



УДК 004.42

ОБЪЕКТНО-ПРОЦЕССНАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ В УПРАВЛЯЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

О.В. Щекочихин^a^a Костромской государственный университет, Кострома, 156005, Российская Федерация

Адрес для переписки: Slim700@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 24.01.17, принята к печати 13.02.17

doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-318-323

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Щекочихин О.В. Объектно-процессная модель данных в управляющих информационных системах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 2. С. 318–323. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-318-323**Аннотация**

Исследован вопрос построения моделей данных применительно к процессной форме управления промышленным предприятием. Предлагается использование объектной модели данных для систем управления и оперативного принятия управленческих решений при процессной организации деятельности промышленного предприятия. Рассмотрены базовые понятия и определения, используемые в объектно-процессной модели данных, предложено ее математическое описание, которое включает представление дерева целей системы, метамодели объекта производственной системы, бизнес-процесса, центра ответственности за ресурс. Выделены четыре этапа построения информационной системы на основе объектно-процессной модели данных: описание дерева цели, метамоделирование объектов и процессов, представление структур данных, моделирование хранилища данных производственной системы. Дерево целей представляет собой иерархическую систему показателей предприятия. Объекты производства описываются иерархическими структурами и должны отвечать заданной системе показателей качества товара или услуги. Наиболее важный этап метамоделирования материальной системы – это установление связей между объектами, процессами, в ней проходящими, и показателями из дерева целей. Конечной целью метамоделирования объектов и процессов материальной системы должно являться построение репозитория, из которого можно получать структуры объектов, процессов, показателей и связей по их уникальным идентификаторам. Предложен вариант применения объектно-процессной модели в интегрированных информационных системах на основе сервис-ориентированной архитектуры, особенностью которого является возможность учитывать цели бизнеса, накапливать данные о текущем состоянии процессов и организовать хранилище данных для задач анализа ретроспективной информации. Применение объектно-процессной модели при построении информационной системы позволяет объединить два типа управления – управление по отклонению, управление по цели.

Ключевые слова

интегрированные информационные системы, объектно-процессная модель данных, сервис-ориентированная архитектура

OBJECT-PROCESS DATA MODEL IN MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS

O.V. Schekochikhin^a^a Kostroma State University, Kostroma, 156005, Russian Federation

Corresponding author: Slim700@yandex.ru

Article info

Received 24.01.17, accepted 13.02.17

doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-318-323

Article in Russian

For citation: Schekochikhin O.V. Object-process data model in management information systems. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 318–323 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-318-323**Abstract**

We have studied the question of data models creation with respect to the process-based management of industrial enterprise. It is proposed to use an object data model for management and operational management decision making systems at the process organization of industrial enterprise. We consider the basic concepts and definitions used in object-process data model, suggest its mathematical description, that includes tree representation of the system goals, object meta-models of production system, business process, the center responsible for resource. We have defined four phases of information system

creation based on the object-process data model: goal tree description, metamodeling of objects and processes, data structure representation, data warehouse modeling of the production system. The goal tree is a hierarchical scorecard of the enterprise. Production objects are described by hierarchical structures and should meet requirements of the specified system of quality indicators for goods or services. The most important stage of material system metamodeling is to establish connections between objects, processes passing in it and indicators of the goals tree. The ultimate objective for metamodeling of the material system objects and processes should lie in the repository creation where one can get the structures of objects, processes, indicators and links on the basis of their unique identifiers. We have proposed a variant of object-process model application in integrated information systems based on the service-oriented architecture with the ability to take into account the goals of business, collect data on the current state of processes and organize data storage for retrospective data analysis tasks. The usage of object-process model during information system creation enables to combine two types of control: deviation control and management-by-objectives.

Keywords

integrated information systems, object-process data model, service-oriented architecture

Введение

Производственная система предприятия состоит из группы взаимосвязанных бизнес-процессов, обеспечивающих достижение целей организации. Информационная система (ИС) управления должна точно отражать все бизнес-процессы предприятия. Одним из ключевых элементов ИС управления предприятием является база данных (БД).

Модель данных обеспечивает формализованное описание данных в ИС предприятия и включает в себя три аспекта: методы описания типов и логических структур данных в БД; методы манипулирования данными; методы описания и поддержки БД. Широкое практическое применение для построения ИС управления предприятием нашли модели из фактографической группы – иерархическая, сетевая, реляционная и объектная. Наиболее востребованная модель данных – реляционная. Она обладает следующими недостатками: жесткая структура данных с множеством таблиц, трудности представления предметной области в виде таблиц, снижение скорости выборки с увеличением объема данных, высокая трудоемкость и сложность ее модернизации, и ряд других недостатков [1–3].

