рисков проекта	Управление рисками
Контрольные сроки проекта	Проектирование и эксплуатация сетей и систем связи, управление рисками

Определение предварительного количества оборудования $N_{Об}$ производится экспертом или экспертной группой. Далее с учетом информации о предварительной стоимости единиц оборудования $C_{Об}$ определяется оценка предварительной стоимости оборудования $M_{ПСО}$:

$$M_{ПСО} = \sum_{i_{ПСО}}^{n_{ПСО}} N_{Об_{i_{ПСО}}} \cdot C_{Об_{i_{ПСО}}}, \quad (1)$$

где $i_{ПСО}$ – номер соответствующего элемента в проекте. На рисунке 1 соотношение (1) исполняет роль механизма «Модель расчета стоимости оборудования».

Для определения предварительных капитальных затрат (ПКЗ) используется формула:

$$M_{ПКЗ} = \sum_{i_{ПКЗ}}^{n_{ПКЗ}} M_{\Phi_{i_{ПКЗ}}}, \quad (2)$$

где $i_{ПКЗ}$ – номер параметра, учитываемого при определении предварительных капитальных затрат. В рамках проводимого исследования предварительные капитальные затраты определяются как сумма $M_{ПСО}$, $M_{ПМО}$, $M_{ПСДО}$, $M_{ПЗР}$:

$$M_{ПКЗ} = M_{ПСО} + M_{ПМО} + M_{ПСДО} + M_{ПЗР}.$$

Для определения предварительных эксплуатационных затрат используется соотношение вида:

$$M_{ПЭЗ} = F(N_{Об}, M_{ПСД}). \quad (3)$$

Во время реализации проекта определение предварительных эксплуатационных затрат возможно двумя методами – усилиями экспертной группы или при помощи преобразования соотношения (3) к виду:

$$M_{ПЭЗ} = \sum_{i_{ПЭЗ}}^{n_{ПЭЗ}} M_{i_{ПЭЗ}}, \quad (4)$$

где $i_{ПЭЗ}$ – номера параметров, учитываемых при определении предварительных эксплуатационных затрат. В качестве составляющих $M_{ПЭЗ}$ используются прогнозируемые затраты на аренду трафика, оплату электроэнергии, обязательные (лицензионные и налоговые выплаты), затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, дополнительные затраты на мероприятия связанные с обслуживанием проектируемого СЭ СС.

Для предварительной оценки прибыли проекта используется информация о контрольных сроках проекта – $M_{КС}$; о предварительной оценке количества абонентов – $M_{ПКА}$; о предварительных платежах абонентов по тарифным планам – $M_{ППА_ТП}$; предварительная оценка долей распределения абонентов по тарифным планам – $M_{ПРА_ТП}$. В качестве механизма обобщения влияния факторов используется соотношение вида:

$$M_{ПП} = M_{КС} \cdot \sum_{i_{ПП}}^{n_{ПП}} M_{ПКА} \cdot M_{ППА_ТП} \cdot M_{ПРА_ТП}. \quad (5)$$

Для получения обобщенной предварительной финансовой оценки – $M_{ПФО}$ результативности проекта используется соотношение вида:

$$M_{ПФО} = F_{ПФО}(M_{ПКЗ}, M_{ПЭЗ}, M_{ПП}). \quad (6)$$

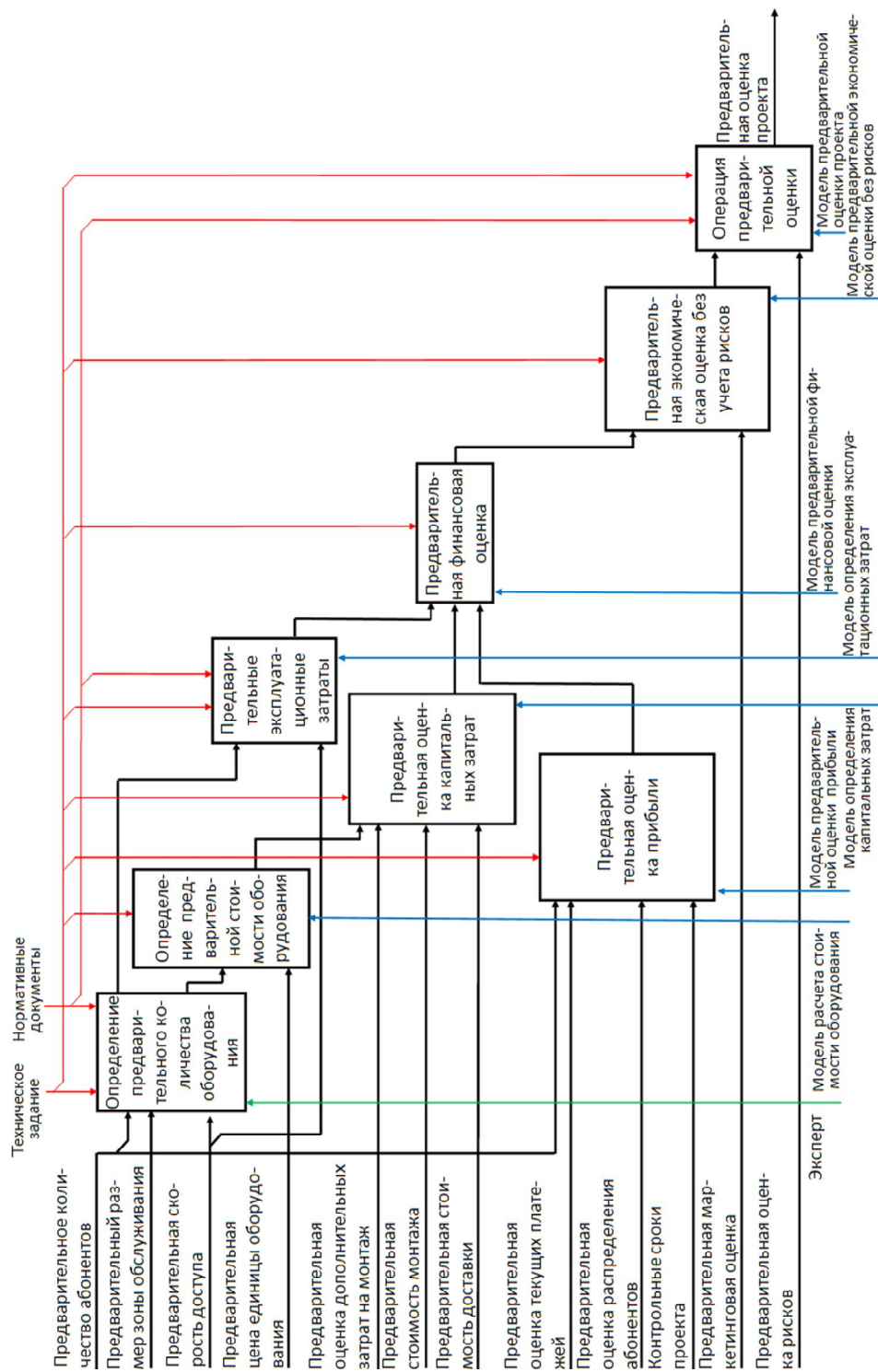


Рис. 1. IDEF0 диаграмма процесса работы алгоритма предварительной оценки проекта СЭ СС

Взаимное влияние $M_{ПКЗ}, M_{ПЭЗ}, M_{ПП}$ затруднительно описать аналитическими зависимостями в силу их нелинейного влияния на результат оценки. Поэтому целесообразно использование базы знаний экспертов. Обобщение их знаний целесообразно проводить методами нечеткого вывода. Формально процесс работы системы нечеткого вывода с учетом [6, 10, 11] можно представить в виде соотношения:

$$\bigcup_{p=1}^{\zeta_{ПФО}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ПФО}} \varphi_{ПФО_i} = \tau_{j_{ПФО_i}, \varphi_{ПФО_i}}, \omega_{р_{ПФО}} \in [0,1] \right] \Rightarrow^{Mamdani} M_{ПФО_fuzz} \Rightarrow^{Centroid} M_{ПФО} \quad (7)$$

