

УДК 303.7

СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

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

Предлагается концепция системного синтеза в условиях неопределенности. Основой концепции является регулирующий Байесовский подход (РБА). Рассматриваются методологические аспекты когнитивных измерений для создания теоретической базы, основные объекты системного синтеза технологий. Среди них есть динамичные компактные, модели с динамическими ограничениями, системы шкал с динамическими ограничениями. Разработаны примеры когнитивных технологий измерения. Рассмотрены практические примеры.

Ключевые слова: системный синтез, когнитивные измерения, Байесовский подход, синтез технологий, технологии измерения.

Management problems

SYSTEMIC SYNTHESIS UNDER THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY

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 concept of the systemic synthesis under the condition of uncertainty is suggested. The main basis of the concept is Regularizing Bayesian Approach (RBA). The methodological aspects of cognitive measurement for theoretical base creation are considered. The main objects of systemic synthesis technologies are given. Among them are dynamic compact, models with dynamic constraints, System Scales with dynamic constraints are suggested. The examples of cognitive measurement technologies on the "Infoanalyst" are developed. The practical examples are considered.

Keywords: system synthesis, the cognitive dimension of the Bayesian approach, the synthesis of technology, measurement technology.

Задачами системного синтеза являются получение интегральных оценок параметров, моделей сложных систем, оценок и моделей ситуаций, сценариев развития событий и других комплексных решений. В целом системный синтез, как процесс обработки информации, является обратной задачей восстановления некоторых интегральных характеристик или образов реальных объектов по имеющейся информации. Таким образом, можно определить системный синтез как про-

цесс создания образа реального объекта по имеющейся информации.

В условиях достаточного полного объема информации, то есть в условиях определенности, задача системного синтеза сводится к определению параметров некоторых систем, например путем решения системы уравнений.

В условиях неопределенности, то есть неполной, нечеткой, неточной информации, решения получаются неустойчивыми и неадекватными реальным объектам.

Для формализации решения задач системного синтеза в условиях неопределенности предлагается следующая концепция.

Специфическим свойством задачи системного синтеза в условиях неопределенности является привлечение дополнительных знаний, косвенной информации, неформализованных знаний субъектов, например экспертов, модельеров, лиц, принимающих решения, в процессе получения решений. Учет этого свойства в методах решения задач системного синтеза придает им когнитивный характер.

На основании этого тезиса обобщенную динамическую модель реальной системы $G_t^{(o)}$ системного синтеза можно записать в следующем виде:

$$G_t^{(o)} = G_t^{(mo)} * G_t^{(so)} \quad (1),$$

где $G_t^{(mo)}$ – модель реальной системы, полученная по имеющейся и поступающей информации (непосредственной и косвенной), $G_t^{(so)}$ – дополняющая модель реальной системы, полученная на основании субъективной информации; символ $*$ обозначает свертку пространств (компактов) моделей, в которых они определены.

Процесс формирования модели может быть представлен в виде последовательности этапов сбора и обработки информации, получаемых из сети источников информации. Такая сеть может быть представлена в виде сети источников информации – агентов, в число которых входят источники информации и в виде технических устройств и в виде субъектов. В алгоритмическом плане – это две активно взаимодействующие между собой сети, которые должны быть развиваемыми в процессе функционирования алгоритма решения задачи системного синтеза.

Чтобы решения задач системного синтеза были устойчивыми необходима регуляризация решений в пространстве некоторого их содержащего компакта.

К числу эффективных подходов к аналитической обработке информации в условиях неопределенности, который может обеспечить регуляризацию решений, относится регуляризирующий байесовский подход (РБП). используя методы и технологии на его основе можно развить концепцию системного синтеза до уровня алгоритмических решений.

Основными концептами РБП являются понятия динамического компакта, модели с динамическими ограничениями (МДО), шкал

с динамическими ограничениями (ШДО) и регуляризованных байесовских оценок (РБО). РБП основан на трех фундаментальных подходах: системном подходе, измерительном подходе и байесовском подходе.

