

Социально-экономический эффект онтологического анализа при создании информационных систем

Н.М. Боргест

*Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия
Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия*

Аннотация

Рассмотрены социальный и экономический эффекты, связанные с внедрением информационных систем на основных стадиях их жизненного цикла. При создании и внедрении информационных систем отмечается значимость онтологического анализа предметной области, оказывающего существенное влияние на эффективность функционирования этих систем. Сделана попытка оценки исследуемых эффектов. Приведены примеры оценки эффектов, а в случае отсутствия онтологий предметных областей при создании и эксплуатации информационных систем – оценка потерь. Для систем, использующих математические модели объектов, важным является создание параметризованных моделей, позволяющих избегать повторного их построения за счёт изменения значений параметров. Это позволяет автоматически перестраивать модели при различных значениях параметров, не создавая новые. Трудоёмкость построения параметризованных моделей «окупается» многократным их использованием и значительным уменьшением доли рутинного труда специалистов высокой квалификации. На примере процедуры зачисления абитуриентов в университеты России проведены оценки социальных издержек и непроизводительных экономических затрат, которые исчисляются миллиардами рублей. Показано, что адекватный учёт всех атрибутов сущностей в онтологии позволяет построить на её основе информационную систему, способную эффективно решать задачу обработки информации в автоматическом режиме.

Ключевые слова: *социальный эффект, экономический эффект, онтологии, жизненный цикл, информационная система.*

Цитирование: *Боргест, Н.М. Социально-экономический эффект онтологического анализа при создании информационных систем / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №1(39). – С.35-50. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-35-50.*

Предисловие

Очевидность онтологического анализа¹ предметной области (ПрО) при создании информационных систем (ИС)², казалось бы, не вызывает сомнений у специалистов. При этом можно отметить, с одной стороны, содержательные, предметные сложности проведения такого скрупулёзного анализа ввиду отсутствия в ряде ПрО квалифицированных экспертов (онтологов), способных создать адекватную задачам онтологию ПрО, которая могла бы лечь в основу разрабатываемой ИС. С другой стороны, технические, программные трудности полноценной, а не фрагментарной реализации созданной онтологии ПрО в ИС.

¹ Онтологический анализ выполняется путём изучения словаря, который используется для обсуждения характерных объектов и процессов, составляющих ПрО, разработки строгих определений основных терминов в этом словаре и описания логических связей между терминами. Продукт анализа, онтология, представляет собой словарь ПрО, дополненный набором точных определений или аксиом, которые ограничивают значения терминов в достаточной степени, чтобы обеспечить согласованную интерпретацию данных [1] (при этом, сознавая необходимость ограничения предмета статьи, за её пределы выводится проблематика исследования особых эффектов специального вида онтологического анализа – *онтологического анализа данных* [2]).

² ИС - система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т.д.), которые обеспечивают и распространяют информацию [3].

Наибольший интерес для онтологов представляет описание ПрО, в котором выявлены и обозначены все сущности, их атрибуты и отношения, учтены особенности исследуемых процессов и решаемых задач в ПрО, выявлены формализмы, критерии и механизмы принятия решений акторов этой ПрО.

Автор не смог отказать себе в символе, знаке, образе, который бы позволил кратко передать смысл и содержание трудной поисковой работы по созданию онтологии ПрО, её формализации и фактически «выращиванию» искусственного интеллекта (ИИ), разработки его на основе исследования поведения естественного интеллекта (ЕИ), включая анализ функционирования ЕИ и оценку результатов его деятельности.

Для этого он использовал метафору³, обратив внимание на сатирические картины Хосе Переса о медицине [5]. Художнику-карикатуристу удалось создать многоплановые, сюжетные работы, в которых значительная доля сатиры и точно обыгранные стереотипы медицинских профессий. В каждой картине множество символов и деталей, большое количество персонажей. Картина на рисунке 1 в сатирическом жанре показывает работу невролога, каким её представляет художник. При этом, по мнению автора статьи, содержание этой картины можно интерпретировать и как наглядную демонстрацию процесса исследования механизма принятия решения человеком, как исследование работы его ЕИ и формализацию полученных знаний о ПрО. Например, фиксация и описание действий опытного специалиста в конкретной ПрО при решении практической задачи (проектирование, диагностирование и т.п.) с попыткой объяснения принятых им решений лежат в основе построения экспертных систем и онтологий ПрО.

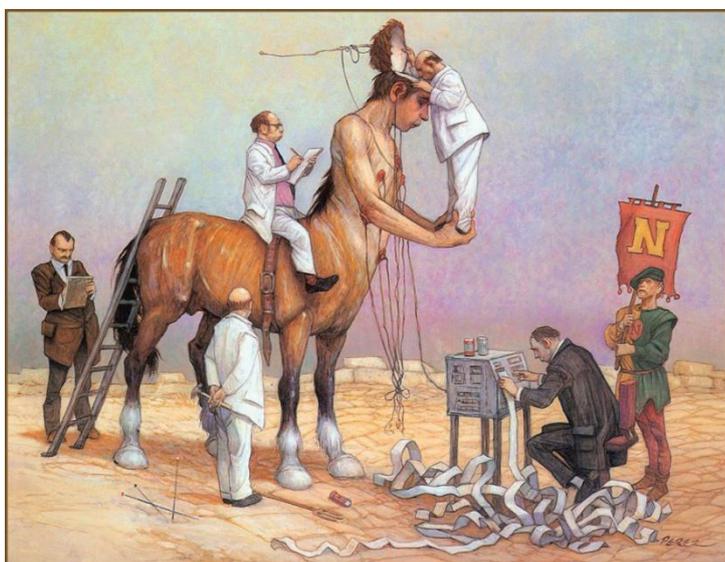


Рисунок 1 – Процесс исследования ЕИ (Невролог, картина Jose Perez [5]) как невербальная метафора построения онтологии и «выращивания» на её основе ИИ

роль в модели описания знания, без которой вход в любую ПрО запрещён. Проектирование онтологии — это творческий процесс, и поэтому потенциальные приложения онтологии, а также понимание разработчиком ПрО и его точка зрения на неё будут, несомненно, влиять на принятие решений» [6].

Введение

Эффект, эффективность, выгода или прибыль – набор важных мер оценки любой деятельности, любого продукта, любой ИС. Традиционно в оценке ИС используют показатели, способствующие повышению качества деятельности (проектирования, диагностики, логистики...) и сокращению сроков выполнения операций и процедур этой деятельности при учёте экономической составляющей, оценивающей процесс.

Трудоёмкость деятельности, рутинный её характер, экологические параметры, удобство и комфорт существенно дополняют перечень показателей.

³ Метафора представляет собой «сознательный перенос названия одного представления в другую сферу – на другое представление» [4]. Метафора облегчает понимание и способствует освоению нового.

Согласно [1] выгоды от развития онтологии могут быть сгруппированы по двум направлениям.

Выгоды от *разработки онтологии*, в которой онтологический анализ ведёт к расширенному пониманию ПрО и полезен для: идентификации проблем (диагностика); идентификации прикладных проблем (причинный анализ); идентификации альтернативных решений (открытия и проектирование); достижения согласия и формирования команд (групп); совместного и многократного использования знаний.

Выгоды от *программ развития онтологии*, где онтологии могут использоваться для: развития систем - онтологии могут использоваться как модели справочников для планирования, координирования и контроля за действиями, управления развитием изделия / процесса, обеспечивая проектирование и разработку более интеллектуальных и интегрированных ИС; реинжиниринга бизнес-процессов - онтологии обеспечивают возможность идентификации и предлагают потенциальные высокоэффективные пути перехода для организационного реструктурирования.

