

К. И. Костенко, канд. физ.-мат. наук, зав. каф., e-mail: kostenko@kubsu.ru,
Кубанский государственный университет, г. Краснодар

О синтезе реализаций когнитивных целей для задач управления содержанием областей знаний

Определена унифицированная система структурных компонентов для моделирования процессов развития содержания областей знаний, основанного на представлении содержания понятий структурами отношений с другими понятиями. Приведена система классов объектов и отношений между классами, представляемая когнитивной картой и аккумулирующая элементарные и простые знания области деятельности. Рассмотрены представления профессиональных задач и схемы синтеза сложных знаний иерархической структуры, реализующие окрестности объектов разной глубины и обеспечивающие реализацию таких задач.

Ключевые слова: когнитивная карта, когнитивная цель, синтез знания, область знаний, представление знания, управление контентом

Введение

Рассматривается задача управления процессами развития содержания многообразий знаний для произвольных областей деятельности. Она состоит в построении связанных семантических представлений, аккумулирующих описания свойств и соотношений эмпирических и теоретических знаний. Для реализации таких представлений используют разные способы порождения и извлечения знаний из разных источников. Технологии построения баз знаний для произвольных областей знаний составляют взаимодействующие процессы декомпозиции содержания таких областей в многообразие формализованных знаний простой структуры, а также анализа и синтеза структурированных знаний в связанные семантические представления, составляющие основы решения отдельных профессиональных задач. Операциями анализа и синтеза моделируются когнитивные процессы, аналогичные процессам человеческого мышления. Анализ знаний заключается в нахождении значений атрибутов систем знаний с использованием алгебраических и логических инструментов. Процесс синтеза распадается на этапы, связанные с поиском и интеграцией подходящих элементарных и простых знаний в структуры сложных знаний [1]. Синтезируемые структуры являются результатами процессов интеграции знаний, связанных с конкретными когнитивными целями [2]. Достижение таких целей реализуется с использованием преобразований трансформации сложных знаний. Всякая когнитивная цель определяет шаблон синтезируемого знания. Многообразия когнитивных целей отдельных интеллектуальных систем и классы решаемых в них задач определяют классификацию таких систем.

Унифицированная семантическая структура области знаний

Пример унифицированной системы универсальных типов компонентов интеллектуальных систем, соответствующих сформулированным целям моделирования содержания областей знаний, приведен на рис. 1. К базовым инвариантам компонентов такой системы отнесем *сущности, инструменты, источники и содержание области знаний*. Сущности составляют класс объектов, которые являются фокусными для семейства решаемых профессиональных задач. К инструментам относятся средства, используемые для нахождения решений таких задач. Область инструментов составляют классы объектов, определяющих схемы вычислений и анализа значений атрибутов элементов разных классов, а также синтеза сложных структур знаний, применяемых для реализации когнитивных целей, связанных с отдельными профессиональными задачами.

Источники образуют систематизированное описание знаний об объектах, которые содержат знания разных типов, составляющие модель области знаний. Примерами таких источников являются научные публикации, учебники, элементы эмпирических данных и фактов. Ссылки на источники являются одним из способов классификации и группирования знаний. Они позволяют проводить изучение процессов развития областей знаний.

В компоненте содержания области знаний представлено многообразие элементарных и простых знаний с использованием форматов подходящих формализмов представления знаний [2]. Такие знания являются результатом декомпозиции содержания, представленного в источниках, до фрагментов,



Рис. 1. Унифицированные компоненты интеллектуальной системы

дальнейшая атомизация которых не существенна для достижения целей интеллектуальной системы.

Приведенная система компонентов допускает развитие в общий для содержания разных областей деятельности прототип интеллектуальных систем. Его можно реализовать как фрагмент онтологии, составленной классами объектов разных типов (элементарных знаний) и связей между элементами классов (простые знания). Связями реализуется интеграция элементов классов модели в интегрированную семантическую сетевую структуру. Функциональный и логический аспекты унифицированной модели области знаний составляют многообразия морфизмов и предикатов. Они определяют алгебраические и логические операции над элементами классов всякой такой модели. Прототипы конкретных моделей абстрактных и прикладных систем для различных областей знаний образуют расширения общих конструкций, получаемые с помощью операций детализации и конкретизации.