где $\varphi_{ПФО_i}$ – элементы, а $\xi_{ПФО_i}$ – количество множества факторов $\Phi_{ПФО}$, влияющих на величину $M_{ПФО}$. С учетом (6) в состав множества $\Phi_{ПФО}$ входят три фактора: $(\varphi_{ПФО_1}, \varphi_{ПФО_2}, \varphi_{ПФО_3}) \subset \Phi_{ПФО}$. При этом $\varphi_{ПФО_1} = M_{ПКЗ}$, $\varphi_{ПФО_2} = M_{ПЭЗ}$, $\varphi_{ПФО_3} = M_{ПП}$. Каждый элемент множества $\Phi_{ПФО}$ описывается множеством термов $T_{\varphi_{ПФО_i}}$. Для каждого терма $\tau_{\varphi_{ПФО_i}} \subset T_{\varphi_{ПФО_i}}$ существует функция принадлежности $\mu_{\tau_{\varphi_{ПФО_i}}}(\varphi_{ПФО_i})$ и шкала значений $sc_{\varphi_{ПФО_i}}$:

$$\forall \varphi_{ПФО_i} \subset \Phi_{ПФО} \exists T_{\varphi_{ПФО_i}} : \forall \tau_{\varphi_{ПФО_i}} \in T_{\varphi_{ПФО_i}} \\ \exists (\mu_{\varphi_{ПФО_i}}(\varphi_{ПФО_i}) \wedge sc_{\varphi_{ПФО_i}}) \quad , \quad (8)$$

где $\mu_{\varphi_{ПФО_i}}(\varphi_{ПФО_i})$ показывает степень принадлежности переменной $\varphi_{ПФО_i}$ к терму $\tau_{\varphi_{ПФО_i}}$ в зависимости от значения $\varphi_{ПФО_i}$ на шкале $sc_{\varphi_{ПФО_i}}$. Общее количество правил влияния $\Phi_{ПФО}$ на $M_{ПФО}$ равно $\zeta_{ПФО}$ и определяется экспертами, которые формируют базу знаний для соотношения (7). Переменная $\omega_{р_{ПФО}}$ определяет уровень значимости каждого из правил. Значение $\omega_{р_{ПФО}}$ определяется экспертами, составляющими базу знаний. Аналогичным образом будут описываться системы нечеткого вывода для обработки информации по оценке проектов СЭ СС в дальнейшем. Для обработки базы правил используется метод Mamdani, а для получения четкого значения – метод Centroid. Формальное описание метода Mamdani и Centroid приведено в работах [6, 7, 10, 18].

Предварительная оценка проекта без учета риска производится с использованием предварительной финансовой оценки $M_{ПФО}$ и предварительной маркетинговой оценки $M_{ПМО}$:

$$M_{ПЭЭБР} = F_{ПЭЭБР}(M_{ПФО}, M_{ПМО}). \quad (9)$$

Учитывая, что переменная $M_{ПМО}$ описывается вербально, а формализация взаимного влияния $M_{ПМО}$ и $M_{ПФО}$ аналитическими методами затруднена, то будем определять $M_{ПЭЭБР}$ аналогично (7, 8):

$$\bigcup_{p=1}^{\zeta_{ПЭЭБР}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ПЭЭБР}} \varphi_{ПЭЭБР_i} = \tau_{j_{ПЭЭБР_i}, \varphi_{ПЭЭБР_i}}, \omega_{р_{ПЭЭБР}} \in [0,1] \right] \Rightarrow^{Mamdani} M_{ПЭЭБР_fuzz} \Rightarrow^{Centroid} M_{ПЭЭБР} \quad , \quad (10)$$

где аналогично (7, 8) $\varphi_{ПЭЭБР_i}$ – факторы, влияющие на величину $M_{ПЭЭБР}$, а $\xi_{ПЭЭБР}$ их количество. В рамках проводимых исследований $\varphi_{ПЭЭБР_1} = M_{ПФО}$, $\varphi_{ПЭЭБР_2} = M_{ПМО}$, а $\xi_{ПЭЭБР} = 2$, $\tau_{j_{ПЭЭБР_i}, \varphi_{ПЭЭБР_i}}$ – значение терма $\varphi_{ПЭЭБР_i}$ в заданном правиле, $\omega_{р_{ПЭЭБР}}$ – уровень значимости правила, а $\zeta_{ПЭЭБР}$ – количество правил в «базе правил».

Полная предварительная оценка проекта зависит от предварительной оценки проекта без учета риска $M_{ПЭЭБР}$ и предварительной оценки рисков проекта $M_{ПОР}$:

$$M_{ПОП} = F_{ПОП}(M_{ПЭЭБР}, M_{ПОР}). \quad (11)$$

Переменная $M_{ПОР}$ имеет вербальное описание, а формализация взаимного влияния $M_{ПЭЭБР}$ и $M_{ПОР}$ аналитическими методами затруднена. Поэтому дадим определение $M_{ПОП}$ аналогично (7, 8):

$$\bigcup_{p=1}^{\xi_{\text{ПОП}}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{\text{ПОП}}} \Phi_{\text{ПОП}_i} = \tau_{j_{\Phi_{\text{ПОП}_i}}, \Phi_{\text{ПОП}_i}}, \omega_{r_{\text{ПОП}}} \in [0,1] \right] \xRightarrow{\text{Mamdani}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\text{ПОП_fuzz}} \Rightarrow M_{\text{ПОП}} \quad (12)$$

где аналогично (7, 8) $\Phi_{\text{ПОП}_i}$ – факторы, влияющие на величину $M_{\text{ПОП}}$, а $\xi_{\text{ПОП}}$ их количество. В рамках проводимых исследований $\Phi_{\text{ПОП}_1} = M_{\text{ПЭЭБР}}$, $\Phi_{\text{ПОП}_2} = M_{\text{ПОР}}$, а $\xi_{\text{ПОП}} = 2$, $\tau_{j_{\Phi_{\text{ПОП}_i}}, \Phi_{\text{ПОП}_i}}$ – значение терма $\Phi_{\text{ПОП}_i}$ в заданном правиле; $\omega_{r_{\text{ПОП}}}$ – уровень значимости правила; $\xi_{\text{ПОП}}$ – количество правил в базе правил.

В число входных переменных соотношения (11) входит результат соотношения (9). В свою очередь в число входных переменных соотношения (9) входит результат соотношения (6). Поэтому практическая реализация соотношений (6, 9, 11) целесообразна в виде иерархической системы нечеткого вывода (ИСНВ). С учетом работ [11, 17, 18] эту ИСНВ целесообразно представить в виде ориентированного графа вида:

$$G_{\text{ИСНВ}}(V_{\text{ИСНВ}}, E_{\text{ИСНВ}}, V_l, E_l, V_r, E_r), \quad (13)$$

где $V_{\text{ИСНВ}}$ – множество вершин графа, в рамках исследований под вершинами понимаются системы нечеткого вывода (СНВ) различных ступеней иерархии; $E_{\text{ИСНВ}}$ – множество ребер графа соединяющих элементы множества $V_{\text{ИСНВ}}$ между собой; V_l – множество листьев графа – входные переменные; E_l – множество ребер графа, соединяющих листья с СНВ первого уровня иерархии; V_r – множество корней графа, т.е. выходные переменные, которые получают на выходе работы ИСНВ, E_r – множество ребер графа, соединяющих СНВ последнего уровня иерархии, с корнями. Реализации ИСНВ в MATLAB Simulink по определению предварительной оценки проекта СЭ СС показана на рисунке 2.

