



УДК 005;303.732

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-2-444-452

Алгоритм построения системно-объектной трёхмерной классификации

Гуль С.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: medintseva@bsu.edu.ru

Аннотация. В работе рассматривается оригинальный способ преодоления недостатков современных классификаций, главным из которых является тот факт, что при построении классификации не применяется системный подход и системный анализ. Описана процедура построения трёхмерных классификаций, позволяющая учесть системные характеристики любой предметной области, а также системные отношения поддержания функциональной способности целого между классами в родовидовой классификации. Предлагаемая процедура, основанная на системно-объектном подходе «Узел-Функция-Объект», позволяет практически использовать идеи многомерного и естественного классифицирования и строить классификации в трёх плоскостях по видам функционального запроса (внешней детерминанты) к системе, по видам процессов становления, функционирования системы (внутренней детерминанты) и по видам получаемых результатов (субстанции). Описан вариант формализации модели трёхмерной классификации средствами дескрипционной логики *SHOIQ*. На основе описанной процедуры разработан и представлен алгоритм построения системно-объектной трёхмерной классификации. Намечены пути дальнейшего исследования и формулирования технического задания на разработку программного инструментария, реализующего представленный алгоритм.

Ключевые слова: системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект», системные характеристики, отношение поддержания функциональной способности целого, трёхмерная классификация, алгоритм

Для цитирования: Гуль С.В. 2024. Алгоритм построения системно-объектной трёхмерной классификации. Экономика. Информатика. 51(2): 444–452. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-2-444-452

Algorithm for Constructing System-Object Three-Dimensional Classification

Svetlana V. Gul

Belgorod State National Research University
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: medintseva@bsu.edu.ru

Abstract. The work discusses an original way to overcome the shortcomings of modern classifications, the main one of which is the fact that a systematic approach and system analysis are not used when constructing the classification. The procedure for constructing three-dimensional classifications is described, which makes it possible to take into account the systemic characteristics of any subject area, as well as the systemic relationships of maintaining the functional ability of the whole between classes in the generic classification. The proposed procedure, based on the system-object approach “Node-Function-Object”, makes it possible to practically use the ideas of multidimensional and natural classification and to build classifications in three planes according to the types of functional request (external determinant) to the system, according to the types of processes of formation and functioning of the system (internal determinant) and by the types of results obtained (substance). A variant of formalizing a three-dimensional classification model using the descriptive logic *SHOIQ* is described. Based on the described procedure, an algorithm for constructing a system-object three-dimensional classification has been developed and presented. The ways for further research and formulation of technical specifications for the development of software tools that implement the presented algorithm are outlined.

Keywords: system-object approach “Node-Function-Object”, system characteristics, relationship of maintaining the functional ability of the whole, three-dimensional classification, algorithm

For citation: Gul S.V. 2024. Algorithm for Constructing System-Object Three-Dimensional Classification. Economics. Information technologies, 51(2): 444–452 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-2-444-452

Введение

Во многих научных дисциплинах и нормативных государственных документах знания представляются в виде классификаций. Очевидно, это обусловлено тем, что понятия (понятийные знания), в которых отражаются классы объектов, хранятся в памяти человека в виде иерархических классификационных структур, что давно обосновано средствами психолингвистики [Хофман, 1986]. Следовательно, представление знаний в компьютере в виде иерархической родовидовой классификации в большей степени соответствует человеческому мировосприятию, чем представление знаний другими способами. При этом, например, в области онтологического моделирования автор работы [Волкова, 2013] однозначно считает, что создание системы классификации понятий является приоритетной задачей при построении онтологий для слабо формализуемых предметных областей.

Однако, в настоящее время, процедура классифицирования и классификации, как ее результат, обладают рядом недостатков, представленных, например, в работах [Маторин, Гуль, 2023]. Обосновано, что основным недостатком является тот факт, что при построении классификации не применяется системный подход и системный анализ. При этом указания на необходимость их применения периодически встречаются. Например, в работе [Полищук, Хон, 1989, с. 65] утверждается, что основная задача классифицирования – «отражение и выражение логическими средствами отношений между классами, т. е. родовидовых отношений, существующих в естественных системах и отображенных в естественном языке». А также подчеркивается, что качественное и эффективное решение задачи классифицирования «предполагает сложный системный анализ, заставляет искать содержательные признаки, привлекая тем самым исследователей к новым свойствам и закономерностям классифицируемых объектов, которые на эмпирическом уровне не казались явными (или не были видны)» [Бреховских, 1989, с. 39].

