

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ)

А. Р. ФАХРУЛЛИНА

Аннотация. Представлен обзор результатов исследования и разработки математического и программного обеспечения для проектирования предметно-ориентированной информационно-управляющей системы (ИУС) образовательно-производственной среды (ОПС). Предметом исследования являются предметно-ориентированные языки и методы системной инженерии, математического и программного обеспечения и средства их реализации для проектирования предметно-ориентированной ИУС. Целью работы является повышение эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС исходя из условий идентификации и прослеживаемости на основе разработки математического и программного обеспечения ОПС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1. Провести анализ существующих подходов и методов формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области. 2. Разработать метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области. 3. Разработать методику формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области. 4. Разработать комплексную модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области. 5. Разработать структуру программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области. Для решения задач использованы базовые положения методологии теории систем и системного анализа, системного моделирования, метод непрерывного улучшения качества бизнес-процессов, математический аппарат теории нечетких множеств, теории категорий. В качестве средства моделирования были применены методологии SADT (включая IDEF0, IDEF3 и IDEF1X), BPMS, BPMN и др. Для обработки разнородных данных и метаданных предметно-ориентированной ИУС были использованы методы объектно-ориентированного и системного программирования на основе клиент-серверной архитектуры.

Ключевые слова: образовательно-производственная среда; единое информационное пространство; информационная система; теория категорий; теория множеств; бизнес-процесс; PDCA; BPMN; Moodle.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при проектировании программных систем широко используется математическое и программное обеспечение, позволяющее формировать информационное взаимодействие объектов между вузом и предприятием, образующих образовательно-производственную среду (ОПС) для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем с учетом выполнения условий идентификации и прослеживаемости. Однако для обработки множества разнородных данных и метаданных в программных системах ОПС требуются формализация и структурирование образующегося контента, учитывая при этом предметно-ориентированную направленность.

Большинство предметно-ориентированных программных систем настроено на применение web-портальных и кроссплатформенных технологий, позволяющих совмещать различные сервисы, в том числе в форме гетерогенного хранилища данных ОПС. Ряд веб-портальных и кроссплатформенных технологий пополняются такими системами электронного обучения (СЭО), как Прометей, Educon, Mirapolis, AcademicNT, Sakai, MyWebCT, Moodle, основанными на технологии web 2.0, системами управления проектами в соответствии со стандартом PMBoK (Microsoft Project, PM Expert, Битрикс, Projects Manager, 1С «Проектный офис», Teamcenter PLM «Управления проектами» и др.), системами автоматизации управления бизнес-процессами социальной BPM-лаборатории, включающую программное обеспечение Norus (Карлсруэ, Германия), а также системами электронного документооборота (WSS Docs, Дело, Евфрат, Lotus Notes). Такие веб-портальные и кроссплатформенные технологии в большинстве представляют предметно-ориентированные информационно-управляющие системы (ИУС) и часто в организациях используются автономно, а не комплексно, при этом не выполняя обработку разнородных данных и метаданных из условий идентификации и прослеживаемости информационных объектов.

Таким образом, актуальной проблемой становится исследование процессов унификации информации в программах, программных комплексах и системах при проектировании предметно-ориентированной ИУС в соответствии международным стандартам ISO/IEC 15288 «Системная инженерия» и ISO 9001 «Система менеджмента качества», то есть возникает вопрос разработки новых моделей и методов проектирования предметно-ориентированной ИУС на примере программного обеспечения ОПС с применением системных моделей.

СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ

В своей работе автор опирается на труды отечественных и зарубежных ученых: в области математического и программного обеспечения моделей интеграционных процессов разнородных данных, системного проектирования и разработки информационно-управляющих систем – А. В. Речкалова, Г. Г. Куликова, А. П. Бельтюкова и др.; в области информационных моделей данных – Н. И. Юсуповой, О. Н. Сметаниной, В. В. Миронова; в области управления и теории систем и системного анализа, распределенной обработки данных, а также управления процессами в открытом информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений – А. Обервайза, Ю. Ф. Тельнова, Н. В. Тихомировой, Д. Ш. Султановой, М. Б. Гузаирова и др.; в области моделей передачи данных – А. Х. Султанова; в области менеджмента качества – У. Э. Деминга, У. Л. Шухарта, Б. Смита и др.; в области информационного и программного обеспечения поддержки жизненного цикла (ЖЦ) сложных систем – И. А. Кривошеева, А. И. Левина, Е. В. Судова, И. П. Норенкова и др.; в области менеджмента качества, моделирования и программной реализации бизнес-процессов – М. Хаммера, Дж. Чампи, Д. Росса, Г. Н. Калянова и др., в области построения и применения нечетких моделей, систем и их программной реализации – Л. Заде и др. [1–5].

Проведенным анализом, в рамках проектирования предметно-ориентированной ИУС, на примере вуза и предприятия установлено, что для обработки разнородных данных и метаданных необходимо учитывать специфические особенности программного обеспечения ОПС, которые в недостаточной степени изучены и требуют исследований, направленных на разработку метода, методики, моделей формализации структуры контента программного обеспечения из условий идентификации и прослеживаемости.

Объектом исследования является математическое и программное обеспечение для проектирования предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области. Предметом исследования являются предметно-ориентированные языки и методы системной инженерии, математического и программного обеспечения и средства их реализации для проектирования предметно-ориентированной ИУС. Целью является повышение эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС исходя из условий идентификации и прослеживаемости на основе разработки

математического и программного обеспечения ОПС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих подходов и методов формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

2. Разработать метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

3. Разработать методику формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

4. Разработать комплексную модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

5. Разработать структуру программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

Проведенный анализ известных подходов и методов формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области на примере вуза и предприятия показал, что интеграционные процессы разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС могут осуществляться за счет совмещения программного обеспечения используемого в производственной деятельности предприятия, а также в образовательной деятельности вуза. Рассмотрение проблематики разработки новых средств программного обеспечения интеграционных процессов разнородных данных для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области с применением системных моделей позволило обосновать выбор средств на основе веб-портальных и кроссплатформенных технологий, необходимых для проектирования предметно-ориентированной ИУС.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ

В рассматриваемой предметной области на примере вуза и предприятия, можно выделить:
 A – множество моделей бизнес-процессов объекта вуз;

B – множество моделей бизнес-процессов объекта предприятие;

$C = A \cap B \neq \emptyset$, где C – это множество моделей бизнес-процессов объекта координационный центр (КЦ), образующихся при взаимодействии объектов A и B .

