

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В РАЗРАБОТКЕ OSS/BSS РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

**Пожарский Николай Александрович,**  
аспирант кафедры ИКС СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
старший системный аналитик ООО "НТЦ АРГУС",  
Санкт-Петербург, Россия, [n.pozharsky@argustelecom.ru](mailto:n.pozharsky@argustelecom.ru)

**Лихачев Денис Александрович,**  
магистр кафедры ИКС СПбГУТ им. проф. М.А.  
Бонч-Бруевича, инженер сопровождения ООО "НТЦ АРГУС",  
Санкт-Петербург, Россия, [d.lihachev@argustelecom.ru](mailto:d.lihachev@argustelecom.ru)

**Кисляков Сергей Викторович,**  
доцент кафедры ИКС СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
бизнес-аналитик ООО "НТЦ АРГУС", Санкт-Петербург, Россия,  
[s.kislyakov@argustelecom.ru](mailto:s.kislyakov@argustelecom.ru)

**Ключевые слова:** Когнитивные карты, нечеткая логика, автоматизированные информационные системы, OSS/BSS, программный продукт, разработка.

Для эффективного управления процессами разработки сложных информационных систем в современных условиях необходим подход, который даёт качественный анализ сложной ситуации, предусматривает различного рода тенденции, факторы риска протекающих процессов, предоставляет качественную оценку этих тенденций и выбор мер, способствующих их развитию в нужном, правильном направлении. Число переменных в таких процессах может измеряться десятками или даже сотнями, при всем при этом каждая из них вовлечена в череду причин и следствий. Поэтому в процессе разработки автоматизированных информационных систем в первую очередь главное увидеть и оценить логику развития процессов, а тем более принять корректные меры, направляющие события в нужное течение обстоятельств. Процесс разработки автоматизированных информационных систем (АИС) составляет значительную часть жизненного цикла программного продукта, а также характеризует количество вложенных средств и является определяющим фактором в формировании конечной стоимости программного обеспечения (ПО). Многообразие видов и классов систем, меняющихся потребности в подходах к анализу их эффективности в результате многообразия сфер и масштабов деятельности современных операторов связи, требует особых подходов к анализу, а его сложность и многоступенчатость определяет необходимость формирования качественно новых методологических подходов к процессу реализации программных продуктов [1]. В рамках данной статьи будет предложено выполнить приближенное моделирование некоторых процессов, регулярно протекающих в повседневной деятельности современной ИТ компании, в процессе разработки авторизированных информационных систем, основываясь на представлении проблемной области в виде когнитивной карты, при формировании которой будут использованы алгоритмы нечеткой логики, как логическое продолжение традиционных методов описания когнитивных карт (КК). Проанализировав составленную по данному принципу КК можно в ограниченное время получить всю необходимую информацию о поведении моделируемой системы и провести как качественные, так и количественные эксперименты с достаточной точностью и адекватностью результатов.

#### Для цитирования:

Пожарский Н.А., Лихачев Д.А., Кисляков С.В. Использование когнитивных карт и нечеткой логики в разработке OSS/BSS решений для операторов связи // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №1. С. 21-25.

#### For citation:

Pozharsky N.A., Likhachev D.A., Kisliakov S.V. (2017). Cognitive maps and fuzzy logic to develop of OSS/BSS solutions for telecom service provider. T-Comm, vol. 11, no.1, pp. 21-25. (in Russian)



## Введение

За последние годы наблюдаются высокие темпы внедрения новых технологий в различные сферы общественной жизни. Стороной не обходят и бизнес. На сегодняшний день трудно представить, как бы функционировала современная компания, в частности операторы связи, без использования специализированного программного обеспечения в процессе своей деятельности. Результаты, достижения той или иной компании можно поставить в жесткую зависимость от программных продуктов, посредством которых предоставляется услуга конечному потребителю, а, следовательно, особое внимание должно уделяться процессу разработки, планированию и другим процессам, связанным с сопровождением конечного продукта.