Когнитивная карта системы управления развитием содержания областей знаний

Рассмотрим подробнее составляющие концепции интеллектуальной системы для баз элементарных и простых знаний, связанной с достижением когнитивных целей управления содержанием областей знаний. Для этого детализируем унифицированные компоненты, представленные на рис. 1. Элементарные и простые знания такой системы связаны с процессами описания и связывания новых знаний. Такие знания формируются как результат деятельности научных организаций, коллективов и отдельных исследователей. Для формализации представления содержания выбранной области используем семантические карты [3]. Пример такой карты для информационной структуры интеллектуальной системы рассматриваемого вида деятельности приведен на

рис. 2. Вершины карты соответствуют именованным классам объектов, соответствующих элементарным знаниям, задаваемым с помощью имен. Связи объектов классов представляются на карте одной или несколькими именованными дугами, связывающими пары классов. Уровень сущностей информационной системы реализован классами *задачи, области знаний, организации* и *авторы*. Источниками знаний об элементах перечисленных классов являются *опубликованные научные работы, монографии, учебники, программы* и другие типы ресурсов. Источники содержат результаты интеллектуальной деятельности конкретных авторов, профессиональных и творческих групп. Каждому источнику соответствует семейство интеллектуальных объектов, составляющих такие результаты.

Компонент инструментов приведенной когнитивной карты содержит классы количественных и качественных показателей (атрибутов и сравнений), сущностей из разных классов, алгоритмов и формул нахождения и сравнения значений атрибутов, а также схем работы с произвольными элементами когнитивной карты, обеспечивающей конструирование семантических структур, необходимых для достижения когнитивных целей.

Примерами общеупотребительных атрибутов профессиональной деятельности ученых являются всевозможные индексы, вычисляемые по эмпирическим данным с помощью специальных формул и алгоритмов. Методы нахождения значений указанных атрибутов представлены элементами классов алгоритмов, формул, когнитивных целей и внешних источников. На рис. 3 приведен фрагмент уровня инструментов, в котором представлены знания о методах вычисления значений атрибутов для элементов классов сущностей.

Способы нахождения значений таких атрибутов представлены элементами классов алгоритмов, формул, когнитивных структур и внешних источников.