В рамках данного исследования под информационным объектом (ИО) понимается описание некоторой сущности реального объекта и его процессов в виде совокупности логически связанных информационных элементов, а также их взаимодействия, пересечения, объединения и т. д.

Так, первоначально бизнес-процессы множества объектов A, B нецелесообразно описывать целиком, так как цель формализации разрабатываемого метода – структурирование действий процесса совместной подготовки обучающихся по требованиям CALS и проектного управления, поэтому далее рассматриваем и формализуем их взаимодействие в виде интеграционных процессов.

В соответствии с требованиями стандарта ISO/IEC 15288 «Системная инженерия» наиболее важным процессом во взаимодействии двух объектов (вуза и предприятия), образующем третий – координационный центр (КЦ), является процесс соглашения. Процесс соглашения можно обозначить PS . В процессе соглашения участвуют лица, принимающие решение (ЛПР) – участники КЦ. У каждого ЛПР существует своя роль. Независимо от того, являются ли ЛПР пользователями или операторами, они представляют собой сложные агенты системы,

поведение которых зачастую трудно предсказать. Для описания процессов соглашения в работе используется методология структурного анализа и проектирования SADT.

Взаимодействие между двумя бизнес-процессами вуза и предприятия образуют совместный бизнес-процесс. В нотации IDEF0 данный процесс A_1 можно представить в виде функциональной схемы (рисунок 1).

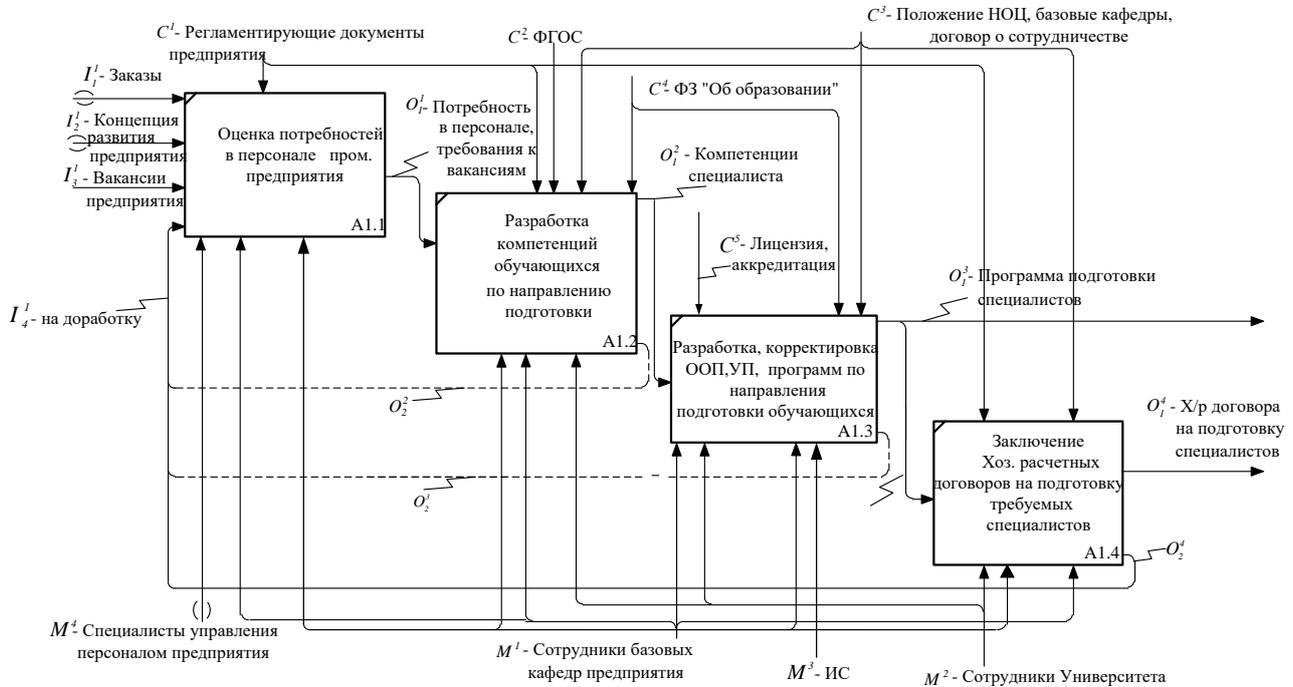


Рис. 1 Декомпозиция функциональной модели процесса «Провести мероприятия по удовлетворению потребностей предприятия в специалистах».

$$A_1 = \{A_{1.1}, \dots, A_{1.4}\},$$

где A_1 – функция вербального описания процесса «Мероприятия по удовлетворению потребностей предприятия в специалистах», $\{A_{1.1}, \dots, A_{1.4}\}$ – множество подпроцессов.

$$A_{1.1} = (I_1^1, I_2^1, I_3^1, I_4^1, O_1^1, C^1, M^1, M^3, M^4), \quad I_4^1 = (O_2^2, O_2^3, O_2^4),$$

где C – множество управляющих воздействий, M – множество участников КЦ.

$$\begin{aligned} A_{1.2} &= (O_1^1, O_1^2, O_2^2, C^1, C^2, C^3, C^4, M^1, M^2, M^3), \\ A_{1.3} &= (O_1^2, O_1^3, O_2^3, C^3, C^4, C^5, M^1, M^2, M^3), \\ A_{1.4} &= (O_1^3, O_1^4, O_2^4, C^1, C^3, M^1, M^2, M^3). \end{aligned}$$

Процесс $A_{1.2}$ «Разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» можно представить в виде сценария в нотации IDEF3 (рисунок 2).