С точки зрения вендора программного обеспечения, процесс разработки достаточно сложен и в некоторых местах слабо структурирован ввиду неравномерного развития продукта относительно различных областей внедрения продукта, либо между различными заказчиками одной и той же отрасли, когда каждый из пользователей выражает свои пожелания по доработкам уже имеющейся системы. При этом не нужно забывать о том, что программное обеспечение целиком и полностью создается людьми и в процессе эксплуатации продукта могут появляться различные ошибки системы, которые вендор программного обеспечения также должен устранить в разумные сроки, для того чтобы не ставить под удар бизнес процессы заказчика и не доставлять ему массу неудобств.

Таким образом мы приходим к мысли о том, что одного умения писать код, используя современные языки программирования и современные технологии разработки, недостаточно – необходимо грамотное планирование и распределение ресурсов для того, чтобы одновременно развивать продукт, выпуская все новые и новые, улучшенные версии, успевать закрывать существующие на текущий момент уязвимости, поддерживать лояльность заказчиков, получать прибыль в должном размере и т.д. Следовательно, должностное лицо, являющееся субъектом управления в сфере разработки программного продукта, вынуждено будет принимать решения в постоянно изменяющихся условиях и в весьма ограниченные интервалы времени.

В данной работе рассматривается применение когнитивного подхода и алгоритмов нечеткой логики в процессе разработки автоматизированной информационной системы (OSS/BSS).

## Характеристики когнитивных карт и методы их построения

На данный момент когнитивное моделирование является одним из новых и перспективных направлений современной теории поддержки и принятия решений. Оно зарекомендовало себя как один из наиболее эффективных методов повышения управления в организационных, социально-экономических и политических системах [2].

Задача когнитивного моделирования состоит в выявлении факторов, характеризующих проблемную область моделирования, определении взаимосвязей и степени взаимовлияния одних факторов на другие путем рассмотрения причинно-следственных цепочек с последующим пред-

ставлением собранной информации в виде когнитивной карты [3].

В общем случае когнитивные карты содержат связи между факторами, определяющие взаимовлияния друг на друга, которые способны принимать одно из трех значений:

- (+1) – данное значение характеризует наличие влияния фактора А на фактор В, при условии, что изменение в большую сторону значения фактора А влечет за собой изменение в большую сторону значения фактора В, и наоборот, изменение в меньшую сторону значения фактора А влечет за собой изменение в меньшую сторону значения фактора В;

- (-1) – данное значение отражает влияние фактора А на фактор В, при условии, что изменение в большую сторону значения фактора А повлечет за собой изменение в меньшую сторону фактора В, и наоборот, изменение в меньшую сторону фактора А повлечет за собой увеличение значения фактора В;

- (0) – данное значение отражает отсутствие взаимовлияния (отношения причинности) фактора А на фактор В.

Таким образом использование традиционных когнитивных карт при моделировании слабоструктурированных систем позволяет получить только лишь качественную оценку процессов, происходящих в моделируемой системе.

Логическим развитием традиционных когнитивных карт являются нечеткие когнитивные карты (НКК), предложенные Б.Коско в 1986 г. Они также успешно используются для моделирования причинных взаимосвязей, выявленных между концептами некоторой области [4]. Однако в отличие от традиционных КК, нечеткие когнитивные карты представляются в виде нечеткого ориентированного графа с обратной связью, узлы которого являются нечеткими множествами.

