

APPLYING VARIOUS METHODOLOGIES FOR DESIGNING INFORMATION SYSTEMS: AN ONTOLOGICAL APPROACH TO DESIGN

A. N. Nabatov ^a, I. E. Vedenyapin ^b

Ufa State Aviation Technical University (UGATU)

^a *nbtv@yandex.ru*, ^b *vig@ugatu.su*

Submitted 2022, June 27

Abstract. Despite the fact that in the modern world there are a huge number of information systems that automate various aspects of life and business, new systems are constantly being created and implemented. Some of the existing systems are being developed, expanded and even moved to higher levels of automation. In the last few years, the trend towards the intellectualization of information systems has become apparent. True, it should be noted that the IT field is only taking the first steps in this direction, and therefore intelligence is understood as the widest set of properties, from the simplest inference algorithms to full-fledged expert systems. Ontological engineering occupies a separate place in the processes of designing information systems, allowing you to provide effective and timely support for decision-making in resolving problem situations based on knowledge management technologies, taking into account the capabilities of modern information technologies. The article is devoted to the issues of joint application of various information systems design methodologies, in particular, ontological modeling, entity-relationship modeling, BPMN modeling.

Keywords: ontological approach; ontological model; information systems design; entity-relationship diagram; BPMN modeling; comparative analysis.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

А. Н. Набатов ^a, И. Э. Веденяпин ^b

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

^a *nbtv@yandex.ru*, ^b *vig@ugatu.su*

Поступила в редакцию 27.06.2022

Аннотация. Несмотря на то, что в современном мире существует огромное количество информационных систем, автоматизирующих различные аспекты жизни и бизнеса, постоянно создаются и внедряются новые системы. Некоторые из существующих систем дорабатываются, расширяются и даже переходят на более высокие уровни автоматизации. В последние несколько лет стала очевидна тенденция к интеллектуализации информационных систем. Правда, сле-

дует отметить, что IT область только делает первые шаги в этом направлении и поэтому под интеллектом понимают самый широкий набор свойств, начиная от простейших алгоритмов вывода и заканчивая полноценными экспертными системами. Онтологический инжиниринг занимает отдельное место в процессах проектирования информационных систем, позволяя оказывать эффективную и своевременную поддержку принятия решений при разрешении проблемных ситуаций на основе технологий управления знаниями с учетом возможностей современных информационных технологий. Статья посвящена вопросам совместного применения различных методологий проектирования информационных систем, в частности онтологического моделирования, моделирования «сущность-связь», BPMN-моделирования.

Ключевые слова: онтологический подход; онтологическая модель; проектирование информационных систем; диаграмма «сущность-связь»; BPMN-моделирование; сравнительный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач, связанных с проектированием информационных систем, является моделирование предметной области, причем, чем более адекватная модель будет получена в процессе моделирования, тем более эффективной окажется информационная система, построенная на основе данной модели.

Представление предметной области в виде моделей того или иного вида (построение моделей) известно и достаточно хорошо изучено. При этом, получаемые модели как напрямую зависят от предметной области, так и имеют определенные взаимосвязи между собой, которые показаны на рис. 1 в виде пунктирных двунаправленных стрелок [2]. Представленное взаимодействие онтологических, информационных и процессных моделей, несмотря на коренные различия в самих методологиях моделирования, предполагает единый подход к именованию элементов моделей, их атрибутов и связей с другими объектами предметной области.

Однако, методики моделирования как информационного, так и построения бизнес-процессов, а также представления предметной области в виде онтологической модели, требуют знаний как о самой предметной области, так и знания методологии моделирования и правил нотации [1]. Методология задает детальное содержание выполняемых работ и ролевую ответственность специалистов на всех этапах проектирования ИС, определяет структуру разрабатываемой модели, а также рекомендует практики, позволяющие максимально эффективно воспользоваться соответствующей методологией и созданными моделями.

Конечно, процесс моделирования по-прежнему является творческим и достаточно слабо формализованным. Причем, чем более формализована нотация, тем больше процесс моделирования отходит от творчества и превращается в ремесло. С другой стороны, менее формализованные нотации позволяют более гибко решать поставленные задачи.

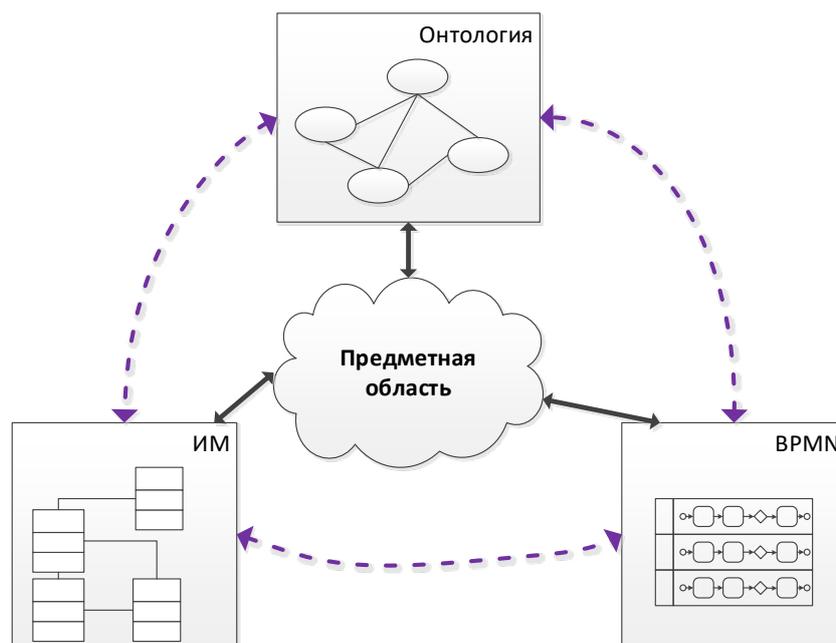


Рис. 1. Взаимодействие моделей различных нотаций между собой и предметной областью

В связи с этим особый интерес приобретает задача сравнения указанных нотаций онтологического, информационного и процессного моделирования. Все нотации, представленные на рис. 1, имеют свое XML-представление и, если разработать правила сравнения XML-представлений, то можно проверить адекватность разработанных моделей, их соответствие предметной области, а также при необходимости дополнить или уточнить полученные модели. Данные вопросы и послужат предметом исследования в статье.