Сотрудники вуза и базовых кафедр, отвечающие за подготовку обучающихся, должны постоянно анализировать и оценивать спрос на актуальные направления подготовки обучающихся в виде потребностей – f_1 . Совместно с сотрудниками предприятия сотрудниками базовых кафедр в соответствии с требованиями к квалификации персонала предприятия разрабатываются компетенции по направлениям подготовки f_3^1, f_3^2, f_3^3 и согласовываются f_4 .

Рассмотрим теоретико-множественную модель «Разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» и обозначим её $F_2(x_2)$, где x_2 – вектор характеристик квалификации направления подготовки, $x_2 = \{x_2^1, x_2^2, \dots, x_2^m\} = \{x_2^i: i = 1, \dots, m\}$, i – порядковый номер направления подготовки, m – количество направлений подготовки.

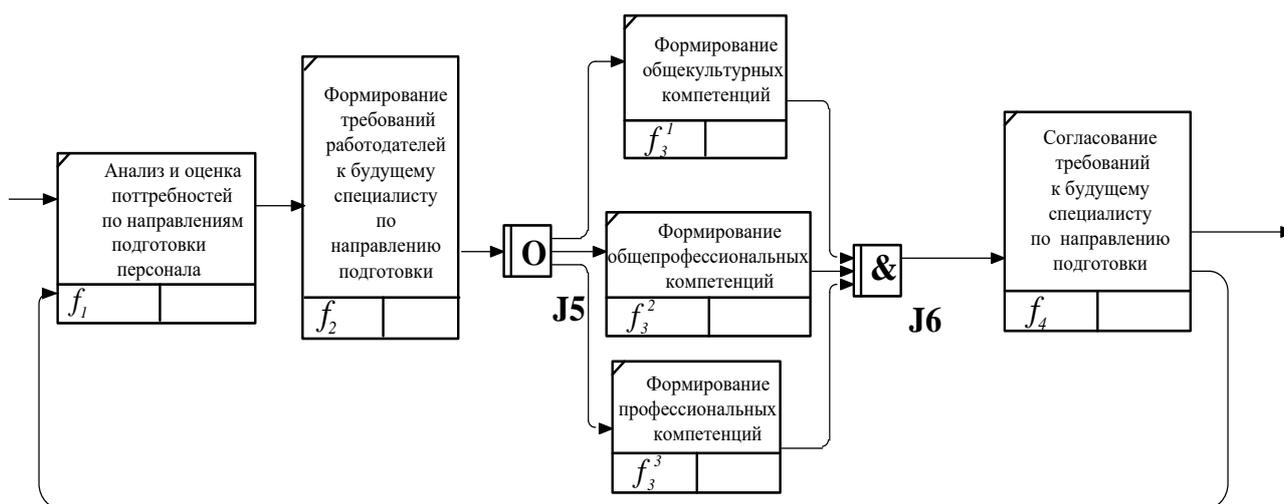


Рис. 2 Сценарий «Разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» в нотации IDEF3.

$$F_2(x_2) = f_1 \circ f_2 \circ J_5(f_2, f_3(f_3^1, f_3^2, f_3^3)) \circ J_6(f_3(f_3^1, f_3^2, f_3^3), f_4) \circ f_4,$$

где \circ – операция взаимодействия.

Подробнее можно записать как

$$F_2(x_2) = f_1(x_2) \circ f_2(x_2) \circ J_5(f_2(x_2), f_3(f_3^1(x_2), f_3^2(x_2), f_3^3(x_2))) \circ J_6(f_3(x_2)(f_3^1(x_2), f_3^2(x_2), f_3^3(x_2)), f_4(x_2)) \circ f_4(x_2).$$

Формирование требований работодателей к будущему бакалавру, специалисту по направлениям подготовки можно представить в виде

$$f'_3 = (f_1 \cap f_2) \cap (f_3^1 \circ f_3^2 \circ f_3^3). \tag{1}$$

Выделим в каждой части множеств идентификационные (a_1) и неформализованные (a_3) атрибуты, для этого введем обозначения:

$$f_1 = \langle f_1 a_1, f_1 a_3 \rangle, \quad f_2 = \langle f_2 a_1, f_2 a_3 \rangle, \\ f_3^1 = \langle f_3^1 a_1, f_3^1 a_3 \rangle, \quad f_3^2 = \langle f_3^2 a_1, f_3^2 a_3 \rangle, \quad f_3^3 = \langle f_3^3 a_1, f_3^3 a_3 \rangle.$$

Подставим полученные значения в формулу (1) и получим

$$f'_3 = (\langle f_1 a_1, f_1 a_3 \rangle \cap \langle f_2 a_1, f_2 a_3 \rangle) \cap \left(\langle f_3^1 a_1, f_3^1 a_3 \rangle \circ \langle f_3^2 a_1, f_3^2 a_3 \rangle \circ \langle f_3^3 a_1, f_3^3 a_3 \rangle \right),$$

где $f'_1 a_1$ – общая часть $f_1 a_1$ и $f_2 a_1$ – представляет собой требования работодателей к обучающимся по направлению подготовки.

$f'_1 a_3 = \emptyset$, так как операция композиции в данном случае есть операция пересечения, то результат для не формализованных атрибутов $= \emptyset$.

$f_3 a_1$ – сумма $f_3^1 a_1$, $f_3^2 a_1$ и $f_3^3 a_1$ – представляет собой формирование компетенций к обучающимся по направлению подготовки.

$f_3 a_3 = \emptyset$, так как операция композиции в данном случае есть операция пересечения, то результат для не формализованных атрибутов $= \emptyset$.

Подставим значения и получим: $f'_3 = \langle f'_1 a_1 \cap f_3 a_1, \emptyset \rangle$.

Таким образом, формируются компетенции обучающихся по направлению подготовки на основе анализа и оценки потребностей работодателей в специалистах, сформированные компетенции принимают значения {«сформированы», «не сформированы»}. Аналогичным образом описываются другие процессы. Формализованные идентификационные атрибуты (ко-

довое число, кодовое слово) используют общий словарь для построения структуры программного обеспечения в форме реализации референтной модели предметно-ориентированной ИУС.

Метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области на примере интеграционных процессов разнородных данных и метаданных вуза и предприятия можно представить в виде последовательности действий:

- 1) определения основных интеграционных процессов разнородных данных и метаданных, с учетом особенности вуза и предприятия;
- 2) разработки модели интеграционных бизнес-процессов разнородных данных и метаданных подготовки обучающихся, позволяющей определить, как взаимодействует вуз и предприятие, формализуются их бизнес-процессы;
- 3) разработки моделей процессов ЖЦ системы подготовки обучающихся в виде сценариев;
- 4) моделирования стадий ЖЦ процессов подготовки обучающихся с применением разработанных моделей для построения общего словаря и выявления знаний в форме логических правил.

Все эти действия нацелены на решение задачи формирования структуры программного обеспечения информационной среды и служат для дальнейшей организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем, а также для построения структуры программного обеспечения в форме реализации референтной модели ОПС. Кроме того, предложенный метод позволяет оперативно оценить необходимость изменения структуры ОПС, детальная проработка этого вопроса рассмотрена в следующей главе.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ

Для формализации интеграционных процессов разнородных данных и метаданных при определении правил взаимодействия бизнес-процессов и информационных ресурсов в информационной среде требуется наличие формальной модели совершенствования учебного процесса и определение структуры предметно-ориентированной ИУС. Формальная модель разработана на основе теории множеств [6, 7].

Введем следующие обозначения:

$\Phi(St)$ – функция, характеризующая уровень знаний, умений и владений обучаемого St ;

R – множество целей учебного процесса, зафиксированных в соответствующих регламентирующих документах (ООП, учебных планах, программах практик и итоговой аттестации, рабочих программах и др.):

$$R = \{r_1, \dots, r_d\};$$

$Z(R)$ – функция получения регламентирующей документации (учебных планов, программ практик, рабочих программ дисциплин, фондов оценочных средств (ФОС) и др.) на основе множества целей;

$Y(R)$ – функция стандартизации полученного опыта, на основе которого может быть сформировано множество уточненных целей;

$F = \{f_1, \dots, f_{i_1}\} \in Q$ – функция, описывающая требования к уровню знаний, умений, владений у обучаемых со стороны государства;

$\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_{i_2}\} \in M$ – функция, описывающая требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей;

$H = \{h_1, \dots, h_{i_3}\} \in M$ – функция, описывающая требования учебного управления вуза к уровню обучаемых направления подготовки);

M – множество требований работодателей к специалисту;

Q – множество (совокупность) знаний, умений, владений, удовлетворяющих требованиям государства, то есть эталонная модель обучаемого.

Из множества требований работодателей к специалисту M можем выделить подмножество $V = \{V_1, \dots, V_m\}$, которое используется в основных критериях оценок и не противоречит вышестоящим функциям.

Аналогично, из множества Q можем также выделить подмножество $X = \{X_1, \dots, X_n\}$, которое используется в основных критериях оценок учебным управлением университета, и подмножество $L = \{L_1, \dots, L_k\}$, которое используется в основных критериях оценок органами в сфере образования РФ. Можем ввести следующие обозначения:

$GC_u(X)$ – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения учебного управления университета;

$GC_r(V)$ – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения предприятия-работодателя;

$GC_{ra}(L)$ – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения органов в сфере образования РФ (Министерство образования и науки РФ, Росаккредагентство и др.).

В процессе обучения имеющиеся у объекта St знания, умения и владения пополняются новыми значениями $\Phi'(St)$, которые определены функцией целей учебного процесса $Z(R)$. Речь идет о некотором полилинейном отображении

$$f: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'(St),$$

которое может быть рассмотрено в виде объектов некоторой категории. То есть если

$$f: \Phi(\mathbf{St}) \times Z(R) \rightarrow \Phi'1(St), \quad g: \Phi(\mathbf{St}) \times Z(R) \rightarrow \Phi'2(St),$$

то морфизм $f \rightarrow g$ может быть определен, как гомоморфизм

$$h: \Phi'1(St) \rightarrow \Phi'2(St),$$

для которого коммутативна диаграмма

$$\Phi(\mathbf{St}) \times Z(R) \begin{matrix} \xrightarrow{r \nearrow \Phi'_1(St)} \\ \downarrow h \\ \xrightarrow{g \searrow \Phi'_2(St)} \end{matrix}$$

универсальный объект этой диаграммы есть тензорное произведение $\Phi(St)$ и $Z(R)$.

То есть имеет вид

$$\Phi'(St) = \Phi(St) \otimes Z(R),$$

где знак \otimes – тензорное произведение, которое отражает взаимодействие элементов множеств по какому-либо правилу.

Значение величины $\Phi'(St)$ определяется по результатам текущей, промежуточной, итоговой аттестации. Проверка критерия $\Phi(St) \geq F$ осуществляется, например, в форме федерального интернет-экзамена в сфере профессионального образования, федерального интернет-экзамена для выпускников и иных формах независимой проверки качества подготовки обучающихся на соответствие знаний требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО).

Учебное управление вуза в соответствии с требованиями предприятия (работодателей) к уровню знаний, умений, владений обучаемых вводит изменения в основную образовательную программу, нагрузку по дисциплинам и др.

Обозначим через Y функцию, характеризующую результат учебного процесса, которая формируется на основании системы критериев

$$\begin{cases} \Phi(St) \geq \Psi, \\ \Phi(St) \geq F. \end{cases}$$

В результате формируется множество

$$Y'(R) = \Phi(St),$$

на основе которого может быть сформировано множество уточненных целей R' , представленных формулой

$$R' = R \otimes Y'(R).$$

Учитывая приведенные рассуждения, формирование новых регламентирующих документов может быть представлено формулой

$$Z'(R) = Z(R) \otimes R'.$$

Изменения, поступающие с внешнего контура качества, например, изменение конкурентной среды предприятия-работодателя, изменение документов, регламентирующих процесс государственной аккредитации, отражаются на характеристиках учебного процесса: корректируются и совершенствуются учебные планы, рабочие программы, нормативно-распорядительные документы вуза и т. п. Между объектами выбранных подмножеств критериев каждого ведомства (GC_u , GC_r , GC_{ra}) могут быть установлены соответствия, реализующие сопоставление (отображение) критерия определенному критерию другого ведомства. То есть существуют X_i , V_j , L_e , при которых эти значения либо равны:

$$GC_u(X_i) = GC_r(V_j) = GC_{ra}(L_e),$$

где $i \in [1, n]$, $j \in [1, m]$, $e \in [1, k]$, либо существуют их отображения между собой. Данные подмножества образуют категории, для каждой пары объектов которых задано множество морфизмов. Причем выполняются аксиомы теории категорий (операция композиции ассоциативна и тождественный морфизм действует тривиально). Связь между объектами категорий реализуют отображения, сохраняющие структуру – функторы. Объектами в этой категории являются множества, морфизмами – отображения множеств. Можно сделать следующий вывод: приведенное подмножество критериев оценки образует класс объектов. Для любых двух объектов из данного класса (обозначим $GC_u(X_1)$ и $GC_u(X_2)$) установлено множество морфизмов

$$\text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_2)),$$

для которых определена их композиция, например,

$$\begin{aligned} g_{GC_u} &\in \text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_2)), \\ f_{GC_u} &\in \text{Hom}(GC_u(X_2), GC_u(X_3)), \\ g_{GC_u} \circ f_{GC_u} &\in \text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_3)). \end{aligned}$$

При этом операция композиции ассоциативна, и тождественный морфизм действует тривиально, то есть подмножество критериев оценки на стадиях ЖЦ учебного управления университета образует категорию множеств. Проводя аналогичные рассуждения для $GC_r(V)$ и $GC_{ra}(L)$, приходим к тем же результатам. Отсюда в качестве объектов учета можем принять множество характеристик обучающихся – Stq , определив им в качестве параметров подмножества X , V и L , по значениям которых может определяться степень соответствия приведенным выше критериям, то есть

$$Stq = \langle X, V, L \rangle.$$

Взаимодействие внешнего контура качества для значения величин, с учебным процессом представимо диаграммой, где представлены объекты внешнего контура качества в виде многомерных матриц приведенных выше критериев: для предприятий-работодателей – $GC_r(V)$, органов в сфере образования РФ – $GC_{ra}(L)$, учебного управления университета – $GC_u(X)$. В результате внешний контур качества образует вертикальные связи в виде совокупности взаимосвязанных задач, направленных на достижение критериев описанных выше, т.е. бизнес-процессов, при выполнении следующих условий (возможности совместимости ведомственных критериев):

$$GC_u(Stq)GC_{ra}(Stq)^1 \neq \emptyset, \quad GC_u(Stq)GC_r(Stq) \neq \emptyset.$$

Учитывая наличие рекуррентных соотношений внутри модели совершенствования учебного процесса и наличие описанной выше связи между объектами категорий, реализующих отображения, с сохранением структур (функторов), представляется возможным для совместного процесса применить принцип организации цикла Деминга, а также детализировать в виде процессных моделей в нотации BPMN, которые в дальнейшем реализуются в виде интерактивных сценариев в автоматизированных веб-портальных приложениях и позволяют непрерывно обрабатывать, анализировать разнородные данные и совершенствовать учебный процесс в ОПС. Построена схема алгоритма совершенствования учебного процесса с учетом требований внешнего контура качества [8, 9].

Таким образом, методика формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в ОПС включает семантическую модель совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества. Учет семантики взаимодействия объектов в ОПС, а также динамики изменения их характеристик в течение ЖЦ систем позволяет сформировать единое гетерогенное хранилище данных для систематизации процессов сбора и обработки разнородных данных и метаданных исходя из условий идентификации и прослеживаемости об учебном процессе, облегчить поиск и увеличить скорость доступа к ним и реализуется в одной из известных нотаций, например, BPMN – нотации динамического моделирования в виде конкретных сценариев в интерактивном режиме подсистем ИУС, например, системы электронного обучения (СЭО) Moodle [10–13].

Рассматривается разработка комплексной модели программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, позволяющая организовать информационную среду ОПС. Сформированы структура и параметры комплекса технических программ и программных систем, необходимых для взаимодействия обучающихся со специалистами предприятия в ОПС, формируется контент предметно-ориентированной ИУС, определяются необходимые информационно-коммуникационные технологии для обработки разнородных данных и метаданных в форме модели интеграции информационных ресурсов.

Модель интеграции информационных ресурсов вуза и предприятия обеспечивает централизованное управление структурой программного обеспечения на основе контента предметно-ориентированной ИУС. Инфраструктура сформирована на основе современных информационно-коммуникационных технологий и специальных профессионально-ориентированных технологий, так называемых кроссплатформенных технологий, включающих: Intranet внутреннюю сеть организаций, глобальную сеть по технологии Web 2.0, СЭО, CMS – систему управления контентом, социальный ВРМ (Horus Social Labs) и др.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕФЕРЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем определяется назначение и функции используемых программных систем комплексной модели. Совокупность программного комплекса образует информационную среду предметно-ориентированной ИУС. Для предоставления пользователям ОПС всевозможного доступа построена структура программного обеспечения, фрагмент структуры представлен на рисунке 3.

Структура программного обеспечения в дальнейшем послужит для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области [14–18].

Получены экспериментальные данные, и результаты имитационного моделирования позволяют сделать вывод о повышении эффективности обработки, передачи и интеграции разно-

родных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области исходя из условий идентификации и прослеживаемости в 1.5–2 раза за счет повышения оперативности получения и обработки информации структурированной ОПС.