Системный подход обеспечивает решения на основе РБП комплексный, интегральный характер. Измерительный подход путем введения метрологического обоснования и сопровождения обеспечивает регуляризацию всех компактов решений, что делает решения устойчивыми. Байесовский подход позволяет осуществлять вероятностную свертку различных информационных потоков и определять решения с минимумом среднего риска. Конструкции ШДО позволяют определять максимально достоверные многоальтернативные решения, на основании использования всех типов информации в динамическом режиме. Эти решения в рамках задач системного синтеза представлены в байесовских интеллектуальных технологиях (БИТ) в виде РБО ($h^{(co)}_t$) как свертка их свойств ($h^{(co)}_{it}$),

$i=1, I$; t – момент времени из интервала $(0, T)$ по модифицированной байесовской формуле [1–3] в виде:

$$h^{(co)}_t = *_{i=1, I} (h^{(co)}_{it}) \quad (2)$$

Для реализации уравнения (2) необходимо использовать новый тип ШДО – системные ШДО, которые отличаются от параметрических или функциональных ШДО видом реперов. Если в параметрических ШДО (ПШДО) реперы представляют собой числовые значения или лингвистические термы, в функциональных ШДО (ФШДО) реперами являются функции, то в системных ШДО в качестве реперов могут быть образы объектов, их модели (видео, аудио, графические и другие модельные образы), распределенные на системной ШДО (СШДО) на определенном расстоянии в рамках меры и метрики в соответствии с требуемой точностью решения задачи системного синтеза, как определено в [1–3].

Обозначим интегральное пространство динамического компакта СШДО объекта как $S_t^{(o)}$, а пространства динамических компактов СШДО информации сетевых технических источников, числом K как $S_{tik}^{(o)}$ и источников субъективной информации от агентов – субъектов сети, числом L как $S_{til}^{(o)}$ для i -го уровня иерархической сети модели системного синтеза.

Тогда концептуальную модель интегрального пространства динамического компакта

СШДО системного синтеза можно представить в виде:

$$S^{(o)}_t = *_{t=1,T} (*_{i=1,I} (*_{k=1,K} S^{(o)}_{tik}) * (*_{l=1,L} S^{(o)}_{til})) \quad (3)$$

Уравнение (3) представляет единое метризованное регуляризованное информационное пространство решений задач системного синтеза.

Следующим этапом является ПШДО и ФШДО для каждого источника информации, включая и субъективные источники по технологиям БИТ, предложенных в работах автора, например в [1-3].

Необходимо отметить, что все эти решения носят условный характер, так как получены при конкретных объемах информации, критериях, ограничениях, метрологических и других требованиях.

Поэтому для управления качеством решения задач системного синтеза необходимо создавать параллельную основную вышеуказанной сети сеть метрологического сопровождения, для каждого решения определяющую комплексы метрологических характеристик точности, надежности, достоверности, рисков, показателей энтропии, количества информации, как показано в [1-3].

СШДО для субъектов-источников информации должны создаваться с ориентацией на его собственный когнитивный стиль [4, 5]. Такие шкалы создаются на основе принципов и технологий когнитивных измерений [1]

Модель с динамическими ограничениями для информационного потока, получаемого от

субъекта как источника информации или как аналитика-решателя, определяющего решение из некоторого списка альтернатив или корректирующего информационно-измерительный процесс, определяется совокупностью свойств субъекта и его связей с окружающей средой.

Свойства субъекта представляют, как минимум, три группы свойств: свойства субъекта как специалиста в решении данной задачи Q_{sqt} , свойства субъекта как личности Q_{spt} , имеющие значение для решения данной задачи, свойства субъекта в иерархической структуре управления процессом решения Q_{smt} , определяющие важность, значимость и степень влияния его решений на итоговое решение задачи. Модель с динамическими ограничениями, учитывающая эти группы свойств может быть представлена в виде:

$$Q_{ist} = Q_{sqt} * Q_{spt} * Q_{smt} \quad (4)$$

Уравнение (4) представляет собой обобщенную модель субъекта-агента сети системного синтеза. Для создания когнитивных СШДО для каждого субъекта необходима свертка его модели с информационными потоками, которые он генерирует.

Определив состав и структуру свойств субъекта, можно приступить к формированию измерительных шкал ШДО для измерения данных свойств. Для измерения количественных характеристик можно использовать числовые ШДО. Например, для измерения КПД котла теплогенерирующей организации конструкция ШДО приведена на рис. 1.

