Системно-объектный детерминантный анализ. Партитивная классификация с помощью формально-семантической нормативной системы*

С. И. Маторин[I, II], В. В. Михелев[I]

[I] Белгородский государственный университет, Белгород, Россия
[II] Белгородский университет кооперации, экономики и права, Белгород, Россия

Аннотация. В работе рассматривается построение партитивной классификации при проведении системно-объектного детерминантного анализа с применением формально-семантической нормативной системы. Формально-семантический алфавит и правила его использования описаны в терминах дескрипционной логики. Разработанные алгоритмы обеспечивают компьютерную поддержку процедуры декомпозиции сложной системы при графоаналитическом моделировании. Приведен иллюстративный пример.

Ключевые слова: системно-объектный детерминантный анализ, партитивная классификация, формально-семантическая нормативная система, системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект», декомпозиция.

DOI 10.14357/20718594220202

Введение

Необходимость графоаналитического моделирования сложных объектов и систем возникает во многих областях человеческой деятельности и, главным образом, когда недостаточно средств математического моделирования. Например, при реинжиниринге бизнес-процессов, проектировании организационных, технических или информационных систем [1-3]. Неотъемлемой частью графоаналитического моделирования объекта является декомпозиция более общих блоков модели на более конкретные, т.е. построение партитивной классификации элементов моделируемого объекта [4, 5]. До сих пор процедура декомпозиции не только не автоматизирована, но и не имеет хоть какой-то компьютерной поддержки. В свое время это обстоятельство даже породило в сети Интернет обсуждение вопроса: «Какой инструментарий моделирования, лишающий разработчика той части «творческих» возможностей, которые ведут к разнообразию представления организационных моделей, принесет наименьший вред организации?» [6]. Однако никакого результата эта дискуссия не принесла.

Декомпозиция (построение партитивной классификации) сложной системы применяется также при системно-объектном детерминантном анализе (СОДА), предложенном в работе [7]. СОДА является эффективным средством анализа причин возникновения системы, этапов ее становления и имеющихся свойств. Такие знания необходимы при анализе существующих систем, а также создании новых систем в процессе их проектирования. Построение

* Работа поддержана проектом 19-29-01047мк.

✉ *Маторин Сергей Игоревич. E-mail: matorin @softconnect.ru*

партитивной (цело-частной) классификации (или мерономии) анализируемой или проектируемой системы, т.е. ее декомпозиция, выполняется на последнем (третьем) этапе СОДА. Для формализации и алгоритмизации процедуры декомпозиции при партитивном классифицировании в рамках системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» разработана формально-семантическая нормативная система (ФСНС) [8, 9].

ФСНС представляет собой формально-семантический алфавит структурных (узловых) элементов и правилах его использования. Сам алфавит узлов основан на классификации видов связей/потоков между узлами. В упомянутых работах алфавит узловых элементов описывается средствами дескрипционной логики ALCHIO(D) [10, 11] путем введения иерархии концептов связей/потоков: *Материальная связь* (**m**) ⊏ *Связь* (**L**); *Информационная связь* (**i**) ⊏ *Связь* (**L**); *Вещественная связь* (**v**) ⊏ *Материальная связь* (**m**); *Энергетическая связь* (**e**) ⊏ *Материальная связь* (**m**); *Связь по данным* (**d**) ⊏ *Информационная связь* (**i**); *Управляющая связь* (**c**) ⊏ *Информационная связь* (**i**). На основании этой иерархии определяются правила построения концептов алфавитного набора узлов.

В статье описываются новые способы применения ФСНС для декомпозиции системы (построения партитивной классификации), учитывающие конкретное предметное содержание области анализа или проектирования. Предложенный подход упрощает процедуру графоаналитического моделирования сложной системы, ограничивая ту часть «творческих возможностей» разработчиков, которая порождает разнообразие представления организационных моделей, и тем самым наносит «наименьший вред организации» [6].

1. Особенности построения партитивной классификации в СОДА

Главная цель любого анализа системы, а также отправная точка любого проектирования системы – определение системообразующего фактора, т.е. зачем и для чего существует система или зачем и для чего она проектируется. Основоположник детерминантного анализа Г.П. Мельников подчеркивал, что если при изучении системы удалось сначала установить ее внешнюю детерминанту (функциональный запрос надсистемы или требуемое функциональное состояние), то текущая внутренняя детерминанта (фактически существующее функциональное состояние) выводится из внешней детерминанты путем содержательных рассуждений об этапах формирования системы [12].

В случае СОДА главной целью является установление надсистемы анализируемой или проектируемой системы и функционального запроса к ней, то есть установление причины возникновения рассматриваемой системы или ее внешней детерминанты. Это достигается с помощью построения родовидовой классификации, т.е. иерархии классов (систем-классов, концептуальных систем), включающих рассматриваемую систему-явление (материальную систему). Затем строится стадиальная (генетическая) классификация, описывающая процесс перехода конкретного класса (системы-класса), экземпляром которого является рассматриваемая система-явление, собственно в этот экземпляр, в эту систему-явление [13, 14].

Результат стадиальной (генетической) классификации системы можно представить в виде трехэлементной конструкции системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект», описанной на языке дескрипционной логики [14]:

$$\mathbf{s}^i = [(\{LS?^i\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\});$$
$$(\{LS!^i\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS?^i\});$$
$$(\exists hasOS?^i = \mathbf{p1} \sqcup \exists hasOS\tau^i = \mathbf{p2} \sqcup \exists hasOS!^i = \mathbf{p3})],$$

где $\mathbf{s}^i$ – система-явление, которую следует проанализировать или спроектировать; $(\{LS?^i\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\})$ – концепт для описания узла системы $\mathbf{s}^i$ как перекрестка конечных множеств входных связей $\{LS?^i\}$, внутренних связей $\{LS\tau^i\}$ и выходных связей $\{LS!^i\}$ в структуре надсистемы; $(\{LS!^i\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS?^i\})$ – концепт для описания функции системы $\mathbf{s}^i$, заданной надсистемой, или метода, обеспечивающего функциональное соответствие между выходными $\{LS!^i\}$ и входными $\{LS?^i\}$ потоками данного узла с учетом промежуточной роли (функции) $f\tau$ преобразования внутренних потоков $\{LS\tau^i\}$; $(\exists hasOS? = \mathbf{k1} \sqcup \exists hasOS\tau = \mathbf{k2} \sqcup \exists hasOS! = \mathbf{k3})$ – концепт для описания субстанциальных (объектных) характеристик системы $\mathbf{s}^i$ (входных, внутренних и выходных), где **k1**, **k2** и **k3** – атрибуты с конкретными значениями.