Онтологический подход показал свою пригодность [1] для: формирования согласованных данных, объектно-ориентированного проектирования и программирования; проектирования интерфейса пользователя, информационного моделирования; реинжиниринга бизнес-процессов и концептуального проектирования.

Социальными эффектами от преобразований традиционно занимается социология [7-9], личностной оценкой деятельности – психология [10], оценкой экономической эффективности изменений процесса и средств – экономика [11-13], а интегральные оценки следует искать в целеполагании, целях и ценностях [14, 15]. Анализ интегральных оценок, с одной стороны, говорит о трудности «свёртки» результата, с другой - об искусственном, чаще всего вынужденном, разделении оценки эффекта в плоскостях различных дисциплин.

ИС, как новые сущности в общественном устройстве и как инструменты в его экономическом развитии, органично вписываются в социальные и бизнес процессы, расширяя их спектр и повышая эффективность. Онтологический анализ ПрО здесь во многом является определяющим, т.к. стремится соответствовать реалиям бытия, описывая сущее в нём.

В работе рассматриваются эффекты, которые могут быть получены от функционирования ИС, а также обратная сторона эффекта – это потери реальные и потенциальные в случае отсутствия или не реализации онтологического анализа ПрО при создании ИС.

1 Онтологический анализ в жизненном цикле ИС

Жизненный цикл (ЖЦ) любых артефактов, включая онтологии и построенные на их основе ИС, в центре внимания разработчиков и исследователей [16, 17]. Лучшие практики находят своё отражения и фиксируются в многочисленных стандартах [18-20]. Итерационность процессов проектирования – один из основных признаков этого вида деятельности. Это присуще и процессу разработки онтологий и ИС. В качестве примера на рисунке 2 представлена модель ЖЦ онтологий [16], которая проходит свои стадии обычно не один раз, а на рисунке 3 - итерационный процесс различных стадий разработки ИС [17].

Стадийная модель онтологии справедлива вне зависимости от того, используется онтология компьютерной системой или нет, так как такие системы являются информационными в широком смысле, т.е. включают людей, процессы, аппаратное, программное обеспечение и данные, обрабатывают информацию и принимают решения. Авторы Коммюнике отмечают важность явной оценки онтологий как части ИС и оценки структуры ИС в целом [16].

В стандарте [18] в качестве примера приведены шесть стадий ЖЦ ИС: замысел; разработка; производство; применение; поддержка применения; прекращение применения и спи-

сание. Стадия замысла выполняется для оценки новых возможностей, разработки предварительных системных требований и осуществимых проектных решений. Стадия разработки осуществляется с целью создания такой ИС, которая удовлетворяет требованиям приобретающей стороны и может быть создана, испытана, оценена, применена по назначению, поддержана при применении и списана. Именно для этих стадий важно иметь онтологию ПрО.

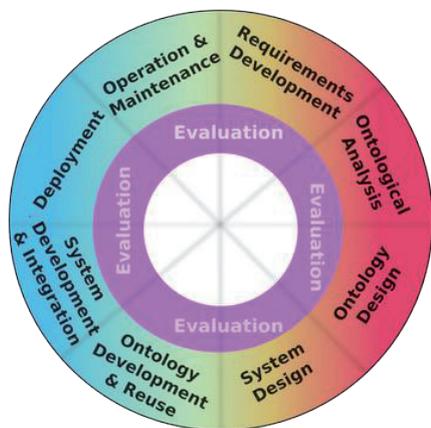


Рисунок 2 - Модель ЖЦ онтологии [16]

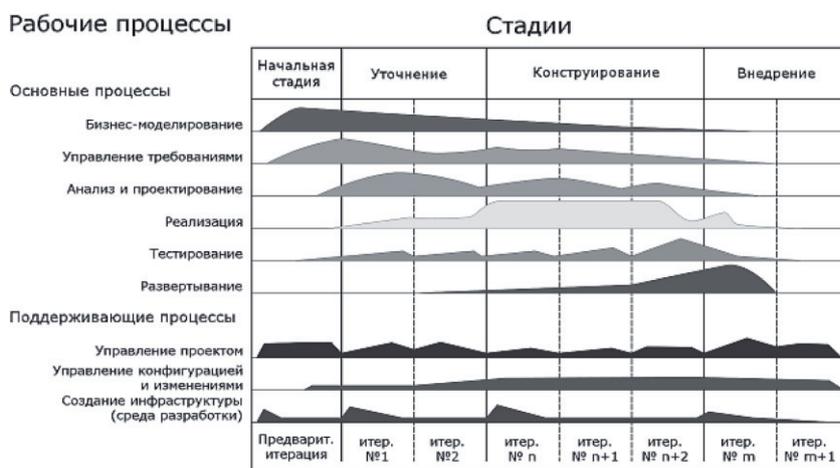


Рисунок 3 - Графическое представление процесса разработки ИС по Rational Unified Process [17]

Наиболее распространёнными моделями ЖЦ ИС являются: каскадная, спиральная, инкрементная [21]. Предпочтительной моделью ЖЦ для корпоративной сети является спиральная модель, в которой специалисты постоянно разрабатывают новую версию сети, проходя в такой работе на каждом витке спирали стандартные этапы и не дожидаясь, когда эффективность системы опустится ниже заданного порога или система не сможет удовлетворять постоянно растущим требованиям. Применение непрерывной информационной поддержки ЖЦ продукта оказывается особенно полезным для сетей средних и крупных корпораций как эффективного и автоматизированного средства реализации выбранной модели ЖЦ [17].

План разработки ПрО подробно описан в стандарте [19], где реализация процесса состоит из решения задач, в которых разработчик ПрО должен: создавать и выполнять план проектирования ПрО; выбирать формы представления, которые будут использоваться для моделей ПрО; определять процедуры получения, выработки решений и обеспечения обратной связи с менеджером активов.

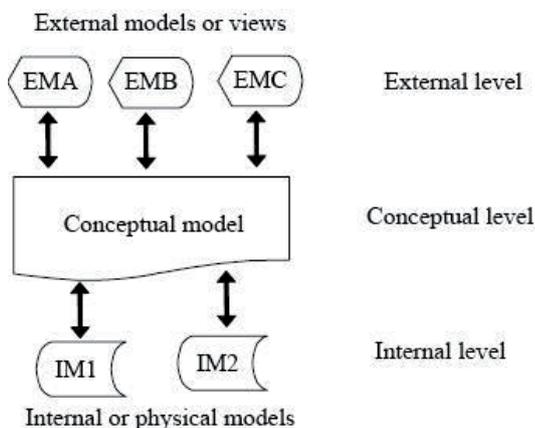
Важнейшим этапом, объединяющим разработчиков ИС и онтологов, является *анализ* ПрО. Он состоит из решения задач, в которых разработчик ПрО должен:

- определять границы каждой ПрО и взаимосвязи между конкретной ПрО и другими ПрО;
- идентифицировать текущие и предполагаемые потребности правообладателей программных продуктов в пределах этой ПрО;
- создавать модели ПрО, используя формы представления, выбранные в действиях процесса реализации данного процесса;
- составлять словарь, охватывающий терминологию для описания важных понятий ПрО и взаимоотношений между сходными или общими активами ПрО;
- классифицировать и документировать модели ПрО;
- оценивать модели и словарь ПрО в соответствии с условиями выбранной техники моделирования и процедурами приёма и сертификации активов организации;
- проводить анализ ревизий ПрО (разработчики программных средств, менеджеры активов, эксперты ПрО и пользователи должны принимать участие в ревизиях);
- представлять модели ПрО менеджеру активов.