Для преодоления этих недостатков автором предложен способ построения трёхмерной классификации понятий о любой предметной области (ПрО), рассматриваемой как система-класс в рамках системно-объектного подхода [Маторин, Гуль, 2023]. Практическое использование данного способа требует алгоритмического и программного обеспечения его шагов. В данной статье рассматривается алгоритм построения системно-объектной трёхмерной классификации (СОЗК – СОтриКА!).

Процедура построения системно-объектной трёхмерной классификации

В рамках системно-объектного подхода система описывается как элемент «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемент), где в соответствии с работой [Теория систем ..., 2021]:

Узел – моделирует систему как структурный элемент надсистемы в виде перекрёстка входящих и выходящих потоков (связей) материальных или информационных.

Функция/Процесс – моделирует систему как процесс преобразования системой в заданном узле входного потока в выходной, т. е. представляет систему с определенными структурными и функциональными характеристиками.

Объект – моделирует систему как объект, выполняющий заданную функцию в заданном узле, т. е. представляет систему с определенными структурными, функциональными и субстанциальными характеристиками.

Названные системные характеристики могут быть проинтерпретированы для различных ПрО, например, как показано в работах [Маторин, Гуль, 2023].

В работах [Маторин, Гуль, 2023] без привязки к конкретным предметным областям представлена структура трёхмерной классификации (см. рисунок 1), где **A**, **B** и **C** – плоскости классифицирования, в каждой из которых размещена одна иерархическая классификация с одной вершиной: (**A** – соответствует **Узлу**) по видам структурных характеристик (внешней детерминанты или функционального запроса, назначения); (**B** – соответствует **Функции**) по видам функциональных характеристик (процессов функционирования) и (**C** – соответствует **Объекту**) по видам субстанциальных/объектных характеристик. Они, естественно, могут различаться по своей структуре. Как мы видим, граф классификации свойств объектов изоморфен графу классификации объектов.

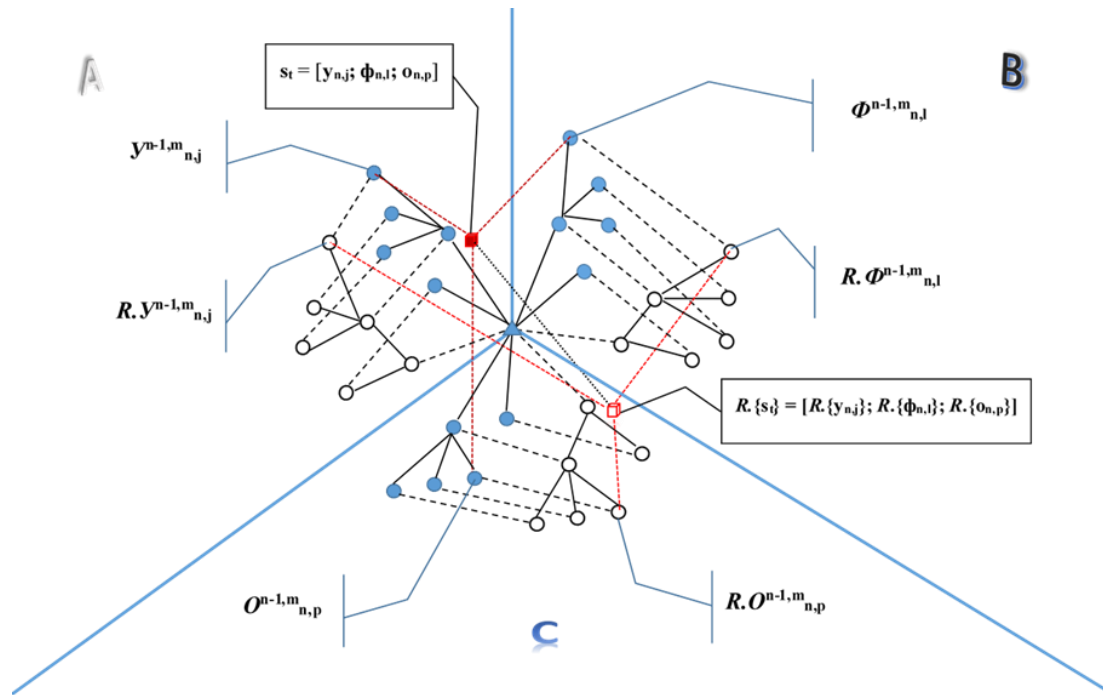


Рис. 1. Модель СОЗК
 Fig. 1. SO3dC model

Затемнённый треугольник в центре пересечения осей – общий для трёх классификаций самый абстрактный класс в моделируемой предметной области, не имеющий родового понятия (надкласса). Затемнённые кружки – классы объектов предметной области (системы-классы), представляющие собой подклассы разного уровня иерархии самого абстрактного класса. Не затемнённые кружки – классы свойств этих объектов (свойства-классы), представляющие собой подклассы свойств самого абстрактного класса.