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИС

Онтологическая модель представляет общую терминологическую базу (гlossарий) для всех участников процесса моделирования. Именно онтология служит главным фундаментом для выделения концептов предметной области, их атрибутирования и увязывания между собой.

В качестве образца рассмотрим процесс принятия зачета в высшем учебном заведении (вузе). Онтологическая модель данного процесса представлена на рис. 2. Набор сущностей предметной области приведен по схеме «субъект, объект и процесс» [3]. Такой подход позволяет наиболее полно раскрыть предметную область и выявить необходимые сущности, а также связи между ними. Следует учесть, что практически в каждом высшем образовательном учреждении имеются особенности приема зачета, такие особенности возникают также от факультета к факультету, также еще на процесс могут влиять и такие явления как традиции кафедр, нюансы дисциплин и их преподавания. Таким образом, авторы показали процесс достаточно высокоуровневым представлением, без учета этих особенностей.

Отдельное внимание заслуживает то, что онтологический анализ позволяет формализовать имеющиеся экспертные знания в заданной предметной области, интеллектуальные знания, сосредоточенные в регламентах, стандартах, базах данных, как исходного материала для построения системы поддержки принятия решений (СППР), и использовать их для поддержки принятия решений в проблемных ситуациях. Однако вопрос построения онтологической модели выходит за рамки данной публикации и является продуктом совместного труда предметных специалистов и инженеров знаний [4–8].

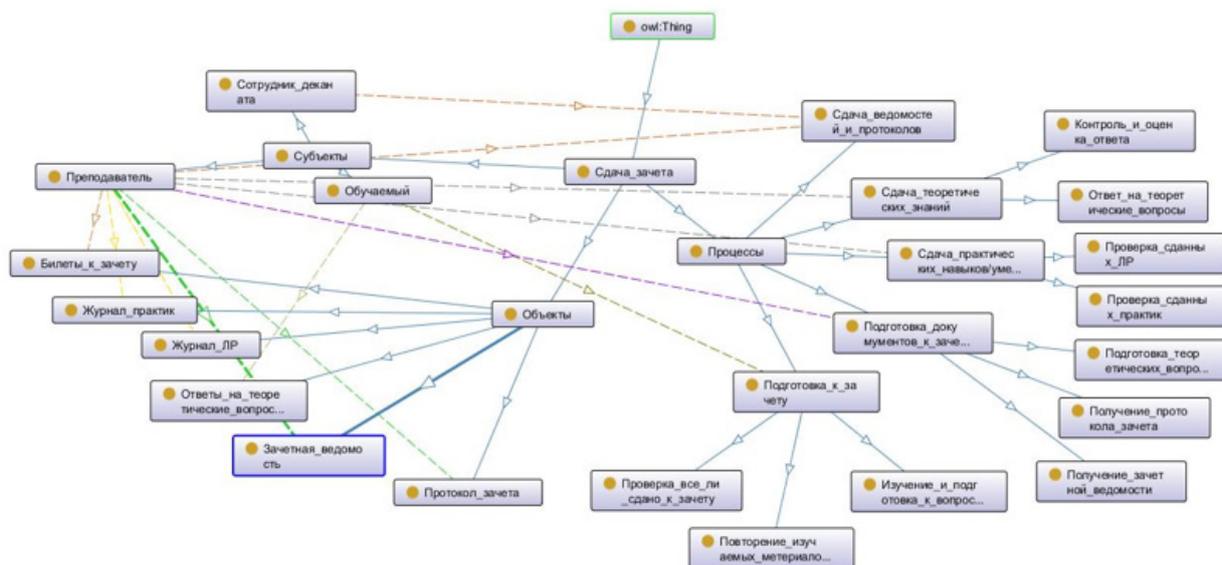


Рис. 2. Онтологическая модель процесса сдачи зачета

На основе приведенной онтологии получаем ее XML-представление (рис. 3). Таким образом, XML-представление в полной мере отражает предметную область в виде набора сущностей и связей.

```

219 <SubClassOf>
220   <Class IRI="#Сотрудник_деканата"/>
221   <Class IRI="#Субъекты"/>
222 </SubClassOf>
223 <SubClassOf>
224   <Class IRI="#Субъекты"/>
225   <Class IRI="#Сдача_зачета"/>
226 </SubClassOf>
227 <SubClassOf>
228   <Class IRI="#Сдача_практических_навыков/умений"/>
229   <Class IRI="#Процессы"/>
230 </SubClassOf>
231 <SubObjectPropertyOf>
232   <ObjectProperty IRI="#Осуществляет"/>
233   <ObjectProperty abbreviatedIRI="owl:topObjectProperty"/>
234 </SubObjectPropertyOf>
235 <FunctionalObjectProperty>
236   <ObjectProperty IRI="#Готовит"/>
237 </FunctionalObjectProperty>
238 <FunctionalObjectProperty>
239   <ObjectProperty IRI="#Обязуется"/>
240 </FunctionalObjectProperty>
241 <FunctionalObjectProperty>
242   <ObjectProperty IRI="#Осуществляет"/>
243 </FunctionalObjectProperty>
244 <FunctionalObjectProperty>
245   <ObjectProperty IRI="#Отвечает"/>
246 </FunctionalObjectProperty>
247 <FunctionalObjectProperty>
248   <ObjectProperty IRI="#Подготавливает"/>
249 </FunctionalObjectProperty>
250 <FunctionalObjectProperty>
251   <ObjectProperty IRI="#Получает"/>
252 </FunctionalObjectProperty>
253 <FunctionalObjectProperty>
254   <ObjectProperty IRI="#Проверяет"/>
255 </FunctionalObjectProperty>
256 <FunctionalObjectProperty>
257   <ObjectProperty abbreviatedIRI="owl:topObjectProperty"/>
258 </FunctionalObjectProperty>
259 <ObjectPropertyDomain>
260   <ObjectProperty IRI="#Готовит"/>