Проектирование ПрО состоит из решения следующих задач.

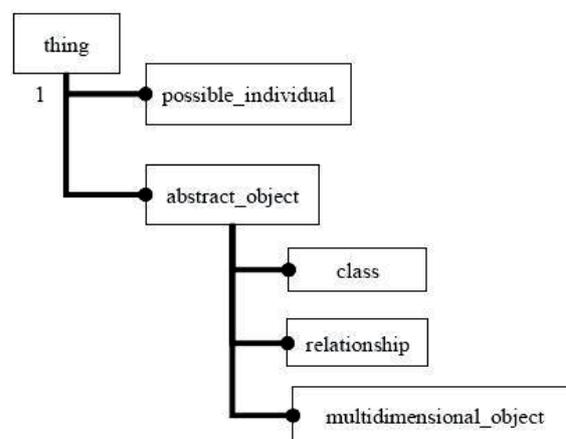
- Разработчик ПрО должен создавать и документально оформлять архитектуру ПрО, согласовывать её с моделью ПрО и следовать стандартам организации.
- Архитектура ПрО должна оцениваться в соответствии с условиями проектирования архитектуры и процедурами приёмки и сертификации активов организации.
- Для каждого выбранного объекта, предназначенного для повторного применения, разработчик ПрО должен разрабатывать и документально оформлять спецификацию активов.
- Для каждого определённого актива спецификация должна оцениваться в соответствии с процедурами приёмки и сертификации активов организации.
- Разработчик ПрО должен проводить ревизии проекта ПрО.
- Разработчик ПрО должен предоставлять архитектуру ПрО менеджеру активов.

Целью онтологического стандарта ИСО 15926 [22] является обеспечение интеграции данных для поддержания ЖЦ и процессов предприятий благодаря общей, концептуальной модели данных, являющейся его основой. Эта модель данных определяет значение информации в едином контексте с учётом мнений различных специалистов предприятия. Стандарт оперирует принятыми в онтологии понятиями, при этом сам термин не используется. Основной класс характеризуется как класс, который является общей применяемой категорией, соответствующей терминам, используемым в обычном языке. Данные определяются как представление информации в официальной манере, приемлемой для обмена информацией, интерпретации или обработки людьми или компьютерами. Информация представляет собой факты, понятия или инструкции. Концептуальная модель данных определяется тремя уровнями (см. рисунок 4). При этом структура данных представляется в форме, не зависящей от какого-либо способа физического хранения или формата внешнего представления, а концепция модели данных опирается на модель универсальной иерархии, где базовая сущность является классом, включающим всё (см. рисунок 5).



External models or views - внешние модели или представления;
 external level - внешний уровень; conceptual model - концептуальная модель;
 conceptual level - концептуальный уровень; internal level - внутренний уровень;
 internal or physical models - внутренние или физические модели

Рисунок 4 - Трёхуровневая архитектура [23]



Thing - сущность; possible_individual - возможный индивид;
 abstract_object - абстрактный объект;
 class - класс; relationship - взаимоотношение;
 multidimensional_object - многомерный объект

Рисунок 5 - Часть модели иерархии базовой сущности [23]

Интеграция данных означает объединение информации, полученной из нескольких независимых источников, в один логически последовательный набор данных. Так как независимые источники часто имеют области действия с перекрытием, объединение их данных требует обобщения ряда областей, удаления дублированной информации и представления новой информации. При этом модель данных должна иметь контекст, включающий все возможные данные, которые могут быть желательными или необходимыми [23].

Этапы ЖЦ перерабатывающих предприятий, для которых принят стандарт, включают ставшие традиционными стадии: проектирования, разработки, строительства, эксплуатации, технического обслуживания, вывода из эксплуатации и утилизации.

Подводя итог обсуждаемой теме, следует отметить признание важности онтологического анализа в ЖЦ ИС, что подтверждается не только исследованиями и научными обзорами, но и фиксацией лучших практик в международных стандартах. Можно провести аналогию с влиянием концептуального проектирования на эффективность разрабатываемого проекта, где затраты на исправление ошибок на последующих этапах ЖЦ возрастают на порядки [24].

Оценка любого продукта, изделия, услуги, оценка любого этапа деятельности – это всегда компромисс, уступка одного (одних) показателя (показателей) перед другим (другими). Не все показатели имеют количественные оценки, а лишь качественные. При этом количественные представлены разными несводимыми мерными шкалами. «Неразделимая» для социума социально-экономическая свёртка оценки эффекта условно рассмотрена отдельно.

2 Социальный эффект

Социальный или общественно значимый эффект есть совокупность многих аспектов человеческой деятельности. Что касается влияния ИС на общество, то следует признать, что ИС стали частью общественной коммуникации, взаимодействия, субъектом производственной (и не только) деятельности, частью нашей жизни. От того, насколько продуман интерфейс, качественно прописаны решаемые задачи, полна онтология ПрО, в которой «работает» ИС, зависит успех ИС в обществе, который может быть измерен. В первую очередь, выбором конкретного продукта, который потребитель определяет по совокупности атрибутов, ориентируясь на свои предпочтения и возможности. Востребованность, частота использования, базирующиеся на удобстве интерфейса, на быстром решении задач в заданной ПрО, демонстрируют социальный эффект рыночного программного продукта. Потребитель-пользователь ИС голосует «кликами» на своих «гаджетах», скачиваями и фактическим использованием в пользу того или иного приложения.

Выбор браузера, Интернет-банка, инженерных программных продуктов, различных приложений по заказу такси, еды, цветов и т.п. определяется потребительскими качествами: надёжностью работы, удобством интерфейса, ориентированного на конкретную целевую аудиторию, отсутствием навязчивой рекламы и любой др. «ненужной» пользователю информации; и напротив, активной, продуманной и уместной помощи в конкретной ситуации. Всё это формируется и является результатом онтологического анализа ПрО, который предполагает изучение не только объектов, но субъектов в ПрО, адекватное решаемым задачам атрибутирование их, включая изучение предпочтений, психологических и ментальных характеристик целевой аудитории пользователей.

Корпоративный (внутрикорпоративный) продукт или продукт госуслуг – это решения, которые приняты не непосредственно потребителями, а руководителями, которые ориентируются на своё понимание, свои интересы и свою компетенцию. Поэтому «честная» оценка таких продуктов возможна при организации оперативного учёта пожеланий реальных пользователей ИС, которые активно участвуют в совершенствовании функционала ИС. От того, насколько грамотно и заинтересованно налажена обратная связь разработчиков с пользователями ИС зависит успех и «долгая жизнь» информационного продукта.

Представляется затруднительным выделить из ЖЦ ИС ту часть влияния продукта на общество и его членов (целевую аудиторию), которая в большей степени ответственна за успех ИС. Задействованные ресурсы при создании и продвижении ИС могут быть определяющими

при «захвате» рынка. Однако эволюционно всегда лучшие решения заимствуются и в дальнейшем находят своё воплощение в последующих версиях успешных продуктов.

Что касается онтологического анализа при создании ИС, то во многом успех таких российских компаний как, например, Яндекс, Сбер, Х5, Тинькофф и др. объясняется тем, что в их структуре активно работают онтологи и психологи на этапах построения поддерживающих их деятельность ИС.

3 Экономический эффект

Актуальной теме оценке экономической эффективности ИС посвящены многочисленные научные статьи в журналах [25, 26], монографии [27, 28], труды конференций [29] и учебные пособия [30, 31].

