

УДК 004.4.

А.А. Рындин, С.В. Сапегин

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ПОДСИСТЕМ КОРПОРАТИВНОЙ ИС НА ОСНОВЕ МНОГОВАРИАНТНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Центр прикладных исследований ПРИС

Воронежский государственный технический университет

Воронежский государственный университет

В статье рассматриваются вопросы оптимизации процессов развития подсистем корпоративных информационных систем. Современные информационные системы, в рамках которых используются разрабатываемые ПС, представляют собой сложные, многокомпонентные системы с динамично изменяющейся структурой, что существенно усложняет задачу построения рациональной архитектуры корпоративной ИС. Современные стандарты построения архитектуры не позволяют достичь нужной цели из-за своей излишней абстрактности, либо тенденциозности. Авторами предлагается методика проектирования рациональной архитектуры корпоративных ИС, рассматривающая три основных уровня компонентов архитектуры (бизнес-процессы, оборудование, программные средства), особенности их взаимодействия, а также способы применения аппарата многовариантной интеграции для решения задач, возникающих в процессе построения КИС. В процессе выработки рационального варианта архитектуры широко используется спиральная модель ЖЦ, предполагающая инкрементную разработку архитектуры с периодической верификацией полученных результатов. Для расчета матрицы предпочтительности совместного использования компонентов архитектуры ввиду непрактичности использования статистики, предлагается использовать наборы метрических показателей, определяющих структурные, процессные и пользовательские особенности компонентов различных уровней. Предлагаемый подход позволяет существенно увеличить эффективность построения корпоративной ИС за счет проектирования рациональной архитектуры.

Ключевые слова: корпоративные информационные системы, интеллектуальное проектирование, построение корпоративных информационных систем, многовариантная интеграция

ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные системы, в рамках которых используются разрабатываемые ПС, представляют собой сложные, многокомпонентные системы с динамично изменяющейся структурой, что вызывает необходимость использования в ходе решения задач кардинально различных методов и подходов. Кроме того, использование современного ПО связано с необходимостью автоматизации широкого спектра аспектов человеческой деятельности. При этом, программные системы находятся в плотном взаимодействии друг с другом, совместно используют аппаратные и сетевые вычислительные ресурсы предприятия, а также задействуют в

своей работе, как минимум, ключевых сотрудников, что привносит в задачу еще и человеческий фактор. Особо следует отметить параллельность и непрерывность процессов разработки и эксплуатации различных ПС в составе ИС.

В настоящее время существуют следующие подходы к построению и развитию архитектур:

1. Подход разработчиков: стандарты IDEF0/IDEF1, ISO/IEC/IEEE 42010:2011, TOGAF, MODAF, RM-ODP;
2. Подход пользователей: библиотеки ITIL v2, ITIL v3;
3. Общесистемный подход, продвигаемый организацией INCOSE (в т.ч. инициатива SEMAT для программной инженерии).

Среди недостатков этих подходов можно отметить следующие:

1. Первые две группы подходов обладают излишней тенденциозностью в интерпретации информационного пространства и информационных потребностей предприятия.

2. Все группы подходов имеют существенный акцент на качественных характеристиках процессов в ущерб количественным.

3. Все группы подходов делают допущение о равной совместимости компонентов и подсистем ИС, не рассматривая случаи существования разных парадигм конструирования ПО, а также разных стеков технологий как в программном, так и в аппаратном обеспечении.

Использование каждой из этих групп подходов в проектах без учета их специфики приводит к следующим результатам:

1. Увеличение проектных рисков вследствие невозможности предсказать развитие проектов с достаточной точностью и обеспечить необходимый комплекс мер, обеспечивающий их успешность.

2. Принципиальная невозможность рационализации процесса создания компонентов корпоративной ИС в рамках одной парадигмы. Реально используемые методики обычно имеют в своем составе набор эмпирических правил, гарантирующих определенную вероятность успеха, но теоретически недостаточно изученных в рамках господствующей парадигмы.

Таким образом, процесс разработки сложных корпоративных ИС нуждается в разработке соответствующего методологического и алгоритмического аппарата, способного обеспечить рациональное проектирование корпоративных ИС на всем протяжении их жизненного цикла.