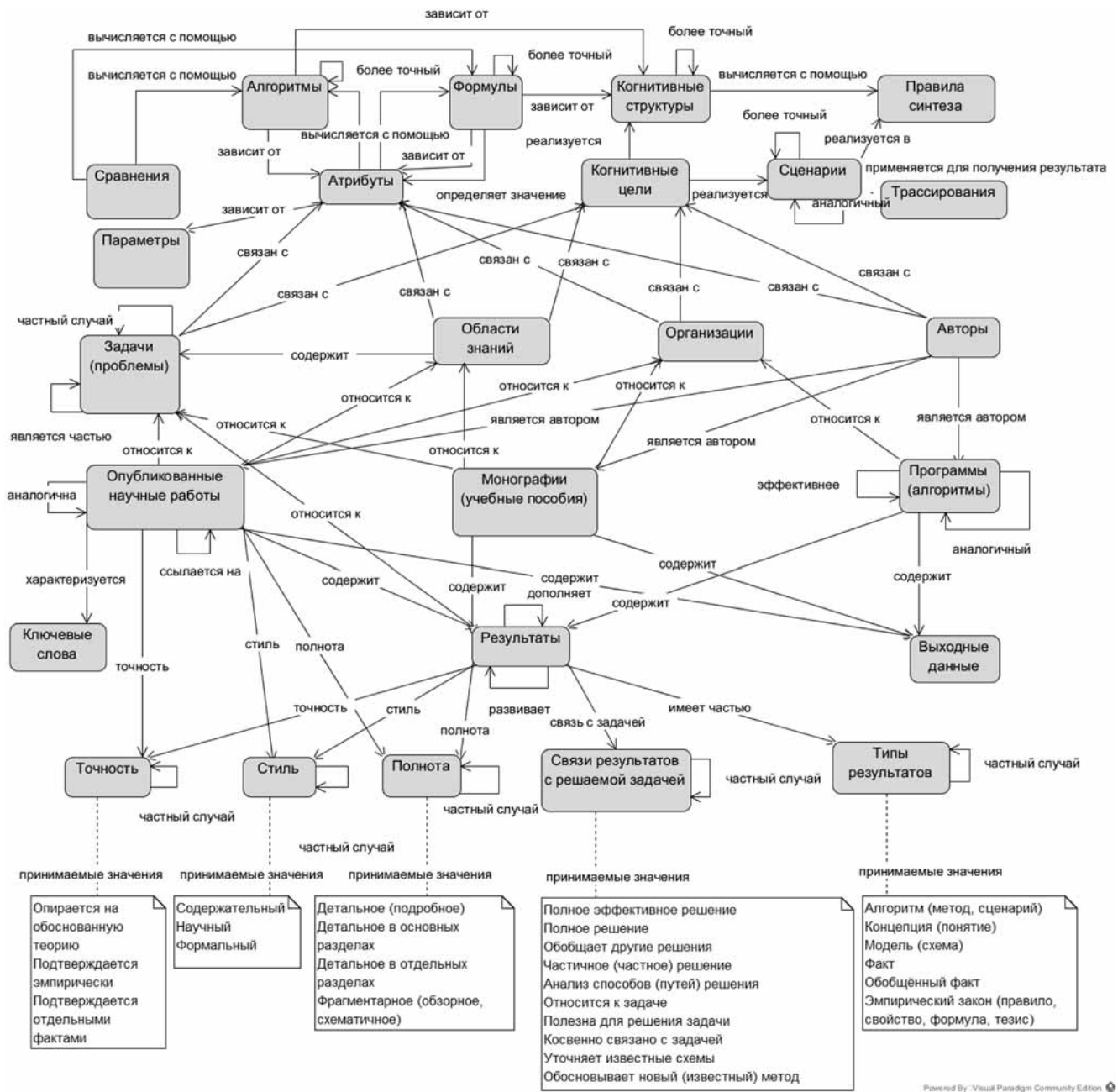


Рис. 2. Семантическая карта управления развитием областей знаний

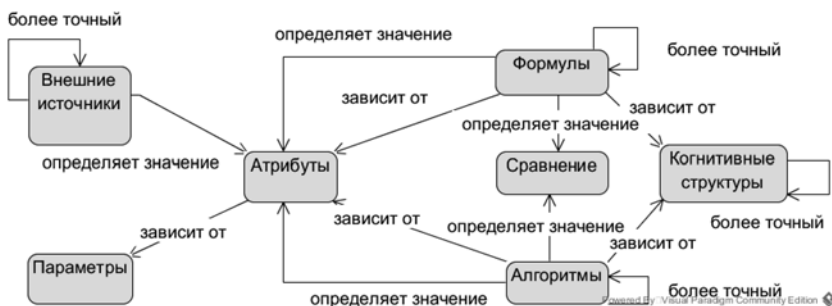


Рис. 3. Фрагмент уровня инструментов когнитивной карты

Основу данного фрагмента составляют класс атрибутов и классы объектов нахождения значений атрибутов, связываемые отношениями *определяет значение* и *зависит от*. Указанные отношения определяют структуру системы знаний, соответствующую формату функциональных сетей [3]. Дополнительное отношение *более точный* позволяет рассматривать разные источники получения значений атрибутов сущностей, обеспечивающих разную точность получаемых

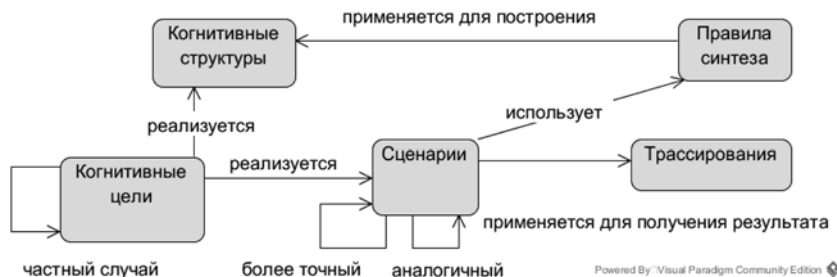


Рис. 4. Фрагмент области инструментов, относящийся к синтезу

с их помощью значений. При этом класс *внешние источники* определяет семейство объектов, интерфейсы с которыми позволяют моделировать операции запроса значений определенных атрибутов, если такие объекты в состоянии их предоставить. Класс когнитивных целей составляют профессиональные задачи, реализация которых связана с составлением связанных семантических представлений (когнитивных структур), рассматриваемых как достижения таких целей [1]. Когнитивные структуры составляют класс, элементами которого являются реализации отдельных когнитивных целей. Эти структуры синтезируются из элементов других классов и отношений между такими элементами. Процесс синтеза задается с помощью правил специального языка [4].

С классом когнитивных целей связан фрагмент области инструментов, элементы которых уточняют способы достижения целей. Пример такого фрагмента приведен на рис. 4.