Нечеткая когнитивная карта представляет собой причинно-следственную сеть имеющую вид:

$$G = \langle E, W \rangle,$$

где  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  соответствует множеству факторов (или концептов), охватываемых данной НКК, а  $W$  – соответствует бинарному отношению на множестве  $E$ , которое определяет набор связей между элементами данного множества. Элементы  $e_i$  и  $e_j$  считаются связанными отношением  $W$  (обозначается  $(e_i, e_j) \in W$ ) если изменение значения концепта  $e_i$  (причины) приводит к изменению значения концепта  $e_j$  (следствия). В соответствии с терминологией когнитивного моделирования, в этом случае говорят, что концепт  $e_i$  оказывает влияние на концепт  $e_j$ . При этом, если увеличение значения концепта-причины приводит к увеличению значения концепта-следствия, то влияние считается положительным («усиление»), если же значение уменьшается – отрицательным («торможение»).

Концепты  $e_1 \in E$  и  $e_2 \in E$  будучи связанными отношением причинности:

$$w_{1,2}(e_1, e_2) \in W,$$

оказывают влияние друг на друга, степень которого определяется в общем случае как числовое значение, принадлежащее интервалу  $[-1, 1]$  при промежуточной степени положительного или отрицательного влияния [5].



Таким образом при формировании НКК экспертам моделируемой области (в рамках рассматриваемого примера это могут быть специалисты отдела системного анализа) может быть предложено заполнить матрицу вида:

$$A = \begin{pmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,n} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n,1} & w_{n,2} & \dots & w_{n,n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & w_{1,2} & \dots & w_{1,n} \\ w_{2,1} & 0 & \dots & w_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n,1} & w_{n,2} & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Для того чтобы обеспечить единообразие при заполнении данной матрицы, должна быть определена шкала, однозначно определяющая степень взаимовлияния одного концепта на другой (что соответствует весу ребра графа при соответствующем отображении НКК в виде взвешенного ориентированного графа, узлы которого соответствуют элементам множества  $E$  а ребра – совокупности бинарных отношений на множестве). Упрощенная шкала представляет собой использование 5 значений:

- (-1) – соответствует сильному отрицательному влиянию (максимальное отрицательное влияние);
- (-0,5) – соответствует отрицательному влиянию;
- (0) – соответствует отсутствию влияния;
- (+0,5) – соответствует положительному влиянию;
- (+1) – соответствует сильному положительному влиянию (максимальное положительное влияние).

При необходимости упрощенная шкала может быть расширена до большего числа значений, для более точного определения степени влияния одного концепта на другой.

Такой подход позволяет охарактеризовать степень взаимовлияния одного фактора на другой, что в дальнейшем позволит проводить не только качественную оценку моделируемой системы, но и проводить численное моделирование такой системы, тем самым обеспечивая более высокую точность моделирования.

На первой стадии моделирования, необходимо выделить целевые факторы, то есть те факторы, значение которых необходимо привести к требуемому состоянию, или максимально к нему приблизить. В разрезе описанной выше области, в первом приближении, в качестве таких факторов могут выступать такие факторы как: функциональность продукта ( $e_1$ ), качество программного продукта ( $e_2$ ), стоимость ПО  $e_3$ . На КК такие факторы принято отображать в виде прямоугольников.

Следующая группа факторов определяется как управляющие, то есть те факторы, значение которых мы можем изменять в определенных пределах. В нашем случае это ресурс ОСА ( $e_4$ ), ресурс ОРПО<sup>1</sup> ( $e_5$ ), ресурс ОКК<sup>2</sup> ( $e_6$ ), ресурс ОТП<sup>3</sup> ( $e_7$ ). На КК такие факторы принято отображать в виде треугольника.