Средствами дескрипционной логики можно описать процедуру декомпозиции (построение

партитивной классификации) системы $\mathbf{s}^i$ на подсистемы, функциональные свойства которых являются поддерживающими для системы $\mathbf{s}^i$, следующим образом:
$\mathbf{s}^{i,m} \sqsubset \mathbf{s}^i$ (m =1,..., N); или $\mathbf{s}^i \equiv \mathbf{s}^{i,1} \sqcup \ldots \sqcup \mathbf{s}^{i,N}$,
таких что:
$(\{LS!^{i,m}\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS?^{i,m}\}) \sqsubset \exists f\tau.\{LS\tau^{i}\}$.

Каждая подсистема $\mathbf{s}^{i,m}$, которая в свою очередь может быть декомпозирован, будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{s}^{i,m} = [(\{LS?^{i,m}\} \sqcup \{LS\tau^{i,m}\} \sqcup \{LS!^{i,m}\});$$
$$(\{LS!^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS?^{i,m}\}); (\exists hasOS?^{i,m} = \mathbf{q1} \sqcup \exists hasOS\tau^{i,m} = \mathbf{q2} \sqcup \exists hasOS!^{i,m} = \mathbf{q3})].$$

2. Формально-семантическая нормативная система

Рассмотрим возможности использования ФСНС для выполнения процедуры декомпозиции (построения партитивной классификации) системы.

Правила построения алфавитного набора узлов (концептов) на основе иерархии концептов связей/потоков, определенные в работах [8, 14], кратко представлены в Табл. 1, где знак «**?**» соответствует входным связям/потокам, а знак «**!**» — выходным. Классификация связей может быть уточнена за счет введения видов связей **v**, **e**, **d**, **c** и тем самым расширен круг алфавитных узлов. Глубина классификации связей, а значит, количество и конкретный вид алфавитных узлов, определяются решаемой задачей. Правила манипулирования символами, формируемого подобным образом алфавита, соответствуют предложенным ранее правилам системной композиции [8, 9] и могут быть формализованы средствами аппарата исчисления функций, введенных в работе [15].

Применение классификационной схемы обеспечивает задание алфавита нормативной системы, обладающего не только совершенно абстрактной или сугубо математической семантикой, но и предметно (проблемно)-ориентированной, что позволяет рассматривать данный алфавит как *формально-семантический* (и, соответственно, формально-семантической считать саму нормативную систему).

Методически ФСНС может применяться для алгоритмизации и компьютерной поддержки процедуры декомпозиции при графоаналитическом моделировании сложных объектов двумя способами: во-первых, используя «интерфейсную декомпозицию», предложенную в [16]; во-вторых, – подход к автоматизации построения системно-объектных моделей в терминах «Узел-Функция-Объект», предложенный в [17]. Рассмотрим эти способы на примере моделирования производственного процесса, уточняя и дополняя результаты, полученные в работах [8, 9, 14].

Представим контекстную диаграмму производственного процесса в виде узла типа **VD** (Рис. 1), у которого на входе *сырье* ($\mathbf{v}?_{\text{сырье}}$) и *исходные документы* ($\mathbf{d}?_{\text{ис_док}}$), а на выходе– *проверенные комплектующие* ($\mathbf{v}!_{\text{пр_комп}}$) и *итоговые документы* ($\mathbf{d}!_{\text{док_ит}}$). Классификация связей включает в себя два вида вещественных связей и два вида связей по данным: $\mathbf{v}_{\text{сырье}} \sqsubset \mathbf{v}$, $\mathbf{v}_{\text{пр_комп}} \sqsubset \mathbf{v}$; $\mathbf{d}_{\text{ис_док}} \sqsubset \mathbf{d}$, $\mathbf{d}_{\text{док_ит}} \sqsubset \mathbf{d}$.

Для декомпозиции этого процесса необходимо определить, из каких алфавитных элементов состоит его внутренняя структура. Если ограничиться предложенным выше алфавитом, то можно предполагать три варианта внутренней структуры:

а) элементы типа **VD** на входе и выходе;

Табл. 1. Правила построения алфавита узлов ФСНС

№	Знак узла	Формальное описание узла	Предметное содержание функционального узла как элемента преобразования
1	**V**	**v**! ⊓ ЭимеетСоответствие. (**v**?)	Вещества
2	**E**	**e**! ⊓ ЭимеетСоответствие. (**e**?)	Энергии
3	**D**	**d**! ⊓ ЭимеетСоответствие. (**d**?);	Данных
4	**C**	**c**! ⊓ ЭимеетСоответствие. (**c**?);	Управления (управляющей информации)
5	**VE**	(**v**! ⊔ **e**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**v**? ⊔ **e**?)	Вещества и энергии
6	**VD**	(**v**! ⊔ **d**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**v**? ⊔ **d**?)	Вещества и данных
7	**VC**	(**v**! ⊔ **c**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**v**? ⊔ **c**?)	Вещества и управления
8	**ED**	(**e**! ⊔ **d**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**e**? ⊔ **d**?)	Энергии и данных
9	**EC**	(**e**! ⊔ **c**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**e**? ⊔ **c**?)	Энергии и управления
10	**DC**	(**d**! ⊔ **c**!) ⊓ ЭимеетСоответствие. (**d**? ⊔ **c**?)	Данных и управления

