

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 004.89

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-1-107-118



Обеспечение актуальности знаний о бизнес-процессе предприятия на основе онтологической модели

© 2024, В.В. Антонов¹, К.А. Конев¹, Е.В. Пальчевский², Л.Е. Родионова¹, Л.И. Баймурзина¹✉

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация

Рассмотрена задача обеспечения актуальности знаний о бизнес-процессе предприятия на основе его онтологической модели. Устаревание моделей бизнес-процессов предприятия ведёт к необходимости перепроектирования решений по их автоматизации. Приведены подходы к решению задачи поддержания актуальности модели бизнес-процесса. Исследован нормативный базис бизнес-процесса предприятия на предмет его подобия моделям, разрабатываемым для решения задач по автоматизации, и сделан вывод о наличии у них общей основы. Это позволяет рассматривать нормативный базис как метамодель и сохранять данные с использованием лингвистических переменных. Рассмотрены онтологические модели, построенные по стандарту *IDEF5* для наиболее распространённых нормативных документов бизнес-процесса. Выявлено, что одним из важнейших элементов управления промышленным предприятием и его бизнес-процессами является поддержание актуальности всех компонентов, включая ситуационно-онтологическую модель. Предложена методика интеграции онтологической модели в процесс актуализации нормативных документов предприятия, сохранения знаний о бизнес-процессе и извлечения их для формирования изменений к нормативным документам и к моделям, используемым для автоматизации бизнес-процессов. Рассмотрен пример применения методики для планирования ремонта оборудования, осуществляемого вне основного плана работы.

Ключевые слова: онтологическая модель, лингвистическая переменная, нормативный базис, бизнес-процесс, поддержка принятия решений, хранилище данных.

Цитирование: Антонов В.В., Конев К.А., Пальчевский Е.В., Родионова Л.Е., Баймурзина Л.И. Обеспечение актуальности знаний о бизнес-процессе предприятия на основе онтологической модели // *Онтология проектирования*. 2024. Т.14, №1(51). С.107-118. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-1-107-118.

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2023-0007.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Проблема устаревания моделей бизнес-процессов (БП) и построенных на их основе информационных систем (ИС) известна разработчикам ИС [1]. Внешние условия для предприятия непрерывно изменяются: пересматриваются стандарты и законы, внутренние политики и регламенты, появляются новые продукты, материалы, методы, технологии. В результате знания о том, как необходимо использовать конкретный программный пакет, реализующий стратегию ИС, теряют актуальность, что ведёт к снижению эффективности БП. Поэтому со-

здание средств автоматизации БП не является разовым и повторяется с учётом новых требований и ограничений. Устаревание моделей приводит к необходимости перепроектирования и значительным затратам, что может снизить эффективность использования информационных технологий (ИТ) в БП.

Важным аспектом этого процесса является эволюция глоссария - постепенное изменение семантики понятий и терминов, которыми пользуются участники БП. Необходимо обеспечить алгоритмическое, документационное и лингвистическое соответствие модели БП практике. Это достигается применением комплексных моделей, концептуальным уровнем которых являются онтологические модели (ОМ). Актуальна разработка методики преобразования ОМ в нормативные документы, обеспечивая сохранение в них накопленного опыта.

1 Подходы к решению задачи поддержания актуальности модели БП

Интеграция моделей БП в организационные процессы предприятия осуществляется за счёт создания методик трансформации моделей в документацию и включения их в существующие на предприятии внутренние процессы актуализации. Например, возможность формирования из модели БП стандарта предприятия позволит включить эту модель в процедуру актуализации стандарта, поскольку для выполнения любого изменения этого нормативного документа сначала необходимо уточнить модель.

Задача автоматической генерации одной модели из другой решалась многими исследователями. В статье [2] описывается подход к преобразованию объектной модели *IDEF3* в диаграмму классов *UML*. Статья [3] представляет исследование, в котором предложен подход к автоматическому извлечению *OWL*-онтологий из диаграмм классов *UML* с сохранением семантики. В [4] анализируются возможности автоматической генерации тестовых сценариев на основе моделей БП и приводятся примеры решения данной задачи. В работе [5] представлен подход к автоматизированной генерации сервис-ориентированных модульных систем производства на основе моделей таких систем.

В статье [6] приведена методика разработки общей системной модели для ИС предприятия, построенной по методологии *SADT (Structured Analysis and Design Technique* – метод структурного анализа и проектирования) по стандарту *IDEF0*. Проводились исследования по преобразованию модели *IDEF0* в другие документы, например, в должностные инструкции и руководства по качеству [8]. Показана возможность практического применения предложенной методики. В [6] рассматривается методика развёртывания в текстовый файл данных из модели, где БП описывается в стандарте ИСО 9001 [10] согласно требованиям к текстовым документам.

2 Нормативный базис (НБ) в модели управления предприятием

При повышении эффективности деятельности предприятия за счёт автоматизации БП важно принятие тезиса о том, что знания о лучших практиках деятельности предприятия уже имеются, а специалисты по внедрению должны правильно подобрать инструмент для их использования [11]. Знания предприятия могут быть явными и внутренними [12]. Явные знания – это совокупность нормативной, технологической, справочной и проектной документации, в которой описаны правила выполнения функций и операций БП предприятия, а внутренние – опыт работников, их понимание правил действий в каждой ситуации, соглашения о правилах поведения, нормы корпоративной культуры и т.д. Соотношение явных и внутренних знаний предприятия может регулироваться и имеет тенденцию к отчуждению знаний в пользу пер-

вого. Формализация на предприятии растёт, что усложняет задачу увязки моделей, которые формируют проектировщики для внедрения ИТ и НБ.

