

Научная статья

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.18127/j19998554-202506-06>

## Применение байесовских интеллектуальных технологий для реализации системного подхода к измерению эффективности малых и средних предприятий

С.В. Прокопчина<sup>1</sup>, Л.С. Звягин<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия)

<sup>1</sup> [svprokopchina@fa.ru](mailto:svprokopchina@fa.ru), <sup>2</sup> [lszvyagin@fa.ru](mailto:lszvyagin@fa.ru)

### Аннотация

**Постановка проблемы.** В условиях цифровой экономики необходимо определить специфику информационных потоков малых и средних предприятий (МСП) и предложить принципы их метрологического обоснования и мониторинга для структурированной и неструктурированной информации МСП. Сформированная таким образом модель цифрового образа предприятия дает прекрасный инструмент для аналитиков и управленческого состава с целью повышения эффективности своей деятельности.

**Цель.** Обосновать выбор регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и интеллектуальных технологий на его основе для моделирования, оценки состояния и развития МСП в условиях неопределенности и ситуационной нестабильности; разработать концептуальную основу, измерительную модель и цифровой образ предприятия малого и среднего бизнеса на базе методологии и технологий РБП.

**Результаты.** Разработан комплекс методологических принципов мониторинга и управления развитием МСП. Отмечено, что, в отличие от существующих, этот комплекс позволяет обеспечить устойчивое управление МСП в условиях цифровой трансформации экономики, информационной неопределенности, ситуационной нестабильности внешней среды.

**Практическая значимость.** Предложенная модель цифрового образа предприятия может быть расширена за счет включения в нее дополнительных характеристик и применена не только для субъектов МСП, но и крупных организаций, как эффективный инструмент мониторинга, оценки и анализа состояния и развития, принятия решений, в том числе и стратегического уровня. По сути, разработанная модель представляет собой цифровой двойник предприятия, действующего в реальных условиях, характеризующийся неопределенностью поступающей информации, которая может быть учтена за счет предложенного цифрового инструмента.

### Ключевые слова

Интеллектуальные технологии, информационно-измерительная система, неопределенность, принятие решений, интеллектуализация измерений, регуляризирующий байесовский подход

### Для цитирования

Прокопчина С.В., Звягин Л.С. Применение байесовских интеллектуальных технологий для реализации системного подхода к измерению эффективности малых и средних предприятий // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2025. Т. 27. № 6. С. 57–68. DOI: [10.18127/j19998554-202506-06](https://doi.org/10.18127/j19998554-202506-06)

A brief version in English is given at the end of the article

### Введение

Современный бизнес развивается в условиях цифровой трансформации экономики, что должно дать дополнительные мощные возможности для развития малых и средних предприятий (МСП), обеспечивающие ускорение и повышение эффективности производственных процессов расширение возможностей доступа, как к ресурсной базе, так и к широкому кругу клиентов – потребителей продукции МСП. В целях цифровизации экономики и, в частности, МСП, проводится ряд преобразований и реализуются региональные программы, способствующие развитию экономических систем [1, 2, 4, 6, 10, 12]. Все эти мероприятия создают материальную и финансовую основу для развития регионального МСП в России.

В этих условиях важнейшей задачей является разработка методов и средств мониторинга и управления МСП [6, 11, 12]. Рыночная экономика определяет условия значительной неопределенности ситуаций, в которых функционируют предприятия малого и среднего бизнеса. Для повышения эффективности таких информационных систем привлекаются методы и инструменты искусственного интеллекта.

В данной статье предлагается использовать для создания таких средств байесовские интеллектуальные технологии и системы на их основе, ориентированные на функционирование в условиях значительной информационной неопределенности и динамичности ситуаций. Методология, информационные

технологии и практические примеры их применения приведены во многих опубликованных работах, например, [5, 7–9, 13–15].

**Ц е л ь р а б о т ы** – обосновать выбор регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и интеллектуальных технологий на его основе для моделирования, оценки состояния и развития МСП в условиях неопределенности и ситуационной нестабильности; разработать концептуальную основу, измерительную модель и цифровой образ предприятия малого и среднего бизнеса на базе методологии и технологий РБП.

### Обзор основных измеримых показателей эффективности и развития МСП

Для систематизации показателей деятельности МСП рассмотрим различные перечни основных показателей эффективности малых и средних предприятий в России и за рубежом [2, 4, 10, 11]. Необходимо разделять показатели успешности развития регионального МСП и показатели отдельных предприятий. Последние отличаются рядом специфических показателей, характеризующих конкретные предприятия МСП.

Российские ученые во многом сходятся во мнении, что в качестве основных показателей успешности предприятий МСП надо принимать, прежде всего, финансовые показатели их деятельности [6, 12, 14].

Однако в настоящее время все чаще появляются работы, где наряду с финансовой деятельностью рассматриваются показатели культуры производства, комфортности производственного климата, импортозамещения, квалификации сотрудников, инновационной, маркетинговой и рекламной деятельности [2].

В таблице приведен обобщенный перечень показателей развития регионального МСП, составленный авторами по работам российских ученых. Как видно из таблицы, основное место занимают качественные показатели развития МСП.

**Таблица. Систематизация критериев успешности МСП**

1	<i>Число предприятий:</i> количество зарегистрированных малых предприятий и индивидуальных предпринимателей является важным показателем развития малых и средних предприятий
2	<i>Объем производства:</i> объем производства и предоставляемых услуг МСП является одним из ключевых показателей успешности их деятельности
3	<i>Занятость:</i> уровень занятости в секторе малого бизнеса, а также доля занятых в малых предприятиях в общей численности занятых в экономике страны
4	<i>Объем инвестиций:</i> объем инвестиций, вложенных в малое предпринимательство, а также объем инвестиций, генерируемых этим сектором экономики
5	<i>Инновации:</i> уровень инновационной активности в малом бизнесе, включая объем инвестиций в научные исследования, новые технологии и разработки
6	<i>Экспортные показатели:</i> объем экспорта товаров и услуг, производимых малыми предприятиями, является важным показателем их успеха и конкурентоспособности
7	<i>Валовый региональный продукт (ВРП) малых предприятий:</i> уровень вклада МСП в общий ВРП региона
8	<i>Уровень выживаемости и конкурентоспособности:</i> наиболее индикативными могут стать показатели выживаемости малых предприятий на рынке и их способность конкурировать
9	<i>Уровень получения кредитов:</i> отношение количества заявок на кредиты к МСП и индивидуальным предпринимателям и уровень удовлетворенности предоставляемым кредитным продуктом
10	<i>Индексы деловой активности:</i> оценка уровня бюрократии и сложности процедур, связанных с открытием и ведением бизнеса, а также уровень налогового бремени для малых предприятий

Общепринятой с научных позиций управления является совокупность следующих этапов управления:

- 1) маркетинг;
- 2) планирование;
- 3) производство продукции;
- 4) реализация продукции;
- 5) аналитика продаж;
- 6) выявление узких мест;
- 7) корректировка производства;
- 8) улучшение производственных процессов.