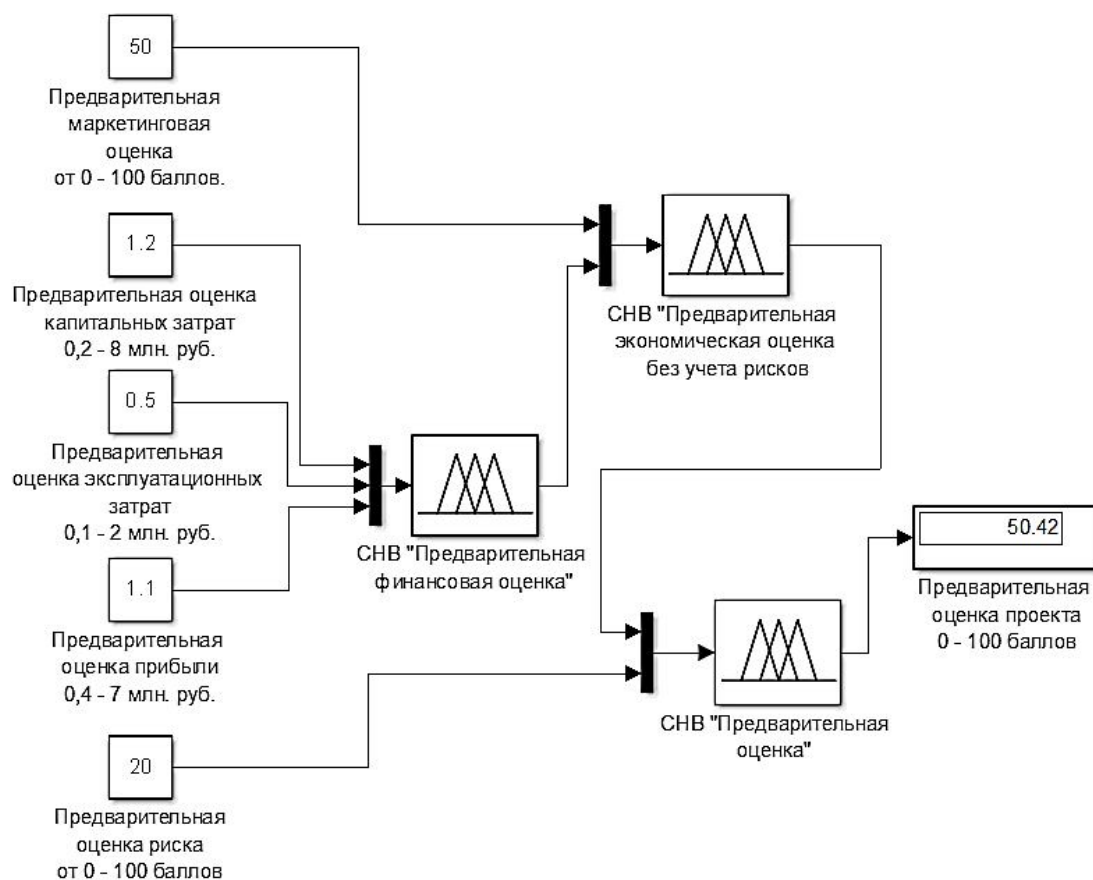


Рис. 2. Пример схемы ИСНВ по определению предварительной оценки проекта СЭСС средствами MATLAB Simulink

Изначально для принятия решения о целесообразности проведения технических расчетов установлено пороговое значение в размере 50 баллов. В настоящее время, с учетом апробации описываемой методики, предложены интервалы оценок и перечень действий по принятию решений, связанных с разработкой проекта. Диапазоны интервалов и перечень действий приводятся далее в настоящей статье. Если оценка проекта превышает пороговое значение, то осуществляются (выполняются) этапы рабочего проектирования. Его результатом является комплект документов, необходимых для реализации проекта как СЭ инфокоммуникационной системы.

Если предварительная оценка проекта ниже порогового значения, то производится уточнение технического задания. Затем осуществляется повторная оценка эскизного проекта по схеме, показанной на рисунке 1, с использованием соотношений (1–13).

Алгоритм окончательной оценки проекта с использованием методов теории нечетких множеств. В результате выполнения этапа рабочего проектирования, оказываются полученными расчетные технико-экономические показатели, собрана информация о состоянии рынка региона места внедрения, оценены риски связанные с реализацией проекта для поддержки принятия решения о выделении финансов. На основе этой информации целесообразно проведение окончательной оценки проекта на основе алгоритма, показанного в виде IDEF0 диаграммы на рисунке 3. Перечень входных переменных, используемых для проведения окончательной оценки СЭ СС приведен в таблице 3.

Таблица 3. Перечень входных переменных для проведения окончательной оценки проекта СЭ СС

Наименование фактора	Обозначение	Описание
Количество абонентов	$M_{КА}$	Численное
Размер зоны обслуживания	$M_{РЗО}$	Численное
Тарифные планы	$M_{ТП}$	Численное
Новизна проекта	$M_{НП}$	Численное
Социальная значимость проекта	$M_{СЗП}$	Вербальное
Риск не достижения целей проекта	$M_{РНДЦП}$	Вербальное
Риск превышения затрат проекта	$M_{РПЗП}$	Вербальное
Риск срыва сроков проекта	$M_{РССП}$	Вербальное

Для определения множества элементов необходимого оборудования: $D_{НО} = \{d_1, \dots, d_{n_{НО}}\}$, где $n_{НО}$ – число элементов множества, используются различные методы построения сетей передачи информации. Например, это может быть прогнозирование распространения сигнала в различных средах (по оптическому кабелю или в пространстве); прогнозирование нагрузки от абонентов и т.д. После формирования множества $D_{НО}$ собирается информация о стоимости каждого его элемента – $c_{d_{n_{НО}}}$. Окончательно затраты на оборудование определяются из соотношения:

$$m_{3O} = \sum_{i_{НО}=1}^{n_{НО}} d_{i_{НО}} \cdot c_{d_{i_{НО}}} \quad (14)$$

После определения затрат на приобретение оборудования проводится оценка необходимых капитальных затрат на реализацию проекта, что можно отобразить в виде соотношения:

$$m_{КЗ} = \sum_{i_{КЗ}=1}^{n_{КЗ}} m_{i_{КЗ}}, \quad (15)$$

где $m_{i_{КЗ}}$ – элементы множества факторов $M_{КЗ}$, которые влияют на величину капитальных затрат. В рамках проводимых исследований $M_{КЗ} = \{m_{3O}, m_{ДО}, m_{МО}, m_{ДЗ}\}$, где m_{3O} – стоимости оборудования – они определяется соотношением (14); $m_{МО}$ – стоимость монтажа оборудования; $m_{ДО}$ – стоимость доставки оборудования от склада поставщика до места реализации проекта; $m_{ДЗ}$ – величина дополнительных затрат. Определение значений элементов множества $M_{КЗ}$ производится в зависимости от значения m_{3O} – с учетом нормированных коэффициентов, которые приводятся в справочной литературе по проведению анализа экономической эффективности проектов в области телекоммуникаций (либо определяется в ходе анализа рынка в области строительства инфраструктурных объектов и перевозок заданного региона).