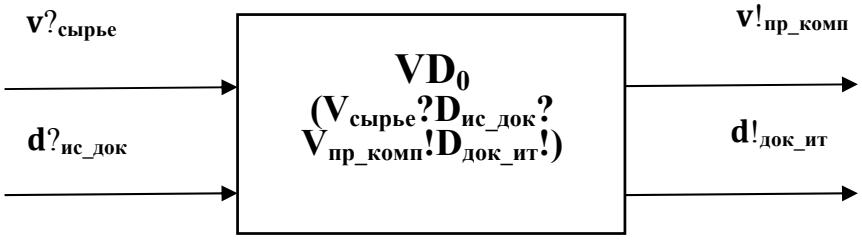

Рис. 1. Контекстная диаграмма производственного процесса $\mathbf{VD_0}$

б) на входе два элемента типа **V** и **D**, на выходе элемент типа **VD**;

в) на входе элемент типа **VD**, на выходе два элемента типа **V** и **D**.

Рассмотрим вариант а) и покажем, что далее можно действовать двумя способами.

1. В первом случае, используя интерфейсную декомпозицию [16], добавляем в классификацию связей такие связи типа **v** и **d**, которые, с одной стороны, являются выходными для связей $\mathbf{v?_{сырье}}$ и $\mathbf{d?_{ис_док}}$, а, с другой – входными для связей $\mathbf{v!_{пр_комп}}$ и $\mathbf{d!_{док_ит}}$. В данном случае это могут быть *детали* ($\mathbf{v_{детали}} \sqsubset \mathbf{v}$), которые сделаны из сырья и из них могут быть произведены проверенные комплектующие и промежуточные документы ($\mathbf{d_{док_пр}} \sqsubset \mathbf{d}$), которые могут быть получены из исходных документов и из них могут быть сформированы итоговые документы. Таким образом, узел $\mathbf{VD_0}$ разбивается на два функциональных (Рис. 2): $\mathbf{VD_1}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{сырье}}$, $\mathbf{d?_{ис_док}}$ и $\mathbf{v!_{детали}}$, $\mathbf{d!_{док_пр}}$) и $\mathbf{VD_2}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{детали}}$, $\mathbf{d?_{док_пр}}$ и $\mathbf{v!_{пр_комп}}$, $\mathbf{d!_{док_ит}}$).

Полученные узлы $\mathbf{VD_1}$ и $\mathbf{VD_2}$ можно декомпозировать аналогичным образом. Добавляем в классификацию связей такие связи типа **v** и **d**, которые, с одной стороны, являются выходными для $\mathbf{v?_{сырье}}$ и $\mathbf{d?_{ис_док}}$, а с другой – входными для $\mathbf{v!_{детали}}$, $\mathbf{d!_{док_пр}}$. В данном случае это могут быть *заготовки* ($\mathbf{v_{загот}} \sqsubset \mathbf{v}$), которые сделаны из сырья и из них могут быть произведены детали и *первые внутренние документы* ($\mathbf{d_{док_вн1}} \sqsubset \mathbf{d}$), которые могут быть получены из исходных документов и из них могут быть сформированы промежуточные документы. Таким образом, узел $\mathbf{VD_1}$ разбивается на два функциональных узла: $\mathbf{VD_{11}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{сырье}}$, $\mathbf{d?_{ис_док}}$, $\mathbf{v!_{загот}}$, $\mathbf{d!_{док_вн1}}$) и $\mathbf{VD_{12}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{загот}}$, $\mathbf{d?_{док_вн1}}$ и $\mathbf{v!_{детали}}$, $\mathbf{d!_{док_пр}}$).

Добавляем в классификацию связей такие связи типа **v** и **d**, которые, с одной стороны, являются выходными для связей $\mathbf{v?_{детали}}$, $\mathbf{d?_{док_пр}}$, а, с другой – входными для $\mathbf{v!_{пр_комп}}$ и $\mathbf{d!_{док_ит}}$. В данном случае это могут быть *комплектующие* ($\mathbf{v_{комп}} \sqsubset \mathbf{v}$), которые могут быть произведены из деталей и из которых могут быть произведены проверенные комплектующие, и *вторые внутренние документы* ($\mathbf{d_{док_вн2}} \sqsubset \mathbf{d}$), которые могут быть получены из промежуточных документов и из них могут быть сформированы итоговые документы. Таким образом, узел $\mathbf{VD_2}$ разбивается на два функциональных узла: $\mathbf{VD_{21}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{детали}}$, $\mathbf{d?_{док_пр}}$ и $\mathbf{v!_{комп}}$, $\mathbf{d!_{док_вн2}}$) и $\mathbf{VD_{22}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{комп}}$, $\mathbf{d?_{док_вн2}}$ и $\mathbf{v!_{пр_комп}}$, $\mathbf{d!_{док_ит}}$).

Итоговая декомпозиция (партитивная классификация) содержит четыре связанных последовательно узла типа **VD**. В терминах исчисления функций, предложенного в [15], результаты декомпозиции можно записать как результат операции «префиксное действие»:

$\mathbf{VD_0 = VD?_1 \,.\, VD_2 = VD?_{11} \,.\, VD?_{12} \,.\, VD?_{21} \,.\, VD_{22}}$;

или как результат операции «постфиксное действие»:

$\mathbf{VD_0 = VD!_2 \,.\, VD_1 = VD!_{22} \,.\, VD!_{21} \,.\, VD!_{12} \,.\, VD_{11}}$.