В рамках архитектуры современных корпоративных ИС можно выделить следующие устойчивые подсистемы, в которых значение внутрисистемных связей достаточно четко детерминировано, а связи с внешними элементами поддаются достаточно простой классификации. Это следующие подсистемы:

1. Совокупность организационных процессов предприятия, представляющая собой структурированную, внутреннюю упорядоченную систему взаимодействия сотрудников, определяющую ход деятельности организации.

2. Инфраструктура, используемая для манипулирования информацией, которая представляет собой набор программных и аппаратных средств, организующих информационное взаимодействие внутри предприятия (*корпоративная сеть*, КС).

3. Набор взаимосвязанных функциональных подсистем, обеспечивающих решение задач организации и достижение ее целей.

Построение эффективной корпоративной ИС невозможно без учета взаимного влияния всех трех выделенных подсистем. Обладая во многом противоречивыми свойствами, система организационных процессов, инфраструктура корпоративной ИС и функциональная подсистема взаимодействуют между собой, образуя единую систему, способную с необходимой степенью эффективности справляться с возложенными на нее задачами. Формализацию модели можно осуществлять, исходя из представления на Рисунке 1. При этом, модель состоит из следующих подсистем:

1. Организационные структуры процессов $a_i, i \in (1, N)$, где N – общее количество возможных организационных структур;

2. Элементы сетевой и платформенной инфраструктуры $b_j, j \in (1, M)$, где M – общее количество платформенных подсистем, которые можно использовать в работе корпоративной ИС;

3. Программные компоненты (сервисы) корпоративной ИС $c_k, k \in (1, L)$, где L – общее количество программных компонентов, которые возможно использовать на каждом этапе развития системы. Каждая конфигурация корпоративной ИС может состоять из произвольного количества подсистем a_i, b_j и c_k .

Базируясь на этом представлении, саму структуру ИС можно представить в виде ориентированного мультиграфа, в котором вершинами являются компоненты a_i, b_j и c_k , а дуги олицетворяют зависимости между этими компонентами. С практической точки зрения здесь играют роль следующие типы зависимостей:

1. а-а, зависимость процессов друг от друга;
2. а-с, реализация части процесса а компонентом с;
3. с-с, взаимозависимость программных компонентов с;

4. с-б, используемое аппаратное и инфраструктурное обеспечение;
5. b-b, зависимости уровня инфраструктуры.

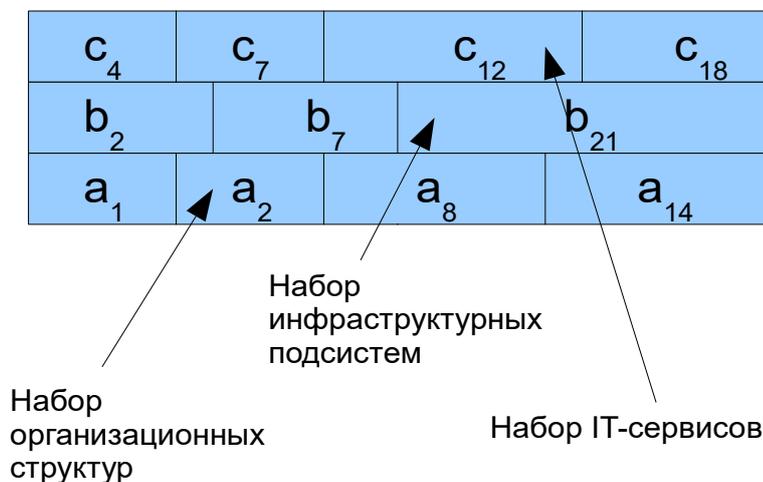


Рисунок 1 -Концептуальная модель структуры ИС

Процесс развития структуры ИС во времени представляет собой последовательный набор состояний, каждый из которых обладает некоторой комбинацией a_i, b_j и c_k , а также набором дуг зависимостей. Модель архитектуры ИС в общем виде представляет собой дискретно-детерминированный автомат, который в каждый момент времени T осуществляет переход в новое состояние, характеризуемое составом компонентов и набором связей между ними. Постановка задачи рационального развития структуры ИС подразумевает собой задачу выбора на каждом этапе таких состояний из множества возможных, прохождение которых повышает качество структуры системы. При этом, проектировщик системы имеет возможность влиять на состав компонентов ПО и частично - на некоторые типы зависимостей и инфраструктурные компоненты.

