

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ

Н.Н. Лычкина,

кандидат экономических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой
«Информационные системы» Государственного университета управления,
e-mail: lychkina@guu.ru.

А.Р. Идиатуллин,

аспирант кафедры «Информационные системы»
Государственного университета управления,
e-mail: idiatulla@gmail.com.
Адрес: г. Москва, Рязанский проспект, д. 99.

В статье рассматриваются вопросы сквозного сервисно-ориентированного проектирования интегрированных информационно-аналитических систем предприятия на основе архитектурного подхода с применением онтологических моделей архитектуры предприятия. Приводится описание комплекса онтологических моделей предметной области предприятия: мета-онтологии, модели бизнес-среды и онтологии процедур стратегических информационных систем, соответствующих различным уровням рамочной схемы архитектуры предприятия.

Ключевые слова: информационная система предприятия, система поддержки принятия решений, онтологии, семантическая сеть моделей, архитектура предприятия, рамочная схема архитектуры предприятия.

Введение

В основе теоретических и методологических подходов к управлению информационной системой предприятия лежит концептуальное представление организации как функционирующей бизнес-системы в условиях динамично изменяющейся внешней среды, что на практике требует обеспечения сопоставимости и преемственности

бизнес-стратегии и ИТ-стратегии предприятия на основе моделей стратегического соответствия, постоянного реинжиниринга предприятия и его информационной системы, а также реализацию ИТ-стратегии через ИТ-инфраструктуру на всех уровнях управления. Эффективное планирование и реализация ИТ-стратегии сегодня связывают со сквозным сервисно-ориентированным проектированием (ССП) на основе архитектурного подхода.

ССП позволяет выстраивать целостный подход к проектированию корпоративных информационных систем – от предприятия в целом и выделения бизнес-сервисов на верхних уровнях архитектуры до его информационной системы и отображения бизнес-сервисов в прикладные ИТ-сервисы на технологическом уровне.

Фундамент для полноценного сквозного сервисно-ориентированного проектирования обеспечивает архитектурный подход и специальные методы и модели анализа и синтеза сервисной бизнес-архитектуры и ее информационной инфраструктуры, фактическим стандартом которого явилась модель Джона Захмана. Концепция Архитектуры предприятия (ЕА) является способом объединения и синхронизации функциональных и бизнес-потребностей организаций с возможностями информационных технологий в условиях их возрастающей сложности [1]. Таким образом, модель Захмана может рассматриваться в качестве общей рамочной схемы описания взаимосвязи сервисов на различных уровнях архитектуры, при выборе отдельных архитектурных решений и описания элементов этой архитектуры с определенными уровнями абстракции и агрегации.

1. Перспективные методологии и инструменты архитектуры предприятия и моделирования предприятия, бизнес-процессов и процессов управления развитием предприятия

Организации все больше проникаются осознанием необходимости применения стандартов и инструментов ЕА. Расширение и унификация инструментария в области ЕА позволяет преодолевать традиционные видения и сложившиеся стереотипы мышления как у бизнеса, так и у системных архитекторов. Устройство общих схем (frameworks) ЕА достаточно сложно, полная схема ЕА по своей сути представляет многоуровневые иерархические структуры типа страт или эшелонов, с которыми работает бизнес-архитектор и системный архитектор, причем работа с объектами является достаточно сложной. Выстраивание целостного сервисно-ориентированного подхода к проектированию архитектуры предприятия и его информационной системы требует совершенствования методов и инструментария архитектурной работы на основе рамочной схемы ЕА. При навигации по уровням архитектуры предприятия необходимо поддерживать

в процессе проектирования единый формат представления информации и обеспечивать взаимодействие и совместную работу бизнес-архитекторов и системных архитекторов. В части архитектурной работы с бизнес-процессами сегодня широко используются методологии и технологии моделирования бизнес-процессов, языки организационного моделирования, поддерживающие автоматизацию исполняемых бизнес-процессов на технологическом уровне рамочной схемы архитектуры предприятия.

За последнее время дисциплина ЕА прошла определенную эволюцию в своем развитии, предложила ряд референсных моделей. Все больше организаций определяют собственную «рамочную» (framework) схему ЕА вместо использования или простой адаптации существующих схем. Однако на практике проектирование архитектур предприятий не всегда осуществляется с использованием специализированной инструментальной поддержки. Существующие инструментальные средства моделирования архитектуры предприятия не обладают достаточной функциональностью. Инструментальные решения в этой области включают универсальные интегрирующие среды (например, Zachman Framework, GERAM), языки моделирования предприятий (например, IDEF, ARIS, BPML), программные среды моделирования (например, ARIS 6 Collaborative Suite, Popkin System Architect, METIS), мета-модели и языки мета-моделирования (например, UML Profile for Business Process Definition, UEML, Essential Project) и др. Исследование инструментальных средств моделирования ЕА позволило выявить их недостатки. Так Zachman Framework не поддерживает представление динамики развития организации и ее информационных систем (отсутствие оси времени), является достаточно поверхностной с точки зрения детализации референсной моделью, недостаточно функциональна с технической точки зрения. GERAM носит концептуальный характер, она предоставляет методологические руководства, но не обеспечивает ни языком моделирования, ни соответствующими инструментальными средствами. ARIS призвана поддерживать общий репозиторий однотипных объектов различных методологий, назначать объектом одних методологий модели других методологий. Однако, несмотря на обилие графических представлений, она не позволяет отображать некоторые виды моделей, необходимые для архитектурной работы. Это позволяет сделать вывод о необходимости разработки единой ком-

плексной инструментальной среды моделирования архитектуры предприятия и его информационной системы.

Анализируя модели и методы стратегического менеджмента такие как SWOT-анализ, GAP-анализ, матрица BCG и PEST-анализ, их место в построении архитектуры предприятия и его информационной системы, можно сказать, что не все из них поддержаны инструментальными средствами моделирования, они сфокусированы на определенном аспекте архитектуры предприятия и, как следствие, слабо ориентированы на комплексное всестороннее описание архитектуры предприятия.