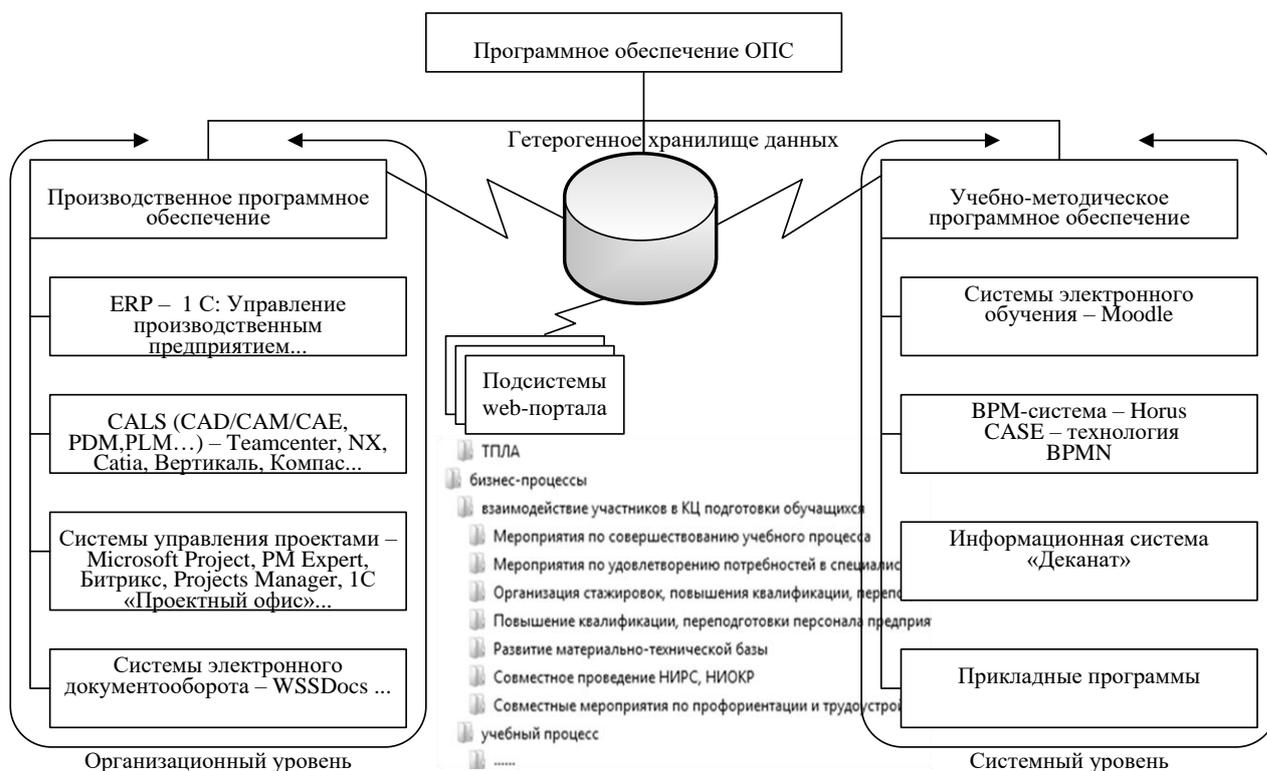


Рис. 3 Фрагмент структуры программного обеспечения ОПС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе сформулирована и решена задача повышения эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС исходя из условий идентификации и прослеживаемости на основе разработки математического и программного обеспечения ОПС.

Рассмотрены существующие подходы и методы формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области с использованием концепции CALS, стандарта системной инженерии, процессного управления для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем путем формирования структуры контента ОПС процесса ЖЦ системы подготовки.

Предложен метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для моделирования ОПС и организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, выявлены информационные потоки, причинно-следственные связи между информационными объектами.

Разработана методика формирования математического и программного обеспечения для организации программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области, позволяющая осуществлять непрерывное совершенствование учебного процесса на всех этапах ЖЦ системы подготовки обучающихся [19].

Разработана комплексная модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, что позволяет идентифицировать

и прослеживать, а также рационально во времени согласовывать взаимосвязанные процессы, которые необходимо контролировать в ОПС.

Разработана структура программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (на примере взаимодействия филиала и АО КумАПП), а также предложены программные средства для ее реализации, что повышает оперативность обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных. Проведен анализ эффективности применения предложенных научных и практических результатов в филиале и АО КумАПП, результаты которого свидетельствуют о повышении эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС для взаимодействия вуза и предприятия за счет доступности информации в форме контента ОПС. Оперативность получения и обработки информации повышается в 1,5–2 раза [20].