Эффективность ИС - это комплексная характеристика ИС, отражающая степень её соответствия потребностям и интересам заказчиков, пользователей, других заинтересованных лиц [30]; с другой стороны, - это влияние информационных ресурсов на качество принимаемых решений для достижения целей организации. В узком смысле эффективность ИС - это обеспечение информационных потребностей при помощи ИС для управления предприятием с наименьшими затратами [31].

Самый большой интерес, а также самую большую трудность представляют методики, определяющие эффективность ИС. Все методы определения экономической эффективности ИС имеют определённые достоинства и недостатки. Применение лишь одного метода может привести к ошибочным управленческим решениям, из чего следует необходимость использования комплекса методов, который зависит от точки зрения на разрабатываемую ИС, параметров этой системы, выбора типового решения или проектирования уникальной системы, целей и этапа внедрения и др. [30].

Основная проблема определения эффекта – выявление связи между эффектом и деятельностью ИС, т.е. важно знать, за счёт чего получен эффект. Не меньшую сложность представляет оценка стоимости эффекта, а также соотнесение его с затратами. Самым распространённым методом оценки затрат является оценка совокупной стоимости владения, которая позволяет оценить как разовые капитальные затраты при создании ИС, так и возникающие затраты на всё ЖЦ ИС. Отсюда важный вывод о том, что подбор метода оценки и соответствующих методик расчёта экономической эффективности мероприятий по созданию и эксплуатации ИС во многом определяется особенностями ПрО, задачами, решаемыми в ПрО.

4 Примеры эффективности

В разделе приведены примеры качественных и количественных оценок потенциальных и реальных эффектов онтологического подхода, а также эффективности онтологического анализа ПрО при создании ИС.

4.1 Тезаурус как интегратор программных модулей и интерфейса в ИС

В разрабатываемом в Самарском университете «Роботе-проектанте» тезаурус ПрО используется в качестве семантической основы и интегратора всех компонент разрабатываемой ИС. Создание тезауруса, как разновидности онтологии, начинается с выделения области и определения границ ПрО. Глобальной ПрО является самолётостроение, локальной – этап предварительного проектирования самолёта. Общая терминология ПрО, включённая в тезаурус, основана на Авиационных правилах, учебниках, терминологических словарях, справочниках, энциклопедиях, научных публикациях и технических отчётах [32].

Онтологический подход к изучению и исследованию ПрО даёт возможность просмотреть всю совокупность слов, которыми может быть описана искомая тема, при этом обозревая в явном виде интересующее его семантическое окружение. Терминологическая база и методы её расширения могут изменяться как во время создания, так и во время использования тезауруса, поэтому для определения информационных материалов о ПрО учитывается актуальность источников и сценарии использования онтологии. Использование тезауруса позволяет не только получить наиболее полное описание характеристик исследуемого объекта – самолёта, но и семантически увязать все проектные операции и процедуры с базами данных и знаний в исследуемой ПрО.

Пользовательский интерфейс ИС должен содержать необходимые инструменты и типы модели, соответствующие задачам пользователя. В рамках онтологического подхода становится возможным обеспечение семантической наследуемости модулей интерфейса на основе единой онтологической модели ЖЦ изделия. Помимо задач интеграции тезаурус может использоваться как основа для реализации голосового интерфейса. Содержимое тезауруса может быть использовано в качестве ключевых слов для подпрограммы голосового взаимодействия, что в ряде случаев существенно упрощает взаимодействие с пользователем.

Онтология машиностроительного предприятия, построенная на основе тезауруса данной ПрО, является формализованным представлением исследуемого предприятия и выступает в роли семантической основы на этапе разработки ИС, предназначенной для производственного планирования. Онтология определяет выбор методов и технологий решения задач, а на этапе запуска системы в производство является связующим звеном между работниками предприятия и программным обеспечением. При разработке ИС производственного планирования базовая онтология машиностроения явилась прикладным инструментом и обеспечила разработчиков ИС полной информацией о предприятии, его структуре, протекающих в нём бизнес-процессах. Онтология, построенная на основе обработки и анализа информации, позволила не только описать исследуемую ПрО и решаемые в ней задачи и тем самым зафиксировать знания о ПрО, но и использовать эти знания при формировании шаблонов экранов, структуры баз данных, отработке сценария работы с ИС [33].

4.2 Параметризация моделей в ИС

Для систем, использующих математические модели объектов, важным является создание параметризованных моделей, позволяющих избегать повторного их построения за счёт изменения значений параметров. Это позволяет автоматически перестраивать модели при различных значениях параметров, не создавая их под иные значения. Трудоёмкость построения параметризованных моделей «окупается» не только многократным их использованием, но и значительным уменьшением доли рутинного труда специалиста высокой квалификации.

В [32, 34] использован метод, позволяющий создавать геометрические модели самолёта в автоматическом режиме при помощи технологии параметрического моделирования. Любой процесс проектирования как совокупность методов анализа и синтеза включает в себя набор правил и методов. Они могут быть обобщены и реализованы программными средствами в некую свёртку метаданных, условно называемую «параметрическим шаблоном». При использовании шаблонов проектировщику требуется лишь ввести входные данные. На выходе строятся целые конструкции по заложенным в шаблоне знаниям и алгоритмам решения задач. Шаблоны дают возможность созданные однажды алгоритмы применять повторно к другим построениям, получая при этом новый результат.

При проектировании, например, элементов конструкции крыла требуются параметрические шаблоны лонжеронов, нервюр, стрингеров и обшивок, опирающиеся на базовые плоскости крыла и скелетную модель. Скелетная модель является своеобразной основой общей

модели крыла. Она является частью многоуровневой абстракции геометрической модели, состоящей из плоскостей, точек, линий, сплайнов, поверхностей и множества других геометрических элементов. При создании скелетной модели используется методика параметрических шаблонов. В процессе параметрического проектирования расположение новых или аналогичных частей может быть осуществлено путём изменения исходных данных и параметров шаблона. Геометрические характеристики конструкции крыла определяются с учётом элементов внутренней компоновки крыла, их пространственного расположения, габаритов, конструктивно-силовой схемы и т.д. [34].

Внедрение автоматических систем - это сложный и дорогостоящий процесс, иногда требующий значительных затрат времени, однако автоматизация часто возникающих типовых задач способна значительно повысить временную и экономическую эффективность работы проектанта [35]. Применение систем автоматического проектирования в некоторых областях позволяет на порядок снизить время, потребное для разработки моделей типовых деталей.

4.3 Реализация онтологической полноты в ИС

Онтологическая полнота ПрО имеет решающее значение при её реализации в ИС. В случае фрагментарной реализации онтологии ПрО в ИС неизбежны потери в эффективности использования ИС. Эти потери могут быть как прямые, так и косвенные, которые не рассматривались при создании ИС. Ярким примером может служить принятая и уже несколько лет действующая система зачисления абитуриентов в университеты России. Разработчики Единого государственного экзамена (ЕГЭ), руководствуясь благородной целью доступности высшего образования, потратили огромные средства на то, чтобы оценить качество знаний абитуриента. Много усилий было потрачено на разработку тестов, организационных мероприятий и автоматизированного инструментария с целью объективизации и автоматизации оценок знаний выпускников школ. Однако в ПрО зачисления абитуриентов в университеты России не были разработаны процедуры, связанные с оценкой личностных предпочтений и желаний абитуриентов.

