

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ ДАННЫХ

О.В. Дрозд

odrozd@sfu-kras.ru

СФУ, Красноярск, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена общая проблематика управления проектно-конструкторскими данными в условиях заказа проектного проектирования и производства. Представлены основные подходы к информационной интеграции процессов жизненного цикла изделия. Детально рассмотрен рекомендуемый к использованию онтологический подход к обеспечению семантической совместимости на уровне описания синтаксиса и семантики проектно-конструкторских данных. В рамках онтологического подхода подробно описаны методы автоматического формирования и адаптации базовой онтологии проектно-конструкторских данных. Метод автоматического формирования базовой онтологии данных предполагает формирование логических групп объектов данных с последующим определением типов объектов онтологии, ассоциаций между ними и оптимизацией полученной структуры базовой онтологии данных. Метод адаптации базовой онтологии данных предполагает формирование логических групп новых или измененных элементов данных с последующей оценкой статистической зависимости и семантических связей как между логическими группами, так и между объектами онтологии данных. По результатам анализа связей объектов онтологии данных уточняются или формируются утверждения о знаниях. Кратко рассмотрена реализация прототипа интеллектуальной системы управления данными об изделии, реализующей предложенные методы управления онтологией проектно-конструкторских данных

Ключевые слова

Позаказное проектирование, управление данными об изделии, управление онтологией данных

Поступила 15.06.2023

Принята 13.10.2023

© Автор(ы), 2024

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (СП-133.2022.5)

Введение. Структурная организация «Проектирование на заказ» сложного технического изделия (СТИ) предполагает конфигурацию изделия под требования заказчика непосредственно в процессе проектирования. Каждое изделие рассматривается как отдельный проект с уникальной проектной и производственной цепочками [1]. Проблематика организации структуры «Проектирование на заказ» связана с организацией проектно-конструкторских данных и информационной интеграцией процессов жизненного цикла изделия, в частности, с высокой сложностью сбора, анализа и контроля распространения технических изменений, вносимых в изделие; хранением и оперативной обработкой больших объемов слабоструктурированных проектно-конструкторских данных; недостаточно эффективной практикой согласования проектных решений; динамическим характером спецификации, электронной структуры и информационной модели изделия [2–4].

Можно выделить два основных подхода к информационной интеграции: 1) интеграция на уровне функций; 2) интеграция на уровне данных [5]. Интеграция на уровне функций предполагает решение проблемы доступа к функциям локальных средств обеспечения жизненного цикла изделия единообразным способом. Интеграция на уровне данных предполагает слияние потоков проектно-конструкторских данных, функций их анализа и принятия решений в единую интегрированную систему управления данными об изделии. Одна из важнейших проблем, которая должна быть разрешена в процессе информационной интеграции на уровне данных, состоит в обеспечении семантической совместимости на уровне описания синтаксиса и семантики проектно-конструкторских данных [6]. Использование онтологического подхода позволяет решить проблемы синтаксической и семантической совместимости путем создания и поддержания в актуальном состоянии формализованной структуры проектно-конструкторских данных [7].

В отличие от других технологий концептуального моделирования онтология предоставляет формальное и однозначное семантическое представление знаний о предметной области в форме совокупности объектов, возможных отношений между ними и накладываемых на них аксиоматических ограничений [8, 9]. Таким образом, онтологические модели позволяют описывать структурную организацию сложных структур данных, однозначное определение терминологии рассматриваемой предметной области, унификацию процедур обмена и преобразования данных и их повторное использование [6]. Применительно к задаче управления жизненным циклом сложных технических изделий онтологические модели дают возможность учитывать вертикальные и горизонтальные связи между проектными

и производственными решениями, рассматривать их комплексно, что повышает качество реализации СТИ с учетом требований заказчика [10].

Решения по управлению проектно-конструкторскими данными на основе онтологий могут быть оценены:

- по качеству работы систем семантического поиска с использованием онтологии данных (показатели полноты, точности, F1-мера, метрика P_4);
- по результатам экспертной оценки показателей качества программных средств согласно ГОСТ 28195–89;
- по информационным КРІ-показателям производственных систем (показатель информационного обеспечения, показатель использования информации, показатель достаточности информации) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 18828-4–2020.

Онтологическая модель управления проектно-конструкторскими данными, в отличие от существующих статистических методик представления гетерогенных проектно-конструкторских данных (в частности, представленных структурами данных по ГОСТ Р 58299–2018, ГОСТ Р 58675–2019), обеспечивает автоматическое формирование и адаптацию модели представления данных с учетом изменений контекста предметной области, обусловленных стохастическим характером проектно-производственной цепочки «Проектирование на заказ».

В большинстве случаев построение онтологических моделей осуществляется с использованием экспертных методов построения онтологий, которые предполагают значительные трудозатраты и требуют привлечения специалистов в рассматриваемой предметной области и инженеров [11]. В связи с этим существует потребность в методах автоматической генерации онтологий для имеющихся наборов данных, которые призваны дополнить экспертные методы, особенно для данных значительных объемов. Применительно к рассматриваемой задаче автоматического формирования базовой онтологии данных (БОД) об изделии процедура формирования онтологии может включать в себя следующие этапы [12]:

- 1) предварительная обработка данных;
- 2) извлечение и классификация понятийного аппарата;
- 3) извлечение отношений между элементами понятийного аппарата;
- 4) построение БОД.

