УДК 338.24.01

КОГНИТИВНЫЕ БАЙЕСОВСКИЕ СЕТИ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИЙ

С. В. ПРОКОПЧИНА
профессор, доктор технических наук, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия
E-mail: svprokopchina@mail.ru

В статье рассматриваются концептуальные аспекты создания системы управления территориальными проектом на основе регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и когнитивных байесовских сетей, предназначенных для решения указанных выше территориальных задач в условиях рисков, меняющихся внешних ситуациях и значительной неопределенности информации. На этой основе получены решения типовых задач: управления проектами, формализации моделей экономических систем, получения устойчивых оценок ситуаций, генерация эффективных управленческих решений в условиях неопределенности.

Ключевые слова: когнитивные измерительные сети, управление территориальным развитием, информационная неопределенность, байесовские интеллектуальные технологии.

Problems of management

COGNITIVE BAYESIAN NETWORKS FOR STRATEGIC PLANNING AND MANAGEMENT OF TERRITORY DEVELOPMENT

S. V. PROKOPCHINA
Professor, Doctor of Technical Sciences, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: svprokopchina@mail.ru

The concept for project territory management system creation based on the Regularizating Bayesian Approach / Bayesian Intelligent Technologies (RBA/BIT) is suggested. The schemes, structures and technologies are given, mathematical expression are formulated. The stages of system implementation are discussed. All issues are given for apriory uncertainly conditions. The methodology RBA/BIT for self-developing BIT-project-management systems creation is described. Practical examples are considered.

Keywords: *cognitive measurement networks, territorial development management, information uncertainty, Bayesian intelligent technologies.*

Современные социально-экономические процессы формируются в условиях уникальности ситуаций; активно влияющей, меняющейся окружающей среды; наличия региональной специфики; недостаточности, неточности, нечеткости информации,

Неопределенность может выражаться в недостаточной структурированности решаемых задач, так называемой их слабой обусловленности, неточности, неполноте, нечеткости информации, разнесенности информации во времени и в пространстве.

Одним из подходов, ориентированным на такие задачи, является байесовский регуляризирующий подход (РБП). Технологии на его основе (байесовские интеллектуальные технологии(БИТ))

нашли применение в решении широкого круга социально-экономических задач, таких как SWOT-аналитическая оценка состояния региональной и муниципальной экономики и социальной сферы, разработка паспортов территорий, определение инвестиционных потенциалов территорий, кадастровое обоснование ресурсного потенциала, рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды, ландшафтное и территориальное планирование, организация туристско-рекреационных комплексов, разработка инвестиционных проектов и программ и других задачах. Опыт использования РБП показал эффективность его применения в задачах развития всех сфер территориально-хозяйственной деятельности.

Сложность современных задач территориального развития обусловливает необходимость привлечения и обработки значительных объемов разнообразной информации. Структура и вид информационных потоков определяются типом решаемых управленческих задач.

На рисунке 1 приведен пример использования методологии РБП для оценки социогуманитарных потенциалов (СПГ) регионов Российской Федерации.

Для всех, указанных на рисунке. 1 компонентов систем СПГ проектируются свои базы знаний, а также системы оценки и управления, взаимоувязанные с основной системой управления гиперкубом единообразно построенных и сопряженных шкал типа шкал с динамическими ограничениями (ШДО) [1–3].

Методологические основы построения ШДО и их применения для оценивания, измерений, контроля (аудита) процессов и ситуаций, прогнозирования и генерации управленческих решений подробно рассмотрены в [4–6] и других работах данной научной школы.

В качестве реперов ШДО могут выступать значения, лингвистические выражения, аудиторские или управленческие решения, функции, рекомендации, выводы или другие информационные объекты.

В результате реализации БИТ для указанных выше задач на соответствующих им ШДО получаются решения в виде регуляризированных байесовских оценок (РБО) $\{h_{k_i}^{(Q)} \mid \{MX\}_{k_i}\}$, представляющих собой совокупность возможных альтернатив решений с присущей им, определенной апостериорной вероятностью. Альтернативы определяются в соответствии с оптимизационным уравнением БИТ в виде:

$$\{h_{k_t}^{(Q)} \mid \{MX\}_{k_t}^{(Q)}\} = \{\arg\operatorname{exstr} C\,[\varphi_j(\{X_{it}\} * * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)})]\} \quad (1)$$

где h_k – k-ое регуляризированное значение свойства $Q^{(0)}$ в момент времени t,

X_{it} – поступающая информация для генерации управленческих решений от источников информации в соответствии с (7).