Исследование методологий проектирования информационных систем, такие как RUP (поддержанная UML), SADT, BPML, DFD и семейство IDEFx, в контексте описания архитектуры предприятия, показывает, что данные методологии обладают рядом свойств, ограничивающих их применение: они предназначены прежде всего, для описания состава структурированных исполняемых процессов, протекающих в рассматриваемой системе, а не их последовательности, узко-специализированы, и зачастую включают избыточные или практически неиспользуемые диаграммы и конструкции, обладающие неточной семантикой. Большое количество различных методологий и технологических решений, их поддерживающих, множественность языков организационного моделирования порождает несогласованность моделей и так называемую проблему «вавилонской башни» [2], что затрудняет их освоение менеджерами и применение на практике. Множественность языков представления предметной области ставит задачу согласования моделей, описанных с помощью различных языков и методологий и поиска единого языка описания предметной области предприятия. Кроме того, существующие методологии и технологии проектирования информационных систем хорошо справляются с функцией автоматизации четко формализуемых и структурированных исполняемых процессов на уровне транзакционных систем и, как показывает анализ, слабо приспособлены для описания связанных аналитических приложений в информационно-аналитических системах, где основой автоматизации является процесс принятия решения, отличающийся нерегулярностью и существенной нелинейностью.

Необходима интегрированная компьютерная среда, поддерживающая как традиционные функ-

ции моделирования бизнес-процессов, так и архитектурную работу на более высоких уровнях концептуализации предметной области предприятия, что позволит обнаруживать точки пересечения и взаимосвязи между бизнес-функциями и бизнес-стратегией, а также ИТ-ресурсами. В перспективе с помощью такой интегрированной программной среды EA возможно будет осуществлять не только документирование бизнес-процессов компании, но и каталогизацию всей корпоративной базы знаний. Задача состояла в том, чтобы разработать такой комплексный инструментальный для архитектурной работы на высоких уровнях концептуализации для интеграции различных моделей предметной области предприятия, где рамочная схема EA выступает в качестве исходной методологической основы.

Анализ методик и моделей описания EA и инструментов и технологий моделирования EA показал, что необходимы инструменты, модели и методы для общего описания организации и проектируемой информационной системы на основе рамочных схем (FW EA), отвечающие следующим требованиям:

- ◆ комплексное описание предметной области организации и ее информационной системы с возможностью интеграции и анализа различных архитектурных аспектов,
- ◆ содержание наиболее общих и основополагающих понятий и отношений в моделируемой предметной области организации с возможностью детализации различных архитектурных аспектов,
- ◆ возможность описания архитектуры предприятия на основе рамочных схем,
- ◆ навигация по различным уровням архитектурных схем организации, включая уровень разработки приложений и данных информационной системы организации,
- ◆ машинно-читаемость и возможность трансляции на другие языки моделирования целиком или частично, для интеграции с существующими методологиями и инструментальными средствами проектирования информационной системы организации,
- ◆ обеспечение инструментами визуализации моделей EA, с возможностью их интерпретации широким кругом специалистов;
- ◆ обеспечение единства понятийного аппарата и создание глоссария для всех участников процесса проектирования информационной системы организации.

В качестве метода комплексного описания архитектуры предприятия предложен онтологический инжиниринг.

В работе [3] высказывается предположение о применении данного метода в качестве инструмента моделирования бизнес-процессов, где обобщенная метамодель предприятия в виде онтологии может служить основой для интеграции разнородных представлений бизнес-процессов в корпоративной информационной системе. Кроме того, в области проектирования архитектуры предприятия были попытки применения онтологий, к примеру, в инструменте Essential Project сделана попытка создания комплексной метамодели предприятия на языке онтологий.

Метод онтологического моделирования был исследован в контексте применимости для описания архитектуры предприятия, что позволило сделать выводы о том, что он обеспечивает комплексное описание предметной области организации и ее информационной системы, позволяет моделировать содержание наиболее общих и основополагающих понятий и отношений предметной области организации, при этом он не ограничивается жесткой методологией применения, что дает возможность описания архитектуры предприятия на основе различных рамочных схем. Метод инженерии онтологий поддерживается широким набором инструментальных средств, что позволяет создавать машинно-читаемые модели, визуализировать их, обеспечивая навигацию по различным уровням архитектурных схем организации и оставляя возможность для интеграции с другими языками моделирования.

Инструментальные средства на основе онтологий естественным образом стыкуются с другими видами схем стратегического и архитектурного уровней. К таким схемам относятся, например, схемы циклов маркетингового стратегического управления, или такие схемы создания ИС и ИУС, схемы бизнес- и информационной платформ и архитектур Дж. Хендерсона, схемы «здания ARIS» А. Шеера. А благодаря концептуальной совместимости с другими схемами после описания целостной и динамичной 3D-архитектуры можно легко включать в работу более специфические или более технические инструменты и модели, например, TurboBPR, Process Charter, ARIS ToolSet, UML RRose или Oracle Designer.

Применение онтологического подхода при формализации базовых категорий предметной области предприятия обладает следующими преимуществами:

♦ Модель универсальна и способна описать различные аспекты корпоративной архитектуры – от системы стратегий и целей до организационной структуры и системы бизнес-процессов.

♦ Применима на различных уровнях детализации – от верхнего уровня описания базовых категорий менеджмента, до уровня проектирования аналитических приложений.

♦ Легко адаптируема и дополняема, при этом глубина проработки отдельных аспектов определяется практической необходимостью и не регламентирована методологией.

♦ Отдельные аспекты архитектуры предприятия могут быть описаны на других языках моделирования, с использованием понятий, введенных в онтологической модели.

♦ Комплекс онтологических моделей позволяет выстраивать взаимосвязи сервисов и приложений на разных уровнях архитектуры, за счет визуализации упрощает восприятие и работу со сложными архитектурными схемами с большим количеством объектов во взаимосвязанных измерениях обобщения и агрегации и детализации на разных концептуальных уровнях представления предприятия.