Для формального описания трёхмерной классификации введены обозначения в терминах дескрипционной логики (ДЛ) *SHOIQ* [Schmidt-Schauss, Smolka, 1991] по аналогии с работой [Маторин, Михелев, 2020].

Классы (концептуальные системы) объектов/характеристик на плоскости **A** обозначим $U^{i,k}_{i+1,j}$ (это значит, что система-класс $U^{i,k}_{i+1,j}$, находящаяся на $i+1$ -м уровне иерархии и j -я по номеру, является видом/подсистемой системы-класса $U^{i-1,m}_{i,k}$, находящейся на i -м уровне иерархии и k -й по номеру); классы свойств этих объектов/характеристик – $R.U^{i,k}_{i+1,j}$. Классы объектов на плоскости **B** обозначим $\Phi^{i,k}_{i+1,j}$; классы их свойств – $R.\Phi^{i,k}_{i+1,j}$. Классы объектов на плоскости **C** обозначим $O^{i,k}_{i+1,j}$; классы их свойств – $R.O^{i,k}_{i+1,j}$. Здесь k, j и m – порядковые номера классов на i -м, $i+1$ -м и $i-1$ -м уровнях иерархии соответственно. Общий для трёх классификаций самый абстрактный класс объектов обозначим $U\Phi O_{0,1}$, а его свойства $R.U_{0,1}$, $R.\Phi_{0,1}$ и $R.O_{0,1}$ как самые абстрактные классы свойств.

Используя приведённую на рисунке 1 модель трёхмерной классификации и введённые выше обозначения, можно описать процедуру построения СОЗК в виде следующих шагов.

1. Проведение системно-объектного классификационного анализа (СОКА) ПрО, этапы которого представлены в работе [Маторин, Гуль, 2023, 11] с целью подготовки исходного терминологического и понятийного материала для построения системно-объектной трёхмерной классификации (СОЗК) заданной предметной области (ПрО).

2. Выбор наиболее общего понятия/класса заданной ПрО ($УФ\mathcal{O}_{0,1}$).

3. Формулирование родовидового определения наиболее общего понятия/класса ПрО для плоскости **A** (в терминах ДЛ, в соответствии с работой [Маторин, 2021]: $УФ\mathcal{O}_{0,1} = УФ\mathcal{O}_0 \cap \exists R.Y_{0,1}$). При этом видовое отличие $R.Y_{0,1}$ должно отражать структурные свойства наиболее общего понятия/класса ПрО в понятии/классе более высокого яруса иерархии, т. е. функциональный запрос к данной ПрО от надсистемы-класса (внешнюю детерминанту ПрО как системы-класса). Эти свойства могут быть проинтерпретированы как причина, потребность, назначение, требования, мотив, и т. п.

4. Формулирование родовидового определения наиболее общего понятия/класса ПрО для плоскости **B** ($УФ\mathcal{O}_{0,1} = УФ\mathcal{O}_{0,1} \cap \exists R.\Phi_{0,1}$). При этом видовое отличие $R.\Phi_{0,1}$ должно отражать функциональные свойства наиболее общего понятия/класса ПрО (внутреннюю детерминанту), задаваемые функциональным запросом к данной ПрО от надсистемы-класса (внешней детерминантой). Этот запрос может быть проинтерпретирован как условия, становление, формирование, возможность, функционирование, проектирование, и т. п.

5. Формулирование родовидового определения наиболее общего понятия/класса ПрО для плоскости **C** ($УФ\mathcal{O}_{0,1} = УФ\mathcal{O}_{0,1} \cap \exists R.O_{0,1}$). При этом видовое отличие $R.O_{0,1}$ должно отражать субстанциальные свойства наиболее общего понятия/класса ПрО, определяемые внутренней детерминантой ПрО как системы-класса, т. е. функционированием данной ПрО. Этот запрос может быть проинтерпретирован как результат, следствие, деятельность, субстанция, реализация, и т. п.