Существует некоторое множество знаний о предприятии, которое можно сопоставить с НБ, с моделями специалистов по внедрению ИТ и других специалистов – участников БП. Формы представления знаний во всех источниках разные, что затрудняет взаимообмен знаниями. Можно воспользоваться применяемым в математике инструментарием для работы с разнородной информацией – лингвистическими переменными. Лингвистические переменные используются для описания качественных и количественных характеристик языка. Они могут представлять собой термины, понятия, лингвистические признаки и параметры [13].

В лингвистике широко используются фонологическая модель и модель лингвистических признаков. Фонологическая модель базируется на системе фонем, которыми оперирует язык. Модель лингвистических признаков основывается на совокупности признаков, которые могут характеризовать звуки языка, например, место и способ образования звука [14].

Применительно к рассматриваемой в статье задаче в качестве лингвистических переменных для сохранения информации из моделей могут использоваться компоненты семантики: понятия, признаки, свойства описываемого БП в его модели и в стандарте [15].

Положения стандарта отвечают понятиям декартово замкнутой категории, поскольку, согласно определению для категории стандарта S , выполняются все три условия:

- существует в S терминальный объект (специальная лингвистическая переменная), с которого начинается чтение документа;
- любые два объекта X, Y в S имеют произведение $X \times Y$, т.е. имеется такой общий объект, имеющий морфизмы (требования) во все объекты, т.е. любые комбинации требований дают новые требования;
- любые два объекта Y, Z в S имеют экспоненциал Z^Y , т.е. существует множество функций из Y в Z над лингвистическими переменными, задающими требования стандарта.

В результате появляется возможность сформировать теоретико-множественную модель, пригодную для хранения правил как организационного (нормативные документы), так и технологического (модели БП) уровней. Лучшим выбором в данной связи представляется ОМ, обладающая наибольшей широтой из всех применяемых на практике.

Развитию ОМ способствовало появление стандарта *IDEF5* [16], который позволяет упростить процесс анализа данных и получения информации о проектных решениях. Структурированная система ОМ позволяет оценить каждый элемент проекта и принять обоснованное решение о перспективах его дальнейшего развития на основе данных [17].

При создании ОМ необходимо обеспечить замкнутость на нижних уровнях при декомпозиции абстрактного уровня, что соответствует логике высказывания и формальной логике первого порядка. Исключаются логические противоречия при решении задач идентифицируемости и прослеживаемости информационных объектов.

Формальная система (ФС) ОМ имеет вид: $\Phi C = \langle G, R, O \rangle$, где: G – множество базовых элементов; R – совокупность правил (предикаты на множестве базовых элементов); O – множество операций (синтаксические правила построения слов и формул - алгебра) [18].

ФС отличается свойством автономности. Если O – пустое множество, то ФС формируется в системную модель (СМ). Под СМ понимается организационно-функциональная система, включающая множество информационных объектов: в структурном, информационном, семантическом, лингвистическом, математическом и других представлениях. Если $R(G)$ является пустым множеством, то получается формальная алгебра.

Пусть σ - совокупность сведений, характеризующих объекты, Z - множество объектов предметной области (ПрО), $z_i \in Z$ — объект из множества объектов. Часть сведений, харак-

теризующих объект, можно представить в виде множества его информационных характеристик $x_i = \{\langle A_i, D_i \rangle \mid x_i \subset \sigma\}$, где A_i - непустое множество имён свойств (атрибутов) i -го объекта, D_i - множество значений соответствующих атрибутов, x_i - множество информационных характеристик i -го объекта.

Может быть составлен словарь элементов допустимых значений, подразделённый на классы, что позволяет представить ПрО в виде иерархической структуры. Значения разбиваются на классы объектов, которые взаимодействуют друг с другом на основе правил.

Пусть π - множество правил выбора. Условия выбора объекта из множества альтернатив могут быть представлены в виде кортежа $y = \langle \sigma, \pi \rangle$. На множестве атрибутов могут быть установлены отношения $G = \{\bar{G}, \tilde{G}\}$, которые делятся на количественные \bar{G} и качественные \tilde{G} , а также определено множество типов выбора, например $T = \{\text{«соответствие»}, \text{«эквивалентность»}, \text{«предпочтение»}\}$. Тогда любое правило выбора может быть представлено кортежем $\pi = \langle G, T \rangle$.

