

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНО-ЦЕЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ

П.М. Клачек, К.Л. Полупан, И.В. Либерман

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
г. Калининград, Российская Федерация

Рассматриваются проблемы, связанные с развитием современных компьютерных технологий принятия решений в цифровой экономике, а также методы, алгоритмы и программное обеспечение для решения задач управления и принятия решений в социально-экономических производственных системах. Рассмотрены основы системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики, разработанной на основе общей методологии создания гибридных вычислительных систем сложных производственно-экономических систем и синергетической модели гибридного вычислительного интеллекта. Рассмотрена системно-целевая графосемантическая модель трансформации знаний и принятия решений, позволяющая сформировать банк знаний инновационной, научно-исследовательской, производственно-экономической и др. задач. Предложен авторский подход в создании банка знаний на основе метода интеллектуального системно-целевого планирования, обеспечивающий процесс автоматизированной разработки систем поддержки принятия решений различных видов и назначений в различных предметных областях и сферах деятельности. Рассмотрены основные процедуры метода интеллектуального системно-целевого планирования: формирование структуры целей, выполнение цели достижения, разработка процесса системно-целевого планирования сценария решения задачи и т. д. Приведена архитектура интеллектуальной информационной подсистемы «СИТАП». Приведена архитектура программно-технического комплекса на основе системно-целевой технологии управления знаниями «ЦЕНТР-С1». Предлагаемый методологический подход и прикладные методы и модели представляют собой развитие представленных ранее подходов, методов и инструментариев – в области создания функциональных гибридных интеллектуальных систем принятия решений для трудноформализуемых производственно-экономических задач и разработки синергетической исследовательской среды для моделирования сложных производственно-экономических систем, а также завершают цикл работ в области создания технологии системно-целевого управления знаниями и принятия решений в условиях цифровой экономики практически для любых видов сложных производственно-экономических систем и позволяют перейти к прикладной апробации предлагаемых методов и инструментариев. Рассмотрена задача по созданию интеллектуальной системы принятия решений в области цифрового риск-менеджмента. Представленные методологический и технологический базисы системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики станут новым научно-прикладным базисом инновационного развития экономики РФ, позволят построить цифровой фундамент на основе новейших подходов к информационным технологиям, искусственному интеллекту, управлению большими данными.

Ключевые слова: гибридный вычислительный интеллект, производственно-экономические системы, цифровая экономика, инновационные разработки, математическое моделирование, синергетическая модель

Ссылка при цитировании: Клачек П.М., Полупан К.Л., Либерман И.В. Цифровизация экономики на основе системно-целевой технологии управления знаниями // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 3. С. 9–19. DOI: 10.18721/JE.12301

DIGITALIZATION OF ECONOMY BASED ON SYSTEMIC TARGET TECHNOLOGY OF KNOWLEDGE MANAGEMENT

P.M. Klachek, K.L. Polypan, I.V. Liberman

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

The paper deals with the problems associated with development of modern computer technologies for decision-making in the digital economy, as well as methods, algorithms and software for solving management problems and decision-making in socio-economic production systems. We have considered the basics of the systemic target technology of knowledge management in the digital economy, developed on the basis of the general methodology for creating hybrid computing systems of complex production and economic systems and a synergistic model of hybrid computing intelligence. We have discussed a systemic target model of knowledge transformation and decision-making based on semantic graphs, which allows to form a knowledge bank of innovation, research, production, economic and various other tasks. We have proposed an original approach to creating a knowledge bank based on the method of intelligent systemic target planning, which ensures automated development of decision support systems of various types and purposes in various subject areas. The main procedures of the intellectual systemic target planning method are considered: forming the structure of goals, achieving the goals set, developing the systemic target planning process, the scenario for solving the problem, etc. The architecture of the intellectual information subsystem CITAP is presented. The architecture of the software and hardware complex CENTER-C1 based on the systemic target technology of knowledge management is given. The proposed methodological approach and applied methods and models continue the approaches, methods and tools presented earlier: in the field of creating functional hybrid intelligent decision-making systems for production and economic problems that are hard to formalize (Vol. 12, No. 1 of the journal) and developing a synergistic research environment for modeling complex production and economic systems (Vol. 12, No. 2 of the journal), as well as completing a series of studies in the field of creating a technology for systemic target management of knowledge and decision-making in a digital economy, for virtually any kind of complex production and economic systems and allow to start practical testing of the proposed methods and tools. As an example, we have considered the task of creating an intellectual decision-making system in the field of digital risk management. We hope that in the conditions of the digital economy, the methodological and technological basis of the technology for systemic target knowledge management presented in this study can become a new scientific and applied basis for innovative development of the Russian economy, allowing to build a digital foundation based on the latest approaches to information technology, artificial intelligence, management of big data, etc.

Keywords: hybrid computing intelligence, production and economic systems, digital economy, innovation, mathematical modeling, synergistic model

Citation: P. M. Klachek, P.K. Polypan, I.V. Liberman, Digitalization of economy based on systemic target technology of knowledge management, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 12 (3) (2019) 9–19. DOI: 10.18721/JE.12301

Введение. В трудах известных российских ученых Макарова В.Л. и Клейнера Г.Б. [1–8] представлены результаты фундаментальных исследований в области микроэкономических основ экономики знаний как нового направления экономической науки [1]. Проведенные исследования

особенностей когнитивного генезиса современного общества и экономики [1, 3, 7, 8] позволили выделить тенденции, связанные с многообразием и важностью функций, характерных для знаний в цифровой экономике как системообразующей производительной силе и главному производ-

ственному ресурсу [2]. Производственно-экономические системы (ПЭС) представляют собой взаимосвязанный комплекс современных технологий и продуктов деятельности соответствующих систем, основанных, в первую очередь, на принципах информационного взаимодействия [5, 6] и обмена знаниями, что обуславливает необходимость цифровой трансформации управления производственно-экономическими системами, которое должно быть направлено не только на вещественные и финансовые потоки, но и на нематериальные активы – информацию, знания и т. д. Важной особенностью при этом является индивидуализация спроса и предложения [5], приводящая к трансформации рынка труда и порождающая рынки динамических способностей и компетенций, создающих новые знания. Результатом таких процессов является индивидуализация спроса и предложения в экономике знаний, что приводит к необходимости трансформации управления ПЭС.