```

Рис. 3. XML-представление онтологической модели процесса принятия зачета

Конечно, XML-представление более объемно и громоздко, чем графическое представление онтологии, представленное на рис. 2, но с другой стороны, позволяет проводить анализ онтологии не на основе когнитивного распознавания графики и работы с графическими образами, а на основе синтаксического и семантического анализа, достаточно хорошо известного в программировании.

Очевидно при этом, что лучший результат может быть получен в случае использования единого глоссария [9, 10], который бы использовался всеми участниками: и предметными специалистами, и инженерами знаний, и постановщиками задач, и программистами. Глоссарий формируется на основании ФГОС, РПД, ФЗ и других нормативных документов, описывающих и касающихся образовательного процесса. Без использования единого глоссария, выработанного и согласованного до начала процесса (естественно, что в процессе работы глоссарий будет дополняться и уточняться), скорее всего приведет к семантическому расхождению терминов и сущностей, что в дальнейшем приведет к ненужному усложнению алгоритмов синтаксического и семантического разбора и анализа онтологий [11].

Таким образом, все сущности и различные связи представленной онтологии образуют множество (1):

$$Ont \in \{Eo, So(Eo_i), RF\}, \quad (1)$$

где Eo – множество сущностей онтологии, $Eo \in \{Eo_1, Eo_2, \dots, Eo_i\}$, Eo_i – i -й элемент онтологии; So – множество связей онтологии, где $So_k(Eo_i; Eo_j)$ – k -ая связь между i -м (Eo_i) и j -ым (Eo_j) элементами онтологии; RF – направление связи: $RF \sim RF(So_i; So_j)$ или $RF(So_j; So_i)$.

«СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» КАК СРЕДСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИС

В основе практически всех современных информационных систем лежат базы данных [12, 13], и грамотное проектирование и реализация базы данных – основа успеха будущей информационной системы. Конечно, важное влияние оказывает и выбор системы управления базой данных (СУБД). Также важен сам формат базы, которых в настоящее время существует огромное множество. Иногда такой выбор становится нетривиальной задачей для разработчиков – в этом случае создатели идут по пути передачи ответственности за выбор на будущих пользователей и закладывают в информационную систему только структуру данных, будущие пользователи сами осуществляют выбор СУБД, а структура данных разворачивается уже ее средствами. Но этап проектирования базы данных в любом случае остается за разработчиками.

Одним из наиболее популярных форматов проектирования баз данных является подход «сущность-связь» (*Entity Relationship Diagramm*, ERD). Существует целый ряд нотаций, реализующих идею ERD, например, диаграммы Чена, Гейн-Сарсон, IDEF1X [14, 15]. Также существует немало количество программных комплексов, реализующих ERD моделирование, например, ErWin Data Modeler, а также графических редакторов, поддерживающих шаблоны для создания и редактирования ERD-моделей, например, Microsoft Visio [16]. Очевидно, что графические редакторы (хотя и со встроенными шаблонами моделирования) не являются в полной мере средствами проектирования, тем не менее, построение ERD-моделей в графических редакторах вполне возможно, и не вызывает трудностей у даже начинающих специалистов.

Рассмотрим пример ER-диаграммы для той же предметной области: процесса приема зачета (рис. 4). В качестве нотации используем нотацию IDEF1X, в качестве программного средства ER Data Modeler (как результат развития средства проектирования ERWin) [14, 15]. Методология построения диаграммы «сущность-связь» также является самостоятельной задачей и выходит за рамки данной публикации.