Таким образом, информацию об объекте $z_i \in Z$ можно представить в виде совокупности информационных характеристик объекта $x_i = \{\langle A_i, D_i \rangle \mid x_i \subset \sigma\}$, установленных отношений $G = \{\bar{G}, \tilde{G}\}$ и правил установления отношений $\pi = \langle G, T \rangle$.

$$z_i = \{x_i, G, \pi\} = \{\langle A_i, D_i \rangle, \bar{G}, \tilde{G}, T\}, i \in N \quad (1)$$

Характеристика каждого объекта x_i может быть описана соответствующей лингвистической переменной $\langle A_j, T_j, D_j \rangle$, где $T_j = \{T_1^j, T_2^j, \dots, T_{m_j}^j\}$ - терм-множество лингвистической переменной A_j (набор лингвистических значений атрибута), m_j - число значений атрибута; D_j - (предметная шкала) базовое множество атрибута A_j . Для описания термов $T_k^j, k = 1, \dots, m_j$, соответствующих значениям атрибута A_j , использованы нечёткие переменные $\langle T_k^j, D_j, \tilde{C}_k^j \rangle$, т.е. значение T_k^j описывается нечётким множеством \tilde{C}_k^j в базовом множестве D_j :

$$\tilde{C}_k^j = \left\{ \left\langle \mu_{C_k^j}(d) \mid d \right\rangle \right\}, d \in D_j, k = 1, \dots, m_j, \text{ где} \quad (2)$$

$\mu_{C_k^j}(d)$ - функция принадлежности для каждого k количественно градуирует принадлежность элементов множества $d \in D_j$ нечёткому множеству \tilde{C}_k^j .

Тогда в качестве нечёткой характеристики объекта x_i может быть взято нечёткое множество второго уровня, представленное в формуле

$$\tilde{x}_i = \left\{ \left\langle \mu_{x_i}(a_j) \mid a_j \right\rangle \right\}, \mu_{x_i}(a_j) = \bigcup_{k=1}^{m_j} \left\{ \left\langle \mu_{\mu_{x_i}}(T_k^j) \mid T_k^j \right\rangle \right\}, T_k^j \in T_j, a_j \in A_j, \quad (3)$$

где $\mu_{x_i}(a_j)$ и $\mu_{\mu_{x_i}}(T_k^j)$ - функции принадлежности элементов множеств $T_k^j \in T_j$ и $a_j \in A_j$ соответствующим нечётким множествам. Конкретный вид функций принадлежности может отличаться для крайних и средних терм-множеств, минимальной и максимальной интенсивности проявления признака.

Таким образом, ПрО можно представить в виде многоуровневой среды, состоящей из множества элементов ПрО, множества функций и методов, работающих на этих элементах, и множества свойств элементов и отношений между элементами, т.е. в виде ОМ, которая включает в себя описание свойств ПрО и взаимодействия объектов на формальном языке.

3 Методика поддержания актуальности модели управления

Разработка моделей и методов моделирования позволят предприятиям, например электроэнергетики, дистанционно использовать ИС учёта электрической энергии (ЭЭ), в режиме онлайн снимать показания потребителей, фиксировать отклонения и определять качество ЭЭ. Накапливающиеся массивы данных, хранящиеся в базах данных (БД) и знаний (БЗ), многообразны. Для их обработки и анализа необходима разработка математической модели устойчивости показателей/индикаторов [19].

При большом объёме автоматического управления современными ЭЭ системами (ЭЭС) значительная доля работы остаётся в автоматизированном и ручном режимах. После возникновения исключительной ситуации ЭЭС автоматически переходит от одного из нормальных состояний (НС) $S^n = \{S^n_1, \dots, S^n_k\}$ в одно из аварийных состояний (АС) $S^a = \{S^a_1, \dots, S^a_l\}$.

Целью управления системой является возврат системы из множества АС в состояние из множества НС, при этом она должна поэтапно пройти через ряд состояний из множества восстановительных состояний $S^v = \{S^v_1, \dots, S^v_m\}$. Все состояния являются элементами множества S и определяются однозначно на основе множества $S = \{AS, I, K, M\}$, где $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ – множество конфигураций (состояний) системы;

$AS = \{AS_1, AS_2, \dots, AS_m\}$ – множество характеристик аварийных ситуаций;

$I = \{I_1, I_2, \dots, I_j\}$ – множество информационных характеристик исходов аварийных ситуаций;

$K = \{K_1, K_2, \dots, K_i\}$ – множество информационных характеристик пользователей;

$M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ – множество информационных характеристик математических моделей.

ИС, включающая предметно-ориентированную БЗ, должна быть ассоциирована с ней и подвергаться постоянному развитию, поскольку потеря актуальности значимой информации может привести к ложным выводам. Для этого в модели необходимо предусмотреть специальные узлы «новая категория» и «новые характеристики», которые будут актуальны при введении новых данных (см. рисунок 1).

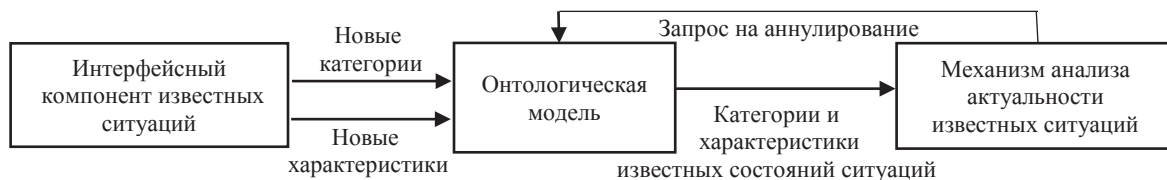


Рисунок 1 – Концептуальная схема адаптации онтологической модели

Новые категории будут определять ситуации, варианты решения, сценарии действий, а характеристики – наборы параметров и критериев, которые их описывают. Для интерпретации такого подхода по стандарту *IDEF5* в качестве категорий могут быть взяты названия элементов (объектов, экземпляров, процессов), а в качестве характеристик – значения, которые ассоциированы с отношениями. В онтологической форме характеристики могут проявлять себя не полно, в виде правил, типов отношений или их мощности. При переходе к детальным моделям они могут формировать множества измеряемых свойств.