Как показали исследования [3, 7, 9], в настоящее время необходима не просто разработка теоретических подходов и методологий, посвященных изучению теоретико-методологических основ становления экономики знаний в рамках институциональной экономической теории, но и постановка задачи создания реальных прикладных технологий и инструментариев, способных в кратчайшие сроки обеспечить прорывное развитие социально-значимых секторов региональных экономик Российской Федерации [3, 7, 9].

Целью исследования является создание общего методологического подхода и технологии системно-целевого управления знаниями и принятием решений в условиях цифровой экономики. Представленные ранее исследования* в области методов и моделей системно-целевой трансформации знаний в условиях цифровой экономики на основе общей методологии создания гибридных вычислительных систем сложных производственно-экономических систем и синергетической модели гибридного вычислительного интел-

лекта позволяют поставить задачу создания инвариантной схемы интеллектуального моделирования сложных производственно-экономических систем, а также технологии системно-целевого управления знаниями и принятия решений в сложных производственно-экономических системах, с использованием гибких, высоко адаптивных информационных систем [9, 10]. Данное исследование представляет собой завершение исследований в области интеллектуального системно-целевого моделирования, цифровой трансформации и принятия решений в производственно-экономических системах, в том числе в части представленных ранее подходов, методов и инструментариев: в области создания функциональных гибридных интеллектуальных систем принятия решений для трудно формализуемых производственно-экономических задач и разработки синергетической исследовательской среды для моделирования сложных производственно-экономических систем, а также позволяет перейти к прикладной апробации предлагаемых методов и прикладных инструментариев.

Методика исследования. На рис. 1 представлен обобщенный на основании нескольких прикладных вариантов технологический вариант системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики, полученный в соответствии с общей методологией создания гибридных вычислительных моделей сложных производственно-экономических систем и синергетической моделью гибридного вычислительного интеллекта (ГВИ) [9, 10].

Центральным элементом представленной на рис. 1 системно-целевой технологии управления знаниями является системно-целевая графосемантическая модель трансформации знаний и принятия решений [10], основу которой представляет семантический граф G^a следующего вида:

$$G^a = \langle C, R \rangle, \quad (1)$$

где C – множество вершин графа, обозначающих цели системно-целевой структуры; R – множество дуг, обозначающих семантические отношения системно-целевой структуры.

* Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Т. 12, № 1, 2.

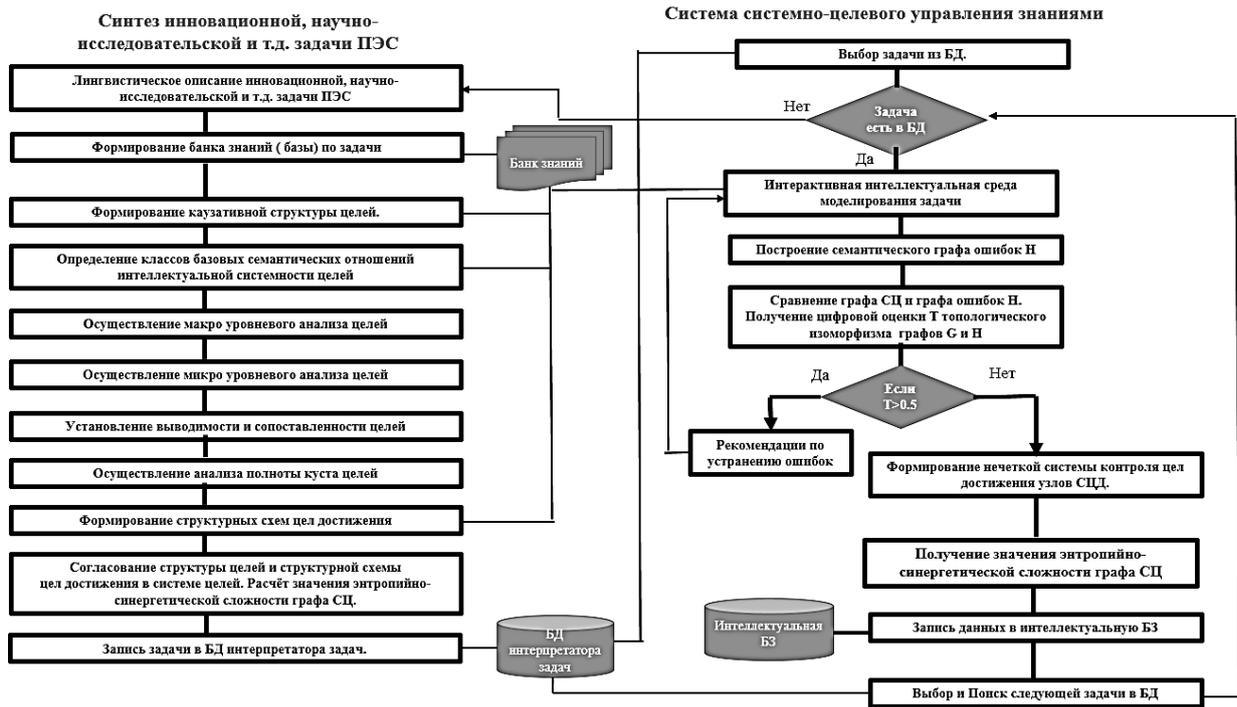


Рис. 1. Обобщенный вариант системно-целевой модели управления знаниями в условиях цифровой экономики
 Fig. 1. A generalized version of the system-target model of knowledge management in a digital economy

Имея в виду данный граф, рассмотрим кортеж

$$C = \langle c_0, c_{1,j_1}^0, c_{2,j_2}^{1,j_1}, \dots, c_{(m-1),j_{m-1}}^{(m-2),j_{m-2}} \rangle,$$

где $C_i = [C_{i,j_1}^{(i-1),j_{i-1}}]$ множество j_i -х целей i -го уровня, подчиненных j_{i-1} -м целям $(i-1)$ -го уровня.