2. Во втором случае, используя подход, предложенный в [17], добавляем в классификацию связей такие связи типа **v** и **d**, которые,

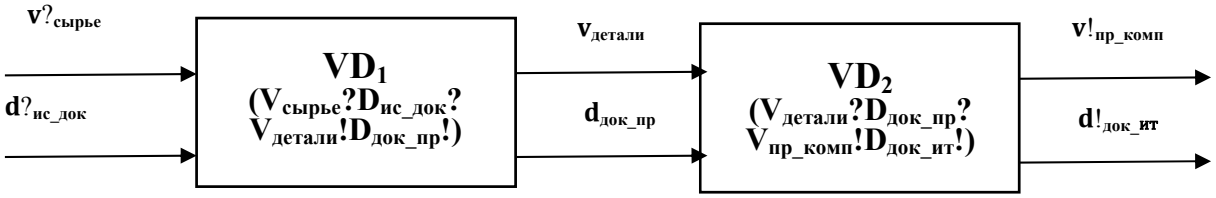

Рис. 2. Диаграмма 1 декомпозиции производственного процесса $\mathbf{VD_0}$

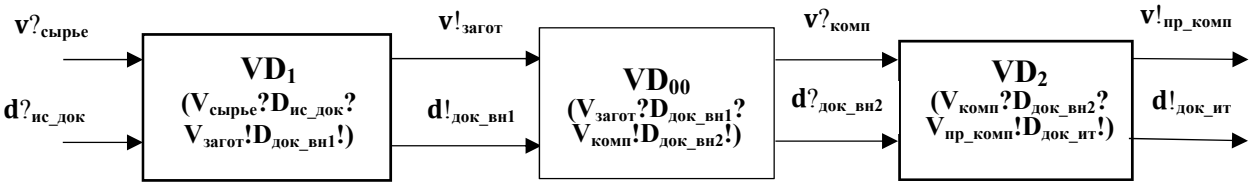

Рис. 3. Диаграмма 2 декомпозиции производственного процесса $\mathbf{VD_0}$

с одной стороны, являются непосредственными выходными потоками для связей $\mathbf{v?_{сырье}}$ и $\mathbf{d?_{ис_док}}$, а, с другой – непосредственными входными потоками для связей $\mathbf{v!_{пр_комп}}$ и $\mathbf{d!_{док_ит}}$. В данном случае, с одной стороны, это будут *заготовки* ($\mathbf{v_{загот}} \sqsubset \mathbf{v}$), которые могут быть непосредственно сделаны из сырья и *первые внутренние документы* ($\mathbf{d_{док_вн1}} \sqsubset \mathbf{d}$), которые могут быть непосредственно получены из исходных документов. С другой стороны, это будут *комплектующие* ($\mathbf{v_{комп}} \sqsubset \mathbf{v}$), из которых могут быть произведены проверенные комплектующие, и *вторые внутренние документы* ($\mathbf{d_{док_вн2}} \sqsubset \mathbf{d}$), из которых могут быть сформированы итоговые документы. Таким образом, узел $\mathbf{VD_0}$ разбивается на три функциональных узла (Рис. 3): $\mathbf{VD_1}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{сырье}}$, $\mathbf{d?_{ис_док}}$ и $\mathbf{v!_{загот}}$, $\mathbf{d!_{док_вн1}}$), $\mathbf{VD_{00}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{загот}}$, $\mathbf{d?_{док_вн1}}$ и $\mathbf{v!_{комп}}$, $\mathbf{d!_{док_вн2}}$) и $\mathbf{VD_2}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{комп}}$, $\mathbf{d?_{док_вн2}}$ и $\mathbf{v!_{пр_комп}}$, $\mathbf{d!_{док_ит}}$).

В результате задача декомпозиции производственного процесса сводится к предыдущей, но с другими входными и выходными связями, которую можно решать, как первым, так и вторым способом. Учитывая предыдущую классификацию связей, узел $\mathbf{VD_{00}}$ легко разбивается на два функциональных узла $\mathbf{VD_{01}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{загот}}$, $\mathbf{d?_{док_вн1}}$ и $\mathbf{v!_{детали}}$, $\mathbf{d!_{док_пр}}$) и $\mathbf{VD_{02}}$ (перекресток связей $\mathbf{v?_{детали}}$, $\mathbf{d?_{док_пр}}$ и $\mathbf{v!_{комп}}$, $\mathbf{d!_{док_вн2}}$).

Итак, оба способа дают одну и ту же итоговую декомпозицию в виде цепочки одних и тех же перекрестков связей (узлов).

3. Алгоритм использования ФСНС

Алгоритм использования формально-семантической нормативной системы при построении партитивной классификации системы включает в первом варианте следующие шаги.

Шаг 1. Пусть $\mathbf{s}^i = [(\{LS?^i\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\})$; $(\{LS!^i\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS?^i\})$; $(\exists hasOS?^i = \mathbf{p1} \sqcup \exists hasOS\tau^i = \mathbf{p2} \sqcup \exists hasOS!^i = \mathbf{p3})]$ – система-явление, которую следует проанализировать или спроектировать. Пусть ***NS*** – формально-семантическая нормативная система (ФСНС), состоящая из базовой классификации связей и узлов, упомянутой ранее. Выполняем начальную классификацию связей исходной системы-явления $\mathbf{s}^i$, используя ФСНС для каждого входа и выхода, где $\{LS?^i\} \equiv L?^i_1 \sqcup L?^i_2 \ldots \sqcup L?^i_N$ и $\{LS!^i\} \equiv L!^i_1 \sqcup L!^i_2 \ldots \sqcup L!^i_N$, что $\exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_j\} \sqsubset NS$, ($j=1..N$) и $\exists$**ТипСвязи.**$\{L!_j\} \sqsubset NS$, ($j=1..N$), в зависимости от выбранного типа связей определяем систему $\mathbf{s}^i$, как один из алфавитных узлов нормативной системы: **АлфавитныйУзел**$^i \equiv$ ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L!^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L!^i_N\}$) $\sqcap$ $\exists$**имеетСоответствие.** ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_N\}$); **АлфавитныйУзел**$^i \sqsubset NS$.

Шаг 2. Добавляем в классификацию связей такие связи L^{i+1}_j, относящиеся к типу связей надсистемы, что $\exists$**ТипСвязи.**$\{L^{i+1}_j\}$ = $\exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_j\}$ = $\exists$**ТипСвязи.**$\{L!^i_j\}$, т.е. они являются выходными для связей $L?^i_j$ и входными для связей $L!^i_j$.