Предлагаемая методика позволяет создать гибкую ИС, лишённую ограничений благодаря её открытости. Каждая известная ситуация может продолжать развиваться путём включения в неё новых категорий, характеристик и правил, которые перечисляемы и измеряемы. Это позволит ИС адаптироваться к меняющимся условиям функционирования БП. Для формального описания процесса интеграции ситуационно-онтологической модели (СОМ) или её компонентов в НБ промышленного предприятия могут быть введены обозначения множеств:

- структура правил N ;

- элементы SOM O ;
- нормативные, технологические и рабочие документы D ;
- функции отображения правил из множества элементов модели на множество документов m .

Процесс интеграции SOM может быть представлен в виде формулы: $N = \langle O, D, m \rangle$.

Правила отображения элементов онтологии на документы таковы, что документы представляются как правила, которые могут быть сведены к логике прецедентов «Если-То» [20]. OM содержат функции и правила, которые их связывают. На основе этой аналогии могут быть построены алгоритмы генерации документов. К примеру, нормативный документ или инструкция могут быть представлены в виде условий и ограничений для выполнения функции (раздел «Если»), а также вариантов реакций - сценариев работы (раздел «То»). Последовательный переход от одной функции к другой достигается путём перебора элементов модели (переход на более нижний уровень – композицией, а на более высокий – обобщением). Операторы условий могут быть использованы для реализации безусловного перехода на нужный элемент последовательности [21].

В целях повышения эффективности системы поддержки принятия решений (СППР) на промышленных предприятиях необходимы SOM. Одним из важнейших элементов управления промышленным предприятием или его БП на основе СППР является метод поддержания актуальности соответствующих компонентов. Реализация данного метода осуществляется через разработку и интеграцию моделей ИС в нормативные и технологические документы предприятия для создания ситуации, в которой любые изменения в документах не были бы возможны без соответствующих изменений в модели БП предприятия. Модель БП должна храниться в виде записей в БД (см. рисунок 2).

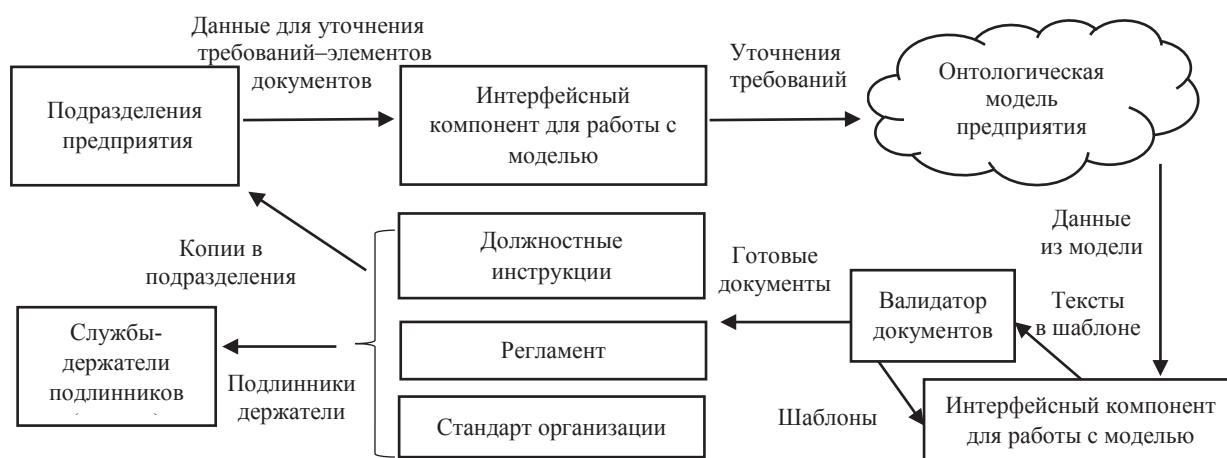


Рисунок 2 – Схема поддержания актуальности модели объекта управления

Для сохранения модели в удобном к дальнейшим преобразованиям виде текстовых документов необходимо применить специальный программный продукт, который обладает возможностью формирования SOM и генерации из неё различных типов нормативно-технологических документов. Это предполагает разработку редактора модели, позволяющего управлять многоуровневой моделью. Менее затратным и более реалистичным путём является создание специализированных генераторов документации, основанных на интерпретации графов моделей и их компонентов.

Разработанная SOM должна учитывать формальные и неформальные правила, хранить значимые знания и выявленные закономерности. Новые решения, принятые с помощью СППР, для актуализации опыта должны регистрироваться в модели, что можно осуществить

за счёт использования логики прецедентов. Отдельную задачу составляет оценка последствий принятых решений.

С целью сохранения опыта экспертов необходимо перенести коммуникации между уровнями иерархии в информационную среду за счёт формирования указаний по метаправилам языка. Программа должна автоматически выделять необходимые сущности и интегрировать их в модель, что позволит обеспечить самоактуализацию модели (см. рисунок 3).

Требования стандарта на теоретико-множественном языке можно представить в виде следующего выражения:

$N = \{ C, A, R, P, NL, Rf, S, D \}$, где:

N – объекты-требования; C – условия; A – действия и состояния; R – роли и ответственность; P – периодичность или сроки; NL – привязка к стандарту; Rf – ссылки; S – сила требований; D – комментарии.