Каждая конфигурация корпоративной ИС может состоять из произвольного количества подсистем a_i, b_j и c_k .

С учетом этого, общее количество вариантов организационных структур для каждой конфигурации ИС можно представить, как

$$X_a = \sum_{y=1}^N A \frac{y}{N} = \sum_{y=1}^{N-1} \frac{N!}{(N-y)!}, \quad (1)$$

где X_a - общее количество вариантов, N - количество организационных подсистем, доступных для использования в данной конфигурации, A – количество размещений.

Опыт разработки, внедрения и развития ИС, решающих различные производственные задачи, показывает, что количество варьируемых

компонентов информационной инфраструктуры на каждом этапе развития системы достаточно велико, а выбор одних компонентов посредством системных связей приводит к изменению других. В этих условиях аналитики и проектировщики корпоративных ИС зачастую оказываются не в состоянии выбрать оптимальный вариант. Исходя из опыта, интуиции они предлагают либо варианты, близкие к тем, которые уже имели место при разработке подобных систем, либо варианты, основанные на новых, еще не опробованных технологиях. Затем, на основе многочисленных корректировок, выполняемых не только на этапах проектирования и прототипирования, но и непосредственно во время процессов разработки и внедрения, осуществляется формирование конфигурации корпоративной ИС. Ситуация еще больше осложняется тем, что локально оптимальные варианты конфигурации ИС, характеризующие каждый этап развития ИС, вместе могут представлять собой далеко не самую оптимальную траекторию ЖЦ.

Одним из подходов к созданию корпоративных ИС, позволяющих осуществлять развитие систем с наименьшими материальными и временными затратами, а также с оптимальными пользовательскими и техническими характеристиками, является использование многовариантной интеграции. Под многовариантной интеграцией здесь понимается процесс развития корпоративных ИС, характеризующийся тем, что качество и эффективность созданной системы на каждом этапе ее ЖЦ достигается за счет согласованного выбора вариантов конфигурации организационной структуры подсистемы, сетевой инфраструктуры, а также набора IT-сервисов, причем между вариантами конфигурации каждого этапа ЖЦ соблюдается преемственность.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В общем виде подход на основе многовариантной интеграции состоит из четырех задач структурного синтеза ИС и соответствующих им локальных многовариантных оптимизационных моделей $\mu_1 - \mu_4$, которые могут использоваться в рамках настраиваемого процесса оптимального проектирования развивающихся систем. Задачи формулируются следующим образом:

В1. Ограничение разнообразия множеств компонентов на различных уровнях интеграции.

В2. Выбор эффективного варианта интеграции альтернативных компонентов с учетом существующих уровней интеграции.

В3. Выбор порядка предшествования проектных операций

В4. Группировка элементов множеств различных уровней интеграции в локальные маршруты проектирования.

В тех случаях, когда объект проектирования представляет собой сложную, плохо формализованную систему, либо процесс проектирования изначально предполагает использование итеративного подхода, поэтапное использование многовариантных оптимизационных моделей позволяет существенно сократить издержки этапов проектирования даже с учетом использования процедур структурного синтеза на отдельных этапах проектирования в рамках модели PDCA (Plan-Do-Check-Act).

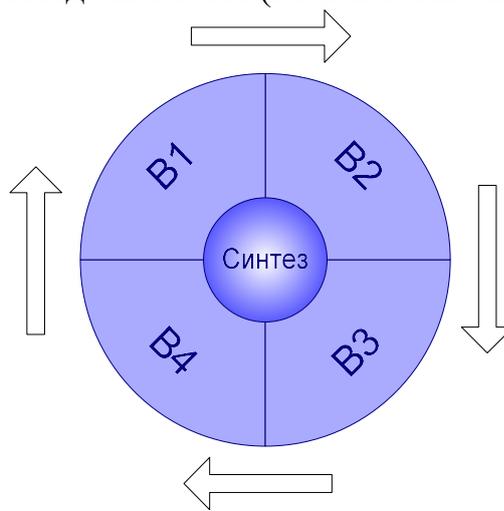


Рисунок 2 - Итеративный подход на основе многовариантной интеграции

Задачи интеграции при создании корпоративной ИС, согласно модели на рис.1., проявляются на всех трех уровнях:

1. на уровне выбора варианта организации бизнес-процессов предприятия;
2. на уровне выбора сетевой и платформенной инфраструктуры ИС;
3. на уровне организации взаимодействия ИТ-сервисов корпоративной ИС.

Каждому уровню в результате интеграции элементов этого уровня соответствует свое множество вариантов:

- 1) множество вариантов реорганизации бизнес-процессов предприятия α

$$\alpha = \{A_1, \dots, A_n, \dots, A_N\} = \{A_n, n = \overline{1, N}\}, \quad (2)$$

где $n = \overline{1, N}$ - номер варианта при интеграции элементов первого уровня; A_n - вариант интеграции бизнес-процессов;

- 2) множество вариантов инфраструктуры ИС β

$$\beta = \{B_1, \dots, B_m, \dots, B_M\} = \{B_m, m = \overline{1, M}\}, \quad (3)$$

где $m=\overline{1,M}$ - номер варианта при интеграции компонентов инфраструктуры; B_m - вариант интеграции;

3) множество вариантов интеграции программных сервисов ИС γ

$$\gamma = \{C_1, \dots, C_l, \dots, C_L\} = \{C_l, l=\overline{1,L}\}, \quad (4)$$

где $l = \overline{1,L}$ - номер варианта интеграции сервисов ИС, C_l - набор программных сервисов ИС.

При выборе рационального сочетания вариантов каждого уровня интеграции возникает определенная форма взаимодействия этих уровней и формируются отношения предпочтения вариантов. Количественно отношения предпочтения будем оценивать следующими векторами вероятностей:

$$\left(\begin{array}{l} P^\alpha = (P_1^\alpha, \dots, P_n^\alpha, \dots, P_N^\alpha), \sum_{n=1}^N P_n^\alpha = 1 \\ P^\beta = (P_1^\beta, \dots, P_m^\beta, \dots, P_M^\beta), \sum_{m=1}^M P_m^\beta = 1 \\ P^\gamma = (P_1^\gamma, \dots, P_l^\gamma, \dots, P_L^\gamma), \sum_{l=1}^L P_l^\gamma = 1 \end{array} \right), \quad (5)$$

Взаимодействия уровней интеграции представим в виде графа (Рисунок 3), вершинами которого являются уровни интеграции, а дугами – вероятности предпочтительного использования множеств вариантов интеграции на каждом из уровней и между уровнями.

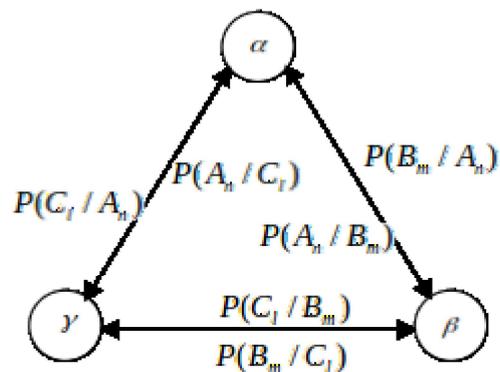


Рисунок 3 - Граф взаимодействия уровней интеграции

Переходы между уровнями характеризуются условными вероятностями совместного использования вариантов этих уровней. Элементами выбора в процессе проектирования корпоративной ИС являются элементы вектора W_g , включающие в себя набор элементов платформенной инфраструктуры и программных сервисов для заданного варианта организации бизнес-процессов $w_g = (B_j, C_l / A_l)$. Элементы

выбора $w_g = \overline{1, W_g}$ задают вариант интегрированной ИС для определенного класса инфраструктурного и сервисного обеспечения

$$S_l = (w_1, w_2, \dots, w_g, \dots, w_G) \in S, \quad (6)$$

и характеризуются вектором параметров f_{Wg} .

Рассмотрим процесс формирования матрицы условных вероятностей предпочтительного использования множеств вариантов интеграции на каждом из уровней и между уровнями. В условиях неопределенности структуры отдельных компонентов системы, уникальности организационных процессов и разрабатываемых ПС определение матрицы условных вероятностей использования во многих случаях невозможно из-за недостатка информации. Использование в этих случаях экспертного опыта, как показывает практика, не способно решить проблему в целом. Поэтому, предпочтительность совместного использования предлагается вычислять не на основе статистики, а на основе использования метрических показателей, определяющих структурные, процессные, объектно-ориентированные и прочие особенности программных компонентов. Для множества организационных процессов в общем виде необходимо также осуществить классификацию, исходя из принятых в IT-индустрии метрик, оценивающих процессы. Подобный подход позволяет не только преодолеть во многих случаях критичный недостаток данных, но и обеспечить источник экспертной информации для последующего сравнения вариантов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор набора метрик, на основе которых должна быть построена матрица предпочтительности совместного использования компонентов, таким образом, является ключевым фактором рациональности искомых решений. В общем случае, набор метрик выбирается, исходя из следующих соображений:

1. Вычислимость. Наиболее предпочтительно использовать метрики, вычисление которых в рассматриваемых условиях является более простым процессом.

2. Сбалансированность. Необходимо использовать, по крайней мере, одну метрику каждой группы для достижения сбалансированной картины оценки программных компонентов.

3. Экспертный опыт. В множестве метрик должны быть такие, с помощью которых можно формализовать экспертный опыт для дальнейшего использования в процессе многовариантной интеграции.

На основе выбранного множества метрик оценки каждой паре вариантов из множеств A, B, C можно поставить в соответствие взвешенную вероятность совместного использования, вычисленную по формуле

$$P_{\text{взв}}(X/Y) = P(X/Y) * W, \quad (7)$$

где W – ранг успешности проекта, $W \rightarrow [-1; 1]$.

Обобщенный алгоритм построения множества рациональных с точки зрения структуры вариантов можно формализовать, как показано ниже. Процесс нахождения множества рациональных решений состоит из следующих шагов:

1. Ранжирование проектов – оценка множества проектов, используемых в качестве статистики. В связи с тем, что исходный объем статистики не столь велик, чтобы в качестве репрезентативной выборки использовать только набор успешных проектов, в качестве исходных данных используются структуры уже известных решений. Наиболее успешные проекты обладают большим положительным коэффициентом, провальные – наоборот, отрицательным, что оказывает влияние на вычисление взвешенной вероятности, которая используется для нахождения взаимной энтропии.

2. Определение состава компонентов. Производится анализ проектов, выборка и формирование множеств компонентов A, B, C .

3. Расчет матрицы взаимной энтропии – осуществляется для всех вариантов сочетаний компонентов из A, B, C для всех зарегистрированных в системе метрик. В том случае, когда для определенной пары компонентов статистика совместного использования отсутствует, значение взаимной энтропии считается неопределенным, что в дальнейшем учитывается при расчете взаимной энтропии вариантов для вычисления степени неопределенности полученного результата.

4. Генерация вариантов разработки – осуществляется генерация возможных комбинаций компонентов A, B, C для последующей обработки.

5. Фильтрация функционально некорректных вариантов. На данном этапе производится отсев вариантов, не удовлетворяющих правилу функциональной корректности, т.е. с изначально заложенной избыточностью либо заведомо не реализующих какой-либо из наборов пользовательских требований.

6. Определение рабочего множества метрик. На данном этапе определяется состав и количество метрик, используемых для расчета моделируемых вариантов. Решение принимается на основе количественного и качественного анализа величины неопределенности при расчете взаимных энтропий на множестве генерированных вариантов. В

случае слишком высокой неопределенности множество метрик урезается, из них выбираются наиболее простые и определенные.

7. На основе полученной матрицы взаимной энтропии осуществляется синтез рациональной архитектуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование принципом многовариантной интеграции для разработки архитектур корпоративных ИС позволяет достичь следующих результатов:

1. Осуществить синтез рациональной структуры на основе трехуровневой модели, основанной на принципах сервисного подхода к описанию составляющих ее подсистем, что позволит определить основные характеристики ИС на количественном уровне.

2. С помощью проверки модели на функциональную корректность отсеять из дальнейшего рассмотрения заведомо неприемлемые варианты структуры.

3. Рассчитать матрицу взаимной энтропии структурных элементов на основе использования наборов метрик, характеризующих свойства тех или иных компонентов, а также их совместного использования.