Последовательность мероприятий F_t, составляющих проект стратегического планирования или управления проектами территориального развития, может быть представлена в виде взаимоувязанных во времени РБО решений последовательности этапов f_t:

$$\{h_{k_t}^{(F_t)}\} = \overset{J_t}{*}_{j=1}\{h_{k_t}^{(f_{jt})}\} \quad (2)$$

где $k = 1, K_t$, K_t – число альтернативных управляющих решений, $j = 1, J_t$.

Решение о реализации каждого последующего этапа проекта находится в виде списка упорядоченных по вероятности альтернатив как решение уравнения вида:

$$\{h_{kt}^{(f_{jt})} \mid \{MX\}_{kt}^{(f_{jt})}\} = \{\arg\operatorname{exstr} C\,[\varphi_{jt}(G_t^{(OE)} * * Z_t * Y_t^{(OE)} * h_{t-1}^{(f_{jt})}]\} \quad (3)$$

Комплекс метрологических характеристик $\{MX\}_{kt}^{(fjt)}$ включает показатели РБО по точности, надежности и апостериорной достоверности [4], которая может быть вычислена по модифицированной в рамках РБП формуле Байеса:

$$P(h_{kt}^{F_t} \mid G_t^{(OE)}) = \frac{P^a(h_{kt-1}^{(F_t)} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \overset{L}{\circ} P(G_t^{(OE)} \mid h_{kt}^{(F_t)})}{\sum_{j=1}^{J} P^a(h_{jt-1}^{(F_t)} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \overset{L}{\circ} P(G_t^{(OE)} \mid h_{jt}^{(F_t)})} \quad (4)$$

Если в качестве отношений $(\overset{L}{\circ})$ в (4) берется не вероятностная, а другая параметрическая логика, то такие управленческие решения согласно определениям, данным в [3], называются мягкими, а тип управления – «мягким управлением». При реализации управленческих решений по (4) имеется возможность смены параметрических логик в зависимости от целей, приоритетов проекта, а также от индивидуальных характеристик лица, принимающего управленческие решения (ЛПР).

Неопределенности, не позволяющие точно планировать и реализовывать этапы проекта, риски проекта приводят к задержке начала этапов проек-

