

**Использование когнитивных карт и нечеткой логики в разработке OSS/BSS решений для операторов связи.**

**Cognitive maps and fuzzy logic to develop of OSS/BSS solutions for Telecom Service Provider.**

**Авторы:**

Пожарский Николай Александрович, аспирант кафедры ИКС СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, старший системный аналитик ООО «НТЦ АРГУС», [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», [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», [s.kislyakov@argustelecom.ru](mailto:s.kislyakov@argustelecom.ru)

Nikolay Pozharsky, PHD student at SPbSUT, senior system analyst, «RTC Argus», [n.pozharsky@argustelecom.ru](mailto:n.pozharsky@argustelecom.ru)

Denis Likhachev, Master student at SPbSUT, support engineer, «RTC Argus», [d.lihachev@argustelecom.ru](mailto:d.lihachev@argustelecom.ru)

Kisliakov Sergey, associate professor at SPbSUT, business analyst, «RTC Argus», [s.kislyakov@argustelecom.ru](mailto:s.kislyakov@argustelecom.ru)

**Облако тегов:**

Когнитивные карты, нечеткая логика, автоматизированные информационные системы, OSS/BSS, программный продукт, разработка

Cognitive maps, fuzzy logic, automated information system, OSS/BSS, software, development

**Аннотация:**

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 ПО. Многообразие видов и классов систем, меняющихся потребности в подходах к анализу их эффективности в результате многообразия сфер и масштабов деятельности 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 данной работе представлены результаты применения когнитивных карт и алгоритмов нечеткой логики в разработке АИС (OSS/BSS).

## **Аннотация (in English):**

Developing of automated information systems (AIS) is a significant part of the product life cycle and also 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, which changes needs in the approaches to the analysis of their effectiveness as a result of the variety of spheres of activity and scope of telecom operators requires special approaches to the analysis, and the complexity and multi-step determines the necessity of formation of a qualitatively new methodological approaches to the process of implementation of the software products [1]. This article describes the results of cognitive maps and fuzzy logic theory implementation in the development of AIS (OSS/BSS).

## **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 рамках данной статьи будет предложено выполнить приближенное моделирование упомянутых выше процессов основываясь на представлении проблемной области в виде нечеткой когнитивной карты, проанализировав которую 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.

## 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 представлением 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 году. 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:

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

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 ОСА1( $e_4$ ), ресурс ОРПО2 ( $e_5$ ), ресурс ОККЗ ( $e_6$ ), ресурс ОТП4 ( $e_7$ ). На КК такие факторы принято отображать в виде треугольника. Все остальные факторы отображаются в виде овалов и также могут быть

<sup>1</sup> ОСА-отдел системного анализа

<sup>2</sup> ОРПО-отдел разработки программного обеспечения

<sup>3</sup> ОТ-отдел тестирования

<sup>4</sup> ОТП-отдел технической поддержки





воздействия на один или несколько 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.

#### **Список литературы:**

- [1] Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Яркина Н.В. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении современной инфокоммуникационной компанией //М.: Альпина Паблишерз, 2015. -512с.
- [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. – P/65-75.
- [5] Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке/ В.Б. Силов. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. -228 с.
- [6] С.В. Кисляков, М. Феноменов. Workforce Management: оптимизируем расписание. Журнал «Технологии и средства связи», №2, 2015, стр.55-57

#### **Bibliography:**

- [1] K.Samuylov, A.Chukarin, N.Yarkina, Business processes and information technology in the management of modern info-communication company // М .: Alpina Publishers, 2015. -512p.
- [2] A.Altunin, M.Semukhin, Models and algorithms of decision-making in fuzzy environment. - Tyumen: Publishing House of the "TSU", 2000. - 352 p.
- [3] Z.Avdeev, S.Kovriga, D.Makarenko, Cognitive modeling to solve control problems semistructured systems (situations).
- [4] Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps//International Journal of Man-Machine Studies/ - 1986/ -Vol.1. – P/65-75.
- [5] V.Silov, Strategic decision-making in a fuzzy environment / V.Silov. - М .: INPRO-RES, 1995. -228 p.
- [6] S. Kislyakov, M. Fenomenov. Workforce Management: schedule optimization. - Communication Technologies & Equipment Magazine #2, 2015