Шаг 3. Выполняем декомпозицию **АлфавитныйУзел**^{i} на два функциональных узла **АлфавитныйУзел**$^{i+1,1}$ и **АлфавитныйУзел**$^{i+1,2}$ при этом **АлфавитныйУзел**$^{i+1,1} \equiv$ ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L^i_N\}$) $\sqcap$ $\exists$**имеетСоответствие.** ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L?^i_N\}$); и **АлфавитныйУзел**$^{i+1,2} \equiv$ ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L!^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L!^i_N\}$) $\sqcap$ $\exists$**имеетСоответствие.** ($\exists$**ТипСвязи.**$\{L^i_j\} \sqcup \ldots \sqcup \exists$**ТипСвязи.**$\{L^i_N\}$), ($j=1..N$).

Шаг 4. Повторяем Шаг 2, пока не будет введены алфавитные узлы, соответствующие всем входным и выходным связям надсистемы $\mathbf{s}^i$.

Шаг 5. Выполняем декомпозицию системы $\mathbf{s}^i$ на подсистемы, функциональные свойства которых являются поддерживающими для системы, следующим образом: $\mathbf{s}^{i,m} \sqsubset \mathbf{s}^i$ ($m=1,N$); или $\mathbf{s}^i \equiv \mathbf{s}^{i,1} \sqcup \ldots \sqcup \mathbf{s}^{i,N}$, таких что: $(\{LS!^{i,m}\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS?^{i,m}\}) \sqsubset \exists f\tau.\{LS\tau^i\}$. Другими словами, для каждой подсистемы $\mathbf{s}^{i,m}$ выявляем ее структуру на

основе введенных на Шагах 2-4 узлов и связей в ***NS***: $\mathbf{s}^{i,m}$ = **[({*LS*?^{i,m}} ⊔ {*LS*τ^{i,m}} ⊔ {*LS*!^{i,m}}); ({*LS*!^{i,m}} ⊓ ∃*f*.{*LS*τ^{i,m}} ⊓ ∃*f*.{*LS*?^{i,m}}); (∃*hasOS*?^{i,m} = q1 ⊔ ∃*hasOS*τ^{i,m} = q2 ⊔ ∃*hasOS*!^{i,m} = q3)]**.

Шаг 6. Повторяем Шаг 5 для всех подсистем систем-явлений $\mathbf{s}^{i,m}$.

Второй вариант использования ФСНС отличается Шагами 2 и 3, которые приведены ниже:

• Добавляем в классификацию связей такие связи $L?^{i+1}_{\text{j}}$ и $L!^{i+1}_{\text{j}}$, относящиеся к типу связей надсистемы, что **ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{j}}$} = **ЭТипСвязи.**{$L?^{i}_{\text{j}}$} и **ЭТипСвязи.**{$L!^{i+1}_{\text{j}}$} = **ЭТипСвязи.**{$L!^{i}_{\text{j}}$}, т.е. $L?^{i+1}_{\text{j}}$ являются выходными для связей $L?^{i}_{\text{j}}$, $L!^{i+1}_{\text{j}}$ и входными для $L!^{i}_{\text{j}}$;

• Выполняем декомпозицию **АлфавитныйУзел**^{i} на три функциональных узла **АлфавитныйУзел**$^{i+1,1}$, **АлфавитныйУзел**$^{i+1,2}$ и **АлфавитныйУзел**$^{i+1,3}$ при этом **АлфавитныйУзел**$^{i+1,1}$ ≡ (**ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{j}}$} ⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{N}}$}) ⊓ ∃**имеетСоответствие.** (**ЭТипСвязи.**{$L?^{i}_{\text{j}}$}⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L?^{i}_{\text{N}}$}); **АлфавитныйУзел**$^{i+1,2}$ ≡ (**ЭТипСвязи.**{$L!^{i+1}_{\text{j}}$} ⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L!^{i+1}_{\text{N}}$}) ⊓ ∃**имеетСоответствие.** (**ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{j}}$}⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{N}}$}); **АлфавитныйУзел**$^{i+1,3}$ ≡ (**ЭТипСвязи.**{$L!^{i}_{\text{j}}$} ⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L!^{i}_{\text{N}}$}) ⊓ ∃**имеетСоответствие.** (**ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{j}}$}⊔ ... ⊔ **ЭТипСвязи.**{$L?^{i+1}_{\text{N}}$}); (*j*=*1*..*N*).

Расширенная блок-схема алгоритма построения партитивной классификации [14] приведена на Рис. 4, а блок-схемы алгоритмов первого и второго способов использования ФСНС – на Рис. 5 и 6.

Заключение

Данная работа завершает серию статей, представляющих результаты разработки системно-объектного детерминантного анализа, предназначенного для обеспечения компьютерной поддержки процедуры анализа сложных прикладных объектов исследования. СОДА отличается алгоритмическим обеспечением всех этапов и процессов, а также возможностью учитывать при анализе известные общесистемные закономерности.

Использование формально-семантической нормативной системы при построении партитивной классификации (декомпозиции) системы на завершающем этапе СОДА упрощает процедуры графоаналитического моделирования сложной системы. Кроме того, применение ФСНС позволяет учитывать содержательные аспекты области анализа без потери строгости и точности описания исследуемого объекта.