По сути, этот круг этапов повторяется на каждом цикле бизнеса. Следует отметить, что каждый из этих этапов представляет собой сложную систему функций, реализующихся в процессе его выполнения.

Для управления бизнесом и его развитием все указанные этапы имеют первостепенное значение. Однако именно для развития бизнеса особую важность приобретают этапы маркетинга (включая рекламные функции и PR), производства во всех его функциях (финансовой, производственной, кадровой), реализации продукции, (включая функции взаимодействия с клиентами).

В моделях развития региональных бизнес-сообществ приведенная цепочка бизнес-процессов как единого процесса управления развитием регионального бизнеса не только не реализована, но и концептуально не отражена.

### Информационная модель регионального МСП

В данной статье предполагается разработать концептуальную основу управления развитием МСП на региональном уровне от субъекта федерации до конкретного предприятия бизнес-сообщества МСП на основе перспективных интеллектуальных технологий цифровизации экономики.

В классической схеме управления сложными системами существуют *три опорные системы, функционирующие в условиях взаимодействия с внешней средой*:

первая система представляет собой систему реального объекта управления;

вторая система отражает свойства идеального объекта (целевого состояния);

третья система представляет собой систему управления объектом во внешней влияющей среде, переводящая посредством реализации целевых функций реальный объект в состояние, близкое к состоянию идеального объекта.

При управлении бизнес-объектами третья система представляет собой систему менеджмента. Для реализации всех компонентов вышеуказанного подхода необходимо прежде всего разработать модели реального и идеального объектов, т.е. модель регионального МСП и нормативную модель, отражающую современные нормы состояния реального объекта и его желаемые характеристики.

С учетом вышесказанного информационную модель регионального МСП можно представить в виде

$$G^{(MO)} = (*_{i=1,I} G^{(MO)}_{\text{мсп}}) * G^{(MO)}_{\text{рс}} * G^{(MO)}_{\text{гц}}, \quad (1)$$

где  $G^{(MO)}$  – модель регионального МСП;  $(*_{i=1,I} G^{(MO)}_{\text{мсп}})$  – модель совокупности предприятий регионального МСП;  $G^{(MO)}_{\text{рс}}$  – модель региональной специфики;  $G^{(MO)}_{\text{гц}}$  – модель готовности региона к цифровизации.

Идеальную (нормативную) модель регионального МСП можно формализовать в виде уравнения:

$$N G^{(MO)} = (*_{i=1,I} G^{(MO)}_{\text{мспN}}) * G^{(MO)}_{\text{рсN}} * G^{(MO)}_{\text{гцN}}. \quad (2)$$

Процесс управления развитием бизнеса тогда представим в виде гомоморфного преобразования:

$$G^{(MO)} \rightarrow N G^{(MO)}. \quad (3)$$

Для представления процесса управления бизнесом согласно указанным выше этапам запишем уравнение управления бизнесом:

$$G^{(MO)} = G^{(MO)}_{\text{м}} \rightarrow G^{(MO)}_{\text{пл}} \rightarrow (*_{i=1,3} G^{(MO)}_{\text{пр } i}) \rightarrow G^{(MO)}_{\text{р}} \rightarrow G^{(MO)}_{\text{а}} \rightarrow G^{(MO)}_{\text{к}} \rightarrow G^{(MO)}_{\text{ул}}. \quad (4)$$

Уравнение (4) в формальном виде отражает этапы процесса управления развитием бизнеса. Целесообразно отметить, что оно также соответствует принципам модели Деминга и стандарта менеджмента качества ISO 9000.

### Концептуальная модель регионального МСП РФ

Концептуальная модель основного объекта данной работы, которым является МСП в субъектах Российской Федерации в условиях цифровой трансформации представляет собой системную модель (1) и объединяет *три взаимодополняющие подсистемы*:

1) подсистемы самого сообщества предприятий среды МСП;

- 2) подсистемы специфики отраслевых и межотраслевых комплексов;
- 3) подсистемы цифровой региональной среды.

Для построения модели развития МСП в субъектах РФ целесообразно выделить такие понятия, как «объект» и «свойства», которые будут являться ее основой. В субъектах РФ качестве объектов будут выступать совокупности предприятий МСП, объединенные по признаку принадлежности к группе МСП. «Свойство» – это атрибут, характеризующий объект (систему), значение которого является уникальным для объекта и однозначно идентифицирующим его среди остальных подобных объектов. С другой стороны, свойство может служить группировочным признаком для выделения и идентификации более малых групп (подсистем), составляющих систему. При этом выделенный объект может содержать объекты более низкого уровня и иметь свойства, присущие именно этому объекту. Таким образом, формируется иерархическая модель объекта.

Итак, «объект» в масштабе РФ – это совокупность сообществ МСП государства, которую можно рассматривать как систему, содержащую в себе подсистемы восьми федеральных округов или 89 субъектов Российской Федерации.

Каждая система МСП округа РФ состоит из совокупности сообществ МСП в субъектах федерации. Региональные сообщества субъектов РФ состоят из совокупности МСП.

Концептуальное описание модели позволяет осуществить ее формализацию в терминах байесовских интеллектуальных измерений.

### Формализованное описание модели регионального МСП

При формировании модели будем опираться на методологию байесовских интеллектуальных измерений (БИИ), отраженных в широко применяемых в прикладных исследованиях.

Будем обозначать объекты как  $G$  ( $G$  – general), интегральные свойства как  $Q$  ( $Q$  – quality), частные свойства как  $q$ .