Множество семантических дуг графа (1) представим как:

$$R = \left\{ \left(C_{i,j_1}^{(i-1),j_{i-1}}, C_{(i+1),j_{i+1}}^{i,j_1} \right) \right\},$$

На рис. 2,а приведен пример семантического графа G^a .

Обобщив в соответствии с (1) процесс формирования графа G^a , т. е. положив, что выдвижению целей соответствуют моменты времени t_i , получим системно-целевой семантический граф инновационной, научно-исследовательской, производственно-экономической и др. задач [9, 10]:

$$G_t^a = \langle C, R, t_i \rangle, \quad (2)$$

отображающий процесс системно-целевого планирования трансформации знаний и решения задачи. Этот процесс формируется от C_0 графа G_t^a в направлении $C_{(m-1),j_{m-1}}^{(m-2),j_{m-2}}$ (на рис. 1 этот процесс показан дугами, идущими сверху вниз).

Модель (2) позволяет сформировать банк знаний [11–14] инновационной, научно-исследовательской, производственно-экономической и т. д. задач, основная цель которого заключается в обеспечении эффективного выполнения процедур формирования структуры целей [12], выполнения цели достижения [14], разработки процесса системно-целевого планирования сценария решения задачи [10] и т. д., и в конечном виде – в обеспечении процессов автоматизированной разработки систем поддержки принятия решений [15], различных видов и назначений в различных предметных областях и сферах деятельности. В рамках решения данных задач нами предложен подход к созданию банка знаний на основе метода интеллектуального системно-целевого планирования (рис. 3), детально представленный в [9, 10].

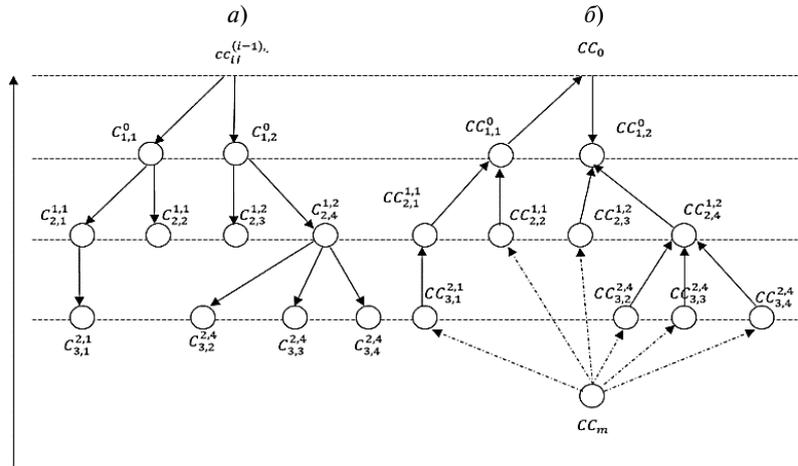


Рис. 2. Пример семантического графа G^a : структура целей (а), структурная схема цели достижения (б)

Fig. 2. An example of a semantic graph G^a : the structure of goals (a), the structural diagram of the goals of achievement (b)

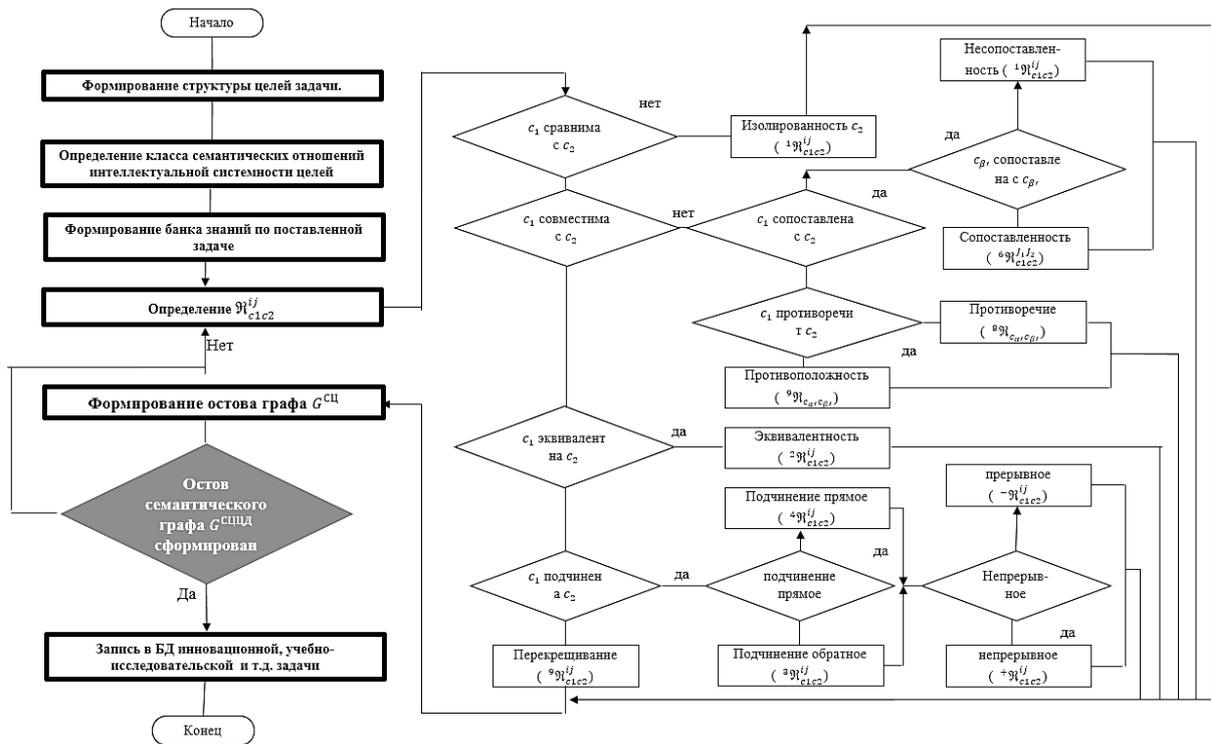


Рис. 3. Системно-целевой банк знаний

Fig. 3. System-target knowledge bank

Трансформация управления в соответствии с методом интеллектуального системно-целевого планирования (рис. 3) происходит на основании следующей процедуры, подробно представленной в [9, 10]):