В рамках дальнейших исследований планируется разработка алгоритмов взаимодействия программ и программных комплексов и систем в ОПС, которые могут упростить работу пользователей в предметно-ориентированной ИУС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Султанов А. Х. Инфокоммуникационные технологии – технологии XXI века // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2007. № 7. С. 63. EDN IAYIKT. [[Sultanov A. Kh. "Infocommunication technologies - technologies of the 21st century" // Flight. All-Russian Scientific and Technical Journal. 2007. No. 7, p. 63. (In Russian).]]
2. Антонов В. В., Куликов Г. Г. Формальная модель предметной области на основе нечетких отношений // Программные продукты и системы. 2011. № 2. С. 48–51. EDN OWJLGH. [[Antonov V. V., Kulikov G. G. "Formal model of the subject area based on fuzzy relations" // Software Products and Systems. 2011. No. 2, pp. 48-51. (In Russian).]]
3. Черняховская Л. Р., Никулина Н. О., Давлиева А. С. Диагностика программного проекта как сложной технической системы с применением интеллектуальных методов // Системная инженерия и информационные технологии. 2020. Т. 2. № 1(3). С. 32–39. EDN WWGGEQ. [[Chernyakhovskaya L. R., Nikulina N. O., Davlieva A. S. "Diagnostics of a software project as a complex technical system using intelligent methods" // System Engineering and Information Technologies. 2020. Vol. 2, No. 1(3), pp. 32-39. (In Russian).]]
4. Сергеев И. А., Бельтюков А. П. Модель автоматизации анализа различных групп документов для синтеза структуры документа в зависимости от вида деятельности // Системная инженерия и информационные технологии. 2022. Т. 4. № 1(8). С. 5–11. EDN LFEFRI. [[Sergeev I. A., Beltyukov A. P. "Model for automating the analysis of various groups of documents for synthesizing the document structure depending on the type of activity" // System Engineering and Information Technologies. 2022. Vol. 4, No. 1(8), pp. 5-11. (In Russian).]]
5. Антонов В. В., Куликов Г. Г., Кромина Л. А. и др. Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса на основе онтологии и искусственных нейронных сетей // Онтология проектирования. 2021. Т. 11. № 3(41). С. 339–350. DOI 10.18287/2223-9537-2021-11-3-339-350. EDN YSKAGX. [[Antonov V. V., Kulikov G. G., Kromina L. A. et al. "The concept of a software-analytical complex for the educational process based on ontology and artificial neural networks" // Design Ontology. 2021. Vol. 11, No. 3(41), pp. 339-350. (In Russian).]]
6. Куликов Г. Г., Антонов В. В., Шилина М. А., Фахруллина А. Р. Структурирование контента предметной области для дальнейшего интеллектуального анализа. Пример формирования структурированного контента учебно-производственной деятельности // Информационно-управляющие системы. 2016. № 2(81). С. 95–100. DOI 10.15217/issn1684-8853.2016.2.95. EDN TPFJFB. [[Kulikov G. G., Antonov V. V., Shilina M. A., Fakhrullina A. R. "Structuring the content of the subject area for further intellectual analysis. An example of the formation of structured content of educational and production activities" // Information and Management Systems. 2016. No. 2(81), pp. 95-100. (In Russian).]]
7. Куликов Г. Г., Антонов В. В., Шилина М. А., Фахруллина А. Р. Комплексная модель организации автоматизированного процессного управления жизненным циклом подготовки специалистов на основе структурирования контента вуза и предприятия // Статистика и экономика. 2015. № 3. С. 241–249. [[Kulikov G. G., Antonov V. V., Shilina M. A., Fakhrullina A. R. "A comprehensive model for organizing automated process management of the life cycle of specialist training based on structuring the content of a university and an enterprise" // Statistics and Economics. 2015. No. 3, pp. 241-249. (In Russian).]]
8. Intelligent Technologies for Information Processing and Management (ITIPM'2014): Proceedings of the 2nd International Conference, Уфа, 10–12 ноября 2014 года. Vol. 2. Уфа: УГАТУ, 2014. EDN VYFAOZ. [[Intelligent Technologies for Information Processing and Management (ITIPM'2014): Proceedings of the 2nd International Conference, Ufa, November 10–12, 2014. Vol. 2. Ufa: UGATU, 2014.]]
9. Фахруллина А. Р., Сольева А. В. Модели процессов обработки, передачи и интеграции распределенных данных с применением кроссплатформенного программного обеспечения (на примере вуза и предприятия) // Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016): Proceedings of the 4th International Conference, Ufa, 17–19 мая 2016 года. Т. 2. Уфа: ГОУ ВПО "Уфимский государственный авиационный технический университет", 2016. С. 86–88. EDN WJDSXT. [[Fakhrullina A. R., Solyeva A. V. "Models of processes for processing, transmitting and integrating distributed data using cross-platform software (using the example of a university and an enterprise)" // Information Technologies for Intelligent Decision Making Support

(ITIDS'2016) : Proceedings of the 4th International Conference, Ufa, May 17–19, 2016. Volume 2. Ufa: State Educational Institution of Higher Professional Education "Ufa State Aviation Technical University", 2016. Pp. 86–88. (In Russian).]]

10. Фахруллина А. Р. Структура программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в информационно-управляющей системе образовательно-производственной среды // Современные проблемы управления и регулирования: инновационные технологии и техника: Сб. ст. Международной научно-практической конференции, Пенза, 10 июня 2016 года. Пенза, 2016. С. 21–25. EDN WBIOXL. [[Fakhrollina A. R. "Software structure for the implementation of a reference model for organizing the interaction of programs, software complexes and systems in the information and control system of the educational and industrial environment" // Modern Problems of Management and Regulation: Innovative Technologies and Technology: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Penza, June 10, 2016. Penza, 2016. Pp. 21–25. (In Russian).]]

11. Куликов Г. Г., Антонов В. В., Шилина М. А., Фахруллина А. Р. Подход к формированию моделей управления взаимодействием вуза и предприятия в процессе подготовки обучающихся // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. ст. XV Международной научно-технической конференции, Пенза, 12–13 ноября 2015 года. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. С. 149–153. EDN UYDZDT. [[Kulikov G. G., Antonov V. V., Shilina M. A., Fakhrollina A. R. "Approach to the formation of models for managing the interaction of a university and an enterprise in the process of training students" // Problems of Computer Science in Education, Management, Economics and Technology: Collection articles of the XV International Scientific and Technical Conference, Penza, November 12–13, 2015 Penza: "Volga House of Knowledge", 2015. Pp. 149–153. (In Russian).]]

12. Фахруллина А. Р., Степанова Э. Ю., Юлуев И. Б. Применение социальных сетей по технологии Web 2.0 в учебном процессе технического университета // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. № 1(13). С. 126–132. EDN VDOWOZ. [[Fakhrollina A. R., Stepanova E. Yu., Yuluev I. B. "Application of social networks using Web 2.0 technology in the educational process of a technical university" // Youth Bulletin of the Ufa State Aviation Technical University. 2015. No. 1(13), pp. 126–132. (In Russian).]]

13. Малышев Б. С., Ризванов К. А., Полякова Л. Ю., Фахруллина А. Р. Организация единого информационного пространства для подготовки специалистов технического ВУЗа // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18. № 2 (63). С. 142–151. [[Malyshev B. S., Rizvanov K. A., Polyakova L. Yu., Fakhrollina A. R. "Organization of a single information space for training specialists of a technical university" // Vestnik UGATU. 2014. Vol. 18, No. 2 (63), pp. 142–151. (In Russian).]]

14. Фахруллина А. Р. Единая информационно-образовательная среда филиала вуза // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Информационные системы и технологии. 2006. № 1–3. С. 152–156. EDN KATYKB. [[Malyshev B. S., Rizvanov K. A., Polyakova L. Yu., Fakhrollina A. R. "Organization of a single information space for training specialists of a technical university" // Vestnik UGATU. 2014. Vol. 18, No. 2 (63), pp. 142–151. (In Russian).]]

15. Antonov V. V., Kulikov G. G., Palchevsky E. V. et al. An intelligent system for monitoring and analyzing competencies in the learning process // Software & Systems. 2023. No. 1. Pp. 5–13. DOI 10.15827/0236-235X.141.005-013. EDN MXOFFN. [[(In Russian).]]