Реальный объект можно представить в виде модели, посредством гомоморфного преобразования

$$G^{(O)} \rightarrow G^{(MO1)}.$$

Тогда иерархическую информационную модель регионального МСП можно описать в виде

$$G^{(MO)} = G^{(MO1)} * G^{(MO2)} * \dots * G^{(MON)}, \quad (5)$$

где  $G^{(MO)}$  – обобщенный интегральный показатель развития регионального МСП;  $G^{(MO1)}, G^{(MO2)}, \dots, G^{(MON)}$  – интегральные подфакторы следующего, более низкого уровня, характеризующие федеральный округ,  $N = 8$ , «\*» – байесовская свертка, определяемая по формуле

$$P(h_{k,t} | \{Mx_{i,t}\} | Y_{k,t}) = \frac{P(h_{k,t} | \{Mx_{i,t}\} | Y_{i-1,t}) P(\tilde{h}_{k,t} | \{Mx_{i,t}\} | Y_{i,t})}{\sum_{j=1}^K P(h_{j,t} | \{Mx_{i,t}\} | Y_{i-1,t}) P(\tilde{h}_{j,t} | \{Mx_{i,t}\} | Y_{i-1,t})}, \quad (6)$$

здесь  $h_{k,t}$  – список результатов или решений из множества решений  $H_{k,t}$ ;  $x_{i,t}$  – набор данных из множества  $X_{i,t}$  или набор числовых или лингвистических переменных, отражающих свойства атрибутов;  $Y_{i,t}$  – условия реализации измерения, включающие в себя множество метрологических требований  $\{Mx\}_{i,t}$ , множество априорной информации  $A$  и ограничений и допущений  $O$ ;  $t$  – время.

Решение может быть получено на основе уравнения БИИ или оптимизирующей байесовской функцией минимума среднего риска решения  $C$  вида

$$\{h_{k,t} | \{Mx_{k,t}\}\} = \{\operatorname{argmin} C[\varphi_j(x_{i,t} | y_{i,t}; x_{i+1,t} | y_{i+1,t})]\}, \quad (7)$$

где  $\varphi_j$  – байесовская сверточная функция, значения которой определяются по формуле (6).

В результате применения такой свертки осуществляется преобразование вероятностей реперов шкал атрибутов – признаков объекта (системы, подсистемы).

С целью упрощения записи подсистем и их свойств более низкого уровня модели индексы подсистем более высокого уровня будем опускать и приводить нумерацию только текущего уровня.

Подсистему уровня «регион» (второй уровень иерархической модели)  $G^{(OP)}$  можно представить в следующем виде:

$$G^{(MOP)} = G^{(MOP1)} * G^{(MOP2)} * ... * G^{(MOPN)}, \quad (8)$$

где  $N$  – число субъектов в округе (например, для Центрального федерального округа  $N = 18$ ).

При этом подсистема МСП Центрального федерального округа ( $N = 1$ ) будет состоять из 18 подсистем уровня «округ»:

$$G^{(MO1)} = G^{(MOP1)} * G^{(MOP2)} * ... * G^{(MOP18)}. \quad (9)$$

Для остальных округов формулы аналогичны формуле (9), что также подтверждает целесообразность упрощения форм записи.

Следующий уровень иерархии разделяется на два основных блока:

первый блок представляет оценку состояния и специфику отраслевых и межотраслевых комплексов субъекта РФ;

второй отражает готовность региона к реализации принципов цифровой экономики.

В целом же эти два блока представляют специфику условий для развития МСП при цифровой трансформации экономики.

Таким образом, региональные условия для развития МСП можно отобразить следующей формулой:

$$G^{(MOBД)} = G^{(MOBД1)} * G^{(MOBД2)} * ... * G^{(MOBД4)}. \quad (10)$$

Необходимо отметить, что дальнейшая детализация моделей подсистем уравнения (10), отражающего региональную специфику условий развития МСП, реализуется аналогичным способом на основе своих отраслевых и межотраслевых комплексов и показателей их цифровой трансформации.

Разделение МСП по основному виду деятельности определим следующим образом:

$$G^{(MOBДi)} = G^{(MOBДi1)} * G^{(MOBДi2)} * ... * G^{(MOBДi4)}, \quad (11)$$

где  $G^{(MOBДi)}$  – подсистемы, определяющие направления деятельности МСП.

В данной работе основным объектом выбран вид деятельности «промышленность», а именно: «обрабатывающая промышленность»:

$$G^{(MOBД1)} = G^{(MOY1)} * G^{(MOY2)} * G^{(MOY3)}, \quad (12)$$

где  $G^{(MOYi)}$  – подсистемы добывающей, обрабатывающей, иной промышленности (соответственно,  $i = 1, ..., 3$ ).

Для СМЛ по другим видам деятельности такое разделение не было сделано, но может быть сделано в будущем при развитии модели.

Следующее разделение предполагает описание свойств МСП:

$$Q^{(MO)} = Q^{(1)} * Q^{(2)} * Q^{(3)}, \quad (13)$$

где  $Q^{(i)}$  ( $i = 1, ..., 3$ ) характеризует подсистемы финансового, производственного и кадрового управления предприятием МСП соответственно.

Сформированная таким образом модель позволяет получить целостную картину развития МСП в регионах РФ, а также проводить анализ с различной степенью детализации, что дает возможность корректно интерпретировать результаты в условиях неопределенности и ситуационной нестабильности отраслевых и межотраслевых комплексов

### Основные методологические аспекты регуляризирующего байесовского подхода

Методология регуляризирующего байесовского разработана одним из авторов данной статьи – профессором С.В. Прокопчиной и подробно отражена в её работах. Основной сферой применения данного под-

хода является преобразование информации, полученной в результате измерений изучаемого объекта (с использованием построенных динамических моделей), в вид вероятностных значений присущих объекту свойств. Несмотря на это, стоит остановиться на основных концептуальных моментах, присутствующих в данной методологии.

Регуляризирующий байесовский подход (РБП) имеет деревья факторов и их свойств в виде динамических компактов шкал с динамическими ограничениями. Соответственно данный подход может применяться для изучения сложного объекта, в том числе с учетом окружающей его среды.

Как отмечается, методология байесовских интеллектуальных технологий (БИТ) (включающая в себя РБП) позволяет решать конкретные задачи как на тактическом и оперативном, так и на стратегическом уровнях. В данной методологии возможно описание уникальной ситуации, с дальнейшим учетом различных факторов, а также факторов окружающей среды, которая оказывает значительное влияние на объект исследования. Методология работает в условиях недостаточности информации, ее неточности, нечеткости, значительной разрозненности во времени. Важным преимуществом методологии является наличие интегрирующих свойств, которые позволяют проводить объединение имеющейся и получаемой новой информации. Особенно это представляет интерес в случае учета субъекта, принимающего решения, в качестве источника информации об объекте. Субъект обладает своим опытом, знаниями, предпочтениями, отношением к риску и прочими уникальными характеристиками. Указанная информация, как правило, содержит высокую степень неопределенности. В процессе применения технологии возможна свертка количественных и качественных данных.