Структурная конфигурация БП состоит из элементов, включающих действия и состояния, условия, роли и ответственность. Наиболее востребованные методы моделирования БП (*IDEF0*, *BPMN*, *EPC* и др.) способны описать все данные компоненты. Используя графоаналитическую модель, можно передать большую часть элементов, которые являются основой стандарта предприятия. Оставшиеся компоненты, включая периодичность, связь с другими стандартами, указание на источники требований и комментарии относятся к конкретным действиям или группам состояний и могут быть однозначно определены и описаны в модели принятого языка моделирования БП. Таким образом, все компоненты стандарта предприятия могут быть извлечены из модели, созданной на любом языке моделирования БП.

Логикой процесса формирования документа определяются требования к функциональности соответствующего генератора, который необходимо оснащать механизмами: идентификации в заданной модели определённого артефакта; получения графической и текстовой информации из модели для обеспечения возможности последовательного развёртывания текстового документа, дополненного необходимыми элементами стандарта предприятия (титальный лист и т.п.).

Важно обеспечить надёжную связь между моделью БП и действующими документами предприятия. Для этого целесообразно использование организационных методов. Разработчики стандарта и других формируемых из модели документов должны быть поставлены в такое положение, чтобы изменения в стандартах могли быть внесены только путём изменения модели и генерации новой версии документа. Тогда эксперты ПрО вынуждены «делиться знаниями» с моделью, поскольку при обновлении нормативной экосистемы предприятия им придётся обновлять и соответствующие модели, на основе которых строятся БП в СППР.

Применение данной методики может быть рассмотрено на примере планирования планово-предупредительного ремонта (ППР) для ликвидации небольших изъянов в работе оборудования предприятия, который осуществляется вне основного плана (ППР, межремонтная профилактика).

Для описания модели функционирования БЗ можно ввести следующие обозначения:

i – порядковый номер оборудования $i = \overline{1, n}$, где n – количество оборудования; $k(i)$ – наименование i -го оборудования;

$d(k(i))$ – дата производства i -го оборудования с наименованием k ;



Рисунок 3 – Схема самоактуализации модели процесса

$d_1(k(i))$ – периодичность межремонтного обслуживания i -го оборудования с наименованием k согласно правилам технической эксплуатации;
 $d_2(k(i))$ – периодичность текущего ремонта i -го оборудования с наименованием k согласно правилам технической эксплуатации;
 $d_3(k(i))$ – периодичность капитального ремонта i -го оборудования с наименованием k согласно правилам технической эксплуатации;
 $\tilde{d}_1(k(i))$ – дата последнего межремонтного обслуживания i -го оборудования с наименованием k ;
 $\tilde{d}_2(k(i))$ – дата последнего текущего ремонта i -го оборудования с наименованием k ;
 $\tilde{d}_3(k(i))$ – дата последнего капитального ремонта i -го оборудования с наименованием k ;
 $\bar{d}_1(k(i))$ – дата следующего межремонтного обслуживания i -го оборудования с наименованием k ;
 $\bar{d}_2(k(i))$ – дата следующего текущего ремонта i -го оборудования с наименованием k ;
 $\bar{d}_3(k(i))$ – дата следующего капитального ремонта i -го оборудования с наименованием k ;
 $date$ – дата, на которую составляется план;
 $plan(date)$ – ППР, который необходимо организовать согласно плану.

$$plan(date) = \begin{cases} MO, & \text{для межремонтного обслуживания;} \\ TP, & \text{для текущего ремонта;} \\ KP, & \text{для капитального ремонта.} \end{cases}$$

Дата следующего межремонтного обслуживания i -го оборудования с наименованием k – $\bar{d}_1(k(i))$ определяется в БЗ, построенной на основе продукционной модели:

ЕСЛИ $\tilde{d}_1(k(i)) = 0$, ТО $\bar{d}_1(k(i)) = d(k(i)) + d_1(k(i))$; ИНАЧЕ $\bar{d}_1(k(i)) = \tilde{d}_1(k(i)) + d_1(k(i))$.

Аналогичным образом в БЗ определяется дата следующего текущего ремонта обслуживания i -го оборудования с наименованием k – $\bar{d}_2(k(i))$:

ЕСЛИ $\tilde{d}_2(k(i)) = 0$, ТО $\bar{d}_2(k(i)) = d(k(i)) + d_2(k(i))$; ИНАЧЕ $\bar{d}_2(k(i)) = \tilde{d}_2(k(i)) + d_2(k(i))$.

Дата следующего капитального ремонта обслуживания i -го оборудования с наименованием k – $\bar{d}_3(k(i))$:

ЕСЛИ $\tilde{d}_3(k(i)) = 0$, ТО $\bar{d}_3(k(i)) = d(k(i)) + d_3(k(i))$; ИНАЧЕ $\bar{d}_3(k(i)) = \tilde{d}_3(k(i)) + d_3(k(i))$.

После того, как в БЗ будут определены даты: межремонтного обслуживания, текущего ремонта и капитального ремонта, следует определить ППР, который необходимо организовать согласно плану. Это выполняется также в БЗ:

ЕСЛИ $date = \bar{d}_1(k(i))$, ТО $plan(date) = MO$; ЕСЛИ $date = \bar{d}_2(k(i))$, ТО $plan(date) = TP$;

ИНАЧЕ $plan(date) = KP$.