1. На основании механизмов $\Psi_T, \Psi_B, \Psi_A, \Psi_P$ [10], описывающих поведение ПЭК системы S , представленной в семиотическом виде в [10] в соответствии с классами макроситуаций $\mathfrak{R}_{c_1c_2}^{ij}$, определяется основное состояние ${}^S\mathfrak{S}^j$ системы S в

первом такте функционирования S либо в последующих тактах.

2. В каждом такте функционирования состояние семиотической системы S определяется, исходя из [10]:

- анализа и подтверждения истинности «корневой» цели c_α текущего куста целей ${}^c G_k^\alpha$;
- класса макроситуаций $\mathfrak{R}_{c_1 c_2}^{ij}$ на первой анализируемой паре подчиненных целей $\langle c_1, c_2 \rangle$ текущего куста целей;
- тезаурусного сечения ${}^o M$ модели M базовых знаний, определяемого целью c_α .

3. На основании основного состояния ${}^o S^{ij}$ система переводится в соответствии с логикой операторов Ψ_g, Ψ_A из текущего состояния ${}^o S^{ij}$ в конечное (целевое) состояние: ${}^o S^{hj}$.

Такт функционирования семиотической системы S при формировании куста ${}^c G_k^\alpha$ семантического графа целей ${}^c G^\alpha$ состоит из следующих основных шагов, подробно описанных в [10]:

Шаг 1. Инициализируется начальное состояние семиотической системы, при котором $s = 0$, где s – номер подцели.

Шаг 2. Принимается предложение – цель c_t .

Шаг 3. На основании следующих соглашений определяется целевая ситуация M_{c_t} на c_t : семантическое отношение с именами m_s не включается в M_{c_t} ; семантические отношения с эквивалентными именами m_s включаются в M_{c_t} ; осуществляется преобразование предложения – цель c_t ; исключаются все ситуации, кроме одной, целевой фразы – «результат».

Шаг 4. Определяется класс \mathfrak{R}_c^i ситуаций на цели c_t .

Шаг 5. Формируется предложение $c_1 = c_t$, если $s = 0$ (т. е. если принято первое из $(m + 1)$ предложений – целей $\langle c_1, c_2, \dots, c_{m+1} \rangle$ куста ${}^c G_k^\alpha$) и осуществляется переход к шагу 2. В противном случае определяется состояние $c_2 = c_t$, $s = s + 1$ и осуществляется переход к шагу 6.

Шаг 6. На основании результата шага 4 формируется класс $\mathfrak{R}_{c_1 c_2}^{ij}$ макроситуаций на паре целей $\langle c_1, c_2 \rangle$ и соответствующего ему основного состояния ${}^o S^{ij}$ семиотической системы S .

Шаг 7. Сохраняются индексы $\mathfrak{R}_{c_1 c_2}^{ij}$ и если имеем состояние $s = 1$, осуществляется переход к шагу 9.

Шаг 8. Проверяется $\alpha = i, b = j$ (индексов класса $\mathfrak{R}_{c_1 c_2}^{ij}$ макроситуаций на паре целей $\langle c_1, c_2 \rangle$). Производится удаление текущей подцели c_2 , если $i \neq \alpha$ и/или $j \neq b$, и осуществляется переход к шагу 1. В противном случае осуществляется переход к шагу 9.

Шаг 9. Выполняется заполнение таблицы ролевых (j -х) фраз предложений – целей $\langle c_1, c_2 \rangle$.

Шаг 10. Выполняется определение класса ${}^i \mathfrak{R}_{c_1 c_2}^{ij}$ микроситуаций на фразах $\langle f_{1j}, f_{2j} \rangle$.

Шаг 11. Выполняется формирование тезаурусного сечения ${}^o M$ модели M , соответствующего множеству фраз f_{1j} цели c_1 .

Шаг 12. Выполняется анализ и проверяется возможность вывода цели c_2 из цели c_1 на основе базовых знаний и собственных знаний системы S . В случае если семантические отношения подчинения на $\langle f_{1j}, f_{2j} \rangle$ не выполнены, выполняется установление типа k логической ошибки и переход S посредством соответствующего оператора в смежное состояние ${}^k S^{ij}$.

Предлагаемый методологический подход и прикладные методы и модели в виде системно-целевой графосемантической модели трансформации знаний и принятия решений, метода интеллектуального системно-целевого планирования и т. д. (более подробно методологические и прикладные элементы системно-целевой технологии управления знаниями см. в [9, 10, 16]) позволили поставить и частично реализовать задачу полной автоматизации процессов трансформации знаний и принятия решений в условиях цифровой экономики практически для любых видов сложных производственно-экономических систем на основе интеллектуальной информационной системы «СИТАП», архитектура которой представлена на рис. 4.

Результаты исследования. Апробация системно-целевой технологии управления знаниями в настоящее время осуществляется в рамках программы по созданию Центра губернатора Калининградской области и выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Электронная Россия».