♦ Машинно-читаемость и транслируемость онтологической модели в другие универсальные языки.

На основе онтологических моделей создана комплексная инструментальная среда моделирования архитектуры предприятия и его информационной системы. Выделены классификационные признаки создаваемых онтологий предметной области организации: по области применения онтологии относятся к моделированию и проектированию, выполняют роль – интеграция разнородной информации, владельцем онтологий является организация, язык – неформальный, предметной областью является организация, глубина проработки может быть различной в зависимости от решаемых задач. Для покрытия различных аспектов описания предметной области предприятия создано несколько различных по уровню обобщения моделей.

В статье рассматривается применение метода онтологического инжиниринга для формализации и моделирования предметной области предприятия и его информационной системы на основе рамочной схемы архитектуры предприятия.

2. Комплекс онтологических моделей архитектуры предприятия

Разработанный комплекс архитектурных моделей предприятия представлен в виде семантической сети онтологий. Различные модели семантической сети соответствуют различным осям и аспектам рамочной схемы архитектуры предприятия. Комплекс моделей на основе онтологий отражает схему взаимосвязей между отдельными элементами архитектуры предприятий и используется при формировании и выборе архитектурных решений и элементов, а также для установления горизонтальных и вертикальных связей между ними и различными архитектурными слоями рамочной схемы.

В качестве инструмента инженерии онтологий использован программный продукт Protege 3.4.4.[4].

Процесс создания онтологий включает разработку комплекса моделей различного уровня обобщения, начиная с мета-онтологии, детализируемой с помощью моделей предметной области и прикладных онтологий. Обобщенная онтологическая модель архитектуры предприятия на основе мета-онтологии представлена в виде семантической сети онтологий предметной области, прикладных онтологий и других онтологических моделей процедур, приложений и моделей бизнес-процессов и служит основой для интеграции разнородных представлений в корпоративной информационной системе.

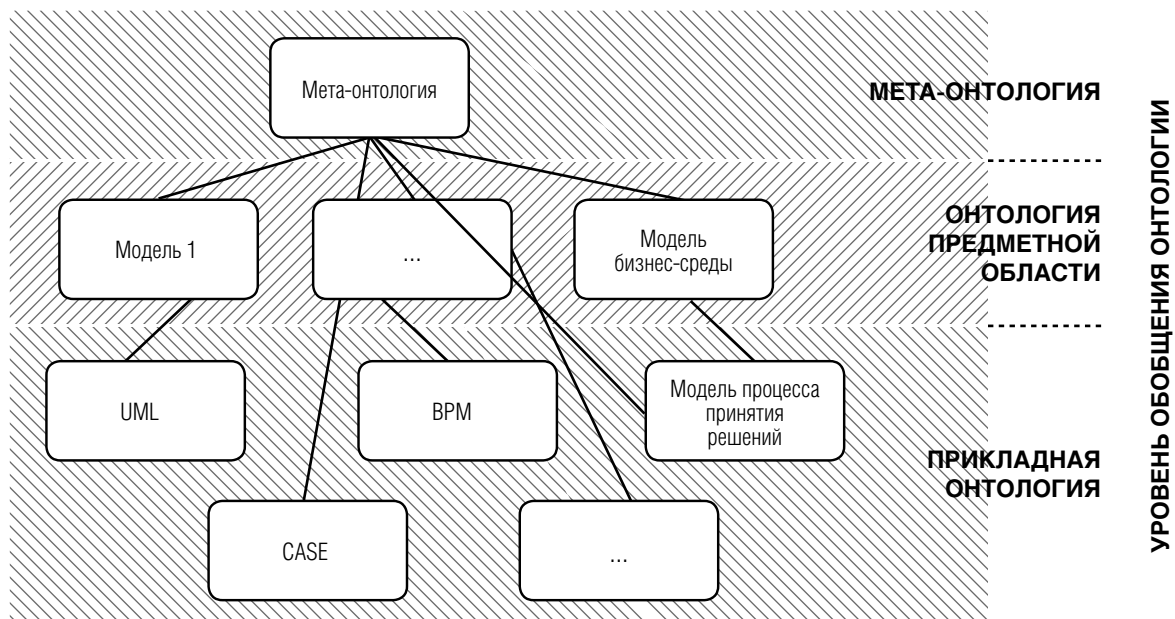


Рис. 1. Семантическая сеть моделей на основе онтологий.

Мета-онтология корпоративной архитектуры

Для координации и навигации по таким уровням архитектуры предприятия, как прикладной, системный и технический, применена обобщающая онтологическая модель, содержащая наиболее общие понятия предметной области организации. Онтологическая модель, описывает общую схему архитектуры предприятия на верхнем концептуальном уровне, называемую мета-онтологией, служит навигатором по семантической сети и является инструментом сквозного сервисного проектирования

информационной системы организации. Мета-онтология формализует и описывает взаимосвязь понятий архитектуры организации, от верхних концептуальных слоев (бизнес-среды), до системного уровня, отражающего основные аспекты информационной инфраструктуры.

В качестве теоретической основы создания мета-онтологии использовано вербальное описание архитектуры предприятия в соответствии с концепцией «Корпоративной архитектуры» [5]. Модель содержит такие классы понятий как система целей и стратегий, организационная структура, функцио-

нальная структура, система процессов и система показателей эффективности. Модель детализирует данные понятия и описывает их взаимосвязь с такими элементами архитектуры предприятия как информационная архитектура, техническая архитектура и архитектура знаний. С помощью их взаимодействия отслеживается определяющее влияние стратегии развития предприятия на ИТ-стратегию и ИТ-инфраструктуру организации.

В модели выделены следующие понятия предметной области, реализованные в виде базовых классов онтологической модели:

- ◆ Бизнес-архитектура
- ◆ Информационная архитектура
- ◆ Корпоративное управление
- ◆ Стратегическое управление
- ◆ Операционная модель

Производя исследования для онтологического инжиниринга, был сделан вывод, что бизнес-архитектура состоит из большого количества понятий, и является одной из ключевых состав-

ляющих архитектуры предприятия. Рассматривая её составляющие, можно выделить следующие понятия:

- ◆ Архитектура знаний
- ◆ Архитектура человеческих ресурсов
- ◆ Техническая архитектура
- ◆ Система процессов
- ◆ Система показателей эффективности
- ◆ Организационная структура
- ◆ Функциональные задачи
- ◆ Система целей и стратегий

Данные понятия были отражены в модели соответствующими классами.

В качестве класса мета-онтологии, бизнес-архитектура состоит из большого количества подклассов и является одной из ключевых составляющих модели архитектуры предприятия. Рассматривая её составляющие, можно выделить следующие элементы, представленные в виде подклассов в онтологии, демонстрируемые на *рис. 2*.

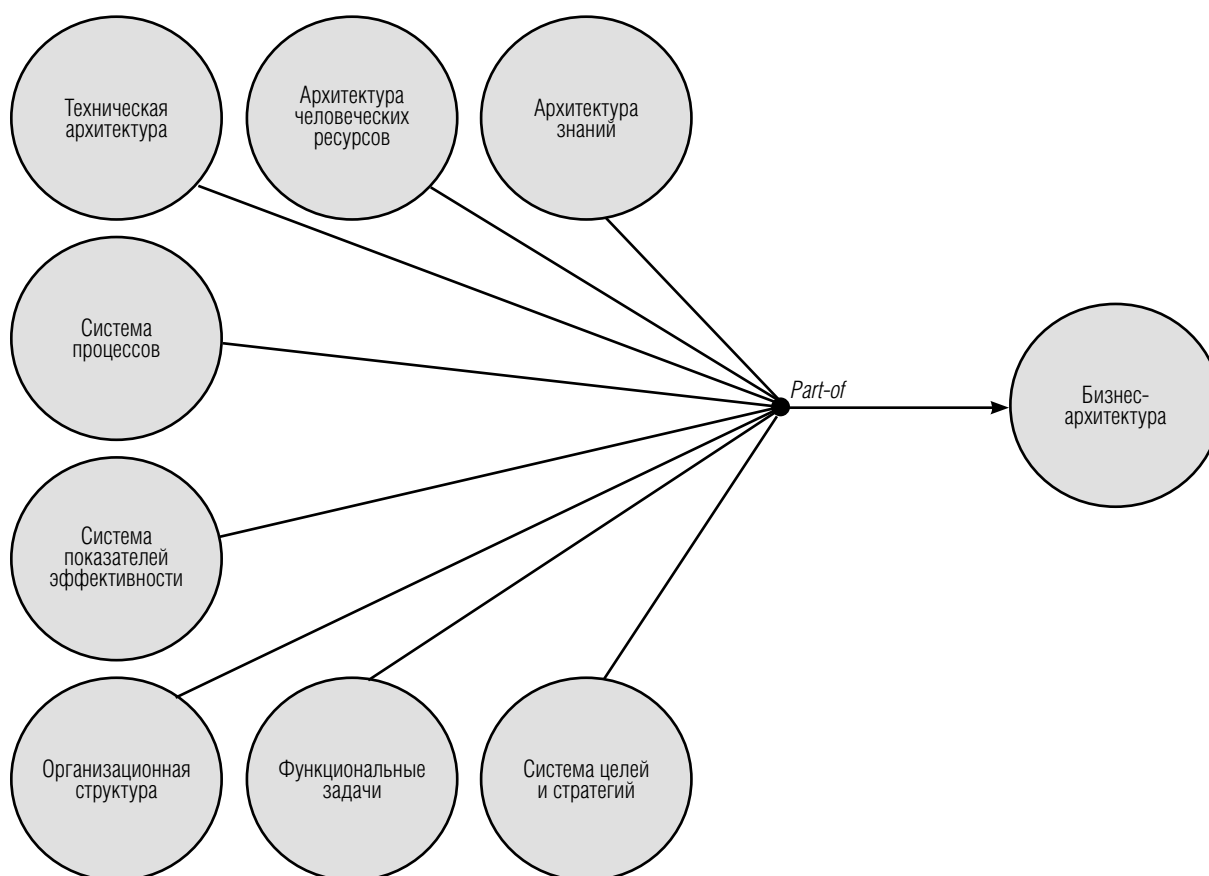


Рис. 2. Композиционная схема класса «Бизнес-архитектура».

Составные классы были так же детализированы в соответствии с описанием архитектуры предприятия. Аналогичным образом в соответствии с вербальным описанием концепции были детализированы и другие базовые классы. Система процессов компании представлена в виде иерархии классов, описывающих пятиуровневую модель процессов организации. Система показателей эффективности раскрывается через различные системы показателей эффективности, такие как система сбалансированных показателей BSC. Операционная модель в рамках онтологии детализируется на такие подклассы как Бизнес-

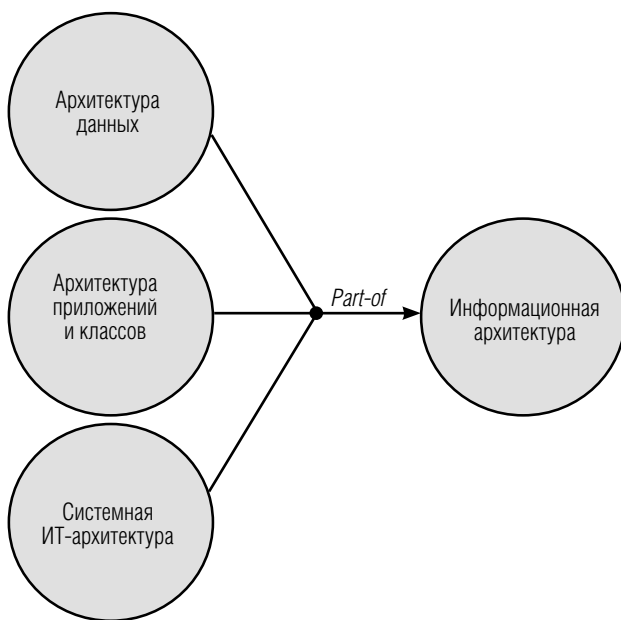


Рис. 3. Композиционная схема класса «Информационная архитектура».