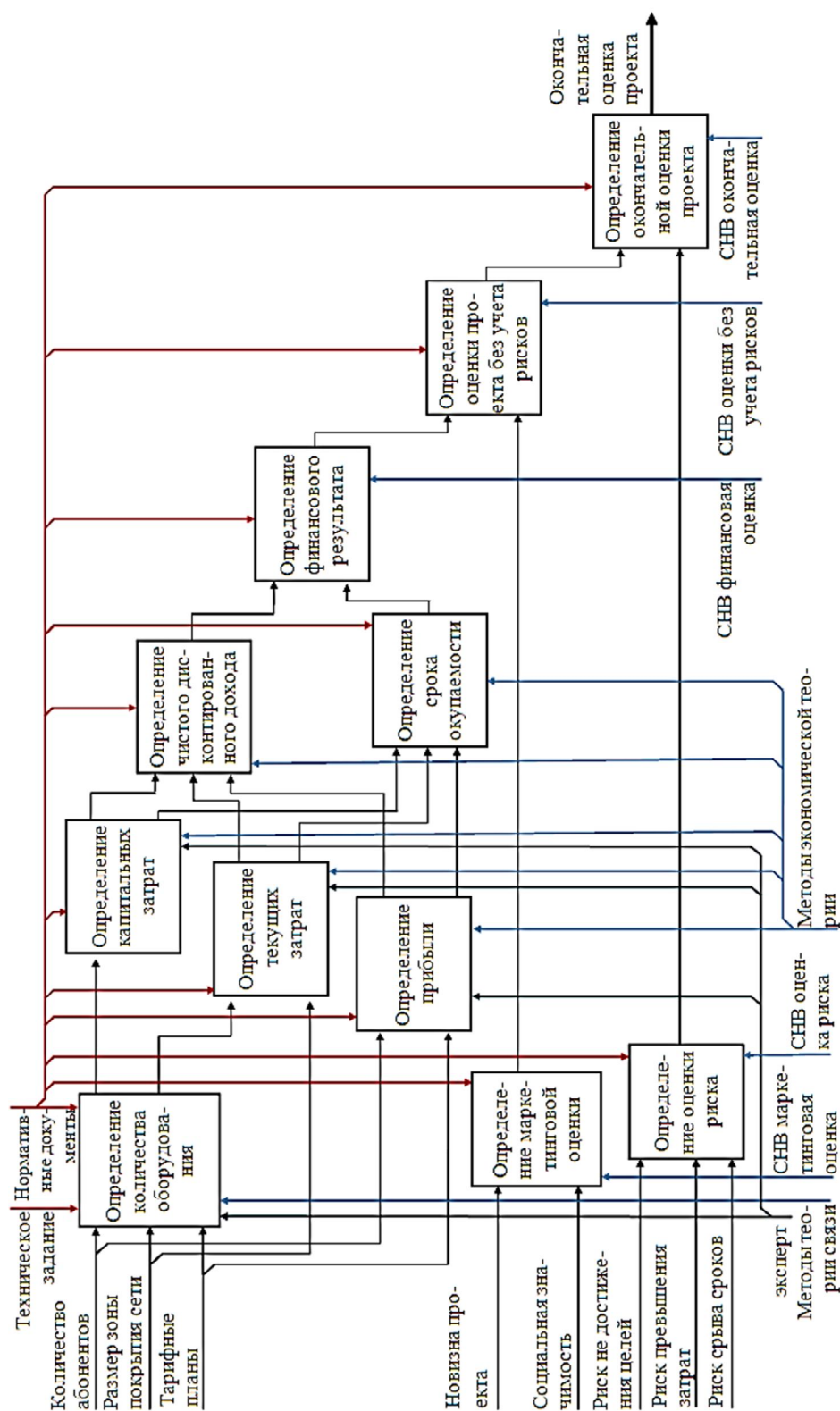


Рис. 3. IDEFO диаграмма алгоритма окончательной оценки проекта СЭ СС

Затраты на содержание проекта можно определить из:

$$m_{СП} = \sum_{i_{СП}=1}^{n_{СП}} m_{i_{СП}}, \quad (16)$$

где $m_{i_{СП}}$ – элементы множества факторов $M_{СП}$, которые влияют на величину затрат на содержание проекта. В рамках проводимых исследований $M_{СП} = \{m_{ЭП}, m_{ЗО}, m_{АТ}, m_{АМ}, m_{НП}\}$, где $m_{ЭП}$ – затраты на энергообеспечение проекта; $m_{ЗО}$ – затраты на обслуживание; $m_{АТ}$ – затраты на аренду трафика, в случае его аренды у другого провайдера; $m_{АМ}$ – рента за расположение оборудования на объектах сторонних организаций; $m_{НП}$ – величина налоговых и лицензионных платежей, связанных с эксплуатацией проекта. Определение значений элементов множества $M_{СП}$ производится в зависимости от типа элементов множества $D_{НО}$ и состояния рынка в регионе эксплуатации инфраструктурных объектов.

Определение прибыли за счет эксплуатации проекта можно описать соотношением вида:

$$m_{ПП} = \sum_{i=1}^{n_{зоды}} \left(m_{НП} \cdot \sum_{i_{ПП}}^{n_{ПП}} m_{КА} \cdot m_{ТП} \cdot m_{АП} \right), \quad (17)$$

где $m_{КА}$ – количество абонентов; $m_{НП}$ – нормированный период поступления платежей – как правило, это количество месяцев предполагаемой эксплуатации; $m_{ТП}$ – доли распределения тарифных планов между абонентами; $m_{АП}$ – абонентская плата за использование услуги. Далее определяется значение чистого дисконтированного дохода – npv и срока окупаемости проекта – pp :

$$npv = \sum_{i=0}^{n_{зоды}} \left[(m_{ППi} - m_{СПi}) / (1+r)^i \right] - m_{КЗ}, \quad (18)$$

$$pp = \frac{n_{зоды} \cdot m_{КЗ}}{\sum_{i=0}^{n_{зоды}} \left[(m_{ППi} - m_{СПi}) / (1+r)^i \right]}, \quad (19)$$

где $n_{зоды}$ – срок эксплуатации проекта; r – ставка дисконтирования, учитывающая инфляцию (или ставку по инвестированию в ценные бумаги для случая сравнительного анализа размещения денежных средств).

Для комплексной оценки финансового результата проекта предлагается обобщить результаты, получаемые из соотношений (18, 19) в виде:

$$M_{ОФР} = F_{ОФР}(npv, pp). \quad (20)$$

Учтем, что npv и pp имеют разную размерность. Поэтому обобщение можно провести методами нечеткой логики аналогично (7):

$$\begin{aligned} & \bigcup_{p=1}^{\xi_{ОФР}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ОФР}} \varphi_{ОФРi} = \tau_{j_{\varphi_{ОФРi}}, \varphi_{ОФРi}}, \omega_{p_{ОФР}} \in [0,1] \right] \xRightarrow{Mamdani} \\ & \xRightarrow{Mamdani} M_{ОФР_fuzz} \xRightarrow{Centroid} M_{ОФР} \end{aligned} \quad (21)$$

где, аналогично (7), $\varphi_{ОФРi}$ – факторы, влияющие на величину $M_{ОФР}$; $\xi_{ОФР}$ их количество; $\varphi_{ОФР1} = npv$, $\varphi_{ОФР2} = pp$; $\xi_{ОФР} = 2$; $\tau_{j_{\varphi_{ОФРi}}, \varphi_{ОФРi}}$ – значение терма $\varphi_{ОФРi}$ в заданном правиле; $\omega_{p_{ОФР}}$ – уровень значимости правила; $\xi_{ОФР}$ – количество правил в базе правил.

Маркетинговая оценка представляется как величина, полученная в результате обобщения оценки новизны используемых в проекте технологий и социальной значимости проекта:

$$M_{МО} = F_{МО}(M_{ОНТ}, M_{ОСЭ}), \quad (22)$$

где $M_{ОНТ}$ – оценка новизны технологий, которые применяются во время реализации проекта; $M_{ОСЭ}$ – оценка социального эффекта от результатов внедрения проекта. Учтем, что $M_{ОНТ}$ и $M_{ОСЭ}$ имеют вербальное описание. Поэтому реализация оператора $F_{МО}$ проводится с использованием методов ТНМ:

$$\begin{aligned} & \bigcup_{p=1}^{\xi_{МО}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{МО}} \varphi_{МОi} = \tau_{j_{\varphi_{МОi}}, \varphi_{МОi}}, \omega_{p_{МО}} \in [0,1] \right] \xRightarrow{Mamdani} \\ & \xRightarrow{Mamdani} M_{МО_fuzz} \xRightarrow{Centroid} M_{МО} \end{aligned} \quad (23)$$

где аналогично (7) Φ_{MO_i} – факторы, влияющие на величину M_{MO} ; ξ_{MO} их количество; $\Phi_{MO_1} = M_{OHT}$; $\Phi_{MO_2} = M_{OCЭ}$; $\xi_{MO} = 2$; $\tau_{j_{\Phi_{MO_i}}, \Phi_{MO_i}}$ – значение терма Φ_{MO_i} в заданном правиле; $\omega_{p_{MO}}$ – уровень значимости правила, а ξ_{MO} – количество правил в базе правил.

