

DOI: 10.34684/ek.up.p.r.2020.08.03.003

УДК 004.032.2

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ ДЛЯ «ЦИФРОВИЗАЦИИ» ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД»

С. В. ПРОКОПЧИНА,

*доктор технических наук, профессор, Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации,*

Москва, Россия

E-mail: svprokopchina@mail.ru

В статье рассмотрены методологические и практические вопросы построения байесовских интеллектуальных сетей (БИС) для «цифровизации» городского хозяйства на основе принципов концепции «Умный город». Комплекс БИС в целом соответствует архитектуре комплексов производственного энергетического назначения и управления городским хозяйством для решения задач внутреннего энергоаудита, учета расхода энергоресурсов, обеспечения энергобезопасности предприятий и территорий. Система может стать основой для реализации тренингового центра по управлению энергохозяйством и ЖКХ.

Ключевые слова: «цифровизация», «умный город», интеллектуальная сеть.

Mathematical and instrumental methods of economics

SMART NETWORKS FOR DIGITALIZATION OF URBAN ECONOMY WITHIN THE FRAMEWORK OF THE “SMART CITY”

S. V. PROKOPCHINA,

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Financial University
under the Government of the Russian Federation,*

Moscow, Russia

E-mail: svprokopchina@mail.ru

The article deals with methodological and practical issues of building Bayesian intelligent networks (BIS) for digitalization of urban economy based on the principles of the “Smart city” concept. The BIS complex as a whole corresponds to the architecture of urban household management complexes for construction and industrial energy purposes for solving the problems of internal energy audit, accounting for energy consumption, ensuring energy security of enterprises and territories, in Addition, the system can become the basis for the implementation of a training center for energy management and housing.

Keywords: digitalization, smart city, smart network.

Введение. Востребованность методов и средств искусственного интеллекта при решении задач управления городским хозяйством – жилищно-коммунальным комплексом, энергетическими, экономическими, социальными городскими службами и системами и процесса-

ми – значительно повысилась в настоящее время в связи с принятой концепцией «Умный город» и реализуемыми в ее рамках программами и инвестиционными проектами.

Общественная ценность новых технических и организационных решений (smart grid) опреде-

ляется вопросами энергетической независимости, повышением надежности и преимуществами для энергопотребителей.

Так, эксперты аналитической компании McKinsey оценили общественную ценность совокупных аспектов smart grid для США в 130 млрд долл. В этих условиях руководство Российской Федерации поставило министерствам, ведомствам, а также энергетическим корпорациям задачу разработки и реализации проектов, способствующих переходу электроэнергетики России на интеллектуальные сети.

Одним из ключевых вопросов при этом является вопрос разработки методологии и технологических платформ для реализации интеллектуальных сетей управления городским хозяйством. Реализация подобных проектов проходит в основном в энергетическом секторе экономики. Однако и там наблюдается дефицит разработок методологии и методической базы интеллектуализации.

Это объясняется спецификой информационных потоков, а также разнообразием, сложностью структур и взаимосвязей систем городского хозяйства, что обуславливает особые требования к методам и средствам сбора и аналитической обработки информации. В частности, по причине уникальности и значительной неопределенности, сильной изменчивости данных, получаемых от систем городского хозяйства, множества влияющих факторов внешней среды неправомерно использовать традиционные методы обработки данных, основанные на однородности и повторяемости статистических выборок.

Существующие решения в рамках современных концепций BIG DATA, IoT, BI, DATA SCIENCE, с одной стороны, еще мало разработаны; с другой стороны, они направлены на решение методических задач обработки данных средствами универсальных информационных технологий, связанных с техногенным подходом к обработке данных путем использования разнообразных средств сбора информации, систем датчиков и коммуникационных средств, баз данных, серверного оборудования и других средств вычислительной техники.

Это, безусловно, необходимо, но относится к этапам реализации методических подходов и решений и не заменяет их. Для успешного решения задач «цифровизации» и интеллектуализации городского хозяйства необходимо прежде всего

разработать методологии и прикладные методы интеллектуальной обработки данных, ориентированные на специфику информационных потоков городского хозяйства.

Однако, несмотря на развитые возможности передачи и хранения числовой, текстовой, графической, аудио-, видео- и другой информации, во всех указанных технологиях отсутствует возможность свертки сведений, их интеграции в единый информационный поток, несущий максимально достоверные и полные знания об объекте или его свойствах в конкретных условиях, а также аналитической обработки информации для поддержки принятия управленческих решений.