С одной стороны, Заказчик (Минобрнауки) обладает сведениями об атрибутах важной сущности Университет. Известно количество государственных ВУЗов, состав факультетов и институтов в них, специальности/направления, на которые осуществляется приём студентов, и плановый набор на них, а также пороговые значения результатов ЕГЭ на эти специальности/направления в ВУЗах. Т.е. то, что «хочет» Заказчик, известно. Но, с другой стороны, что «хочет» абитуриент, каковы его приоритеты, Заказчик «узнаёт», лишь когда абитуриент подаёт документы в конкретные ВУЗы и указывает конкретные специальности/направления. Согласно Приказу Минобрнауки РФ⁴ (п.21 и п.22) у абитуриента есть возможность подавать свои документы в пять ВУЗов, а количество специальностей/направлений в каждом ВУЗе может достигать 10. Т.е. один абитуриент может 50 раз заявиться в разные ВУЗы на различные специальности, потратив на это много собственных материальных и временных ресурсов и загрузив рутинной работой приёмные комиссии ВУЗов, которые вынуждены обрабатывать огромный поток документов виртуальных абитуриентов. Согласно п.46 упомянутого Приказа при подаче заявления о приёме поступающий представляет помимо заявления до 11 различных документов. Ранжирование списков поступающих и зачисление формируется каждой организацией самостоятельно (раздел XI Приказа). Важным этапом зачисления является заявление поступающего о согласии на зачисление в конкретный ВУЗ на конкретную специальность/направление.

⁴ Приказ Минобрнауки РФ №1076 от 21.08.2020. Зарегистрирован в Минюсте 14.09.2020 №59805.
<https://4ege.ru/documents/60160-porjadok-priema-v-vuzy-na-2021-2022-uchebnyj-god.html>

Чего не хватает, на взгляд автора, в этой схеме зачисления в ВУЗы, что явно избыточно с точки зрения эффективности процесса зачисления, и можно ли автоматизировать его, избежав рутины непроизводительной работы и траты ресурсов участников процесса?

Ответ лежит в онтологии ПрО: в том, что требуется выяснить приоритеты поступающего, юридически оформить его, по аналогии с ЕГЭ. Т.е. после получения результатов ЕГЭ будущий абитуриент заполняет листа приоритета абитуриента (ЛПА) (см. рисунок 6), в котором отмечает порядок своих предпочтений, осуществив ранжирование ВУЗов и специальностей, на которые он хотел бы поступить [35].

Лист приоритета абитуриентов

Код участника:

Фамилия: 

Имя: 

Отчество:

Дата рождения:

Код	Название	Код спе	Специальность	Приоритет
103	Самарский государственный архите	010900	Прикладные математика и	1
106	Самарский Государственный Эконог	022000	Экология и природо-пользэ	2
105	Самарский Государственный Унивег	030300	Психология	3
102	Поволжский государственный униве	031300	Журналистика (Журналисти	4
101	Самарский государственный аэроко	035000	Издательское дело	5
101	Самарский государственный аэроко	080100	Экономика	6
102	Поволжский государственный униве	080500	Бизнес-информатика (Элек	7
101	Самарский государственный аэроко	160700	Двигатели летательных апп	8
102	Поволжский государственный униве	200700	Фотоника и оптоинформати	9

дующий абитуриент заполняет листа приоритета абитуриента (ЛПА) (см. рисунок 6), в котором отмечает порядок своих предпочтений, осуществив ранжирование ВУЗов и специальностей, на которые он хотел бы поступить [35].

В таблице 1 представлены важнейшие атрибуты основных сущностей исследуемой ПрО в форме Потребностей и Возможностей. Это позво-

Рисунок 6 – Примерная форма заполненного ЛПА [36]

волило на основе онтологического анализа ПрО предложить алгоритм решения задачи средствами реляционной СУБД в объективно существующей мультиагентной среде. Система распределения абитуриентов по ВУЗам с учётом их желаний (ЛПА) и результатов ЕГЭ, основанная на применении мультиагентных технологий, является эффективным решением проблемы зачисления абитуриентов на сегодняшний день. Данные абитуриентов и ВУЗов накапливаются и обрабатываются в единой базе данных. В ней создаются связи ВУЗ - специальности/направления - абитуриенты. Когда все данные занесены в базу - запускается процесс матчнга. После его окончания ВУЗам остаётся сообщить абитуриентам, что они зачислены, а студентам необходимо представить в приёмные комиссии подлинники документов. Система открыта для ВУЗов и абитуриентов, доступ в систему происходит через Интернет.

Таблица 1 – Атрибуты сущностей в форме Потребностей и Возможностей

Сущность	Атрибуты	
	Потребность	Возможность
Университет	Принять Абитуриентов	Имеет Специальности
Абитуриент	Поступить на специальность Поступить в университет	Результаты ЕГЭ Приоритеты в выборе специальности Приоритеты в выборе университета
Специальность/ направление	Осуществить набор	План по набору Порог по ЕГЭ

На рисунке 7 приведена онтологическая IDEF5 схема [37], на которой показана трансформация изменения статуса сущности Абитуриент, когда каждый из них проходит «сито» отбора, и соответствие потребностей и возможностей каждой из сущностей ВУЗ-Абитуриент, когда фактически определяется удовлетворение всех условий матчнга и осуществляется приём абитуриентов в университеты на выбранные специальности/направления.

В работе [37] представлен алгоритм зачисления и отбора абитуриентов, в статье [36] - тестовый пример, подтвердивший его работоспособность. Преимущества процедуры автоматизации зачисления абитуриентов в ВУЗы на основе ЕГЭ и ЛПА очевидны. Социальный эф-

факт выражается в ликвидации рутинного и непроизводительного труда по обработке потока документов виртуальных абитуриентов приёмными комиссиями, которые могут сфокусироваться на продвижении своих университетов и специальностей. Абитуриенту нет необходимости многократно дублировать и отправлять пакеты своих документов в ВУЗы, переключая свои заявления о согласии с одной специальности/направления (одного ВУЗа) на другую (другого ВУЗа).

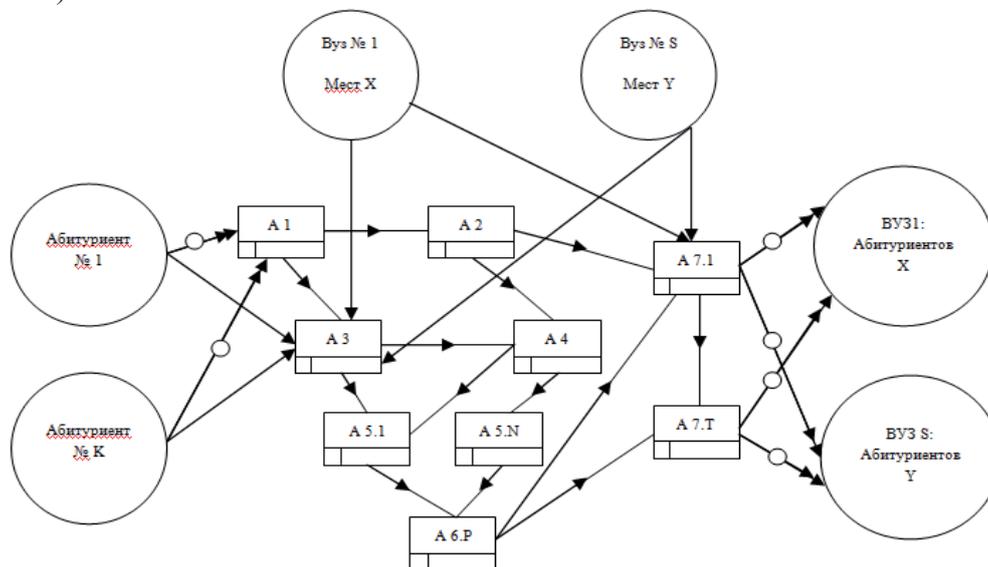


Рисунок 7 - Онтологическая IDEF5 схема изменения статуса сущности Абитуриент [37]

Если приближённо оценить непроизводительные затраты абитуриента на копирование и рассылку документов в ВУЗы по минимальной ставке в 1 тыс. рублей, то учитывая почти миллион поступающих в ВУЗы, затраты составят около 1 млрд. рублей только за один год. А за годы существования ЕГЭ - это миллиардные затраты семей абитуриентов и сопоставимая трудоёмкость работы приёмных комиссий, обрабатывающих поток «ненужных бумаг» и многократно дублированной информации ...