16. Митрофанов А. Я., Фахруллина А. Р. Построение единого информационного пространства "ВУЗ - предприятие" с использованием внешнего канала связи (на примере филиала ФГБОУ ВПО "УГАТУ" в г. Кумертау и ОАО "КумАПП") // Современные тенденции в образовании и науке: Сб. науч. трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 10 частях, Тамбов, 28 декабря 2012 года. Ч. 6. Тамбов: ООО "Консалтинговая компания Юком", 2013. С. 81–82. EDN TDFVOR. [[Mitrofanov A. Ya., Fakhrollina A. R. "Construction of a unified information space "University-enterprise" using an external communication channel (on the example of the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "USATU" in Kumertau and OJSC "KumAPP")" // Modern Tendentious in Education and Science: a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference: in 10 parts, Tambov, December 28, 2012. Volume Part 6. Tambov: LLC "Consulting Company Ucom", 2013. Pp. 81–82. (In Russian).]]

17. Верхотурова Г. Н., Киселев А. В. Технологии 3D-графики в web-приложениях // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 1(5). С. 96–103. EDN DYPHDV. [[Verkhoturova G. N., Kiselev A. V. "3D graphics technologies in web applications" // System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3, No. 1(5), pp. 96–103. (In Russian).]]

18. Климова А. В., Ковтуненко А. С., Парфенов Д. В. Формирование учебного плана с использованием технологии RDF-хранилищ // Системная инженерия и информационные технологии. 2022. Т. 4. № 2(9). С. 49–55. EDN QMYQDT. [[Klimova A. V., Kovtunencko A. S., Parfenov D. V. "Formation of a curriculum using RDF storage technology" // System Engineering and Information Technologies. 2022. Vol. 4, No. 2(9), pp. 49–55. (In Russian).]]

19. Куликов Г. Г., Антонов В. В., Фахруллина А. Р., Родионова Л. Е. Формальное представление модели реализации функций системной инженерии на основе принципа необходимого разнообразия структурных связей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2017. Т. 17. № 4. С. 146–153. DOI 10.14529/ctcr170416. EDN ZSSACL. [[Kulikov G. G., Antonov V. V., Fakhrollina A. R., Rodionova L. E. "Formal presentation of the model for implementing system engineering functions based on the principle of the necessary diversity of structural connections" // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technologies, control, radio electronics. 2017. Vol. 17, No. 4, pp. 146–153. (In Russian).]]

20. Фахруллина А. Р., Клокова Е. Д., Ахметшина И. И., Мухамедьяров И. Ф. Анализ информационных технологий, применяемых для создания электронной образовательной среды вуза совместно с предприятиями-работодателями // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. № 1(13). С. 132–137. EDN VDOWPJ. [[Fakhrollina A. R., Klokova E. D., Akhmetshina I. I., Mukhamedyarov I. F. "Analysis of information technologies used to create an electronic educational environment for a university together with employer enterprises" // Youth Bulletin of the Ufa State Aviation Technical University. 2015. No. 1(13), pp. 132–137. (In Russian).]]

Поступила в редакцию 16 ноября 2023 г.

МЕТАДАННЫЕ / METADATA

Title: Models and methods for designing software systems for processing heterogeneous data (using the example of an educational and industrial environment).

Abstract: A review of the results of research and development of mathematical and software for the design of a subject-oriented information management system (ICS) for an educational and industrial environment (EPS) is presented. The subject of the research is domain-specific languages and methods of systems engineering, mathematics, and software, and means of their implementation for the design of domain-specific information and control systems. The goal of the work is to increase the efficiency of processing, transfer and integration of heterogeneous data and metadata in a subject-oriented information system based on the conditions of identification and traceability based on the development of mathematical and software of the OPS. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: 1. Conduct an analysis of existing approaches and methods for forming the structure of software for a domain-specific ICS in the subject area under consideration. 2. Develop a method for forming the structure of the software of the information environment based on the content of a subject-oriented information system for organizing the interaction of programs, software packages and systems of the subject area under consideration. 3. Develop a methodology for the formation of mathematical and software for organizing the interaction of programs, software complexes and systems in a subject-oriented ICS of the subject area under consideration. 4. Develop a comprehensive model of software for the information environment of a subject-oriented information system for organizing the interaction of programs, software packages and systems of the subject area under consideration. 5. Develop a software structure for the implementation of a reference model for organizing the interaction of programs, software complexes and systems in a subject-oriented ICS of the subject area under consideration. To solve the problems, the basic provisions of the methodology of systems theory and system analysis, system modeling, the method of continuous improvement of the quality of business processes, the mathematical apparatus of the theory of fuzzy sets, and category theory were used. The methodologies of SADT (including IDEF0, IDEF3 and IDEF1X), BPMS, BPMN, etc. were used as a modeling tool. To process heterogeneous data and metadata of a subject-oriented IMS, methods of object-oriented and system programming based on client-based programming were used.

Key words: educational and production environment, unified information space, information system, category theory, set theory, business process, PDCA, BPMN, Moodle.

Язык статьи / Language: русский / Russian.

Об авторе / About the author:

ФАХРУЛЛИНА Альмира Раисовна

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Доцент кафедры автоматизированных систем управления.
Дипломированный специалист по информационным системам в экономике (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2004). Канд. техн. наук по математическому и программному обеспечению выч. машин, комплексов и компьютер. сетей (там же, 2016).
Иssl. в обл. интеллектуальных систем управления.
E-mail: almirafax@mail.ru
ORCID: <https://0000-0002-3482-4169>
URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=736874

FAKHRULLINA Almira Raisovna

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Associate Professor of the Department of Automated Control Systems. Graduated Specialist in Information Systems in Economics (Ufa State Aviation Technical University, 2004). Candidate of Technical Sciences in Mathematical and software support of computers, complexes, and computer networks (ibid, 2016). Research in the field of intelligent control systems.
E-mail: almirafax@mail.ru
ORCID: <https://0000-0002-3482-4169>
URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=736874