6. Деление на подклассы наиболее общего класса ПрО ($УФ\mathcal{O}_{0,1}$) в зависимости от деления на подклассы класса свойств, отраженных в видовом отличии определения данной ПрО для трёх плоскостей (трёх видов свойств структурных ($R.Y_{0,1}$), функциональных ($R.\Phi_{0,1}$) и субстанциальных ($R.O_{0,1}$)).

6.1. Выбор в исходном терминологическом и понятийном материале подклассов $R.Y^{0,1}_{1,j} \subset R.Y_{0,1}$; $R.\Phi^{0,1}_{1,j} \subset R.\Phi_{0,1}$; $R.O^{0,1}_{1,j} \subset R.O_{0,1}$. Данные подклассы должны находиться со своими классами в отношении поддержания функциональной способности целого.

6.2. Если таковых подклассов нет, то возвращаемся к подготовке исходного терминологического и понятийного материала на п. 1. Если есть, то выбираем в исходном материале подклассы $Y^{0,1}_{1,j} = УФ\mathcal{O}_{0,1} \cap \exists R.Y^{0,1}_{1,j}$; $\Phi^{0,1}_{1,j} = УФ\mathcal{O}_{0,1} \cap \exists R.\Phi^{0,1}_{1,j}$; $O^{0,1}_{1,j} = УФ\mathcal{O}_{0,1} \cap \exists R.O^{0,1}_{1,j}$. Если их нет, то снова возвращаемся к подготовке исходного терминологического и понятийного материала на п. 1.

7. Деление полученных подклассов на более конкретные подклассы в зависимости от деления подклассов свойств по аналогии с алгоритмом, представленным в работе [Маторин, Михелев, 2021] в трёх плоскостях классифицирования.

7.1. Выбор в исходном терминологическом и понятийном материале подклассов $R.Y^{1,j}_{2,j} \subset R.Y^{0,1}_{1,j}$; $R.\Phi^{1,j}_{2,j} \subset R.\Phi^{0,1}_{1,j}$; $R.O^{1,j}_{2,j} \subset R.O^{0,1}_{1,j}$. В общем случае $R.Y^{1,j}_{i+1,j} \subset R.Y^{1-1,j}_{i,j}$; $R.\Phi^{1,j}_{i+1,j} \subset R.\Phi^{i-1,j}_{i,j}$; $R.O^{1,j}_{i+1,j} \subset R.O^{i-1,j}_{i,j}$. Данные подклассы должны находиться со своими классами в отношении поддержания функциональной способности целого.

7.2. Если таковых подклассов нет, то возвращаемся к подготовке исходного терминологического и понятийного материала на п. 1. Если есть, то выбираем в исходном материале подклассы $Y^{1,j}_{2,j} = Y^{0,1}_{1,j} \cap \exists R.Y^{1,j}_{2,j}$; $\Phi^{1,j}_{2,j} = \Phi^{0,1}_{1,j} \cap \exists R.\Phi^{1,j}_{2,j}$; $O^{1,j}_{2,j} = O^{0,1}_{1,j} \cap \exists R.O^{1,j}_{2,j}$. В общем случае $Y^{1,j}_{i+1,j} = Y^{1-1,j}_{i,j} \cap \exists R.Y^{1,j}_{i+1,j}$; $\Phi^{1,j}_{i+1,j} = \Phi^{i-1,j}_{i,j} \cap \exists R.\Phi^{1,j}_{i+1,j}$; $O^{1,j}_{i+1,j} = O^{i-1,j}_{i,j} \cap \exists R.O^{1,j}_{i+1,j}$. Если их нет, то снова возвращаемся к подготовке исходного терминологического и понятийного материала на п. 1.

8. Принятие решения о прекращении классифицирования в данной плоскости. Если «да», то п. 9, если «нет», то п. 7.

9. Оценка достаточности полученной классификации для решения задачи представления знаний о заданной ПрО. Если информации недостаточно, то п. 6, если достаточно, то завершение процедуры.