Таким образом, показана возможность использования прецедентной модели для описания НБ правил в процессе принятия решений о ремонте на примере БП планирования ППР для предприятия. Основная идея рассмотренного в статье подхода заключается в том, что стандарты и модели БП, хотя и могут быть формализованы разными способами, содержат подобную информацию – правила. Могут быть созданы способы выделить эти правила, хранить их и сформировать на их основе стандарты и модели.

Заключение

Проведено исследование ПрО промышленного предприятия для поиска способов поддержки актуальности моделей БП и построенных на их основе ИС. Для хранения семантиче-

ских элементов предложено использование лингвистических переменных. В качестве прикладного функционала обеспечения актуализации моделей предложено использовать встроенные алгоритмы по актуализации НБ БП предприятия. Показано подобие семантического ядра документов предприятия и моделей БП, используемых для автоматизации БП, что позволяет хранить их в виде лингвистических переменных в едином хранилище информации. В качестве наиболее подходящей основы для моделирования семантики нормативных документов и моделей БП выбрана ОМ в формате стандарта *IDEF5*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Переверзев П.П.** Функциональное моделирование процессов организации производства на машиностроительных предприятиях. *Современные проблемы науки и образования*, 2012, №2, С.259-267. EDN OXCNQL.
- [2] **Хубаев Г.Н., Широбокова С.Н., Щербakov С.М.** Преобразование Idef3-моделей в UML-диаграммы для автоматизированного синтеза имитационных моделей. *Европейский журнал экономических наук и управления*, 2016, № 4, С.15-24. EDN YIQRMH.
- [3] **Xu Zh., Ni Yu., He W., Yan Q.** Automatic extraction of OWL ontologies from UML class diagrams: a semantics-preserving approach. *World Wide Web*, 2012, vol.15, No.5, P.517-545. DOI: 10.1007/s11280-011-0147-z.
- [4] **Yazdani Sequerloo A., Amiri M.Ja., Parsa S., Koupaee M.** Automatic test cases generation from business process models. *Requirements Engineering*, 2019, vol.24, No.1, P.119-132. DOI: 10.1007/s00766-018-0304-3.
- [5] **Mohammed El Amin Tebib, Pascal Andre, Olivier Cardin.** A Model Driven Approach for Automated Generation of Service-Oriented Holonic Manufacturing Systems. SOHOMA 2018 - International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing, 2018, Bergamo, Italy, P.183-196. DOI: 10.1007/978-3-030-03003-2_14.
- [6] **Марка Д., Макгоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования SADT. М.: МетаТехнология, 1993. 240 с.
- [7] **Репин В.В., Елиферов В.Г.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: РИА «Стандарты и качество», 2008, 408 с.
- [8] **Конев К.А.** Проектируем модульное руководство по качеству. *Методы менеджмента качества*, 2015, №1, С.26-31. EDN UQDFSH.
- [9] **Куликов Г.Г., Конев К.А.** Методология управления машиностроительным предприятием на основе интеграции его бизнес-процессов. *Вестник УГАТУ*, 2006, № 2, Т.7., С.82-91. EDN HVHKLK.
- [10] ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2019.
- [11] **Прохоров А.И.** Современные тенденции управления знаниями в организации. *Общество: социология, психология, педагогика*, 2023, №7 (111), С.21-25. DOI: 10.18522/2687-0770-2023-2-20-31.
- [12] **Шведин Б.Я.** Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия. М.: ЛЕНАНД, 2010, 240 с.
- [13] **Comrie B.** Language Universals And Linguistic Typology. University Of Chicago Press, 1989, 275 p.
- [14] Лингвистический энциклопедический словарь // Большая российская энциклопедия. Гл. ред. В.Н. Ярцева. М., 2002, 707 с.
- [15] ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения. М.: Стандартинформ, 2016, 23 с.
- [16] **Perakath C. Benjamin и др.** Отчёт о методе IDEF5. 1994. <https://www.scss.tcd.ie/Andrew.Butterfield/Teaching/CS4098/IDEF/Idef5.pdf>.
- [17] **Каунг М.Х.** Анализ онтологических языков (о языках CYCL, Dogma, Gellish, IDEF5, KIF, RIF и OWL). *Инновации и инвестиции*, 2017, № 12, С.224-228.
- [18] **Мендельсон Э.** Введение в математическую логику. М.: Наука, 1971, 320 с.
- [19] **Антонов В.В., Бельтюков А.П., Куликов Г.Г., Родионова Л.Е.** Метод формального онтологического моделирования и реализации функций системной инженерии на основе принципа достаточного разнообразия структурных связей. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника*, 2019, Т.19, №4, С.13-26. DOI: 10.14529/ctcr190402.
- [20] **Мызников П.В.** Моделирование рассуждений на основе прецедентов в автоматическом анализе новостных текстов. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*, 2017, Т.15, №2, С59-65.
- [21] **Вариавский П.Р., Алехин Р.В., Ар Кар Мьо, Зо Лин Кхаинг.** Реализация прецедентного модуля для интеллектуальных систем. *Программные продукты и системы*, 2015, № 2. С.26-31. EDN UCRAWX.

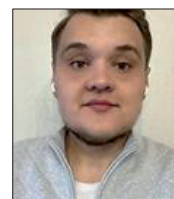
Сведения об авторах

Антонов Вячеслав Викторович, 1956 г. рождения. Окончил Башкирский государственный университет (1979), к.т.н. (2007), д.т.н. (2015). Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ). В списке научных трудов более 150 работ в области построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 530537. AuthorID (Scopus): 57200254522; ResearcherID (WoS): ААН-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.