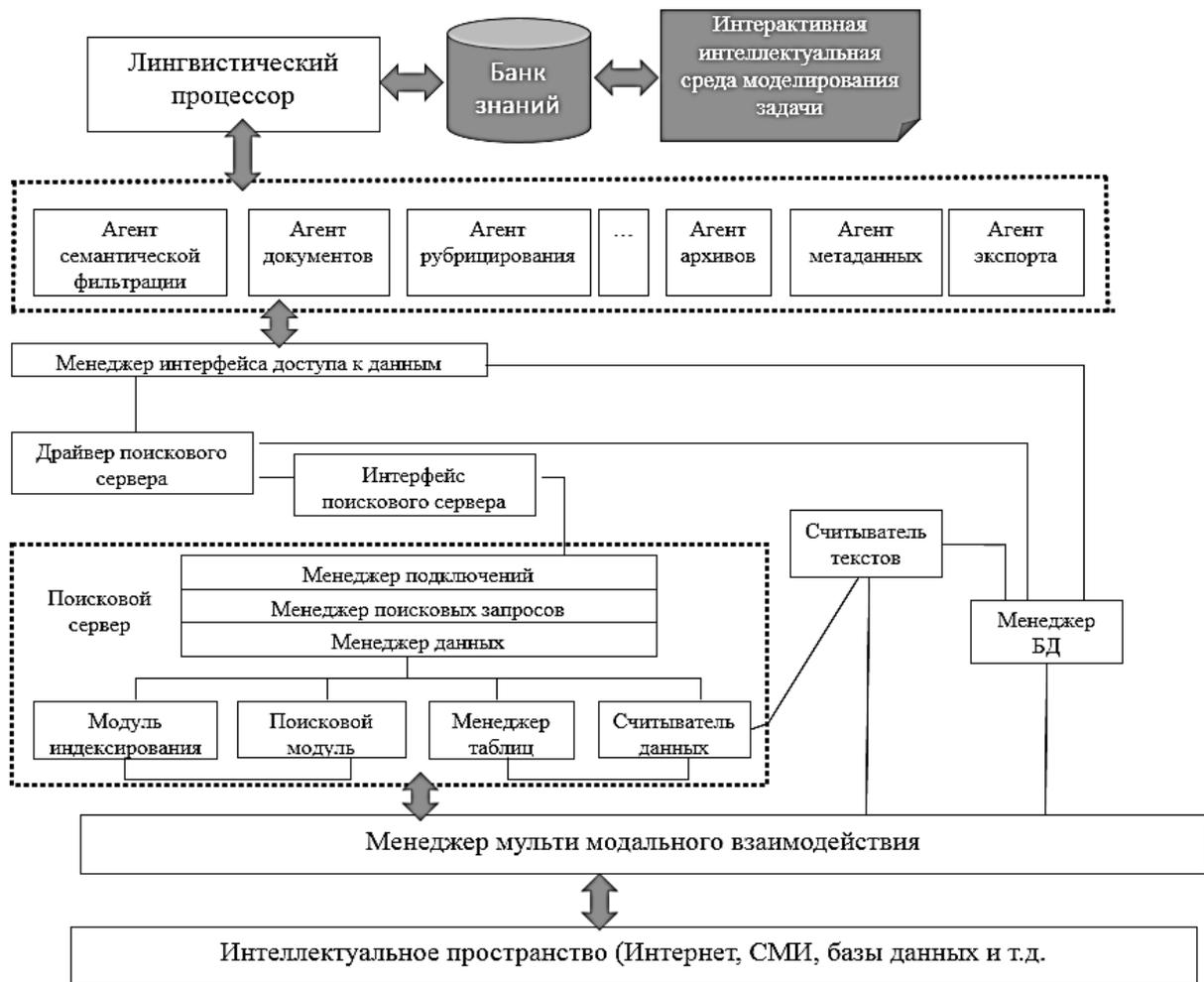


Рис. 4. Архитектура интеллектуальной информационной подсистемы «СИТАП»

Fig. 4. The architecture of the intellectual information subsystem «СИТАП»

Основным направлением деятельности Центра губернатора Калининградской области является информационно-аналитическая поддержка принятия [9] управленческих решений губернатором и правительством города.

Ситуационный Центр губернатора Калининградской области представляет собой многомодульную структуру [10] и осуществляет интеграцию информационных ресурсов органов исполнительной власти города и федеральных ведомств. В число задач центра входит предоставление информации: 1) руководителям и сотрудникам различных подразделений для принятия оперативных решений в случае чрезвычайных ситуаций; 2) руководителям и сотрудникам оперативного штаба, созданного для проведения

городских мероприятий и т. д.; 3) руководителям и сотрудникам различных подразделений для обеспечения процессов принятия решений по курируемым направлениям жизнедеятельности города; 4) руководителям и сотрудникам различных подразделений, курирующих определенные производственно-экономические и другие направления жизнедеятельности города с целью моделирования процессов развития и управления рисками.

В настоящее время для обеспечения решения задач 2 и 3 ведутся активные работы по созданию программно-технического комплекса на основе системно-целевой технологии управления знаниями «ЦЕНТР-С1», архитектура которого представлена на рис. 5.