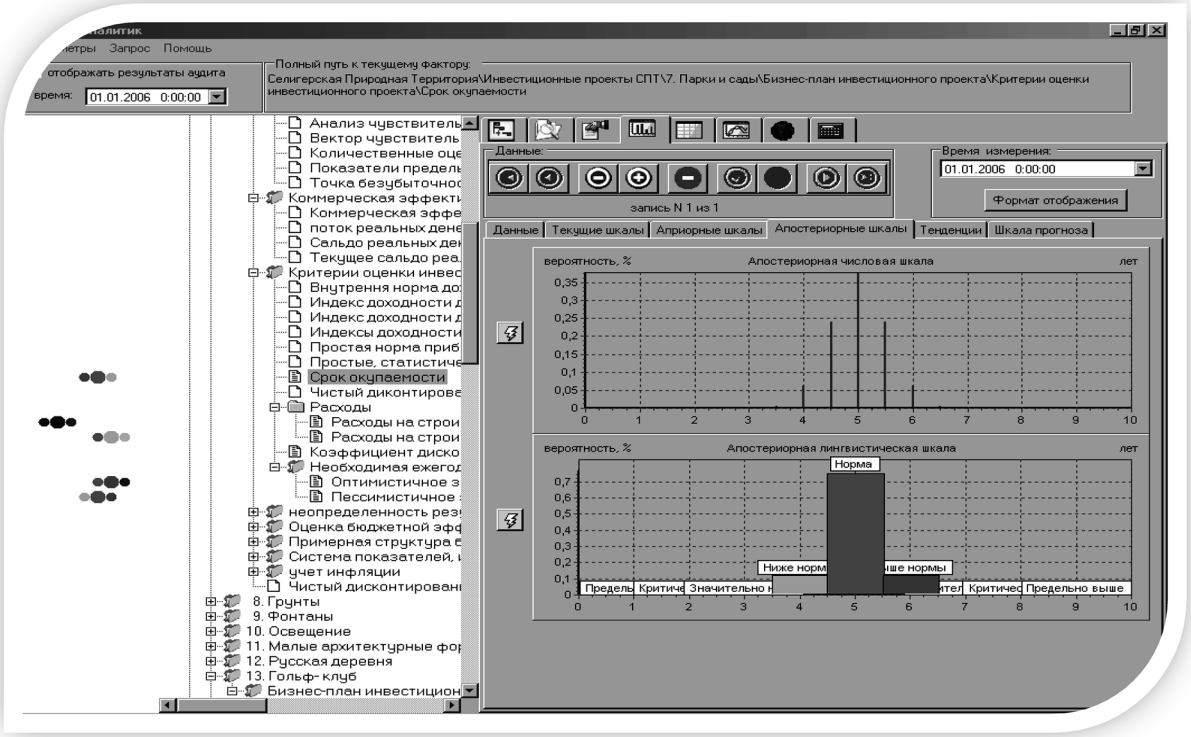

Рис. 1. Измерение показателей социогуманитарных потенциалов на основе БИТ

та и повышению их длительности. Поэтому в концепции РБП начало и окончание проекта, а также длительность этапа рассматриваются как факторы проекта и могут быть оценены в виде РБО:

$$\{h_{kt}^{(\Delta t)} \mid \{MX\}_{kt}^{(\Delta t)}\} = \arg \operatorname{exstr} C\,[\varphi_t^{\Delta t}(G_t^{(OE)} * * Y_t^{(OE)}) * h_{t-1}^{(f_{Jt})}] \quad (5)$$

Для определения и измерения количественных и неколичественных показателей социогуманитарных потенциалов (СГП) реализован подход, который позволяет впервые, на единой методологической основе создавать системы оценки, контроля и обеспечения развития таких сложных систем, какими являются системы социо-гуманитарных потенциалов регионов Российской Федерации.

Активно развивающееся направление когнитивных измерений [3] и вычислительных технологий целиком направлено на решение этой задачи.

Измерения, в технологиях которых на формальной основе извлекаются, получаются и используются метрологически аттестованные знания и умения субъектов, называются когнитивными измерениями.

Для реализации когнитивных измерительных процессов в условиях значительной неопределенности может быть использован регуляризирующий Байесовский подход (РБП) и байесовские интеллектуальные технологии (БИТ).

Интеллектуализация основных процессов получения, обработки и использования информации связана с использованием разнообразных знаний. Одним из видов таких знаний являются антропогенные знания, которые восполняют недостаток информации при решении прикладных задач. Методы, информационные технологии и системы, реализующие совместную обработку антропогенной информации и других ее видов, получили название когнитивных.

В работе автора [1] введено понятие и сформулированы основные принципы когнитивных измерений, как измерений на основе интеграции измерительной информации и метрологически аттестованных знаний субъекта. Для реализации таких когнитивных измерительных технологий предложен регуляризирующий байесовский подход (РБП).

На базе байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) и байесовских интегрирующих технологий (БИТ) созданы и использованы на практике информационно-аналитические

распределенные системы для различных приложений.

В настоящее время разработаны и находят практическое применение байесовские интеллектуальные системы нового поколения. Такие системы, наследуя основные принципы БИИ и БИТ, (а именно, интегрирование разнотипных потоков данных и знаний, метрологическое обоснование и возможность управления качеством решений, гибкость и развиваемость в процессе функционирования), в совокупности с перспективными информационными технологиями сетевой передачи, сбора и распределенной обработки информации представляют собой новый тип систем, названный байесовскими интеллектуальными сетями (БИС).

Принципиальным отличием БИС является то, что в известных сетевых технологиях, нет, не только возможности управления качеством получаемых на их основе решений, но и контроля, метрологического обоснования поступающих и хранящихся на сервере данных, что при естественной неопределенности данных и знаний и связанной с этим некорректности информационных задач, не позволяет определять или гарантировать устойчивость, сходимость и достоверность (риск) получаемых решений. Иными словами, отсутствие принципов измерительного подхода в информационных технологиях современной распределенной обработки данных приводит к неэффективности их использования для решения значительного круга задач экологии, экономики, природопользования, управления, маркетинга.