Оценка рисков проекта – $M_{ОРП}$, получается в результате обобщения оценки риска недостижения цели – $M_{ОНЦ}$; риска превышения затрат, необходимых для реализации проекта – $M_{РПЗ}$; риска невыполнения проекта в срок – $M_{РНПвС}$:

$$M_{ОРП} = F_{ОРП}(M_{РНЦ}, M_{РПЗ}, M_{РНПвС}). \quad (24)$$

Обобщение влияния $M_{ОНЦ}$, $M_{РПЗ}$, $M_{РНПвС}$ при помощи методов нечеткой логики имеет вид:

$$\begin{aligned} \bigcup_{p=1}^{\xi_{ОРП}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ОРП}} \Phi_{ОРП_i} = \tau_{j_{\Phi_{ОРП_i}}, \Phi_{ОРП_i}}, \omega_{p_{ОРП}} \in [0,1] \right] &\xRightarrow{\text{Mamdani}} \\ &\xRightarrow{\text{Mamdani}} M_{ОРП_fuzz} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{ОРП} \end{aligned} \quad (25)$$

где аналогично (7) $\Phi_{ОРП_i}$ – факторы, влияющие на величину $M_{ОРП}$; $\xi_{ОРП}$ их количество; $\Phi_{ОНЦ_1} = M_{ОНЦ}$, $\Phi_{ОРП_2} = M_{РПЗ}$, $\Phi_{ОРП_3} = M_{РНПвС}$, а $\xi_{ОРП} = 3$, $\tau_{j_{\Phi_{ОРП_i}}, \Phi_{ОРП_i}}$ – значение терма $\Phi_{ОРП_i}$ в заданном правиле; $\omega_{p_{ОРП}}$ – уровень значимости правила; $\xi_{ОРП}$ – количество правил в базе правил.

Для упрощения построения базы правил и конструкций самих правил получение окончательной оценки проекта разделено на два этапа.

1. Оценка проекта без учета рисков – $M_{ЭОБР}$. Определяется обобщением финансового результата – $M_{ОФР}$ и маркетинговой оценки – $M_{МО}$:

$$M_{ЭОБР} = F_{ЭОБР}(M_{ОФР}, M_{МО}) \quad (26)$$

Формальная реализация (26) с использованием методов ТНМ имеет вид:

$$\begin{aligned} \bigcup_{p=1}^{\xi_{ЭОБР}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ЭОБР}} \Phi_{ЭОБР_i} = \tau_{j_{\Phi_{ЭОБР_i}}, \Phi_{ЭОБР_i}}, \omega_{p_{ЭОБР}} \in [0,1] \right] &\xRightarrow{\text{Mamdani}} \\ &\xRightarrow{\text{Mamdani}} M_{ЭОБР_fuzz} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{ЭОБР} \end{aligned} \quad (27)$$

где, аналогично (7), $\Phi_{ЭОБР_i}$ – факторы, влияющие на $M_{ЭОБР}$; $\xi_{ЭОБР}$ их количество; $\Phi_{ЭОБР_1} = M_{ОФР}$; $\Phi_{ЭОБР_2} = M_{МО}$; $\xi_{ЭОБР} = 2$; $\tau_{j_{\Phi_{ЭОБР_i}}, \Phi_{ЭОБР_i}}$ – значение терма $\Phi_{ЭОБР_i}$ в правиле; $\omega_{p_{ЭОБР}}$ – уровень значимости правила; $\xi_{ЭОБР}$ – количество правил в базе правил.

2. Получение окончательной оценки – $M_{ООП}$, определяется обобщением оценки без учета риска – $M_{ЭОБР}$ и с оценкой рисков – $M_{ОРП}$:

$$M_{ООП} = F_{ООП}(M_{ЭОБР}, M_{ОРП}). \quad (28)$$

Формальная реализация (28) с использованием методов ТНМ имеет вид:

$$\begin{aligned} \bigcup_{p=1}^{\xi_{ООП}} \left[\bigcap_{i=1}^{\xi_{ООП}} \Phi_{ООП_i} = \tau_{j_{\Phi_{ООП_i}}, \Phi_{ООП_i}}, \omega_{p_{ООП}} \in [0,1] \right] &\xRightarrow{\text{Mamdani}} \\ &\xRightarrow{\text{Mamdani}} M_{ООП_fuzz} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{ООП} \end{aligned} \quad (29)$$

где аналогично (7) $\Phi_{ООП_i}$ – факторы, влияющие на $M_{ООП}$; $\xi_{ООП}$ их количество; $\Phi_{ООП_1} = M_{ЭОБР}$; $\Phi_{ООП_2} = M_{ОРП}$; $\xi_{ООП} = 2$; $\tau_{j_{\Phi_{ООП_i}}, \Phi_{ООП_i}}$ – значение терма $\Phi_{ООП_i}$ в правиле; $\omega_{p_{ООП}}$ – уровень значимости правила; $\xi_{ООП}$ – количество правил в базе правил.

Обобщенно (20–29) с учетом (13) целесообразно представить в виде ИСНВ. Его вид для получения окончательной оценки проекта, реализованный средствами MATLAB Simulink, показан на рисунке 4.

