

ВАРИАНТ АРХИТЕКТУРЫ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В. Н. Шведенко^а, доктор техн. наук, профессор

О. В. Щекочихин^б, канд. техн. наук, доцент

П. В. Шведенко^б, аспирант

^аООО «РЕГУЛ +», Санкт-Петербург, РФ

^бКостромской государственной университет, Кострома, РФ

Постановка проблемы: монолитные информационно-управляющие системы предприятия обладают большой инерцией в плане расширения функциональных возможностей, что не позволяет оперативно реагировать на изменения в материальной системе. Одним из методов разрешения указанной проблемы является переход к интегрированным информационным системам. Однако известные подходы не дают возможности быстро интегрировать новое приложение в информационную систему и создают проблемы при автоматизации управленческих воздействий в нестандартных ситуациях. **Цель:** разработка теоретических основ построения архитектуры интегрированной информационной системы, способной настраиваться на разрешение проблемной ситуации без изменения ее архитектуры. **Результаты:** предложено наделять информационную систему свойством поведения. Поведение системы — это процесс целенаправленного изменения во времени состояния системы. Функция поведения информационной системы появляется в момент возникновения проблемной ситуации в материальной системе при отсутствии опыта разрешения этой проблемной ситуации. При проектировании систем с поведением наделять систему новыми функциями должно происходить без изменения ее архитектуры. Дано теоретико-множественное описание отражения деятельности предприятия через систему показателей и метамоделю проблемной ситуации. Разработан алгоритм поиска данных, необходимых для информационной поддержки разрешения проблемной ситуации. Предложен вариант архитектуры интегрированной информационной системы на основе многослойной шины данных.

Ключевые слова — поведение информационной системы, интеграция информационных систем, системы управления предприятием, метамоделю.

Введение

Материальная система современного предприятия очень динамична, что выражается в существенных изменениях организационных структур, приобретении нового технологического оборудования, изменении технологических и производственных процессов, модернизации бизнес-процессов в организационном управлении, пересмотре нормативной базы, диверсификации и т. п.

Монолитные информационно-управляющие системы предприятия обладают большой инерцией в плане расширения функциональных возможностей, что не позволяет оперативно реагировать на изменения в материальной системе. Одним из методов разрешения указанной проблемы является переход к интегрированным информационным системам (ИИС) [1–4]. Однако и в ИИС при расширении их функциональных возможностей имеют место такие ограничения, как необходимость фиксации структур данных для обеспечения целостности; сложность в сопоставлении информационных ресурсов в разных системах метаданных; узкоспециализированные, частные решения; трудоемкость, а следовательно, высокая стоимость разработки, внедрения и владения [5–10].

Для того чтобы снять вышеуказанные ограничения, предлагается наделять информационную

систему свойством поведения [11]. При проектировании системы с поведением должно соблюдаться условие неизменности ее архитектуры при наделянии новыми функциями.

Метод создания интегрированной информационно-управляющей системы с поведением на основе сервис-ориентированной архитектуры

Функция поведения активизируется, когда для оценки проблемной ситуации требуются новые информационные ресурсы или новые алгоритмы их обработки. Проблемные ситуации разделяются на типовые и оригинальные. Функция поведения информационной системы появляется в момент возникновения проблемной ситуации в материальной системе при отсутствии опыта разрешения этой проблемной ситуации. Материальная система предприятия рассматривается как набор бизнес-процессов, которые имеют вход и выход определенного ресурса, структуру в виде отдельных этапов. Информационная система имеет контакт с материальной системой в центрах ответственности (ЦО), где происходит смена состояния ресурса, осуществляется анализ и принимаются управленческие решения.

Модель сетевой структуры управления будет иметь следующий вид:

$$W_i = \bigcup_{j=1}^P (A_j B_j F_j C_j D_j Q_j),$$

где A — дерево целей; B — множество решаемых системой управления задач; F — множество функций управления; C — множество объектов управления; D — множество бизнес-процессов; P — совокупность лиц, принимающих решения; Q — множество ресурсов.

При исполнении бизнес-процесса возможна обработка только заранее описанных ситуаций. При возникновении неописанной заранее ситуации бизнес-процесс вызывает необоснованные расходы ресурсов.

Множество ресурсов не однородно и представляет собой объединение множеств $Q = Q_1 \cup Q_2 \cup Q_3$, где Q_1, Q_2, Q_3 — множество приложений, источников данных и доступных функций приложений.

Выделяются следующие виды источников данных: базы данных, информационные системы предприятия, статистическая отчетность, ресурсы интернета, справочные системы и т. п. Как правило, полученная информация не является достаточной и требует аналитической обработки и соответствующих форматов вывода.

Приложение должно производить алгоритмические преобразования входной информации и выдавать результат в заранее заданном формате. Обрабатываемая информация должна позволять оценивать состояние процесса или состояние элемента материальной системы на заданном промежутке времени. Для использования приложения в ИИС его необходимо оценивать по следующему набору свойств: интегрируемость в операционную и сетевую среду информационной системы предприятия, возможность работы с заданным видом информационного ресурса, возможность получения выборки данных из ресурса по необходимым характеристикам и временному интервалу.

Методы обработки данных, реализуемые приложением, подразделяются на следующие группы: статистическая обработка данных, корреляционный анализ, многофакторный анализ, интеллектуальный анализ данных с использованием нейронных сетей, когнитивный анализ.

Варианты разрешения проблемной ситуации представляют собой многомерную структуру, проекция которой на трехмерное пространство является кубом, по осям координат которого полагаются:

- 1) приложения — Q_1 ;
- 2) источники данных — Q_2 ;
- 3) методы обработки (функции приложения) — Q_3 .

Разрешение проблемной ситуации рассматривается как функция трех аргументов $U = f(Q_1, Q_2, Q_3)$.

В работе предлагается новый метод построения информационно-управляющей системы, которая позволяет разрешать проблемные ситуации посредством функции поведения. По заданным признакам проблемной ситуации определяются условия выбора метода обработки, приложения и источника данных.

Предлагается использовать сервис-ориентированную архитектуру — в информационной системе имеется набор независимых сервисов, которые обеспечивают получение данных из ее подсистем или обработку данных отдельным приложением в соответствии с выбранным вариантом разрешения проблемной ситуации (рисунок). Допускается, что сервис может выдавать избыточные данные. Для каждой проблемной ситуации в единой сервисной шине создается отдельный логический слой, обслуживающий обработку проблемной ситуации. Это позволяет уменьшить сложность архитектуры информационной системы за счет того, что при неизменном количестве элементов системы количество связей уменьшается, так как каждый слой обеспечивает связь центра ответственности за ресурс с сервисами соответствующих приложений. Увеличение количества элементов в системе влечет линейное увеличение связей по формуле $2n$, где n — количество элементов системы.

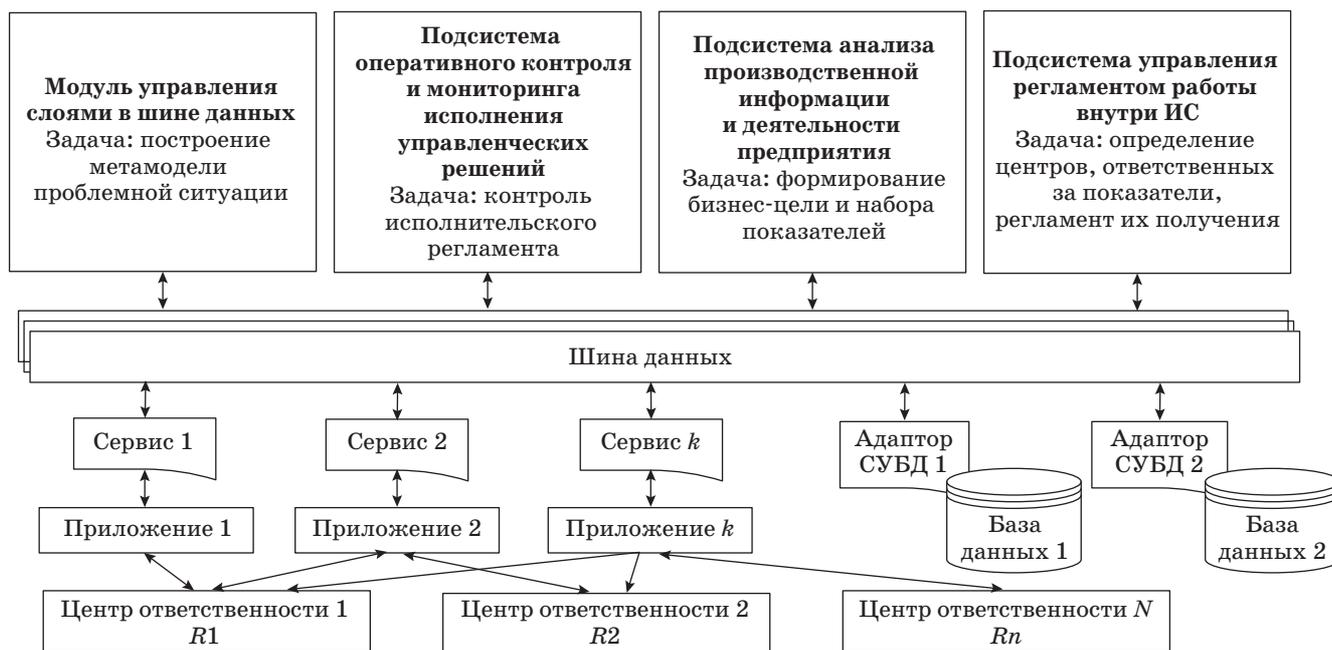
Управляющий модуль занимается оценкой проблемной ситуации, подготовкой нового логического слоя шины данных для информационного обеспечения принятия управленческого решения.

Информационная система автоматически передает в ЦО информацию о состоянии материальной системы в соответствии с деревом целей.

Множество вариантов разрешения проблемной ситуации расширяемо. Для добавления в информационную систему описания новой проблемной ситуации необходимо выделить ее характеристики, которыми являются показатели текущего состояния элементов материальной системы и их нормативные значения.

Формирование новых решений возможно через метамоделирование проблемных ситуаций. Метамоделю отражения проблемной ситуации состоит из:

- 1) PR — множества показателей на предприятии;
- 2) $PR^{D_i} = PR^{C_0^{D_i}} \cup PR^{C_1^{D_i}} \cup \dots \cup PR^{C_{n-1}^{D_i}}$ — множества комбинаций показателей по проблемным ситуациям, где C — множество объектов управления, D — множество бизнес-процессов;
- 3) PN — множества нормативных значений показателей;
- 4) PT — временного интервала измерения показателя.



■ Структурная схема информационной системы управления предприятием на основе сервис-ориентированной архитектуры

Информационная система управления настроена на сбор и мониторинг множества показателей деятельности предприятия, которые собираются в ЦО.

В центрах ответственности осуществляется оперативный сбор первичных данных и их обработка. Каждый ЦО за ресурс есть элемент множества R и представляет собой кортеж информации:

$$R = \{R_j\},$$

$$R_j = (P_j, C_j, H, PR),$$

где $C_j \in C$ — информационный объект; H — набор правил работы с информационным объектом в рамках описываемого бизнес-процесса; PR — множество показателей, которые характеризуют работу ЦО.

Элемент множества PR представляет собой кортеж информации:

$$PR_k = (PF, PN, Pl, Pu, n),$$

где $PF, PN, Pl, Pu \in C$ — свойства информационного объекта ЦО; PF содержит фактическое значение показателя; PN содержит нормативное значение показателя; Pl, Pu определяют нижнюю и верхнюю границу допустимого диапазона значений показателя; n — имя показателя, дополнительная характеристика, которая требуется для придания смысловой характеристики показателю в системе показателей.

Если $PN = PF$, то работа ЦО по этому показателю оценивается как нормальная.

Если $PF \in [Pl, Pu]$, то работа ЦО по этому показателю оценивается как штатная.

Если $PF \notin [Pl, Pu]$, то работа ЦО по этому показателю оценивается как нештатная.

Объединение множеств показателей ЦО образует множество показателей деятельности предприятия на текущий момент времени.

Потребность в информационном ресурсе, который выдается приложением, определяется потоком задач, которые активизируются по результатам исполнения процессов или состояния элементов материальной системы.

По набору показателей, значения которых имеют отклонения от нормы в течение заданного лага времени, происходит идентификация проблемной ситуации.

При добавлении нового показателя необходимо привлекать бизнес-аналитика для определения признаков проблемной ситуации.

Поиск проблемной ситуации, выявление возможных альтернатив разрешения проблемной ситуации осуществляются информационной системой автоматически.

Для принятия решения по проблемной ситуации может понадобиться новый сервис, новое приложение или новый источник данных.

Если ИИС имеет источник данных и приложение, предоставляющее необходимые методы их обработки, то достаточно разработать или настроить новый сервис для интеграции приложения.

Если ИИС имеет только источник данных, но не имеет инструментов их обработки, то необходимо выбрать их из существующих или разработать новое приложение и интегрирующий сервис.

Если ИИС для разрешения проблемной ситуации не имеет источника данных, то его необходимо сформировать либо подключить, а также подключить приложение для обработки этих данных.

После построения метамодели проблемной ситуации проектируется новая схема бизнес-процесса и размещается в репозиторий метамodelей.

При возникновении аналогичной проблемной ситуации ее разрешение будет проходить автоматически, путем извлечения из репозитория метамодели проблемной ситуации и метамодели бизнес-процесса ее разрешения. При исполнении бизнес-процесса в соответствующие центры ответственности выдаются команды, которые должны разрешить проблемную ситуацию. Таким образом реализуется функция поведения в информационной системе управления предприятием.

Вариант архитектуры реализован с использованием средств Oracle APEX. Возможности Oracle scheduler используются для мониторинга сервисов в модуле управления слоями шины данных, исполнения регламента бизнес-процессов.

В целях поддержки работы шины данных используются хранимые процедуры, позволяющие динамически формировать SQL-запросы и осуществлять их выполнение.

Заключение

Рассмотрена проблема быстрого реагирования информационной системы управления предприятием на изменения внешней и внутренней среды. Предлагается наделить информационную систему свойством поведения. Дано теоретическое описание отражения деятельности предприятия через систему показателей и метамодель проблемной ситуации, которое необходимо для формирования информационных потоков и структур баз данных информационной системы. Выделяются следующие компоненты: структура информационных объектов, структуры показателей деятельности материальной системы и структуры процессов получения и обработки данных. Предложен вариант архитектуры ИИС на основе многослойной шины данных.

Литература

1. Жижимов О. Л., Федотов А. М., Шокин Ю. И. Технологическая платформа массовой интеграции гетерогенных данных // Вестник НГУ. Сер. Информационные технологии. 2013. Т. 11. № 1. С. 24–41.
2. Волков А. А., Шведенко В. Н. Модель формирования параллельных структур в объектно-ориентированных СУБД // Программные продукты и системы. 2011. № 3. С. 14–17.
3. Веселова Н. С., Шведенко В. Н. Моделирование информационных ресурсов предприятия при процессной организации системы управления // Программные продукты и системы. 2014. № 4(108). С. 260–264.
4. Кузькин А. А., Смирнов С. В., Басов О. О. Модель обеспеченности стратегии развития информационных технологий в организации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 2. С. 305–312.
5. Oleynik P. P. Using Metamodel of object System for Domain-Driven Design the Database Structure // Proc. 12th IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, 2014. Art. 7027052. doi: 10.1109/EWDTS.2014.7027052
6. Jaeger P. T., et al. Where is the Cloud? Geography, Economics, Environment, and Jurisdiction in Cloud Computing/ P. T. Jaeger, J. Lin, J. M. Grimes, S. N. Simmons // First Monday. 2009. Vol. 14. N 5. <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/2456/2171> (дата обращения: 03.08.2014).
7. Sadiku M. N. O., Musa S. M., Momoh O. D. Cloud Computing: Opportunities and Challenges // IEEE Potentials. 2014. Vol. 33. N 1. P. 34–36.
8. Gagnon S., et al. The Next Web Apps Architecture: Challenges for SaaS Vendors/ S. Gagnon, V. Nabelsi, K. Passerini, K. Cakici // IT Professional. 2011. Vol. 13. N 5. P. 44–50.
9. Владимиров А. В. Агентное взаимодействие в информационной системе предприятия с адаптацией механизмов работы и интерфейса пользователя // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6(88). С. 105–111.
10. Сысолетин Е. Г., Аксенов К. А., Круглов А. В. Интеграция гетерогенных информационных систем современного промышленного предприятия // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. www.scienceeducation.ru/121-19030 (дата обращения: 25.05.2016).
11. Шведенко В. Н., Щекочихин О. В., Шведенко П. В. Критерии оценки и модели информационных систем, обладающих свойством поведения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 4. С. 649–654. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-649-654

UDC 004.42

doi:10.15217/issn1684-8853.2016.5.86

A Possible Architecture for a Company's Management Information System Resolving Problem SituationsShvedenko P. V.^a, Dr. Sc., Tech., Professor, shvn.d3@mail.ruShchekochikhin O. V.^b, PhD, Tech., Associate Professor, slim700@yandex.ruShvedenko P. V.^b, Graduate Student, pitk1@mail.ru^aOOO "REGUL+", P.O.Box 17, 193231, Saint-Petersburg, Russian Federation^bKostroma State University of Technology, 17, Dzerzhinskogo St., 156005, Kostroma, Russian Federation

Purpose: Monolithic information management systems of companies do not readily enhance their functionality, responding too slowly to the changes in the material system. One of the ways to resolve this problem is choosing integrated information systems. However, the known approaches do not allow us to rapidly integrate a new application into the information system, creating problems for the automation of management actions in unusual situations. **Purpose:** We need to develop a theoretical basis in order to build an integrated information system architecture which can be easily configured to resolve a difficult situation. **Results:** It is proposed to endow an information system with the property of behavior. The behavior of a system is a process of targeted changes in the system status with time. A behavior function of an information system appears when a problem situation arises in the material system, without any experience of solving such a problem. When designing systems with behavior, a system should be endowed with new functions without changing its architecture. We have given a set-theoretic description of company activity using a system of indicators and a metamodel of the problem situation. We have developed an algorithm of search for the data which are necessary for information support of a problem situation. A possible architecture is proposed for an integrated information system based on a multi-layered data bus.

Keywords — Information System Behavior, Integration of Information Systems, Company Management Systems, Metamodel.

References

- Zhizhimov O. L., Fedotov A. M., Shokin Iu. I. Technology Platform Mass Integration of Heterogeneous Data. *Vestnik NGU. Ser. Informatsionnye Tekhnologii*, 2013, vol. 11, no. 11, pp. 24–41 (In Russian).
- Volkov A. A., Shvedenko V. N. The Model of Formation of Parallel Structures in the Object-Oriented Database. *Programmnye Produkty i Sistemy*, 2011 no. 3, pp. 14–17 (In Russian).
- Veselova N. S., Shvedenko V. N. Modeling of Information Resources of the Enterprise with the Organization of Process Control System. *Programmnye Produkty i Sistemy*, 2014, no. 4(108), pp. 260–264 (In Russian).
- Kuz'kin A. A., Smirnov S. V., Basov O. O. Model Provision Strategy for the Development of Information Technologies in Organizations. *Nauchno-tehnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 305–312 (In Russian).
- Oleynik P. P. Using Metamodel of Object System for Domain-Driven Design the Database Structure. *Proc. 12th IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS'2014)*, Kiev, Ukraine, 2014. Art. 7027052. doi:10.1109/EWDTS.2014.7027052
- Jaeger P. T., Lin J., Grimes J. M., Simmons S. N. Where is the Cloud? Geography, Economics, Environment, and Jurisdiction in Cloud Computing. *First Monday*, 2009, vol. 14, no. 5. Available at: <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/2456/2171> (accessed 3 August 2014).
- Sadiku M. N. O., Musa S. M., Momoh O. D. Cloud Computing: Opportunities and Challenges. *IEEE Potentials*, 2014, vol. 33, no. 1, pp. 34–36.
- Gagnon S., Nabelsi V., Passerini K., Cakici K. The Next Web Apps Architecture: Challenges for SaaS Vendors. *IT Professional*, 2011, vol. 13, no. 5, pp. 44–50.
- Vladimirov A. V. Agent Based Interaction in the Enterprise Information System Adaptation Mechanisms of Work and the User Interface. *Nauchno-tehnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, vol. 6(88), pp. 105–111 (In Russian).
- Sysoletin E. G., Aksenov K. A., Kruglov A. V. Integration of Heterogeneous Information Systems of Modern Industrial Enterprise. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2015, no. 1 (In Russian). Available at: www.scienceeducation.ru/121-19030 (accessed 25 May 2016).
- Shvedenko V. N., Shchekochikhin O. V., Shvedenko P. V. Evaluation Criteria and Models of Information Systems, with the Property of Behavior. *Nauchno-tehnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2016, vol. 16, no. 4, pp. 649–654 (In Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-4-649-654