

УДК 004.738.52

МЕТОДЫ ПОИСКА РЕШЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СВЯЗАННЫХ ДАННЫХ

В. В. Завгородний, С. С. Щербак

Днепродзержинский государственный технический университет
ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51900, Украина. E-mail: valera_ddtu@i.ua;
sergey.shcherbak@gmail.com

Рассмотрены вопросы повышения эффективности процессов поддержки принятия решений в задачах оперативного управления производственным предприятием. Проведен анализ архитектур построения распределенных информационных систем предприятий, и предложено использование информационных пространств для организации эффективного хранения распределенных данных предприятия с высоким уровнем связности компонентов. Разработаны методы поиска решений в информационных пространствах предприятий в условиях неполной информации на основе частично-определенных схем, которые позволяют добавлять новые метрики сходства объектов в виде присоединенных процедур без изменения общего алгоритма поиска. Предложены подходы к адаптации информационных систем к появлению новых проблемных ситуаций на основе экспертных знаний в виде допустимых диапазонов изменения характеристик объектов и формирования новых правил для обработки нововведений.

Ключевые слова: информационные пространства, связанные данные, semantic web, производственные предприятия, принятие решений.

МЕТОДИ ПОШУКУ РІШЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОСТОРАХ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ ЗВ'ЯЗАНИХ ДАНИХ

В. В. Завгородній, С. С. Щербак

Дніпродзержинський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, 51900, Україна. E-mail: valera_ddtu@i.ua;
sergey.shcherbak@gmail.com

Розглянуто питання підвищення ефективності процесів підтримки прийняття рішень в задачах оперативного управління виробничим підприємством. Проведено аналіз архітектур побудови розподілених інформаційних систем підприємств, і запропоновано використання інформаційних просторів для організації ефективного зберігання розподілених даних підприємства з високим рівнем зв'язності компонентів. Розроблено методи пошуку рішень в інформаційних просторах підприємств на основі частково-визначених схем в умовах неповної інформації, які дозволяють додавати нові метрики подібності об'єктів у вигляді приєднаних процедур без зміни загального алгоритму пошуку. Запропоновано підходи до адаптації інформаційних систем до появи нових проблемних ситуацій на основі експертних знань у вигляді допустимих діапазонів зміни характеристик об'єктів і формування нових правил для обробки нововведень.

Ключові слова: інформаційні простори, зв'язані дані, semantic web, виробничі підприємства, прийняття рішень.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Ускорение темпов технологического развития производственных предприятий в условиях постоянно меняющейся рыночной ситуации требует от лиц, принимающих решения, оперативности в обработке данных, поступающих с различных, распределенных и зачастую слабосвязанных бизнес-подразделений и бизнес-партнеров. Функциональные возможности современных информационных систем предприятий позволяют осуществить автоматизацию цепочек поставок товаров, решить большое количество учетных задач. В тоже время, среди нерешенных проблем, существует потребность в обеспечении такими интеграционными компонентами, как информационные пространства, которые могли бы быть использованы для объединения различных информационных систем производственных предприятий не только в целях создания единой коммуникационной среды, но и в целях реализации эффективного внутрисистемного и межсистемного взаимодействия [1].

Информационные пространства могут стать ядром всепроникающей структуры, позволяющей охватить различные зачастую несовместимые аспекты

деятельности производственного предприятия. Отличительной особенностью производственных предприятий является наличие технологических процессов, составляющих основу производства этих предприятий. Информация о состоянии продукции на всех этапах производства с разной степенью детализации может быть затребовано в любой момент лицом, принимающим решения или системой автоматического контроля за ходом производства. На сегодня бизнес-подразделения предприятия и производство в большинстве случаев имеют территориально распределенную структуру, что вместе с необходимостью обеспечения возможности хранения разноаспектной информации предприятия представляет собой актуальную проблему при реализации эффективных средств поиска распределенных данных в задачах поддержки принятия решений.

Состояние проблемы и постановка задачи. На сегодняшний день активное развитие получила слабосвязная архитектура SOA (англ. *Service-oriented architecture*), которая позволяет решить вопросы взаимодействия территориально-распределенных подразделений предприятий, но ее применение тре-

бует перевода и реорганизации информационных потоков, в соответствии с новыми правилами межкомпонентной коммуникации, что в действующих производственных предприятиях в большинстве случаев проблематично. Это обусловлено, прежде всего, тем, что существующая инфраструктура предприятий построена или строится на основе стихийной архитектуры [1], т.е. состоит из множества разрозненных, уже функционирующих систем, выполняющих отдельно взятые задачи, причем эти системы могут иметь различных производителей, что усложняет выполнение поиска распределенных данных, т.к. словари данных источников, соответствующих системам, не согласованы. Поэтому представляется целесообразным построение эффективных решений на основе промежуточного программного обеспечения, подобного Openlink Virtuoso Server, для поиска необходимых для принятия решений распределенных данных.