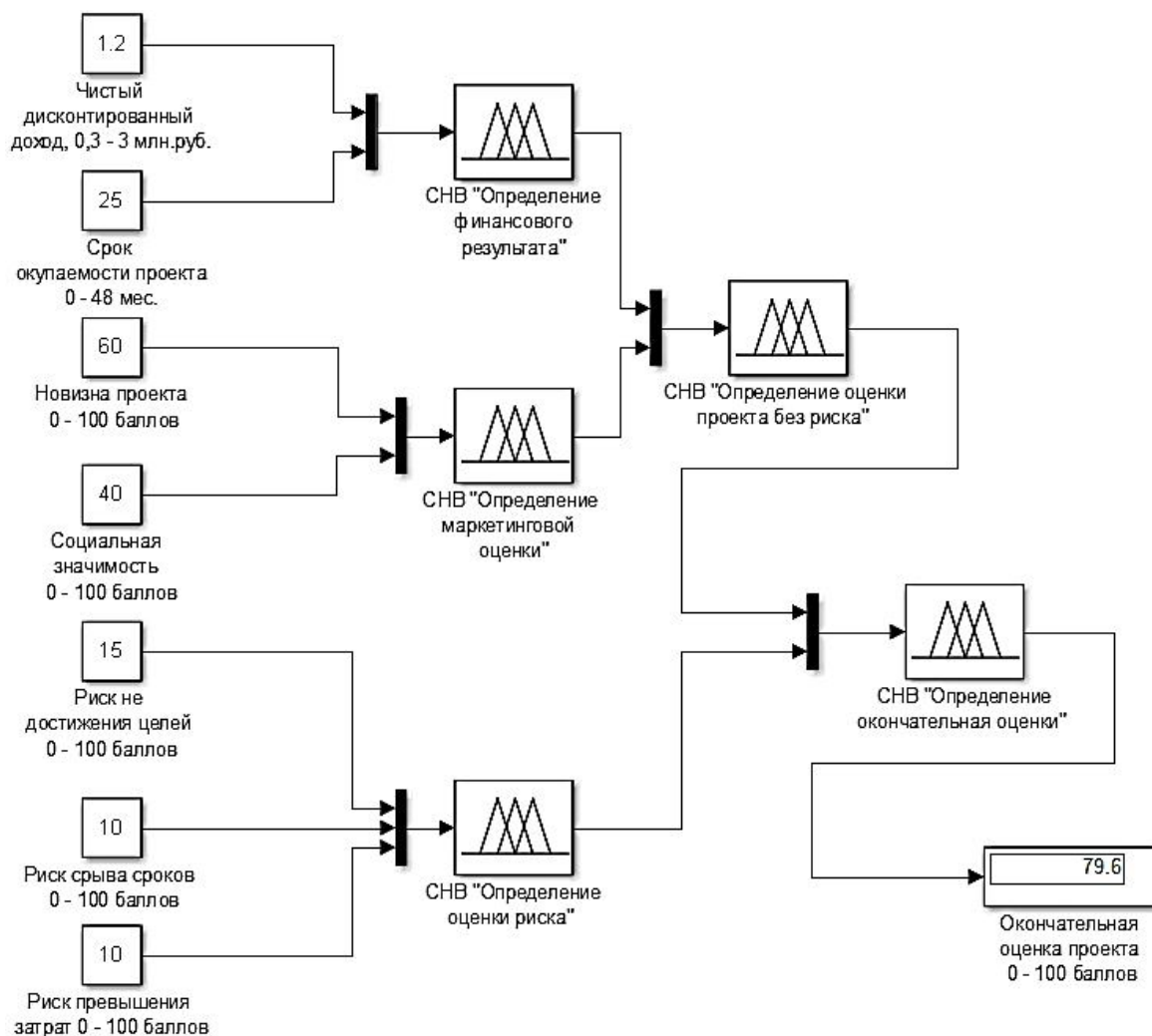


Рис. 4. Пример схемы ИСНВ по определению окончательной оценки проекта СЭ СС средствами MATLAB Simulink

С учетом опыта применения предложенных положений целесообразно установить диапазоны баллов и перечень соответствующих рекомендаций лицу, принимающему решения (ЛПР), которые приведены в таблице 4.

Таблица 4. Диапазон баллов ИСНВ для предварительной и окончательной оценок, перечень рекомендуемых действий для ЛПР

ИСНВ для предварительной оценки		ИСНВ для окончательной оценки	
Диапазон значений оценки	Наименование решения	Диапазон значений оценки	Наименование решения
0–40	Эскиз следует отправить на уточнение задания	0–40	Проект следует отправить на доработку
41–59	Эскиз может быть направлен на этап подготовки рабочего проекта, но желательна дополнительная экспертиза	41–59	Проект может быть принят, но желательно дополнительное заключение эксперта
60–100	Эскиз рекомендуется отправить на этап подготовки рабочего проекта,	60–100	Проект рекомендуется к внедрению

Таким образом, предлагаемые ИСНВ позволяют автоматизировать процессы принятия решений по оценке проектов СЭ СС.

Обобщение результатов исследования. С учетом работ [2, 11, 20], для целостного восприятия полученных результатов исследований предлагается обобщить процесс получения и использования интегрированной оценки проектов СЭ СС в виде системы поддержки принятия решений (СППР). Блок-схема такой СППР (рис. 5) поясняет основные этапы поддержки принятия решений по приему или отклонению проектов на различных этапах их разработки.

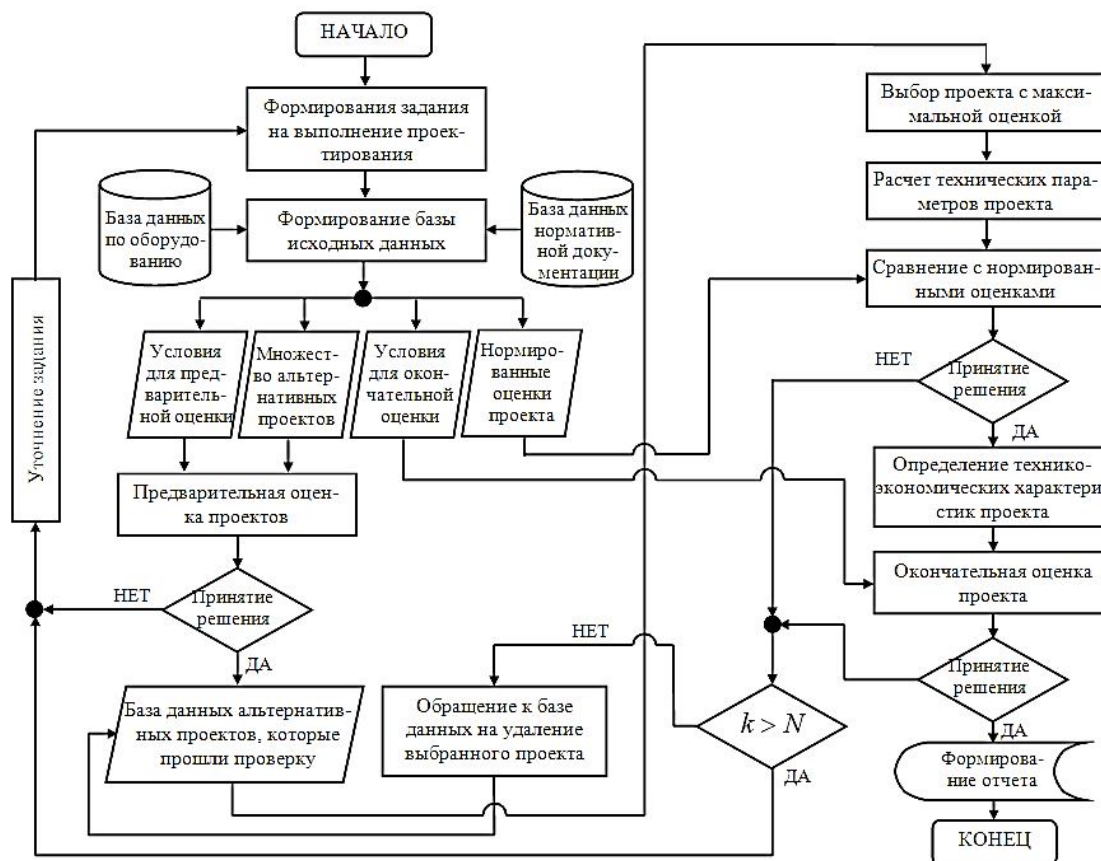


Рис. 5. Блок-схема системы поддержки принятия решений в процессе получения интегрированной оценки проекта СЭ СС

Как видно из рисунка 5, алгоритм предварительной оценки используется на этапе анализа эскизных проектов. Это позволяет произвести первичную фильтрацию для исключения (отбраковки) проектов, реализация которых нецелесообразна. Затем из числа приемлемых выбирается проект с максимальной оценкой и на основе него подготавливается рабочий проект.

Отличительной особенностью (по сравнению с аналогичной схемой, описанной авторами в [11]), является создание базы данных эскизных проектов прошедших предварительную оценку, но имеющих разные баллы. После проведения предварительной оценки проекты упорядочиваются по мере возрастания баллов, и на этап выполнения рабочего проекта поступает эскиз, имеющий максимальный балл. Если этот проект «не проходит» последующие этапы оценки (из-за несоответствия принятым критериям), то на этап подготовки рабочего проекта поступает эскиз, имеющий балл чуть ниже, а проект, который не прошел оценку удаляется из базы данных. Для экономии времени, затрачиваемого на анализ проектов, предлагается установить предельное количество записей в базе данных альтернативных (приемлемых) проектов равное числу N . На практике значение N определяется экспертной группой в зависимости от типа проекта и условий его реализации. Информация о проектах, которые не прошли последующие этапы оценки, накапливается в специальном блоке-счетчике и определяется как величина k . Как только происходит выполнение условия $k > N$, выполняется удаление всех записей из базы данных альтернативных проектов, прошедших предварительную оценку, и подается команда на уточнение технического задания на проектирование.

Если рабочий проект проходит все этапы оценки, то происходит формирование отчета для ЛПР с выдачей рекомендации о целесообразности внедрения проекта.

Разработаны алгоритмы обработки информации, представленной в числовой (количественной) и вербальной (качественной) формах для получения интегрированной оценки проектов СЭ СС. С учетом специфики подготовки проектов предложены два алгоритма: для предварительной и для окончательной оценок.

Алгоритм для предварительной оценки использует в качестве входных переменных информацию, полученную от экспертов. Она определяется следующими показателями: предварительными оценками количества абонентов, предполагаемым местом установки оборудования проекта, приблизительными затратами на установку и эксплуатацию оборудования, прогнозируемой прибылью от реализации

проекта; предварительной маркетинговой оценкой проекта; предварительной оценкой риска не возврата инвестиций, вложенных в проект.

В алгоритме для окончательной оценки, в качестве входных переменных используются результаты проведенных расчетов интегрированных показателей: чистого дисконтированного дохода; срока окупаемости проекта; обобщенных оценок социальной значимости, новизны технологий и рисков реализации проекта.

С учетом большого количества переменных, имеющих различные диапазоны значений, в алгоритмах применены различные математические методы. Для переменных с одинаковыми размерностями и единицами измерений предложено использовать аналитические зависимости, основанные на классических методах расчета технико-экономических показателей. Для обработки переменных с различными единицами измерения или описываемых вербально, предложено использование методов ТНМ. Результатом использования методов ТНМ стала разработка ИСНВ для получения предварительной и окончательной оценок проекта.

Предложена блок-схема работы СППР для оценки проектов СЭ СС, которая описывает этапы обработки информации и выработки управляющих решений. Применение этой СППР позволяет сформировать рекомендации для внедрения или доработки проектного решения.

Реализация предложенных теоретических положений потенциально дает возможность автоматизировать процесс принятия решений, связанных с выбором и практической реализацией проектов СЭ СС.

Список литературы

1. Брумштейн Ю. М. Анализ некоторых моделей группового управления рисками / Ю. М. Брумштейн, О. Н. Выборнова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 4. – С. 64–72 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/4\(32\)/64-72.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/4(32)/64-72.pdf)).
2. Дмитриев В. Н. Алгоритм выбора места расположения узлов инфокоммуникационной сети, основанный на применении обобщенного показателя качества / В. Н. Дмитриев, А. А. Сорокин, Ю. Ахмат, Г.А.Х. Алавади // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 2. – С. 71–78.
3. Ехлаков Ю. П. Нечеткая модель оценки рисков продвижения программных продуктов / Ю. П. Ехлаков, Н. В. Пермякова // Бизнес-информатика. – 2014. – № 3 (29). – С. 69–78.
4. Куликовская Н. А. Модели нечетких оценок для энергетических инвестиционных проектов / Н. А. Куликовская // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 5 (94). – С. 127–133.
5. Лебедев К. Н. Проблемы факторного анализа, основанного на методах детерминированного факторного анализа (проблемы науки «экономический анализ») / К. Н. Лебедев // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2012. – № 3. – С. 4–13.
6. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech / А. В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
7. Мохаммед А. Г. Нейронечеткая модель краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии / А. Г. Мохаммед // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 2 (22). – С. 47–56 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(22\)/47-56.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(22)/47-56.pdf)).
8. Мусатова Т. Е. Методика прогнозирования эффективности инновационного проекта на основе экспертных оценок / Т. Е. Мусатова, Д. О. Желиховский // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 634.
9. Потресов Д. К. Технология интеллектуальной поддержки проектирования ЛВС на основе экспертных оценок и нечеткой логики / Д. К. Потресов, Д. А. Львов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 2–1. – С. 38–43.
10. Рогозин О. В. Метод нечеткого вывода решения в задаче подбора программного обеспечения на основе качественных характеристик этого обеспечения как объекта инвестиций / О. В. Рогозин // Качество, инновации, образование. – 2009. – № 3. – С. 43–49.
11. Сорокин А. А. Модель для поддержки принятия решений в процессе проектирования структурных элементов инфокоммуникационных систем / А. А. Сорокин, Ахмат Юсуф // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 11 (190). – С. 141–145.
12. Темукуев Х. М. Теоретические аспекты применения экономико-математического аппарата при оценке моделей и систем детерминированного факторного анализа / Х. М. Темукуев, Ж. Х. Темукуева // Мир науки. – 2014. – № 4. – С. 54–60.
13. Филатов Е. А. Модификация методов детерминированного факторного анализа модели Дюпона / Е. А. Филатов, В. Б. Нечаев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 5 (100). – С. 285–292.
14. Худазаров Э. А. Теоретико-методологические основы формирования технологии интегральных оценок исполнения проектов / Э. А. Худазаров // Транспортное дело России. – 2009. – № 12. – С. 13–15.
15. Чванова М. С. Выбор проекта и оценка его эффективности на основе нечетких запросов и метода экспертных оценок / М. С. Чванова, И. А. Киселева, А. А. Молчанов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 12 (128). – С. 138–150.
16. Чертина Е. В. Комплексная количественная оценка инновационных ИТ-проектов на основе нечетко-множественных описаний / Е. В. Чертина, И. Ю. Квятковская // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 1 (33). – С. 50–62 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/1\(33\)/50-62.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/1(33)/50-62.pdf)).
17. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С. Д. Штовба. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения 02.04.2017 г.).
18. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

19. Шушур А. Н. Метод нечеткого критического пути для управления проектами на основе нечетких интервальных оценок / А. Н. Шушур, Ю. А. Якимов // Искусственный интеллект. – 2012. – № 3. – С. 332–337.
20. Юсуф Ахмат. Модель нечеткого вывода для поддержки и принятия решений в процессе формирования структуры инфокоммуникационной системы / Ахмат Юсуф, А. А. Сорокин, В. Н. Дмитриев // Научный вестник НГТУ. – 2016. – № 1 (т. 62). – С. 74–90.
21. Cuka M. An integrated intelligent system for IoT device selection and placement in opportunistic networks using fuzzy logic and genetic algorithm / M. Cuka, D. Elmazi, R. Obukata, K. Ozero, T. Oda, L. Barolli // 2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). – 2017. – P. 201–207.
22. Inaba T. An integrated system for wireless cellular and ad-hoc networks using fuzzy logic / T. Inaba, S. Sakamoto, E. Kulla, S. Caballe, M. Ikeda, L. Barolli // 2014 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. – 2014. – P. 157–162.
23. Liu K. Algorithm research on project risk fuzzy evaluation / K. Liu, J. Hao, Y. Pang // 2009 First International Workshop on Database Technology and Applications. – 2009. – P. 160–164.
24. Munadi R. Location management cost reduction using fuzzy logic in cellular radio network / R. Munadi, M. Ismail, M. Abdullah, N. Misran // Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace). – 2011. – P. 165–169.
25. Peikert T. Fuzzy-based risk analysis for IT-Systems and their infrastructure / T. Peikert, H. Garbe, S. Potthast // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2017. – Vol. 59, issue 4. – P. 1294–1301.