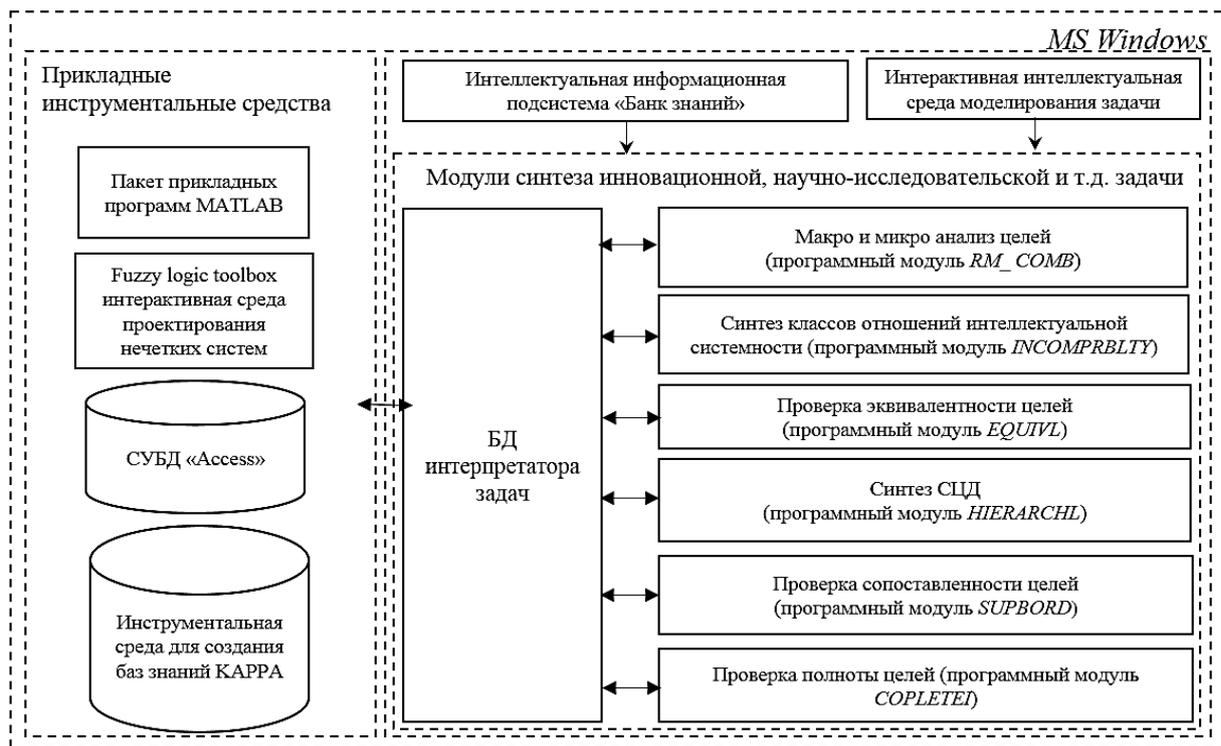


Рис. 5. Архитектура программно-технического комплекса на основе системно-целевой технологии управления знаниями «ЦЕНТР-С1»

Fig. 5. Architecture of the software and hardware complex based on the system-target technology of knowledge management «CENTER-C1»

Частичная апробация системно-целевой технологии управления знаниями приведена на примере задачи по созданию интеллектуальной системы принятия решений в области цифрового риск-менеджмента [9], предназначенной для повышения готовности сотрудников администрации губернатора Калининградской области и непосредственно руководителей предприятий к управлению (в том числе прогнозированию, моделированию, анализу и т. д.) рисками.

Тестовая апробация осуществлялась на крупном автосервисе предприятия Калининградской области ООО «Субаро-Центр».

На рис. 6 представлен пример системно-целевого моделирования риск-ситуаций ООО «Субаро-Центр» [10], выполненного на основе метода интеллектуального системно-целевого планирования (см. рис. 3).

Как показали эксперименты, применение программно-технического комплекса на основе системно-целевой технологии управления знаниями

«ЦЕНТР-С1» позволяет выполнять прогнозирование потерь, понесенных предприятием, отслеживать состояние имеющихся ресурсов ООО «Субаро-Центр», выполнять моделирование негативных ситуаций, связанных с ошибками в области организационно-хозяйственной и инвестиционной деятельности и т. д., и таким образом обеспечивать эффективное управление рисками в долго-, средне- и краткосрочной перспективе и своевременное принятие необходимых мер и эффективных решений.

Результаты исследования. Таким образом, нами были рассмотрены основы системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики, системно-целевая графосемантическая модель трансформации знаний и принятия решений, метод интеллектуального системно-целевого планирования. Кроме того, приведены архитектура интеллектуальной информационной подсистемы «СИТАП» и архитектура программно-технического комплекса