Многообразие проблем в произвольной области профессиональной деятельности составляет причину проведения разнообразных исследований в ней. Это многообразие упорядочено отношением *является*, а его пополнение отражает процессы развития системы задач, исследуемых в области знаний. Для этого отношения соотношение *a является b* означает, что *a* является частным случаем *b*. Использование иерархии задач для последнего отношения связано

с конструированием окрестностей отдельных задач. С помощью окрестностей интегрируются результаты исследования отдельных задач. Это позволяет анализировать систему результатов исследований, связанных с отдельными задачами области знаний. Схемы формирования окрестностей и сравнений элементов в них связаны с целями построения и последующей обработки окрестностей. На рис. 5 приведен пример фрагмента иерархии задач области знаний, относящийся к задаче изучения и применения сравнений формализмов представления знаний [3].

Задачи области знаний составляют класс, элементы которого задаются своими именами. Пример унифицированной структуры описания отдельной задачи приведен на рис. 6. Описание составляют атрибуты когнитивной цели, идентификатора объекта исследования, исследуемого аспекта объектов, требования к реализации когнитивной цели, варианта применения результата, потребности решения

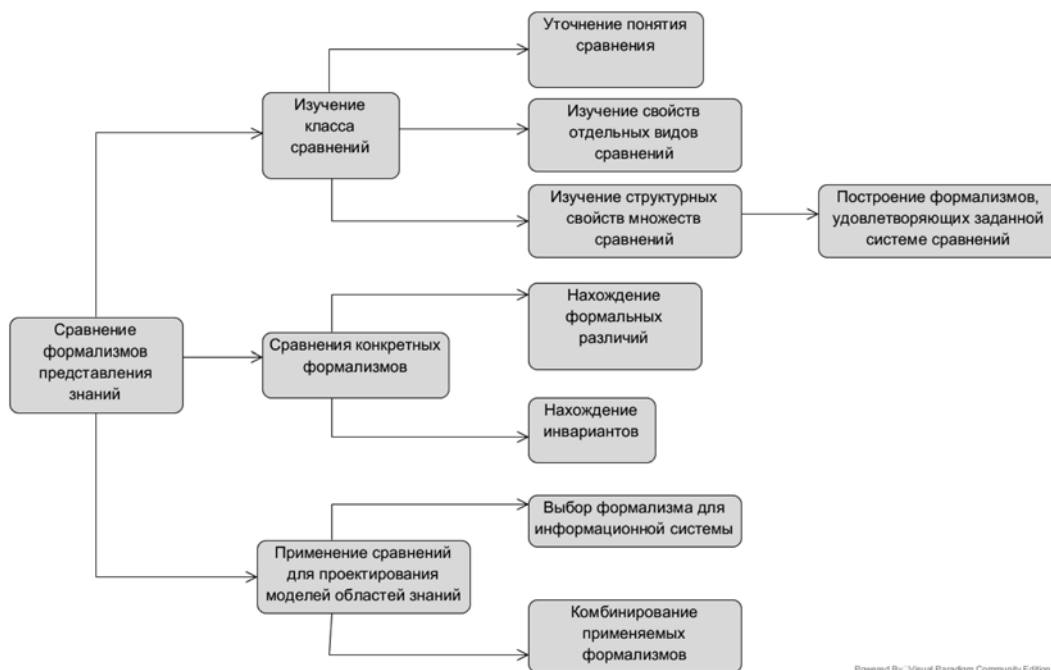


Рис. 5. Фрагмент иерархии проблем области знаний



Рис. 6. Компоненты описания задачи отдельной области знаний

задачи. Полное представление задачи в информационной среде получается с помощью элементов подходящих классов когнитивной карты и отношений между такими элементами. При этом элементами перечисленных классов могут быть стандартные значения, между которыми выполняются подходящие отношения. Примеры возможных значений рассматриваемых атрибутов указаны на рис. 6.

Элементами класса областей знаний являются имена областей деятельности, связанных с созданием и систематизацией конкретных многообразий знаний, объединяемых общностью назначения и использования. Области составляют иерархию в отношении *являться*. Организации составляют группы людей, согласованно ведущих совместную деятельность, связанную с достижением общих целей. Наконец, авторы — это объекты, связанные с получением результатов исследования задач области знаний. Опубликованные результаты деятельности авторов регистрируются в модели области знаний, представленной когнитивной картой.

Компонент источников знаний рис. 2 составлен классами опубликованных научных работ, учебников и монографий, а также программ (алгоритмов). Элементы этих классов связаны отношениями, позволяющими отследить такие общие для науки атрибуты, как авторство публикаций, издания, учреждения, в которых работают авторы, цитирования (ссылки), области знаний, к которым относятся работы, являющиеся источниками знаний.

Класс результатов принадлежит компоненту содержания области знаний. Этот класс составляют

объекты, идентифицирующие отдельные результаты. Содержание объектов задается окрестностями, определяемыми семантическими отношениями с элементами классов, представленных на когнитивной карте. Всякий результат характеризуется набором значений атрибутов, позволяющих оценивать содержание и уровень. К ним относятся роли и фильтры, определяющие назначение и достигаемое в результатах качество, связанное с решением профессиональных задач [3].

Роли результатов представлены классом *тип результата*. Качественные свойства результатов различных авторов научных исследований относятся к фильтрам знаний. Семейство фильтров для приведенной на рис. 2 когнитивной структуры составляют классы *точность*, *стиль*, *полнота*, *связь с решаемой задачей*. Каждый из приведенных классов составляет унифицированное множество значений соответствующего атрибуту результата. При этом атрибут качества *точность* отражает уровень обоснованности, *стиль* — оценку способа изложения содержания работы или отдельного результата. Еще одна качественная характеристика результатов научных исследований представлена классом *связь результата с профессиональной проблемой*. Она характеризует результат с точки зрения завершенности исследования задачи. Элементами класса *тип результата* являются значения, определяющие роли результатов в связанных семантических представлениях, интегрирующих разнообразные результаты, относящиеся к заданной профессиональной проблеме. Приведенные классы содержат значения качественных атрибутов для

результатов решения задач, применимые для разных областей профессиональной деятельности. На рис. 2 приведены фрагменты указанных классов, составленные общеупотребительными значениями соответствующих характеристик результатов.

Классификатор когнитивных целей

Понятие когнитивной цели относится к разделу инструментов рассматриваемой модели интеллектуальных систем. Целями являются объекты, обозначающие отдельные задачи работы со знаниями. Описание всякой цели согласовано с используемым формализмом представления знаний и имеет вид нагруженного бинарного дерева [4]. Для формализма абстрактного пространства знаний все вершины такого дерева размечены элементами классов или символами неизвестных, а внутренние вершины — семантическими отношениями. Реализациями целей являются структуры сложных знаний, задаваемые нагруженными бинарными деревьями. Процессами построения таких структур реализуются сценарии синтеза. Сценарии составляют специальный класс компонента *когнитивные цели и структуры* (см. рис. 1). Для сравнения сценариев применяются отношения точности и эффективности. Со сценариями связаны правила синтеза семантических структур сложных знаний, а также методы извлечения реализаций целей из таких структур (трассирования). Такие методы основаны на монотонных соответствиях вершин структур и их фрагментов, для которых разметки сопоставляемых вершин оказываются сравнимыми [3]. Синтезируемые структуры являются начальными данными формул и алгоритмов области инструментов.

Пример описания простой цели приведен на рис. 7, где A — имя сущности, ρ — семантическое отношение, а X — обозначение фрагмента нагруженного бинарного дерева (конфигурации), являющегося реализацией когнитивной цели, связанной отношением ρ с сущностью A .

Классификация когнитивных целей, рассматриваемой в работе модели области знаний, связана с задачами управления профессиональной научно-иссле-

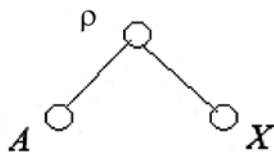


Рис. 7. Описание простой цели



Рис. 8. Иерархия классов целей для сущностей области знаний

довательской деятельностью. Для элементов классов сущностей семантической карты, приведенной на рис. 2, актуальны задачи, связанные с построением и сравнением окрестностей, удовлетворяющих специальным требованиям.

Многообразие когнитивных целей составляет иерархию классов целей для отношения вложения классов. Пример фрагмента такой иерархии, относящегося к классам авторов, проблем и организаций, приведен на рис. 8.

Приведенные на рис. 8 списки конкретных целей связаны с задачами сравнения и анализа результатов деятельности организаций отдельных специалистов.