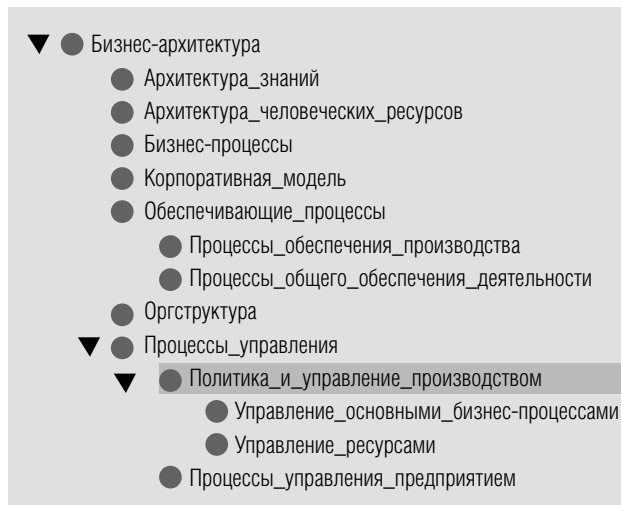


Рис. 4. Фрагмент иерархии классов онтологической модели.

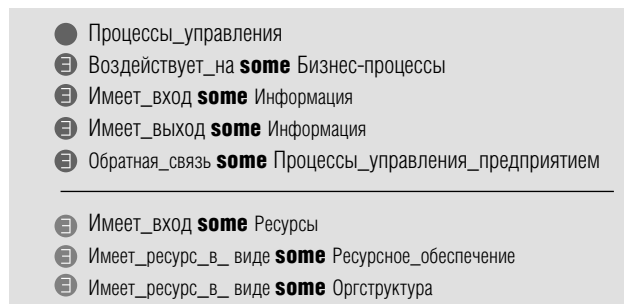


Рис. 5. Значение слотов класса «Управление производством».

деятельность, Ресурсное обеспечение и Операционное управление, в котором в свою очередь с помощью иерархии классов раскрывается организационная и функциональная структура организации. Выделяют следующие понятия информационной архитектуры:

- Архитектура данных,
- Архитектура приложений и классов,
- Системная ИТ-архитектура.

Следуя данной логике, были выделены подклассы онтологической модели для класса «Информационная архитектура». В результате в онтологии класс «Информационная архитектура» состоит из следующих подклассов, представленных на рис. 3:

На рис. 4 представлен фрагмент иерархии классов онтологической модели при ее инструментальной реализации, основанный на детализируемых понятиях предметной области организации.

Выделены свойства каждого из классов онтологии и описаны взаимосвязи классов, на основе вербального описания архитектуры организации. На рис. 5 представлены слоты одного из классов модели, отражающие взаимосвязи понятий иерархии классов.

С помощью возможностей инструмента визуализации можно в наглядном виде представить архитектурные схемы. Инструмент позволяет исследовать архитектурную модель с различных аспектов. К примеру, изучить влияние элементов архитектуры предприятия на исследуемый элемент, либо отследить взаимосвязь элементов с помощью диаграммы взаимосвязи классов, как показано на рисунке 6 на примере взаимодействия элементов системы сбалансированных показателей, отраженных в модели. Таким образом, в рамках модели отражена когнитивная карта системы, но не фрагментарно, а в интеграции с прочими элементами архитектуры предприятия. Благодаря