Все остальные факторы отображаются в виде овалов и также могут быть разделены на промежуточные факторы и внешние: квалификация сотрудников ОРПО/ОСА/ОКК ( $e_8$ ),

конкурентоспособность ПО ( $e_9$ ), лояльность клиентов ( $e_{10}$ ), претензии к замедленному времени работы ( $e_{11}$ ), претензии по полноте отображения пользовательской информации ( $e_{12}$ ), претензии пользователей по неадекватности функционирования ПО ( $e_{13}$ ), претензии к сопроводительной документации ( $e_{14}$ ), отказы ПО в процессе использования по назначению ( $e_{15}$ ), время на обработку претензий ( $e_{16}$ ), количество задач переданных на доработку ( $e_{17}$ ), количество доработок ПО попадающих в следующую версию ( $e_{18}$ ), количество задач переданных на тестирование ( $e_{19}$ ), время отведенное на тестирование изменений ( $e_{20}$ ), сложность реализации ( $e_{21}$ ), интервал времени между выходом версий ( $e_{22}$ ), время требуемое на реализацию ( $e_{23}$ ), и т. д.

На рисунке 1 представлен пример КК моделируемой области:

После того как КК сформирована, можно переходить к процессу сопоставления весов графа со значениями ранее определенной шкалы:

При оценке результатов моделирования желательно учитывать различные варианты развития событий, т.е. проводить анализ, направленный на выявление наиболее неблагоприятных сценариев развития событий для каждого из участников взаимодействия (вендор-заказчик/конечный пользователь), и давать адекватную оценку возможных последствий.

Такие сценарии условно можно рассматривать как оптимистичный, пессимистичный и наиболее вероятный. За каждым из которых закрепляется свой набор значений входных параметров, которые будут использоваться при моделировании.

Для демонстрации качественного и количественного моделирования, уменьшим на какую-то абстрактную величину значение концепта  $e_8$  – квалификация сотрудников ОРПО/ОСА/ОКК (для упрощения квалификация сотрудников различных подразделений выделена одним общим фактором).

В результате такого изменения под отрицательным влиянием окажутся такие концепты как  $e_{16}$  – «Время обработки претензий»,  $e_{23}$  – «Время, требуемое на реализацию»,  $e_{20}$  – «Время, отведенное на тестирование функционала». В свою очередь концепт  $e_{23}$  оказывает положительное влияние на концепт  $e_{18}$ , а, следовательно, с увеличением времени на реализацию будет уменьшаться общее количество доработок программного продукта, которые попадут в следующую версию.

В свою очередь последнее незамедлительно скажется на «Лояльности» ( $e_{10}$ ) заказчика и отразится на общей «Функциональности системы» ( $e_1$ ) А так как функциональность АИС, как уже говорилось ранее, определяет основную стоимость программного продукта, то это определенным образом отразится на конечной стоимости ПО на рынке и тем самым окажет влияние на «Конкурентоспособность» ( $e_9$ ) программного продукта.

