

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОБОБЩЕННОЙ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

С. В. ПРОКОПЧИНА,
*доктор технических наук, профессор,
Финансовый университет при Правительстве РФ,
Москва, Российская Федерация
E-mail: svprokopchina@mail.ru*

Современным направлением развития экономики является ее цифровизация. Цифровая экономика базируется на интеллектуализации всех направлений экономической деятельности. Однако в условиях неполноты и неточности разнотипности информации возникает вопрос измерения и обработки потоков Big data. В статье предлагается систематизация, классификация и алгоритмизация социально-экономических измерений на основе регуляризирующего байесовский подхода.

Ключевые слова: теория измерений, экономика, цифровизация, потоки Big data, социально-экономические измерения, байесовский подход.

Investment, financial and management analysis

SYSTEMATIZATION OF METHODS OF THE GENERALIZED THEORY OF MEASUREMENTS TO SOLVE SOCIAL AND ECONOMIC PROBLEMS

S. V. PROKOPCHINA,
*doctor of technical Sciences, Professor, Financial University under the Government
of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
E-mail: svprokopchina@mail.ru*

The modern direction of economic development is its digitalization. The digital economy is based on the intellectualization of all areas of economic activity. However, in the conditions of incompleteness and inaccuracy of information diversity there are questions of measurement and processing of Big data flows. The article proposes the systematization, classification and algorithmization of socio-economic measurements on the basis of the regularizing Bayesian approach.

Keywords: measurement theory, Economics, digitalization, Big data flows, socio-economic measurements, Bayesian approach.

Основные направления развития современной экономики связаны с активным использованием информационных технологий и систем, интеллектуализацией экономических процессов, получением и обработкой значительных массивов данных. Так, следующую ступень развития мировой экономики японские ученые определили как «Общество 5.0 или Super Smart Society». Концепция цифровой экономики, принятая и в нашей

стране, предполагает в качестве базовых технологии робототехники, BIG DATA, искусственного интеллекта, Internet Things. Эти технологии должны быть основой прикладных технологий решения практически всех задач экономики и социальной сферы

Прошедшая 23–25 апреля 2018 года сессия Комитета по статистике ООН «Цифровая экономика» и другие научно-технические организации и учреждения представляют концепцию

BIG DATA не только как сбор, хранение и передачу значительного количества цифровой информации, но как работу со многочисленными потоками данных и знаний, разнообразными по типу содержанию, времени и месту их получения, для обработки которых с целью получения решений требуются методы и средства искусственного интеллекта.

Действительно, при решении социально-экономических задач (СЭЗ), как правило, используется разнообразная информация в виде данных и знаний. Эта информация поступает из различных источников, она получена в разное время при разных условиях, и поэтому ей присущи различные характеристики ее качества: точности, надежности, достоверности, релевантности, полноты и др. Особая значимость решений социально-экономических задач, их сложность и специфичность определяют повышенные требования к качеству получаемых решений и исходной информации.

К основным типам информационных СЭЗ могут быть отнесены следующие задачи:

1. Измерение основных показателей СЭС.
2. Сбор первичной информации, определение критериев, ограничений, предварительная вычислительная обработка данных.
3. Моделирование СЭС.
4. Нормирование характеристик и показателей социально-экономических систем.
5. Оценка состояний и характеристик социально-экономических систем (СЭС).
6. Мониторинг состояния и характеристик СЭС.
7. Определение факторов влияния внешней среды.
8. Контроль (аудит) состояния показателей СЭС и внешней среды.
9. Определение динамики, трендов, тенденций развития социально-экономических систем.
10. Интерпретация ситуаций и определение сценариев развития СЭС.
11. Определение основных влияющих факторов, степени их влияния и взаимосвязей с СЭС.
12. Принятие управленческих решений.
13. Реформирование и управление СЭС.
14. Прогнозирование и планирование функционирования СЭС.
15. Распределение решения по системам внешней среды.

Для решения указанной последовательности задач в условиях неопределенности с целью управления СЭС целесообразно применение мягких подходов при измерении, аудите и управле-

нии, мягких решений, моделей, критериев, ограничений, а также необходимо создание единого метрического информационного пространства для обеспечения устойчивости и требуемого качества получаемых решений. Такое пространство создается на основе иерархической структуры сопряженных динамических компактов решений для каждой из указанных задач для каждого определяемого показателя в рамках получаемой динамической модели СЭС.

Важно отметить, что целью решения СЭЗ 3–15 являются не сами данные или результаты измерений, а выводы, оценки, прогнозы и другие аналитические решения. Причем, все эти решения должны быть получены в условиях неполной, неточной, нечеткой информации, то есть в условиях неопределенности. Поэтому с точки зрения методологии СЭЗ должны рассматриваться как обратные задачи получения решений по экспериментальной информации и могут решаться на основе измерительного подхода, например, интеллектуальных измерений и их основных принципов [1].

Можно показать, что при таких условиях и требованиях основные типы социально-экономических задач могут быть введены в классы измерительных задач, в частности, интеллектуальных измерений, если их решения будут сопровождаться комплексами метрологических характеристик качества их решений.

Очевидно, что прикладная направленность таких измерений играет главную роль в методологии их решений, поэтому целесообразно определить их как **социально-экономические измерения (СЭИ)**.

Для реализации СЭИ могут быть использованы методы и средства байесовских интеллектуальных измерений. Одним из перспективных направлений разработки технических средств в рамках концепции и задач цифровой экономики (внедрение интеллектуальных сетей обработки данных и знаний для принятия решений и подготовке компетентных специалистов) является создание интеллектуальных измерительно-аналитических сетей на основе интеллектуальных рабочих мест (ИРМ) специалистов различного профиля деятельности. Такие ИРМ созданы для различных видов деятельности специалистов [1–5] на основе программной платформы «Инфоаналитик». ИРМ обеспечивают не только интеллектуализацию процесса решения вышеуказанных СЭЗ, но и самообучение специалистов при их активном общении с внешними источниками профессиональных знаний.

Социально-экономические измерения, анализирующие регуляризирующий байесовский подход - это измерения, основанные на получении знаний об объекте измерения и использовании их в процессе измерения в совокупности с имеющейся априорной информацией, представленной в виде архивных, статистических и экспериментальных данных, теоретических знаний, аналитических зависимостей, табличной и графической информации, а также рекомендаций и неформализованного опыта специалистов. Результатами таких измерений могут быть значения, функциональные зависимости, решения о состоянии объектов или социально-экономических систем и необходимости управленческих решений и мероприятий, интерпретация ситуаций, обеспеченные полным метрологическим сопровождением в виде комплексов метрологических характеристик, включающих показатели точности, надежности и достоверности получаемых решений и исходной информации.

Для обеспечения непрерывного познания свойств объекта в условиях значительной неопределенности информации о нем в методологии БИИ используется модель с динамическими ограничениями (МДО), которые способны сниматься при накоплении данных и знаний, что обеспечивает развитие модели в процессе ее использования.

В качестве знаний могут быть рассмотрены алгоритмы и прикладные или системные информационные технологии, модели и методики.

По сути, МДО при переводе ее в метрическое пространство иерархических шкал представляет собой гиперкуб взаимосвязанных факторов, что обеспечивает возможность гибкой ее адаптации к меняющимся информационным ситуациям.

РБП является модификацией классического байесовского подхода для получения устойчивых регуляризированных байесовских оценок (РБО) в условиях значительной неопределенности как априорной, так и поступающей в текущий момент времени информации.

Примеры реализации и решения СЭИ в экономике, энергетике, природоохране, промышленном производстве, сельском хозяйстве, финансовой и банковской средах, туристско-рекреационном направлении, инвестиционной и инновационной деятельности, управлении, информа-

ционно-технологической сфере, социальной среде и других направлениях приведены в [2, 3].

Однако не всегда требуется интеллектуализация измерений. В ситуациях с полной информационной определенностью, характерной для задач прямых классических измерений (измерение аттестованными приборами, определение балансовых показателей, обработка транзакционных данных, например), можно использовать методики простых прямых измерений и достаточно определить метрологические характеристики методов и средств.

В обобщенной теории измерений накоплен значительный опыт решения сложных измерительных задач, подобных СЭИ, а также создан базисный блок методов, методик, средств измерений для различных информационных ситуаций и типов задач.

Поэтому с позиций определения максимально эффективного метода реализации СЭИ для конкретной задачи, целесообразно повести систематизацию и классификацию методов измерений с указанием условий их оптимального использования.

Одним из главных моментов построения измерительных технологий является определение типа информационной ситуации, в которой производятся измерения. Существуют три типа информационных ситуаций измерений. Они определены и детально рассмотрены в [1–3]. Это ситуации с полностью определенной информацией и условиями измерений (тип I); ситуации с неполностью определенной информацией и стабильными условиями измерений, но эту и ситуации со значительной неопределенностью и частичную неопределенность можно снять в итерационном режиме, адаптируя модель объекта измерений согласно поступающей информации (тип II) и ситуации со значительной неопределенностью, нестабильностью условий измерений, активным влиянием внешней среды (тип III).

Идентифицируя эту специфику методов, появились, кроме существующих прямых измерений, которые реализуются в первой информационной ситуации, понятия:

- комплексные измерения, основанные на расширенных понятиях измерений и тезаурусах, реализуемых в виде структур моделетек; (ситуация (тип II)

- статистические измерения, основанные на вероятностно-теоретическом подходе; ситуация (тип II);

- динамические измерения [41], подчеркивающие временные характеристики свойств
- объектов измерения; ситуация (тип II);
- адаптивные измерения с коррекцией результата в процессе измерений по заданному алгоритму; ситуация (тип II);
- интервальные измерения; ситуации (тип II) и (тип III);
- алгоритмические измерения, определяющие связь с вычислительными аспектами решения измерительных задач; ситуация (тип II).
- измерения, отражающие их прикладную направленность (промышленные измерения, биоизмерения, радиоизмерения, астрофизические, аэроаналитические, социальные измерения, экономические измерения и др.) ситуации (тип II) и в интеллектуальных измерениях ситуации (тип III).

В дальнейшем в работах автора [1–7] были предложены концепции, разработаны теоретические основы, принципы и информационные технологии, и средства следующих видов измерений, которые реализуются в ситуациях (тип III):

- байесовские интеллектуальные измерения на основе регулизирующего байесовского подхода;
- нечеткие измерения в виде совокупности альтернативных решений с различной степенью их достоверности;
- мягкие измерения с гибкой логикой вывода измерительных решений;
- когнитивные измерения с включением субъекта-измерителя в измерительную технологию;
- полисистемные измерения с объектом измерения в виде совокупности сложных автономных систем. активно взаимодействующих между собой и внешней для этой совокупности средой;
- энтропийные измерения, в которых объектом измерения является получаемое количество информации;
- ретроспективные измерения на базе РБП и технологий БИИ;
- перспективные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий.

Для перечисленных выше все новых типов измерений можно привести соответствующие им уравнения измерения, поясняющие их методологию, сходства и различия.

Так, для байесовских интеллектуальных измерений (Bayesian intelligent measurement)

уравнение измерений записывается в следующем виде [3]:

$$\{h_{kt}^{(Q)} \{MX\}_{kt}^{(Q)} \mid (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}) = \{argextr C^{(B)} [\phi_j(f_{it}\{X_{it}\} \mid (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}))]\}, (1)$$

где $\{h_{kt}^{(Q)} \{MX\}_{kt}^{(Q)} \mid (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)})\}$ – нечеткое решение задачи в условиях $Y_t^{(O)}$, (определяемых априорной информацией, требованиями, ограничениями и допущениями) функционирования объект ; в условиях влияющих факторов окружающей среды $Y_t^{(OE)}$; в компактах совокупности свойств объекта $G_t^{(O)}$ и среды $G_t^{(OE)}$

$\{MX\}_{kt}^{(Q)}$ – комплекс метрологических характеристик решений, содержащий показатели точности, надежности, достоверности, риска решения, энтропии, информации по Фишеру;

$C^{(B)}$ – критерий, задающий логику решения задачи; в байесовских интеллектуальных технологиях – это байесовский критерий среднего риска решения;

ϕ_j – байесовские интеллектуальные технологии, задающие и реализующие регуляризацию решений;

f_{it} – вычислительные или алгоритмические технологии, используемые для обработки имеющейся первичной информации;

$\{X_{it}\}$ – совокупность потоков информации (данных и знаний), используемой для получения решений.

На рисунке 1 приведена классификация современных методов обобщенной теории измерений. Уравнения и основные принципы для всех видов измерений, отмеченных на этом рисунке приведены в работах автора, например в [1–5].

Уравнение для СЭИ отличается тем, что в общем случае может иметь иерархический вид модели решения и байесовские критерии вывода решений $C^{(n)}$. ($n=1, N$) для каждой из задач 1–15. Но его результат, также, как и в уравнении (1) представлен списком альтернативных решений с различными степенями достоверности, которая вычисляется для любого показателя, например для оценки влияющих факторов внешней среды, по модифицированной формуле Байеса [3]:

$$P(h_{kt}^{(F)} \mid G_t^{(OE)}) = \frac{P^a(h_{kt-1}^{(F)} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \cdot L \cdot oP(G_t^{(OE)} \mid h_{kt}^{(F)})}{\sum_{j=1}^J P^a(h_{jt-1}^{(F)} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \cdot L \cdot oP(G_t^{(OE)} \mid h_{jt}^{(F)})} (3)$$

Для мягких измерений (soft measurement) уравнение измерений отличается от уравнения (1) тем, что при выводе решений используется гибкая логика вывода, например, параметрическая, включающая широкий спектр логик от логики Заде до логики Лукасевича. Это уравнение имеет следующий вид: [1–5]

$$\{h_{kt}^{(Q)}\{MX\}_{kt}^{(Q)}\} | (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}) = \{\argextr C^{(L)} [\varphi_j(f_{it}\{X_{it}\} | (Y_t^{(Q)} * Y_t^{(OE)} G_t^{(OE)}))] \}, (4)$$

где $C^{(L)}$ - критерий вывода с гибкой логикой вывода решений.

Когнитивные измерения (cognitive measurement) организуются при соединении экспериментальной информации $\{X_{it}\}$ и имеющихся данных с оценками, знаниями и решениями

$\{X_{it}^{(st)}\}$ субъекта-измерителя. На основании этого уравнение для когнитивных измерений записывается в виде:

$$\{h_{kt}^{(Q)}\{MX\}_{kt}^{(Q)}\} | (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}) = \{\argextr C^{(L)} [\varphi_j(f_{it}\{X_{it}\} * \{X_{it}^{(st)}\} | (Y_t^{(Q)} * Y_t^{(OE)} G_t^{(OE)}))] \} (5)$$

Уравнение для в качестве сложного объекта измерения имеет совокупность сложных динамических систем $\{ *_{t=1,T} \{ *_{i=1,I} \{G_{it}\} \} \}$, (где T - период времени наблюдения, I – число систем в полисистеме, которое может меняться во времени) функционирующих в своей среде и при своих условиях. Таким образом, для измерения свойств совокупности в целом необходимо произвести измерения по формуле (1) для каждой из них, после чего синхронизировать измерительные решения и свернуть по формуле байесовской свертки. Запись уравнения измерения для полисистемных измерений принимает следующий вид:

$$\{h_{kt}^{(Q)}\{MX\}_{kt}^{(Q)}\} | (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}) = \{ *_{t=1,T} \{ *_{i=1,I} \{ \argextr C^{(L)} [\varphi_j(f_{it}\{X_{it}\} * \{X_{it}^{(st)}\} | (Y_t^{(Q)} * Y_t^{(OE)} G_t^{(OE)}))] \} \} \}, (6)$$

Уравнение для СЭИ с учетом всех вышеприведенных формул имеет вид:

$$\{h_{kt}^{(Q)}\{MX\}_{kt}^{(Q)}\} | (Y_t^{(O)} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)}) = \{ *_{n=1,N} \{ *_{t=1,T} \{ *_{i=1,I} \{ \argextr C^{(L)} [\varphi_j(f_{it}\{X_{it}\} * \{X_{it}^{(st)}\} | (Y_t^{(Q)} * Y_t^{(OE)} G_t^{(OE)}))] \} \} \}, (7)$$

В качестве признаков классификации приняты следующие:

1. По способу использования знаний в измерительном процессе:

- классические измерения, основанные на текущих экспериментальных числовых данных;
- интеллектуальные измерения, использующие различные типы знаний наряду с поступающей измерительной информацией в измерительном процессе.

2. По способу вывода измерительного решения:

- вероятностный подход (статистические измерения, байесовские интеллектуальные измерения);
- с гибкой логикой вывода (мягкие измерения)

3. По способу организации измерительного процесса:

- без включения субъекта-измерителя в измерительный процесс;
- с включением субъекта-измерителя в контур измерительного процесса (когнитивные измерения);

4. По возможности реализации алгоритмической обработки:

- без возможности реализации алгоритмической обработки (прямые измерения);
- с наличием возможности реализации алгоритмической обработки (косвенные измерения, алгоритмические измерения).

5. По сложности объекта измерения:

- простое свойство;
- сложная система (системные измерения, совокупные, совместные измерения);
- совокупность систем (полисистемные измерения).

6. По сложности условий измерения:

- стабильные условия измерения;
- условия нестабильности (динамические измерения);
- условия неопределенности и нестабильности (ретроспективные, перспективные интеллектуальные измерения).

7. По типу прикладной измерительной задачи:

Различные типы прикладных измерений (например, перечисленные выше).

Таким образом для решения СЭЗ в условиях различных информационных ситуаций рекомендуется использовать соответствующий тип метода измерений и строить информационную технологию на основе уравнения (7).

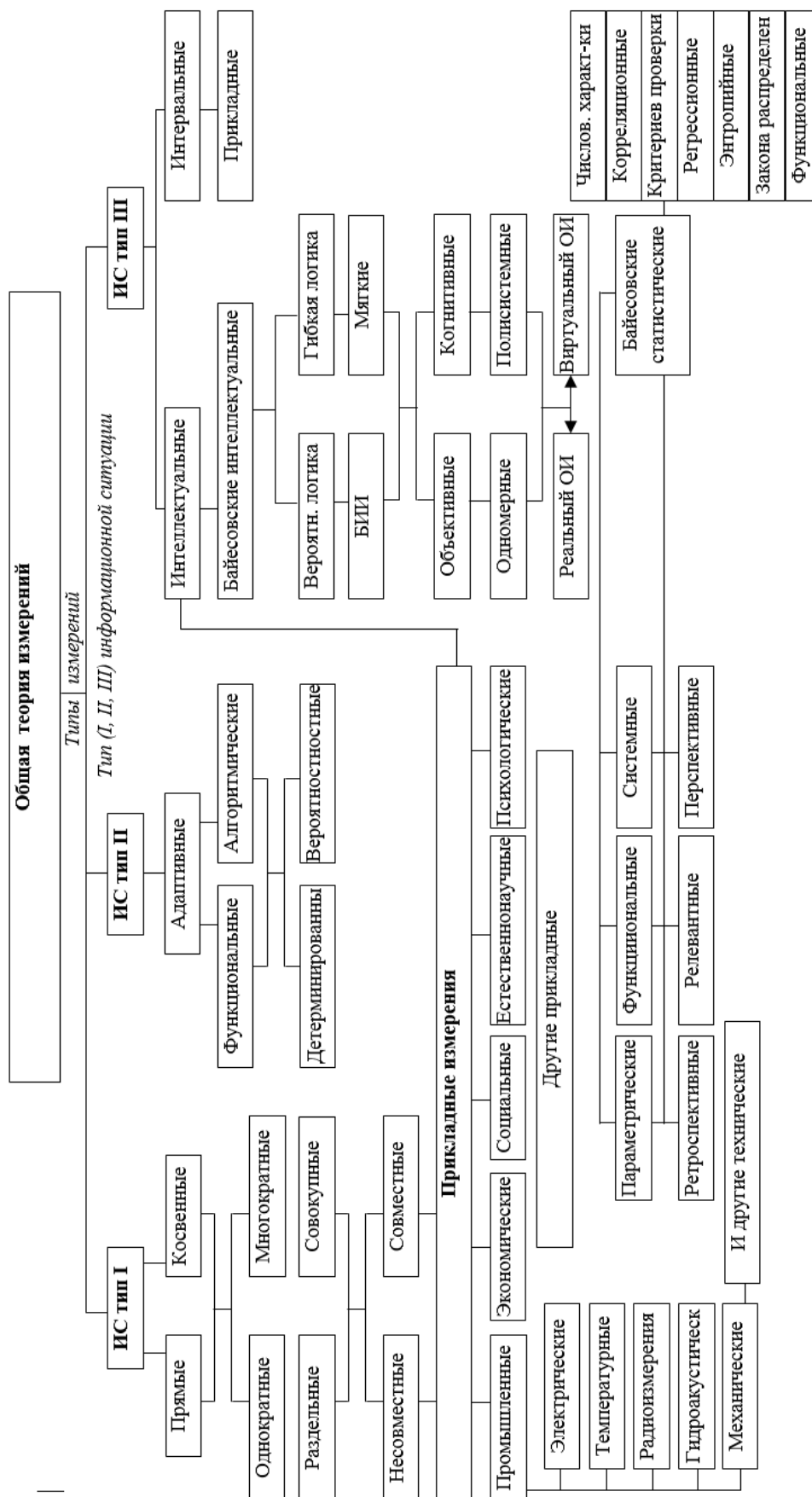


Рис1. Классификация современных видов измерений

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. Экономика № 3, 2013. С. 73–82 Изд. группа «Юрист» Издание Гос.БУ НИИ РФ.
6. 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.
7. Прокопчина С. В. Принципы построения создания единого информационного пространства на основе методологии байесовских интеллектуальных измерений // СПб. Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM-2003, 25–27 июня 2003, т.1.
8. Интеллектуальное Рабочее Место финансового директора (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611423 от 08.08.2005).
9. Инфоаналитик (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611741 от 12.08.2004).
10. Интеллектуальный Тренинговый Комплекс для специалистов предприятия (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610210 от 21.03.2006).
11. Интеллектуальное Рабочее Место специалиста по управлению территорией (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610207 от 21.03.2006).