Автоматически сформированная базовая онтология проектно-конструкторских данных сохраняет актуальность только для заданного корпуса данных и этапа жизненного цикла изделия. В связи с этим возникает задача адаптации онтологии в соответствии с вносимыми изменениями в структурную организацию проектно-конструкторских данных, обуслов-

ленными стохастическим характером проектно-производственной цепочки «Проектирование на заказ». Кроме того, динамическая адаптация онтологии позволяет разрешать конфликты, вызванные семантической несовместимостью проектно-конструкторских данных при решении интеграционных задач и добавлении в информационное пространство новых источников данных [13, 14].

Процедура адаптации БОД может включать в себя следующие этапы [15, 16]:

- 1) обнаружение новых данных, отличных от существующих;
- 2) предварительная обработка и очистка данных;
- 3) поиск и определение характера взаимосвязей между новыми и существующими элементами данных;
- 4) проверка согласованности и непротиворечивости вносимых изменений в БОД;
- 5) внесение изменений в базовую онтологию данных.

Методы адаптации онтологии мало отличаются от методов автоматического формирования онтологии. Отличие заключается в необходимости введения набора правил модификации базовой онтологии проектно-конструкторских данных [17]. Такие правила модификации позволяют определить, можно ли считать анализируемые данные новыми понятиями и каков характер связей данного понятия с существующими? По результатам подобной проверки изменения могут быть приняты или отклонены.

Цель работы — повысить эффективность управления проектно-конструкторскими данными в процессе реализации жизненного цикла «Проектирование на заказ» СТИ. Для достижения поставленной цели разработан метод управления онтологией проектно-конструкторских данных об изделии, обеспечивающий автоматическое формирование и адаптацию БОД в соответствии с изменяющимся контекстом предметной области.

Управление базовой онтологией проектно-конструкторских данных. Под проектно-конструкторскими данными об изделии в соответствии с ГОСТ Р 58300–2018 понимается массив систематизированной информации об изделии, представленной в формализованном виде, который пригоден для обработки автоматическими средствами. Проектно-конструкторские данные представлены в форме структурированных электронных конструкторских документов, включающих в себя по ГОСТ Р ИСО 15489-1–2019 две ключевые составляющие: 1) метаданные о документе; 2) проектно-конструкторские данные (содержательная часть документа).