Алгоритм построения системно-объектной трёхмерной классификации

Используя приведенные выше шаги, обеспечивающие построение СОЗК, можно разработать алгоритм этой процедуры, вариант которого представлен ниже на рисунках 2–4

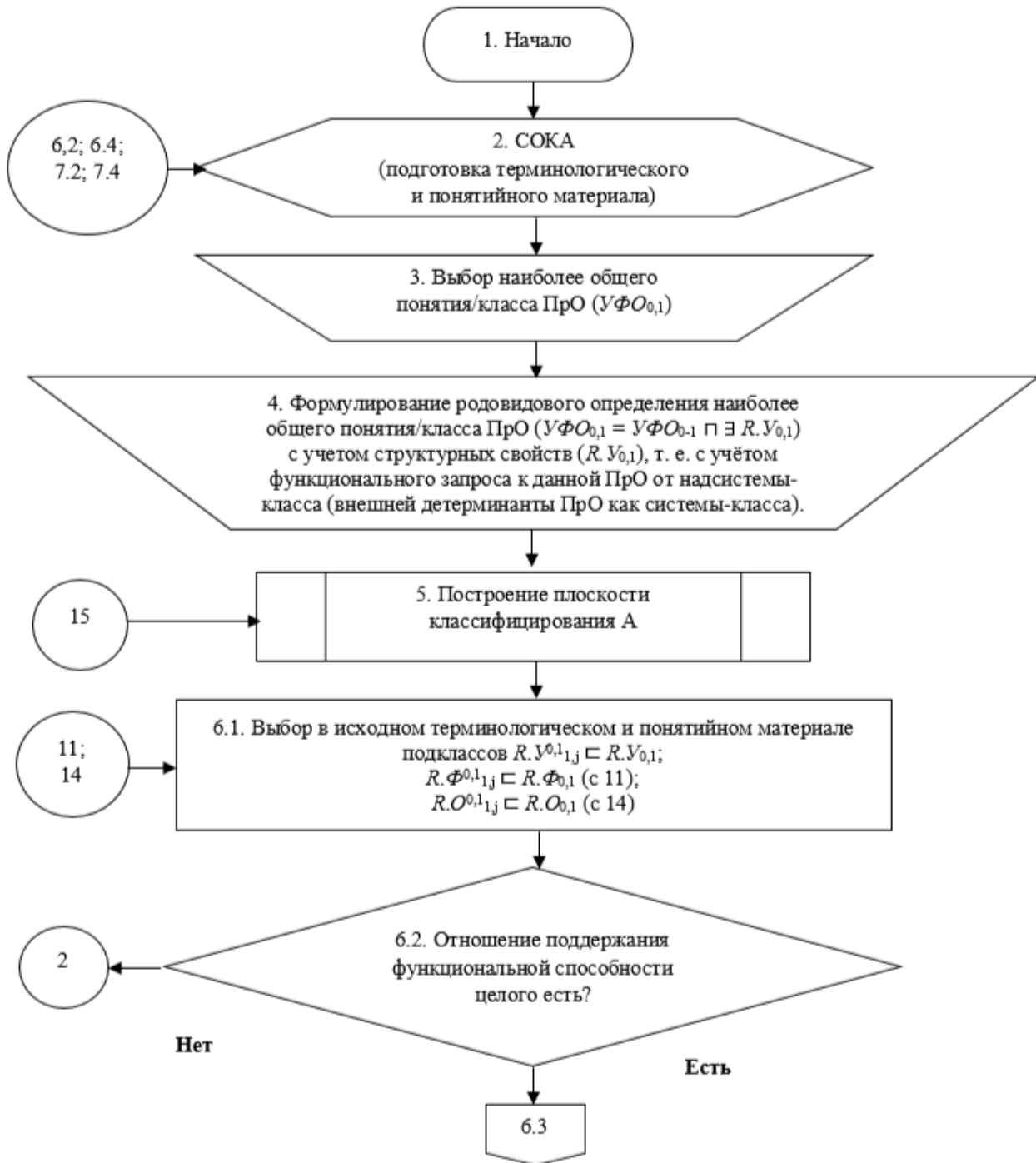


Рис. 2. Алгоритм построения трёхмерной классификации (начало)
 Fig. 2. Algorithm for constructing a three-dimensional classification (beginning)