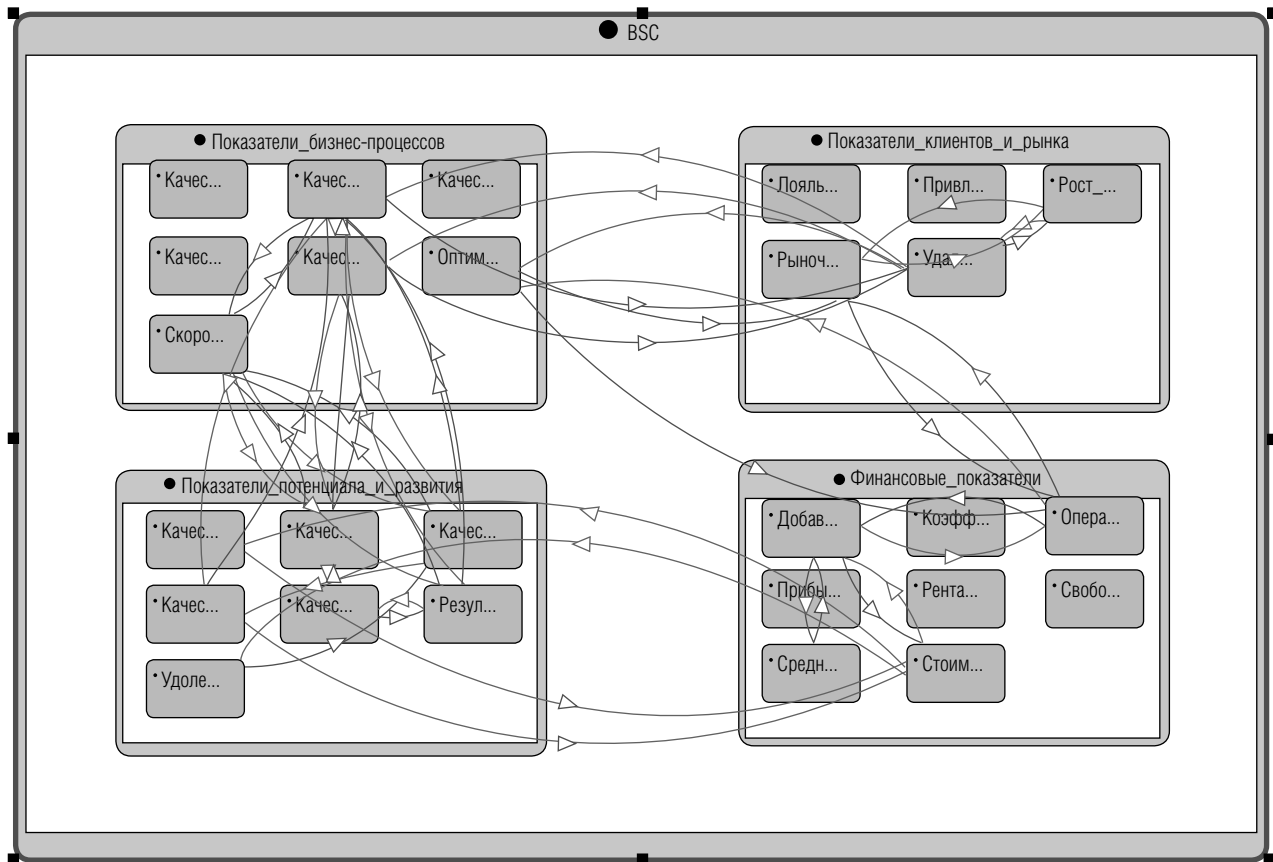


Рис. 6. Фрагмент диаграммы взаимосвязи классов мета-онтологии.

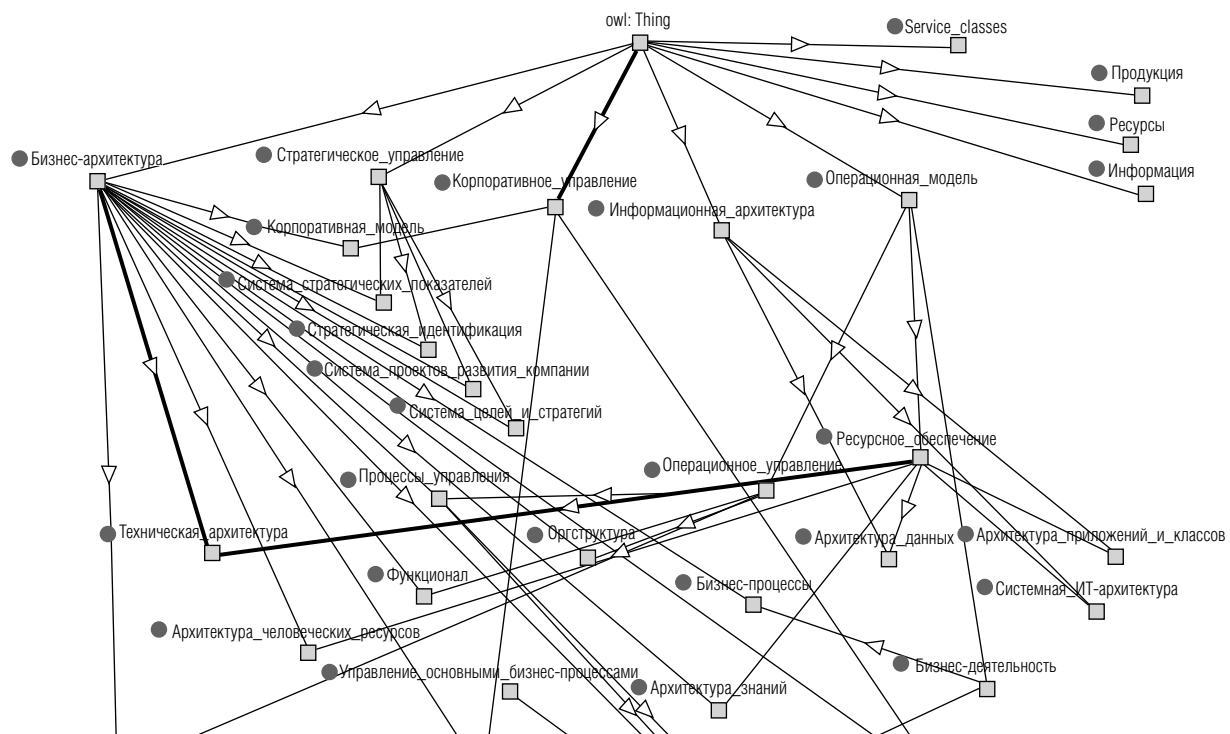


Рис. 7. Фрагмент графа классов мета-онтологии.

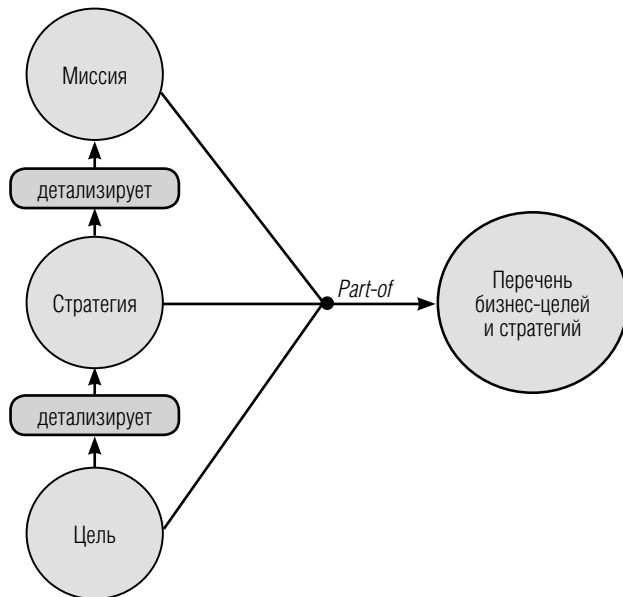


Рис. 8. Композиционная схема класса «Перечень бизнес-целей стратегий».