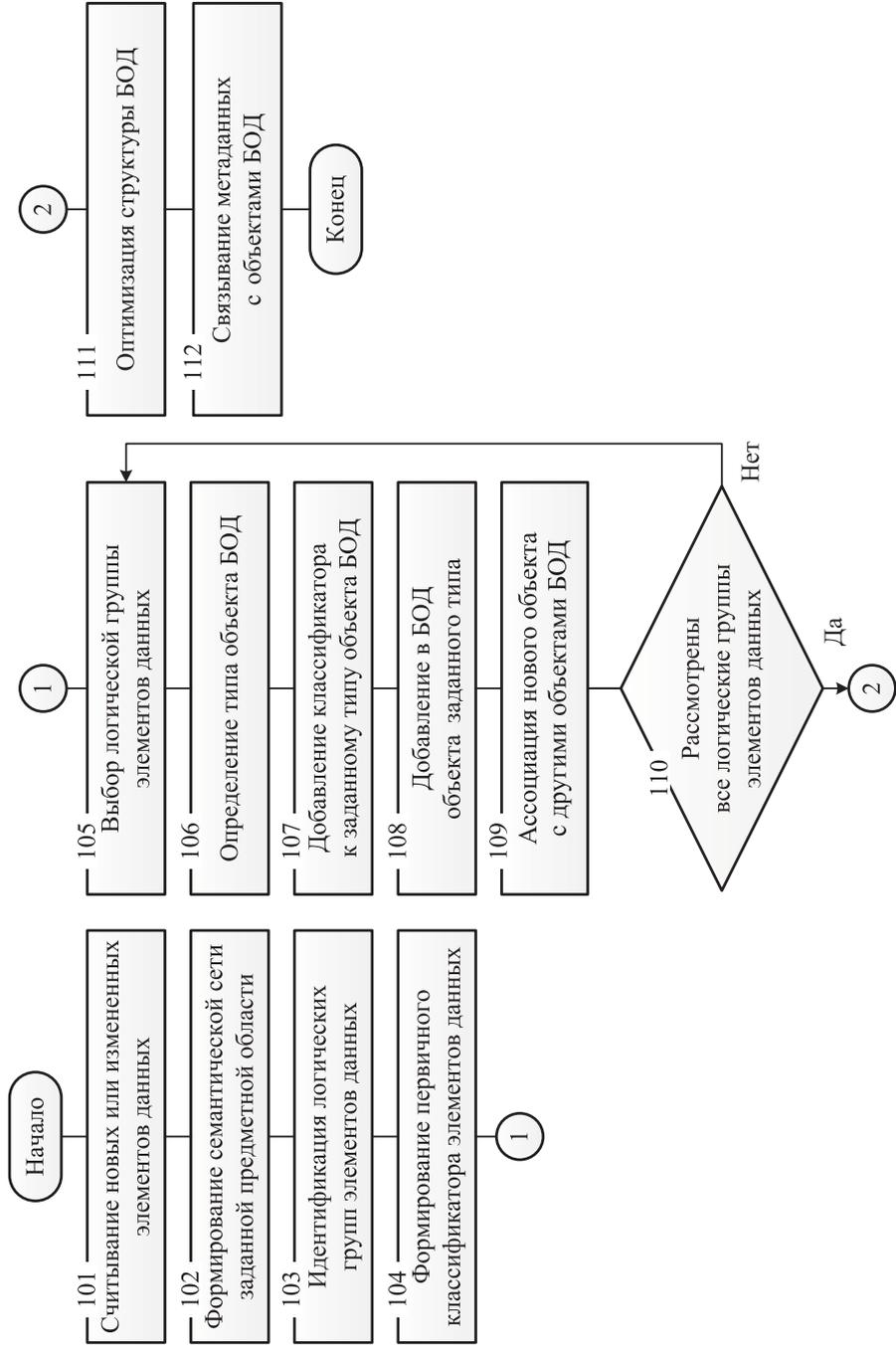


Рис. 1. Блок-схема метода формирования БОД

Для обеспечения интеллектуального управления проектно-конструкторскими данными предлагаются методы автоматического формирования (рис. 1) и адаптации (рис. 2) БОД.

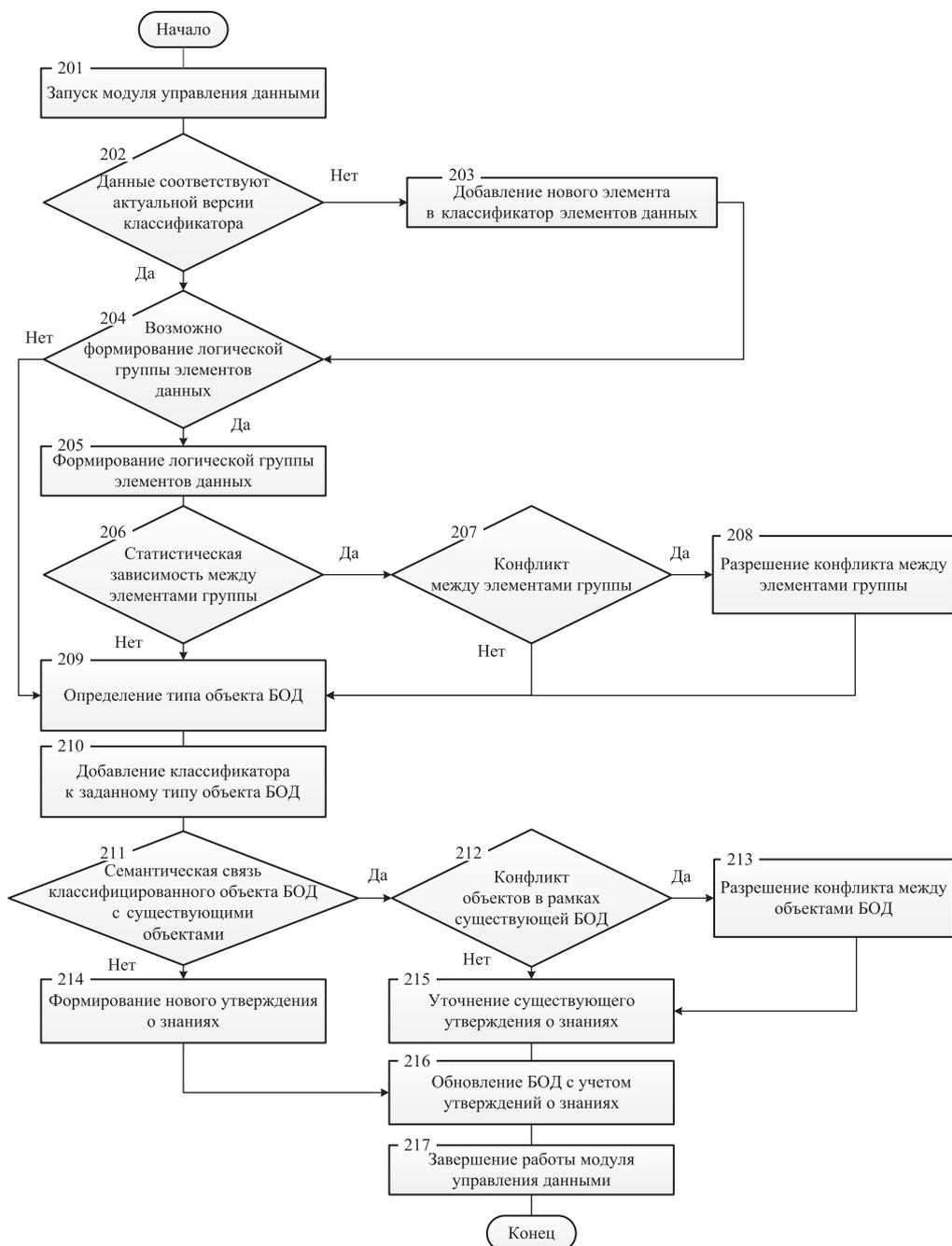


Рис. 2. Блок-схема метода адаптации БОД

Метод автоматического формирования БОД (см. рис. 1) предполагает выполнение следующих операций:

- считывание новых или измененных элементов данных (101);
- формирование семантической сети заданной предметной области (102);
- идентификация логических групп элементов данных, ассоциированных с ними метаданных и атрибутов элементов данных (103) с использованием предварительно заданных правил логического вывода;
- формирование первичного классификатора элементов данных (104) на основе атрибутов элементов данных с применением технологий глубокого обучения и предварительно заданных правил классификации элементов данных;
- выбор логической группы элементов данных (105);
- определение типа объекта БОД (106), свойства которого соответствуют атрибутам логической группы элементов данных;
- добавление классификатора к заданному типу объекта БОД (107);
- добавление в БОД объекта заданного типа (108), ассоциированного с ним классификатора и свойств объекта;
- ассоциация нового объекта с другими объектами БОД (109) за счет обнаружения возможных семантических связей объектов данных с использованием предварительно заданных лексико-синтаксических шаблонов;
- проверка на рассмотрение всех доступных логических групп элементов данных (110), если рассмотрены не все доступные логические группы, то осуществляется переход к операции выбора логической группы элементов данных (105);
- оптимизация структуры БОД (111), если рассмотрены все доступные логические группы элементов данных;
- связывание метаданных с объектами БОД (112).

Если БОД сформирована ранее, то реализуется метод ее адаптации, предполагающий выполнение следующих операций (см. рис. 2):

- запуск модуля управления данными (201);
- проверка на соответствие новых или измененных элементов данных актуальной версии классификатора элементов данных (202);
- добавление в классификатор нового элемента данных (203), если по результатам проверки (202) выявлено несоответствие элементов данных и актуальной версии классификатора элементов данных;
- проверка на возможность формирования логической группы элементов данных (204) при соответствии элементов данных актуальной версии

классификатора, положительный результат проверки устанавливается при числе новых элементов данных более одного и возможности формирования как минимум одной связанной логической группы элементов данных;

- формирование логической группы элементов данных (205) при положительном результате проверки (204);

- последовательное выполнение проверок на наличие статистической зависимости (206) и конфликтов (207) между элементами группы для сформированной логической группы элементов данных;

- проведение процедуры разрешения конфликта между элементами группы (208) с использованием методов снижения размерности данных при положительном результате проведения проверок (206, 207);

- последовательное выполнение операции определения типа объекта БОД (209), свойства которого соответствуют атрибутам рассматриваемой логической группы элементов данных, и добавление классификатора к заданному типу объекта БОД (210) при отрицательном результате проведения проверок (206, 207) или разрешении конфликта (208);

- выполнение операции определения типа объекта БОД (209) и добавление классификатора к заданному типу объекта базовой онтологии данных (210) при отрицательном результате (204);

- осуществление проверки на наличие семантической связи объекта с существующими объектами БОД (211) и конфликта объектов в рамках существующей БОД (212) для заданного классифицированного объекта БОД;

- проведение операции разрешения конфликта между объектами БОД (213) с использованием методов снижения объемов данных в случае положительного результата проверки на наличие семантической связи объектов БОД (211) и конфликта объектов в рамках существующей онтологии (212);

- формирование нового утверждения о знаниях (214) при отрицательном результате проверки (211);

- уточнение существующего утверждения о знаниях (215) в случае отрицательного результата проверки на наличие конфликта объектов БОД (212) или завершения процедуры разрешения конфликта между объектами онтологии (213);

- обновление БОД по результатам выполнения предыдущих операций с учетом новых или измененных утверждений о знаниях (216) с последующим завершением работы модуля управления данными (217).

Для разрешения конфликтов элементов онтологии данных (207, 212), в частности, связанных с дублированием элементов данных, может быть

выполнена операция объединения элементов онтологии данных. При этом осуществляется синтаксическое и семантическое слияние элементов данных. В рассматриваемых методах также принято допущение, что изменение элементов информационной модели, электронной структуры изделия, содержательной части и метаданных электронных конструкторских документов трактуется как внесение технических изменений в изделие и запускает процедуру адаптации БОД.

Далее рассмотрен прототип интеллектуальной системы управления данными об изделии, реализующий предложенные методы управления онтологий проектно-конструкторских данных.

Реализация системы управления данными об изделии. Реализация прототипа интеллектуальной системы управления данными (СУД) об изделии рассмотрена на примере СУД на базе предприятия АО «НПП «Радиосвязь» (Красноярск, Российская Федерация). Предприятие производит системы и аппаратные комплексы передачи данных, тропосферной, спутниковой связи и навигации, а также широкополосные датчики слабых магнитных полей на основе микрополоскового резонатора с тонкой магнитной пленкой в качестве чувствительного элемента и векторные магнитометры на их базе. Эти датчики магнитных полей применяют в различных областях науки и техники, связанных с задачами геологической разведки, определения местоположения наземных, надводных и подводных средств передвижения, навигации и связи [18–20].

Участок производства широкополосных датчиков слабых магнитных полей включает в себя следующие источники проектно-конструкторских данных, обеспечивающие контроль, наладку и испытания компонентов датчика, — автоматизированные рабочие места (АРМ):

- измерения параметров тонких магнитных пленок;
- измерения параметров распределения магнитного поля на поверхности образца тонких магнитных пленок;
- измерения параметров катушек формирования компенсационных магнитных полей подмагничивающей системы датчика;
- измерения параметров компонентов датчика;
- измерения параметров собственных шумов датчика.