В 2020 году начал работать суперсервис «Поступление в вуз онлайн» — один из видов государственных услуг качественно нового уровня. Он позволит абитуриентам и их родителям пройти процесс зачисления в ВУЗ гораздо быстрее, понятнее и удобнее. Так, приезжать для подачи документов не придётся вовсе, а отслеживать своё положение в конкурсных списках разных образовательных организаций можно из личного кабинета на портале Госуслуг. Оттуда же можно подать согласие на зачисление в выбранный ВУЗ⁵.

«Дистанционный формат поступления привёл к росту количества заявлений по сравнению с приемной кампанией прошлого года и расширил возможности для граждан. Абитуриентам это *позволило сэкономить время и расходы на проезд...* Сервис оказался крайне востребованным, ведь каждый год в ВУЗы поступает *почти миллион абитуриентов...* Сервис позволяет получить сразу несколько услуг. Выбрать ВУЗы для поступления, направить заявление о зачислении и необходимые документы, узнать о датах дополнительных вступительных испытаний, отслеживать своё место в конкурсных списках и узнать о зачислении, получив уведомление от ВУЗа, а также управлять согласием на зачисление и вносить изменения в поданное заявление через личный кабинет на Госуслугах».⁶

⁵ Публичная витрина Суперсервиса «Поступление в ВУЗ онлайн». <https://postuplenie.online/>

⁶ Более 70 тысяч заявлений абитуриенты направили в университеты с помощью суперсервиса «Поступление в вуз онлайн». 2 сентября 2020 г. <http://obrnadzor.gov.ru/news/bole-70-tysyach-zayavlenij-abiturienty-napravili-v-universitety-s-pomoshhyu-superservisa-postuplenie-v-vuz-onlajn/>.

В 2021 году планируется расширить возможности суперсервиса и увеличить количество ВУЗов-участников.

Заключение

Онтологический анализ ПрО формирует основу для создания ИС. Он позволяет выявить все сущности и отношения, атрибутировать их, на семантическом уровне описать все процессы в ПрО, разобраться в их целеполагании, добиться чёткости в терминологических соглашениях в данной ПрО.

Социальный и экономический эффект ИС во многом определяется качеством онтологий, на которых построена ИС, и полнотой их реализации в ИС. Фрагментарная реализация онтологий в ИС не позволит добиться должного эффекта от работы ИС.

Благодарности

Статья подготовлена по материалам научных исследований в рамках субсидированного государственного задания Института проблем управления сложными системами РАН на НИР по теме «Разработка и исследование методов и средств аналитического конструирования, компьютерного представления знаний, вычислительных алгоритмов и мультиагентных технологий в задачах оптимизации процессов управления сложными системами».

Список источников

- [1] IDEF5 Method Report. Information Integration for Concurrent Engineering. September 21, 1994. 175 p.
- [2] **Самойлов, Д.Е.** Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий / Д.Е. Самойлов, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №3(21). – С. 317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [3] ISO/IEC 2382:2015(en) Information technology - Vocabulary. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:2382:ed-1:v1:en>.
- [4] **Кассирер, Э.** Сила метафоры / Э. Кассирер. Пер. с нем. Т.В. Топоровой // Теория метафоры. – М.: ПРОГРЕСС. 1990. – С.33-43.
- [5] **Spence, W.R.** Perez on Medicine: The Whimsical Art of Jose S. Perez / W.R. Spence, Jose S. Perez. 1st Edition. Wrs Pub; 1 edition (September 1, 1993). 63 p.
- [6] **Гладун, А.Я.** Онтологии в корпоративных системах Часть II / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогущина // Корпоративные системы. 2006, №1. С.41-47. <http://www.management.com.ua/ims/ims116.html>.
- [7] **Faris, R.E.L.** "Sociology" / R.E.L. Faris, W. Form // Encyclopedia Britannica, 6 May. 2020, <https://www.britannica.com/topic/sociology>.
- [8] **Epstein, B.** Social Ontology / B. Epstein. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/social-ontology/>.
- [9] **Шакирова, Е.Ю.** Социокультурное пространство: основания онтологического анализа / Е.Ю. Шакирова // Вестник СамГУ. 2014. №1 (112). С.15-19. <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnoe-prostranstvo-osnovaniya-ontologicheskogo-analiza>.
- [10] **Sarason, I.G.** Personality assessment / Irwin G. Sarason. *Encyclopedia Britannica*, 1 Oct. 2019, <https://www.britannica.com/science/personality-assessment>.
- [11] **Mykhailenko, D.H.** Economic efficiency: definition, analysis of concepts / D.H. Mykhailenko // Проблемы экономики. 2018. №2 (36). С.159-163. <https://cyberleninka.ru/article/n/economic-efficiency-definition-analysis-of-concepts>.
- [12] **Popov, D.U.** Ontological approach application in information management of social and economic systems / D.U. Popov // Вестник УГАТУ. 2013. №6 (59). С.21-27. <https://cyberleninka.ru/article/n/ontological-approach-application-in-information-management-of-social-and-economic-systems>.
- [13] **Kornienko, G.** Assessment of the economic efficiency of it application at enterprises / G. Kornienko, M. Chabanenko, Yu. Leheza // *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018, Vol.4, No.3, P.123-132. DOI: 10.30525/2256-0742/2018-4-3-123-132.