Одной из тенденций развития теоретических исследований в области моделирования данных становится обеспечение полноты представления информационной модели предметной области. Модели данных, ориентированные на новые технологии их описания и построения, получают свое развитие при решении отраслевых или проблемно-ориентированных задач, например, в интеллектуальных, геоинформационных, навигационных системах и т.п. [4–8], поэтому актуальным становится вопрос совершенствования теоретических положений и практической реализации моделей данных под определенный класс задач. В настоящей работе предлагается использование объектной модели данных для систем управления и оперативного принятия управленческих решений при процессной организации деятельности промышленного предприятия [9, 10], которая в дальнейшем будет называться объектно-процессной.

Онтология понятий объектно-процессной модели данных

Онтология дополняет базовые понятия и определения ИС поддержки принятия решений при управлении производственной системой, ранее представленной в [11].

Бизнес-процесс (БП) – это связанный набор повторяемых действий, преобразующих исходный ресурс в конечный продукт в соответствии с заранее установленными правилами. За исполнение БП отвечает лицо, принимающее решение (ЛПР), находящееся в центре ответственности (ЦО) [12, 13]. Деятельность ЦО оценивается отклонением от нормативной величины расходуемых ресурсов предприятия. Для оценки состояния БП и ЦО используются группы показателей [14, 15].

Данные – это совокупность значений, характеризующих некоторое явление, ситуацию, некоторый объект, действие или условие. Владелец или пользователь данных определяет смысловое содержание с помощью задания некоторой структуры, и тем самым данные как некоторые сведения переходят в категорию информации. Отображение фактов материального мира в виде структуры данных происходит через понятие модели данных.

Модель данных – это абстрактное, логическое определение объектов, которое в совокупности представляет механизм доступа к данным, включая в себя методы взаимодействия с другими объектами. Модели данных реализуются в ИС.

Объектно-процессная модель данных характеризуется тем, что источником данных являются показатели состояния БП. Объектно-процессная модель данных строится как подмножество объектной модели и использует основные положения стандарта ODMG4.

Методы описания типов и логических структур данных в объектно-процессной модели строятся как набор метамodelей объектов промышленного предприятия, набор метамodelей БП, описание структур БП. Кроме стандартных типов данных, объектно-процессная модель использует собственные типы данных: модель материального объекта как комбинация стандартных свойств, ресурс, показатель, БП, структура БП, ЦО за ресурс в структуре БП. Манипулирование данными ведется в пределах группы БП, используя алгоритмы извлечения, сборки и агрегирования показателей [14, 15].

Отличительной особенностью предлагаемой модели данных является то, что объединяются две иерархических структуры – дерево целей и дерево объектов с сетевой структурой БП, где связи формируют взаимодействие целей, показателей и ЛПП, находящихся в ЦО, в единую информационную структуру, а их взаимодействие обеспечивает поддержку функции управления.

Построение объектно-процессной модели данных включает в себя четыре этапа: описание дерева цели, метамоделирование объектов и процессов, представление структур данных, моделирование хранилища данных производственной системы.

Описание дерева цели производственной системы

Дерево целей строится в виде иерархической структуры нормативных значений показателей, которые устанавливаются заранее. Иерархия дерева определяется уровнем агрегирования показателей. Возможно несколько путей проектирования дерева целей, например, путем анализа системы, на основе типовых отраслевых решений. Возможно построение универсального дерева целей, которое будет присуще производственным системам.

Показатель – это количественное или качественное отражение состояния свойства элемента системы или связи между элементами, которое измеряется и может быть представлено набором данных. Показатели классифицируются по видам ресурсов, степени актуальности, методам измерения и т.п. [5, 6].

Дерево целей представляется следующим графом:

$$G_A = (A, T), \text{ где } A = \{A^0, A^1, \dots, A^{P-1}\},$$

где P – количество показателей системы; A^i – показатель; i – индекс показателя в дереве целей.

Показатель A^i представляет собой кортеж

$$(ID, Name, NV),$$

где ID – идентификатор показателя, $Name$ – наименование показателя, NV – нормативное значение показателя, T – множество связей между показателями. Каждая связь определяет методы агрегирования показателя.

Дерево целей может иметь несколько проекций – индикаторов текущего состояния производственной системы в различных аспектах, в которых, наряду с нормативными значениями показателей, содержатся их фактические значения, величина отклонения и степень значимости отклонения.

Индикатор текущего состояния системы представляется графом

$$G_B = (B, T),$$

где B – состояние показателя. В свою очередь, B представляет собой кортеж информации

$$(ID, FV, D, SD),$$

где ID – идентификатор показателя из графа G_A , FV – фактическое значение показателя, D – величина отклонения фактического значения от нормативного, SD – степень значимости отклонения, T – множество связей между показателями.

Метамоделирование объектов и процессов материальной системы

Метамодель объектно-процессной БД состоит из сущностей.

1. Метамодели объектов производства. В зависимости от вида предприятия объектами производства могут являться товары или услуги, которые описываются в виде иерархических структур. Объекты производства должны отвечать заданной системе показателей качества товара или услуги.

Объекты производства можно представить в виде

$$C \subset \times \{V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n\}.$$

Каждый объект V_i представляет собой множество свойств, определяющих характеристики объекта и, в частности, отличающих его от других объектов системы.

Множество свойств системы E записывается в следующем виде:

$$E = \{E_k : k \in K\},$$

где K – множество индексов свойств объектов системы; E_k – множество свойств, принадлежащее объектам системы. Тогда объект V_i определяется как $V_i \subset \oplus \{E_k : k \in K\}$.

2. Модели БП и объекты, участвующие в БП. Модель производственного процесса предприятия представляется ориентированным графом:

$$G_D = (D, Y), \text{ где } D = \{D^0, D^1, \dots, D^{P-1}\},$$

где D – множество БП; Y – множество связей между БП.

Каждый БП может быть представлен ориентированным графом:

$$G_R = (R, L), \text{ где } R = \{R^0, R^1, \dots, R^N\},$$

где R – множество ЦО, L – множество связей между ЦО БП, N – количество центров ответственности в бизнес-процессе.

Центр ответственности – это место изменения вида ресурса в ходе исполнения БП. Преобразование ресурса оценивается значениями группы показателей.

Наиболее важный этап метамоделирования материальной системы – это установление связей между объектами, проходящими в ней процессами и показателями из дерева целей. Каждая связь между ЦО БП определяет источник данных и поток данных в оперативную базу и хранилище данных.

Конечной целью метамоделирования объектов и процессов материальной системы должно являться построение репозитория, из которого можно получать структуры объектов, процессов, показателей и связей по их уникальным идентификаторам.

Представление структур данных в объектно-процессной модели

В объектно-процессной модели применяется пять элементов: сущность, связь, центр ответственности, показатель, проекция дерева целей.

Сущность позволяет отображать материальный объект в виде информационного объекта.

Связь L_i позволяет определять взаимодействие материальных объектов и представляется кортежем

$$L_i = (V_n, E_k, V_j, V_m, t),$$

где V_n – идентификатор объекта источника, E_k – идентификатор свойства объекта источника, V_j – идентификатор объекта приемника, V_m – идентификатор свойства объекта приемника, t – временной интервал актуальности связи.

ЦО обеспечивает связь ЛПР с организационной структурой управления предприятием, системой мотивации труда ЛПР в зоне его ответственности. Зона ответственности ЛПР определяется подмножеством сущностей и связей.

Показатель является источником данных, который проявляется в ходе исполнения БП и преобразования ресурса. Проекция дерева целей позволяет выделять группы показателей, объединенных логическим смыслом, и содержит фактические значения показателей и их отклонения от нормативного.

В дальнейшем рассматривается вариант применения объектно-процессной модели данных в интегрированных информационных системах (ИИС), которые обеспечивают выполнение задач в условиях меняющихся целей организации, объединяя в себе как гомогенные, так и гетерогенные программные средства [7].

При проектировании ИИС рационально применять сервис-ориентированную архитектуру. ИС строится как набор независимых сервисов, которые обеспечивают обработку данных отдельными приложениями, и многослойной шины для сбора, хранения и интеграции данных [8, 10] (рисунок).

Шину данных можно рассматривать в разных аспектах. В аспекте представления информации один слой шины данных представляет собой поток данных от одного приложения. В аспекте архитектуры шина данных состоит из двух частей – репозитория и оперативной базы. Репозиторий шины данных содержит описание метаданных, источник данных в виде приложения, набор методов API для подключения приложения, набор форматов данных, правила сериализации, десериализации и методы обработки данных. Оперативная БД хранит метамодели объектов предметной области, идентификаторы БП, параметры ЦО, которые в текущий момент времени отражают состояние объекта производственной системы. В оперативной БД находится вся актуальная информация для принятия оперативных управленческих решений.

Моделирование хранилища данных производственной системы

Хранилище данных использует объектно-ориентированную парадигму и строится на основе многомерных структур. Многомерная структура хранилища данных состоит из блоков, каждый из которых является отражением проекции дерева целей и регламента интеграции данных в соответствии с методами в структуре дерева целей. Хранилище содержит данные об агрегированных показателях. В блоках осуществляется хранение данных об управляемом БП, об объекте управления и данные-показатели бизнес-процесса, по которым судят о состоянии производственной системы. Блоки формируются в соответствии со структурой дерева целей. Запрос к блоку данных дает возможность отслеживать динамику развития показателей, состояния материальной системы или ее части.

Предложенный способ хранения агрегированных данных обеспечивает пользователю возможность определять размер дискретности анализируемой информации – например, проследить тенденцию изменения значений показателя по дням, месяцам, годам и т.д. Если анализ предполагает обработку данных нарастающим итогом или требуется определить значение показателя за какой-то обозначенный период, производится их вычисление на основе имеющихся массивов агрегированных данных из хранилища.

Для запросов, которые повторяются периодически, формируются типовые решения, соответствующие методам агрегирования информации на разных уровнях дерева целей. Оригинальный запрос может формироваться самим пользователем в режиме проектирования и исполнения оригинального алгоритма расчета значения показателя. Периодичность агрегации соответствует некоторым временным циклам. Для типовых запросов временные параметры берутся из проекции дерева целей, для оригинальных запросов формируются пользователем. Представленные агрегированные оперативные данные являются основой для проведения различных аналитических исследований ретроспективного и прогнозного характера. При такой схеме происходит соединение двух типов управления – управление по отклонению и

управление по цели. Отслеживание одной ветки дерева – это управление по отклонению. Отслеживание отклонения по всему дереву – это управление по цели.

Практическая реализация объектно-процессной модели данных основана на средствах Oracle APEX. Работа шины данных построена на хранимых процедурах, которые позволяют динамически формировать SQL-запросы и осуществлять их выполнение. Подсистема моделирования метаданных реализована средствами языка Object Pascal с использованием библиотеки компонентов обеспечения связи с СУБД Oracle ODAC.

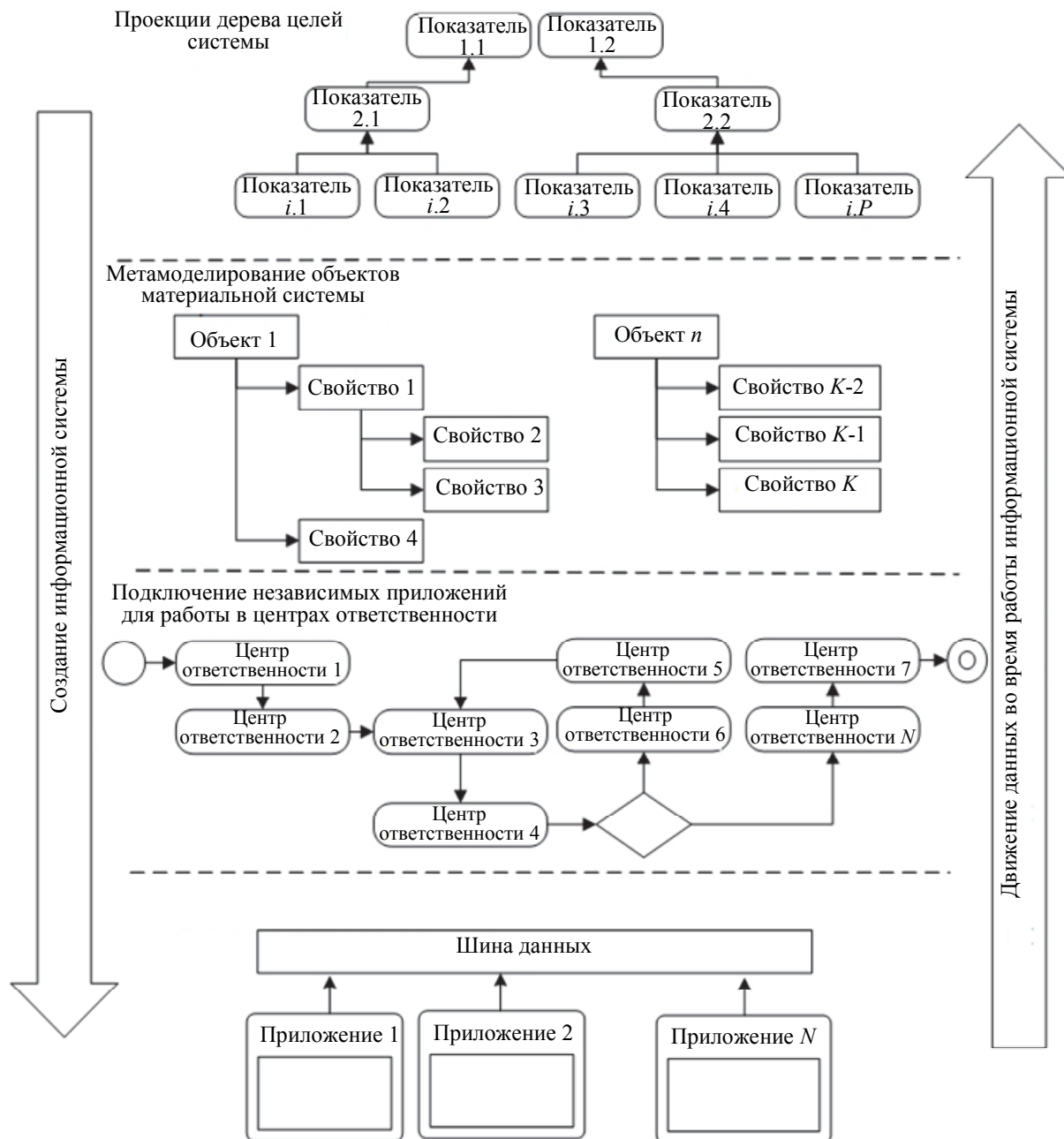


Рисунок. Схема построения информационной системы объектно-процессного управления

Заключение

В работе предложена объектно-процессная модель данных, представлено ее формализованное математическое описание. Даны базовые понятия и определения, которые используются в процессной модели управления предприятием. Рассмотрены четыре этапа построения объектно-процессной модели данных: описание дерева цели, метамоделирование объектов и процессов, представление структур данных, моделирование хранилища данных производственной системы. Предложен вариант применения объектно-процессной модели в интегрированной информационной системе на основе сервис-ориентированной архитектуры.

Литература

1. Torres A., Galante R., Pimenta M.S., Martins A.J.B. Twenty years of object-relational mapping: a survey on patterns, solutions, and their implications on application design // *Information and Software Technology*. 2017. V. 82. P. 1–18. doi: 10.1016/j.infsof.2016.09.009
2. Vijayan E., Senthilkumar K., Kumari P., Tolani S., Bhadra P. Convergence from SQL, NoSQL to NewSQL // *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016. V. 8. N3. P. 18351–18361.
3. Линькова В.П., Линькова А.В. Модели данных, место и роль их в информационном моделировании // *Современные информационные технологии*. 2013. № 17. С. 35–40.
4. Jounaidi A., Malki D., Bahaj M., Cherti I. Conversion of an XML schema to object relational databases using a canonical data model // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2016. V. 93. N 1. P. 215–225.
5. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Distributed database management system for integrated processing of spatial data in a gis // *Computer Optics*. 2016. V. 40. N 6. P. 919–928. doi: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-919-928
6. Madraky A., Othman Z.A., Hamdan A.R. Hair-oriented data model for spatio-temporal data representation // *Expert Systems with Applications*. 2016. V. 59. P. 119–144. doi: 10.1016/j.eswa.2016.04.028
7. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Object-oriented topological management system of spatially-distributed databases // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2016. V. 26. N 4. P. 734–741. doi: 10.1134/S1054661816040180
8. Khakpour N., Arbab F., Rutten E. Synthesizing structural and behavioral control for reconfigurations in component-based systems // *Formal Aspects of Computing*. 2016. V. 28. N 1. P. 21–43. doi: 10.1007/s00165-015-0346-y
9. Шведенко В.Н., Щекочихин О.В. Архитектура интегрированной информационной системы, обеспечивающая свойство поведения // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. Т. 16. № 6. С. 1078–1083. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1078-1083
10. Шведенко В.Н., Щекочихин О.В., Шведенко П.В. Вариант архитектуры управляющей информационной системы для разрешения проблемных ситуаций на предприятии // *Информационно-управляющие системы*. 2016. №5(84). С. 86–90. doi: 10.15217/issn1684-8853.2016.5.86
11. Щекочихин О.В., Шведенко В.В., Шведенко П.В. Онтология понятий информационной системы с поведением // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2016. №5. С. 223–226.
12. Шведенко В.Н., Веселова Н.С. Моделирование информационных ресурсов предприятия при процессной организации системы управления // *Программные продукты и системы*. 2014. №4. С. 260–264. doi: 10.15827/0236-235X.108.260-264
13. Шведенко В.Н., Веселова Н.С. Методика проектирования объектно-процессных систем управления предприятием на платформе ОО СУБД «COBRA++» // *Интеграл*. 2014. № 5-6. С. 115.
14. Павлов А.М., Шведенко В.В., Шведенко П.В. Метрическая система оценки деятельности организации в объектно-процессном программном комплексе «Cobra++»: ее назначение и структура // *Технические науки — от теории к практике*. 2015. №44. С. 14–21.
15. Сахарова Н.С. Анализ информационной поддержки бизнес-процессов с применением группы запросов модели метаданных // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2015. № 5. С. 272–274.

Автор

Щекочихин Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Костромской государственной университет, Кострома, 156005, Российская Федерация, Slim700@yandex.ru

References

1. Torres A., Galante R., Pimenta M.S., Martins A.J.B. Twenty years of object-relational mapping: a survey on patterns, solutions, and their implications on application design. *Information and Software Technology*, 2017, vol. 82, pp. 1–18. doi: 10.1016/j.infsof.2016.09.009
2. Vijayan E., Senthilkumar K., Kumari P., Tolani S., Bhadra P. Convergence from SQL, NoSQL to NewSQL. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 18351–18361.
3. Linkova V.P., Linkova A.V. Data model, the place and their role in information modeling. *Sovremennyye Informatsionnye Tekhnologii*, 2013, no. 17, pp. 35–40. (In Russian)
4. Jounaidi A., Malki D., Bahaj M., Cherti I. Conversion of an XML schema to object relational databases using a canonical data model. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016, vol. 93, no. 1, pp. 215–225.
5. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Distributed database management system for integrated processing of spatial data in a gis. *Computer Optics*, 2016, vol. 40, no. 6, pp. 919–928. doi: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-919-928
6. Madraky A., Othman Z.A., Hamdan A.R. Hair-oriented data model for spatio-temporal data representation. *Expert Systems with Applications*, 2016, vol. 59, pp. 119–144. doi: 10.1016/j.eswa.2016.04.028
7. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Object-oriented topological management system of spatially-distributed databases. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2016, vol. 26, no. 4, pp. 734–741. doi: 10.1134/S1054661816040180
8. Khakpour N., Arbab F., Rutten E. Synthesizing structural and behavioral control for reconfigurations in component-based systems. *Formal Aspects of Computing*, 2016, vol. 28, no. 1, pp. 21–43. doi: 10.1007/s00165-015-0346-y
9. Shvedenko V.N., Schekochikhin O.V. Integrated information system architecture providing behavioral feature. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 6, pp. 1078–1083. (In Russian) doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1078-1083
10. Shvedenko V.N., Schekochikhin O.V., Shvedenko P.V. A possible architecture for a company's management information system resolving problem situations. *Informatsionno-Upravlyayushchie Sistemy*, 2016, no. 5, pp. 86–90. (In Russian). doi: 10.15217/issn1684-8853.2016.5.86
11. Schekochikhin O.V., Shvedenko V.V., Shvedenko P.V. Ontology concepts of information system behavior. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*, 2016, no. 5, pp. 223–226.
12. Shvedenko V.N., Veselova N.S. Enterprise information resources modeling for process organization of enterprise management system. *Programmnye Produkty i Sistemy*, 2014, no. 4, pp. 260–264. (In Russian) doi: 10.15827/0236-235X.108.260-264
13. Shvedenko V.N., Veselova N.S. Technique of design of object and process enterprise management systems on the oo platform COBRA ++ DBMS. *Integral*, 2014, no. 5-6, pp. 115. (in Russian)
14. Pavlov A.M., Shvedenko V.V., Shvedenko P.V. The metric system of assessing performance in an object-process-based software package Cobra++: its purpose and structure. *Tekhnicheskie Nauki - ot Teorii k Praktike*, 2015, no. 44, pp. 14–21. (In Russian)
15. Sakharova N.S. Analysis of information support business processes using groups request to the metadata model. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*, 2015, no. 5, pp. 272–274. (In Russian)

Author

Oleg V. Schekochikhin – PhD, Associate Professor, Head of Chair, Kostroma State University, Kostroma, 156005, Russian Federation, Slim700@yandex.ru