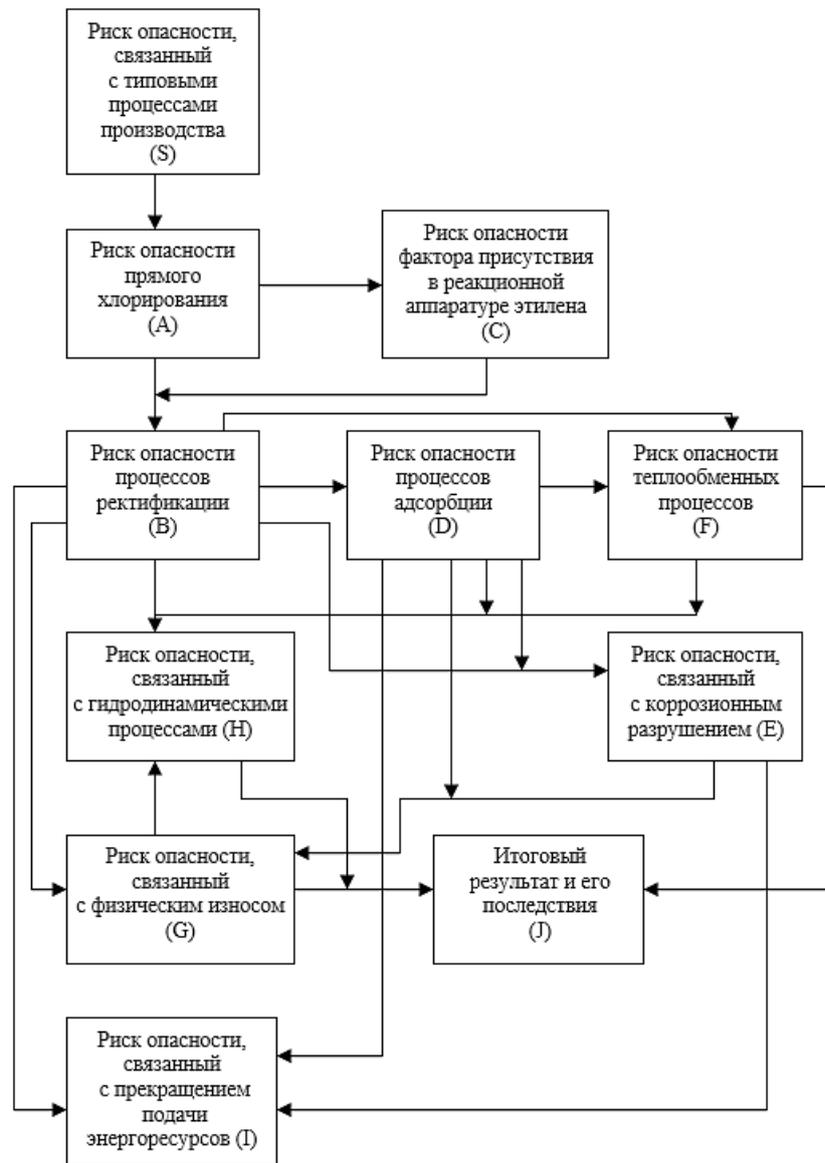


Рис. 6. Пример системно-целевого моделирования риск-ситуаций ООО «Субаро-Центр»
Fig. 6. An example of system-targeted modeling of risk situations LLC «Subaro-Center»

на основе системно-целевой технологии управления знаниями «ЦЕНТР-С1», а также результаты апробации системно-целевой технологии управления знаниями на примере задачи по созданию интеллектуальной системы принятия решений в области цифрового риск-менеджмента.

Выводы. В Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, утвержденной Президентом РФ в мае 2017 года, в качестве стратегического приоритета обозначено «создание условий для формирования

в Российской Федерации общества знаний». Конечно, в первую очередь, речь идет о внедрении высокотехнологичных решений, которые не только предоставляют экономике России новые возможности, но в значительной мере трансформируют ее, оптимизируя текущие процессы и открывая новые производственно-экономические возможности развития. Представленные нами методологический и технологический базисы системно-целевой технологии управления знаниями в условиях цифровой экономики могут стать новым научно-прикладным базисом инновационного

развития экономики России, позволит построить цифровой фундамент на основе новейших подходов к информационным технологиям [17], искусственному интеллекту [18], управлению большими данными [19–20].

По мнению большого количества известных российских и зарубежных ученых основным ресурсом современной, в том числе цифровой, экономики является человеческий капитал. В то же время, по нашему мнению, настало время генезиса данного фундаментального понятия

«микроэкономика знаний», лежащего в основе современной цифровой экономики, посредством его развития на «наноструктурном» уровне, на основе новой экономической категории, названной интеллектуально-технологическим капиталом [21, 22]. Развитие данного понятия на основе предложенных в рамках данной статьи методологического и инструментального базисов может стать краеугольным камнем в становлении нового перспективного направления в области цифровой экономики будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Макаров В.Л., Клейнер Г.Б.** Микроэкономика знаний / Отд-ние обществ. наук РАН; Центр экон.-мат. ин-т. М.: Экономика, 2007. 204 с.
- [2] **Клейнер Г.Б.** Системно-ориентированное моделирование предприятия (системная микроэкономика) // Стратегическое планирование и развитие предприятий: пленарные докл. и матер. Круглого стола XV Всерос. симп. М.: ЦЭМИ РАН, 2015. С. 15–23.
- [3] **Клейнер Г.Б.** Стратегическое планирование: основы системного подхода // Модернизация экономики и общественное развитие. В 3 кн.: [сб.] / отв. ред. Е.Г. Ясин. М.: Изд. дом ГУ – ВШЭ, 2008.
- [4] **Беленький В.З., Клейнер Г.Б.** Квалитативные производственные функции на конечных множествах значений однородного признака // Моделирование механизмов функционирования экономики России на современном этапе: сб. М.: ЦЭМИ РАН, 1998. Вып. 2.
- [5] **Клейнер Г.Б., Пионтковский Д.И.** О детерминированном анализе систем показателей // Экономика и математические методы. 1998. Т. 34. Вып. 2.
- [6] **Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д.** Технология поддержки агент-ориентированного моделирования для суперкомпьютеров // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 1 (334). С. 4–16.
- [7] **Макаров В.Л.** Эволюция экономической теории: воспроизводство, технологии, институты : матер. X Междунар. симп. по эволюц. экономике и Методолог. семинара по институц. и эволюц. экономике. Разд. III. Экономические системы и социальное моделирование: Инструменты социального моделирования расширяют возможности научного анализа. СПб.: Алетейя, 2015. С. 88–92.
- [8] **Макаров В.Л., Варшавский А.Е.** Наука, высокотехнологичные отрасли и инновации (Гл. 20. Экономика России). Оксфорд. сб. Кн. 2. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2015.
- [9] **Клачек П.М., Корягин С.И., Лизоркина О.А.** Интеллектуальная системотехника : моногр. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2015. 244 с.
- [10] **Клачек П.М., Полупан К.Л., Корягин С.И., Либерман И.В.** Гибридный вычислительный интеллект. Основы теории и технологий создания прикладных систем. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018.
- [11] **Bramer M.** Principles of Data Mining. London: Springer-Verlag, 2016.
- [12] **Piegat A.** Fuzzy Modeling and Control. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2018.
- [13] **Kacprzyk J., Pedrycz W.** Springer Handbook of Computational Intelligence. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.
- [14] **Barab'asi A.L.** Network science. Cambridge: Cambridge university press, 2016.
- [15] **Полупан К.Л., Корягин С.И., Клачек П.М.** Развитие методов цифровой экономики на основе гибридного вычислительного интеллекта // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 9–18. DOI: 10.18721/JE.11101
- [16] **Колесников А.В., Кириков И.А.** Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М.: ИПИ РАН, 2007.
- [17] **Aggarwal C.C.** Data Mining. Switzerland: Springer, Int. Publ., 2015.
- [18] **Castillo O., Mellin P.** Hybrid Intelligent Systems. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2016.
- [19] **Nelles O.** Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural and Fuzzy Models. Berlin: Springer, 2017.
- [20] **Du K.L., Swamy M.S.** Neural Networks and Statistical Learning. London: Springer-Verlag, 2014.
- [21] **Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Пшеничников В.В., Тюлин А.С.** Криптовалюта и блокчейн-технология в цифровой экономике: генезис развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 5. С. 9–22. DOI: 10.18721/JE.10501.
- [22] **Бабкин А.В., Чистякова О.В.** Цифровая экономика и ее влияние на конкурентоспособность предпринимательских структур // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18, № 24. DOI: 10.18334/rp.18.24.38670