- [14] **Buder, J.** Ontological analysis of value models / J. Buder, C. Felden. ECIS 2011. Proceedings. 22. <http://aisel.aisnet.org/ecis2011/22>.
- [15] **Пригожин, А.А.** Цели и ценности. Новые методы работы с будущим / А.И. Пригожин. – М.: «Дело» АНХ, 2010. 432 с.
- [16] Ontology Summit 2013 Communique. Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle. http://ontolog.cim3.net/file/work/OntologySummit2013/OntologySummit2013_Communique/OntologySummit2013_Communique_v1-0-0_20130503.pdf. См. также перевод Коммюнике в журнале «Онтология проектирования», 2013, №2. С.66-74.
- [17] **Сенник, Ю.С.** Жизненный цикл информационных систем / Ю.С. Сенник, Р.И. Гребенников // Системный анализ и прикладная информатика. 2015. №2. С.4-9. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyu-tsikl-informatsionnyh-sistem>.
- [18] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. Дата введения 2016-08-01. М.: Стандартинформ, 2006. <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-15288-2005>.
- [19] ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. Дата введения 2012-03-01. М.: Стандартинформ, 2011. <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-12207-2010>.
- [20] ГОСТ Р 56713-2015 (ISO/IEC/IEEE 15289:2011) Системная и программная инженерия. Содержание информационных продуктов процесса жизненного цикла систем и программного обеспечения (документация). Дата введения 2016-08-01. М.: Стандартинформ, 2016. <http://docs.cntd.ru/document/1200127275>.
- [21] **Петров, В.И.** Информационные системы / В. Н. Петров. – СПб.: Питер, 2002. 688 с.
- [22] ГОСТ Р ИСО 15926-1-2008 Промышленные автоматизированные системы и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла для перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия. Часть 1. Обзор и основополагающие принципы. Дата введения 2010-01-01. М.: Стандартинформ, 2010. <http://docs.cntd.ru/document/1200076803>.
- [23] ГОСТ Р ИСО 15926-2-2010 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла для перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия. Часть 2. Модель данных. Дата введения 2011-09-01. М.: Стандартинформ, 2011. <http://docs.cntd.ru/document/1200097420>.
- [24] **Комаров, В.А.** Точное проектирование / В.А. Комаров // Онтология проектирования. 2012, №3. С.8-23.
- [25] **Истомина, Е.В.** Оценка эффективности информационных систем / Е.В. Истомина // Научные труды Вольного экономического общества России. 2008. С.145-151. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-informatsionnyh-sistem>.
- [26] **Павлова, Ю.А.** Особенности оценки экономической эффективности проектов использования информационных систем на предприятии / Ю.А. Павлова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8, №4. 8 с. <http://naukovedenie.ru/PDF/23EVN416.pdf>.
- [27] **Скрипкин, К.Г.** Экономическая эффективность информационных систем в России / К.Г. Скрипкин. М.: МАКС Пресс. 2014. 156 с.
- [28] **Скрипкин, К.Г.** Экономическая эффективность информационных систем / К.Г. Скрипкин. 2-е изд. М.: ДМК-Пресс. 2018. 253 с. <https://rucont.ru/efd/703246>.
- [29] Исследования по экономике информационных систем: Материалы научно-практической конференции «Экономическая эффективность информационных бизнес-систем» / Под ред. М.И. Лугачева, К.Г. Скрипкина. – М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2015. – 248 с. <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=26739&p=attachment>.
- [30] **Анисифоров, А.Б.** Методики оценки эффективности информационных систем и информационных технологий в бизнесе / А.Б. Анисифоров, Л.О. Анисифорова. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Санкт-Петербург. 2014. 97 с. <https://elib.spbstu.ru/dl/2/3876.pdf/download/3876.pdf>.
- [31] **Крутин, Ю.В.** Эффективность информационных систем и технологий / Ю.В. Крутин. Екатеринбург. 2020. 62 с. https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/32279/1/Krutin_YuV_Effekt_sistem_tekhnology_2020.pdf.
- [32] **Боргест, Н.М.** Робот-проектант: на пути к реальности / Н.М. Боргест, С.А. Власов, Ал.А. Громов, Ан.А. Громов, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова // Онтология проектирования. – 2015. – Т.5, №4(18). – С.429-449. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-429-449.
- [33] **Шустова, Д.В.** Подход к разработке семантических основ информационных систем для проектирования и производства авиационной техники / Д.В. Шустова // Онтология проектирования. – 2015. – Т.5, №1(15). С.70-84. https://www.ontology-of-designing.ru/article/2015_1%2815%29%2F6_Shustova.pdf.
- [34] **Боргест, Н.М.** Робот-проектант: фантазии и реальность / Н.М. Боргест, Ал.А. Громов, Ан.А. Громов, Р.Х. Морено, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова, С.А. Одинцова, Ю.Е. Князихина // Онтология проектирования. 2012. №4(6). С.73-94.

- [35] **Borgest, N.** Ontological Approach Towards Semantic Data Filtering in the Interface Design Applied to the Interface Design and Dialogue Creation for the “Robot-Aircraft Designer” Informational System / N. Borgest, M. Korovin // S. Kobayashi et al. (eds.), *Hard and Soft Computing for Artificial Intelligence, Multimedia and Security*, Advances in Intelligent Systems and Computing 534, Springer International Publishing AG 2017. P.93-101. DOI 10.1007/978-3-319-48429-7_9.
- [36] **Боргест, Н.М.** Будущее университета: онтологический подход. Часть 3: автоматизация бизнес-процессов / Н.М. Боргест // *Онтология проектирования*. – 2014. – №4 (1). – С.24-41.
- [37] **Боргест, Н.М.** Реализация онтологической мультиагентности предметной области средствами реляционной СУБД на примере зачисления абитуриентов в университеты России / Н.М. Боргест, И.А. Лысаковский // *Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем - Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2014): материалы IV междунар. науч.-техн. конф. (20-22 февраля 2014 г., Минск, Белоруссия) – Минск: БГУИР, 2014. – С.531-536.*
-

Сведения об авторе



Боргест Николай Михайлович, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва в 1978 г., к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва, с.н.с. ИПУСС РАН. Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям, Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 работ в области автоматизации проектирования и ИИ. AuthorID (РИНЦ): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.

Поступила в редакцию 1.03.2021, после рецензирования 20.03.2021. Принята к публикации 25.03.2021.

Socio-economic effect of ontological analysis when creating information systems

N.M. Borgest

*Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia
Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute of Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia*

Abstract

The concepts of social and economic effects associated with the introduction of information systems at the main stages of their life cycle are considered. When creating and implementing information systems, the importance of ontological analysis of the subject area is noted, which has a significant impact on the efficiency of the functioning of these systems. An attempt has been made to assess the effects under study. Examples of effects assessment are given, and with absence of ontologies of subject areas during the creation and operation of information systems, the assessment of losses are provided. For systems using mathematical models of objects, it is important to create parameterized models to avoid re-constructing them by changing the values. This allows automatically rebuilding models at different parameter values without creating new ones. The laboriousness of constructing parametrized models "pays off" by their repeated use and a significant reduction of routine work of highly qualified specialists. On the example of the procedure for enrolling applicants in Russian universities, estimates of unproductive economic costs, which amount to billions of rubles, and social costs are carried out. It is shown that an adequate account of all attributes of entities in an ontology makes it possible to build on its basis an information system capable of effectively solving the problem of information processing in an automatic mode.

Key words: *social effect, economic effect, ontologies, life cycle, information system.*

Citation: *Borgest NM. Socio-economic effect of ontological analysis when creating information systems [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(1): 35-50. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-35-50.*

Acknowledgment: The article was prepared on the basis of scientific research within the framework of a subsidized state task to the ICCS RAS at the subject of Development and research of methods and means of analytical design, computer representation of knowledge, computational algorithms and multi-agent technologies in the problems of optimizing the management of complex systems.

List of figures

- Figure 1 - The process of researching natural intelligence (Neurologist, painting by Jose Perez [4]) as a non-verbal metaphor for building an ontology and "growing" artificial intelligence on its basis
- Figure 2 - Life cycle model of ontology [15]
- Figure 3 - Graphical representation of the IS development process according to the Rational Unified Process [16]
- Figure 4 - Three-tier architecture [22]
- Figure 5 - Part of the base entity hierarchy model [22]
- Figure 6 – An exemplary form of the completed Applicant's Priority List [34]
- Figure 7 - Ontological IDEF5 schema for changing the status of the entity "Applicant" [35]
- Table 1 - Entity attributes in the form of "Needs" and "Opportunities"

References

- [1] IDEF5 Method Report. Information Integration for Concurrent Engineering. September 21, 1994. 175 p.
- [2] **Samoilov DE, Semenova VA, Smirnov SV.** Incomplete data analysis of for building formal ontologies [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(3): 317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [3] ISO/IEC 2382:2015(en) Information technology - Vocabulary. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:2382:ed-1:v1:en>.
- [4] **Cassirer E.** Die Kraft der Metapher. Kapitel VI aus dem Buch: Sprache und Mythe. Leipzig-Berlin, 1925. P.68-80.
- [5] **Spence WR, Perez Jose S.** Perez on Medicine: The Whimsical Art of Jose S. Perez. 1st Edition. Wrs Pub; 1 edition (September 1, 1993). 63 p.
- [6] **Gladun AYa, Rogushina YuV.** Ontologies in corporate systems. Part II [In Russian]. *Corporate systems*. 2006; 1: 41-47. <http://www.management.com.ua/ims/ims116.html>.
- [7] **Faris REL, Form W.** Sociology. Encyclopedia Britannica, 6 May. 2020, <https://www.britannica.com/topic/sociology>.
- [8] **Epstein B.** Social Ontology. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/social-ontology/>.
- [9] **Shakirova EYu.** Social and cultural field: the roots of ontological analysis [In Russian]. *SamSU Bulletin*. 2014; 1(112):15-19. <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnoe-prostranstvo-osnovaniya-ontologicheskogo-analiza>.
- [10] **Sarason IG.** Personality assessment. *Encyclopedia Britannica*, 1 Oct. 2019, <https://www.britannica.com/science/personality-assessment>.
- [11] **Mykhailenko DH.** Economic efficiency: definition, analysis of concepts. *Economic problems*. 2018; 2(36): 159-163. <https://cyberleninka.ru/article/n/economic-efficiency-definition-analysis-of-concepts>.
- [12] **Popov DU.** Ontological approach application in information management of social and economic systems. *Vestnik UGATU*. 2013; 6(59): 21-27. <https://cyberleninka.ru/article/n/ontological-approach-application-in-information-management-of-social-and-economic-systems>.
- [13] **Kornienko G, Chabanenko M, Leheza Yu.** Assessment of the economic efficiency of it application at enterprises. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018; 4(3): 123-132. DOI: 10.30525/2256-0742/2018-4-3-123-132.
- [14] **Buder, Johannes and Felden, Carsten.** Ontological analysis of value models (2011). ECIS 2011 Proceedings. 22. <http://aisel.aisnet.org/ecis2011/22>
- [15] **Prigogine AA.** Goals and values. New ways of working with the future [In Russian]. Moscow: Publishing house "Delo" ANKh, 2010. 432 p.
- [16] Ontology Summit 2013 Communique. Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle. http://ontolog.cim3.net/file/work/OntologySummit2013/OntologySummit2013_Communique/OntologySummit2013_Communique_v1-0-0_20130503.pdf.
- [17] **Sennik YUS, Grebennikov RI.** Life cycle of information systems [In Russian]. *Systems Analysis and Applied Informatics*. 2015; 2: 4-9. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyi-tsikl-informatsionnyh-sistem>.
- [18] GOST R ISO / IEC 15288-2005. Information technology. Systems Engineering. Systems life cycle processes [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2006. <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-15288-2005>.
- [19] GOST R ISO / IEC 12207-2010. Information technology. System and software engineering. Software life cycle processes [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2011. <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-12207-2010>.

- [20] GOST R 56713-2015 (ISO/IEC/IEEE 15289:2011) System and software engineering. Content of information products of the life cycle process of systems and software (documentation) [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2016. <http://docs.cntd.ru/document/1200127275>.
- [21] **Petrov VI**. Information Systems [In Russian]. SPb.: Peter, 2002. 688 p.
- [22] GOST R ISO 15926-1-2008 Industrial automation systems and integration. Integration of lifecycle data for refineries, including oil and gas production plants. Part 1. Overview and underlying principles [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2019. <http://docs.cntd.ru/document/1200076803>.
- [23] GOST R ISO 15926-2-2010 Industrial automation systems and integration. Integration of lifecycle data for refineries, including oil and gas production plants. Part 2. Data model [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2013. <http://docs.cntd.ru/document/1200097420>.
- [24] **Komarov VA**. Concurrent design [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 3: 8-23.
- [25] **Istomina EV**. Evaluation of the effectiveness of information systems [In Russian]. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*. 2008. P.145-151. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-informatsionnyh-sistem>.
- [26] **Pavlova YA**. Features of assessing the economic efficiency of projects for the use of information systems at the enterprise [In Russian]. *Online journal "SCIENCE"*. 2016; 8(4): 1-8. <http://naukovedenie.ru/PDF/23EVN416.pdf>.
- [27] **Skripkin KG**. Economic efficiency of information systems in Russia [In Russian]. Moscow: MAX Press. 2014. 156 p.
- [28] **Skripkin KG**. Economic efficiency of information systems [In Russian]. 2nd ed. Moscow: DMK-Press. 2018. 253 p. <https://rucont.ru/efd/703246>.
- [29] Research on the economics of information systems: Materials of the scientific-practical conference "Economic efficiency of information business systems" [In Russian]. Ed. M.I. Lugachev, K.G. Skripkin. Moscow: Faculty of Economics, Lomonosov MSU, 2015. 248 p. <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=26739&p=attachment>.
- [30] **Anisiforov AB, Anisiforova LO**. Methods for assessing the effectiveness of information systems and information technologies in business [In Russian]. St. Petersburg State Polytechnic University. St. Petersburg. 2014. 97 p. <https://elib.spbstu.ru/dl/2/3876.pdf/download/3876.pdf>.
- [31] **Krutin YuV**. Efficiency of information systems and technologies [In Russian]. Ekaterinburg. 2020. 62 p. https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/32279/1/Krutin_YuV_Effekt_sistem_tekhnology_2020.pdf.
- [32] **Borgest NM, Vlasov SA, Gromov ALA, Gromov AnA, Korovin MD, Shustova DV**. Robot-designer: on the road to reality [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(4): 429-449. – DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-429-449.
- [33] **Shustova DV**. Approach to developing a semantic basis of information systems for aircraft systems design and production [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(1): 70-84. https://www.ontology-of-designing.ru/article/2015_1%2815%29/6_Shustova.pdf
- [34] **Borgest NM, Gromov ALA, Gromov AnA, Moreno RH, Korovin MD, Shustova DV, Odintsova SA, Knyazihina YE**. Robot-designer: fantasy and reality [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 4(6): 73-94.
- [35] **Borgest N, Korovin M**. Ontological Approach Towards Semantic Data Filtering in the Interface Design Applied to the Interface Design and Dialogue Creation for the "Robot-Aircraft Designer" Informational System. S. Kobayashi et al. (eds.), *Hard and Soft Computing for Artificial Intelligence, Multimedia and Security*, Advances in Intelligent Systems and Computing 534, Springer Intern. Publ. AG 2017. P.93-101. DOI 10.1007/978-3-319-48429-7_9.
- [36] **Borgest NM**. Future University: Ontological Approach. Part 3: Automation of Business Processes [In Russian]. *Ontology of designing*. 2014; 4(1): 24-41.
- [37] **Borgest NM, Lysakovskij IA**. Implementation of the ontological multi-agent of the subject area by means of a relational DBMS on the example of enrolling applicants to universities in Russia [In Russian]. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2014) Proceedings of the IV International technical conference (Minsk, 20-22 February 2014) Minsk BGYIR, 2014. P.531-536.
-

About the author

Nikolay Mikhailovich Borgest (b.1954) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev (Kuibyshev-city) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Senior Research worker at ICCS RAS. He is a member of the International Association for Ontology and its Applications, a member of the Russian Association of Artificial Intelligence, a co-author of more than 200 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. AuthorID (RCI): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.

Received March 1, 2021. Revised March 20, 2021. Accepted March 25, 2021.