<sup>1</sup> ОРПО – отдел разработки программного обеспечения

<sup>2</sup> ОТ – отдел тестирования

<sup>3</sup> ОТП – отдел технической поддержки



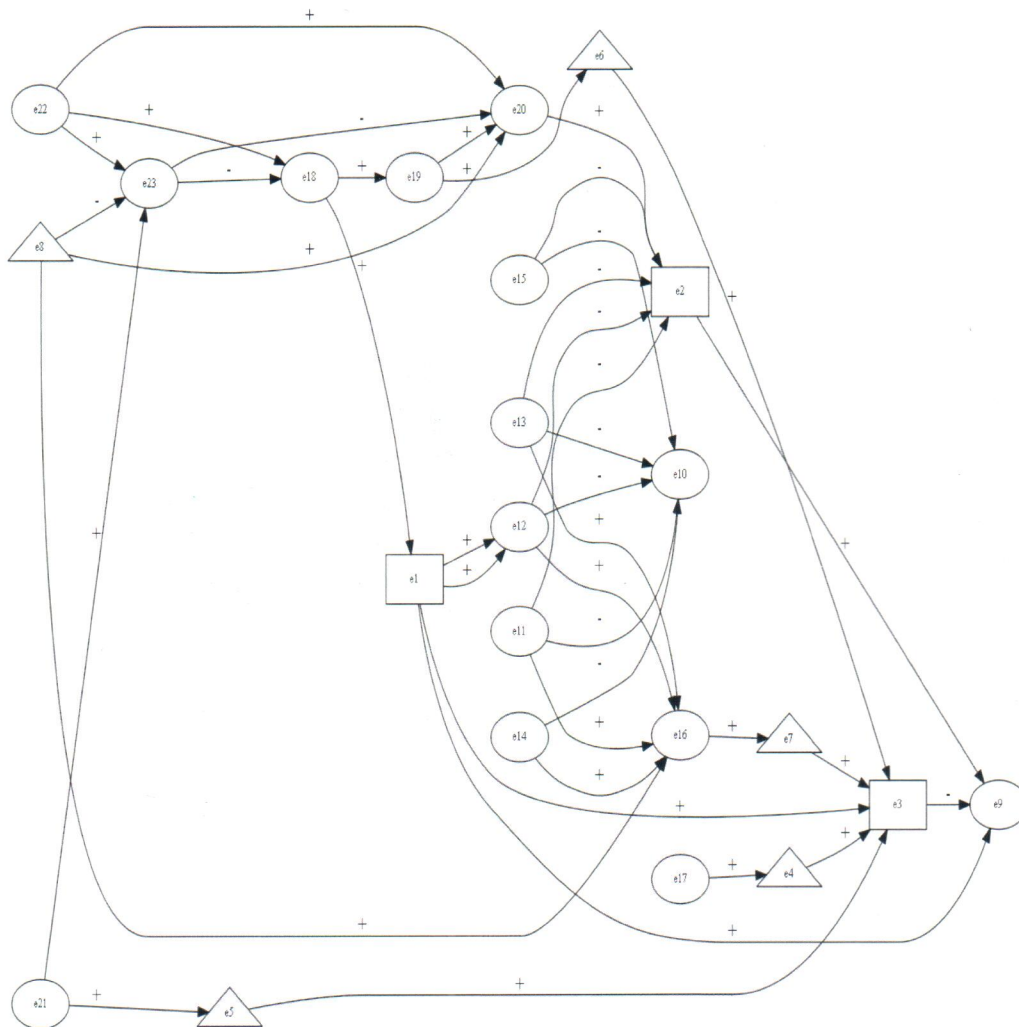


Рис. 1. Пример когнитивной карты моделируемой области

Таблица 1

Оценка взаимовлияний между концептами моделируемой области

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	-0,5	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0,5	0	0	0
3	1	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	-0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	0	0	-1	0	0	-1
9	1	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	-0,5	-1	-0,5	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1
11	0	-0,5	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0,5	-0,5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0
19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	0	-1
20	0	0,5	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	-0,5
21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0,5
23	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,5	1	0,5	0



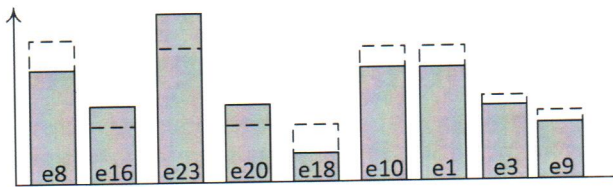


Рис. 2. Изменения, вызванные уменьшением значения концепта e8

### Вывод

В настоящей работе рассмотрены возможности использования когнитивных карт и нечеткой логики применительно к разработке информационных систем для операторов связи. Структурированные знания о процессе разработки способствует улучшению важнейших показателей деятельности организации: эффективность, затраты, качества услуг и скорость их внедрения.

Выводы к данной работе говорят о широких возможностях применения аппарата КК в самых разных направлениях. Имея на руках матрицу взаимовлияний, можно с достаточно высокой точностью моделировать и наглядно показывать возможные последствия воздействия на один или не-

сколько факторов. Преимуществом моделирования на основе аппарата НКК перед другими подходами является возможность эксперта использовать в модели накопленный им ранее опыт и знания, повышая точность результатов моделирования.

### Литература

1. Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Яркина Н.В. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении современной инфокоммуникационной компанией. М.: Альпина Паблишерз, 2015. 512 с.
2. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во «ТГУ», 2000. 352 с.
3. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями).
4. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 1. Pp. 65-75.
5. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.
6. Кисляков С.В., Феноменов М. Workforce Management: оптимизируем расписание // Технологии и средства связи. №2. 2015. С. 55-57.

## COGNITIVE MAPS AND FUZZY LOGIC TO DEVELOP OF OSS/BSS SOLUTIONS FOR TELECOM SERVICE PROVIDER

Nikolay A. Pozharsky, St. Petersburg, Russia, [n.pozharsky@argustelecom.ru](mailto:n.pozharsky@argustelecom.ru)  
 Denis A. Likhachev, St. Petersburg, Russia, [d.lichachev@argustelecom.ru](mailto:d.lichachev@argustelecom.ru)  
 Sergey V. Kisliakov, St. Petersburg, Russia, [s.kislyakov@argustelecom.ru](mailto:s.kislyakov@argustelecom.ru)

### Abstract

For effective management of the development of complex information systems in modern conditions requires an approach that gives a qualitative analysis of the difficult situation, provides various types of trends, risk factors of the processes, provides a qualitative assessment of these trends and the choice of measures to promote their development in the right, the right direction. The number of variables in such processes can be measured in tens or even hundreds, and all of them are involved in the series of causes and effects. Therefore, in the process of developing AIS is primarily important to see and appreciate the logic of the development process, and even more so to take the correct measures to guide events in the right for the circumstances. The process of developing automated information systems (AIS) is a significant part of the software life cycle and indicates the amount of investment and is a determining factor in the formation of the final cost of the software. The variety of types and classes of systems, the changing needs in the approaches to the analysis of their effectiveness as a result of the variety of spheres and scope of activities of modern network operators require special approaches to the analysis, and the complexity and multi-step determines the need for the formation of a qualitatively new methodological approaches to the process of implementation of the software [1]. This article will introduce an approximate simulation of several processes, regularly used in every-day life of modern IT-company. This will lead to the development of authorized information systems, based on the representation of the problem area in the form of cognitive map, relying on fuzzy logic algorithms, as an extension of traditional methods for describing cognitive maps. By analyzing the cognitive map, one can get all the necessary information about the behavior of the simulated system in a limited time and to conduct both qualitative and quantitative experiments with sufficient precision and adequate results.

**Keywords:** cognitive maps, fuzzy logic, automated information system, OSS/BSS, software, development.

### References

1. Samuylov K., Chukarin A., Yarkina N. (2015). *Business processes and information technology in the management of modern info-communication company*. Moscow: Alpina Publishers. 512 p. (in Russian)
2. Altunin A., Semukhin M. (2000). *Models and algorithms of decision-making in fuzzy environment*. Tyumen: Publishing House of the "TSU". 352 p. (in Russian)
3. Avdeev Z., Kovriga S., Makarenko D. Cognitive modeling to solve control problems semistructured systems (situations). (in Russian)
4. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. (1986). *International Journal of Man-Machine Studies*, vol.1, pp. 65-75.
5. Silov V. (1995). *Strategic decision-making in a fuzzy environment*. Moscow: INPRO-RES. 228 p. (in Russian)
6. Kislyakov S., Fenomenov M. (2015). Workforce Management: schedule optimization. *Communication Technologies & Equipment Magazine*, no. 2. (in Russian)

### Information about authors

**Nikolay A. Pozharsky**, PHD student at SPbSUT, senior system analyst, "RTC Argus", St. Petersburg, Russia,  
**Denis A. Likhachev**, Master student at SPbSUT, support engineer, "RTC Argus", St. Petersburg, Russia,  
**Sergey V. Kisliakov**, associate professor at SPbSUT, business analyst, "RTC Argus", St. Petersburg, Russia,