В байесовском подходе применяется индуктивная логика, в которой решение получается на основе частных сведений, обобщенных в общий интегральный вывод, содержащий в себе апостериорную байесовскую вероятность, которая вычисляется по известной формуле Байеса:

$$P_k(h_k | x_i) = \frac{P_k^{(a)}(h_k)l(x_i | h_k)}{\sum_{j=1}^k P_j^{(a)}(h_j)l(x_i | h_j)}, \quad (14)$$

где  $P_k(h_k | x_i)$  – апостериорная байесовская вероятность решения  $h_k$  при условии вновь поступившей информации  $x_i$ ;  $P_k^{(a)}(h_k)$  – априорная вероятность решения  $h_k$ ;  $l(x_i | h_k)$  и  $l(x_i | h_j)$  – функции правдоподобия выборки, отражающие вероятность появления информации  $x_i \in X_I$  при условии истинности решения  $h_k$  (или  $h_j$ ).

Рассмотрим особенности байесовского подхода:

- а) характеристики и выделенные свойства объекта изучения являются неопределенными или случайными, с соответствующими априорными и апостериорными плотностями распределения;
- б) объединение априорно известной информации об объекте с новыми данными, получаемыми в результате измерения, происходит на основании теоремы Байеса по указанной выше формуле;
- в) объединенная информация, преобразованная согласно пункту «б», является основанием для принятия решения (в данной работе решение ориентировано на формирование структуры инвестиционного портфеля), которое принимается с учетом двух критериев: минимизацией риска или максимизацией возможной выгоды.

Байесовский подход ориентирован на изучение сложного объекта с иерархической структурой свойств и связей между ними. Для свойств устанавливаются вероятностные связи в виде априорных или апостериорных распределений:

$$P[(q_{i_1}, q_{i_2}) | x_i] = \frac{P^{(a)}(q_{i_2} | q_{i_1})P^{(a)}(q_{i_1})l[x_i | (q_{i_1}, q_{i_2})]}{\sum_{j_1=1}^{J_1} \sum_{j_2=1}^{J_2} P^{(a)}(q_{j_2} | q_{j_1})P^{(a)}(q_{j_1})l[x_i | (q_{j_1}, q_{j_2})]}, \quad (15)$$

где  $q_{i_1}, q_{i_2}$  – контролируемые свойства объекта изучения.

Также в качестве важных свойств байесовского подхода надо отметить следующие:

а) внутреннее единство методологии, что позволяет строить взаимодействующие друг с другом шкалы и модели изучаемого объекта, сохраняя при этом системность и комплексность полученных результатов;

б) возможность учета всей полноты информации об объекте исследования;

в) методологию подхода, позволяющую итерационно накапливать и дополнять знания об объекте, что важно для получения лучшего и наиболее полного результата, а также создает предпосылки для самообучения модели;

г) возможность перспективного и ретроспективного изучения свойств объекта.

Вместе с тем важным дополнением к этим свойствам является то, что при использовании формулы Байеса (или байесовского подхода) будет решаться задача восстановления измеряемого свойства по неполной информации, полученной в результате эксперимента (измерения). Соответственно задача байесовского оценивания в математической постановке является некорректной. Считается, что некорректность постановки задачи состоит в нарушении хотя бы одного из условий ее корректности: существования, единственности, устойчивости решения. Для преодоления указанной некорректности и получения устойчивых решений метод решения поставленной задачи должен содержать регуляризующие свойства. Это может быть достигнуто наложением дополнительных ограничений на пространство решений.

Таким образом, регуляризирующий байесовский подход, реализованный в рамках БИТ, представляет собой мощную методологическую базу, реализованную в рамках аппаратного комплекса. Данная информационная технология позволяет проводить анализ сложной системы, учитывать влияние существующих и вновь выявляемых факторов, объединять известную информацию, как количественную, так и качественную.

### **Результаты и обсуждение.**

#### **Цифровой образ предприятия малого бизнеса на основе БИТ**

Рассмотрим проблемы, связанные с построением цифрового образа предприятия малого бизнеса, встроенной в систему отраслевых и межотраслевых комплексов. На примере ООО «ТЕХНО-АС». Разработана система индикаторов оценки на основе построенной модели цифрового образа предприятия. Проведены оценка и анализ функционирования ООО «ТЕХНО-АС» на базе статистических данных за 2011–2022 годы. Предложены меры, направленные на формирование эффективной системы управления предприятием МСП с использованием цифровых инструментов.

С позиций системного подхода и концептуальной основы БИТ определяются основные модели функционирования предприятия. МСП встраиваются в систему отраслевых и межотраслевых комплексов в качестве субъектов (экономических подсистем), осуществляющих свою деятельность на территории в соответствии с имеющимися специфическими условиями. Кроме того, на субъект экономики оказывает влияние ближнее окружение – внешняя производственная среда, включающая в себя поставщиков, партнеров, потребителей, рыночную ситуацию, в том числе конкуренцию, а также логистику. Внутренняя среда предприятия может быть представлена в контуре системы управления развитием бизнеса, включающем в себя главные показатели экономической оценки деятельности, характеризующие его эффективность, набор финансовых показателей, показатели производственной деятельности и персонал. Это формирует уровень модели цифрового образа предприятия, состоящий из четырех соответствующих интегральных факторов.

Представленные характеристики дают возможность описать особенности функционирования предприятия на фоне ближнего окружения, как показано на рис. 1. Внешнее окружение представлено моделью развития МСП.

Для реализации технологий БИТ и создания на их основе цифрового образа предприятия использована цифровая платформа «Инфоаналитик», позволяющая производить быструю разработку прикладных интеллектуальных систем [3].

Состояние предприятия может оцениваться в различные периоды оценки, например, ежемесячно. При этом ежемесячные данные могут быть сгруппированы в более крупные периоды (квартал, год).

