

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ПРОФИЛЯ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИТ-АРХИТЕКТУРЫ

*Мария Яковлевна Парфёнова, д-р техн. наук, проф.,
руководитель научно-исследовательского центра,
e-mail: mparfenova@muiv.ru,
Московский университет имени С. Ю. Витте,
http://www.muiv.ru*

Рассматривается задача структурного синтеза стратегического профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры организации. Для формализации данной задачи предлагается использовать ориентированный гиперграф, позволяющий учитывать ограничения различных проектных ситуаций. Излагается подход к типизации и унификации модулей функциональности, используемый для формирования обобщенных структур гиперграфа и системы ограничений по реализации информационных сервисов. Формулируется задача выбора наилучшего варианта профиля для реализации информационных сервисов по заданным критериям.

Ключевые слова: ИТ-профиль; структурный синтез; гиперграф; сервис-ориентированная архитектура; унификация; информационные сервисы

*Работа выполнена при финансовой поддержке
РФФИ (грант 16-06-00486).*

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-4-64-71

Введение



М.Я. Парфёнова

Сервис-ориентированный подход в области информационных технологий (ИТ) в настоящее время представляет одно из перспективных направлений развития. На первый план выходит дифференцированное сравнение затрат на отдельные информационные услуги. Возникает вопрос о целесообразности владения собственной информационной системой, применение собственных проблемно-ориентированных систем становится неактуальным. Перспективной стратегией управления ИТ организации является использование типовых информационных решений [1]. Процесс типизации информационных сервисов развивается и приобретает более совершенные формы. Однако на сегодняшний день отсутствуют обобщенный опыт применения ИТ-сервисов и методики оценки их эффективности. ИТ-сервисы могут быть реализованы с использованием разных средств, технологий и методов, а также с разным уровнем детализации сервисов. В результате принятие решений при выборе ИТ-сервисов для внедрения в организации осуществляется в условиях неопределенности и неоднозначности, что связано с повышением технологических и финансовых рисков. Одним из эффективных подходов к переходу ИТ на новый уровень системности является разработка стратегического ИТ-профиля на множестве средств реализации информационных сервисов и учет технических требований к информационному обеспечению производственных процессов организации. Стратегический ИТ-профиль рассматривается как комплексный инструмент системного анализа. На абстрактном уровне профиль представляется в качестве композиционного оператора в пространстве ИТ [2], базисом которого служат спецификации, соответствующие эталонным моделям ИТ по уровням их декомпозиции. При разработке ИТ-профиля необходимы средства формализации для представления альтернативных вариантов профиля и выбора наилучшего варианта с учетом технических требований и ограничений на функциональное взаимодействие компонентов. С учетом изложенного актуальным представляется создание модели структурного синтеза, использу-

емой для принятия проектных решений при разработке профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры организации.

1. Типизация и унификация модулей функциональности сервис-ориентированной ИТ-архитектуры

При построении спецификаций, соответствующих эталонным моделям ИТ, одним из важных этапов является типизация и унификация модулей функциональности, реализующих необходимые информационные сервисы. Унификация – это совокупность действий (комплекс мероприятий), заключающаяся в установлении единых правил и требований, выполнение которых обеспечивает необходимый технический уровень, качество и эффективность информационных сервисов [2]. Типизация представляет собой совокупность действий (комплекс мероприятий), направленных на повторное использование проектного решения или средства. Дополнительный эффект типизации и унификации модулей функциональности при переходе от традиционных ИТ к сервис-ориентированной архитектуре заключается в снижении технологических рисков и непроизводственных затрат организации. Необходимо также отметить свойства адаптивности и масштабируемости сервис-ориентированной архитектуры при большой изменчивости состава бизнес-процессов, функциональных задач и требований к информационному обеспечению производственных процессов. В качестве общих принципов унификации и типизации модулей функциональности рассматриваются: использование ограниченного числа типов, моделей и версий средств реализации сервисов; применение типовых и/или стандартизованных решений (определенных моделей данных, протоколов взаимодействия внутренней и внешней среды, типовых конфигураций, состава и комплектации). На уровне концептуальной модели сервис-ориентированной архитектуры выделяются следующие направления типизации и унификации:

- системное программное обеспечение;
- интеллектуальный анализ данных;
- защита данных и программного обеспечения;
- технологии управления данными;
- автоматизация функций управления;
- сетевые технологии;
- технологии доступа в открытых системах.