Кроме того, в известных сетевых технологиях, нет не только возможности управления качеством получаемых на их основе решений, но и контроля, метрологического обоснования поступающих и хранящихся данных, что в реальных условиях 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, связанных с разнообразными системами датчиков и сбора первичной информации, приводит к невозможности их эффективного использования для решения значительного круга задач энергетики и ЖКХ.

Заметим также, что в реальных условиях мониторинга или управления процессами генерации, распределения и потребления энергоресурсов на основе интеллектуальных сетей возникает необходимость адаптации технологий и структур сетей к меняющимся свойствам объектов и процессов и окружающей их среды, совершенствования в соответствии с развитием объектов и структуры сетей.

В такой обстановке возникает задача оптимизации технологий и структур сетевой обработки информации при эксплуатации систем, что означает необходимость разработки и применения технологий самоорганизации, адаптивного изменения топологии сети, динамичного формирования круга клиентов, распределения функций между ними и их интеллектуализации.

Таким образом, необходимость разработки методологии и платформы обусловлена, с одной стороны, требованиями практических задач (как

правило, решаемых в условиях значительной априорной неопределенности) обобщения и использования всего имеющегося объема информации, с другой стороны, возможностями получивших активное развитие указанных современных концепций и сетевых технологий, позволяющих собирать и обрабатывать значительные массивы разнотипных дистанционно распределенных информационных ресурсов.

Методология БИТ для создания интеллектуальных сетей. В статье рассмотрена методология построения интеллектуальных сетей для интеграции, «цифровизации» и интеллектуализации имеющихся производственных и управленческих ресурсов в рамках концепций «Умный город» и модели smart grid, обеспечивающей перевод на качественно новый уровень интеллектуальности механизмов управления совокупностью распределенных систем городского хозяйства и энергообъектов.

В настоящее время для управления распределенными энергогенерирующими системами в условиях неопределенности разработаны и находят

практическое применение байесовские интеллектуальные системы нового поколения. Они, наследуя основные принципы БИИ и БИТ (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).

Методология РБП, алгоритмическая база БИИ и БИТ послужили основой для создания методологической базы БИС для задач энергетики и ЖКХ. Схема и пример реализации БИС представлены на рисунках 1, 2.

Методология прямых БИИ на однородных трехзвенных шкалах с динамическими ограничениями (ШДО) (иначе – прямых БИИ) составляет основу технологии интеграции *однотипных разноточных потоков информации*, например свертку результатов измерений поступающих и

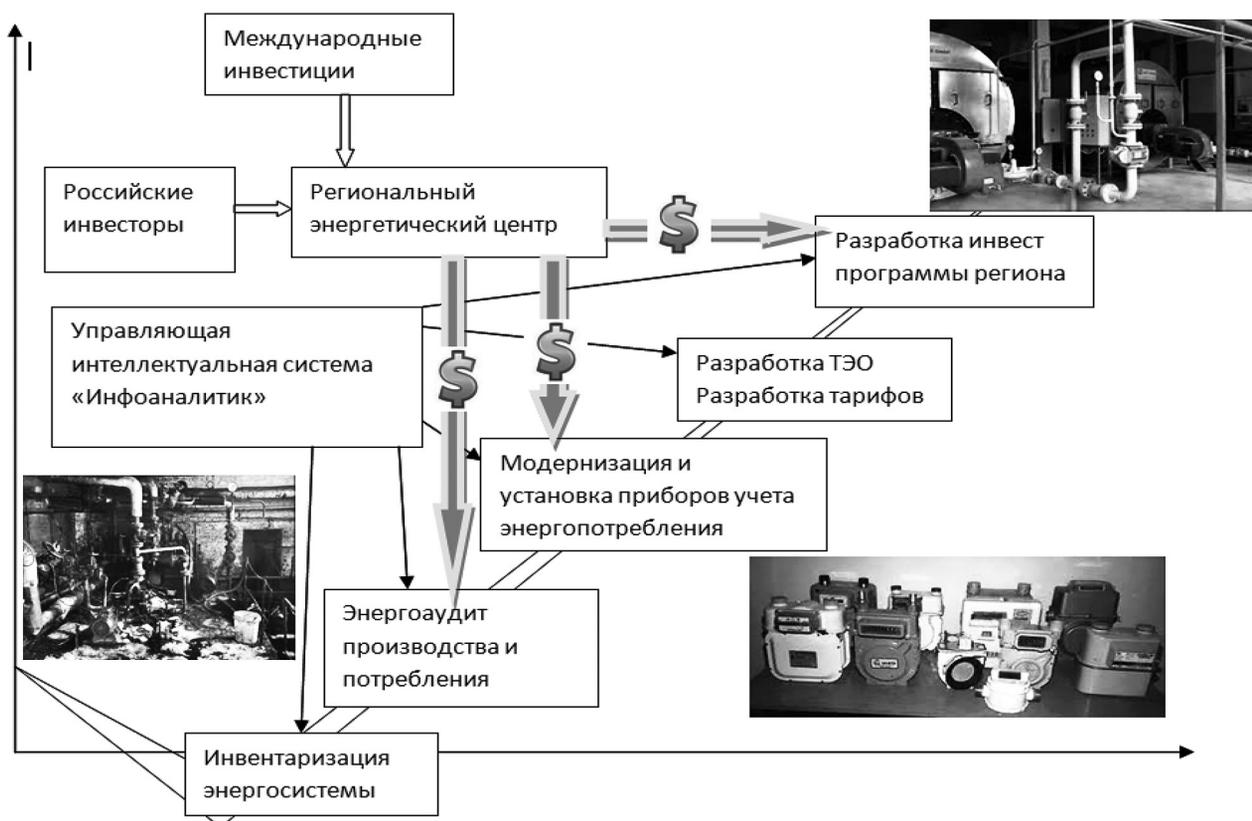


Рис. 1. Схема реализации функциональности интеллектуальных сетей региональной энергетики

$$\{h_{kt}^{(f_{jt})} | \{MX\}_{kt}^{(f_{jt})}\} = \{arg \text{ exstr } C [\phi_{jt}(G_t^{(OE)} \cdot Z_t \cdot Y_t^{(f_{jt})}) \cdot h_{t-1}^{(f_{jt})}]\} \quad (3)$$

Комплекс метрологических характеристик $\{MX\}_{kt}^{(f_{jt})}$ включает в себя показатели РБО по точности, надежности и апостериорной достоверности оценочных и управленческих решений, которая может быть вычислена по модифицированной в рамках РБП формуле Байеса:

$$P(h_{kt}^{(f_{jt})} | G_t^{(OE)}) = \frac{P^a(h_{kt-1}^{(f_{jt})} | G_{t-1}^{(OE)}) \cdot P(G_t^{(OE)} | h_{kt}^{(f_{jt})})}{\sum_{j=1}^J P^a(h_{jt-1}^{(f_{jt})} | G_{t-1}^{(OE)}) \cdot P(G_t^{(OE)} | h_{jt}^{(f_{jt})})} \quad (4)$$

Если в качестве отношений (\cdot) берется не вероятностная, а другая параметрическая логика, такие управленческие решения по данным ранее определениям называются мягкими, а тип управления – мягким. При реализации управленческих решений по данной методологии имеется возможность смены параметрических логик в зависимости от целей, приоритетов проекта, а также индивидуальных характеристик лица, принимающего управленческие решения (ЛПР).

Неопределенности, не позволяющие точно планировать и реализовывать процессы управления БИС, а также риски приводят к задержке начала реализации процессов, повышению их длительности.

В концепции РБП процессы производства энергопродуктов и услуг, а также их длительность рассматриваются как факторы со значительной степенью неопределенности и могут быть оценены в виде РБО:

$$\{h_{kt}^{(\Delta t)} | \{MX\}_{kt}^{(\Delta t)}\} = \{arg \text{ exstr } C [\phi_t^{\Delta t}(G_t^{(OE)} \cdot Y_t^{(OE)}) \cdot h_{t-1}^{(f_{jt})}]\} \quad (5)$$

Технологические решения и примеры БИС. Специфика БИС, раскрытая ранее, определяет следующие дополнительные элементы сетевых технологий.

Во-первых, это наличие в структуре сети байесовских интеллектуальных серверов, которые сочетают свойства информационных серверов и серверов приложений, осуществляя на формальном математическом уровне интеграцию потоков данных и знаний, синтез технологий с метрологической поддержкой согласно выражениям (1)–(5), аналитические процессы обработки данных по оценке состояний и ситуаций, их прогнозированию и генерации решений по запросам клиентов.

Во-вторых, это наличие метаданных (в виде ШДО).

В третьих, это наличие технологий, осуществляющих управление развитием структуры сети по результатам работы предыдущих этапов реализуемой информационной технологии.

Метрологическое сопровождение байесовской интегрирующей сети дает возможность в ходе работы сети не только выявлять узкие места, где происходит приток информации со значительными искажениями, шумами, но и корректировать технологию и список клиентов – источников информационных ресурсов и потребителей, планировать информационный эксперимент (рис. 3, 4).

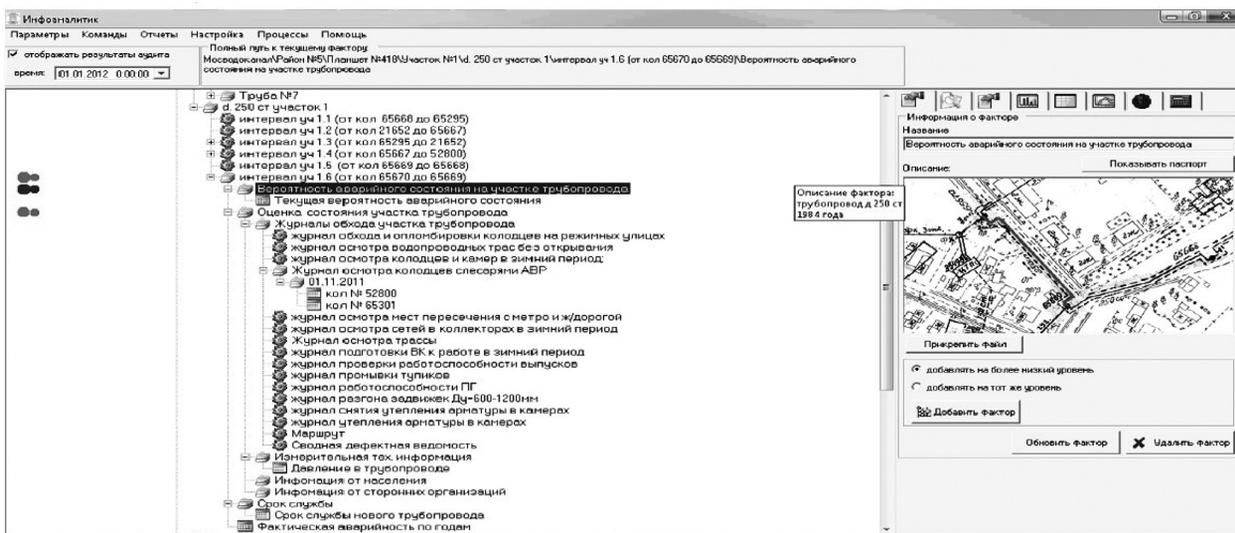


Рис. 3. Оценка ситуации на участке сети водоснабжения на основе БИТ (компьютерное отображение)

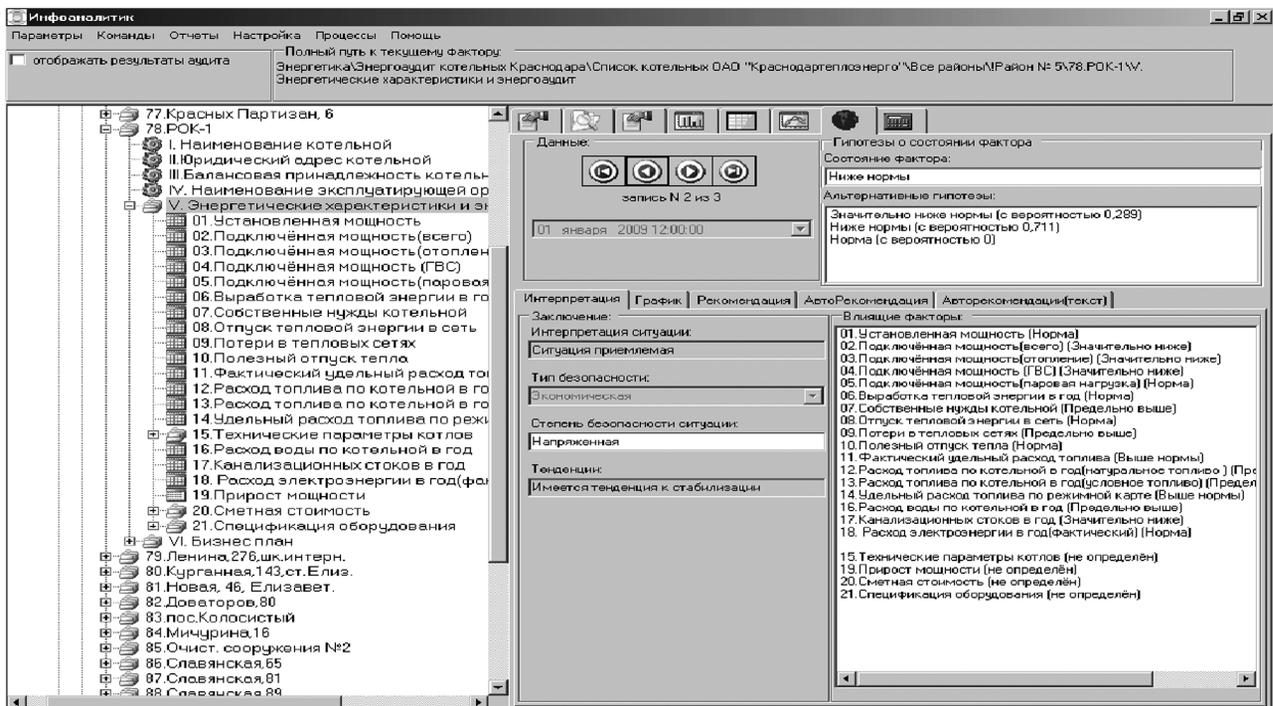


Рис. 4. Пример энергетического аудита городских энергетических производств средствами платформы на основе БИС (компьютерное отображение)

Основными преимуществами и достижимыми целями применения платформы в организациях по эксплуатации и обслуживанию объектов городского хозяйства (мостов, туннелей, коллекторов и других) можно считать предупреждение чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах города и обеспечение их нормального эксплуатационного режима обслуживания на основе:

- комплексной оценки приборного, ресурсного и эксплуатационного потенциала систем указанных объектов;
- определения тенденций и динамики показателей надежности и безопасности эксплуатации объектов;
- нормирования показателей, индексов и индикаторов эксплуатации и обслуживания объектов;
- комплексного контроля за техническим состоянием систем объектов;
- системы мониторинга для получения текущих оценок совокупных рисков объектов;
- получения оценок и моделей разработки оптимального плана ремонтно-профилактического обслуживания;
- формирования инвестиционных планов и мероприятий;

- создания центров подготовки квалифицированных производственных и управленческих кадров;
- создания информационных сетей и систем для различных производственных, управленческих и научных задач.

Опыт применения БИТ позволил разработать методическую основу решения таких задач, реализованную в виде пилотируемых и адаптируемых к прикладным задачам технологий. Основная концептуальная идея состоит в разработке на базе БИТ и платформ «Экоаналитик» и «Инфоаналитик» развивающихся технологий для конкретных прикладных задач. Концепция и подробное описание этого типа технологий приведены в работах, опубликованных автором и специалистами данной научной школы.

Комплекс БИС в целом соответствует архитектуре комплексов производственного энергетического назначения и управления городским хозяйством для решения задач внутреннего энергоаудита, учета расхода энергоресурсов, обеспечения энергобезопасности предприятий и территорий. Кроме того, система может стать основой реализации тренингового центра по управлению энергохозяйством и ЖКХ.

Список литературы

1. Лукьянец А. А., Прокопчина С. В. Методология поддержки решений в управлении энергоснабжающими организациями на основе регуляризирующего байесовского подхода. Томск: Некоммерческий фонд развития региональной энергетики, 2006. 259 с.
2. Прокопчина С. В. «Цифровизация» региональной и муниципальной экономики на основе методологии байесовских интеллектуальных технологий // Мягкие измерения и вычисления. 2019. № 5.
3. Прокопчина С. В. Интеллектуальное рабочее место энергетика: свидетельство Роспатента о сертификации официальной программы для ЭВМ № 2004610246 от 19.02.2004.

References

1. Lukyanets A. A., Prokopchina S. V. (2006) Methodology of decision support in the management of energy supply organizations based on the regularized Bayesian approach. Tomsk, Non-profit Foundation for regional energy development, 259 p.
2. Prokopchina S. V. (2019) Digitalization of regional and municipal economy on the basis of Bayesian intellectual technologies methodology. *Soft measurements and calculations*, no. 5.
3. Prokopchina S. V. (2004) Intelligent workplace of energetic (certificate of Rospatent on certification of the official computer program no. 2004610246 dated 19.02.2004).