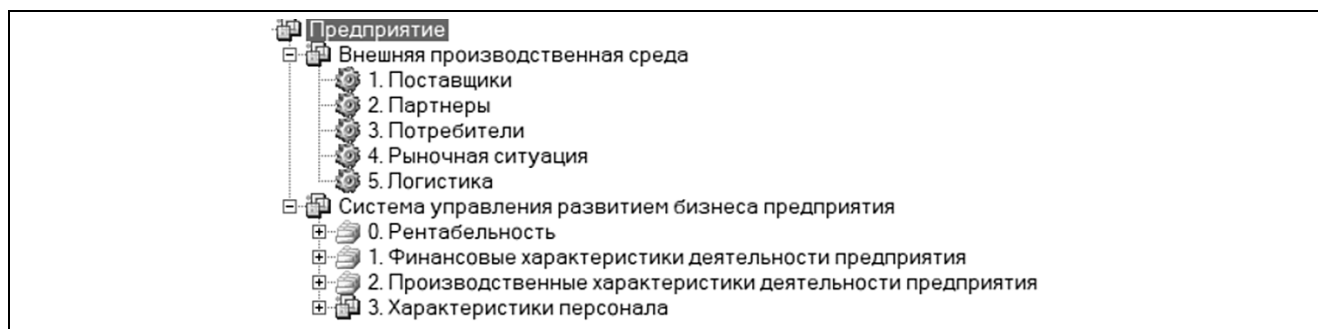


Рис. 1. Цифровой образ предприятия (с факторами второго уровня)

Fig. 1. The digital image of the enterprise (with second-level factors)

Используемые цифровые инструменты (программная платформа «Инфоаналитик») предоставляют возможность фиксировать состояние предприятия в определенный момент или период времени, вплоть до секунд. Это позволяет осуществлять мониторинг функционирования предприятия, в том числе и в реальном режиме времени. В рамках исследования будем рассматривать помесичные данные и их группировку по годам.

На рис. 2 представлена такая группировка для интегрального фактора «Рентабельность», включающего в себя различные *виды рентабельности*:

- рентабельность продаж (отношение прибыли к выручке);
- рентабельность (отношение прибыли к себестоимости продукции);
- рентабельность персонала (отношение прибыли к численности сотрудников);
- рентабельность продукта (отношение прибыли к количеству продукции).

Показатели с пояснением архив содержат в себе данные за весь период оценки предприятия, включая и данные, сгруппированные по годам.

Норма для факторов может быть определена как многомесячное среднее (по всем периодам) (*первый вариант*) или среднее за год (*второй вариант*). Во втором варианте, если имеются статистические

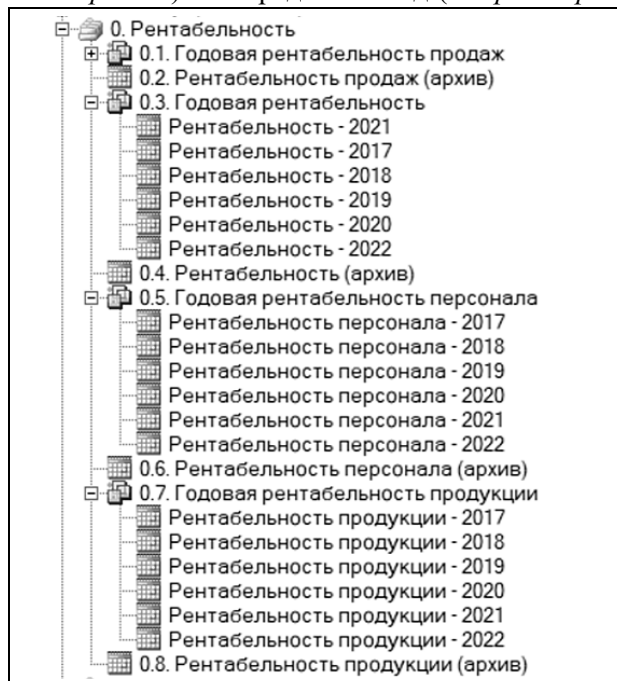


Рис. 2. Цифровой образ предприятия (интегральный фактор – «Рентабельность»)

Fig. 2. The digital image of the enterprise (the integral factor is «Profitability»)

данные, то норма определяется как среднее за заданный период по основному или дополнительным видам экономической деятельности предприятия в соответствии с общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД). В случае отсутствия таких данных используется первый вариант определения нормы. В состав интегрального фактора «Финансовые характеристики деятельности предприятия» входят такие индикаторы, как выручка и прибыль, которые также могут быть выделены в отдельные интегральные факторы, характеризующие годовые изменения (рис. 3). Отметим, что в это поддерево могут быть добавлены и другие финансовый показатели, например, оборот предприятий МСП, сальдированный финансовый результат, субсидии и т.п., формируя полный набор показателей в соответствии с бухгалтерской отчетностью и формой налогообложения, принятой в организации.

Интегральный фактор «Производственные характеристики деятельности предприятия» содержит основные показатели производства, в том числе объем производства в целом и по группам товаров, как показано на рис. 4.



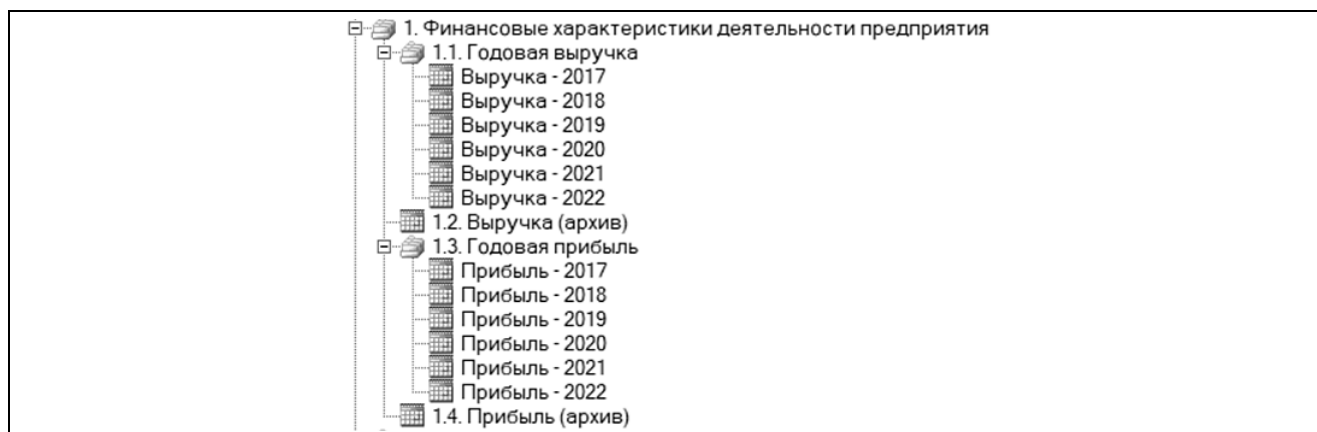


Рис. 3. Цифровой образ предприятия (интегральный фактор – «Финансовые характеристики деятельности предприятия»)   
 Fig. 3. Digital image of the enterprise (integral factor – «Financial characteristics of the enterprise»)