12. Прокопчина С.В. Байесовские интеллектуальные технологии и системы для оценки социогуманитарных потенциалов, стратегического планирования и управления развитием территорий. В Сб. докладов Международного семинара «Рефлексивные системы», ноябрь 2017.

References

1. Soft calculations and measurements. In three volumes under the editorship of Professor S. V. Prokopchina. Volume 1 Theoretical foundations and methods. Moscow: publishing house "Research library", 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, 2010. Vol.1.
5. Prokopchina S. V. (2013) Approach to the measurement of socio-humanitarian potentials with the use of Bayesian intellectual technologies in the scientific journal "state audit. Right. Economics " № 3, 2013. Economics " No 3, 2013. P. 73-82 Publishing group "Jurist" Publishing State.BU SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF THE RUSSIAN FEDERATION.
6. Lukyanets A. A., Prokopchina S. V. (2006) Methodology of decision support in the management of power supply organizations on the basis of the regulatory Bayesian approach

- Tomsk. Non-profit regional energy development Fund.
7. Prokopchina S. V. (2003) Principles of creation of a single information space on the basis of the Bayes intelligent measurement methodology. SPb. Proceedings of the international conference on soft computing and measurements SCM-2003, 25–27 June 2003, vol. 1.
 8. Intellectual Workplace of the financial Director (certificate of the Federal service for intellectual property, patents and trademarks on the official registration of the computer program No 2005611423 of 08.08.2005).
 9. Infoanalyst (certificate of the Federal Service for intellectual property patents and trademarks on the official registration of computer programs No 2004611741 from 12.08.2004).
 10. Intelligent Training system for specialists of enterprises (certificate of Rospatent on official registration of computer programs No 2006610210 dated 21.03.2006).
 11. Intellectual Workplace of the specialist on management of the territory (the certificate of Federal Service for intellectual property, patents and trademarks about official registration of the computer program No. 2006610207 of 21.03.2006).
 12. Prokopchina S. V. (2017) Bayesian intelligent technologies and systems for the assessment of socio-humanitarian potential of strategic planning and management development areas. The Sat. reports. International seminar "Reflexive systems, November 2017.