4. Используя матрицу взаимной энтропии и подход многовариантной интеграции, определить наиболее рациональный вариант развития корпоративной ИС в соответствии с выбранным горизонтом планирования.

Значимость корректно построенной архитектуры в рамках проекта разработки ПО достаточно велика, однако не меньшее значение для успеха представляет собой рациональный выбор парадигмы разработки программного средства, включающей в себя бэкграунд в виде используемых технологий и средств разработки, шаблонов и подходов к решению задач проектирования в каждом конкретном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO/IEC/IEEE 42010:2011, Systems and software engineering — Architecture description, <http://www.iso-architecture.org/42010/index.html>
2. TOGAF® - the Enterprise Architecture standard, <http://www.opengroup.ru>
3. INCOSE SE standards, <http://www.incose.org/AboutSE/SEStandards>
4. Jason Caruso, Tefe Jakova, Kristin Mills, Aaron Varrone. Ministry of Defence Architecture Framework MODAF, <https://www.slideshare.net/AaronVarrone/modaf>
5. Martin Fowler. Microservices – a definition of this new erchitectural term, <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
6. Ken Laskey, OASIS SOA Reference Model TC, https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm
7. SOAP Specification, <http://www.w3.org/TR/soap/>
8. Roy Fielding. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
9. ITIL Best Practice Solutions, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>
10. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения. Воронеж, Издательский дом Кварта, 2006, 428 с.
11. Проектирование корпоративных информационных систем. /А.А.Рынди́н, А.В.Хаустович, Д.В. Долгих, А.И. Мугалев, С.В. Сапегин / под ред. А.А. Рынди́на, Воронеж, Изд-во Кварта, 2003, 447 .

A.A. Ryndin, S.V.Sapegin
**THE OPTIMIZATION OF CIS SUBSYSTEMS EVOLVING
PROCESSES, BASED ON MULTIVARIANT INTEGRATION**

*Applied Research Center PRIS
Voronezh State Technical University
Voronezh State University*

In the article the questions of optimization of developments of subsystems of corporate information systems are considered. Modern information systems, include developed software, are used to represent difficult, multicomponent systems with dynamically changing structure that significantly complicates a problem of creation of rational architecture of corporate IS. Modern standards of creation of architecture don't allow to achieve the necessary targets because of the excessive abstractness, or tendentiousness. Authors offer the technique of design of rational architecture of corporate IS considering three main levels of components of architecture (business processes, hardware, software), features of their interaction and also ways to use the device of multiple integration for the solution of the tasks arising in the course of creation of corporative IS. In the course of development of rational option of architecture, the lifecycle spiral model assuming incremental development of architecture with periodic verification of the received results is widely used. For calculation of a matrix of preference of sharing of components of architecture in view of impracticality of use of statistics, it is offered to use sets of the metric indicators defining structural, process and user features of components of various levels. The offered approach allows to increase significantly efficiency of creation of corporate IS due to design of rational architecture.

Keywords: corporate information systems, design of evolving systems, multi-variant integration.

REFERENCES

1. ISO/IEC/IEEE 42010:2011, Systems and software engineering — Architecture description, <http://www.iso-architecture.org/42010/index.html>
2. TOGAF® - the Enterprise Architecture standard, <http://www.opengroup.ru>
3. INCOSE SE standards, <http://www.incose.org/AboutSE/SEStandards>
4. Jason Caruso, Tefe Jakova, Kristin Mills, Aaron Varrone. Ministry of Defence Architecture Framework MODAF, <https://www.slideshare.net/AaronVarrone/modaf>
5. Martin Fowler. Microservices – a definition of this new erchitectural term, <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
6. Ken Laskey, OASIS SOA Reference Model TC, https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm
7. SOAP Specification, <http://www.w3.org/TR/soap/>
8. Roy Fielding. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
9. ITIL Best Practice Solutions, <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>

10. L'vovich Ya.E. Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya. Voronezh, Izdatel'skiy dom Kvarta, 2006, 428 p.
11. Proektirovanie korporativnykh informatsionnykh sistem. /A.A.Ryndin, A.V.Khaustovich, D.V. Dolgikh, A.I. Mugalev, S.V. Sapegin / pod red. A.A. Ryndina, Voronezh, Izd-vo Kvarta, 2003, 447 .