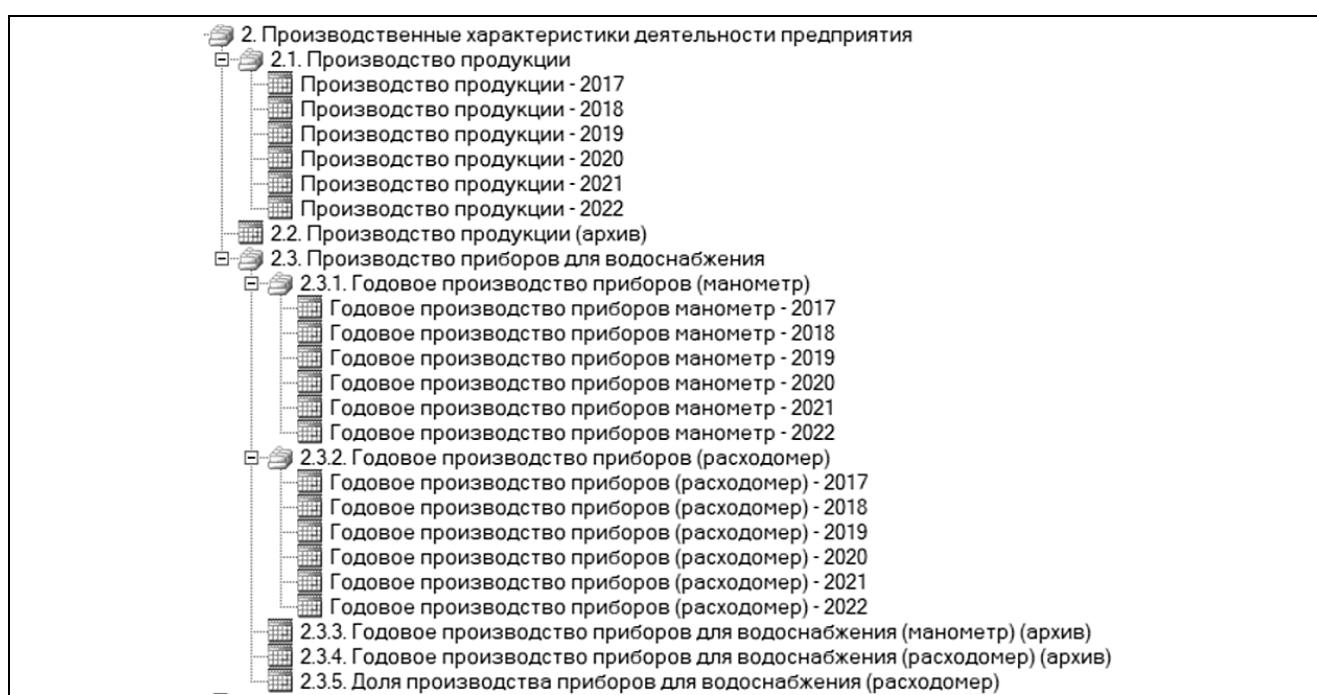
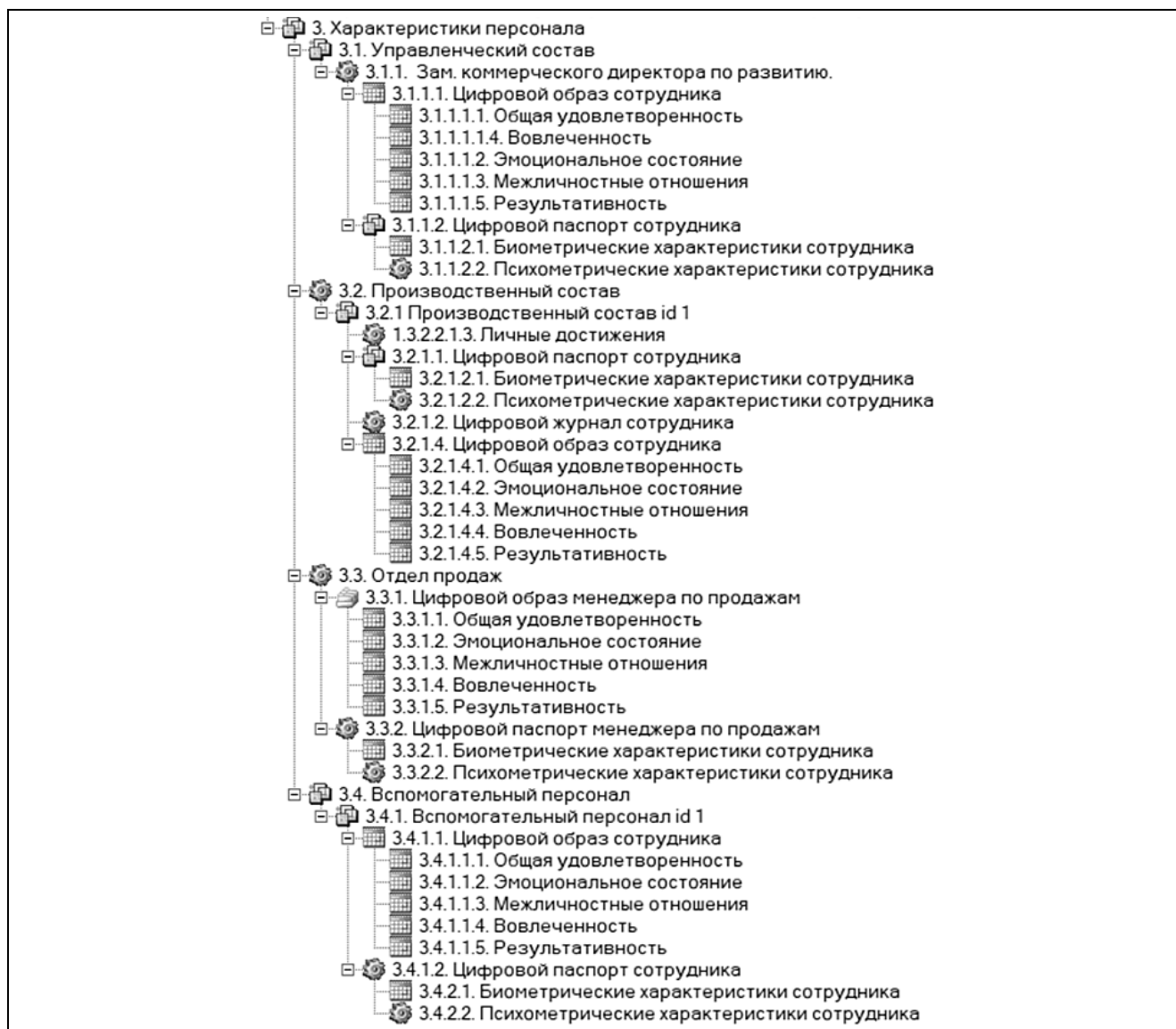


Рис. 4. Цифровой образ предприятия (интегральный фактор – «Производственные характеристики деятельности предприятия»)   
 Fig. 4. Digital image of the enterprise (integral factor – «Production characteristics of the enterprise»)

На рис. 4 представлены результаты производства как в целом, так и по группам товаров, объединенных по годам и за весь период оценки деятельности (факторы с дополнением «архив»). Данный интегральный фактор может содержать всю номенклатуру товаров, производимых на предприятии.

Для оценки трудовых ресурсов в модели цифрового образа предприятия предусмотрен интегральный фактор «Характеристики персонала», как показано на рис. 5.

Как видно из рис. 5, весь персонал разделен на управленческий состав, производственный состав, сотрудников отдела продаж и вспомогательный персонал. Для каждого из сотрудников (уникальный идентификатор – id) формируются цифровой образ и цифровой паспорт, являющимися аналогом личного дела. В качестве факторов выбраны индикаторы, по которым можно судить о психофизиологических свойствах сотрудника, а также его отношению к трудовой деятельности, что дает возможность понять способность человека к выполнению определенных задач. Кроме того, руководителю, зная такую информацию, проще понять изменения климата в трудовом коллективе организации и осуществлять управленческую деятельность.



**Рис. 5.** Цифровой образ предприятия (интегральный фактор – «Характеристики персонала»)

**Fig. 5. Digital image of the enterprise (integral factor – «Personnel characteristics»)**

## Заключение

Впервые определена специфика информационных потоков МСП и предложены принципы их метрологического обоснования и мониторинга для структурированной и неструктурированной информации МСП. Сформированная таким образом модель цифрового образа предприятия дает прекрасный инструмент для аналитиков и управленческого состава с целью повышения эффективности своей деятельности и оперативности реагирования на изменения внешней и внутренней среды организации, а также с целью принятия обоснованных управленческих решений, понимая общую картину функционирования и развития субъекта экономика в сфере МСП.

Предложенная модель цифрового образа предприятия может быть расширена за счет включения в нее дополнительных характеристик и применена не только для субъектов МСП, но и крупных организаций, как эффективный инструмент мониторинга, оценки и анализа состояния и развития, принятий решений, в том числе и стратегического уровня. По сути, разработанная модель представляет собой цифровой двойник предприятия, действующего в реальных условиях, характеризующийся неопределенностью поступающей информации, которая может быть учтена за счет предложенного цифрового инструмента. Его применение продемонстрировано на примере предприятия малого бизнеса ООО «ТЕХНО-АС».

К новым научным результатам, представленным в рамках исследования, можно отнести следующие:

1. Обоснована постановка задачи разработки интеллектуальных информационных систем управления и развития МСП как важнейшей задачи развития экономики России в условиях значительной информационной неопределенности и ситуационной нестабильности. Определены критерии успешности развития МСП на основании обобщенного отечественного и зарубежного опыта оценки эффективности бизнеса.

2. Сформулированы современные требования к интеллектуальным измерительным системам для управления бизнесом МСП в условиях значительной неопределенности.

3. Обоснован выбор РБП и интеллектуальных технологий на его основе для моделирования, оценки состояния и развития МСП в условиях неопределенности и ситуационной нестабильности.

4. Разработаны впервые концептуальная основа, измерительная модель и цифровой образ предприятия малого и среднего бизнеса на базе методологии и технологий РБП.

5. Разработан комплекс методологических принципов мониторинга и управления развитием МСП, в отличие от существующих, позволяющий обеспечить устойчивое управление МСП в условиях цифровой трансформации экономики, информационной неопределенности, ситуационной нестабильности внешней среды.

### Список источников

1. Природа, факторы и измерение успешности предприятий малого и среднего бизнеса в России: монография / под общ. ред. В.И. Бархатова, Д.А. Плетнёва. М.: Перо. 2015. 302 с.
2. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР. 2007. 60 с.
3. Жуков Р.А., Прокопчина С.В. Программный комплекс «Инфоаналитик 2.0». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024617544 от 03.04.2024.
4. Одинцов Б.Е. Информационные системы управления эффективностью бизнеса: Учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт. 2022. 206 с.
5. Одинцов Б.Е. Сбалансированно-целевое управление развитием предприятия: модели и технологии: Монография. М.: ИНФРА-М. 2017. 162 с.
6. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития / Матер. междунар. конф. «Устойчивое развитие: природа – общество – человек». Т. 1. М.: ЗАО «Инновационный экологический фонд». 2006. 236 с.
7. Прокопчина С.В. Интеллектуальные измерения на основе регуляризирующего байесовского подхода. М.: Изд. дом «Научная библиотека». 2021. 499 с.
8. Жуков Р.А., Прокопчина С.В. Моделирование функционирования социо-эколого-экономических систем на основе многоуровневого оптимизационного подхода в условиях неопределенности. Отчет о НИР № 22-28-20061. Российский научный фонд, 2022.
9. Пархименко В.А., Савчик О.А., Верняховская В.В. и др. Цифровая трансформация в маркетинговой деятельности: от автоматизации к алгоритмическому маркетингу // Big Data and Advanced Analytics. 2020. № 6-1. С. 303.
10. Лукьянец А.А., Прокопчина С.В. Поддержка принятия решений в управлении энергоснабжающими организациями на основе регуляризирующего байесовского подхода. Томск: Изд-во Томский некоммерческий фонд развития региональной энергетики. 2006. 399 с.
11. Королева Д.А. Применение технологий байесовских интеллектуальных измерений в аудиторской практике // Экономика и управление. Проблемы и решения. Т. 1(61). 2017. С. 101–105.
12. Прокопчина С.В. Новый тип нейронных сетей: байесовские измерительные нейронные сети (БИН) на основе методологии регуляризирующего байесовского подхода // Мягкие измерения и вычисления. 2020. Т. 35. № 10. С. 17–24.
13. Прокопчина С.В. Системный подход в условиях неопределенности. От системных измерений к системному синтезу // Мягкие измерения и вычисления. 2018. № 11 (12). С. 3–13.
14. Mari I., Giordany A. Towards a concept of property evaluation type. XIII Symposium of IMECO, June, 2010.
15. Mary L., Lazarotti V., Manzini R. Measurement in soft systems: epistemological framework a case study. Measurement. 2009. V. 42. P. 241–253.

### Информация об авторах

**Светлана Васильевна Прокопчина** – д.т.н., профессор

SPIN-код: 7378-0087

**Леонид Сергеевич Звягин** – к.э.н., доцент

SPIN-код: 9400-1926

Статья поступила в редакцию 09.10.2025

Одобрена после рецензирования 17.10.2025

Принята к публикации 30.10.2025

Original article

# The use of Bayesian intelligent technologies to implement a systematic approach to measuring the effectiveness of small and medium-sized enterprises

S.V. Prokopchina<sup>1</sup>, L.S. Zvyagin<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia)

<sup>1</sup> svprokopchina@fa.ru, <sup>2</sup> lszvyagin@fa.ru

## Abstract

To determine the specifics of information flows of small and medium-sized enterprises (SMEs) and propose principles of their metrological justification and monitoring for structured and unstructured information of SMEs. The digital image model of the enterprise formed in this way provides an excellent tool for analysts and management staff in order to increase the efficiency of their activities.

To substantiate the choice of the regularizing Bayesian approach (RBP) and intelligent technologies based on it for modeling, assessing the state and development of SMEs in conditions of uncertainty and situational instability. To develop a conceptual framework, a measurement model and a digital image of a small and medium-sized business based on the methodology and technologies of the RBP.

A set of methodological principles for monitoring and managing the development of SMEs has been developed, which, unlike existing ones, allows for sustainable management of SMEs in the context of digital economic transformation, information uncertainty, and situational instability of the external environment.

The proposed model of the digital image of an enterprise can be expanded to include additional characteristics and applied not only to SMEs, but also to large organizations, as an effective tool for monitoring, evaluating and analyzing the state and development of decision-making, including at the strategic level. In fact, the developed model is a digital twin of an enterprise operating in real conditions, characterized by the uncertainty of incoming information, which can be taken into account by the proposed digital tool.

## Keywords

Intellectual technologies, information and measurement system, uncertainty, decision-making, measurement intellectualization, regularizing Bayesian approach

## For citation

Prokopchina S.V., Zvyagin L.S. The use of Bayesian intelligent technologies to implement a systematic approach to measuring the effectiveness of small and medium-sized enterprises. *Neurocomputers*. 2025. V. 27. № 6. P. 57–68. DOI: 10.18127/j19997493-202506-06 (in Russian).

## References

1. Priroda, faktory i izmerenie uspešnosti predpriyatij malogo i srednego biznesa v Rossii: monografiya / pod obshh. red. V.I. Barxatova, D.A. Pletnyova. M.: Pero. 2015. 302 s.
2. Bobylev S.N. Indikatory ustojchivogo razvitiya: regional'noe izmerenie. Posobie po regional'noj ekonomicheskoy politike. M.: Akropol', CZE PR. 2007. 60 s.
3. Zhukov R.A., Prokopchina S.V. Programmy'j kompleks «Infoanalitik 2.0». Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy' dlya E'VM № 2024617544 ot 03.04.2024.
4. Odincov B.E. Informacionny'e sistemy upravleniya i effektivnost'yu biznesa: Uchebnik i praktikum dlya vuzov. M.: Yurajt. 2022. 206 s.
5. Odincov B.E. Sbalansirovanno-celevoe upravlenie razvitiem predpriyatiya: modeli i tekhnologii: Monografiya. M.: INFRA-M. 2017. 162 c.
6. Tarasova N.P., Kruchina E.B. Indeksy i indikatory ustojchivogo razvitiya / Mater. mezhdunar. konf. «Ustojchivoe razvitiye: priroda – obshchestvo – chelovek». T. 1. M.: ZAO «Innovacionny'j ekonomicheskij fond». 2006. 236 s.
7. Prokopchina S.V. Intellektual'ny'e izmereniya na osnove reguliruyushhego bajesovskogo podkhoda. M.: Izd. dom «Nauchnaya biblioteka». 2021. 499 s.
8. Zhukov R.A., Prokopchina S.V. Modelirovanie funkcionirovaniya socio-ekonomicheskix sistem na osnove mnogourovnevnogo optimizacionnogo podkhoda v usloviyax neopredelennosti. Otchet o NIR № 22-28-20061. Rossijskij nauchny'j fond, 2022.
9. Parximenko V.A., Savchik O.A., Vernyaxovskaya V.V. i dr. Cifrovaya transformaciya v marketingovoj deyatel'nosti: ot avtomatizacii k algoritmicheskomu marketingu. Big Data and Advanced Analytics. 2020. № 6-1. S. 303.
10. Luk'yanecz A.A., Prokopchina S.V. Podderzhka priyatiya reshenij v upravlenii i nergosnabzhayushimi organizacijami na osnove reguliruyushhego bajesovskogo podkhoda. Tomsk: Izd-vo Tomskij nekommercheskij fond razvitiya regional'noj energetiki. 2006. 399 s.
11. Koroleva D.A. Primenenie tekhnologii bajesovskix intellektual'ny'x izmerenij v auditorskoj praktike. E'konomika i upravlenie. Problemy i resheniya. T. 1(61). 2017. S. 101–105.
12. Prokopchina S.V. Novy'j tip nejronny'x setej: bajesovskie izmeritel'ny'e nejronny'e seti (BIN) na osnove metodologii reguliruyushhego bajesovskogo podkhoda. Myagkie izmereniya i vy'chisleniya. 2020. T. 35. № 10. S. 17–24.
13. Prokopchina S.V. Sistemny'j podhod v usloviyax neopredelennosti. Ot sistemny'x izmerenij k sistemnomu sintezu. Myagkie izmereniya i vy'chisleniya. 2018. № 11 (12). S. 3–13.
14. Mari I., Giordany A. Towards a concept of property evaluation type. XIII Symposium of IMECO, June, 2010.
15. Mary L., Lazarotti V., Manzini R. Measurement in soft systems: epistemological framework a case study. Measurement. 2009. V. 42. P. 241–253.

## Information about the authors

Svetlana V. Prokopchina – Dr. Sc. (Eng.), Professor

Leonid S. Zvyagin – Ph. D. (Econom.), Associate Professor

The article was submitted 09.10.2025

Approved after reviewing 17.10.2025

Accepted for publication 30.10.2025