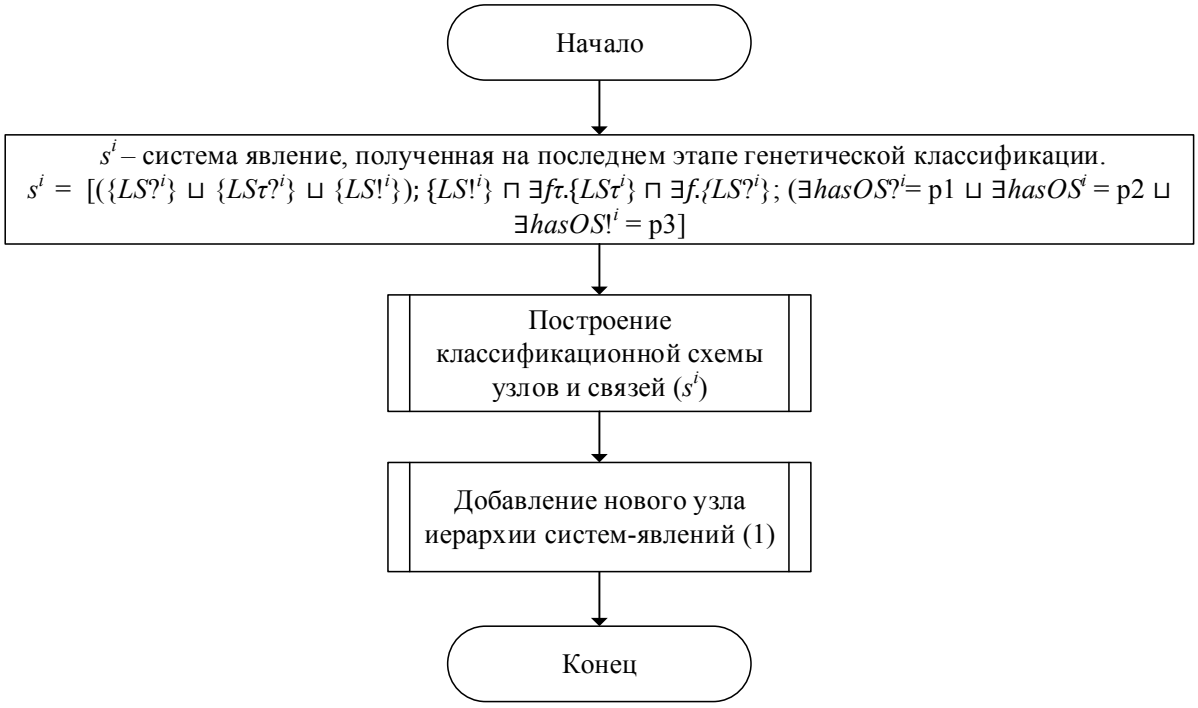

Рис 4. Блок-схема партитивной классификации с использованием ФСНС

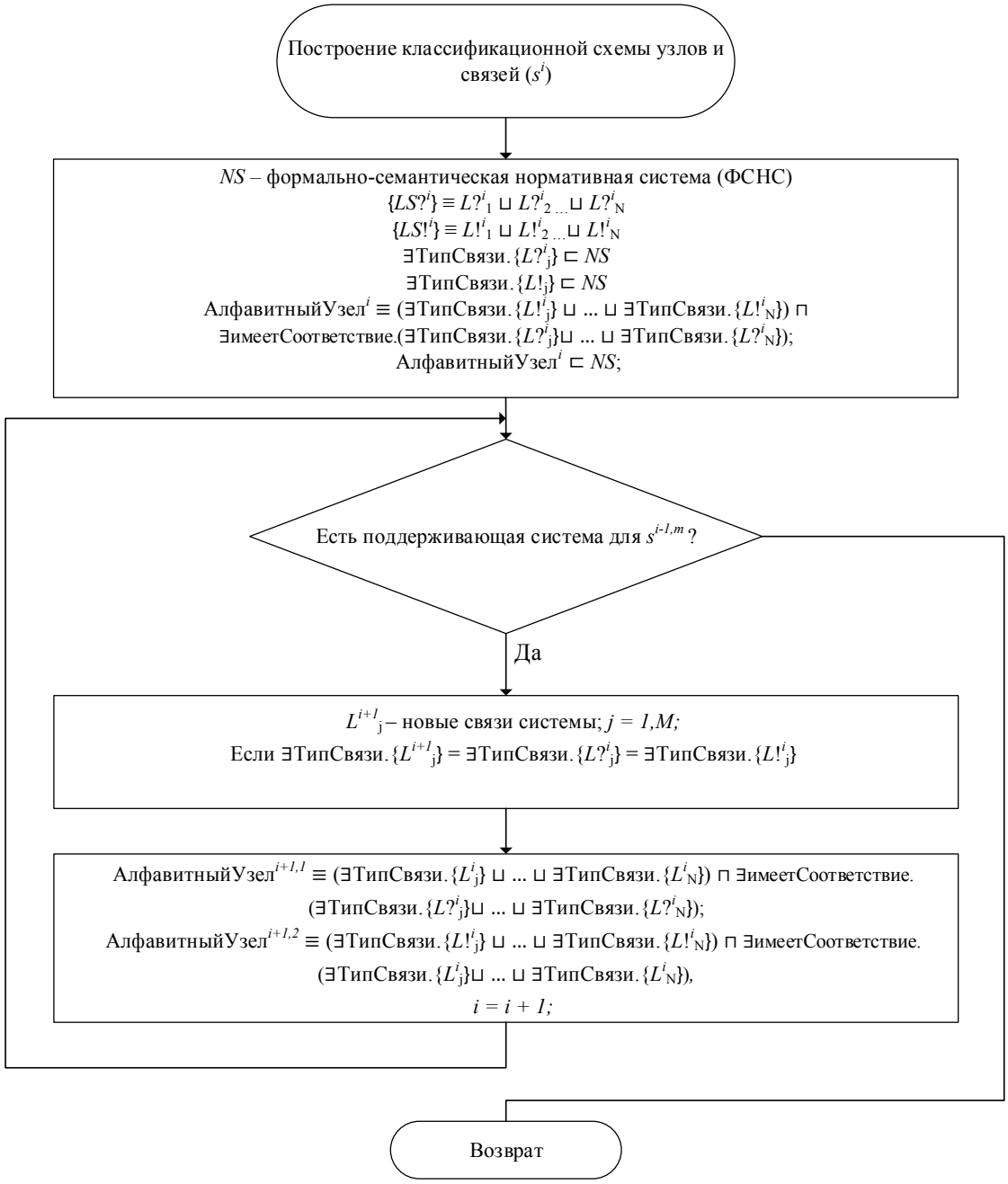

Рис. 5. Блок-схема партитивной классификации по первому способу использования ФСНС

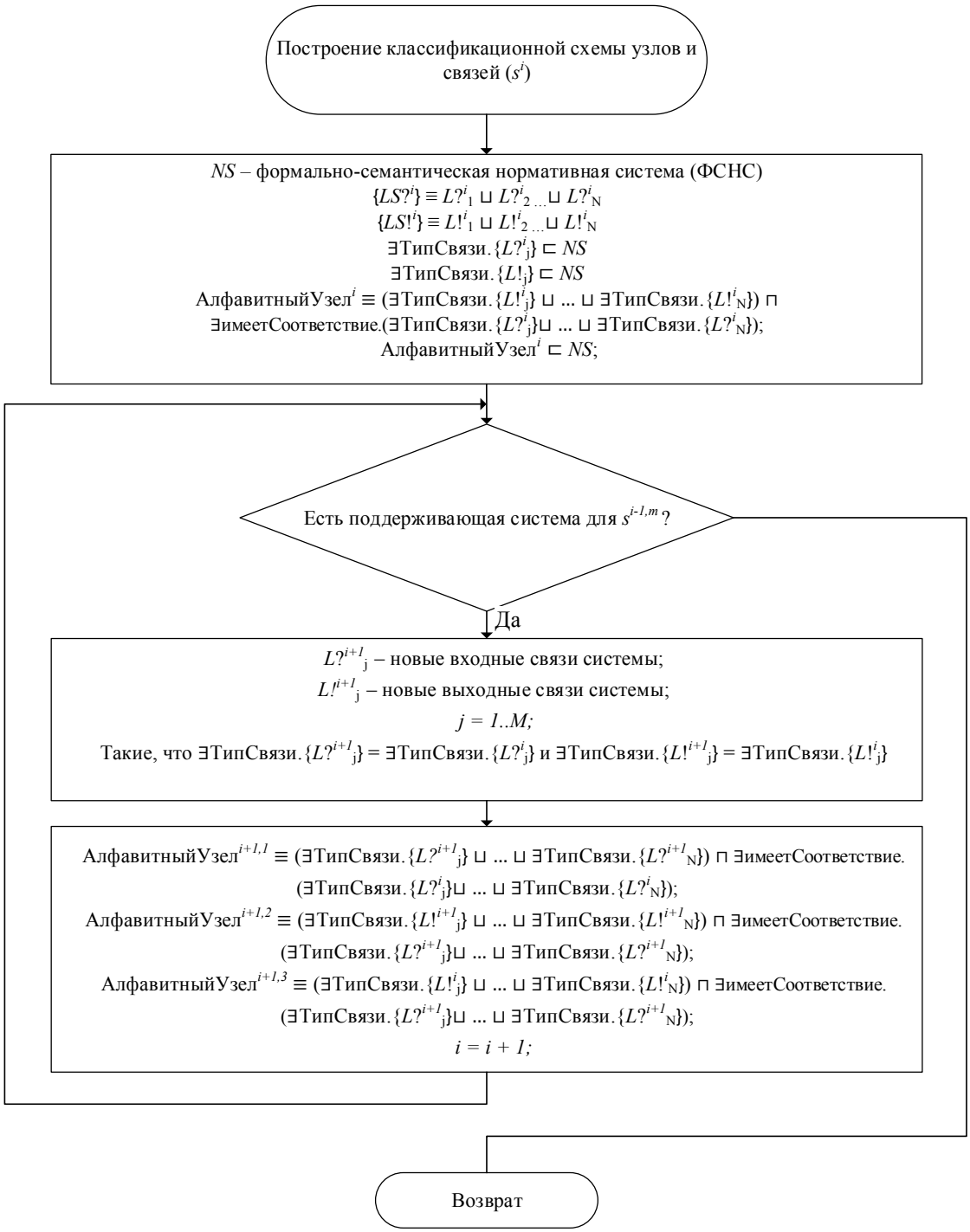

Рис. 6. Блок-схема партитивной классификации по второму способу использования ФСНС

Литература

1. Дубейковский В.И. Эффективное моделирование с AllFusion Process Modeler и AllFusion PM. М.: ДИАЛОГ-МИФИ. 2007. 384 с.
2. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика. 2000. 352 с.
3. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler. М.: ДИАЛОГ-МИФИ. 2004. 240 с.
4. Елизарова Н.Н., Архангельская Е.Л. Применение графоаналитического метода анализа предметной области при проектировании информационных систем // Вестник ИГЭУ. 2010. №4. С. 1-5.
5. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем. М.: Просвещение/Бином. 2014. 244 с.
6. Рубцов С. Какой CASE-инструмент нанесет наименьший вред организации? // Директор ИС. 2002. №1 // http://www.osp.ru/cio/2002/01/008.htm
7. Маторин С.И., Михелев В.В. Системно-объектный подход к детерминантному анализу сложных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. 2020. №2. С. 86-93.
8. Маторин С. И., Михелев В.В., Жихарев А. Г. Нормативная система системно-объектного анализа и моделирования // Экономика. Информатика. 2020. №3. С. 623-637.
9. Matorin S.I., Mikhelev V.V. Formal-semantic normative system for graphic-analytical modelling // Journal of Physics: Conference Series 2060 (2021) 012020.
10. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P. F. The Description logic handbook: theory, implementation, and applications. Cambridge University Press. 2003. 576 p.
11. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics // Journal of Logic and Computation. 1999. № 9(3). P. 319-350.
12. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов. Радио. 1978. 368 с.
13. Маторин С.И., Михелев В.В. Системно-объектный детерминантный анализ. Построение таксономии предметной области // Искусственный интеллект и принятие решений. 2021. №1. С. 15-24.
14. Маторин С.И., Михелев В.В. Системно-объектный детерминантный анализ. Построение генетической и партитивной классификаций предметной области // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. №1. С. 26-34.
15. Зимовец О.А., Маторин С.И. Интеграция средств формализации графоаналитических моделей «Узел-Функция-Объект» // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №1. С.57-64.
16. Маторин С.И., Зимовец О.А. Формализованное визуальное моделирование административных процедур // Прикладная информатика. 2012. №2. С.100-110.
17. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. О развитии технологии графоаналитического моделирования бизнеса с использованием системного подхода «Узел-Функция-Объект» // Научно-техническая информация. Серия 2. 2007. №11. С. 10-17.

Маторин Сергей Игоревич. Доктор технических наук. Профессор кафедры информационных систем и технологий. Белгородский университет кооперации, экономики и права. Области исследований: системный подход, теория систем, системный анализ, CASE-технология, управление знаниями, бизнес-моделирование. E-mail: matorin@softconnect.ru

Михелев Владимир Владимирович. Аспирант. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Области исследований: системный подход, теория систем, системный анализ, CASE-технология. E-mail: keeper121@yandex.ru

System-Object Determinant Analysis. Partitive Classification Using the Formal-Semantic Normative System

S. I. Matorin[I, II], V. V. Mikhelev[I]

[I] National Research University "Belgorod State University", Belgorod, Russia
[II] Belgorod University of Cooperation, Economics & Law, Belgorod, Russia

Abstract. The paper considers the construction of a partitive classification when conducting a system-object determinant analysis using a formal-semantic normative system. The formal semantic alphabet and the rules for its use are described in terms of descriptive logic. The developed algorithms provide computer support for the decomposition of a complex system in graphical-analytical modeling. An illustrative example is given.

Keywords: system-object determinant analysis, partitive classification, formal-semantic normative system, system-object approach "Node-Function-Object", decomposition.

DOI 10.14357/20718594220202

References

1. Dubejkovskij V.I. 2007. Jeffektivnoe modelirovanie s AllFusion Process Modeler i AllFusion PM [Efficient Modeling with AllFusion Process Modeler and AllFusion PM]. M.: DIALOG-MIFI. 384.
2. Vendrov A.M. 2000. Proektirovanie programmnogo obespechenija jekonomicheskih informacionnyh system [Software design for economic information systems]. M.: Finansy i statistika. 352.
3. Maklakov S.V. 2004. Modelirovanie biznes-processov s AllFusion Process Modeler [Business Process Modeling with AllFusion Process Modeler]. M.: DIALOG-MIFI. 240.
4. Elizarova N.N., Arhangel'skaja E.L. 2010. Primenenie grafoanaliticheskogo metoda analiza predmetnoj oblasti pri proektirovanii informacionnyh system [Application of the graphic-analytical method for analyzing the subject area in the design of information systems] // Vestnik IGJeU [Vestnik IGEU]. 4: 1-5.
5. Kaziev V.M. 2014. Vvedenie v analiz, sintez i modelirovanie system [Introduction to the analysis, synthesis and modeling of systems]. M.: Prosveshhenie/Binom. 244.
6. Rubcov S. 2002. Kakoj CASE-instrument naneset naimen'shij vred organizacii? [Which CASE tool will cause the least harm to the organization?] // Direktor IS [Direktor IS]. 1: http://www.osp.ru/cio/2002/01/008.htm
7. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2020. Sistemno-ob"yektnyy podkhod k determinantnomu analizu slozhnykh system [System-Object Approach to the Determinant Analysis of Complex Systems] // Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]. 2: 86-93.
8. Matorin S.I., Mikhelev V.V., Zhikharev A.G, 2020. Normativnaja sistema sistemno-ob#ektnogo analiza i modelirovanija [Normative system of system-object analysis and modeling] // Jekonomika. Informatika [Economy. Computer science]. 3: 623-637.
9. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Formal-semantic normative system for graphic-analytical modelling // Journal of Physics: Conference Series 2060 (2021) 012020.
10. Baader F., Calvanese D., L. McGuinness, Nardi D., Patel-Schneider P. F. 2003. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. Cambridge University Press. 576.
11. Baader F., Sattler U. 1999. Expressive Number Restrictions in Description Logics // Journal of Logic and Computation. 9(3): 319-350.
12. Mel'nikov G.P. 1978. Sistemologiya i yazykovye aspekty kibernetiki [Systemology and language aspects of cybernetics]. M.: Sov. Radio. 368.
13. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Sistemno-ob#ektnyj determinantnyj analiz. Postroenie taksonomii predmetnoj oblasti [System-Object Determinant Analysis. Building a domain taxonomy] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 1: 15-24.
14. Matorin S.I., Mihelev V.V. 2022. Sistemno-ob#ektnyj determinantnyj analiz. Postroyeniye geneticheskoy i partitivnoy klassifikatsiy predmetnoy oblasti [System-object determinant analysis. Construction of genetic and partitive classifications of the subject area] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 1: 26-34.
15. Zimovets O.A., Matorin S.I. 2012. Integracija sredstv formalizacii grafoanaliticheskih modelej «Uzel-Funkcija-Ob#ekt» [Integration of means of formalization of graphic-analytical models "Unit-Function-Object"] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 1: 95-102.
16. Matorin S.I., Zimovec O.A. 2012. Formalizovannoe vizual'noe modelirovanie administrativnyh procedur [Formalized visual modeling of administrative procedures] // Prikladnaja informatika [Applied Informatics]. 2: 100-110.
17. Matorin S.I., Zimovec O.A., Zhiharev A.G. 2007. O razvitii tehnologii grafoanaliticheskogo modelirovanija biznesa s ispol'zovaniem sistemnogo podhoda «Uzel-Funkcija-Ob#ekt» [On the development of technology for graphic-analytical business modeling using the system approach "Node-Function-Object"] // Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. Seriya 2 [Scientific and technical information. Series 2]. 11: 10-17

Matorin Sergey I. Professor, Doctor of Technical Sciences. Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. Research areas: system approach, system theory, system analysis, CASE-technology, knowledge management, business modeling. E-mail: matorin@softconnect.ru

Mikhelev Vladimir V. Graduate student, Belgorod National Research University. Research areas: systems approach, systems theory, systems analysis, CASE technology. E-mail: keeper121@ya.ru