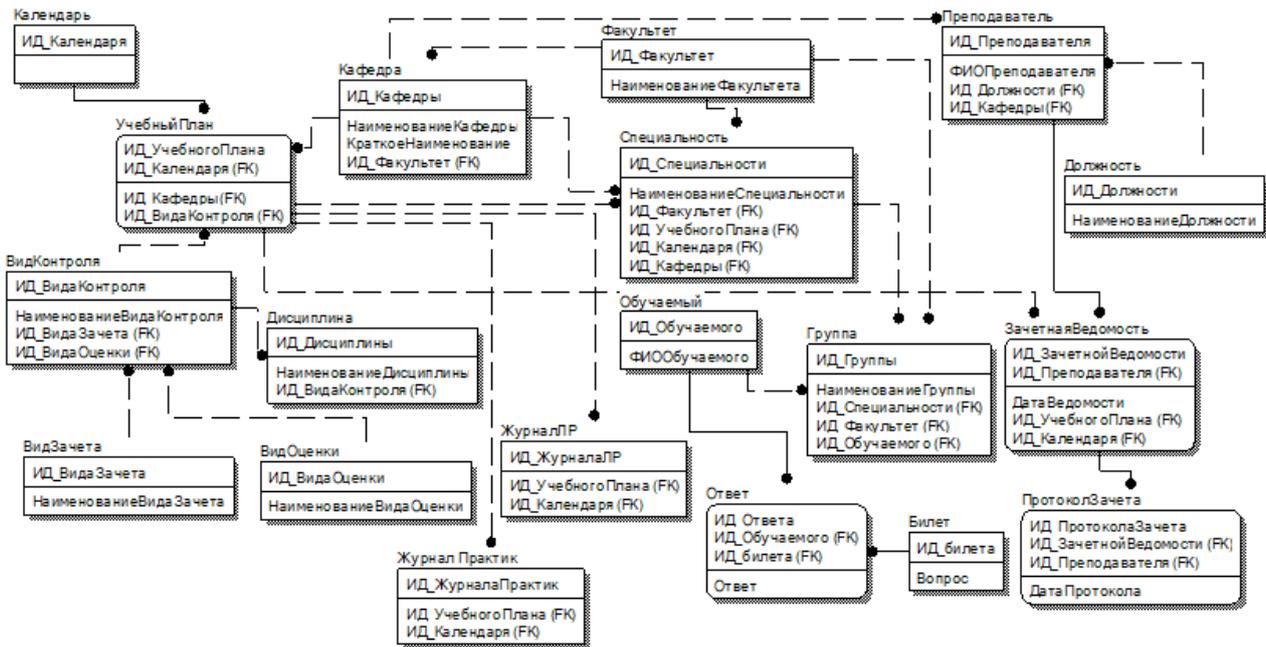


Рис. 4. Диаграмма «сущность-связь» для процесса принятия зачета

Все сущности и связи представленной ERD-модели образуют множество (2):

$$ERD \in \{E, A, R\}, \quad (2)$$

где E – множество сущностей, где $E \in \{E_1, E_2, \dots, E_i\}$ E_i – i -ая сущность ERD-модели; A – множество атрибутов, где A_{ij} – j -ый атрибут i -ой сущности E_i ; $R = R(E_i, E_j)$ – связь между сущностью E_i [родитель] и E_j [потомок].

На основе полученной ER-диаграммы также можно получить ее XML-формат (рис. 5).

```

1661 </Foundation.Core.Classifier.feature>
1662 </Foundation.Core.Class>
1663 <Foundation.Core.Class xmi.id="93">
1664 <Foundation.Core.ModelElement.name>Дисциплина</Foundation.Core.ModelElement.name>
1665 <Foundation.Core.ModelElement.visibility xmi.value="public"/>
1666 <Foundation.Core.ModelElement.isSpecification xmi.value="false"/>
1667 <Foundation.Core.GeneralizableElement.isRoot xmi.value="false"/>
1668 <Foundation.Core.GeneralizableElement.isLeaf xmi.value="false"/>
1669 <Foundation.Core.GeneralizableElement.isAbstract xmi.value="false"/>
1670 <Foundation.Core.Class.isActive xmi.value="false"/>
1671 <Foundation.Core.ModelElement.taggedValue>
1672 <Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue xmi.id="217">
1673 <Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue.tag>persistence</Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue.tag>
1674 <Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue.value>persistent</Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue.value>
1675 </Foundation.Extension_Mechanisms.TaggedValue>
1676 </Foundation.Core.ModelElement.taggedValue>
1677 <Foundation.Core.Classifier.feature>
1678 <Foundation.Core.Attribute xmi.id="218">
1679 <Foundation.Core.ModelElement.name>ИД_Дисциплины</Foundation.Core.ModelElement.name>
1680 <Foundation.Core.ModelElement.visibility xmi.value="public"/>
1681 <Foundation.Core.ModelElement.isSpecification xmi.value="false"/>
1682 <Foundation.Core.Feature.ownerScope xmi.value="instance"/>
1683 <Foundation.Core.StructuralFeature.multiplicity>
1684 <Foundation.Data_Types.Multiplicity xmi.id="219">
1685 <Foundation.Data_Types.Multiplicity.range>
1686 <Foundation.Data_Types.MultiplicityRange xmi.id="220">
1687 <Foundation.Data_Types.MultiplicityRange.lower>1</Foundation.Data_Types.MultiplicityRange.lower>
1688 <Foundation.Data_Types.MultiplicityRange.upper>1</Foundation.Data_Types.MultiplicityRange.upper>
1689 </Foundation.Data_Types.MultiplicityRange>
1690 </Foundation.Data_Types.Multiplicity.range>
1691 </Foundation.Data_Types.Multiplicity>
1692 </Foundation.Core.StructuralFeature.multiplicity>
1693 <Foundation.Core.StructuralFeature.changeability xmi.value="changeable"/>
1694 <Foundation.Core.StructuralFeature.targetScope xmi.value="instance"/>

```

Рис. 5. XML-представление ER-диаграммы процесса принятия зачета

Таким образом, XML-представление в полной мере отражает предметную область в виде набора сущностей, атрибутов и связей. Конечно, такое XML-представление существенно более объемно и громоздко, чем графическое представление ER-диаграммы, приведенное на рис. 4 [17].

Даже простейший анализ полученных XML-файлов позволит сделать выводы о совпадениях и расхождениях в именах объектов онтологии и модели «сущность-связь». Фрагмент алгоритма сравнения XML-файлов онтологии и ERD модели приведен на рис. 6.

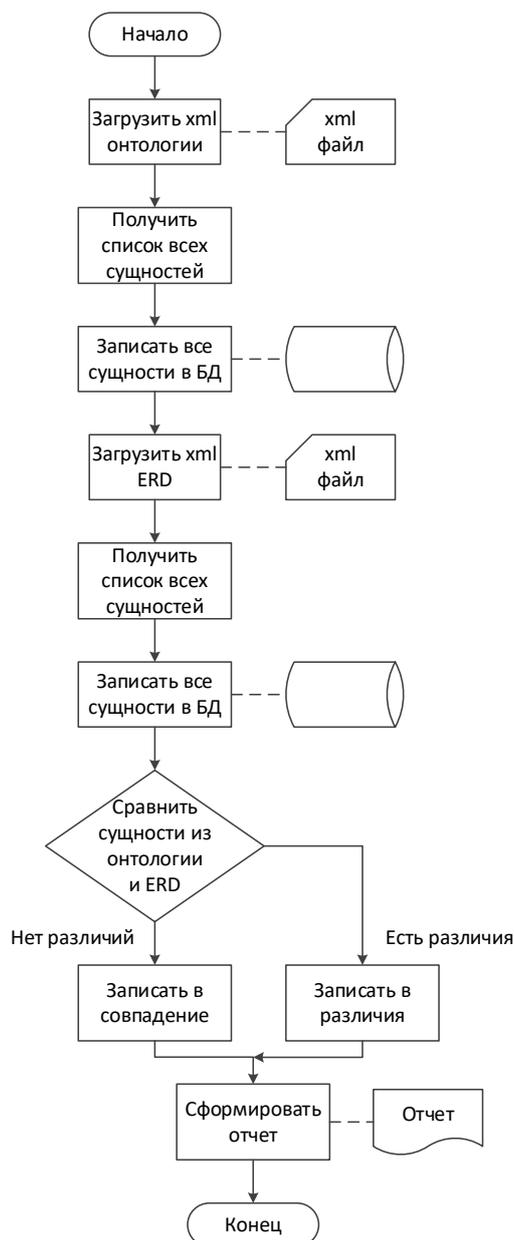


Рис. 6. Фрагмент алгоритма сравнения XML-файлов онтологии и ERD-модели

На основе полученных результатов сравнения можно сделать выводы о соответствии или не соответствии рассматриваемых представлений о предметной области. А поскольку моделируется одна и та же предметная область, можно говорить о полноте модели или о том, будет ли

информационная система, построенная на основе рассматриваемой ERD-модели, полностью или частично покрывать исследуемую предметную область.

Образец результата проведенного сравнения онтологии и ERD-модели можно увидеть в табл. 1. Знак «+» означает наличие объекта в онтологии или в ERD-модели, соответственно «-» – отсутствие объекта.

Таблица 1. Результат сравнения онтологии и ERD модели

№	Объект	Онтология	ERD
1	Преподаватель	+	+
2	Журнал ЛР	+	-
3	Допуск к зачету	-	+
4	Дисциплина	+	+
...
N	Ответ	-	-

НОТАЦИЯ BPMN КАК СРЕДСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИС

С точки зрения моделирования бизнес-процессов в процессе проектирования информационной системы задействован целый ряд заинтересованных сторон. Это бизнес-аналитики, отвечающие за создание и реинжиниринг бизнес-процессов и разработчики – технические специалисты, ответственные за реализацию бизнес-процессов, а также руководители проекта, управляющие бизнес-процессами. Нотация Business Process Modeling Notation (BPMN) является удобным средством моделирования, с которым смогут работать все участники проекта за счет наличия простого механизма для проектирования и чтения как простых, так и сложных моделей бизнес-процессов. Моделирование в BPMN осуществляется посредством диаграмм с небольшим числом графических элементов, похожих на элементы блок-схем. Это помогает пользователям быстро понимать логику процесса.

Нотация BPMN наиболее удобна для декомпозиции, для описания нижних уровней бизнес-процессов, особенно там, где требуется показать конкретные действия участников процесса. Это объясняется самой сутью методологии, лежащей в основе нотации: это методология workflow – поток работ [18, 19].

То есть, BPMN – это не просто структура процесса, функции, это алгоритм. Это уже не просто некое «до-аналитическое» предположение, что процесс состоит из «таких-то» блоков/функций, это уже четкая последовательность выполняемых действий конкретными участниками процесса [19]. На рис. 7 представлена BPMN-модель процесса принятия зачета.

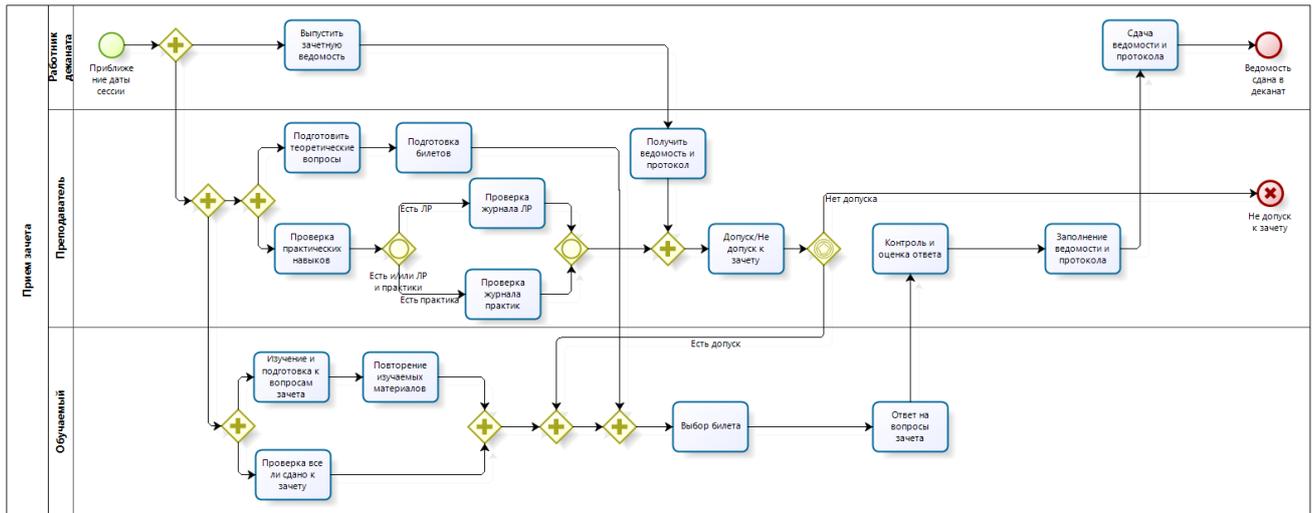


Рис. 7. BPMN-модель процесса принятия зачета

Таким образом, все процессы, дорожки, задачи, потоки и т.д. представленной BPMN-модели образуют множество (3):

$$BPMN \in \{P, L, T, G, E(SE, EE), SF\}, \quad (3)$$

где P – множество потоков; L – множество дорожек; T – множество задач; G – множество перекрестков; $E(SE, EE)$ – множество начальных и конечных событий; SF – множество последовательностей (связей).

На основе полученной BPMN-модели также можно получить ее в XML-представление (рис. 8). Данное представление в полной мере отражает предметную область в виде набора: процессы, дорожки, задачи, потоки и т.д.

```

017 <Pools>
018 <Pool Id="a4db0703-c90e-43d8-9d5b-1544c6f86d97" Name="Main Process" Process="7eced2f3-77d6-4db3-a448-f88ce8052543" BoundaryVisible="false">
019 <Lanes />
020 <NodeGraphicsInfos>
021 <NodeGraphicsInfo BorderVisible="false" ToolId="BizAgi_Process_Modeler" Height="350" Width="700" BorderColor="-16777216" FillColor="-1">
022 <Coordinates XCoordinate="0" YCoordinate="0" />
023 </NodeGraphicsInfo>
024 </NodeGraphicsInfos>
025 </Pool>
026 <Pool Id="e67a2ce1-e90a-4f2a-b957-0f74b6312426" Name="Работник деканата" Process="8e194215-5b4d-4144-baf8-733c8f4f52aa" BoundaryVisible="true">
027 <Lanes />
028 <NodeGraphicsInfos>
029 <NodeGraphicsInfo BorderVisible="false" ToolId="BizAgi_Process_Modeler" Height="140" Width="1621" BorderColor="-16777216" FillColor="-1">
030 <Coordinates XCoordinate="20" YCoordinate="100" />
031 </NodeGraphicsInfo>
032 </NodeGraphicsInfos>
033 </Pool>
034 <Pool Id="c9036188-44cb-443d-afbe-16c131a9fcf9" Name="Преподаватель" Process="3a027fa6-8660-451f-b1ea-a641f009fc26" BoundaryVisible="true">
035 <Lanes />
036 <NodeGraphicsInfos>
037 <NodeGraphicsInfo BorderVisible="false" ToolId="BizAgi_Process_Modeler" Height="321" Width="1621" BorderColor="-16777216" FillColor="-1">
038 <Coordinates XCoordinate="20" YCoordinate="240" />
039 </NodeGraphicsInfo>
040 </NodeGraphicsInfos>
041 </Pool>
042 <Pool Id="1d063alc-39d5-4667-8ded-451a0bd55cd3" Name="Обучаемый" Process="d85a5cd6-f9f0-40f3-b405-f5ef6ecf4730" BoundaryVisible="true">

```

Рис. 8. XML-представление BPMN-модели

Конечно, такое XML-представление существенно более объемно и громоздко, чем графическое представление BPMN-модели, приведенное на рис. 7. Даже простейший анализ полученных XML-файлов позволит сделать выводы о совпадениях и расхождениях в именах объектов онтологии, модели «сущность-связь» и BPMN-модели. Фрагмент алгоритма сравнения XML-файлов онтологии, ERD и BPMN-моделей приведен на рис. 9.

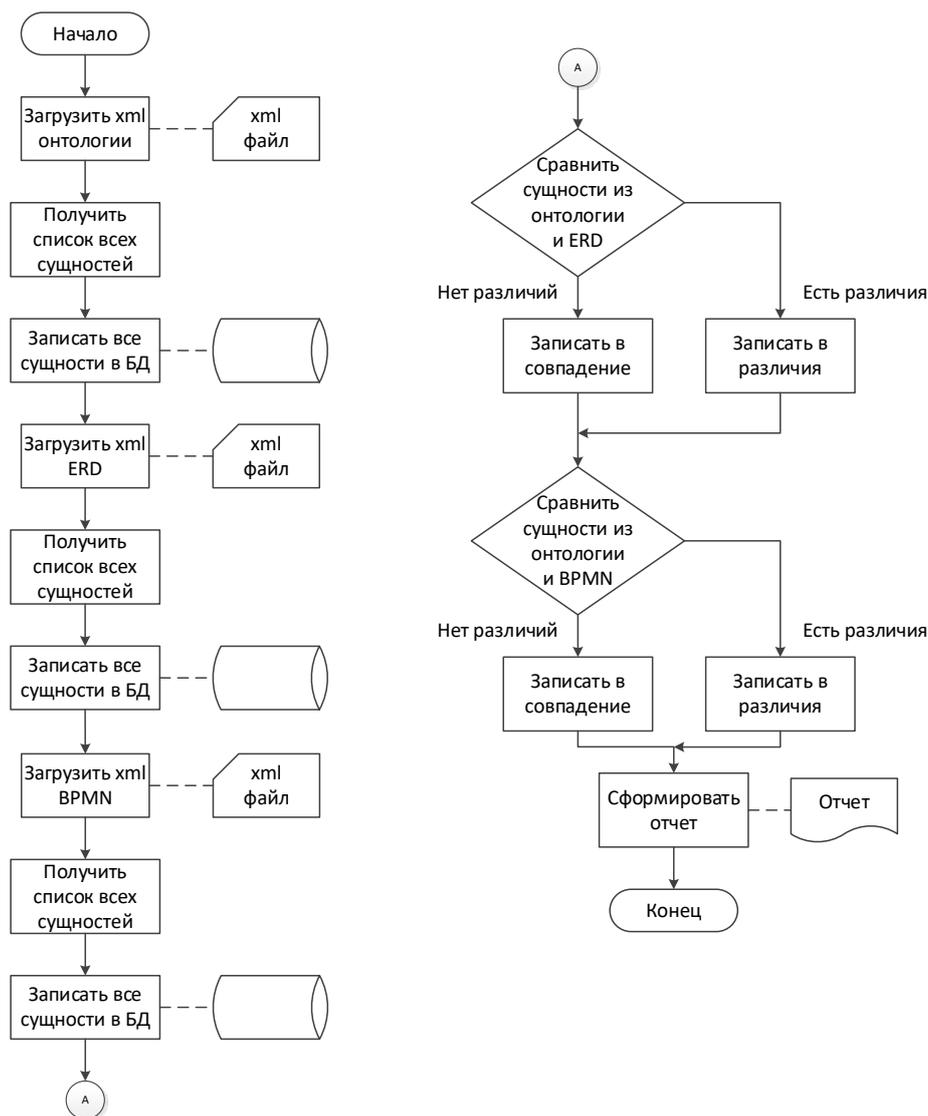


Рис. 9. Фрагмент алгоритма сравнения XML-файлов онтологии, ERD и BPMN

На основе полученных результатов сравнения можно сделать выводы о соответствии или не соответствии рассматриваемых представлений о предметной области. Здесь также можно говорить о полноте модели и о том, насколько проектируемая ИС покрывает рассматриваемую предметную область. Образец проведенного сравнения онтологии, ERD и BPMN-моделей можно увидеть в табл. 2.

Таблица 2. Результат сравнения онтологии, ERD и BPMN-моделей

№	Объект	Онтология	ERD	BPMN
1	Преподаватель	+	+	+
2	Журнал ЛР	+	+	+
3	Допуск к зачету	-	-	+
4	Дисциплина	-	+	-
...
N	Ответ	+	+	+

На основе анализа полученных результатов сравнения онтологических, информационных и процессных моделей можно сделать выводы о полноте нашего представления, о предметной области, а также прогнозировать необходимость модернизации информационной системы в случае ее реинжиниринга.

Можно выделить следующие возможные причины несоответствия полученных моделей и предметной области [20, 21]:

1. *Нет необходимости / Нет необходимости при данном рассмотрении.* Задача, поставленная перед проектировщиками, не предусматривает необходимости включения той или иной информационной составляющей предметной области или учета ее влияния на создаваемую модель.

2. *Входит в состав.* Информационный компонент предметной области входит в состав уже имеющейся ИС, но в постановке задачи на проект не было учтено его влияние.

3. *Ошибка (человеческий фактор).* При постановке задачи на проектирование были забыты или не учтены те или иные аспекты предметной области.

4. *Убран намеренно.* Проектировщики преднамеренно (в силу каких-то факторов) исключили данный информационный компонент.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в проведенном исследовании предложена возможность совместного применения различных методологий проектирования информационных систем, в частности онтологического подхода, моделирования «сущность-связь», BPMN, отличающиеся тем, что полученные модели формально сравниваются с использованием XML-представления каждой из моделей.

На основе результатов сравнения можно делать выводы о полноте и соответствии полученных моделей между собой, что в свою очередь дает возможность понять насколько модель соответствует предметной области.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем признательность коллективам кафедр автоматизированных систем управления и высокопроизводительных вычислительных технологий и систем Уфимского государственного авиационного технического университета.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-08-00937 «Методы и модели интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении программными проектами, реализуемыми в среде производственных предприятий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ontology:** Its Role in Modern Philosophy. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ontology.co/> (дата обращения 25.05.2022). [Ontology: Its Role in Modern Philosophy (2022, May 25). [Online]. Available: <https://www.ontology.co/>]
2. **Ушаков Д. Н.** Большой толковый словарь современного русского языка. М.: Альта-Принт, 2009. 1239 с. [D. N. Ushakov, *Big explanatory dictionary of the modern Russian language*, (in Russian). Moscow: Al'ta-Print, 2009.]
3. **Набатов А. Н., Веденяпин И. Э.** Онтология объединения подсистем (принципы и примеры объединения) // Онтология проектирования. 2020. Т. 10, № 2 (36). С. 218–231. [A. N. Nabatov, I. E. Vedenyapin, "The ontology of merging information subsystems: principles and examples", (in Russian), in *Ontologiya proektirovaniya*, vol. 10, no. 2 (36), pp. 218-231, 2020.]
4. **Renssen A. V.** A Generic Extensible Ontological Language: Design and Application of a Universal Data Structure. Delft: Delft University Press, 2005. 238 p.
5. **Мамажонова Г. Ю.** Создание онтологии в программе protégé для компании // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 1 (69). С. 280–286. [G. Yu. Mamazhonova, "Creating ontology protégé program for the company", (in Russian), in *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*, no. 1 (69), pp. 280-286, 2017.]
6. **Боргест Н. М.** Будущее университета: онтологический подход. Часть 2: Сущности, мотивация, проектное обучение // Онтология проектирования. 2012. № 1 (3). С. 87–105. [N. M. Borgest, "Future of the university: ontological approach. Part 2: Entities, motivation, project-based education", (in Russian), in *Ontologiya proektirovaniya*, no. 1 (3), pp. 87-105, 2012.]

7. **Кучуганов М. В.** Синтез схем баз данных на основе онтологии // Онтология проектирования. 2016. № 4 (22). С. 475–484. [M. V. Kuchuganov, “Ontology based synthesis of database schemes”, (in Russian), in *Ontologiya proektirovaniya*, no. 4 (22), pp. 475-484, 2016.]
8. **Казаков И. А., Манцивода А. В.** Базы данных как онтологии // Известия Иркутского государственного университета. 2011. Т. 4, № 1. С. 20–30. [I. A. Kazakov, A. V. Mantsivoda, “Databases as ontologies”, (in Russian), in *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta*, vol. 4, no. 1, pp. 20-30, 2011.]
9. **Набатов А. Н., Веденяпин И. Э., Мухтаров А. Р.** Применение онтологического подхода к процессу проектирования информационной системы. Труды МАИ. 2018. № 102. 14 с. [A. N. Nabatov, I. E. Vedenyapin, A. R. Mukhtarov, “Applying ontology approach to information system design”, (in Russian), in *Trudy MAI*, no. 102, 14 p., 2018.]
10. **Веденяпин И. Э., Набатов А. Н.** Онтология объединения информационных подсистем: некоторые проблемы построения корпоративной системы из отдельных подсистем // Вестник УГАТУ. 2021. Т. 25, № 3(93). С. 98–108. [I. E. Vedenyapin, A. N. Nabatov, “Ontology of information subsystem integration: some problems building a corporate system from individual subsystems”, (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 25, no. 3 (93), pp. 98-108, 2021.]
11. **Гончар А. Д.** Сравнительный анализ баз данных и баз знаний (онтологий) применимо к моделированию сложных процессов // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5–1 (37). 26 с. [Электронный ресурс]. <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34325> (дата обращения 25.05.2022). [A. D. Gonchar (2022, May 25), “Comparative analysis of databases and knowledge bases (ontologies) applicable to modeling complicated process” [Online], (in Russian), in *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*, no. 5-1 (37), 26 p., 2014. Available: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34325>]
12. **Кудряшова Э. Е.** Методы и модели проектирования информационных систем. М.: Академия естествознания, 2009. 127 с. [E. E. Kudryashova, *Methods and models of designing information systems*, (in Russian). Moscow: Akademiya estestvoznaniya, 2009.]
13. **Дудаков Н. С., Макаров К. В., Путятю С. А.** Модель информационного обеспечения систем управления реального времени при решении задач с широким спектром входных данных // Труды МАИ. 2017. № 94. 26 с. [N. S. Dudakov, K. V. Makarov, S. A. Putyato, “Model of real-time information systems for problems with a wide range of input data”, (in Russian), in *Trudy MAI*, no. 94, 26 p., 2017.]
14. **Чен П.** Модель «сущность-связь» – шаг к единому представлению данных // СУБД. 1995. № 3. С. 137–158. [P. Chen, “The entity-relational model. Toward a unified view of data”, (in Russian), in *SUBD*, no. 3, pp. 137-158, 1995.]
15. **Кинжалин А.** Моделирование баз данных при помощи Erwin. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/LOGWORKS/bpww.htm> (дата обращения 25.05.2022). [A. Kinzhalin (2022, May 25), “Database Modeling with Erwin” [Online], (in Russian). Available: <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/LOGWORKS/bpww.htm>]
16. **Черняков М.** Моделирование баз данных в Visio 2010. [Электронный ресурс]. URL: http://www.oszone.net/11675/Visio2010_DB_Modeling (дата обращения 25.05.2022). [M. Chernyakov (2022, May 25), “Database Modeling in Visio 2010” [Online], (in Russian). Available: http://www.oszone.net/11675/Visio2010_DB_Modeling]
17. **Бабкин Э. А., Князькин В. П., Шиткова М. С.** Сравнительный анализ языковых средств, применяемых в методологиях бизнес моделирования // Бизнес-информатика. 2011. № 2 (16). С. 31-42. [E. A. Babkin, V. P. Knyazkin, M. S. Shitkova, “Critical evaluation of modeling languages”, (in Russian), in *Biznes-informatika*, no. 2 (16), pp. 31-42, 2011.]
18. **Кунченко Д.** Что такое нотация BPMN. Основные понятия с примером. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.columbusglobal.com/ru/blog/chto-takoe-notaciya-bpmn-osnovnye-ponyatiya-s-primerom> (дата обращения 25.05.2022). [D. Kunchenko (2022, May 25), “What is BPMN notation. Basic concepts with an example” [Online], (in Russian). Available: <https://www.columbusglobal.com/ru/blog/chto-takoe-notaciya-bpmn-osnovnye-ponyatiya-s-primerom>]
19. **Нотация BPMN 2.0.** [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elma-bpm.ru/bpmn2/> (дата обращения 25.05.2022). [BPMN 2.0 notation (2022, May 25). [Online]. Available: <https://www.elma-bpm.ru/bpmn2/>]
20. **Построение модели многосвязного объекта на основе совместного использования данных и экспертных оценок / В. Е. Гвоздев [и др.] // Онтология проектирования. 2019. Т. 9, № 3 (33). С. 361–368. [V. E. Gvozdev, “Construction of a multi-connected object model object based on joint use of data and expert evaluations”, (in Russian), in *Ontologiya proektirovaniya*, vol. 9, no. 3 (33), pp. 361-368, 2019.]**
21. **Walker A.** Semantic Interoperability via Business Rules in Open Vocabulary, Executable English. [Electronic resource]. URL: https://ontologforum.org/index.php/ConferenceCall_2005_12_15 (accessed 25.05.2022).

ОБ АВТОРАХ

- НАБАТОВ Александр Нурович**, доц. каф. АСУ. Дипл. инж.-системотехник (УГАТУ, 1992). Канд. техн. наук (УГАТУ, 1995). Иссл. в обл. АСУ.
- ВЕДЕНЯПИН Игорь Эдуардович**, доц. каф. ВМК. Дипл. инж.-электромеханик (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук (УГАТУ, 2003). Иссл. в обл. информационных систем управления.
- NABATOV, Alexander Nurovich**, Assoc. prof., Dept. of Automated Control Systems. Dipl. systems engineer (USATU, 1992). Cand. of Tech. Sci. (USATU, 1995). Research in the field of information management systems.
- VEDENYAPIN, Igor Eduardovich**, Assoc. Prof. Dipl. electrician engineer (USATU, 1995). Cand. of Tech. Sci. (USATU, 2003). Research in the field of information management systems.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 3 (97), pp. 24-35, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).