References

1. Brumshteyn Yu. M., Vybornova O. N. Analiz nekotorykh modeley gruppovogo upravleniya riskami [Analysis of some models of group risk management]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 4, pp. 64–72 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/4\(32\)/64-72.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/4(32)/64-72.pdf)).
2. Dmitriyev V. N., Sorokin A. A., Youssouf, Ahmat Alavadi G.A.H. Algoritm vybora mesta raspolozheniya uzlov infokommunikatsionnoy seti, osnovanny na primeneni obobshchennogo pokazatelya kachestva [The algorithm for selecting the location of the nodes of the infocommunication network, based on the application of the generalized quality index]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2015, no. 2, pp. 71–78.
3. Yekhlakov Yu. P., Permyakova N. V. Nечеткая модель оценки рисков продвижения программных продуктов [Fuzzy model for assessing the risks of promoting software products]. *Biznes-informatika* [Business Informatics], 2014, no. 3 (29), pp. 69–78.
4. Kulikovskaya N. A. Modeli nechetkikh otsenok dlya energeticheskikh investitsionnykh projektov [Models of fuzzy estimates for energy investment projects]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the SFU. Technical science], 2009, no. 5 (94), pp. 127–133.
5. Lebedev K. N. Problemy faktornogo analiza, osnovannogo na metodakh determinirovannogo faktornogo analiza (problemy nauki “ekonomicheskii analiz”) [Problems of factor analysis based on methods of deterministic factor analysis (problems of science “economic analysis”)]. *YeTAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika* [STAGE: Economic Theory, Analysis, Practice], 2012, no. 3, pp. 4–13.
6. Leonenkov A. V. *Nечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech* [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTech], Saint-Petersburg, BKhV- Peterburg Publ., 2005. 736 p.
7. Mohammed A. G. Neyronechetkaya model kratkosrochnogo prognozirovaniya potrebleniya elektroenergii [Neuronechetical model of short-term forecasting of electricity consumption]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2013, no. 2 (22), pp. 47–56 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(22\)/47-56.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(22)/47-56.pdf)).
8. Musatova T. Ye., Zhelihovskiy D. O. Metodika prognozirovaniya effektivnosti innovatsionnogo projekta na osnove ekspertnykh otsenok [Methods of predicting the effectiveness of an innovative project based on expert judgment]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2015, no. 1–1, pp. 634–642.
9. Potresov D. K., Lvov D. A. Tekhnologiya intellektualnoy podderzhki proektirovaniya LVS na osnove ekspertnykh otsenok i nechjotkoj logiki [Technology of intellectual support for LAN design based on expert assessments and fuzzy logic]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining Information and Analytical Bulletin], 2008, no. 2–1, pp. 38–43.
10. Rogozin O. V. Metod nechetkogo vyvoda resheniya v zadache podbora programmnoy obespecheniya na osnove kachestvennykh kharakteristik etogo obespecheniya kak obekta investitsiy [Method of fuzzy conclusion of the solution in the task of selecting software on the basis of qualitative characteristics of this security as an investment object]. *Kachestvo, innovatsii, obrazovanie* [Quality, Innovation, Education], 2009, no. 3, pp. 43–49.
11. Sorokin A. A., Youssouf Ahmat. Model dlya podderzhki prinyatiya resheniy v protsesse proektirovaniya strukturnykh jelementov infokommunikatsionnykh sistem [Model for supporting decision-making in the process of designing structural elements of infocommunication systems]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2016, no. 11 (190), pp. 141–145.
12. Temukuev Kh. M., Temukueva Zh. Kh. Teoreticheskie aspekty primeneniya ekonomiko-matematicheskogo apparata pri otsenke modeley i sistem determinirovannogo faktornogo analiza [Theoretical aspects of the application of the economic and mathematical apparatus in the evaluation of models and systems of deterministic factor analysis]. *Mir nauki* [The World of Science], 2014, no. 4, pp. 54–60.
13. Filatov Ye. A., Nechaev V. B. Modifikatsiya metodov determinirovannogo faktornogo analiza modeli Dyupona [Modification of methods of deterministic factor analysis of the DuPont model]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 2015, no. 5 (100), pp. 285–292.
14. Khudazarov E. A. Teoretiko-metodologicheskie osnovy formirovaniya tekhnologii integralnykh otsenok ispolneniya projektov [Theoretical and methodological foundations for the formation of technology for integrated assessments of project performance]. *Transportnoe delo Rossii* [Transport Business in Russia], 2009, no. 12, pp. 13–15.

15. Chvanova M. S., Kiseleva I. A., Molchanov A. A. Vybor proekta i otsenka ego effektivnosti na osnove nechetkikh zaprosov i metoda ekspertnykh otsenok [Selection of the project and evaluation of its effectiveness on the basis of fuzzy queries and the method of expert review]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki* [Bulletin of Tambov University. Series: The Humanities], 2013, no. 12 (128), pp. 138–150.
16. Chertina Ye. V., Kvyatkovskaya I. Yu. Kompleksnaya kolichestvennaya otsenka innovatsionnykh IT-proektov na osnove nechetko-mnozhestvennykh opisaniy [Comprehensive quantification of innovative IT projects based on fuzzy descriptions]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2016, no. 1 (33), pp. 50–62 ([http://hi-tech.asu.edu.ru/files/1\(33\)/50-62.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/1(33)/50-62.pdf)).
17. Shtovba S. D. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku* [Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic]. Available at: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php> (Accessed 02.04.2017).
18. Shtovba S. D. *Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Designing of fuzzy systems by means of MATLAB], Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2007. 288 p.
19. Shushura A. N., Yakimova Yu. A. Metod nechetkogo kriticheskogo puti dlya upravleniya proektami na osnove nechetkikh intervalnykh otsenok [Fuzzy Critical Path Method for Project Management Based on Fuzzy Interval Estimates]. *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial Intelligence], 2012, no. 3, pp. 332–337.
20. Youssouf Ahmat, Sorokin A. A., Dmitriev V. N. Model nechetkogo vyvoda dlya podderzhki i prinyatiya resheniy v protsesse formirovaniya struktury infokommunikatsionnoy sistemy [Model of fuzzy inference for support and decision-making in the process of formation of the infocommunication system structure]. *Nauchnyy vestnik NGTU* [Scientific Bulletin of the NSTU], 2016, no. 1, pp. 74–90.
21. Cuka M., Elmazi D., Obukata R., Odera K., Barolli L. An integrated intelligent system for IoT device selection and placement in opportunistic networks using fuzzy logic and genetic algorithm. *2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, 2017, pp. 201–207.
22. Inaba T., Sakamoto S., Kulla E., Caballe S., Ikeda M., Barolli L. An integrated system for wireless cellular and ad-hoc networks using fuzzy logic. *2014 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, 2014, pp. 157–162.
23. Liu K., Hao J., Pang Y. *Algorithm research on project risk fuzzy evaluation. 2009 First International Workshop on Database Technology and Applications*, 2009, pp. 160–164.
24. Munadi R., Ismail M., Abdullah M., Misran N. Location management cost reduction using fuzzy logic in cellular radio network. *Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace)*, 2011, pp. 165–169.
25. Peikert T., Garbe H., Potthast S. Fuzzy-based risk analysis for IT-Systems and their infrastructure. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 2017, vol. 59, issue 4, pp. 1294–1301.

УДК [004.4+004.5]:004.9

**СРАВНЕНИЕ «ВИДИМОСТИ» ПОИСКОВЫМИ СИСТЕМАМИ ИНТЕРНЕТА
ИНФОРМАЦИИ ПО РЕГИОНУ РОССИИ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СТРАНАХ,
ВОЗНИКШИХ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СССР
(НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Статья поступила в редакцию 20.04.2017, в окончательном варианте – 23.06.2017.

Васьковский Евгений Юрьевич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
инженер-программист 1-ой категории, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-4937-3305>,
https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=932352, e-mail: vaskovskiy_evgeniy@mail.ru

Обоснована важность и актуальность оценки «видимости» информации по отдельным регионам России поисковыми системами Интернета (ПСИ) в нашей стране и за рубежом. Дана общая характеристика источников информации, использованных для проведения исследований. На примере Астраханской области (АО) описана методика выполнения работ, включая особенности задания поисковых запросов для ПСИ на различных языках. Приведена общая характеристика места АО в России и мире. Исследование «видимости» информации по АО в ПСИ проведено для стран, возникших на территории СССР (включая Россию). Для каждой из них сделано следующее: по данным в Интернет-источниках оценена относительная популярность используемых в них ПСИ; для этих ПСИ определены количества ссылок в их поисковых выдачах, указывающих на информацию по АО; рассчитаны средневзвешенные оценки «видимости» информации по АО, учитывающие относительную популярность ПСИ в этих странах. Для рассмотренных стран сделаны выводы о целесообразных мерах по улучшению «видимости» информации по АО в ПСИ с учетом информационной конкуренции в Интернете и некоторых других факторов.

Ключевые слова: Интернет, регионы, информационное присутствие, поисковые системы Интернета, формулировки запросов, Астраханская область, показатели «видимости», интегральные оценки, Россия, Украина, Белоруссия, Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, Армения