этому можно отследить факторы, влияющие на тот или иной показатель, либо проанализировать, как введение в систему нового показателя эффективности повлечет изменение информационной системы организации.

Визуализация позволяет определить место элемента в иерархии архитектуры предприятия, как показано на рис. 7. На схеме представлен фрагмент графа, отражающего общую структуру онтологической модели фреймвока архитектуры предприятия. Рассмотрим элемент «Техническая архитектура» (определен жирными дугами); – на графе видно, что он имеет двойную подчиненность: являясь ча-

стью бизнес-архитектуры он одновременно входит в состав ресурсного обеспечения организации как части операционной модели.

Реализованная таким образом модель применима для дальнейшего использования в других системах и инструментах благодаря возможности трансляции в общепринятый язык XML.

Модель охватывает различные аспекты архитектуры предприятия и в процессе проектирования производится формализация стратегии предприятия и преобразование её в ИТ-стратегию. ИТ-стратегия отражается как перечень приложений информационной системы, данных, сущностей, ключевых показателей эффективности, пользователей и системы процессов.

Онтология бизнес-среды организации

На уровне онтологий предметной области некоторые понятия мета-онтология детализируются с помощью модели бизнес-среды организации. Модель детализирует часть понятий мета-онтологии, относящихся к верхнему уровню рамочной концепции архитектуры предприятия. В качестве теоретической основы создания мета-онтологии использовано описание верхнего уровня архитектуры предприятия в соответствии с концепцией Джона Захмана. Онтология бизнес-среды классифицирует следующие обобщенные группы понятий, описанные в концепции: бизнес-мероприятия, система бизнес-целей и стратегий, перечень важных факторов предприятия, организационные единицы,

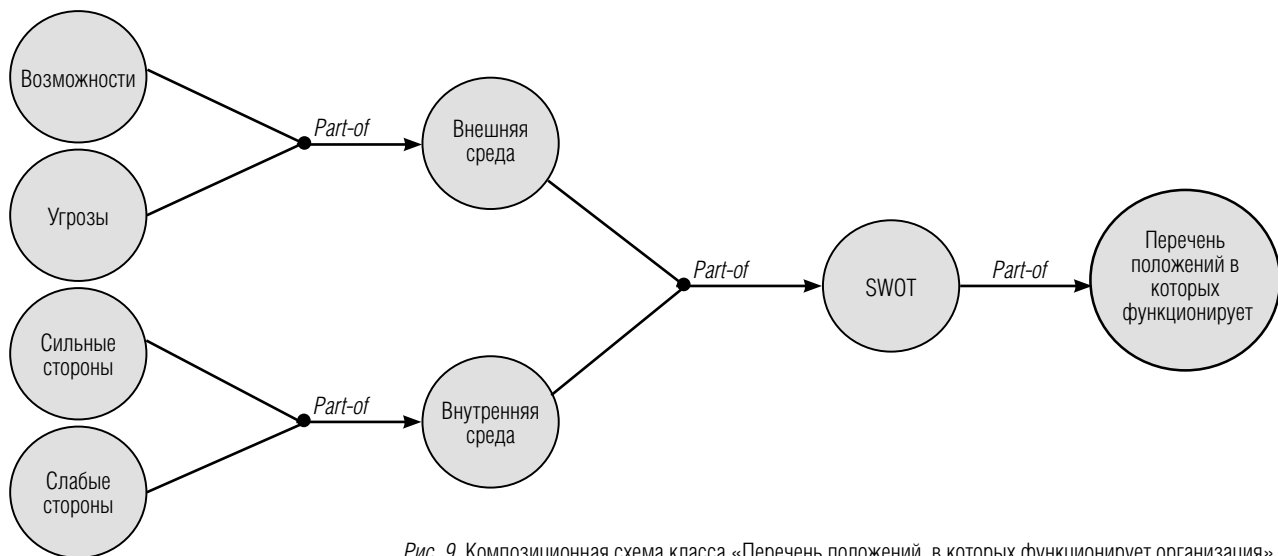


Рис. 9. Композиционная схема класса «Перечень положений, в которых функционирует организация».

перечень положений в которых предприятие функционирует и система процессов предприятия. Данные понятия были выделены в качестве базовых классов онтологии.

Определяющим управляющим воздействием в организации является система целей и стратегий. Таким образом, понятия «Миссия», «Стратегия» и «Цель» являются подклассами понятия «Перечень бизнес целей и стратегий». На языке онтологий это можно выразить с помощью композиционной схемы, представленной на *рис. 8*.

Другие составляющие бизнес-среды были декомпозированы в ходе онтологического инжиниринга с помощью различных моделей менеджмента. Модель включает организационную и функциональную структуру предприятия. Выделен метод стратегического менеджмента, используемый для детализации понятий данного класса – SWOT-анализ. В контексте онтологий – данный метод можно рассмотреть как класс, входящий в состав класса «Перечень положений, в которых функционирует организация» состоящий из подклассов. Перечень его подклассов и их иерархия очевидны из вербальных описаний метода. На *рис. 9* представлена композиционная схема класса «Перечень положений, в которых функционирует организация».

На *рис. 10* представлена инструментальная реализация базовых классов.

Модель оперирует понятиями, имеющими про-

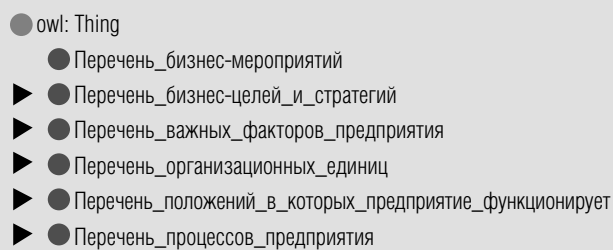


Рис.10. Базовые классы онтологии Бизнес-среды.

екцию в мета-онтологии корпоративной архитектуры, в которой система целей и стратегий является подклассом «Стратегическое управление».

Для детализированных подклассов определены слоты, определяющие взаимосвязь с прочими классами. Таким образом, создавая экземпляр какого-либо класса, определяются все взаимосвязи и изменения архитектуры предприятия, которые повлечет исходное действие.

Визуализация модели позволяет в наглядной форме демонстрировать взаимосвязи понятий наименее формализованной предметной области – стратегического управления организацией. На *рис. 11* представлена диаграмма взаимосвязей классов модели. К примеру, на схеме отражены взаимосвязи подклассов класса «Перечень процессов предприятия» и показано, что система процессов должна быть вписана в систему целей, поддержана организационной

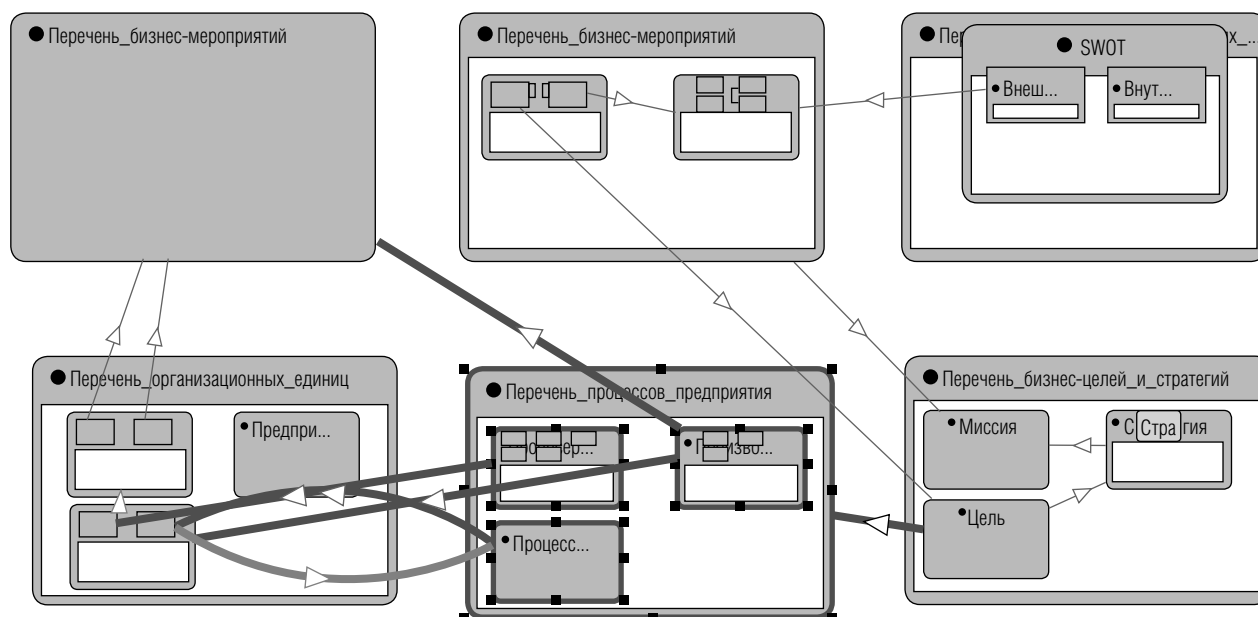


Рис. 11. Диаграмма классов онтологической модели Бизнес-среды предприятия.

структурой и интегрирована с перечнем бизнес-мероприятий (см. жирные стрелки):

Модель предназначена для использования в первую очередь менеджерами компании. Целевым назначением модели является формулировка стратегии предприятия и формализация её в терминах аспектов рамочной схемы архитектуры предприятия. Детализированная с помощью данной модели стратегия ляжет в основу формирования ИТ-стратегии с помощью мета-онтологии.

На нижнем уровне семантической сети могут быть созданы онтологии конкретных приложений, либо модели на других языках организационного моделирования. Для проектирования аналитических приложений в системах управления эффективности бизнеса разработана онтологическая модель процедур поддержки принятия стратегических решений. Модель взаимосвязана с моделями мета-онтологии и бизнес-среды и детализирует понятия стратегии и системы сбалансированных показателей. Прикладная онтология может быть использована для разработки связанных аналитических приложений в ВРМ-системах, основанных на цикле стратегического управления.

Модель нижнего уровня семантической сети соответствует системному уровню архитектуры предприятия – то есть модели информационной системы. На данном уровне может быть представлена не только онтологическая модель, а так же и дру-

гие модели предметной области, например модели бизнес-процессов на языках организационного моделирования.

Заключение

Референтные модели архитектуры предприятия созданы на основе теоретических и эмпирических положений менеджмента и проектирования информационных систем и являются основой построения собственных моделей архитектуры предприятия.

Разрабатываемые таким образом онтологии могут применяться для целей анализа и синтеза архитектурных проектных решений на разных концептуальных уровнях представления предприятия. С их помощью осуществляется навигация по многоуровневым иерархическим структурам типа страт или эшелонов рамочной схемы ЕА и работа во взаимосвязанных измерениях обобщения и агрегации. Комплекс моделей поддерживает совместное использование их менеджерами и ИТ-специалистами, обеспечивая коммуникации между различными участниками ИТ-проекта: пользователями, разработчиками, программными агентами, осуществляя при этом повторное использование знаний предметной области при создании прототипов ИС в условиях трансформирующейся организации, в управлении развитием организации. ■

Литература

1. Зиндер Е., Архитектура предприятия в контексте бизнес-реинжиниринга // «Intelligent Enterprise/Корпоративные системы». – 2008. – №4 (180). – с. 36-38.
2. Эталонные модели организации деятельности в государственном секторе, Государственный университет – Высшая школа экономики, – М., ГУ ВШЭ, 2006 г.
3. Тельнов Ю.Ф. Проектирование систем управления знаниями. // Новости искусственного интеллекта. – 2002. – №4, – с. 29-34.
4. What is protégé? URL: <http://protege.stanford.edu> (дата обращения 30.12.2010)
5. Григорьев Л., Менеджмент по нотам, М. : Альпина, 2010. 696 с.