Все особенности реализации модулей функциональности скрываются за их интерфейсами, что дает возможность осуществить принцип независимости разработки профиля от их конкретных реализаций. Согласно эталонной модели открытых систем, между сущностями (системами, модулями, функциями) можно выделить два типа интерфейсов [2]: API (Application Programming Interfaces) – интерфейс прикладного программирования, EEI (External Environment Interface) – интерфейс внешней среды. Стандарты интерфейсов разбиваются на две основные категории в соответствии с двумя типами интерфейсов: стандарты прикладных программных интерфейсов (API Standards); стандарты внешнего окружения (EEI Standards). В соответствии с указанными стандартами также реализуются два типа сервисов: API и EEI. Указанные группы стандартов и сервисов разбиваются на подкатегории. Для каждой подкатегории сервисов разрабатывается ее функциональность в виде определения групп сервисов, которые, в свою очередь, структурируются до элементарных сервисов. Подход иерархической декомпозиции сервисов, которые обеспечиваются через интерфейсы модулей функциональности, адекватно поддерживается применением аппарата стандартизованных спецификаций и позволяет создавать компактные и корректные спецификации.

Принципы типизации и унификации модулей функциональности рассматриваются на множестве сервисов операционной среды специалистов организации. Определяется соответствие модулей элементам сервисов, которые в функциональной взаимо-

связи обеспечивают достижение принятых критериев профилирования сервис-ориентированной архитектуры: переносимость, интероперабельность, интеграция, адаптация, масштабируемость, безопасность.

Переносимость данных является одной из основных задач при создании сервис-ориентированной архитектуры, решение которой позволяет организациям уменьшить непроизводственные затраты. Затраты и сложность переноса данных в новую среду зависят от характеристик базы данных, которые отражают форматную, лингвистическую и физическую совместимость переносимой базы данных и рассматриваемых платформ [3]. Форматная совместимость характеризуется степенью соответствия данных в базе данных анализируемых платформ требованиям стандартов на форматы представления данных. Лингвистическая совместимость определяется степенью использования в рассматриваемых базах данных единых лингвистических средств (классификаторов, словарей), формализованных соответствующими стандартами. Физическая совместимость заключается в степени соответствия кодировки информации баз данных одинаковым стандартам на машиночитаемые носители информации. Целью создания ИТ-профиля является переносимость данных, хранящихся во внешней памяти, на новые прикладные платформы без потери и искажения данных. Наилучшим образом это достигается применением типовых моделей данных и стандартов, строго регламентирующих форматы и способы представления данных. Однако широкой и полной стандартизации, как правило, достичь не удастся, поэтому используется локальная унификация номенклатуры и функций, применяемых для обработки определенных классов данных [3].

Интероперабельность прикладного программного обеспечения обеспечивает возможность обмена данными между модулями, в том числе реализуемыми на разнородных прикладных платформах, а также возможность совместного использования ими обмениваемых данных. Данное свойство обеспечивается построением стандартизованных коммуникационных интерфейсов.

Для целей интеграции модулей функциональности и совместного использования разнородных платформ в рамках сервис-ориентированной архитектуры необходима унификация и концептуальная целостность средств административного управления и управления информационной безопасностью независимо от конкретных реализаций клиентских и серверных приложений.

Адаптация к новым технологиям связана с технологиями управления безопасностью по мере возрастания требований, развитием систем электронного документооборота и электронной коммерции, совершенствованием технологий сбора, обработки и хранения данных. Гибкость сервис-ориентированной архитектуры позволяет учитывать тенденции перехода к новым стандартам и, соответственно, к новым технологиям путем локализации модулей функциональности с последующей их адаптацией и развитием.

Масштабируемость сервис-ориентированной архитектуры заключается в том, что серверное и клиентские приложения должны использовать стандартные механизмы взаимосвязи на уровне интерфейсов взаимодействия, не зависящие от типов и характеристик компонент. Применительно к профилю сервис-ориентированной архитектуры масштабируемость означает возможность разных типов реализации некоторого профиля, отличающихся техническими и ресурсными характеристиками (например, объемом базы данных, размерностью файловой системы, объемом транзакций), поддержка одной и той же функциональности, одного и того же набора информационных сервисов.

На современном этапе развития информационных технологий подсистемы или функции защиты являются неотъемлемой частью комплексов по обработке информации [4]. При разработке профиля на начальном этапе определяется некоторый минимальный (базовый) уровень информационной безопасности. Базовый уровень предполагает упрощенный подход к анализу рисков, при котором рассматривается стандартный набор распространенных угроз безопасности без оценки вероятностей этих угроз, применяется типовая комплекс мер противодействия. Подобный подход приемлем, ес-

ли ценность защищаемых ресурсов в данной организации не слишком высока. Обеспечение информационной безопасности предполагает определенную последовательность действий. В первую очередь, это формирование концепции информационной безопасности. В ней должны быть определены разделы и функции, относящиеся к вопросам аутентификации, обеспечения прав доступа и аудита. Известно, что невозможно создать абсолютно безопасную систему, обеспечивающую безопасность информации на 100 % [4]. Возникает необходимость в поиске баланса между удобством, простотой использования, производительностью и защищенностью ИТ-архитектуры. В случаях, когда требования к информационной безопасности со стороны организации высокие, соответственно повышаются требования к уровню стандартизации и уровню технологических возможностей программных компонентов ИТ-архитектуры. Например, при построении информационных систем с повышенными требованиями к безопасности на основе СУБД Oracle целесообразно использовать версию Enterprise Edition и ряд ее специальных опций, предоставляющих разработчикам возможность использовать комплексные технологические решения по защите информации с учетом имеющихся угроз безопасности как со стороны внешних, так и внутренних нарушителей [4].

Уровень типизации и унификации модулей функциональности значительно повышается на основе структурного анализа задач автоматизации в управлении производственным процессом, выделения категорий и подкатегорий сервисов, определения взаимосвязей сервисов с модулями функциональности и конкретными функциями. Первоначально выделяются категории сервисов, затем они детализируются на группы сервисов или составные сервисы, те, в свою очередь, на элементарные сервисы, которые в конечном итоге отображаются на конкретные функции интерфейса модулей. На этапе структурного анализа информационных сервисов рассматриваются следующие объекты:

- информационное обеспечение бизнес-процессов организации;
- задачи формализации и средства их программной реализации;
- технологии сбора, обработки и хранения данных;
- интерфейсы пользователей и реализуемые через них сервисы;
- системно-технические решения, повышающие эффективность выполнения информационных процессов;
- информационная безопасность;
- средства управления и администрирования.

На основе иерархической декомпозиции сервисов производится выделение признаков общности для достижения заданных критериев на уровне ИТ-архитектуры, систем, отдельных модулей и функций. На первом иерархическом уровне, который можно назвать концептуальным, специфицируется общая структура интерфейсов и предоставляемых ими сервисов, определяются основные взаимосвязи модулей функциональности через интерфейсы. На втором иерархическом уровне определяются спецификации сервисов, предоставляемых отдельными модулями. Наиболее детальным уровнем декомпозиции сервисов является спецификация взаимодействия между модулями (функциональными элементами модулей), определяющими стандартизованные правила и форматы представления и обработки данных. Модулям назначаются критерии и определяются соответствующие средства их реализации, направленные на достижение обобщенных критериев профиля сервис-ориентированной архитектуры. Таким образом, от общих архитектурных и понятийных моделей осуществляется переход к описанию категорий сервисов и модулей функциональности применительно к операционной среде специалистов организации.

По результатам выполнения типизации и унификации модулей функциональности уточняются требования к информационному обеспечению производственных процессов организации, в соответствии с которыми производится оценка технологических возможностей средств реализации сервисов, определяется система ограничений для

структурного синтеза профиля, обеспечивается конкретизация формальных моделей для разработки профиля сервис-ориентированной структуры.

2. Формализованное представление задачи структурного синтеза профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры

Профиль сервис-ориентированной ИТ-архитектуры отражает тенденции развития ИТ и учитывает технические требования к информационному обеспечению производственных процессов организации. Задача структурного синтеза профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры заключается в нахождении оптимального соотношения между технологическими возможностями средств реализации сервисов и техническими требованиями с учетом тенденций развития современных ИТ и принятых ограничений. Для решения данной задачи создается модель, которая позволяет преобразовать описание технических требований к информационным сервисам и характеристик средств реализации сервисов и ограничений в результирующее описание о структуре профиля, составе элементов и способах их взаимодействия [5].

Общая постановка задачи принятия проектных решений в ходе структурного синтеза профиля формулируется следующим образом: множество вариантов проектных решений R формируется на множестве средств реализации сервисов, множестве критериев, множестве методов для расчета вектора критериев определенного класса средств реализации сервисов, множестве решающих правил для выбора наиболее подходящей альтернативы в многокритериальной ситуации. Заданы следующие исходные множества средств реализации сервисов: A – множество средств моделирования производственных процессов; B – множество средств программной реализации модулей функциональности; C – множество средств реализации сервисов прикладной платформы базы данных; D – множество средств реализации сервисов прикладной платформы операционной системы; E – множество специализированных программных средств для сбора и обработки данных. Таким образом, задачу принятия проектных решений можно представить в виде

$$R = \langle S, K, M, P \rangle,$$

где $S = A \times B \times C \times D \times E = \{(a, b, c, d, e) \mid a \in A, b \in B, c \in C, d \in D, e \in E\}$; K – множество критериев, по которым оцениваются средства реализации сервисов, M – множество методов для расчета вектора критериев определенного класса средств реализации сервисов; P – множество решающих правил для выбора наиболее подходящей альтернативы.

Построенные спецификации по результатам типизации и унификации модулей функциональности определяют структуру функций и технические требования к информационным сервисам, в соответствии с которыми формируется множество средств реализации сервисов и конкретных ИТ-компонентов. Каждый класс средств реализации сервисов характеризуется определенным набором параметров. На основе выделенного множества сервисов, функций и их характеристик создается морфологическая таблица, которая представляет собой обобщенную структуру класса объектов, имеющих одинаковое функциональное назначение. Обобщенная структура представляет собой комбинаторное пространство, в котором осуществляется поиск новых сочетаний элементов [5]. Морфологические таблицы строятся для каждого класса исследуемых компонент ИТ-архитектуры.

Для представления обобщенной структуры ИТ-профиля предлагается использовать ориентированный гиперграф, который позволяет учитывать ограничения по функциональным взаимосвязям элементов, синтезировать полноценные структуры, содержащие взаимосвязанные элементы, решать задачи структурной оптимизации [6]. Рассмотрим ориентированный гиперграф (V, E) , где $V = \{v_i\}, i = \overline{1, n}$, – непустое множество исследуемых объектов, называемых вершинами гиперграфа; $E = \{e_i\}, i = \overline{1, n}$, – множество гипердуг, которые описывают структурные элементы моделируемой обобщенной

структуры. Входы гипердуги представляют характеристики структурного элемента, выходы – оценки характеристик структурных элементов относительно заданных требований к информационным сервисам. В зависимости от проектной ситуации, гипердуга e_i соответствует значению 0 или 1:

$$e_i = \begin{cases} 1, & \text{если дуга входит в решение;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Для формализации задачи вводятся следующие дополнительные переменные:

1) y_{ij} – выход гипердуги e_i под номером j , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, r_i}$, где r_i – общее число выходов гипердуги e_i :

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й выход } e_i \text{ активирован,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

2) x_{ik} – вход гипердуги e_i под номером k , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, m_i}$, где m_i – общее число входов гипердуги e_i :

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-й вход } e_i \text{ активирован,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Решение задачи определяется на множестве активированных гипердуг. Гипердуга считается активированной, если активированы все ее выходы, т. е.

$$r_i e_i = \sum_{j=1}^{r_i} y_{ij}, i = \overline{1, n}.$$

Для активирования гипердуги (активирования всех выходов) необходимо, чтобы все ее входные связи были также активированы. Это означает, что $e_i = 1$ только в том случае, если $x_{ik} = 1, k = \overline{1, m_i}$; если $\exists x_{ik} = 0$, то $e_i = 0$.

Активность входа гипердуги обеспечивается одним или несколькими активными выходами другого элемента гиперграфа. Это условие можно записать с помощью матрицы $U = |u_{qd}|$ размерностью $R \times M$, где $R = \sum_{i=1}^n r_i$ – число выходов, $M = \sum_{i=1}^n m_i$ – число входов. Множество элементов матрицы U представляет отображение f в множество прямого произведения $X \times Y$, т. е. $U \xrightarrow{f} X \times Y$. Элемент u_{qd} принимает значение 1, если $(u_{qd}; \{x_{ik} | x_{ik} = 1, y_{ij} | y_{ij} = 1\}) \in \hat{I}(X \times Y)$, в противном случае 0. На формальном уровне условие активации входов можно представить в виде

$$\sum_{d=1}^M u_{qd} \geq \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{m_i} x_{ik}.$$

В структуру гиперграфа вводится дополнительный элемент внешней среды e_0 , чтобы активировать начальные и конечные вершины гиперграфа путем представления требований к свойствам ИТ-профиля и соответствующих характеристик средств реализации сервисов. При разработке ИТ-профиля необходимо учитывать ограничения по совместимости включаемых в профиль компонентов, непротиворечивость проектных решений относительно заданных технических требований к информационным сервисам, возможность развития ИТ-архитектуры путем рациональной избыточности технологических возможностей компонентов ИТ.

Запрещенные комбинации структурных элементов гиперграфа (профиля) можно представить с помощью матрицы инцидентности $A = |a_{ij}|$ размерностью $n \times l$, где n –

количество элементов обобщенной структуры, l – число запрещенных комбинаций. Элементы этой матрицы принимают значения 1 или 0 в определенных условиях:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } e_i \text{ входит в запрещенную комбинацию } g_j, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

На формальном уровне это ограничение можно представить в виде системы неравенств

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} e_i < \sum_{i=1}^n a_{ij}.$$

Если при включении в профиль некоторого элемента e_i требуется включение другого элемента e_j , то такое условие принуждения можно представить с помощью квадратной матрицы $B = |b_{ij}|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, элементы которой принимают значения 1 или 0 в определенных условиях:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если для выбора } e_i \text{ требуется включение } e_j, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Приведенные ограничения и условия, используемые в формальной модели структурного синтеза, могут быть дополнены с учетом возникающих проектных ситуаций. Они позволяют учитывать особенности при разработке профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры, определяют условия формирования корректных структурных решений.

Целевые функции для нахождения наилучшего варианта профиля в зависимости от используемых характеристик и показателей средств реализации сервисов могут быть представлены в виде

$$\sum_{i=1}^n c_i e_i \rightarrow \min,$$

если в качестве весовых коэффициентов c_i используется стоимость, или

$$\sum_{i=1}^n c_i e_i \rightarrow \max,$$

если в качестве весовых коэффициентов c_i выступает показатель соответствия технологических возможностей средств реализации сервисов (ИТ-компонент) заданным техническим требованиям.

Заключение

Определены методические основы для разработки стратегического профиля сервис-ориентированной ИТ-архитектуры организации. Сформулированы принципы типизации и унификации модулей функциональности ИТ-архитектуры и выбора средств реализации сервисов, составляющих базис для разработки ИТ-профиля. В формализованном виде представлена задача структурного синтеза с применением ориентированного гиперграфа. Это позволяет построить инвариантную систему ограничений с учетом особенностей разработки ИТ-профиля для конкретных производственных условий, сформировать допустимые варианты структуры профиля, применить формальный аппарат для поддержки принятия проектных решений.

Литература

1. Маликов С. Н. Проблемы сервис-ориентированного подхода к управлению информационными технологиями организации // Прикладные проблемы управления макросистемами: материалы XI Всероссийской конференции. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016.
2. Сухомлин В. А. Введение в анализ информационных технологий. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 432 с.

3. Лунаев В. В. Сопровождение и управление конфигурацией сложных программных средств. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. 452 с.
4. Продуктовая линейка Oracle.
<http://www.comportal.kz/Vendors/Oracle/OracleProducts.aspx>.
5. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 430 с.
6. Божко А. Н. Структурный синтез как задача дискретной оптимизации // Наука и образование, 2010. № 9. <http://technomage.edu.ru/doc/158337.html>.

Structural synthesis profile service-oriented it architecture

Maria Yakovlevna Parfenova, professor, Head of the Scientific Center, Moscow Witte University

In article are considered the problem of structural synthesis of the strategic profile of service-oriented IT architecture of the organization. To formalize this problem are encouraged to use oriented hypergraph which allows to take into account limitations of the various project's situations. In article are represented the approach for typification and unification of functional modules used to form generalized hypergraph structure and the system of constraints on the implementation of information services. In article are formulated the task of choosing the best option for the realization of the profile of information services on the specified criteria.

Key words: IT profile, structural synthesis, hypergraph, service-oriented architecture, unification, information services

УДК 007:004.02

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ РАСПИСАНИЙ

*Николай Николаевич Клеванский, канд. техн. наук, проф. СГАУ,
e-mail: nklevansky@yandex.ru,*

*Максим Анатольевич Антипов, аспирант,
e-mail: nklevansky@yandex.ru,*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
<http://sgau.ru>*

В статье представлены основные концепции и подходы к реализации задач транспортных расписаний. Процедура транспортного планирования использует двухэтапный алгоритм, реализованный в среде СУБД. Получение начального расписания на первом этапе с использованием критерия наилучшего распределения ресурсов является базовым для следующего этапа оптимизации. Каждый этап включает две эвристические процедуры получения решений на базе идеологии жадных алгоритмов, использующих многокритериальное ранжирование. Предложены основные критерии в задачах выбора при формировании и оптимизации транспортных расписаний – критерии загруженности и равномерности. Представлены результаты численной реализации транспортного планирования на базе тестового задания для пассажирских поездов дальнего следования.

Ключевые слова: расписание; заявка; событие; транспортное расписание; жадный алгоритм; методы ранжирования

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-4-71-91

Введение

Управление транспортными системами (рис. 1) включает иерархически взаимосвязанные проблемы разного уровня [1–4]: