

УДК 004.724

СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЕЕ ПОСТРОЕНИЯ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА

И. А. Буланова, магистрант РГРТУ, Рязань, Россия;

orcid.org/0009-0003-0588-6402, e-mail: bulanova.ivetta@yandex.ru.

А. Н. Пылькин, д.т.н., профессор кафедры ВПМ РГРТУ, Рязань, Россия;

orcid.org/0000-0001-9925-2870, e-mail: pylkin.a.n@rsreu.ru

Рассматривается задача семантического моделирования основной профессиональной образовательной программы. Целью работы являются проектирование и разработка программного обеспечения для построения, визуализации и анализа семантической модели основной профессиональной образовательной программы. Полученная семантическая модель может быть проанализирована для различных целей, в том числе для решения о допустимости перезачета дисциплины при переводе и восстановлении студента. Описан процесс проектирования и разработки программного обеспечения, включая основные алгоритмы по визуализации семантической модели и по сравнению рабочих программ дисциплин. Программное обеспечение реализовано в виде desktop-приложения на языке C#, в качестве СУБД выбрана MS SQL Server, для построения графов используется библиотека Graphviz.

Ключевые слова: формализация предметной области, семантическая модель, основная профессиональная образовательная программа, рабочая программа дисциплины, перезачет дисциплин, графы, Graphviz, программное обеспечение.

DOI: 10.21667/1995-4565-2023-86-133-144

Введение

Для выполнения формализации предметной области часто применяются методы с использованием онтологий [1-7]. Онтология строится как сеть, состоящая из концептов предметной области и связей между ними. Онтологические модели – вариант семантического описания предметной области. Семантическую модель можно представить в виде иерархического ориентированного графа, состоящего из элементов-вершин графа, связанных между собой отношениями-дугами. Онтологии используются различными способами в образовательных системах, в зависимости от задачи, которую они решают.

Во-первых, они используются для моделирования и управления образовательной программой. Образовательная программа и учебный план представляются в виде онтологии, что облегчает задачи управления, анализа и оценки программы. Также такое использование онтологии позволяет разработчикам образовательных программ улучшать их путем определения основных элементов образовательной программы, связывания одних учебных единиц с другими [4].

Во-вторых, онтологии могут использоваться для контроля понятийных знаний учащихся. Представление учащегося о некотором понятии формализуется в виде графа, в идеале представляющего собой подграф семантической модели изучаемой дисциплины. Контроль усвоения обучаемым некоторого понятия предметной области сводится к сравнению подграфа семантической сети и графа, который определяется представлением учащегося [4].

В-третьих, с помощью онтологий можно описать предметные области различных дисциплин и задач обучения, что является наиболее популярным способом использования онтологий. Для надлежащего качества онтологии предметной области ее созданием должен заниматься эксперт в этой области [4].

Существуют различные разработанные онтологические методы структуризации учебного контента, которые успешно внедрены в системы электронного обучения [5-7].

Постановка задачи

Процедура перевода и восстановления студентов предполагает перезачет или переаттестацию дисциплин. Перезачет дисциплин осуществляется в случае, если дисциплины имеют близкие или одинаковые названия и объемы [8]. Процесс сравнения дисциплин не автоматизирован, а задача сравнения достаточно трудоемкая, так как требуется сравнение содержания рабочих программ дисциплин.

Онтологические и семантические модели способны формализовать предметную область, в данном случае образовательные и рабочие программы, после чего можно анализировать их содержание.

Структуризация учебного процесса с помощью онтологических и семантических моделей позволяет повысить эффективность образовательных и рабочих программ путем анализа этих моделей. Формализация образовательных и рабочих программ в виде семантической модели Программное обеспечение, позволяющее строить и анализировать семантическую модель ОПОП, позволит пользователю решать разные задачи от проверки содержания РПД до решения о допустимости перезачета дисциплины при переводе или восстановлении студента.

Теоретическая часть

Предметной областью в программной системе являются основная профессиональная образовательная программа (ОПОП) и рабочая программа дисциплины (РПД).

ОПОП – комплекс основных характеристик образования (объем, содержание, планируемые результаты), организационно-педагогических условий, форм аттестации, который представлен в виде учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин (модулей), программ практик, государственных итоговых аттестаций, фонда оценочных средств и методических материалов. Результатом освоения ОПОП являются компетенции.

РПД определяет содержание и порядок освоения каждой дисциплины, соответствующей ОПОП. РПД содержит список разделов (тем), которые включают занятия различного типа. Дисциплина имеет одну или несколько форм промежуточной аттестации, например зачет или экзамен и курсовая работа. Дисциплина, раздел (тема), занятие, форма аттестации имеют определенную трудоемкость.

Занятия могут быть следующих типов: лекционное занятие, лабораторная работа, практическое занятие, самостоятельная работа и т.д. Формы аттестации – зачет, зачет с оценкой, экзамен, а также семестровые работы – курсовая работа, курсовой проект. Эти понятия будут использоваться для построения семантической модели образовательной программы.

Также в дисциплине можно выделить ключевые слова – понятия, которые характеризуют определенный объем знаний, освоенный студентом в ходе занятий. Под понятием подразумевается определенный объем знаний, который может отличаться для разных дисциплин. Для описания понятия в глоссарии дается развернутое определение, отражающее его содержание для конкретной дисциплины. Таким образом, в семантической модели можно выделить следующие типы узлов: направления, дисциплины, элементы дисциплины: разделы (темы) и занятия, понятия, компетенции, формы аттестации.

Между узлами семантической модели существуют отношения, которые описываются в виде связей. Отношения типа «содержит» являются иерархическими, то есть связывают родительский и дочерний узлы. Узел-дисциплина может иметь исходящие связи к узлам-компетенциям, так как компетенции являются результатом освоения дисциплин. Узел-понятие может иметь входящие или исходящие связи к узлам-занятиям. Связи понятий и занятий могут быть внутридисциплинарными, когда понятие связано с занятиями только одной дисциплины, и могут быть междисциплинарными, когда понятие связано с занятиями нескольких дисциплин.

Семантическую модель SM можно описать формулой

$$SM = \langle el, ar, F \rangle,$$

где el – множество элементов, ar – множество связей, F – множество функций.

На рисунке 1 приведен один из возможных вариантов семантической модели ОПОП. ОПОП (направление) содержит дисциплины и компетенции. Компетенции связаны с дисциплинами. Дисциплины состоят из тем, которые состоят из занятий разных типов. Дисциплины также содержат понятия. Понятия имеют входящие и исходящие связи к занятиям. «Понятие 3» и «Понятие 4», принадлежащие «Дисциплине 1» имеют междисциплинарные связи (тип линий 4) и внутридисциплинарные связи (тип линий 3). Остальные понятия имеют только внутридисциплинарные связи (тип линий 2).

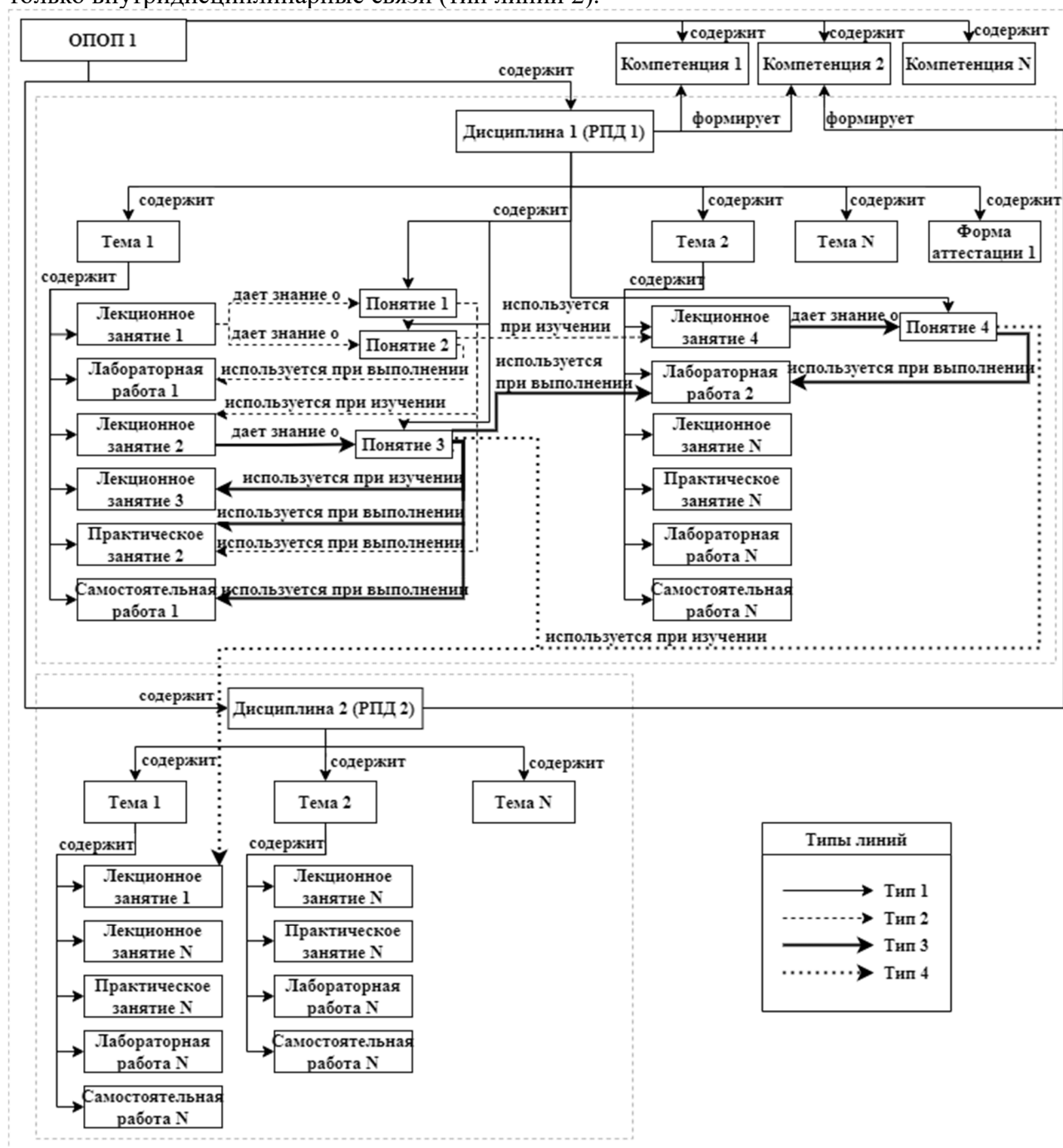


Рисунок 1 – Семантическая модель ОПОП

Figure 1 – Semantic model of MPEP

Проектирование ПО

По необходимому функционалу программной системы ее можно разделить на несколько программных модулей. На рисунке 2 приведена архитектура программной системы.

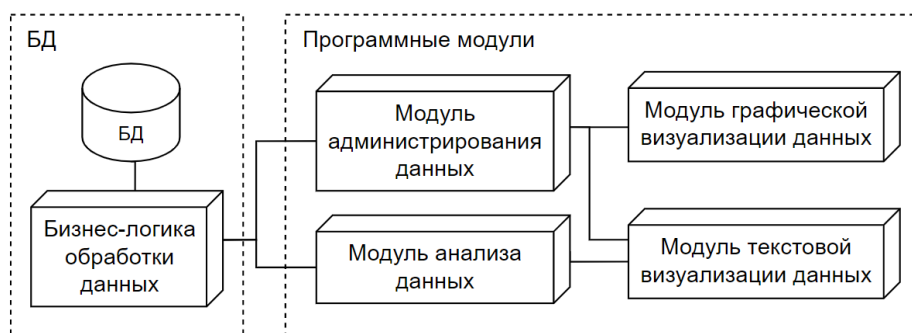


Рисунок 2 – Архитектура программной системы

Figure 2 – Software system architecture

Функциональные возможности модулей программной системы описаны ниже.

1. Модуль администрирования данных предоставляет пользовательский интерфейс для управления данными (добавление, изменение, удаление, получение данных) [9].

2. Модуль анализа данных реализует алгоритмы анализа данных в рамках предметной области [12].

3. Модуль текстовой визуализации данных предоставляет пользовательский интерфейс отображения данных и результатов анализа данных в табличном виде [9-11].

4. Модуль графической визуализации данных предоставляет пользовательский интерфейс отображения исходных данных в виде графа [10, 11].

Для модулей реализованы соответствующие классы.

Модуль графической визуализации включает функцию по построению графа семантической модели с корневым узлом, выбранным пользователем. Алгоритм представлен следующей последовательностью шагов:

Шаг 1. Построение иерархии графа из данных БД. Корнем графа является узел, выбранный пользователем. Полученная из БД таблица содержит все дочерние узлы корневого узла.

Шаг 2. Формирование графа на языке описания графов DOT. Выполняется рекурсивно до тех пор, пока у текущего узла не будет дочерних узлов. «Граф» - это объект класса, который описывает граф ортогонального представления на языке DOT и содержит метод по переводу графа в текстовый файл. Граф заполняется кластерами, элементами и связями между элементами. Результатом этого этапа является текстовый файл формата .dot.

