

Александр Александрович КРОПОТИН¹

Юлия Владимировна БИДУЛЯ²

Александр Григорьевич ИВАШКО³

Михаил Юрьевич САМОЙЛОВ⁴

УДК 004.6

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОВЕРКИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ НЕСОГЛАСОВАННОСТИ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ И ОФИЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

¹ кандидат физико-математических наук,
старший преподаватель кафедры программной и системной инженерии,
Тюменский государственный университет
a.a.kropotin@utmn.ru

² кандидат филологических наук,
доцент кафедры информационных систем,
Тюменский государственный университет
y.v.bidulya@utmn.ru

³ доктор технических наук,
директор института математики и компьютерных наук,
заведующий кафедрой программной и системной инженерии,
Тюменский государственный университет
a.g.ivashko@utmn.ru

⁴ ассистент кафедры программной и системной инженерии,
Тюменский государственный университет
m.y.samojlov@utmn.ru

Цитирование: Кропотин А. А. Онтологический метод проверки семантической несогласованности реляционных баз данных и официальных документов / А. А. Кропотин, Ю. В. Бидуля, А. Г. Ивашко, М. Ю. Самойлов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2018. Том 4. № 3. С. 120–131.
DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-120-131

Аннотация

Целью этой работы является разработка метода формализма логики описания для автоматизации процесса определения семантических конфликтов между документами организации и структурой реляционной базы данных. В данной статье предложен онтологический метод верификации реляционного представления бизнес-процесса для решения задачи проверки соответствия информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления в рамках отдельно взятой организации. Онтологическая модель концептуальных объектов предоставляет правила описания концептуальных схем сущность — связь реляционных баз данных в виде аксиом и утверждений дескрипционной логики SROIQ(D). Этот метод позволяет выявить несоответствия, вызванные различием типов данных, допустимыми значениями и недопустимыми значениями одного и того же атрибута в онтологических представлениях данных соответствующей базы данных предметной области. Для выявления несоответствий информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления предлагается применять реализацию табличного алгоритма, которая позволила бы выявить несоответствия терминологических аксиом и утверждений общей онтологии друг относительно друга.

Ключевые слова

Онтология, дескрипционная логика, база данных, сущность, аксиома, концепт, атрибут, табличный алгоритм.

DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-120-131

Введение

Во многих организациях для своей деятельности используются реляционные базы данных. Так же используются официальные документы, которые позволяют осуществлять деятельность организации. В таких документах фигурирует явно и неявно информация об объектах предметной области. Объекты предметной области, в свою очередь, некоторым образом связаны между собой. Такие связи называются отношениями предметной области. В современных реалиях наблюдается рост сложности бизнес-процессов. Данный рост сложности, связанный в том числе с интеграцией разных источников данных, может привести к нежелательным последствиям, таким как дублирование данных, противоречие в данных, утрата данных.

В данной статье была поставлена задача найти семантические конфликты между содержанием табличных данных отчетности в бизнес-процессе организации и структурой базы данных, на основе которой работает информационная система организации. Чтобы решить эту проблему в рамках организации, мы предлагаем онтологический метод проверки согласованности данных сущностей и отношений предметной области и их реляционного представления. Предлагаемый метод основан на формализме логики описания SROIQ(D) [6].

Метод

Онтологический метод верификации реляционного представления бизнес-процесса предлагается для решения задачи проверки соответствия информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления в рамках отдельно взятой организации. Данный метод основан на применении формализма дескрипционных логик SROIQ(D) и предусматривает выполнение следующих шагов:

1. Онтологическое представление реляционных баз данных организации исходя из их концептуального представления.
2. Онтологическое представление информации о сущностях и связях предметной области исходя из служебных документов организации.
3. Объединение онтологического представления информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления.
4. Применение логического вывода для выявления несоответствий информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления.

Онтологическое представление реляционных баз данных организации исходя из их концептуального представления

Онтологическое представление реляционных баз данных организации исходя из их концептуального представления основано на применении онтологической модели концептуальных объектов [8]. Онтологическая модель концептуальных объектов предоставляет правила описания концептуальных схем сущность — связь реляционных баз данных [7] в виде аксиом и утверждений дескрипционной логики SROIQ(D). Применение таких правил [7, 8] позволяет получать онтологию каждой концептуальной схемы реляционных баз данных, где концепты и роли дескрипционной логики описывают не только сами сущности, их атрибуты и связи, но также их семантику.

Онтологическое представление информации о сущностях и связях предметной области исходя из служебных документов организации

Онтологическое представление информации о сущностях и связях предметной области исходя из служебных документов организации основано на онтологической модели, или онтологическом представлении, таблично структурированных данных. Онтологическая модель таблично структурированных данных предоставляет правила описания структурированных данных служебных документов организации в виде аксиом и утверждений дескрипционной логики SROIQ(D). Модель все еще находится в разработке и на данный момент представлена версией 2.0 под кодовым наименованием *Ontology Representation of Table Structured Data*, сокращенно — TOR.

Предположим, что вся необходимая организации информация о сущностях предметной области представлена конечным множеством O , которое описывается служебными документами организации.

Уточнение: предлагается считать, что служебные документы описывают информацию о сущностях предметной области в виде именованной двумерной таблицы, наименованиями столбцов которой служат имена атрибутов.

Тогда вся информация о сущностях предметной области может быть представлена множеством служебных таблиц (1), каждая из которых представляет собой пару ее заголовка и тела (2).

$$O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}, \quad (1)$$

$$O_n = \{H_n, B_n\}, \quad (2)$$

где O является универсальным множеством рассматриваемой предметной области; O_n является таблицей служебных документов организации; $n \in \overline{1, N}$, N — количество служебных таблиц O_n ; H_n является заголовком служебной таблицы O_n ; B_n является телом служебной таблицы O_n .

Правило 1: каждую служебную таблицу (1) предлагается представлять терминологической аксиомой вложенности концептов (3), которая задает новый атомарный концепт.

$$\{A_n \sqsubseteq T\} \subseteq \mathcal{T}, \quad (3)$$

где A_n является атомарным концептом, который ставится в соответствие служебной таблице (1); $n \in \overline{1, N}$, N — количество служебных таблиц (1); T является универсальным концептом.

Заголовок таблицы (2) представляет непустое и конечное множество атрибутов (4), каждому из которых соответствует некоторое множество допустимых значений — домен атрибута (5)-(6).

$$H_n = \{F_{1^n}, F_{2^n}, \dots, F_{I^n}\}, \quad (4)$$

$$\forall F_{i^n}: B_n \rightarrow V_j, \quad (5)$$

$$\forall V_j = \{v_1^j, v_2^j, \dots, v_k^j\}_{k=\overline{1, K}}, \quad (6)$$

где H_n является заголовком служебной таблицы (1)-(2); $F_{1^n}, F_{2^n}, \dots, F_{I^n}$ являются атрибутами, входящими в состав заголовка служебной таблицы (1)-(2); B_n является телом служебной таблицы (1)-(2); V_j является доменом атрибута F_{1^n} ; $v_1^j, v_2^j, \dots, v_k^j$ являются значениями домена V_j ; $i^n \in \overline{1, I^n}$, i^n — количество атрибутов заголовка служебной таблицы (1)-(2); $j \in \overline{1, J}$, J — количество доменов; $n \in \overline{1, N}$, N — количество служебных таблиц (1)-(2).

Правило 2: все многообразие допустимых значений предлагается представлять конкретными областями трех видов (7).

$$\begin{aligned} \{D_c &= D_{1^c} \sqcup D_{2^c} \sqcup \dots \sqcup D_{J^c}, \\ D_s &= D_{1^s} \sqcup D_{2^s} \sqcup \dots \sqcup D_{J^s}, \quad \subseteq \mathcal{T}, \\ D_t &= D_{1^t} \sqcup D_{2^t} \sqcup \dots \sqcup D_{J^t} \} \end{aligned} \quad (7)$$

где D_c, D_s, D_t являются конкретными областями, состоящими из значений численных, строковых и временных типов данных соответственно.

Такие конкретные области (7) будут общими для представления конкретных значений всех документов в рамках одной или нескольких онтологий.

Правило 3: для каждой конкретной области (7) необходимо дополнительно определить конкретные роли (8).

$$\begin{aligned} & \{T_c, T_s, T_t \subseteq U, \\ & \top \subseteq \leq 1T_c \cap \leq 1T_s \cap \leq 1T_t, \quad \subseteq \mathcal{T}, \\ & \top \subseteq \forall T_c \cdot D_c \cap \forall T_s \cdot D_s \cap \forall T_t \cdot D_t\} \end{aligned} \quad (8)$$

где T_c, T_s, T_t являются конкретными ролями; D_c, D_s, D_t являются конкретными областями (7); U является универсальной ролью; \top является универсальным концептом.

Правило 4: каждый атрибут (5) предлагается представлять терминологическими аксиомами вложенности ролей и концептов (9)-(12), которые задают новые концепты и абстрактные роли, а также области значений и определения абстрактных и конкретных ролей.

$$\begin{aligned} & \{R_i \subseteq U, \\ & R_i \subseteq R_i^-, \forall F_i^n: 1: n, \\ & R_i, R_j \subseteq U, R_i \subseteq \neg R_i^-, \quad \subseteq \mathcal{T}, \\ & R_j \subseteq \neg R_j^-, R_i \equiv R_j^-, \forall F_i^n: 1: 1\} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\{\top \subseteq \leq 1R_i \cap \forall R_i \cdot A_m \cap \forall R_j^i \cdot A_n^m\} \subseteq \mathcal{T} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \{A_m^c \subseteq \top \cap \exists T_c \cdot D_c, \\ & A_m^s \subseteq \top \cap \exists T_s \cdot D_s, \quad \subseteq \mathcal{T}, \\ & A_m^t \subseteq \top \cap \exists T_t \cdot D_t\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\{A_m \subseteq \neg A_{m+1} \sqcup \neg A_{m+2} \sqcup \dots \sqcup \neg A_M\} \subseteq \mathcal{T}, \quad (12)$$

где R_i является абстрактной ролью, которая ставится в соответствие отображению атрибута таблицы (5); $i \in \overline{1, J}$, I — количество всех атрибутов; U является универсальной ролью; \top является универсальным концептом; A_n^c, A_n^s, A_n^t являются атомарными концептами, которые ставятся в соответствие значениями кортежей соответствующего атрибута таблицы (1); $n \in \overline{1, N}$, $m \in \overline{1, M}$, $M = N$, M, N — количество атрибутов таблиц (1); T_c, T_s, T_t являются конкретными ролями (8); D_c, D_s, D_t являются конкретными областями (7); A_m^c, A_m^s, A_m^t являются атомарными концептами, которые ставятся в соответствие атрибутам служебных таблиц (1).

Правило 5: каждый заголовок таблицы (4) предлагается представлять терминологической аксиомой вложенности концептов (13).

$$\{A_1^n \sqcup A_2^n \sqcup \dots \sqcup A_m^n \subseteq A_n\} \subseteq \mathcal{T}, \quad (13)$$

$A_1^n, A_2^n, \dots, A_m^n$ являются атомарными концептами (9), которые ставятся в соответствие значениям кортежей соответствующего атрибута таблицы (1); $n \in \overline{1, N}$, N — количество служебных таблиц (1); A_n является атомарным концептом, который ставится в соответствие (1).

Тело таблицы (2) может быть пустым и представляет собой множество отображений из домена $V_n = V_{1^n} \cup V_{2^n} \cup \dots \cup V_{j^n}$ в ее заголовок H_n (14)-(15).

$$B_n = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}_{k=\overline{1, K}}, \quad (14)$$

$$(\forall k \in \overline{1, K})(\exists i^n \in \overline{1, I^n}): (b_k(F_{i^n}) \in V^{j^n}). \quad (15)$$

Правило 6: каждое тело таблицы (14)-(15) предлагается представлять множеством утверждений об индивидах (16)-(18), где каждый индивид представляет собой строку таблицы.

$$\{a_{1^n} \neq a_{2^n}, \dots, a_{p^n} \neq a_{q^n}\} \subseteq \mathcal{A}, \quad (16)$$

$$\{(a_p^n, a_q^m): R_i\} \subseteq \mathcal{A}, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} & \{(a_p^m, a_q^c): T_c, \\ & (a_p^m, a_q^s): T_s, \quad \subseteq \mathcal{A}, \\ & (a_p^m, a_q^g): T_t \} \end{aligned} \quad (18)$$

где $a_{1^n}, a_{2^n}, \dots, a_{p^n}, a_{q^n}$ являются индивидами атомарного концепта (11)-(12); R_i является абстрактной ролью, которая ставится в соответствие атрибуту (5); $i \in \overline{1, J}$, I — количество всех атрибутов; T_c, T_s, T_t являются конкретными ролями (8); D_c, D_s, D_t являются конкретными областями (7).

Правило 7: в таком случае множество служебных документов предлагается представлять в виде онтологии (19), содержащей рассмотренные терминологические аксиомы и утверждения об индивидах.

$$\mathcal{K} = \{\mathcal{A}, \mathcal{T}\}. \quad (19)$$

Объединение онтологического представления информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления

Объединение онтологического представления информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления позволяет применить аппарат логического вывода дескрипционных логик для идентификации их несоответствия. Такое объединение позволяет не только слить (merging) терминологические аксиомы и утверждения двух различных онтологий, но и явно указать эквивалентные понятия, отношения и их экземпляры. Объединение онтологического представления информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления подразумевает выполнение следующих шагов:

1. Слить в одну общую онтологию все существующие терминологические аксиомы и утверждения об индивидах онтологий, соответствующих служебным документам и базе данных организации.
2. Добавить в общую онтологию терминологические аксиомы эквивалентности концептов и ролей, а также утверждения идентичности индивидов.
 - 2.1. Для каждой пары эквивалентных множеств сущностей предметной области из служебных документов и реляционного представления предлагается явно определить эквивалентность соответствующих им концептов.

- 2.2. Для каждой пары эквивалентных отношений сущностей предметной области из служебных документов и реляционного представления предлагается явно определить эквивалентность соответствующих им ролей.
- 2.3. Для каждой пары эквивалентных сущностей предметной области из служебных документов и реляционного представления предлагается явно определить идентичность соответствующих им индивидов.

Объединение онтологического представления информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления позволяет применить аппарат логического вывода дескрипционных логик для идентификации их несоответствия.

Применение логического вывода

Для выявления несоответствий информации о сущностях и связях предметной области и их реляционного представления предлагается применять реализацию табличного алгоритма, которая позволила бы выявить несоответствия терминологических аксиом и/или утверждений общей онтологии друг относительно друга. Предлагается применять табличный алгоритм к общей онтологии для решения следующих алгоритмических проблем:

1. Проверка согласованности терминологии — терминология считается согласованной, когда существует хотя бы одна интерпретация онтологии, в которой все аксиомы непротиворечивы.
2. Проверка согласованности онтологии — онтология считается согласованной, когда общая онтология и заданная ее интерпретация не содержат противоречивых терминологических аксиом и/или утверждений об индивидах.

Такое применение табличного алгоритма к онтологии, представленной по правилам TOR 2.0. позволит выявить несоответствия терминологических аксиом и/или утверждений общей онтологии, которые моделируют не только несоответствия типов данных столбцов служебных документов и множеств сущностей базы данных, но и различия в мощности отображения атрибутов или их уникальности служебных таблиц и сущностей базы данных. Последние несоответствия схем баз данных и служебных таблиц носят семантический характер и могут послужить причинами возникновения проблем интеграции информационных систем предприятия [11].

Заключение

В данной работе была представлена математическая модель, основанная на формализме дескрипционных логик, которая позволяет в определенной предметной области решить такие проблемы, как дублирование данных, противоречие в данных, утрата данных. Рассмотренный метод позволит найти семантические конфликты между содержанием табличных данных отчетности в бизнес-процессе организации и структурой базы данных, на основе которой работает информационная система организации.

В дальнейшем планируется провести апробацию предложенной модели на опытных данных с целью оценки применимости модели для выявления следующих семантических несоответствий служебных документов и схем данных:

- 3) несоответствие типов разрешенных и допустимых значений, когда множества значений атрибутов таблицы и соответствующего множества сущностей не пересекаются;
- 4) несоответствие поведения, когда отображение атрибута служебной таблицы и соответствующего множества сущностей отличаются и противоречат друг другу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alalwan N. Generating OWL Ontology for Database Integration / N. Alalwan, H. Zedan, F. Siewe // *Proceedings of the 2009 3rd International Conference on Advances in Semantic Processing (11-16 October 2009, Malta, Sliema)*. Pp. 22-31. DOI: 10.1109/SEMAPRO.2009.21
2. Astrova I. Storing OWL Ontologies in SQL Relational Databases / I. Astrova, N. Korda, A. Kalja // *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*. 2007. Vol. 1. No 5. Pp. 1261-1266.
3. Chatterjee N. RENT: Regular Expression and NLP-Based Term Extraction Scheme for Agricultural Domain / N. Chatterjee, N. Kaushik // *Proceedings of the International Conference on Data Engineering and Communication Technology*. Springer Science; Business Media Singapore, 2017. Pp. 511-522.
4. Chujai P. On Transforming the ER Model to Ontology Using Protege OWL Tool / P. Chujai, N. Kerdprasop, K. Kerdprasop // *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2014. Vol. 6. No 6. Pp. 887-891.
5. Fahad M. ER2OWL: Generating OWL Ontology from ER Diagram / M. Fahad // *Intelligent Information Processing IV — 5th IFIP International Conference on Intelligent Information Processing (19-22 October 2008, China, Beijing)*. Pp. 28-37.
6. Horrocks I. The Even More Irresistible SROIQ / I. Horrocks, O. Kutz, U. Sattler; edit. by P. Doherty, J. Mylopoulos, Chr. Welty // *Proceedings, Tenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (2-5 June 2006, United Kingdom, the Lake District)*. Menlo Park: AAAI Press, 2006. Pp. 57-67.
7. Kropotin A. A. Database Schema Method for Automatic Semantic Errors Resolving During Information Systems / A. A. Kropotin, A. V. Grigoryev, A. G. Ivashko // *Integration, Informal Proceedings of the 2016 10th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT2016 (12-14 October 2016, Azerbaijan, Baku)*.
8. Kropotin A. A. Realization of the Ontologically Based Method for Checking Structural Inconsistencies of Relational Databases / A. A. Kropotin, A. V. Grigoryev, Y. V. Bidulya, A. G. Ivashko, N. S. Durynin // *Proceedings of the 27th International DAAAM Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation (26-29 October 2016, Bosnia and Herzegovina, Mostar)*. Vienna: DAAAM International, 2016. Pp. 762-767. DOI: 10.2507/27th.daaam.proceedings.110

9. Louhdi M. R. C. Transformation Rules For Building Owl Ontologies From Relational Databases / M. R. C. Louhdi, H. Behja, S. O. El Alaoui // Second International Conference on Advanced Information Technologies and Applications. 2013. Pp. 271-283.
10. Magnini B. From Text to Knowledge for the Semantic Web: the ONTOTEXT project / B. Magnini, M. Negri, E. Pianta, L. Romano, M. Speranza, L. Serafini, C. Girardi, V. Bartalesi, R. Sprugnoli // Proceedings of the 2nd Italian Semantic Web Workshop (14-16 December 2005, Italy, Trento).
11. Motik B. Hypertableau Reasoning for Description Logics / B. Motik, R. Shearer, I. Horrocks // Journal of Artificial Intelligence Research. 2009. Vol. 36. Pp. 165-228.
12. Telnarova Z. Relational Database as a Source of Ontology Creation / Z. Telnarova // Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology. 2010. Pp. 135-139.

Alexander A. KROPOTIN¹

Yuliya V. BIDULYA²

Alexander G. IVASHKO³

Mikhail Yu. SAMOYLOV⁴

UDC 004.6

**THE ONTOLOGY BASED METHOD FOR CHECKING
SEMANTIC INCONSISTENCY OF RELATIONAL DATABASES
AND OFFICIAL DOCUMENTS**

¹ Cand. Sci. (Phys.-Math.), Senior Lecturer,
Department of Software and Systems Engineering,
University of Tyumen
a.a.kropotin@utmn.ru

² Cand. Sci. (Philol.), Associate Professor,
Department of Information Systems,
University of Tyumen
y.v.bidulya@utmn.ru

³ Dr. Sci. (Tech.), Director of the Institute of Mathematics and Computer Science,
Head of the Department of Program and System Engineering,
University of Tyumen
a.g.ivashko@utmn.ru

⁴ Assistant, Department of Software and Systems Engineering,
University of Tyumen
m.y.samojlov@utmn.ru

Abstract

This work aims to develop a formalism method of description logic to automate the process of determining the semantic conflicts between organization documents and the structure of

Citation: Kropotin A. A., Bidulya Yu. V., Ivashko A. G., Samoylov M. Yu. 2018. "The Ontology Based Method for Checking Semantic Inconsistency of Relational Databases and Official Documents". Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy, vol. 4, no 3, pp. 120-131.

DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-120-131

a relational database. This article proposes an ontological method for verifying the relational representation of a business process to solve the problem of verifying the consistency of information about entities and the relations of the domain and their relational representation within the framework of an individual organization. The ontological model of conceptual objects provides rules for describing the conceptual schemas of the entity — the relationship of relational databases in the form of axioms and statements of the descriptive logic SROIQ(D). This method allows to identify inconsistencies caused by the difference in data types, valid values, and unacceptable values of the same attribute in ontological representations of data in the domain database. To identify inconsistencies in information about entities and domain relations and their relational representation, it is proposed to apply the implementation of a tabular algorithm that would reveal inconsistencies between terminological axioms and statements of general ontology relative to each other.

Keywords

Ontology, description logic, database, entity, axiom, concept, attribute, tabular algorithm.

DOI: 10.21684/2411-7978-2018-4-3-120-131

REFERENCES

1. Alalwan N., Zedan H., Siewe F. 2009. “Generating OWL Ontology for Database Integration”. Proceedings of the 2009 3rd International Conference on Advances in Semantic Processing (11-16 October, Sliema, Malta), pp. 22-31. DOI 10.1109/SEMAPRO.2009.21
2. Astrova I., Korda N., Kalja A. 2007. “Storing OWL Ontologies in SQL Relational Databases”. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, vol. 1, no 5, pp. 1261-1266.
3. Chatterjee N., Kaushik N. 2017. “RENT: Regular Expression and NLP-Based Term Extraction Scheme for Agricultural Domain”. Proceedings of the International Conference on Data Engineering and Communication Technology, pp. 511-511. Springer.
4. Chujai P., Kerdprasop N., Kerdprasop K. 2014. “On Transforming the ER Model to Ontology Using Protege OWL Tool”. International Journal of Computer Theory and Engineering, vol. 6, no 6, pp. 887-891.
5. Fahad M. 2008. “ER2OWL: Generating OWL Ontology from ER Diagram”. Intelligent Information Processing IV — 5th IFIP International Conference on Intelligent Information Processing (19-22 October, Beijing, China). The International Federation for Information Processing, vol. 288, pp. 28-37. Mohammad Ali Jinnah University, Islamabad, Pakistan.
6. Horrocks I., Kutz O., Sattler U. 2006. “The Even More Irresistible SROIQ”. Proceedings of the 10th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'06). Edited by P. Doherty, J. Mylopoulos, and C. A. Welty. Pp. 57-67. AAAI Press.

7. Kropotin A. A., Grigoryev A. V., Ivashko A. G. 2016. "Database Schema Method for Automatic Semantic Errors Resolving During Information Systems". Integration, Informal Proceedings of the 2016 10th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies — AICT2016 (12-14 October, Baku, Azerbaijan).
8. Kropotin A. A., Grigoryev A. V., Bidulya Yu. V., Ivashko A. G., Durynin N. S. 2016. "Realization of the Ontologically Based Method for Checking Structural Inconsistencies of Relational Databases". Proceedings of the 27th International DAAAM Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation 2016 (26-29 October, Mostar, Bosnia and Herzegovina), vol. 27, pp. 762-767. DOI 10.2507/27th.daaam.proceedings.110
9. Louhdi M. R. C., Behja H., Alaoui S. O. El. 2013. "Transformation Rules For Building Owl Ontologies from Relational Databases". Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Information Technologies and Applications (November), pp. 271-283.
10. Magnini B., Negri M., Pianta E., Romano L., Speranza M., Serafini L., Girardi C., Bartalesi V., Sprugnoli R. 2005. "From Text to Knowledge for the Semantic Web: The ONTOTEXT Project". Proceedings of the 2nd Italian Semantic Web Workshop (14-16 December, University of Trento, Trento, Italy).
11. Motik B., Shearer R., Horrocks I. 2009. "Hypertableau Reasoning for Description Logics". Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 36, pp. 165-228.
12. Telnarova Z. 2010. "Relational Database as a Source of Ontology Creation". Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, pp. 135-139.