Аппаратная реализация предлагаемой системы управления данными об изделии состоит из (рис. 3):

- АРМ СУД (1) на базе сервера Huawei FS2488V5 с дополнительной встроенной KVM-консолью (2) Huawei 6040109;
- системы хранения данных (3) на базе сетевого хранилища данных Huawei OceanStor 5310 V6;

– персонального компьютера в моноблочном исполнении (4) Huawei MateStation X 2023 с дополнительным управляемым коммутатором (5) Huawei S5700-SI, обеспечивающими опрос источников данных АРМ.

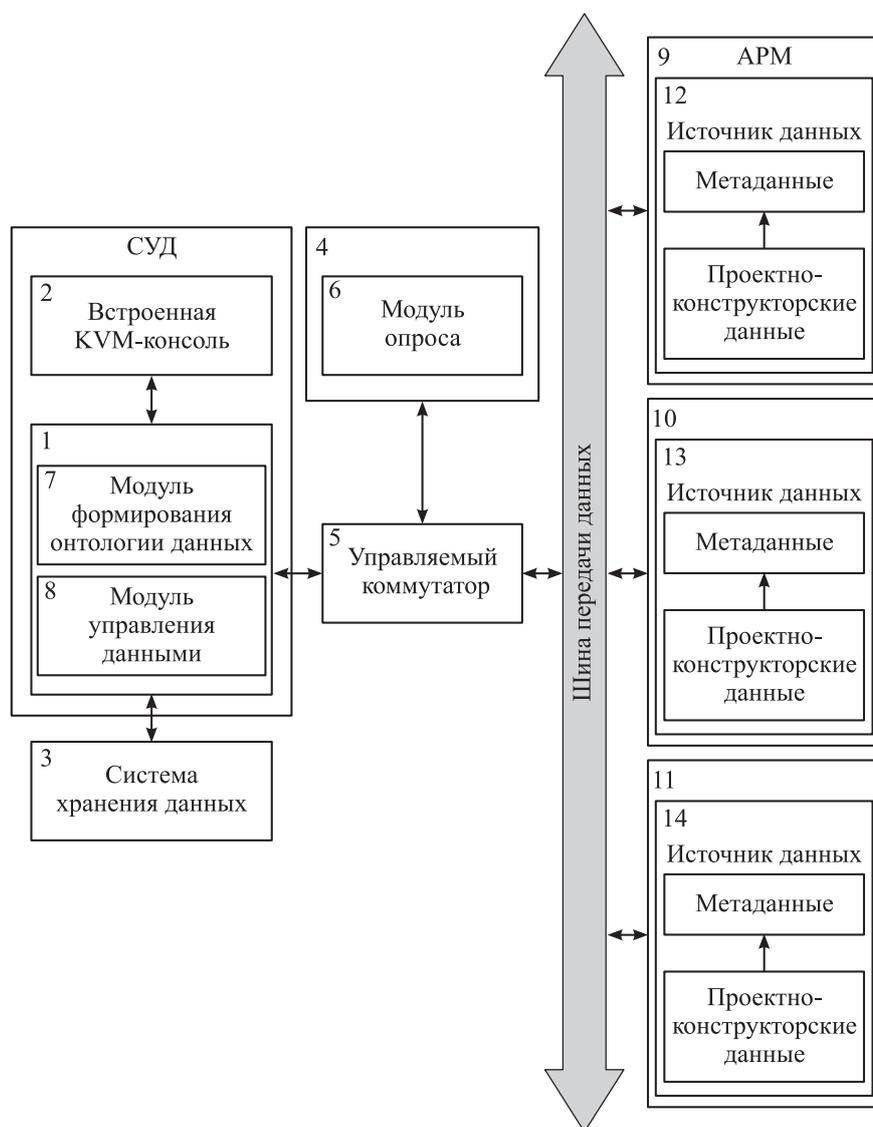


Рис. 3. Структурная схема СУД об изделии

Функциональные возможности предлагаемой СУД об изделии реализованы в программных модулях опроса АРМ (6), формирования онтологии данных (7) и управления данными (8). Программные модули реализованы с использованием кроссплатформенной интегрированной среды разработки прикладного программного обеспечения Qt Creator на базе инструментария разработчика прикладного программного обес-

печения Qt. Эти программные компоненты загружаются в исполняемую среду АРМ (1) и персонального компьютера (4) предлагаемой СУД. Автоматизированные рабочие места (9–11) включают в себя источники данных (12–14), обеспечивающие формирование и передачу проектно-конструкторских данных и ассоциированных с ними метаданных в соответствии с ГОСТ Р ИСО 15489-1–2019, ГОСТ Р ИСО 23081-1–2008 и ГОСТ 2.051–2013.

Рассмотрим процесс функционирования предлагаемой СУД в процессе реализации метода управления БОД. Осуществляется запуск СУД с последующим последовательным опросом источников данных АРМ, при этом процедура опроса источников данных инициируется модулем управления данными и выполняется модулем опроса АРМ. Полученные элементы данных выгружаются в систему хранения данных.

Далее модулем управления данными инициируются процедуры управления БОД, которые предполагают предварительную подготовку элементов данных: регистрацию элементов данных; предварительную обработку элементов данных; очистку элементов данных.