Цель работы – создание эффективных методов поиска решений в информационных пространствах производственных предприятий на основе связанных данных.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Концепция связанных данных (англ. *Linked Data*) – это набор правил для публикации данных в сети Интернет, в рамках которых разнообразные объекты реального мира именованы в соответствии с URI (англ. *Uniform Resource Identifier*) и формально представляются в виде четверок (квадов) следующего вида:

$$t = \langle g, s, p, o \rangle, \quad (1)$$

где t – квад, g – поименованный граф, s – субъект, p – предикат, o – объект, причем каждый компонент связанных данных с учетом распределенности их хранения должен быть представлен в виде URL (англ. *Uniform Resource Locator*) подмножества URI.

В качестве основы для построения методов поиска решений воспользуемся математической моделью информационного пространства на основе связанных данных, разработанной авторами статьи в [2]:

$$G_{t_i}^S = \langle C, R, P, W \rangle, i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где $G_{t_i}^S$ – структурно-логическая схема связанных данных t_i хранилища связанных данных информационного пространства T , C – множество классов, причем $C \subset G_{t_i}^S$, R – множество отношений между классами, при чем $R \subset G_{t_i}^S$, P – множество свойств классов, при чем $P \subset G_{t_i}^S$, W – множество присоединенных процедур, реализующих операционную составляющую информационной системы, n – количество хранилищ связанных данных в информационном пространстве.

Рассмотрим вопросы принятия решений на основе информационных пространств производственных предприятий.

Одним из наиболее эффективных методов приня-

тия решение на сегодняшний день является метод принятия решение на основе прецедентов – формализованное описание проблемных ситуаций с набором действий, применяемых в этих ситуациях [3]. В соответствии с данным методом при рассмотрении новой проблемной ситуации в базе прецедентов отыскивается наиболее релевантный прецедент, определяется класс, соответствующий прецеденту, и применяется соответствующее классу или состоянию прецедента решение или в случае отсутствия такового или несовместимости предлагаемого решения его адаптация [4]. Рассмотрим, предлагаемую авторами, математическую реализацию метода принятия решений на основе прецедентов в информационном пространстве производственного предприятия, построенного в соответствии с концепцией связанных данных с процедурами адаптации существующих решений к новым проблемным ситуациям.

Метод поиска решений в информационных пространствах. Информационное пространство производственного предприятия обеспечивает хранение экземпляров классов, соответствующих прецедентам – типовым проблемным ситуациям с набором действий, применяемых для их решения [5], поэтому целью поиска решений в информационном пространстве на основе связанных данных будет нахождение наиболее релевантного запросу прецедента.

Определение 1. Запрос представляет собой набор характеристик и их состояний, описывающий в терминах концепции связанных данных, проблемную ситуацию, распознавание которой необходимо произвести.

Определение 2. Наиболее релевантный запросу экземпляр класса – это экземпляр класса, у которого число совпадающих свойств класса с характеристиками запроса наибольшее.

Замечание 1. В связи с необходимостью учитывать не только составляющие структурно-логической схемы класса, но и состояния экземпляров понятие наиболее релевантного запросу экземпляра класса, соответствующее определению 2, расширим понятием «метрика сходства». Таким образом, наиболее релевантным запросу экземпляром класса будет являться экземпляр класса, мера сходства которого согласно выбранной метрике является наибольшей.

Для распознавания проблемной ситуации будем использовать соответствующую рис. 1 последовательность действий, а именно, поиск прецедента на основе источников связанных данных информационного пространства в соответствии с правилами, представленных в виде присоединенных процедур, каждая из которых может использоваться экземпляром класса в соответствии с его структурно-логической схемой $G_{t_i}^S$.

Основные этапы поиска решения в информационном пространстве производственного предприятия:

1. Сбор данных о проблемной ситуации.
2. Формирование запроса к информационному пространству на основе данных о проблемной ситуации в виде экземпляра класса.

3. Поиск класса прецедента, соответствующего структуре проблемной ситуации.

4. Анализ экземпляров найденного класса с целью выявления правил в виде присоединенных процедур, реализующих решение для данной проблемной ситуации

5. Синтез уточняющего или нового правила.

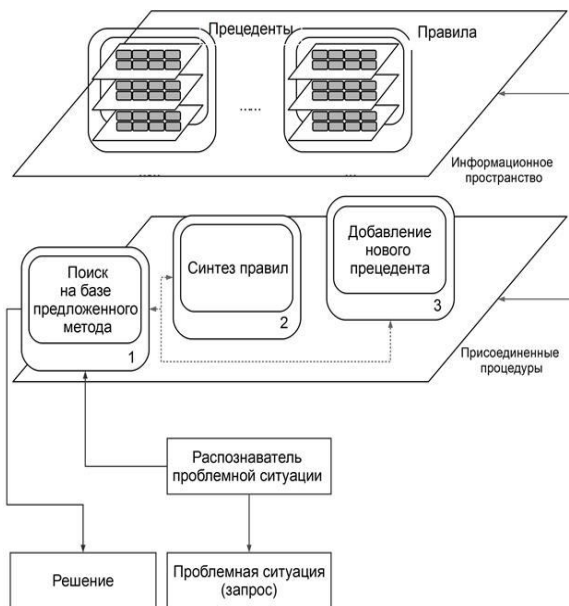


Рисунок 1 – Набор присоединенных процедур, реализующих поиск решений

Математическое обеспечение метода поиска решений в информационных пространствах. Пусть W – множество присоединенных процедур, реализующих операционную составляющую информационной системы, тогда $W^d \subset W$ – подмножество присоединенных процедур, реализующих решение проблемной ситуации, соответствующей прецеденту, представленному в виде экземпляра класса $C \subset G_{t_i}^S$, где $G_{t_i}^S$ – структурно-логическая схема связанных данных.

Определим подмножество W^d как подмножество W , состоящее из присоединенных процедур w_i^d , реализующих решения проблемных ситуаций, следующим образом:

$$W^d = \{w_i^d(q)\}, i = \overline{(1, k)}, \quad (3)$$

где k – общее количество присоединенных процедур; q – запрос к системе.

Реализацию i -го решения проблемной ситуации определим так:

$$w_i^d(q) = [w_j^d(q), \dots, w_m^d(q)], j = \overline{(1, m)}, \quad (4)$$

где $w_j^d(q), \dots, w_k^d(q)$ – это последовательно применяемые процедуры к экземпляру класса, соответ-

ствующему запросу q для устранения проблемной ситуации или для формирования соответствующей запросу реакции системы.

Определим множество метрик сходства [6], доступных для использования в информационном пространстве как набор присоединенных процедур, реализующих выбранную метрику:

$$W^{\text{metric}} = \{w_i^{\text{metric}}(q, s_j^b)\}, i = \overline{(1, n)}, \quad (5)$$

где W^{metric} – присоединенные процедуры, реализующие метрики сходства, причем $W^{\text{metric}} \subset W$, $w_i^{\text{metric}}(q, s_j^b)$ – i -я присоединенная процедура, реализующая метрику сходства; q – запрос к информационному пространству, s_j^b – подкласс текущего класса $s_j^b \in S^b$, n – количество метрик сходства, поддерживаемых информационным пространством.

Математическую реализацию параметрической процедуры поиска решений в информационном пространстве определим следующим образом:

$$W^r(q, S^b) = \begin{cases} \forall w_i^{\text{metric}}(q, s_j^b) \rightarrow \max_{j \geq 1} \\ S^b = S^b \cup \{q\} \mid j < 1 \end{cases}, \quad (6)$$

где q – запрос к информационному пространству, S^b – множество подклассов текущего класса, w_i^{metric} – процедура, реализующая i -метрику сходства между классом, построенным на основе q и $s_j^b \in S^b$; j – порядковый номер подкласса, при чем $j = \overline{(0, n)}$.

Таким образом, решение w_i^d экземпляра класса, определенного выражением (6) и есть искомое решение.

С учетом вышесказанного, математическое обеспечение метода поиска решений в информационном пространстве производственного предприятия может быть определено с помощью формул (3)–(6).

Структурно-логические схемы связанных данных не обязательны для определения в рамках хранилища информационного пространства, что при определенных обстоятельствах может привести к неполноте определения информации о классах, описывающих логическую структуру связанных данных. В таком случае необходимо модифицировать математическое обеспечение метода поиска, а именно нужно добавить во множество присоединенных процедур W процедуру анализа топологии графа связанных данных w_i^a , позволяющую строить физическую схему квадов в виде структур, модификации формулы (1), следующего вида:

$$t = \langle g, s, p, \langle T, L, V \rangle \rangle, \quad (7)$$

где g – поименованный граф, s – субъект, пред-

кат р которого имеет тип данных T, язык представления и значения свойства V.

Таким образом, анализ топологии графа, выраженного в форме множества квадов, определяемых формулой (7), дает возможность получить информацию, необходимую для построения структурно-логических схем связанных данных, выраженных с помощью формулы (2) и реализации метода поиска решений в условиях неполноты.

ВЫВОДЫ. Разработан метод поиска решений в условиях неполной информации на основе связанных данных, основанный на сравнении структуры и атрибутов классов данных и правил в информационном пространстве предприятия. Метод позволяет реализовать новый подход к анализу данных в информационном пространстве и ускорить процесс принятия решений.

В развитие указанного выше метода разработан метод поиска решений на основе частично-определенных схем в условиях неполной информации, который в отличие от существующих методов использует иерархическую организацию связанных данных и усовершенствованную схему добавления новых мер (метрик) сходства объектов в виде присоединенных процедур без изменения общего алгоритма поиска.

Предложенные методы позволяют реализовать подходы к адаптации информационных систем к появлению новых проблемных ситуаций на основе экспертных знаний в виде допустимых диапазонов изменения характеристик объектов и к формирова-

нию новых правил для обработки нововведений без нарушения целостности описания различных аспектов производственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаппелл Д. ESB – Сервисная шина предприятия / Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 368 с.
2. Завгородний В.В., Щербак С.С. Единое информационное пространство производственных предприятий на основе связанных данных // Системы обработки информации. – Харьков: ХУВС, 2013. – № 2 (109). – С. 159–163.
3. Филатов В.А., Артюх Р. В. Модель представления вариантов технологических процессов в базе прецедентов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматки. – Харьков: ХНУРЕ, 2013. – № 159. – С. 40–46.
4. Лис К.П. Онтологическая интеграция данных моделирования для управления сервисно-ориентированной ИТ-инфраструктурой // Материалы 6-й международной конференции СпбГУЭФ. – СПб: Изд-во СпбГУЭФ, 2010. – С. 62–67.
5. Арсеньев Б.П., Яковлев С.А. Интеграция распределенных баз данных. – СПб.: Издательство «Лань», 2001. – 464 с.
6. Клещев А.С., Шалфеева Е.А. Определение структурных свойств онтологии // Известия РАН. Теория и системы управления. – М.: МАИК Наука/Интерперидика. – 2008. – № 2. – С. 65–74.

PROBLEM-SOLVING METHODS BASED ON LINKED DATA IN THE INFORMATION SPACES OF MANUFACTURING ENTERPRISES

V. Zavgorodny, S. Shcherbak

Dneprodzerzhinsk State Technical University,

vul. Dneprostroyevskaya, 2, Dneprodzerzhinsk, 51900, Ukraine. E-mail: valera_ddtu@i.ua
sergey.shcherbak@gmail.com

The authors consider problems concerning the efficiency improvement for decision making support of manufacturing enterprise operational control. Analysis of architectures designed of an enterprise distributed information system has been performed. The information spaces of manufacturing enterprises have been proposed to be used for effective storing of distributed enterprise data with high level of linkage in its components. The authors have been developed the problem-solving methods using partially defined schemas for the enterprise information spaces with incomplete information. These methods provide an opportunity to add new object similarity metrics in a form of connected procedures without any changes in the overall searching algorithm. Approaches to information system adaptation for new problematic situations appearing have been proposed. Such adaptation performance is based on the expert knowledge presented as acceptable intervals of the object characteristics' variations and development of new processing rules to handle these innovations.

Keywords: information spaces, linked data, semantic web, production companies, decision-making.

REFERENCES

1. Shappell, D. (2008), *ESB – Enterprise Service Bus*, trans. from English, BHV-Petersburg, St. Petersburg, Russia.
2. Zavgorodny, V., Shcherbak, S. (2013), "Problem solving methods based on linked data in information spaces of manufacturing enterprises", *Information processing systems*, KUAIF, Kharkiv, no. 2 (109), pp.159–163.
3. Filatov, V., Artyukh, R. (2013), "Model of presentation of variants technological processes in base of precedents", *ICS and automation*, KhNURE, Kharkiv, no.159, pp. 40–45.
4. Lys, K. (2010), "Ontological integration of data modeling for management of service-oriented IT infrastructure", *Proceedings of the 6th international conference*, Izd. StPSUEF, St. Petersburg., pp. 62–67.
5. Arseniev, B., Yakovlev, S. (2001), *Integratsiya raspredelennykh baz dannykh* [Integration of distributed databases], Lan, St. Peterburg, Russia.
6. Kleshchev, A., Shalfееva, E. (2008), "Determination of the structural properties of the ontology", *Automatic Control and Computer Sciences*, MAIK Nauka / Interperiodica, Moscow, no. 2, pp. 65–74.

Стаття надійшла 21.03.2013.