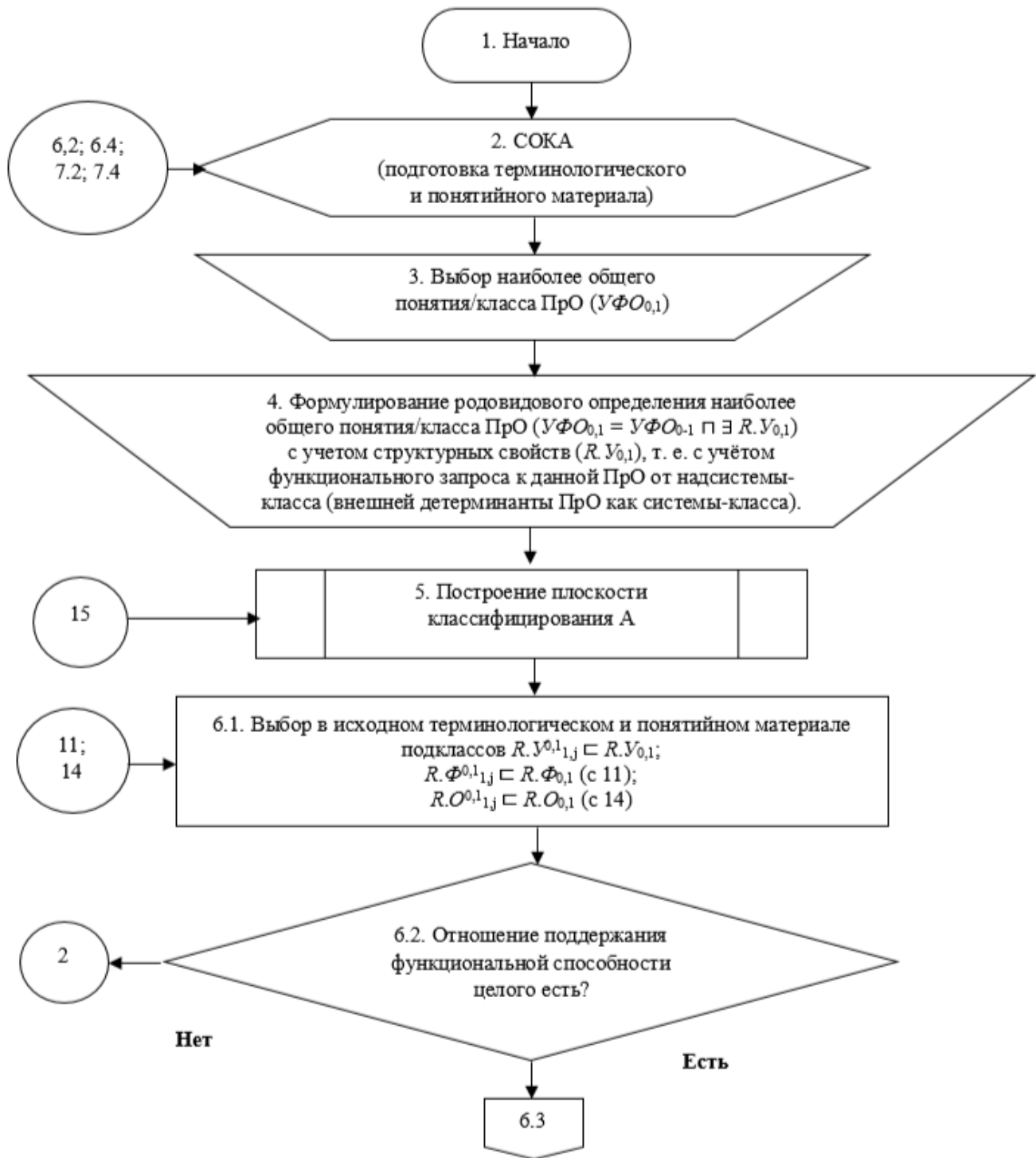


Рис. 3. Алгоритм построения трёхмерной классификации (продолжение)
Fig. 3. Algorithm for constructing a three-dimensional classification (continued)