Включение в общий информационный поток знаний субъектов требует дополнительной проработки вопросов интеграции и метрологической аттестации такой информации. Кроме того, для реализации таких сетей требуется создание единого информационного топологического пространства, объединяющего источники информации, включая и субъектов. Такие сети в работе [1] названы когнитивными измерительными сетями. Если для получения решений на таких сетях используется РБП, то такие сети называются когнитивными байесовскими измерительными сетями (КБИС).

Извлечение знаний и умений субъекта по методологии БИТ в КБИС реализуется средствами платформы «Инфоаналитик». «Инфоаналитик» представляет собой программную среду, предназначенную для быстрой разработки приложений, которыми могут быть экспертные системы различного назначения, системы поддержки принятия решений; системы мониторинга сложных объектов, процессов, ситуаций; системы контроля и аудита, системы управления, многокритериальные системы и другие. Опыт решения различных задач территориального развития и выполнения территориальных проектов представлен в [1–5] и других работах научной школы.

Список литературы

1. Мягкие вычисления и измерения. В трех томах / под ред. проф. С. В. Прокопчиной. Том 1 Теоретические основы и методы. М.: ИД «Научная библиотека», 2017. 420 с.
2. Опыт решения социально-экономических задач на основе байесовских интеллектуальных технологий / под ред. С. В. Прокопчиной, М.: 2014, 447 с.
3. *Прокопчина С. В.* Методологические аспекты теории мягких измерений. Сб. докл. Межд. конф. «SCM-2005», СПб, Изд. ЛЭТИ, 49–63 с.
4. *Прокопчина С. В*. Когнитивные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий. Сб. докладов Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям «SCM-2010», Санкт-Петербург, 27–29 июня 2010. Т. 1
5. *Прокопчина С. В.* О подходе к измерению социогуманитарных потенциалов с использованием байесовских интеллектуальных технологий в научном журнале «Государственный аудит. Право. Экономика» № 3, 2013. С. 73–82.
6. *Маслов В. И., Лукьянов И. В*. Четвертая промышленная революция: истоки и последствия // Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика. 2017. № 2. С. 38–48.
7. *Сухорукова С. М., Погорелый А. М.* Международное технологическое разделение труда и рост глобальных экологических проблем // Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика. 2016. № 2. С. 14–20.
8. *Алешковский И. А., Мищенко Я. В*. Место и роль России на глобальном рынке энергоре-

сурсов // Вестник Московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика. 2016. № 3. С. 7–19.

References

1. Soft calculations and measurements. In three volumes, under the editorship of Professor S. V. Smoky. Volume 1 Theoretical foundations and methods. 2017. 420 p.
2. Experience in solving social and economic problems on the basis of Bayes intelligent technologies. Under the ed. S. V. Prokopchina, M.: 2014, 447 p.
3. Prokopchina S. V. (2005) Methodological aspects of the theory of soft measurements. Sat. Doc. Intl. Conf. «SCM-2005», St. Petersburg, Ed. LETI, 49-63 p.
4. Prokopchina S. V. (2010) Cognitive measurements on the basis of Bayesian intellectual technologies. *Sat. reports international. Conf. on soft computing and measurements «SCM-2010»*, St. Petersburg, June 27–29. Vol. 1.
5. Prokopchina S. V. (2013) On the approach to the measurement of socio-humanitarian potentials with the use of Bayesian intellectual technologies in the scientific journal “State Audit. Right. Economics”, no 3, pp. 73–82.
6. Maslov V. I., Lukyanov I. V. (2017) The Fourth industrial revolution: origins and consequences. *Bulletin of Moscow University. Series 27: global studies and geopolitics*, no. 2, pp. 38–48.
7. Sukhorukova S. M., Pogorely A. M. (2016) International technological division of labour and growth of global environmental problems. *Vestnik of Moscow University. Series 27: global studies and geopolitics*, no. 2, pp. 14–20.
8. Aleshkovsky I. A., Mishchenko I. V. (2016) The Place and role of Russia in the global energy market. *Moscow University Herald. Series 27: global studies and geopolitics*, no. 3, pp. 7–19.