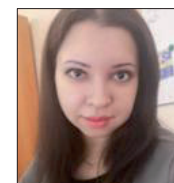
Конев Константин Анатольевич, 1977 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) (2000), к.т.н. (2004). Доцент кафедры автоматизированных систем управления УУНиТ. Системный инженер и консультант компании *IPL Consulting*. В списке научных трудов более 40 работ в области систем поддержки принятия решений на основе моделирования бизнес-процессов в сфере обеспечения качества. AuthorID (РИНЦ): 544899; ORCID 0000-0002-8595-7738; Researcher ID (WoS): AED-0707-2022. sireo@rambler.ru.

Пальчевский Евгений Владимирович, 1994 г. рождения. Окончил УГАТУ (2019). Старший преподаватель департамента анализа данных и машинного обучения Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. В списке научных и учебных трудов около 200 работ в области разработки программного обеспечения и интеллектуальных вычислений. AuthorID (РИНЦ): 837544. Author ID (Scopus): 57220744490; ORCID 0000-0001-9033-5741; Researcher ID (WoS): ABB-2403-2021. teelxp@inbox.ru.



Родионова Людмила Евгеньевна, 1984 г. рождения. Окончила УГАТУ (2007), к.т.н. (2019). Доцент кафедры автоматизированных систем управления УУНиТ. В списке научных трудов около 10 работ в области проектирования программных аналитических комплексов на основе моделей и методов декартово замкнутой категории. AuthorID (РИНЦ): 852968. Author ID (Scopus): 57221335881; ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lurik@mail.ru.

Баймурзина Лилия Ифтаровна, 1987 г. рождения. Окончила УГАТУ (2009). Старший преподаватель кафедры технологии производства летательных аппаратов УУНиТ. В списке научных трудов около 10 работ в области проектирования информационных аналитических систем. AuthorID (РИНЦ): 1185834; ORCID 0009-0009-1996-0494. lilabay@mail.ru ✉



Поступила в редакцию 31.10.2023, после рецензирования 17.01.2024. Принята к публикации 2.02.2024.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-1-107-118

Ensuring the relevance of enterprise business process knowledge based on an ontological model

© 2024, V.V. Antonov¹, K.A. Konev¹, E.V. Palchevsky², L.E. Rodionova¹, L.I. Baimurzina¹ ✉

¹Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

²Finance University under the Government of the Russian Federation, Russia

Abstract

The problem of ensuring the relevance of knowledge about the business process of an enterprise based on its ontological model is considered. The obsolescence of enterprise business process models leads to the need to redesign solutions for their automation. Approaches to solving the problem of maintaining the relevance of the business process model are presented. The regulatory basis of the business process of an enterprise was examined for its similarity to models developed to solve automation problems, and a conclusion was made that they have a common basis. This makes it possible to consider the regulatory basis as a metamodel and store data using linguistic variables. Ontological models built according to the IDEF5 standard for the most common regulatory documents of a business process are considered. It was

been revealed that one of the most important elements of managing an industrial enterprise and its business processes is maintaining the relevance of all components, including the situational ontological model. A methodology is proposed for integrating an ontological model into the process of updating enterprise regulatory documents, preserving knowledge about the business process and retrieving it to generate changes to regulatory documents and models used to automate business processes. An example of using the technique for planning equipment repairs carried out outside the main work plan is considered.

Keywords: *ontological model, linguistic variable, regulatory basis, business process, decision support, data storage.*

Citation: *Antonov VV, Konev KA, Palchevsky EV, Rodionova LE, Baimurzina LI. Ensuring the relevance of enterprise business process knowledge based on an ontological model [In Russian]. Ontology of designing. 2024; 14(1): 107-118. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-1-107-118.*

Funding: the research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the main part of the state assignment to higher education institutions No. FEUE-2023-0007.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interest.