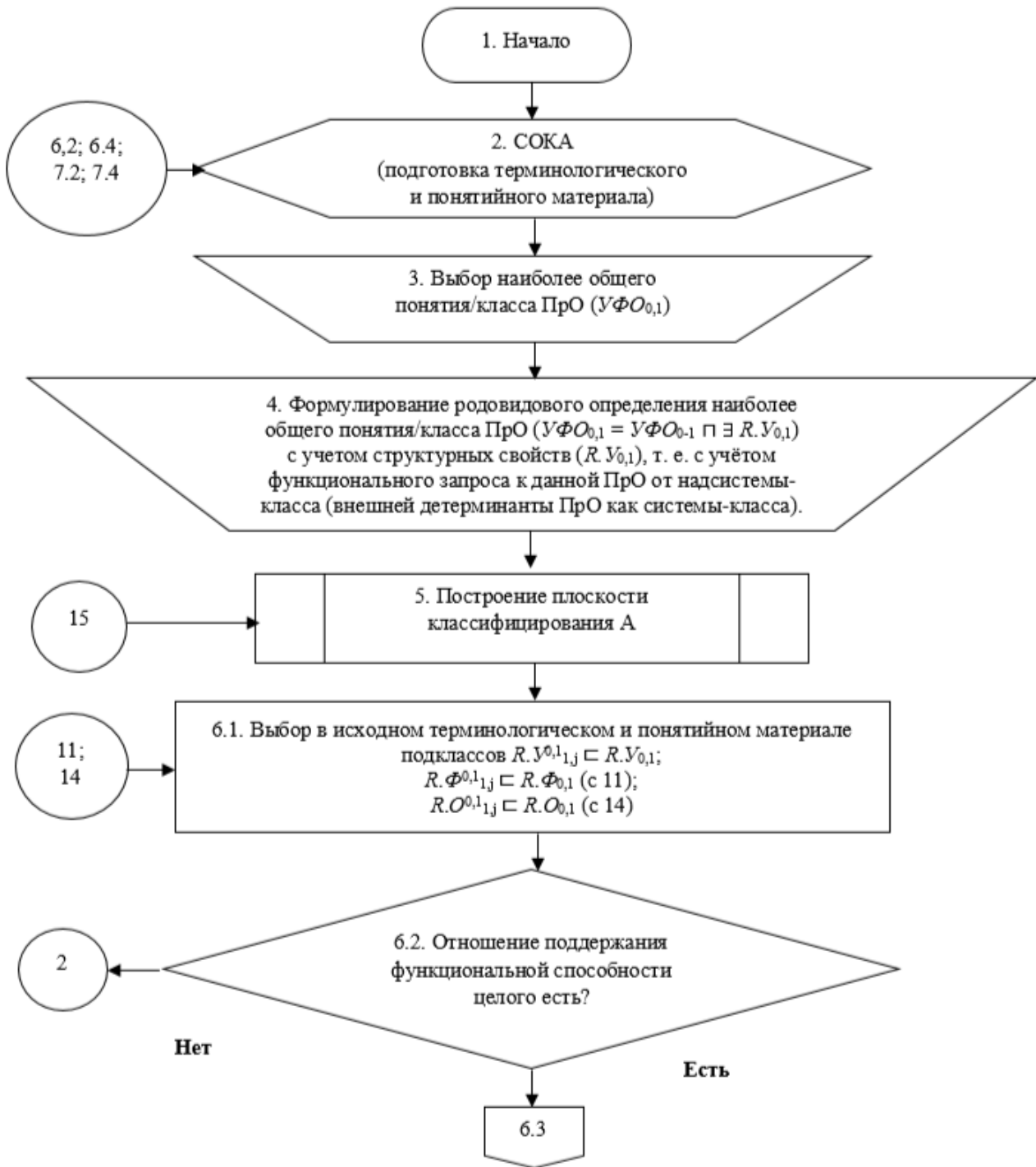


Рис. 4. Алгоритм построения трёхмерной классификации (окончание)
 Fig. 4. Algorithm for constructing a three-dimensional classification (end)

Заключение

Представленные в работе результаты исследования и разработки показали возможность построения классификации, учитывающей системные характеристики классифицируемых объектов и системные отношения между ними. Процедура и алгоритм построения СОЗК основаны на системно-объектном подходе «Узел-Функция-Объект» и позволяют практически использовать идеи многомерного и естественного классифицирования и строить классификации в трёх плоскостях по видам функционального запроса (внешней

детерминанты) к системе, по видам процессов становления, функционирования системы (внутренней детерминанты) и по видам получаемых результатов (субстанции). Предлагаемые процедура и алгоритм системно-объектного трёхмерного классифицирования частично формализованы средствами дескрипционной логики *SHOIQ*. Последнее обстоятельство упрощает процесс формулирования требований к программному инструментарию, обеспечивающему реализацию представленного алгоритма.

В ходе дальнейшего исследования планируется разработка технического задания на данный инструментарий. Подобный инструментарий с учётом возможности «наполнения» СОЗК как концептуальной классификационной модели некоторой ПрО данными о конкретных материальных системах (эмпирическими данными) в соответствии с работой [Маторин, Гуль и др., 2023, 5] позволяет создавать системы управления знаниями, обеспечивающими организацию системным подходом к данной ПрО.

Список литературы

- Бреховских С.М. 1989. Основы функциональной системологии материальных объектов. М.: Наука, 192 с.
- Волкова Г.А. 2013. Создание «онтологии всего». Проблемы классификации и решения. Новые информационные технологии в автоматизированных системах. № 16: 293–300.
- Маторин С.И., Михелев В.В. 2020. Анализ роли и структуры информационных (концептуальных) систем. Научно-техническая информация. Сер. 2. №4: 11–17.
- Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Модель системно-объектной трёхмерной базы знаний. Искусственный интеллект и принятие решений. № 2: 95–109.
- Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Системно-объектное классификационное моделирование сложных предметных областей. Экономика. Информатика. №50(1): 152–161.
- Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Системно-объектный классификационный анализ предметной области. Научный результат. Информационные технологии. Т.8, №4: 78–86.
- Маторин С.И., Гуль С.В., Щербинина Н.В. 2023. Трёхмерное системно-объектное классифицирование для прогнозирования и поддержки управления. НТИ. Серия 2, № 12: 1–13.
- Маторин С.И., Михелев В.В. 2021. Системно-объектный детерминантный анализ. Построение таксономии предметной области. Искусственный интеллект и принятие решений. №1: 15–24.
- Полищук Ю.М., Хон В.Б. 1989. Теория автоматизированных банков информации. М.: Высшая школа, 184 с.
- Теория систем и системный анализ: учебник. 2021. А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. М.: КНОРУС, 456 с.
- Хофман И. 1986. Активная память: эксперимент. исслед. и теории человеческой памяти: Пер. с нем. М.: Прогресс, 312 с.
- Schmidt-Schauss M., Smolka G. 1991. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence. Elsevier Science Publishing Company, Inc. № 48(1): 1–26.

References

- Brekhovskikh S.M. 1989. Osnovy funktsional'noy sistemologii material'nykh ob'yektov [Fundamentals of functional systemology of material objects]. M.: Nauka, 196 p.
- Volkova G.A. 2013. Sozdaniye "ontologii vsego". Problemy klassifikatsii i resheniya [Creation of "ontology of everything". Problems of classification and solution]. Novyye informatsionnyye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh [New information technologies in automated systems]. No. 16.: 293–300.
- Matorin S.I., Gula S.V. and Shcherbinina N.V. 2023. Three-Dimensional System-Object Classification for Prediction and Control Support. Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, Vol. 57, No. 6: 350–361 (in Russian).
- Matorin S.I. and Mikhelev V.V. 2020. An Analysis of the Role and Structure of Information (Conceptual) Systems. Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. Vol. 54. No. 2: 105–112 (in Russian).



- Matorin S.I., Gul S.V. 2023. Sistemno-ob"ektnyj klassifikacionnyj analiz predmetnoj oblasti [System-object classification analysis of the subject domain]. Nauchnyy rezul'tat. Informatsionnyye tekhnologii [Scientific result. Information Technology]. T.8, No 4: 78–86.
- Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Sistemno-ob"yektnyy determinantnyy analiz. Postroyeniye taksonomii predmetnoy oblasti [System-object determinant analysis. Building a taxonomy of the subject area]. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]. No. 1: 15–24.
- Matorin, S.I. and Gul' S.V. 2023 Model' sistemno-ob"ektnoj trekhmernoj bazy znaniy [Model of system-object three-dimensional knowledge base]. Iskusstvennyi Intellekt Prinyatie Reshenii [Artificial intelligence and decision making]. No. 2: 95–109.
- Matorin, S.I. and Gul', S.V. 2023. Sistemno-ob"ektnoe klassifikacionnoe modelirovanie slozhnyh predmetnyh oblastej [System-object classification modeling of complex subject areas]. Ekonomika. Informatika [Economy. Informatics] No. 1: 152–161.
- Polishchuk YU.M., Khon V.B. 1989. Teoriya avtomatizirovannykh bankov informatsii [Theory of automated information banks]. M.: Vysshaya shkola, 184p.
- Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnyk [Systems theory and systems analysis: textbook]. 2019. S.I. Matorin, A.G. Zhikharev, O.A. Zimovets and others; ed. S.I. Matorina. Moskva; Berlin: Direktmedia Publishing, 509 p. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641>.
- Hoffman I. 1986. Aktivnaya pamyat': eksperiment. issled. i teorii chelovecheskoy pamyati [Active memory: an experiment. research and the theory of human memory]: Per. s nem [Per. with him]. M.: Progress, 312 p.
- Schmidt-Schauss M., Smolka G. 1991. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence. Elsevier Science Publishing Company, Inc. № 48(1). P. 1–26.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 28.03.2024

Received March 28, 2024

Поступила после рецензирования 31.05.2024

Revised May, 31 2024

Принята к публикации 05.06.2024

Accepted June, 05 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Гуль Светлана Владимировна, старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем, аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия.

Svetlana V. Gul, Senior Lecturer, Department of Information and Robotic Systems, Postgraduate Student, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia.