

УДК 168.2; 303.732

DOI: 10.18413/2518-1092-2024-9-2-0-4

**Гуль С.В.  
Федоренко А.В.  
Маторин С.И.****ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПОСТРОЕНИЯ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОЙ  
ТРЕХМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: medintseva@bsu.edu.ru*

**Аннотация**

В статье обсуждается задача инструментальной поддержки процедур построения и использования с применением системно-объектного подхода трехмерной классификации (СОЗК). Показаны на конкретных примерах возможности прогнозирования и поддержки управления с помощью СОЗК. Представлены результаты исследования существующего инструментария концептуального классификационного моделирования (онтологического инжиниринга), показывающие, что с его помощью невозможно обеспечить построение и использование СОЗК. В целях создания инструментального программного обеспечения, поддерживающего построение и использование СОЗК, разработан набор функциональных требований к нему в виде UML-диаграммы вариантов использования (прецедентов) и диаграмм активности как потоков событий к ним.

**Ключевые слова:** системно-объектная трехмерная классификация; концептуальная классификационная модель; системно-объектный подход; инструментальная поддержка; функциональные требования к ПО

**Для цитирования:** Гуль С.В., Федоренко А.В., Маторин С.И. Инструментальная поддержка построения и использования системно-объектной трехмерной классификации // Научный результат. Информационные технологии. – Т.9, №2, 2024. – С. 31-40. DOI: 10.18413/2518-1092-2024-9-2-0-4

**Gul S.V.  
Fedorenko A.V.  
Matorin S.I.****INSTRUMENTAL SUPPORT FOR CONSTRUCTING  
AND USING SYSTEM-OBJECT THREE-DIMENSIONAL  
CLASSIFICATION**

Belgorod State National Research University,  
85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: medintseva@bsu.edu.ru*

**Abstract**

The article discusses the problem of instrumental support for construction and use procedures using the system-object approach of three-dimensional classification (SO3K). The possibilities of forecasting and management support using CO3K are shown using specific examples. The results of a study of the existing tools for conceptual classification modeling (ontological engineering) are presented, showing that with its help it is impossible to ensure the construction and use of CO3K. In order to create instrumental software that supports the construction and use of CO3K, a set of functional requirements for it has been developed in the form of a UML diagram of use cases (precedents) and activity diagrams as event flows for them.

**Keywords:** system-object three-dimensional classification; conceptual classification model; system-object approach; instrumental support; functional requirements for software

**For citation:** Gul S.V., Fedorenko A.V., Matorin S.I. Instrumental support for constructing and using system-object three-dimensional classification // Research result. Information technologies. – Т. 9, №2, 2024. – P. 31-40. DOI: 10.18413/2518-1092-2024-9-2-0-4

## **ВВЕДЕНИЕ**

Исследования проблем представления знаний и, в частности, концептуального классификационного моделирования (ККМ) привели к разработке метода системно-объектного классификационного моделирования или к способу построения системно-объектной трехмерной классификации (СОЗК), который подробно рассмотрен в работах [1-3]. Представление знаний данным способом позволяет накапливать знания именно о системных характеристиках и о системных отношениях, существующих в данной предметной области (ПрО).

Важнейшей особенностью СОЗК является обеспечение хранения взаимосвязанных концептуальных и эмпирических знаний (о концептуальных и материальных системах или системах-классах и системах-явлениях), что позволяет применять ее для решения практических задач в конкретной ПрО. Таким образом, на основе СОЗК могут строиться онтологии и системы управления знаниями в организации.

Построение СОЗК требует подготовки исходного терминологического и понятийного материала путем использования системно-объектного классификационного анализа (СОКА), описанного в работе [4]. Данная процедура представляет собой сложную содержательную аналитическую «ручную» работу с концептуальными знаниями. При этом заполнение классами и подклассами (концептуальными знаниями) плоскостей СОЗК и размещение в «пространстве», заданном плоскостями СОЗК, эмпирических данных о конкретных системах или явлениях, а также поиск нужных систем-явлений и осуществление вывода эффективны только в случае их инструментальной поддержки.

В данной статье рассматриваются возможности существующих программных инструментов для построения ККМ, вопросы использования СОЗК и возникающие в связи с этим требования к инструментарию, который обеспечит автоматизацию построения и использования СОЗК.

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ**

Рассмотрим возможность инструментальной поддержки построения и использования СОЗК существующими программными средствами. Очевидно, что такая возможность может быть обеспечена инструментальными средствами онтологического инжиниринга, так как в основе любой онтологии лежит ККМ знаний. Обзор возможностей и доступности онтологического инструментария показал, что наиболее подходящим инструментом для построения СОЗК является пакет Protégé, реализующий все возможности современного онтологического инструментария.

Эксперименты с данным пакетом по построению трехмерной классификации показали, что он позволяет построить и визуализировать три иерархии классов. Однако, у них должны быть разные вершины (см. рисунок 1). При этом необходимо в первую очередь строить именно иерархии классов и только потом определять их свойства. Это не соответствует системному подходу, в соответствии с которым для обеспечения системных отношений между классами (отношение поддержания функциональной способности целого) в первую очередь надо классифицировать свойства классов, сами классы классифицировать в зависимости от классификации их свойств.

Определение свойств классов возможно с помощью инструмента «Object property», если его понимать, как «свойства всех объектов выбранного класса». При этом возможно построение иерархии свойств изоморфной иерархии классов (см. рисунок 2).

Для классов можно определить конкретные системы (экземпляры, индивиды) используя инструмент «Individuals by class» (см. рисунок 2). Свойства индивида не определяются и, таким образом со свойствами класса он никак не связан, что не позволяет осуществлять поиск конкретных систем по их свойствам. Кроме того, индивид (конкретная система) может быть связан только с одной классификацией, т.е. только с одной плоскостью классифицирования (см. рисунок 3). Данные обстоятельства делает невозможным использование Protege для прогнозирования и управления.

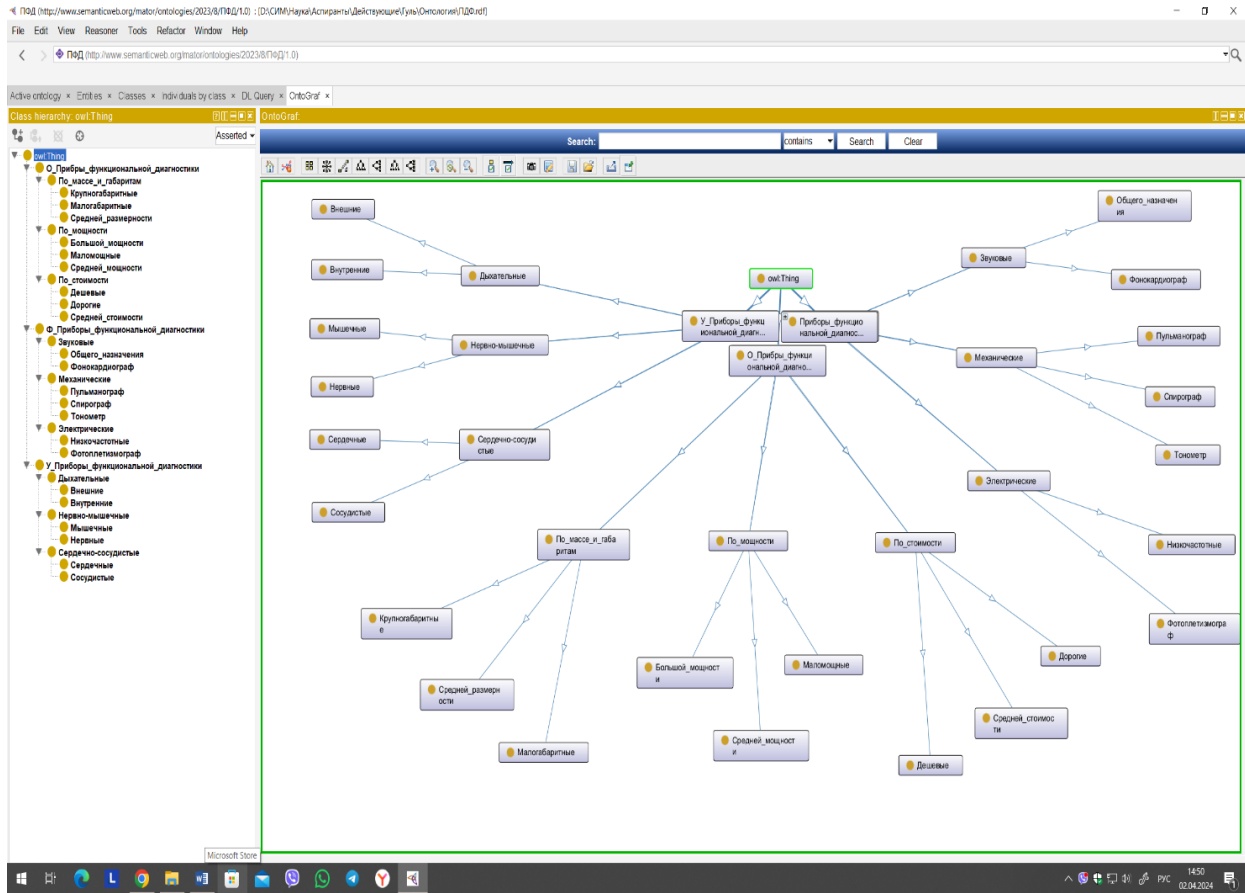


Рис. 1. Три иерархии классов ПФД в Protege  
Fig. 1. Three hierarchies of FDD classes in Protege

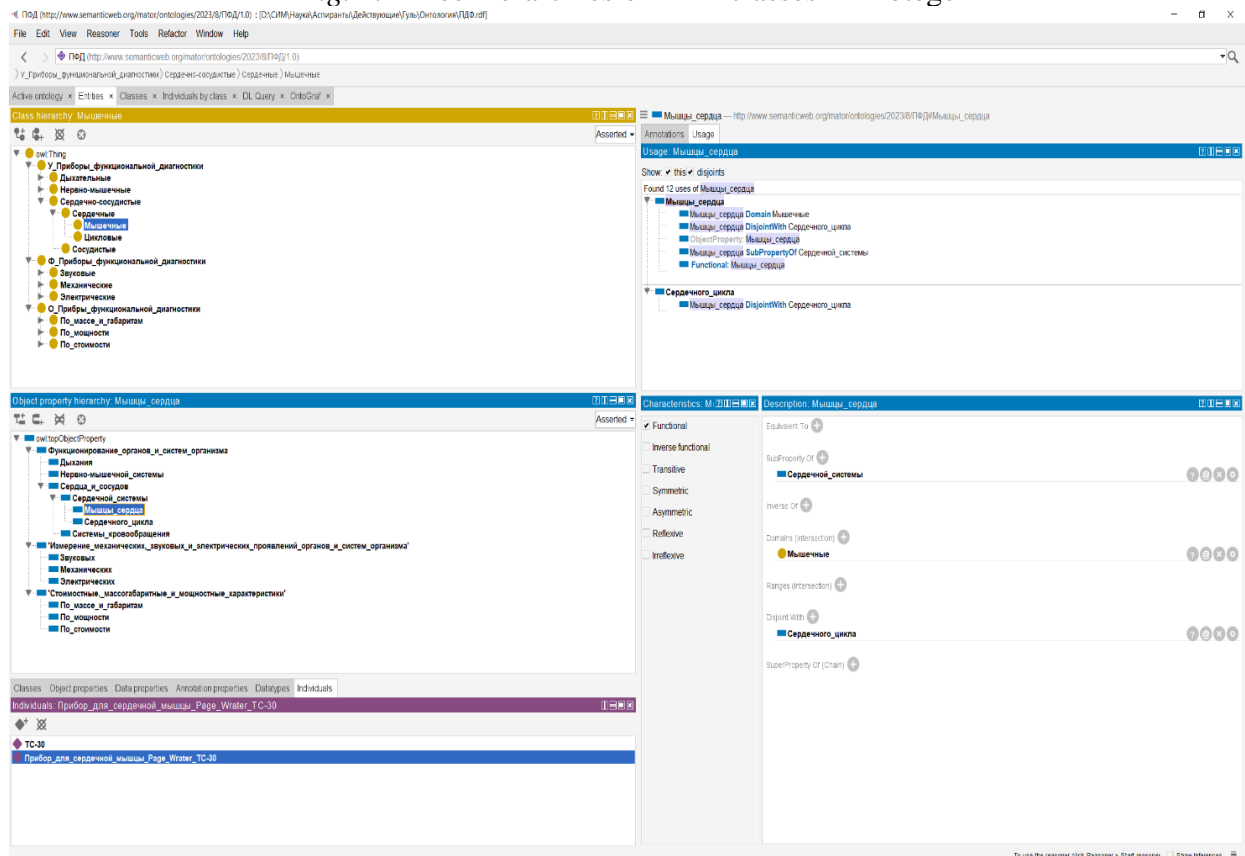
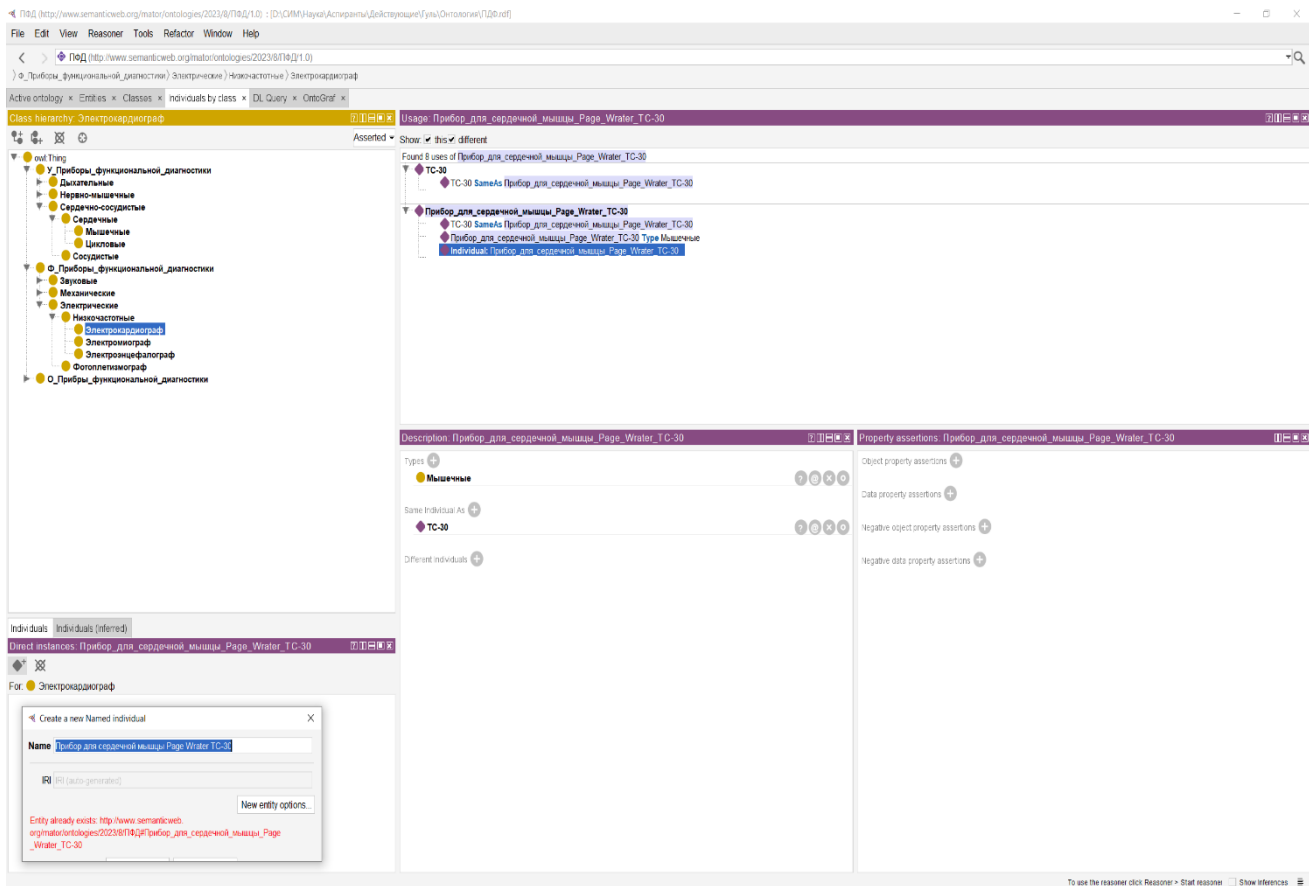


Рис. 2. Определение свойств классов и конкретных объектов в Protege  
Fig. 2. Defining the properties of classes and specific objects in Protege



*Рис. 3. Попытка привязать конкретную систему кроме плоскости У (назначение) к плоскости Ф (функционирование) в Protege*

*Fig. 3. An attempt to link a specific system other than the U plane (purpose) to the F plane (functioning) in Protege*

В ходе исследования выявлена другая возможность. Инструмент «Object Property» в Protégé можно интерпретировать как инструмент построения связей между объектами классов. При таком понимании можно отразить классы свойств не через «Object property», а через построение другой иерархии классов, изоморфной первоначальной. Эта вторая иерархия может определять свойства классов первой иерархии. Главным условием в данном варианте, является необходимость указывать у класса свойство «Equivalent to», что позволит связывать 2 класса (системы-классы и свойства-классы) как показано на рисунке 4. Таким образом, при привязке объекта (конкретной системы) к классу свойств, он также получит связь с основной классификацией. (см. рисунок 5)

Таким образом, независимо от вариантов использования, современный онтологический инструментарий не может обеспечить построение и использование СОЗК, так как этот инструментарий создавался без учета системного подхода. При этом разработанное алгоритмическое обеспечение позволяет создать инструментарий, который обеспечит решение задач построения и использования СОЗК.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

Для применения механизма вывода в СОЗК в «концептуальном пространстве», заданном плоскостями классов узловых характеристик (причин, назначений) и их свойств, классов функциональных характеристик (процессов, функционирований) и их свойств и классов объектных характеристик (результатов, субстанций) и их свойств должно быть размещено множество эмпирических данных о конкретных явлениях, устройствах и т.п. Эти конкретные явления или материальные системы должны быть описаны как системы (Узел-Функция-Объект) путем указания

конкретных причин, назначений; процессов, способов функционирования и результатов субстанциальных характеристик, связанных с соответствующими классами. Точность работы механизма вывода зависит от подробности трех классификаций и от количества данных о конкретных системах.

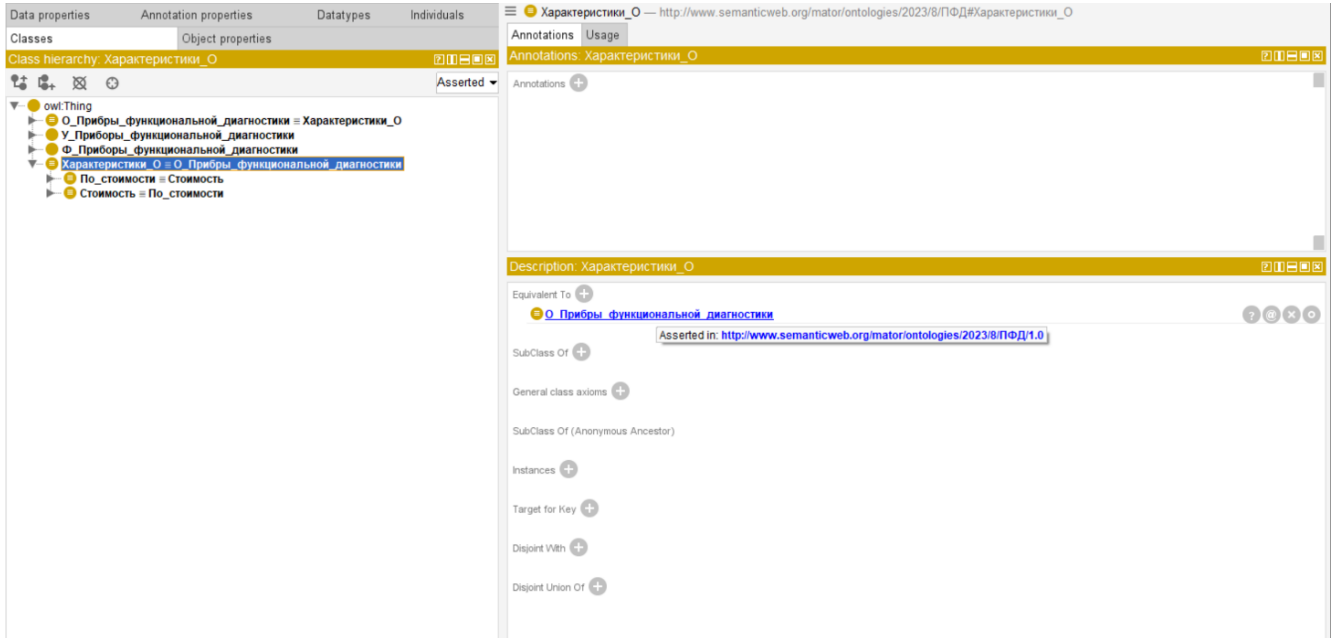


Рис. 4. Отражение класса свойств через иерархию классов  
Fig. 4. Reflection of a property class through a class hierarchy

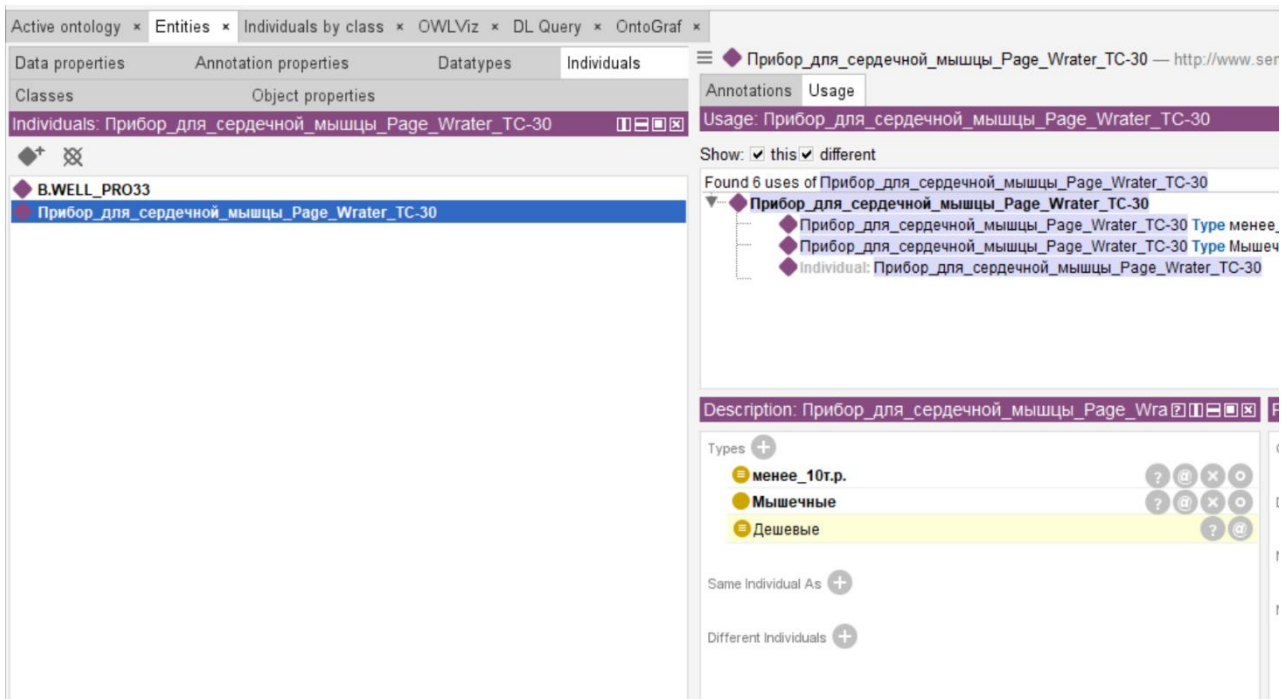


Рис. 5. Привязка объекта к 1 плоскости и 2 классам  
Fig. 5. Snap an object to 1 plane and 2 classes

Рассмотрим это на примерах СОЗК ПрО «Чрезвычайные ситуации» (ЧС) [1 и 2] и СОЗК ПрО «Приборы функциональной диагностики» (ПФД) [3].

Для прогнозирования последствий какой-либо ЧС «X» необходимо найти во множестве конкретных данных, размещенных в СОЗК для ПрО ЧС, такую конкретную ЧС, у которой причина



имеет свойства максимально подобные причине ЧС «Х». Такая процедура может осуществляться, например, с помощью поиска по ключевым словам. Если ЧС с нужной причиной удастся найти, то далее естественным образом можно перейти к процессам и результатам, которые происходили и получались в этом случае. Очевидно, что ЧС «Х» с большой вероятностью будет вызывать те же процессы и приводить к тем же результатам. Естественно, вероятность будет тем больше, чем больше учтено в СОЗК конкретных ЧС с подобной причиной.

Для поддержки управления при возникновении какой-либо ЧС «У» необходимо найти во множестве конкретных данных, размещенных в СОЗК ЧС, такую конкретную ЧС, у которой результат имеет свойства максимально подобные результатам ЧС «У». Такая процедура также может осуществляться с помощью поиска по ключевым словам. Если ЧС с нужным результатом удастся найти, то далее естественным образом можно перейти к процессам, которые будут происходить, и к причинам, которые к ним приводят в этом случае. Очевидно, что ЧС «У» с большой вероятностью будет происходить по подобным причинам и приводить к тем же процессам. Естественно, вероятность будет тем больше, чем больше учтено в СОЗК конкретных ЧС с подобным результатом.

Для прогнозирования результатов использования какого-либо ПФД «Х» необходимо найти во множестве конкретных данных, размещенных в СОЗК для ПрО ПФД, такой конкретный ПФД, назначение которого имеет свойства максимально подобные назначению ПФД «Х». Такая процедура может осуществляться, например, с помощью поиска по ключевым словам. Если ПФД с нужным назначением удастся найти, то далее естественным образом можно перейти к функции, которую прибор будет выполнять и характеристикам прибора в этом случае. Очевидно, что ПФД «Х» с большой вероятностью будет выполнять те же функции и иметь те же характеристики (субстанциальные). Естественно, вероятность будет тем больше, чем больше учтено в СОЗК конкретных ПФД подобного назначения.

В подобном случае, если имеет место классификация материальных, в частности, технических систем, то описанная процедура прогнозирования позволяет понять необходимые площади помещений, электрические мощности, данные производителей, т.е. все, что учтено в плоскости объектных (субстанциальных) характеристик.

Для поддержки управления при планировании использования какого-либо ПФД «У» необходимо найти во множестве конкретных данных, размещенных в СОЗК для ПрО ПФД, такой конкретный ПФД, у которого объектные (субстанциальные) характеристики имеет свойства максимально подобные характеристикам ПФД «У». Такая процедура также может осуществляться с помощью поиска по ключевым словам. Если ПФД с нужными объектными характеристикам удастся найти, то далее естественным образом можно перейти к функциям, которые он выполняет, и к его предназначению. Очевидно, что ПФД «У» с большой вероятностью будет функционировать так же и предназначен для того же. Естественно, вероятность будет тем больше, чем больше учтено в СОЗК конкретных ПФД с подобными характеристиками.

В подобном случае, если имеет место классификация материальных, в частности, технических систем, то описанная процедура поддержки управления позволяет спланировать номенклатуру приобретаемой аппаратуры в зависимости от имеемых площадей, электрических мощностей, наличия поставщиков и т.д.

### ***РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ИНСТРУМЕНТАРИЮ ПОДДЕРЖКИ СОЗК***

Процесс создания программного инструментария включает в себя несколько этапов в соответствии с ИСО 12207:

- формулирование требований к ПО,
- проектирование ПО,
- реализация ПО (кодирование и тестирование).

При этом формулирование требований является ключевым моментом так как в первую очередь определяет качество и эффективность создаваемого ПО.

На рисунке 6 в виде UML-диаграммы вариантов использования представлены функциональные требования к программному инструментарию, обеспечивающему построения и использование СОЗК.

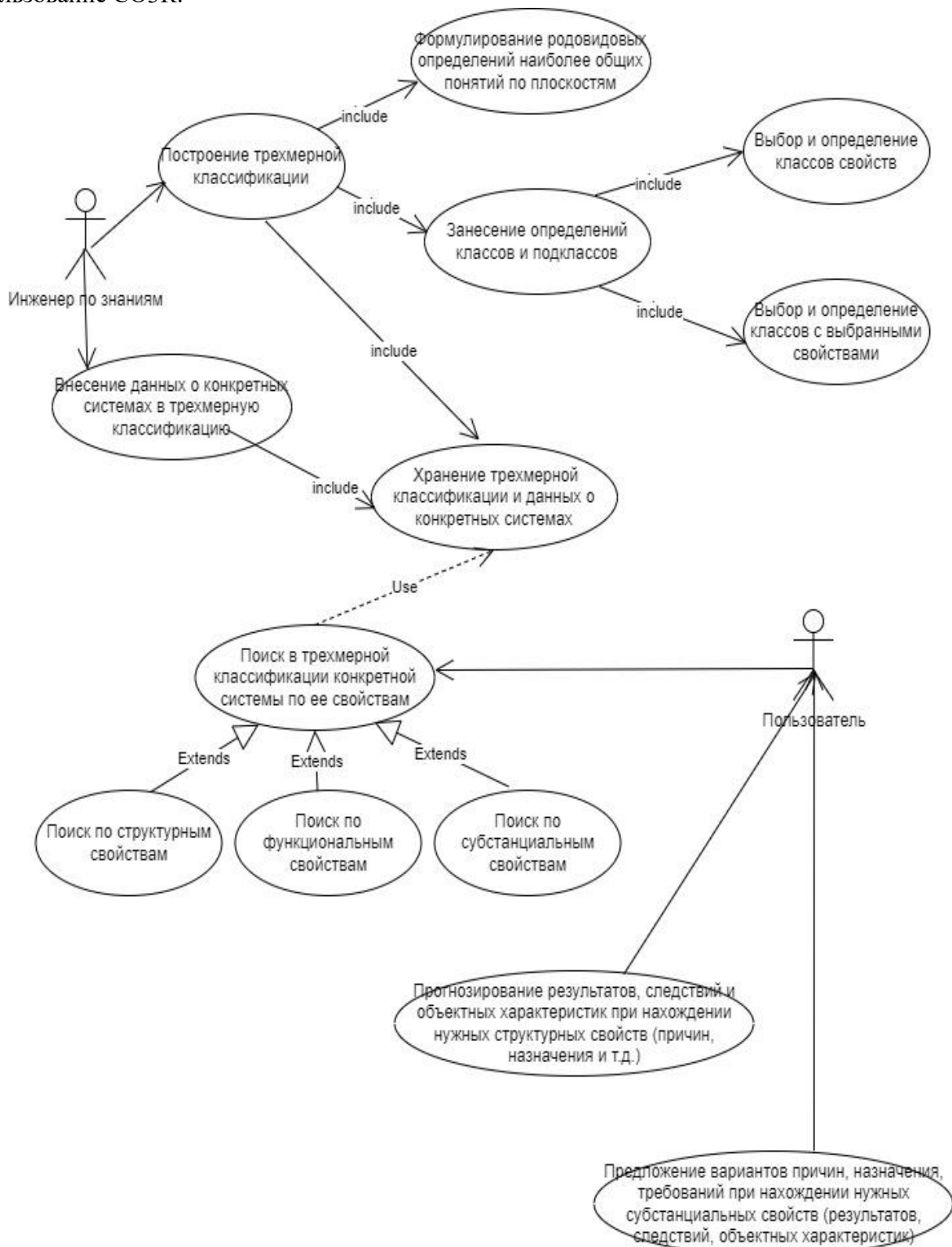


Рис. 6. Диаграмма вариантов использования (прецедентов), описывающая требования к ПО, обеспечивающего построение и использование СОЗК

Fig. 6. Diagram of use cases (precedents), describing the requirements for software that ensures the construction and use of SO3DC

На рисунках 7-9 представлены диаграммы, описывающие процедуры, выполнение которых должно быть обеспечено разрабатываемым программным инструментарием, т.е. построение СОЗК, поддержка управления и прогнозирование. Буквенные обозначения соответствуют работам [2 и 3].

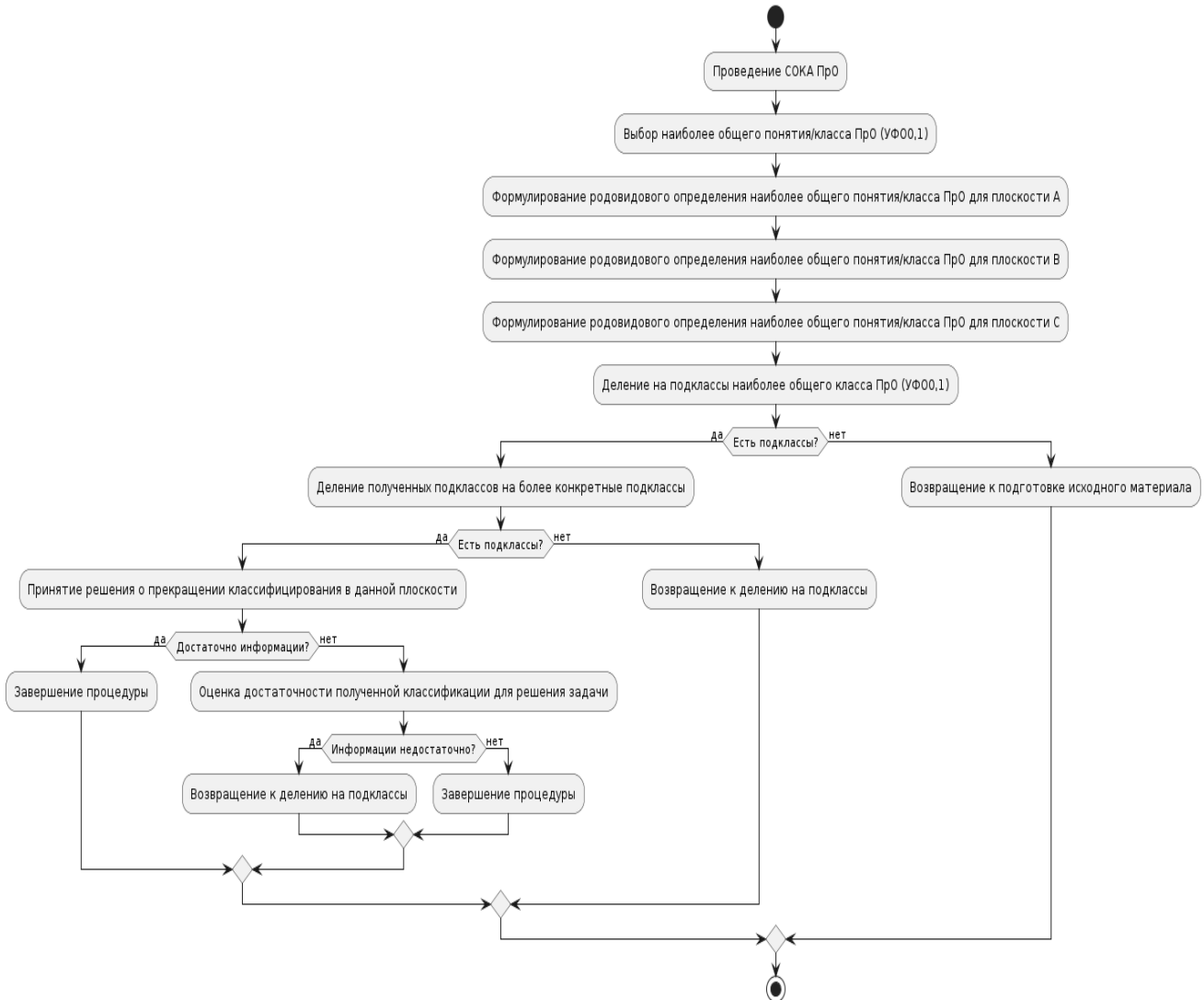


Рис. 7. Диаграмма активности прецедента «Построение трехмерной классификации»  
Fig. 7. Activity diagram of the “Construction of three-dimensional classification” precedent



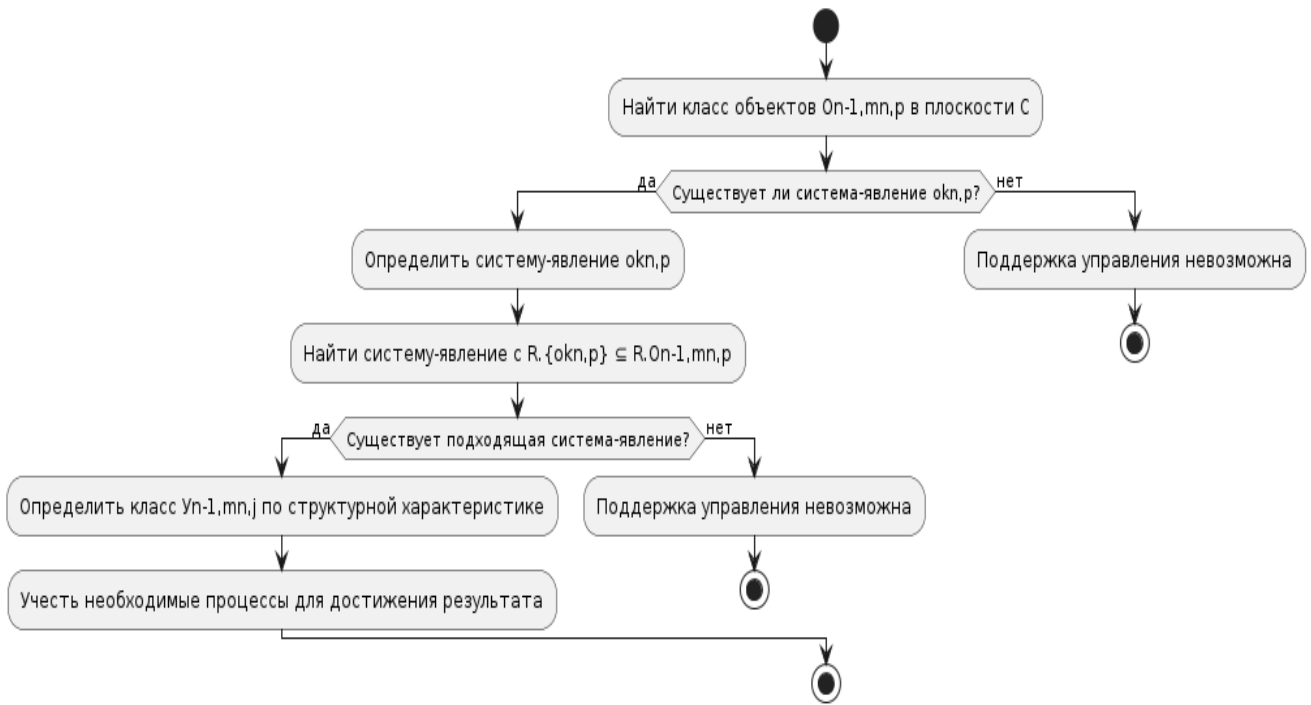


Рис. 8. Диаграмма активности прецедента «Предложение вариантов причин ...»  
Fig. 8. Activity diagram of the precedent “Suggesting options for reasons...”

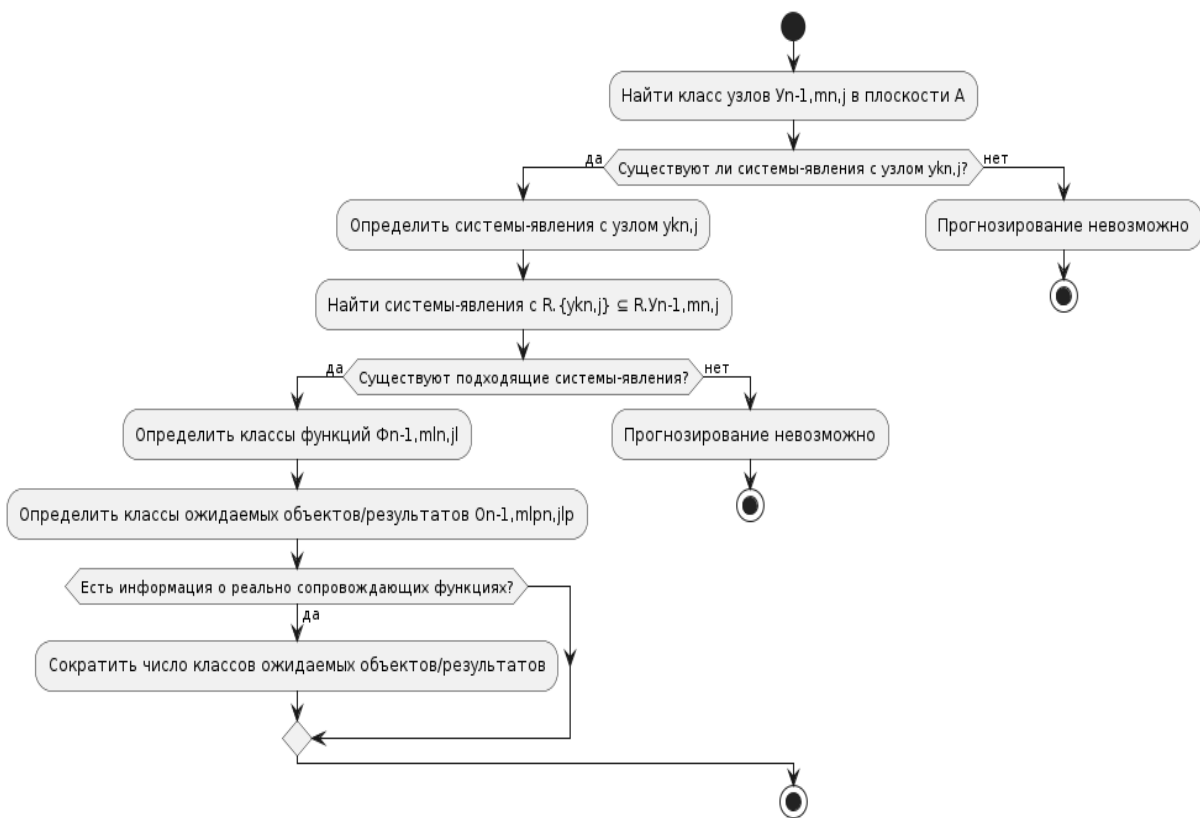


Рис. 9. Диаграмма активности прецедента «Предложение результатов ...»  
Fig. 9. Activity diagram of the “Offering results...” use case

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенные исследования показали необходимость инструментальной поддержки процедур построения и использования СОЗК. При этом показано, что существующие средства, обеспечивающие концептуальное классификационное моделирование (средства онтологического инжиниринга) не годятся для решения таких задач, так как разрабатывались без использования системного подхода, т.е. без учета системных свойств классов и системных отношений между ними. Применение же системного (системно-объектного) подхода позволяет объединить концептуальные и эмпирические знания (знания о концептуальных и материальных системах) в одной модели, что позволяет обеспечивать информационную поддержку прогнозирования и управления.

В целях создания ПО, поддерживающего построение и использование СОЗК, разработан набор функциональных требований к нему в виде UML-диаграммы вариантов использования (прецедентов) и диаграмм активности как потоков событий к ним.

### **Список литературы**

1. Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Системно-объектное классификационное моделирование сложных предметных областей // Экономика. Информатика. №50(1): 152–161. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-1-152-161
2. Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Модель системно-объектной трехмерной базы знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. № 2: 95-109.
3. Маторин С.И., Гуль С.В., Щербинина Н.В. 2023. Трехмерное системно-объектное классифицирование для прогнозирования и поддержки управления // НТИ. Серия 2, № 12: 1-13.
4. Маторин С.И., Гуль С.В. 2023. Системно-объектный классификационный анализ предметной области // Научный результат. Информационные технологии. Т.8, №4: С. 78-86. DOI: 10.18413/2518-1092-2023-8-4-0-8

### **References**

1. Matorin S.I., Gul S.V. 2023. System-Object Classification Modeling of Complex Subject Areas // Economics. Information technologies, 50(1): 152-161 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-1-152-161
2. Matorin S.I., Gul S.V. 2023. Model of System-Object Three-Dimensional Knowledge Base // Artificial Intelligence and Decision Making. № 2: 95-109.
3. Matorin S.I., Gul S.V., Shcherbinina N.V. 2023. Three-dimensional system-object classification for forecasting and management support // NTI. Series 2, No. 12: 1-13.
4. Matorin S.I., Gul S.V. System-object classification analysis of the subject domain // Research result. Information technologies. – Т.8, №4, 2023 – P. 78-86. DOI: 10.18413/2518-1092-2023-8-4-0-8

**Гуль Светлана Владимировна**, старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем  
**Федоренко Алексей Витальевич**, магистрант кафедры информационных и робототехнических систем  
**Маторин Сергей Игоревич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и робототехнических систем

**Gul Svetlana Vladimirovna**, Senior Lecturer, of the Department of Information and Robotic Systems  
**Fedorenko Alexey Vitalevich**, master's student of the Department of Information and Robotic Systems  
**Matorin Sergey Igorevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information and Robotic Systems