Моделирование окрестностей авторов и профессиональных задач

Рассмотрим примеры когнитивных целей, относящихся к элементам классов *авторы* и *задачи*. Рассмотрим цель нахождения структурно-семантического представления многообразия результатов профессиональной деятельности отдельного автора. Эта цель реализуется с помощью иерархической когнитивной структуры, интегрирующей сведения об опубликованных работах автора, содержащихся в них результатах, а также отношениях между отдельными результатами. Указанная структура может быть расширена включением в нее ссылок на результаты других авторов, представленные в интеллектуальной системе и обладающие необходимыми свойствами. Для описания целей и схем конструирования семантических структур сложных знаний о многообразии результатов отдельных авторов можно использовать язык конструкций описаний задач и правил синтеза сложных знаний, согласованный с форматами абстрактного пространства знаний [4]. Процесс син-



Рис. 9. Когнитивная структура семейства публикаций автора

теза может быть разбит на несколько этапов, каждый из которых связан с включением в составляемую иерархическую структуру элементов, связываемых конкретным отношением. Такая структура может включать вспомогательные элементы, избыточные для представления реализации рассматриваемой когнитивной цели. Например, это могут быть дополнительные структурные элементы графа развития идеи, отражающие структурные, причинно-следственные и временные зависимости результатов [6]. Рассмотрим последовательность расширений структур сложных знаний, реализующих этапы процесса синтеза. На первом этапе конструируется последовательная серия, составленная публикациями автора. Общий вид такой серии приведен на рис. 9.

Приведенная структура составляет окрестность автора радиуса один для отношения *является автором*. Использованное для конструирования окрестности отношение параллельной серии позволяет интегрировать семейство объектов, связываемых отношением, приписанным корню создаваемой структуры нагруженного бинарного дерева с объектами в висячих вершинах такой структуры.

Приведенная структура интегрирует не всю информацию об авторе, к которой относятся также сведения о содержании опубликованных научных работ автора и связях работ и составляющих их результатов. Расширение структуры, приведенной на рис. 9, связано с включением в нее серий результатов отдельных работ, извлекаемых из фрагмента когнитивной карты для отношения *содержит*, связывающего класс *опубликованные научные работы*, с классом *результаты*. Здесь также используются иерархические структуры, генерируемые отдельно для каждой опубликованной работы и встраиваемые



Рис. 10. Простая структура для многообразия результатов автора

в структуру, приведенную на рис. 9. На рис. 10 представлен общий вид расширенной структуры. Порядок следования публикаций и содержания публикаций из серий результатов рассматриваемого примера может быть произвольным.

Формируемая семантическая структура составляет окрестность автора радиуса два. Она получается заменой вершин отдельных публикаций на структуры из содержащихся в них результатов, связанных с публикациями отношением *содержит результат*. Расширенная семантическая структура интегрирует знания, позволяющие реализовать более сложную классификацию отдельных авторов, чем рассмотренная окрестность радиуса один. Для этого применяются разнообразные количественные и качественные показатели структур, заданные в области инструментов.

Последующие этапы процесса синтеза сложных знаний состоят в построении окрестностей отдельных результатов, расширяющих приведенную на рис. 10 структуру, с использованием отношений между результатами, представленными в когнитивной карте. Для всякого результата формируется несколько последовательных серий результатов, связанных с ним такими отношениями, как *развивает*, *дополняет*, *конкретизирует*, *использует*. Последовательные серии группируются в параллельные серии [4], составленные из серий результатов, связанных с заданным результатом конкретными отношениями. Сформированная указанным образом иерархическая структура образует окрестность автора радиуса три. Она обеспечивает совместное представление представительного разнообразия сведений, отражающих структурно-семантические свойства процессов профессиональной деятельности специалиста. Синтезированная когнитивная структура полезна для анализа и сравнения процессов профессиональной деятельности отдельных авторов и групп специалистов. Подобным образом можно интегрировать сведения об объектах других классов сущностей. Например, для элементов класса задач полезны цели, связанные с синтезом когнитивных структур, позволяющих моделировать сравнение, оценивание, ранжирование процессов исследования задач, реализуемое на основе окрестности задачи, составленной результатами разных авторов.

На рис. 11 приведен пример иерархической структуры результатов, отражающей развитие системы знаний о некоторой задаче, представленной в работах одного или нескольких авторов. Эта структура является реализацией шаблона описания структуры сложного знания, интегрирующего результаты разностороннего исследования заданной профессиональной задачи. Система знаний, связанных с задачей, составлена как последовательная серия иерархических структур, интегрирующих содержа-

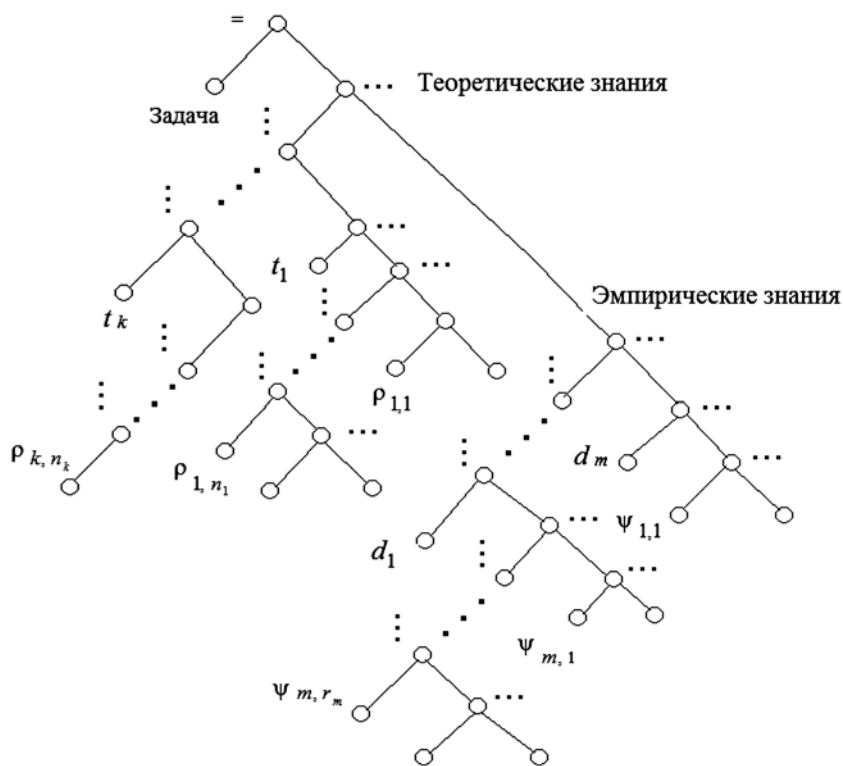


Рис. 11. Инвариантная структура многообразия результатов исследования профессиональной проблемы

ние теоретических (эмпирических) знаний, связанных с этой проблемой.

Заданная структура представляется как параллельная серия основных теоретических (эмпирических) результатов t_1, \dots, t_k (d_1, \dots, d_m). Отбор объектов, составляющих эти серии, осуществляется с использованием подходящих критериев. Для каждого отобранного объекта t_i (d_j) формируется параллельная серия. Ее составляют семантические отношения этого объекта с другими объектами результатов $\rho_{i,1}, \dots, \rho_{i,n_i}$ ($\psi_{j,1}, \dots, \psi_{j,r_j}$), применяемые в когнитивной карте. Знания, связанные с отобранными объектами разными отношениями, группируются в серии, составляющие окрестности указанных объектов. Всякий элемент серии является основой формирования структуры, развертываемой как семейство окрестностей элемента для разных отношений этого элемента с другими объектами.

Заключение

Построение сложных знаний связано с интеграцией элементарных и простых знаний, составляющих элементы онтологий областей знаний, в иерархиче-

ские семантические представления, достаточные для реализации когнитивных целей, связанных с решением профессиональных задач в таких областях. Для этого применяются процессы анализа и синтеза, ассоциируемые с процессами мышления. Результатом анализа является когнитивная карта области деятельности, определяющая онтологию этой области. Для моделирования содержания областей знаний используется концепция когнитивной карты [5]. В настоящей работе применено уточнение этой концепции, позволяющее задавать совместные описания классов объектов и классов отношений между объектами онтологии. Процессы синтеза реализуются с использованием схем и правил составления сложных знаний, интегрирующих элементарные и простые знания в связанные семантические представления [1, 4]. Синтезированные сложные знания являются основой для решения разнообразных профессиональных задач.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-01-00214.

Список литературы

1. Костенко К. И., Лебедева А. П., Левицкий Б. Е. Анализ и синтез когнитивных структур при моделировании содержания областей знаний // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12, № 2. С. 50–55.
2. Engelhart M. D., Furst E. J., Hill W. H., Krathwohl D. R. Taxonomy of educational objectives: The classification Taxonomy of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain / Eds. by B. S. Bloom. New York: David McKay, 1956.
3. Костенко К. И. Формализмы представления знаний и модели интеллектуальных систем. Краснодар: Изд-во Куб. гос. ун-та, 2015. 300 с.
4. Костенко К. И. Моделирование оператора вывода для иерархических формализмов знаний // Программная инженерия. 2016. Т. 7, № 9. С. 424–431.
5. Willage J., Salustri F. A., Neumann W. P. Cognitive mapping: Revealing the links between human factors and strategic goals in organizations // Int. Journal Ind. Ergonomics. 2013. Vol. 42, No. 1. P. 304–313.
6. Налимов В. В., Мульченко З. М. Наукометрия. Изучения развития науки как информационного процесса. М.: Наука, 1969. 192 с.

The Synthesis of Cognitive Goals Implementation for Tasks of Subject Domains Content Management

K. I. Kostenko, kostenko@kubsu.ru, Kuban State University, Krasnodar, 350040, Russian Federation

Corresponding author:

Kostenko Konstantin I., Assistant Professor, Kuban State University, Krasnodar, 350040, Russian Federation
E-mail: kostenko@kubsu.ru

Received on April 12, 2017

Accepted on May 02, 2017

The unified structure defined for components of system that simulates the development processes of knowledge areas content. This structure based on representation of the separate concept properties by means of semantic networks structures that consist of relations between concepts. The system of such components includes the tasks entities, tools, knowledge sources and elementary knowledge of domain content. Such a system extends opportunities of analysis, estimation and management in the area of creating new knowledge and applying it. Detailed structure of classes that realize separate components and relations between classes proposed for professional activity domain that deals with analysis of the semantic representation for set of objects considered as foundation of integrated knowledge area formal description. The domain content representation based on classes of domain exploration results and results attributes. These separate attributes form the special set that includes classes of meanings for completeness, style, level, purpose and truth. The tools component integrates knowledge of objects that realize operation of professional tasks solving processes. This component consists of such classes as parameters, formulas, algorithms, cognitive goals, cognitive structures, scenarios and cognitive structures synthesis rules. Main classes of entities component represent knowledge areas, knowledge areas tasks, authors and organizations. Classes of objects and relations between classes are basic elements of the system represented by the cognitive map. The sources component accumulates knowledge that relates to the announced and published results of authors scientific activities. Such a map represents the knowledge area ontology and accumulates the set of elementary and simple knowledge of simulated professional activity domain. The representations of professional tasks and the scheme of synthesis the complex knowledge as hierarchical structures are considered. Such knowledge structures accumulate objects dependencies and represent the objects neighborhoods of a given depth that provide separate professional tasks realization.

Keywords: cognitive map, cognitive goal, knowledge synthesis, knowledge area, knowledge representation, content management

Acknowledgements: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project nos. 16-01-00214

For citation:

Kostenko K. I. The Synthesis of Cognitive Goals Implementation for Tasks of Subject Domains Content Management, *Programmnyaya Ingeneriya*, 2017, vol. 8, no. 7, pp. 319–327.

DOI: 10.17587/prin.8.319-327

References

1. **Kostenko K. I., Lebedeva A. P., Levitskij B. E.** Analiz i sintez kognitivnyh struktur pri modelirovanii soderzhanija oblastej znanij (Analysis and synthesis of knowledge structures by knowledge areas content simulation), *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 50–55 (in Russian).
2. **Engelhart M. D., Furst E. J., Hill W. H., Krathwohl D. R.** *Taxonomy of educational objectives: The classification Taxonomy of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain* / Eds. by B. S. Bloom, New York: David McKay, 1956.
3. **Kostenko K. I.** *Formalizmy predstavlenija znanij i modeli intellektualnyh sistem* (Knowledge representation formalisms and

intelligent systems models) Krasnodar, Izd-vo Kub. Gos. Un-ta, 2015, 300 p. (in Russian).

4. **Kostenko K. I.** Modelirovanie operatora vyvoda dlja ierarhicheskikh formalizmov znanij (Simulation of inference operator for hierarchical knowledge representation formalisms), *Programmnyaya Ingeneriya*, 2016, vol. 7, no. 9, pp. 424–431 (in Russian).

5. **Willage J., Salustri F. A., Neumann W. P.** Cognitive mapping: Revealing the links between human factors and strategic goals in organizations, *Int. Journal Ind. Ergonomics*, 2013, vol. 42, no. 1, pp. 304–313.

6. **Nalimov V. V., Mulchenko Z. M.** *Naukometriya. Izuchenie razvitiija nauki kak informacionnogo processa* (Naukometriya. Studying of development of science as information process). Moscow, Nauka, 1969, 192 p. (in Russian).