List of figures

Figure 1 - Conceptual scheme of ontology model adaptation

Figure 2 - Scheme for maintaining the relevance of the control object model

Figure 3 - Schema of the self-actualization process model

References

- [1] **Pereverzev PP.** Functional modeling of production organization processes at machine-building enterprises [In Russian]. *Modern Problems of Science and Education*, 2012; 2: 259-267. EDN OXCNQL.
- [2] **Khubaev GN, Shirobokova SN, Shcherbakov SM.** Transformation of Idef3 models into UML diagrams for automated synthesis of simulation models [In Russian]. *European Journal of Economic Sciences and Management*, 2016; 4: 15-24. EDN YIQRMH.
- [3] **Xu Zh, Ni Yu, He W, Yan Q.** Automatic extraction of OWL ontologies from UML class diagrams: a semantics-preserving approach. *World Wide Web*, 2012; 15(5): 517-545. DOI: 10.1007/s11280-011-0147-z.
- [4] **Seqerloo YA, Amiri MJa, Parsa S, Koupaee M.** Automatic test cases generation from business process models. *Requirements Engineering*, 2019; 24(1): 119-132. DOI: 10.1007/s00766-018-0304-3.
- [5] **Tebib M El A, Andre P, Cardin O.** A Model Driven Approach for Automated Generation of Service-Oriented Holonic Manufacturing Systems. SOHOMA 2018 - International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing, 2018, Bergamo, Italy, P.183-196. DOI: 10.1007/978-3-030-03003-2_14.
- [6] **Marka D, McGowan K.** Methodology of structural analysis and design (SADT) [In Russian]. Moscow: MetaTechnology, 1993, 240 p.
- [7] **Repin VV, Eliferov VG.** Process approach to management. Modeling of business processes [In Russian]. Moscow: RIA "Standards and Quality", 2008, 408 p.
- [8] **Konev KA.** Designing a modular quality manual [In Russian]. *Methods of quality management*. 2015; 11: 26-31. EDN UQDFSH.
- [9] **Kulikov GG, Konev KA.** Methodology of management of machine-building enterprise on the basis of integration of its business processes [In Russian]. *Vestnik UGATU*, 2006; 7(2): 82-91. EDN HVHKLD.
- [10] GOST R ISO 9000-2015. Quality management system. Basic provisions dictionary [In Russian]. Moscow: Standardinform, 2019.
- [11] **Prokhorov AI.** Modern trends of knowledge management in the organization [In Russian]. *Society: sociology, psychology, pedagogy*, 2023; 7(111): 21-25. DOI: 10.18522/2687-0770-2023-2-20-31.
- [12] **Shvedin BYa.** Ontology of enterprise: an experiential approach. The technology of building an ontological model of the enterprise based on the analysis and structuring of living experience [In Russian]. Moscow: LENAND, 2010, 240 p.
- [13] **Comrie B.** Language Universals And Linguistic Typology // University Of Chicago Press, 1989, 275 p.
- [14] Linguistic Encyclopedic Dictionary [In Russian]. Big Russian Encyclopedia; Ed. by V.N. Yartsev, Moscow, 2002, 707 p.
- [15] GOST R 1.5-2012 Standardization in the Russian Federation. National standards. Rules of construction, presentation, design and designation [In Russian]. Moscow: Standardinform, 2016, 23 p.

- [16] **Perakath C. Benjamin** et al. IDEF5 method report 1994. <https://www.scss.tcd.ie/Andrew.Butterfield/Teaching/CS4098/IDEF/Idef5.pdf>.
- [17] **Kaung MH**. Analyzing ontological languages (about CYCL, Dogma, Gellish, IDEF5, KIF, RIF and OWL languages) [In Russian]. *Innovation and Investment*, 2017; 12: 224-228.
- [18] **Mendelson E**. Introduction to mathematical logic. Moscow: Nauka, 1971, 320 p.
- [19] **Antonov VV, Beltyukov AP, Kulikov GG, Rodionova LE**. Method of formal ontological modeling and implementation of system engineering functions based on the principle of sufficient diversity of structural relations [In Russian]. *Bulletin of South Ural State University. Series: Computer Technologies, Management, Radioelectronics*, 2019; 19(4): 13-26. DOI: 10.14529/ctcr190402.
- [20] **Myznikov PV**. Modeling of reasoning based on precedents in automatic analysis of news texts [In Russian]. *Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Informational technologies*, 2017; 15(2): 59-65.
- [21] **Varshavskiy PR, Alekhin RV, Ar Kar Myo, Zo Lin Khaing**. Realization of the precedent module for the intelligent systems [In Russian]. *Software Products and Systems*, 2015; 2: 26-31. EDN UCRAWX.
-

About the authors

Vyacheslav Viktorovich Antonov (b. 1956) graduated from the Bashkir State University (1979), PhD (2007), D. Sc. Eng. (2015). Professor of the Department of Automated Control Systems of the Ufa University of Science and Technology. The list of scientific papers contains more than 150 works in the field of building intelligent decision support systems. AuthorID (RCI): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAH-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Konstantin Anatolyevich Konev (b. 1977) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (UGATU) (2000), Ph.D. (2004). Associate Professor of the Department of Automated Control Systems at UUNiT. System engineer and consultant at IPL Consulting. The list of scientific papers includes more than 40 works in the field of decision support systems based on modeling business processes in the field of quality assurance. AuthorID (RSCI): 544899. sir-ee@rambler.ru.

Evgeny Vladimirovich Palchevsky (b. 1994) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (2019). Senior lecturer at the Department of Data Analysis and Machine Learning of the Financial University under the Government of the Russian Federation. The list of scientific works includes about 200 works in the field of software development and intelligent computing. AuthorID (RINC): 837544. Author ID (Scopus): 57220744490; ORCID 0000-0001-9033-5741; Researcher ID (WoS): ABB-2403-2021. teelxp@inbox.ru.

Lyudmila Evgenievna Rodionova, (b. 1984) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (2007), PhD (2019). Senior Lecturer of the Department of Automated Control Systems of the Ufa University of Science and Technology. The list of scientific papers contains about 10 works in the field of designing software analytical systems based on models and methods of a Cartesian closed category. AuthorID (RCI): 852968. Author ID (Scopus) 57221335881; ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lurik@mail.ru.

Liliya Iftarovna Baimurzina, (b. 1987) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (2009). Senior Lecturer at the Department of Aircraft Production Technology of the Ufa University of Science and Technology. The list of scientific papers includes about 10 works in the field of designing information analytical systems. AuthorID (RSCI) 1185834; ORCID 0009-0009-1996-0494 lilabay@mail.ru. ✉

Received October 31, 2023. Revised January 17, 2024. Accepted February 2, 2024.