Шаг 3. Расчет размещения графа с помощью Graphviz. Исполняемый файл dot.exe библиотеки Graphviz принимает файл .dot и генерирует файл изображения графа в формате .svg, который является результатом этого этапа. Файл .dot автоматически удаляется после генерации изображения графа, а файл .svg выводится пользователю.

Модуль анализа данных включает функцию сравнения двух дисциплин на предмет содержания для определения допустимости перезачета одной дисциплины другой дисциплиной. Алгоритм представлен следующей последовательностью шагов:

Шаг 1. Вывод информации о формах аттестации двух дисциплин. Дисциплина № 1 – это дисциплина, которая должна быть перезачтена, а дисциплина № 2 – дисциплина, которая должна перезачесть дисциплину № 1.

Шаг 2. Сравнение занятий дисциплины № 2 со всеми занятиями дисциплины № 1. Ищутся совпадения в текстах занятий, при этом типы занятий (лекционное, практическое и т.д.) должны совпадать. Фрагменты текста занятия из дисциплины № 2 могут совпадать с фрагментами текста нескольких занятий из дисциплины № 1.

Шаг 3. Подсчет и вывод общего процента совпадения занятий в темах дисциплины № 2.

Шаг 4. Вывод информации о незакрытых занятиях из дисциплины № 2 и неиспользованных занятий из дисциплины № 1.

Результатом работы алгоритма будет визуальное отображение процентов совпадения занятий и тем в дереве дисциплины № 2 путем окраски элементов дерева, а также вывод более подробной информации о сравнении дисциплин в текстовом виде. Подробная информация должна содержать подсчитанные проценты закрытия занятий по содержанию, трудоемкости и общие проценты. Также подробная информация должна содержать формы аттестации, их трудоемкость и трудоемкость самих дисциплин.

Экспериментальная часть

Разработанное ПО предоставляет пользователю функции по администрированию данных семантической модели, ее визуализации и анализу. Текстовая визуализация семантической модели представлена в виде таблиц и иерархических деревьев, графическая визуализация – в виде графов. Построенный граф дисциплины приведен на рисунке 3.

Модуль анализа данных предоставляет функцию по сравнению двух дисциплин. Рассмотрим основные этапы процесса сравнения дисциплин на примере дисциплин «Визуальное программирование» для двух различных ОПОП. Результат сравнения этих дисциплин представлен на рисунке 4.

Дерево дисциплины, которая должна быть перезачтена: зеленым цветом обозначены занятия, которые закрывают какие-либо занятия во второй дисциплине, красным – занятия, которые не совпали ни с одним занятием второй дисциплины. Как видно на примере, в первой дисциплине красным отмечены практические занятия, что означает, что вторая дисциплина не содержит таких практических занятий и не может их закрыть.

Дерево дисциплины, которая должна перезачесть первую дисциплину: чем больше процент совпадения текста занятия с занятиями первой дисциплины, тем интенсивнее зеленый цвет. Если занятие не закрывается ни одним занятием первой дисциплины, оно выделяется красным. Если общий процент совпадения по занятиям в теме больше 50 %, она выделяется зеленым цветом, иначе – красным. Как видно на примере, во второй дисциплине занятия окрашены зеленым разной степени интенсивности, что означает, что они полностью или частично закрываются занятиями первой дисциплины.

Более подробная информация при сравнении выводится при нажатии на кнопку ∨ («Подробнее»), как показано на рисунке 5.

В начале выводится информация о дисциплинах, их трудоемкости и формах аттестации. После выводится список тем второй дисциплины с их занятиями. У занятий выводятся процент закрытия текста занятия занятиями первой дисциплины, две трудоемкости в формате «xx->xx», где первое число означает общую трудоемкость совпавших занятий в первой дисциплине, а второе – трудоемкость занятия второй дисциплины. После выводится текст занятия, где зеленым цветом обозначены закрытые части занятия, а черным – незакрытые. После занятий темы выводится три процента закрытия темы: по содержанию, по часам и общий.

В конце текстового поля выводится информация о незакрытых занятиях первой и второй дисциплин (рисунок 6).

На примере видно, что трудоемкость дисциплин и их формы аттестации совпадают. Большинство занятий закрывается, но не всегда со стопроцентным совпадением по часам и по названию занятия. Тем не менее, общий процент закрытия для всех тем больше 70 %. В конце показан список незакрытых занятий из первой дисциплины, которыми оказались практические занятия.

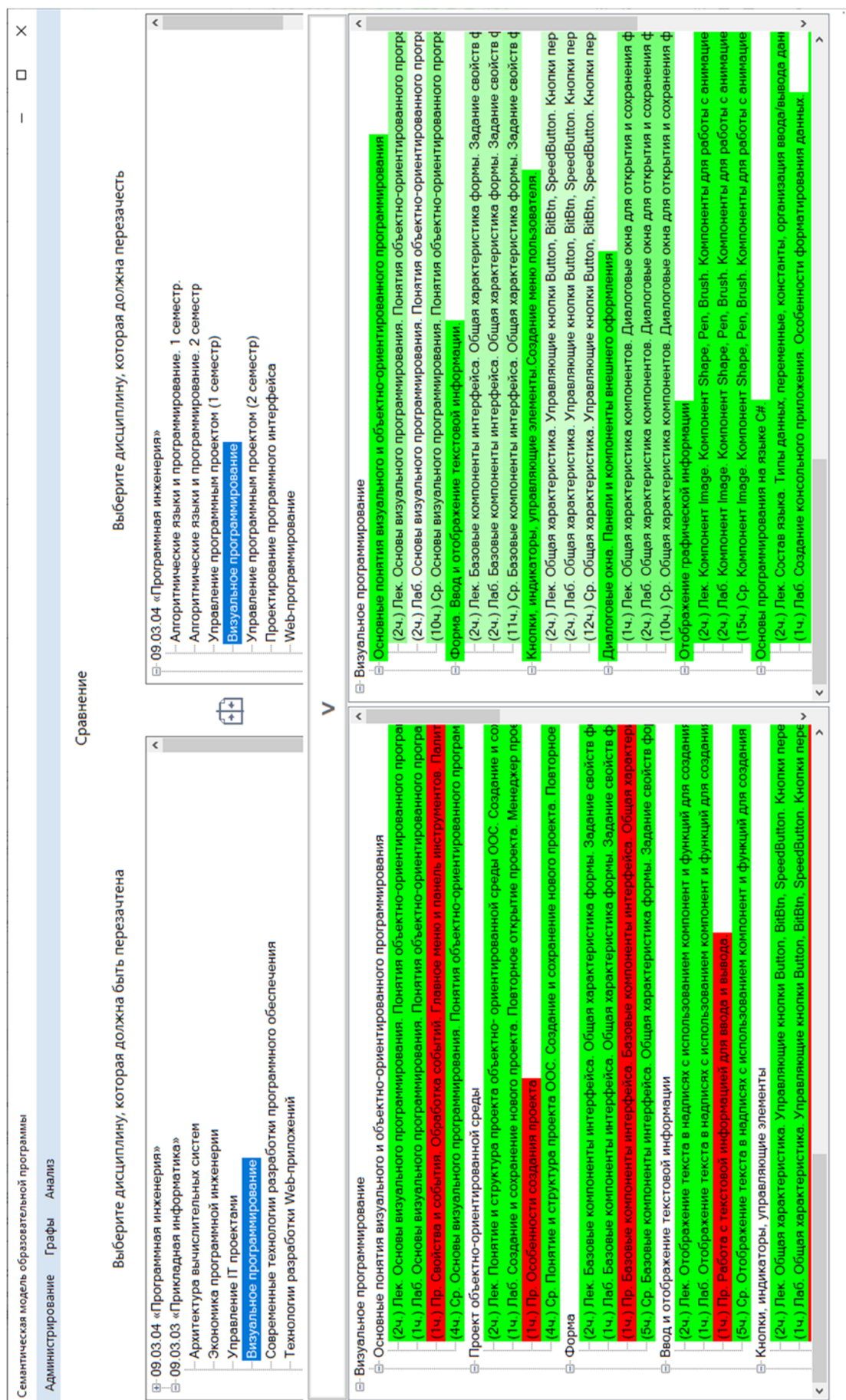


Рисунок 4 – Сравнение дисциплин «Визуальное программирование»
Figure 4 – Comparison of «Visual Programming» disciplines

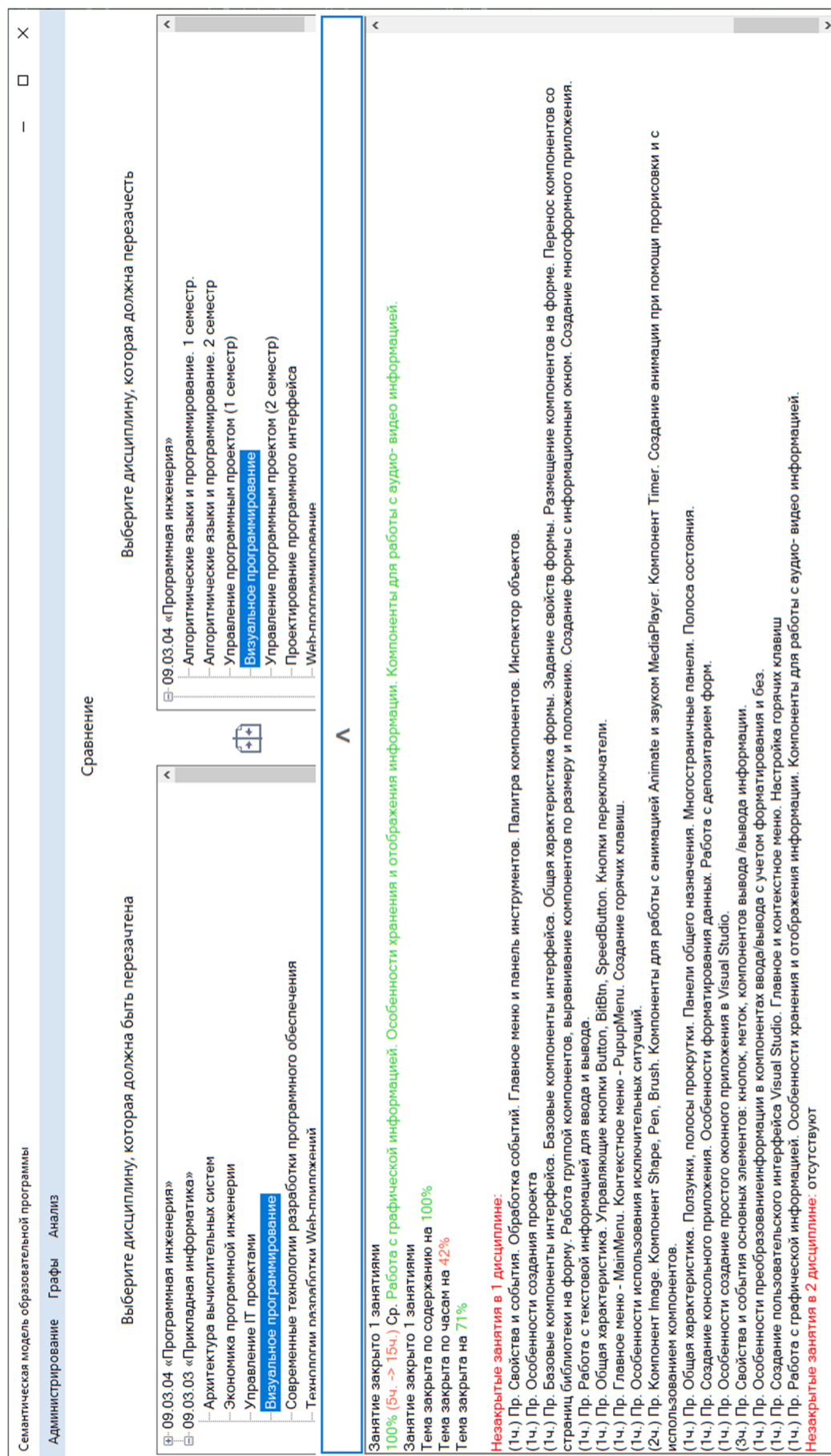


Рисунок 6 – Списки незакрытых занятий дисциплин
Figure 6 – Lists of uncovered classes of disciplines

Заключение

Спроектированная и разработанная программная система позволяет построить и отобразить семантические модели образовательной программы и рабочих программ и выполнить их анализ для принятия решения о перезачете дисциплин. Семантическая модель анализируется на предмет определения допустимости перезачета дисциплин для перевода или восстановления студента посредством сравнения их РПД.

В рассмотренном примере сравниваются две дисциплины из двух различных ОПОП. Процент их совпадения зависит от процентов совпадения тем, который, в свою очередь, рассчитывается по проценту совпадения занятий в этих темах. Списки незакрытых занятий позволяют учесть занятия, которые не могут быть сопоставлены с какими-либо занятиями из другой дисциплины. Таким образом, эксперт получает информацию о сравнении двух дисциплин, которой он может руководствоваться при решении о перезачете дисциплин.

Модуль анализа данных семантической модели может быть расширен другими функциями, например по поиску понятий по определенным критериям или по визуальному сравнению графов дисциплин. Семантическая модель ОПОП позволит сравнивать не только РПД, но и ОПОП.

Разработанная семантическая модель ОПОП и программная система могут быть использованы в высших и средних учебных заведениях методистами и разработчиками РПД и ОПОП, а также специалистами, занимающимися переводом и восстановлением студентов.

Библиографический список

1. **Каширин Д.И., Каширин И.Ю.** Модели представления знаний в системах искусственного интеллекта // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2010. № 31. С. 36-43.
2. **Крошилина С.В., Крошилин А.В.** Применение нечетко-множественного подхода для построения нечетких экспертных систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2007. № 22. С. 69-73.
3. **Пылькин А.Н., Крошилин А.В., Крошилина С.В.** Построение модели оценки состояния здоровья пациента в медицинских экспертных системах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2012. № 41. С. 64-70.
4. **Смирнова Е.В., Добрица Е.К., Демиденко Н.О.** Использование онтологий в образовательных процессах // Проблемы современной науки и образования. – Иваново, 2017. – № 22. – С. 70-74.
5. **Ручкин В.Н., Фулин В.А.** Использование онтологического метода структуризации учебного контента // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула, 2014. – №6. – С. 168-174.
6. **Зеленко Л.С., Шумская Е.А.** Разработка онтологической модели учебного курса для систем электронного дистанционного обучения // Программные продукты и системы. – Тверь, 2018. – №1. – С. 56-59.
7. **Попов Д.В., Макушкина Л.А.** Исследование методов построения конвертера онтологических моделей курса // Современные научные исследования и инновации. – Москва, 2014. – № 1. – С. 4-7.
8. Порядок зачета в РГРТУ результатов освоения обучающимися учебных предметов, курсов дисциплин (модулей), дополнительных образовательных программ в других организациях, осуществляющих образовательную деятельность. [Текст] : РД Выпуск 01-2018: утв. реш. Ученого совета РГРТУ 30.03.18.
9. **Бобылева Е.В., Буланова И.А., Пылькин А.Н.** Семантическая модель рабочей программы учебной дисциплины // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2022 [Текст]: сб. тр. V междунар. науч.-техн. форума: Т.4. Рязанский государственный радиотехнический университет. Рязань, 2022 – С. 61-64.
10. **Буланова И.А., Попов Д.И., Пылькин А.Н.** Построение семантической модели рабочей программы учебной дисциплины высшего образования // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межв. сб. науч. трудов. Рязанский государственный радиотехнический университет. Рязань, 2023 – С. 21-24.
11. **Буланова И.А., Пылькин А.Н.** Представление рабочей программы учебной дисциплины в виде семантической сети // Естественнонаучные основы медико-биологических знаний: Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием

«Естественнонаучные основы медико-биологических знаний», посвященной 80-летию ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань, 2023. - С. 47-49.

12. Буланова И.А. Анализ семантической модели рабочей программы учебной дисциплины высшего образования // 70-я студенческая научно-техническая конференция – СНТК-2023: материалы конференции, Рязанский государственный радиотехнический университет. Рязань, 2023 – С. 46.

UDC 004.724

SEMANTIC MODEL OF THE MAIN PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAM AND SOFTWARE FOR ITS CONSTRUCTION, VISUALIZATION AND ANALYSIS

I. A. Bulanova, master student, RSREU, Russia;

orcid.org/0009-0003-0588-6402, e-mail: bulanova.ivetta@yandex.ru.

A. N. Pylkin, Dr. in technical sciences, professor of CAM department, RSREU, Ryazan, Russia;

orcid.org/0000-0001-9925-2870, e-mail: pylkin.a.n@rsreu.ru

The article considers the problem of semantic modeling of the main professional educational program. The aim is to design and develop software for constructing, visualizing and analyzing the semantic model of the main professional educational program. The resulting semantic model can be analyzed for various purposes, including deciding on the permissibility of re-crediting a course when transferring and reinstating a student. The article describes the process of software design and development, including the main algorithms for visualizing the semantic model and comparing the working programs of disciplines. The software is implemented as a desktop application in C#, MS SQL Server is selected as the DBMS and the library Graphviz is used to build graphs.

Keywords: subject area formalization, semantic model, main professional educational program, curriculum of the discipline, re-credit of disciplines, graphs, Graphviz, software.

DOI: 10.21667/1995-4565-2023-86-133-144

References

1. Kashirin D.I., Kashirin I.Ju. Modeli predstavlenija znanij v sistemah iskusstvenno-go intellekta. Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta. 2010, no. 31, pp. 36-43. (in Russian).
2. Kroshilina S.V., Kroshilin A.V. Primenenie nechetko-mnozhestvennogo podhoda dlja po-stroenija nechetkih jekspertnyh sistem. Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta. 2007, no 22, pp. 69-73. (in Russian).
3. Pylkin A.N., Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. Postroenie modeli ocenki sostoja-nija zdorov'ja paci-enta v medicinskih jekspertnyh sistemah. Vestnik Rjazanskogo gosudarstven-nogo radiotekhnicheskogo uni-versiteta. 2012, no. 41, pp. 64-70. (in Russian).
4. Smirnova E.V., Dobrica E.K., Demidenko N.O. Ispol'zovanie ontologij v obrazova-tel'nyh proces-sah. Problemy sovremennoj nauki i obrazovanija. – Ivanovo, 2017, no. 22, pp.70-74. (in Russian).
5. Ruchkin V.N., Fulin V.A. Ispol'zovanie ontologicheskogo metoda strukturizacii ucheb-nogo konten-ta. Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki. Tula, 2014. no. 6, pp. 168-174. (in Russian).
6. Zelenko L.S., Shumskaja E.A. Razrabotka ontologicheskoy modeli uchebnogo kursa dlja sistem jel-ektronного distancionного obuchenija. Programmnye produkty i sistemy. Tver', 2018, no. 1, pp. 56-59. (in Russian).
7. Popov D.V., Makushkina L.A. Issledovanie metodov postroenija konvertera ontologi-cheskih modelej kursa. Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. Moskva, 2014. no. 1, pp. 4-7. (in Russian).
8. Porjadok zacheta v RGRTU rezul'tatov osvoenija obuchajushhimisja uchebnyh predmetov, kursov disciplin (modulej), dopolnitel'nyh obrazovatel'nyh programm v drugih organizacijah, osushhestvlyajushhih obrazovatel'nuju dejatel'nost'. [Tekst] : RD Vypusk 01-2018: utv. resh. Uchenogo soveta RGRTU 30.03.18. (in Russian).

9. **Bobyleva E.V., Bulanova I.A., Pylkin A.N.** Semanticheskaja model' rabochej pro-grammy uchebnoj discipliny *Sovremennye tehnologii v nauke i obrazovanii* – STNO-2022 [Tekst]: sb. tr. V mezhdunar. nauch.-tehn. foruma: vol.4. Rjazanskij gosudarstvennyj radio-tehnicheskij universitet. Rjazan', 2022, pp. 61-64. (in Russian).

10. **Bulanova I.A., Popov D.I., Pylkin A.N.** Postroenie semanticheskoi modeli rabo-chej programmy uchebnoj discipliny vysshego obrazovanija. *Matematicheskoe i programmnoe obespechenie vychislitel'nyh sistem*: mezhv. sb. nauch. trudov. Rjazanskij gosudarstvennyj ra-diotehnicheskij universitet. Rjazan', 2023, pp. 21-24. (in Russian).

11. **Bulanova I.A., Pylkin A.N.** Predstavlenie rabochej programmy uchebnoj discipli-ny v vide seman-ticheskoi seti *Estestvennonauchnye osnovy mediko-biologicheskikh znaniy*: Sbornik dokladov IV Vserossijskoj konferencii studentov i molodyh uchenyh s mezhdunarod-nym uchastiem «Estestvennonauchnye osnovy mediko-biologicheskikh znaniy», posvjashhennoj 80-letiju FGBOU VO RjazGMU Minzdrava Rossii. – Rjazan', 2023, pp. 47-49. (in Russian).

12. **Bulanova I.A.** Analiz semanticheskoi modeli rabochej programmy uchebnoj discipliny vysshego obrazovanija. *70-ja studencheskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija – SNTK-2023*: materialy konferencii, Rjazanskij gosudarstvennyj radiotehnicheskij universitet. Rjazan', 2023, pp. 46. (in Russian).