КЛАЧЕК Павел Михайлович. E-mail: pklachek@mail.ru
ПОЛУПАН Ксения Леонидовна. E-mail: klp281280@mail.ru
ЛИБЕРМАН Ирина Владимировна. E-mail: iliberman@kantiana.ru

Статья поступила в редакцию: 07.05.2019

REFERENCES

- [1] **V.L. Makarov, G.B. Kleyner,** Mikroekonomika znaniy. Otd. obshchestv. nauk RAN, Tsentr, ekon.-mat. in-t. M.: Ekonomika, 2007.
- [2] **G.B. Kleyner,** Sistemno-oriyentirovannoye modelirovaniye predpriyatiya (sistemnaya mikroekonomika), Strategicheskoye planirovaniye i razvitiye predpriyatiy: plenarnyye doklady i materialy Kruglogo stola XV Vserossiyskogo simpoziuma. M.: TsEMI RAN, (2015) 15–23.
- [3] **Kleyner G.B.** Strategicheskoye planirovaniye: osnovy sistemnogo podkhoda // Modernizatsiya ekonomiki i obshchestvennoy razvitiye. V 3 kn.: sb. Otv. red. Ye.G. Yasin. M.: Izd. dom GU – VShE, 2008.
- [4] **V.Z. Belenkiy, G.B. Kleyner,** Kvalitativnyye proizvodstvennyye funktsii na konechnykh mnozhestvakh znacheniy odnorodnogo priznaka, Modelirovaniye mekhanizmov funktsionirovaniya ekonomiki Rossii na sovremennom etape: sb. M.: TsEMI RAN, 2 (1998).
- [5] **G.B. Kleyner, D.I. Piontkovskiy,** O determinirovannom analize sistem pokazately, Ekonomika i matematicheskiye metody, 1 (2) (1998).
- [6] **V.L. Makarov, A.R. Bakhtizin, Ye.D. Sushko,** Tekhnologiya podderzhki agent-oriyentirovannogo modelirovaniya dlya superkompyuterov, Natsionalnyye interesy: priority i bezopasnost, 1 (334) (2016) 4–16.
- [7] **V.L. Makarov,** Evolyutsiya ekonomicheskoy teorii: vosproizvodstvo, tekhnologii, instituty, Materialy X Mezhdunar. simp, po evolyuts, ekonomike i Metodolog. seminaru po instituts. i evolyuts. ekonomike. Razdel III. Ekonomicheskiye sistemy i sotsialnoye modelirovaniye: Instrumenty sotsialnogo modelirovaniya rasshiryayut vozmozhnosti nauchnogo analiza. SPb: Aleteyya, (2015) 88–92.
- [8] **V.L. Makarov, A.Ye. Varshavskiy,** Nauka, vysokotekhnologichnyye otrasli i innovatsii (Glava 20. Ekonomika Rossii). Oksford. sb.. Kn. 2. M.: Izd-vo In-ta Gaydara, 2015.
- [9] **P.M. Klachek, S.I. Koryagin, O.A. Lizorkina,** Intellektualnaya sistemotekhnika : monografiya. Kaliningrad: Izd-vo BFU im. I. Kanta, 2015.
- [10] **P.M. Klachek, K.L. Polupan, S.I. Koryagin, I.V. Liberman,** Gibridnyy vychislitelnyy intellekt. Osnovy teorii i tekhnologiy sozdaniya prikladnykh sistem. Kaliningrad: Izd-vo BFU im. I. Kanta, 2018.
- [11] **M. Bramer,** Principles of Data Mining. London: Springer-Verlag, 2016.
- [12] **A. Piegat,** Fuzzy Modeling and Control. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2018.
- [13] **J. Kacprzyk, W. Pedrycz,** Springer Handbook of Computational Intelligence. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.
- [14] **A.L. Barab'asi,** Network science. Cambridge: Cambridge university press, 2016.
- [15] **K.L. Polypan, S.I. Koryagin, P.M. Klachek,** Development of digital economy methods based on hybrid computing intelligence, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (1) (2018) 9–18. DOI: 10.18721/JE.11101
- [16] **A.V. Kolesnikov, I.A. Kirikov,** Metodologiya i tekhnologiya resheniya slozhnykh zadach metodami funktsionalnykh gibridnykh intellektualnykh sistem. M.: IPI RAN, 2007.
- [17] **C.C. Aggarwal,** Data Mining. Switzerland: Springer, Int. Publ., 2015.
- [18] **O. Castillo, P. Mellin,** Hybrid Intelligent Systems. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2016.
- [19] **O. Nelles,** Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural and Fuzzy Models. Berlin: Springer, 2017.
- [20] **K.L. Du, M.S. Swamy,** Neural Networks and Statistical Learning. London: Springer-Verlag, 2014.
- [21] **A.V. Babkin, D.D. Burkaltseva, V.V. Pshenichnikov, A.S. Tyulin,** Cryptocurrency and blockchain technology in digital economy: development genesis, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 5 (10) (2017) 9–22. DOI: 10.18721/JE.10501.
- [22] **A.V. Babkin, O.V. Chistyakova,** Tsifrovaya ekonomika i yeye vliyaniye na konkurentosposobnost predprinimatelskikh struktur, Rossiyskoye predprinimatelstvo, 18 (24) (2017). DOI: 10.18334/rp.18.24.38670

KLACHEK Pavel M. E-mail: pklachek@mail.ru
POLYPAN Ksenia L. E-mail: klp281280@mail.ru
LIBERMAN Irina V. E-mail: iliberman@kantiana.ru