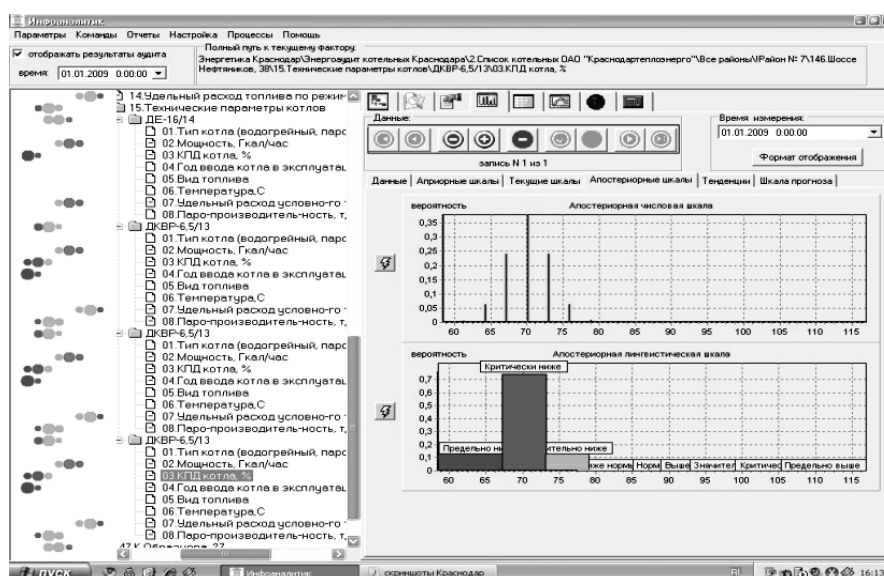


Рис. 1. Пример системной когнитивной модели КПД котла теплогенерирующей организации

Для измерения качественных показателей рекомендуется использовать системные лингвистические ШДО (рис. 2, 3).

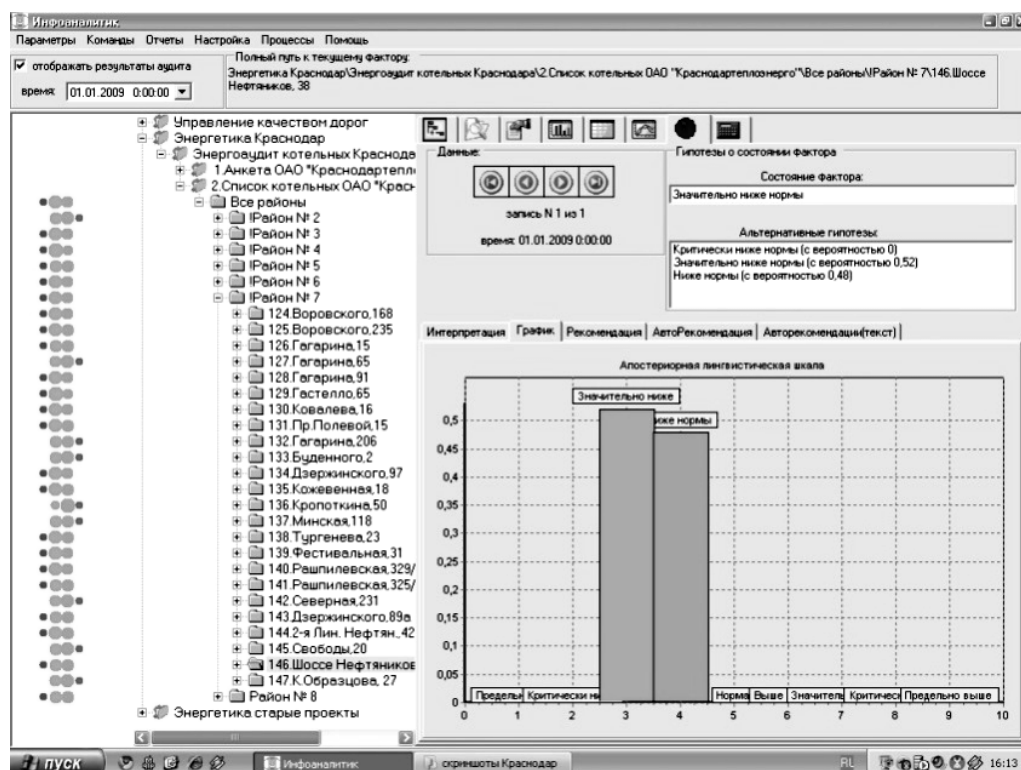


Рис. 2. Пример системной модели и комплексной оценки общего состояния котельной

Извлечение знаний и умений субъекта по методологии БИТ 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. Основные компоненты регуляризирующего байесовского подхода (ДК, МДО, ШДО) реализованы в «Инфоаналитике» в виде объектов, которые создаются пользователем средствами создающихся комплекса программных модулей, имеющих усиленную поддержку интеллектуальным интерфейсом и когнитивной графикой. Примеры когнитивной графики, используемой в процессе аудирования

состояний котельных приведены на рисунках 2–3 в виде разноцветных кружков, отражающих степень соответствия показателей объекта их нормативным значениям. В подсистеме когнитивной графики используется 9 цветов, отражающих состояния объектов.

Формирование модели объекта и среды его функционирования может производиться разработчиками или пользователями предварительно или в процессе функционирования системы.

При извлечении знаний об объекте и среде измеритель либо корректирует предложенное дерево факторов, отражающих свойства объекта, существенные для решения задачи, либо создает его заново. Интеллектуальный интерфейс предлагает измерителю для заполнения простые формы для установления связей между свойствами, типа их влияния, их значимости. Пример такой модели приведен на рисунке 2 для конкретной прикладной задачи.

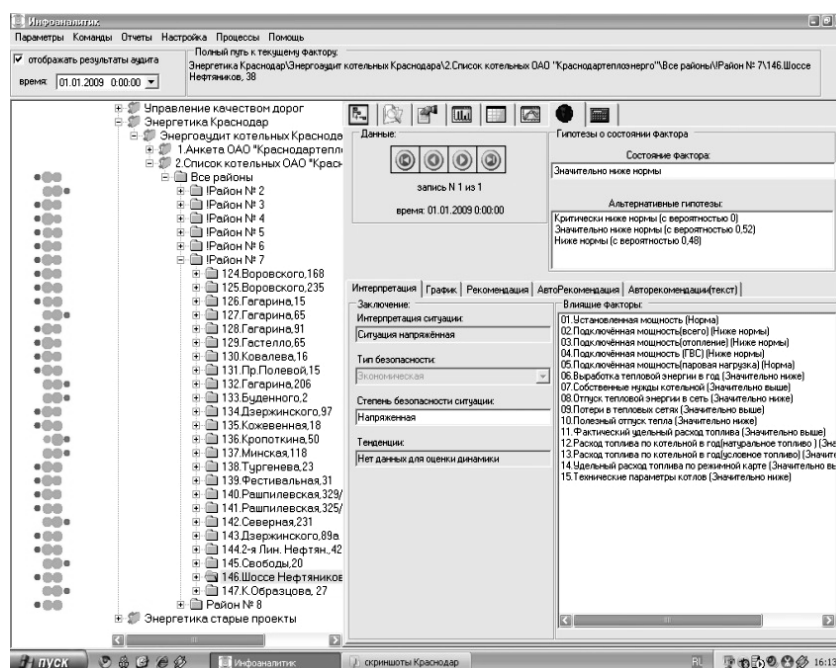


Рис. 3. Системная модель и системные решения для определения состояния и влияющих факторов среды функционирования котельной

Затем детализируется модель объекта, при этом знания получаются от субъекта о значениях или оценках значений свойств объекта и среды, как в числовой, так и в лингвистической форме. Этот процесс связан с созданием субъектом различных ШДО, соответ-

ствующим свойствам объекта и среды, которые в совокупности формируют гиперкуб динамического компакта решений по уравнению (2).

Пример ШДО приведен для оценки свойств котельных.

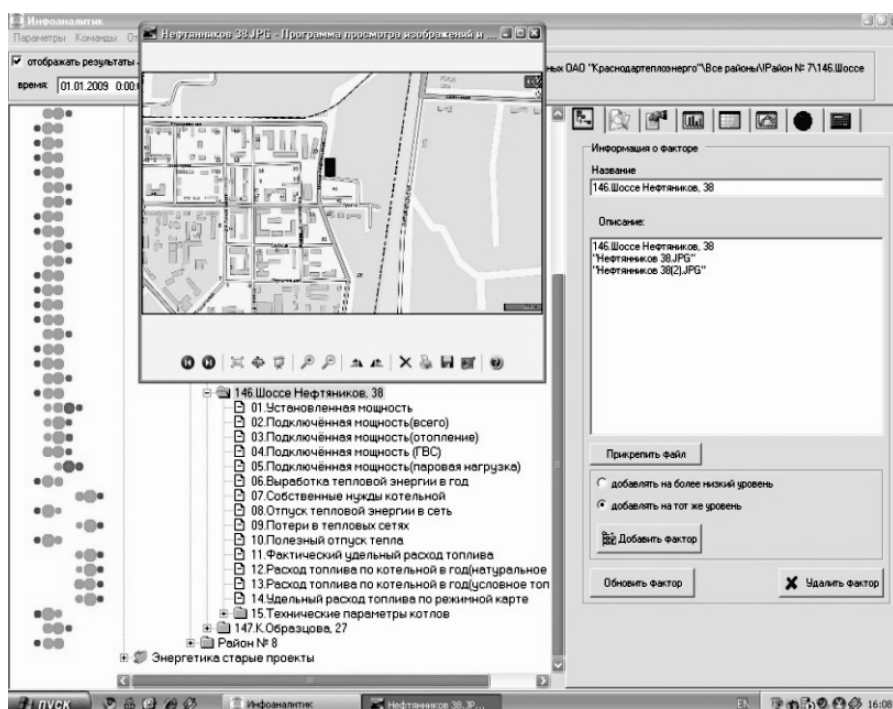


Рис. 4. Когнитивная модель системного синтеза сети котельных и среды их функционирования с соединением графической, лингвистической и числовой СШДО

При формировании СШДО субъекту предлагается создать или обновить нормативно-методическую базу, которая хранится в модуле «Электронная библиотека» используется при создании СШДО. Таким образом извлекаются знания субъекта оценочного и аудлирующего характера.

Все эти средства позволяют извлекать знания субъекта.

Умения субъекта отражаются в виде технологий или алгоритмов решения задачи или подзадач. Для извлечения умений субъекта используются специальные вычислительные модули платформы «Инфоаналитик»: «Калькулятор» для вычислений регуляризированных байесовских оценок (РБО), библиотека байесовской математической статистики (БМС), блок генерации рекомендаций.

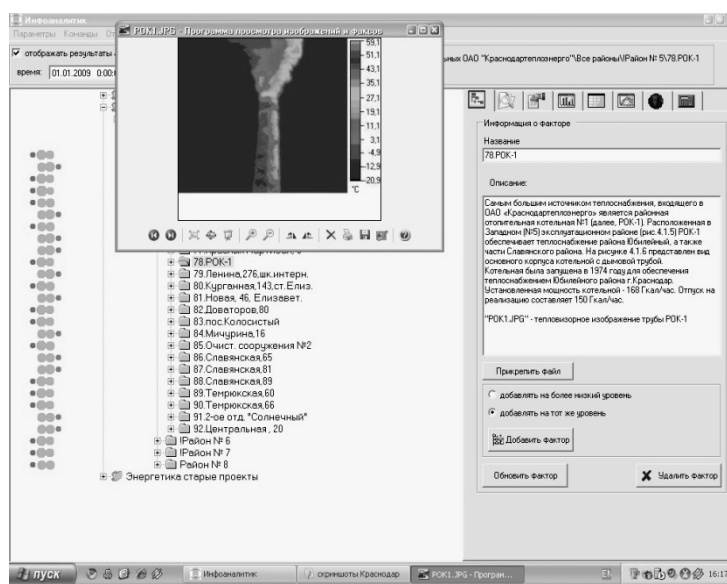


Рис. 5. Когнитивная системная модель для определения состояния теплогенерирующего объекта с соединением видео, числовых и лингвистических СШДО

Все эти средства позволяют извлекать знания субъекта.

Умения субъекта отражаются в виде технологий или алгоритмов решения задачи или подзадач. Для извлечения умений субъекта используются специальные вычислительные модули платформы «Инфоаналитик»: «Калькулятор» для вычислений регуляризированных байесовских оценок (РБО), библиотека байесовской математической статистики (БМС), блок генерации рекомендаций

Модуль калькулятор [7] позволяет субъекту ввести в состав алгоритмической базы «Инфоаналитика» новую функциональную зависимость и применить ее к обработке как четких, так и нечетких переменных, представленных в виде РБО. При этом функциональная зависимость приобретает вид алгоритма и может активно использоваться. Косвенные или аналитические измерения реализуются на этой основе.

Библиотека байесовской математической статистики, подробно описанная в [7], служит

для обработки выборок (прежде всего малых выборок) статистических данных. Она содержит как алгоритмы классической математической статистики, так и алгоритмы байесовской математической статистики, работающие в условиях малых выборок и значительной неопределенности. В качестве данных для БМС могут быть выборки, состоящие не из вероятностных, а из «возможностных» данных, для которых вероятность их появления заменяется возможностью или фидуциальной (субъективной) вероятностью. Это дает возможность обрабатывать ряды данных, сформированные субъектом на основе его некоторых предположений.

Кроме того, БМС позволяет субъекту самому сформировать не только выборку данных, но и процесс их обработки. Для этого он может извлечь из библиотеки БМС отдельные алгоритмы и объединить их в технологию, задавая необходимую последовательность их реализации в вычислительном процессе. Средствами БМС реализуются алгоритмы статистических измерений. Очень важным и мощ-

ным инструментарием для решения задач системного синтеза является модуль определения законов распределения показателей, свойств, состояний реальных объектов системного синтеза. Подробная информация об этом модуле представлена в работе [9].

Модуль генерации рекомендаций позволяет пользователю задать некоторые коррективные действия по усилению или ослаблению влияния какого-либо фактора, создавая тем самым управляющее воздействие в измерительно-аналитической системе.

Таким образом, можно рекомендовать предложенные концепцию, технологии, информационный комплекс «Инфоаналитик» и прикладные системы на его основе для решения задач системного синтеза в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Прокопчина С.В. Когнитивные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий. Сб. докладов Международной конференции SCM-2007.
2. Прокопчина С.В. Создание развивающихся технологий на основе регуляризирующего байесовского подхода // Сб. докладов международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. 2005, СПб, изд-во СПб ГЭТУ, – 48–57 с.
3. Прокопчина С.В. О подходе к измерению социогуманитарных потенциалов с использованием БИТ // Государственный аудит. Право. Экономика № 3, 2013. С. 73–82.
4. Гилфорд Дж. Социальный интеллект.
5. Стеренберг Р. Успешный интеллект. Триадиическая концепция.
6. Прокопчина С.В. Принципы создания единого информационного пространства на основе БИТ // Сб. докладов международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. 2003, СПб, изд-во СПб ГЭТУ, – 64–70 с.
7. Мягкие вычисления и измерения: под ред. С.В. Прокопчиной. М., Научная библиотека. 2017, в 3-х т., том 1.
8. Прокопчина С.В. Системные измерения и моделирование экономических систем в условиях неопределенности на основе регуляризирующего байесовского подхода (РБП) // Экономика и управление: проблемы, решения. 2014. № 7.
9. Прокопчина С.В. Определение аналитического вида закона распределения в условиях малых выборок на основе регуляризирующего байесовского подхода // Экономика и управление: проблемы и решения. 2017. № 4.

References

1. Prokopchina S. V. (2007) Cognitive dimension on the basis of Bayesian intelligent technologies. *Sb. of reports of International conference SCM*.
2. Prokopchina S. V. (2005) Development of emerging technologies on the basis of regularizing Bayesian approach. *Proc. reports of the international conference on soft computing and measurements*, pp. 48–57.
3. Prokopchina S. V. (2013) Approach to the measurement of social and humanistic potentials using a BIT. *Public audit. Right. Economy*. No. 3. Pp. 73–82.
4. Guilford George. Social intelligence.
5. Sterenberg, R. Successful intelligence. Tragicheskaya concept.
6. Prokopchina S. V. (2003) Principles of creating a single information space based on BIT. *Proc. reports of the international conference on soft computing and measurements*, pp. 64–70.
7. Soft computing and measurements (2017): under the editorship of S. V. Prokopchina. M., Scientific library, in 3 vols, volume 1.
8. Prokopchina S. V. (2014) System of measurement and simulation of economic systems in conditions of uncertainty on the basis of regularizing Bayesian approach (deferral). *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. No. 7.
9. Prokopchina S. V. (2017) Determination of the analytical form of the distribution in terms of small samples on the basis of regularizing Bayesian approach. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. No. 4.