Эти процедуры реализуются модулем управления данными, при этом исходные элементы данных перед выполнением процедуры регистрации элементов данных выгружаются из системы хранения данных во внутреннюю память модуля управления данными. Подготовленные элементы данных выгружаются из внутренней памяти модуля управления данными в систему хранения данных.

После завершения процедур предварительной подготовки элементов данных модулем управления данными выполняется проверка на наличие БОД в системе хранения данных. Если онтология отсутствует, то модуль формирования онтологии данных реализует метод формирования БОД и входящие в него операции (см. рис. 1, 101–112). Во внутреннюю память модуля формирования онтологии данных из системы хранения выгружается массив подготовленных элементов данных, полученный в результате выполнения процедур предварительной подготовки элементов данных, и после завершения операции формирования онтологии данных полученная онтология выгружается в систему хранения.

Если в системе хранения данных имеется БОД, структурную организацию и семантику которой необходимо привести в соответствие с существующими элементами данных, то модулем управления данными реализуются метод адаптации БОД и операции, входящие в него (см. рис. 2, 201–217). Во внутреннюю память модуля управления данными из систе-

мы хранения выгружаются массив подготовленных элементов данных, полученный при выполнении процедур предварительной подготовки элементов данных, и текущая версия БОД. После завершения процедуры адаптации БОД ее актуальная версия выгружается в систему хранения данных.

Предложенный прототип интеллектуальной СУД об изделии использован при проектировании, производстве и испытаниях опытного образца широкополосного векторного магнитометра на базе массива датчиков слабых магнитных полей (разработчик ФИЦ КНЦ СО РАН, производитель АО «НПП «Радиосвязь»).

В рассмотренной интеллектуальной СУД реализованы методы формирования БОД, которые обеспечивают создание и актуализацию информационно-модели изделия и его электронной структуры; методы адаптации БОД, которые обеспечивают процесс реализации технических изменений, вносимых в конструкторскую документацию изделия.

В соответствии со структурой и содержанием БОД формируются следующие электронные конструкторские документы: электронный формуляр изделия; электронный журнал оперативной регистрации технических изменений согласно ГОСТ 2.503–2013.

Электронный формуляр изделия представляет собой электронный конструкторский документ в соответствии с ГОСТ 2.051–2013. Оформление реквизитной и содержательной части электронного формуляра осуществляется по ГОСТ 2.610–2019. Реквизитная часть электронного формуляра включает в себя идентификационные признаки изделия, к которым относится электронный формуляр, в том числе идентификационный номер изделия. Содержательная часть электронного формуляра соответствует требованиям ГОСТ 2.612–2011 и включает в себя основную (сведения, обеспечивающие учет, контроль и анализ технического состояния изделия) и вспомогательную (справочные данные, необходимые для сопровождения изделия в процессе эксплуатации) части.

Оценка эффективности интеллектуальной СУД на основе онтологии выполнена с использованием метода анализа экспертных оценок в соответствии с положениями стэнфордской теории фактора уверенности (модель Шотрлифа — Бьюкенена), который позволяет делать выводы на основе неполных знаний с последующей интерпретацией в вероятностном смысле. Оценка эффективности внедрения предлагаемого прототипа интеллектуальной СУД показала, что в условиях структурной организации «Проектирование на заказ» и гетерогенной информационной

среды предприятия-разработчика предлагаемое решение по совокупности требований ГОСТ 28195–89 превосходит программные средства управления данными: общего назначения на 26,5 %; машиностроительного производства на 45,5 %; производства радиоэлектронной аппаратуры и изделий электронной техники на 21,1 % [21].

Заключение. Предложен метод автоматического формирования и адаптации базовой онтологии проектно-конструкторских данных в соответствии с изменяющимся контекстом предметной области. Метод обеспечивает семантическую совместимость на уровне описания синтаксиса и семантики проектно-конструкторских данных и целостность информационного пространства предприятия в условиях гетерогенной информационной среды проектирования и производства СТИ по методологии «Проектирование на заказ». Метод автоматического формирования и адаптации базовой онтологии проектно-конструкторских данных может рассматриваться в качестве алгоритмической основы построения перспективной интеллектуальной СУД об изделии в условиях позаказного проектирования и производства. Внедрение подобной интеллектуальной СУД на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности позволит повысить эффективность управления проектно-конструкторскими данными в процессе реализации жизненного цикла «Проектирование на заказ» СТИ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Fang J., Wei X. A knowledge support approach for the preliminary design of platform-based products in Engineering-to-Order manufacturing. *Adv. Eng. Inform.*, 2020, vol. 46, art. 101196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101196>
- [2] Willner O., Gosling J., Schönsleben P. Establishing a maturity model for design automation in sales-delivery processes of ETO products. *Comput. Ind.*, 2016, vol. 82, pp. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.05.003>
- [3] Cannas V.G., Gosling J. A decade of engineering-to-order (2010–2020): progress and emerging themes. *Int. J. Prod. Econ.*, 2021, vol. 241, art. 108274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108274>
- [4] McKendry D.A., Whitfield R.I., Duffy A.H.B. Product lifecycle management implementation for high value Engineering to Order programmes: an informational perspective. *J. Ind. Inf. Integration*, 2022, vol. 26, art. 100264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100264>
- [5] Fraga A.L., Vegetti M., Leone H.P. Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: a systematic literature review. *J. Ind. Inf. Integration*, 2020, vol. 20, art. 100176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100176>

- [6] El Kadiri S., Kiritsis D. Ontologies in the context of product lifecycle management: state of the art literature review. *Int. J. Prod. Res.*, 2015, vol. 53, no. 18, pp. 5657–5668. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1052155>
- [7] Castañé G.G., Xiong H., Dong D., et al. An ontology for heterogeneous resources management interoperability and HPC in the cloud. *Future Gener. Comput. Syst.*, 2018, vol. 88, pp. 373–384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.086>
- [8] He Y., Hao C., Wang Y., et al. An ontology-based method of knowledge modelling for remanufacturing process planning. *J. Clean. Prod.*, 2020, vol. 258, art. 120952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120952>
- [9] Tebes G., Peppino D., Becker P., et al. Analyzing and documenting the systematic review results of software testing ontologies. *Inf. Softw. Technol.*, 2020, vol. 123, art. 106298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106298>
- [10] Ming Z., Sharma G., Allen J.K., et al. An ontology for representing knowledge of decision interactions in decision-based design. *Comput. Ind.*, 2020, vol. 114, art. 103145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103145>
- [11] Yang L., Cormican K., Yu M. Ontology-based systems engineering: a state-of-the-art review. *Comput. Ind.*, 2019, vol. 111, pp. 148–171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.05.003>
- [12] Alobaidi M., Malik K.M., Hussain M. Automated ontology generation framework powered by linked biomedical ontologies for disease-drug domain. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 2018, vol. 165, pp. 117–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.08.010>
- [13] Malik K.M., Krishnamurthy M., Alobaidi M., et al. Automated domain-specific healthcare knowledge graph curation framework: subarachnoid hemorrhage as phenotype. *Expert Syst. Appl.*, 2020, vol. 145, art. 113120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.113120>
- [14] McCrae J.P., Arcan M., Asooja K., et al. Domain adaptation for ontology localization. *J. Web Semant.*, 2016, vol. 36, pp. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.websem.2015.12.001>
- [15] Mendonça M., Perozo N., Aguilar J. Ontological emergence scheme in self-organized and emerging systems. *Adv. Eng. Inform.*, 2020, vol. 44, art. 101045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101045>
- [16] Huang C., Cai H., Xu L., et al. Data-driven ontology generation and evolution towards intelligent service in manufacturing systems. *Future Gener. Comput. Syst.*, 2019, vol. 101, pp. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.075>
- [17] Sellami Z., Camps V., Aussenac-Gilles N. DYNAMO-MAS: a multi-agent system for ontology evolution from text. *J. Data Semant.*, 2013, vol. 2, no. 2-3, pp. 145–161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13740-013-0025-1>
- [18] Zhang H., Marangoni Y.R., Wu Z. Depth corrected edge detection of magnetic data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2019, vol. 57, iss. 12, pp. 9626–9632. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2928041>

[19] Martel S. Magnetic navigation control of microagents in the vascular network: challenges and strategies for endovascular magnetic navigation control of microscale drug delivery carriers. *IEEE Control Syst.*, 2013, vol. 33, iss. 6, pp. 119–134.

DOI: <https://doi.org/10.1109/MCS.2013.2279477>

[20] Wang F., Song Y., Dong L., et al. Magnetic anomalies of submarine pipeline based on theoretical calculation and actual measurement. *IEEE Trans. Magn.*, 2019, vol. 55, iss. 4, art. 6500410. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMAG.2019.2898951>

[21] Дрозд О.В., Капулин Д.В., Ченцов С.В. Экспертная оценка моделей и средств информационной поддержки конструкторского проектирования микроэлектронных систем. *Промышленные АСУ и контроллеры*, 2019, № 6, с. 25–30.

DOI: <https://doi.org/10.25791/asu.06.2019.679>

Дрозд Олег Владимирович — канд. техн. наук, доцент базовой кафедры «Информационные технологии на радиоэлектронном производстве» СФУ (Российская Федерация, 660041, Красноярск, Свободный пр-т, д. 79).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Дрозд О.В. Методы формирования и адаптации онтологии проектно-конструкторских данных. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2024, № 1 (146), с. 104–121. EDN: HVWKWE

FORMATION AND ADAPTATION METHODS IN THE DESIGN AND DEVELOPMENT DATA ONTOLOGY

O.V. Drozd

odrozd@sfu-kras.ru

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract

The paper considers general problems in managing the design and development data, subject to customized design and production. It presents main approaches to information integration of the product life cycle processes. Ontological approach recommended for use to ensure semantic compatibility at the level of describing the syntax and semantics of the design and development data is considered in detail. Within the framework of the ontological approach, methods of automatic generation and adaptation of the basic ontology in the design and development data are described in detail. The method of the data basic ontology automatic generation involves formation of the data object logical groups followed by determining the ontology

Keywords

Customized design, product data management, data ontology management

object types, associations between them and optimizing the resulting structure of the basic data ontology. The data basic ontology adaptation method involves formation of logical groups of the new or changed data elements with subsequent assessment of the statistical dependence and semantic connections both between the logical groups and between the data ontology objects. Based on results in analyzing connections between the data ontology objects, knowledge statements are clarified or formed. Implementation of a prototype of the intelligent product data management system implementing the proposed methods in managing the design and development data ontology is briefly considered

Received 15.06.2023

Accepted 13.10.2023

© Author(s), 2024

The work was carried out with financial support The Council on Grants of the President of the Russian Federation for Young Scientists and Postgraduates (SP-133.2022.5)

REFERENCES

- [1] Fang J., Wei X. A knowledge support approach for the preliminary design of platform-based products in Engineering-to-Order manufacturing. *Adv. Eng. Inform.*, 2020, vol. 46, art. 101196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101196>
- [2] Willner O., Gosling J., Schönsleben P. Establishing a maturity model for design automation in sales-delivery processes of ETO products. *Comput. Ind.*, 2016, vol. 82, pp. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.05.003>
- [3] Cannas V.G., Gosling J. A decade of engineering-to-order (2010–2020): progress and emerging themes. *Int. J. Prod. Econ.*, 2021, vol. 241, art. 108274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108274>
- [4] McKendry D.A., Whitfield R.I., Duffy A.H.B. Product lifecycle management implementation for high value Engineering to Order programmes: an informational perspective. *J. Ind. Inf. Integration*, 2022, vol. 26, art. 100264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100264>
- [5] Fraga A.L., Vegetti M., Leone H.P. Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: a systematic literature review. *J. Ind. Inf. Integration*, 2020, vol. 20, art. 100176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100176>
- [6] El Kadiri S., Kiritsis D. Ontologies in the context of product lifecycle management: state of the art literature review. *Int. J. Prod. Res.*, 2015, vol. 53, no. 18, pp. 5657–5668. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1052155>
- [7] Castañé G.G., Xiong H., Dong D., et al. An ontology for heterogeneous resources management interoperability and HPC in the cloud. *Future Gener. Comput. Syst.*, 2018, vol. 88, pp. 373–384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.086>

-
- [8] He Y., Hao C., Wang Y., et al. An ontology-based method of knowledge modelling for remanufacturing process planning. *J. Clean. Prod.*, 2020, vol. 258, art. 120952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120952>
- [9] Tebes G., Peppino D., Becker P., et al. Analyzing and documenting the systematic review results of software testing ontologies. *Inf. Softw. Technol.*, 2020, vol. 123, art. 106298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106298>
- [10] Ming Z., Sharma G., Allen J.K., et al. An ontology for representing knowledge of decision interactions in decision-based design. *Comput. Ind.*, 2020, vol. 114, art. 103145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103145>
- [11] Yang L., Cormican K., Yu M. Ontology-based systems engineering: a state-of-the-art review. *Comput. Ind.*, 2019, vol. 111, pp. 148–171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.05.003>
- [12] Alobaidi M., Malik K.M., Hussain M. Automated ontology generation framework powered by linked biomedical ontologies for disease-drug domain. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 2018, vol. 165, pp. 117–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.08.010>
- [13] Malik K.M., Krishnamurthy M., Alobaidi M., et al. Automated domain-specific healthcare knowledge graph curation framework: subarachnoid hemorrhage as phenotype. *Expert Syst. Appl.*, 2020, vol. 145, art. 113120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.113120>
- [14] McCrae J.P., Arcan M., Asooja K., et al. Domain adaptation for ontology localization. *J. Web Semant.*, 2016, vol. 36, pp. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.websem.2015.12.001>
- [15] Mendonça M., Perozo N., Aguilar J. Ontological emergence scheme in self-organized and emerging systems. *Adv. Eng. Inform.*, 2020, vol. 44, art. 101045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101045>
- [16] Huang C., Cai H., Xu L., et al. Data-driven ontology generation and evolution towards intelligent service in manufacturing systems. *Future Gener. Comput. Syst.*, 2019, vol. 101, pp. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.075>
- [17] Sellami Z., Camps V., Aussenac-Gilles N. DYNAMO-MAS: a multi-agent system for ontology evolution from text. *J. Data Semant.*, 2013, vol. 2, no. 2-3, pp. 145–161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13740-013-0025-1>
- [18] Zhang H., Marangoni Y.R., Wu Z. Depth corrected edge detection of magnetic data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2019, vol. 57, iss. 12, pp. 9626–9632. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2928041>
- [19] Martel S. Magnetic navigation control of microagents in the vascular network: challenges and strategies for endovascular magnetic navigation control of microscale drug delivery carriers. *IEEE Control Syst.*, 2013, vol. 33, iss. 6, pp. 119–134. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCS.2013.2279477>
- [20] Wang F., Song Y., Dong L., et al. Magnetic anomalies of submarine pipeline based on theoretical calculation and actual measurement. *IEEE Trans. Magn.*, 2019, vol. 55, iss. 4, art. 6500410. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMAG.2019.2898951>

[21] Drozd O.V., Kapulin D.V., Chentsov S.V. Expert evaluation of models and approaches of information support for the design of microelectronic systems. *Promyshlennye ASU i kontrolyery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers], 2019, no. 6, pp. 25–30 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25791/asu.06.2019.679>

Drozd O.V. — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Information Technology in Radio-Electronic Industry, Siberian Federal University (Svobodny prospekt 79, Krasnoyarsk, 660041 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Drozd O.V. Formation and adaptation methods in the design and development data ontology. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2024, no. 1 (146), pp. 104–121 (in Russ.). EDN: HVWKWE