

УДК 004.4

А.А. Рындин, С.В. Сапегин

ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Центр прикладных исследований ПРИС

Воронежский государственный технический университет

Воронежский государственный университет

В статье рассматриваются вопросы интеллектуализации процесса построения корпоративных информационных систем с целью повышения качества принимаемых решений и общей рационализации процесса. Современные программные комплексы в составе информационных систем представляют собой сложные, высокоорганизованные системы, процесс построения которых связан с принятием решений в условиях неопределенности. Одним из методов повышения эффективности принятия решений, исходя из специфики процесса разработки компонентов корпоративных информационных систем, является использование коллективного экспертного опыта. Предлагаемый обобщенный алгоритм принятия решений разработан для использования в рамках парадигмы SOA, позволяющей осуществлять декомпозицию системы в процессе ее проектирования. Этот подход позволяет повысить устойчивость решений к ошибкам и предусмотреть возможности исправления ранее сделанных неудачных решений. Помимо этого, алгоритм позволяет выработать для использования в дальнейшем рациональную стратегию развития корпоративной сервисной экосистемы. Подход позволяет обеспечить рациональность принятия решений в условиях неопределенности и изменчивости пользовательских требований, эволюции средств и подходов в области автоматизации бизнес-процессов, а также найти один из рациональных путей интеграции отдельных компонентов в корпоративную информационную систему. Использование обобщенного алгоритма принятия решений на основе экспертного взаимодействия с использованием дополнительных наборов критериев позволяет улучшить качество принимаемых решений, увеличить степень проработки неочевидных решений, увеличить скорость реагирования и общую эффективность процесса построения корпоративной ИС.

Ключевые слова: распределенные корпоративные информационные системы, интеллектуальное проектирование, построение корпоративных информационных систем.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка математического и программного обеспечения для современных корпоративных ИС различного назначения является во всем мире одним из наиболее быстро развивающихся направлений. Современные программные комплексы, используемые в рамках ИС, представляют собой сложные, высокоорганизованные системы,

нацеленные на передачу, обработку и хранение данных и обладающие следующими особенностями:

1. Широкий охват большого количества разнородных задач, связанный с комплексной автоматизацией различных предметных областей

2. Использование во многих случаях сложных, нетривиальных технологий, соответствующих специфике решаемых задач

3. Тесная интеграция программных комплексов различного назначения, вызванная необходимостью решения задач, одновременно затрагивающих несколько сфер автоматизируемой деятельности.

ИТ-инфраструктура любого предприятия имеет набор внутренних ограничений по функционированию и разработке, обусловленных изначально заложенными архитектурными и программными решениями. Соответственно, решение задач поддержки и развития корпоративной ИС в соответствии с требованиями бизнеса невозможно без технологий, как обеспечивающих эффективное и действенное использование информационных ресурсов предприятия, так и позволяющих без больших затрат адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям бизнеса. Поэтому, современные корпоративные ИС состоят из большого количества подсистем и представляют собой сервисно-ориентированные или приближенные к ним среды, разворачиваемые на разных платформах с компонентами, реализованными на разных языках программирования. При этом, основными задачами в ходе разработки и развития корпоративных ИС, являются следующие:

1. Распределение подсистем корпоративной ИС в рамках общей ИТ-инфраструктуры предприятия.

2. Обеспечение прозрачности системы с точки зрения пользователя (включая механизмы сокрытия информации об изменении структуры системы).

3. Стандартизация протоколов и интерфейсов взаимодействия компонентов системы.

4. Расширение и масштабирование системы в соответствии с нуждами организации.

5. Обеспечение преемственности между системами, вводимыми в эксплуатацию и выводимыми из нее.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проектирование общей архитектуры системы можно осуществлять, исходя из выбранной методологии, используя ее принципы, методы и инструментальные средства. Практика показывает, что одной из наиболее

перспективных концепций организации корпоративной ИС в настоящее время является SOA (Service-Oriented Architecture). SOA представляет собой реализацию платформы служб, которая состоит из множества служб (сервисов), обозначающих собой элементы бизнес-процессов, которые можно комбинировать и перекомбинировать в различные решения и сценарии в соответствии с требованиями бизнеса. Построение архитектуры на базе SOA позволяет использовать для автоматизации бизнес-процессов наиболее подходящие решения, вне зависимости от их технической реализации, при условии их инкапсуляции в виде сервисов SOA. Можно говорить об *экосистемной* парадигме проектирования и разработки корпоративной ИС, когда разработка общей архитектуры системы изначально ведется с позиции обеспечения следующих возможностей:

Динамического создания, изменения и удаления сложных приложений без изменения остальных частей системы.

Динамического конфигурирования системы, распределения приложений, исходя из вычислительных мощностей сети предприятия, решения задачи оптимизации сетевой нагрузки.

Экспериментального использования для автоматизации бизнес-процессов взаимозаменяемых компонентов с выбором наиболее оптимального для дальнейшей эксплуатации.

Использование подходов SOA в большинстве случаев реорганизует процесс развития корпоративной информационной системы. С точки зрения сервис-ориентированной архитектуры жизненный цикл корпоративной системы целиком «распадается» на жизненные циклы составляющих ее компонентов. Такая декомпозиция позволяет не только оперативно реагировать на реструктуризацию бизнес-процессов, но и делает процесс развития ИС более предсказуемым и устойчивым. При этом, задачу развития корпоративной ИС в целом можно рассматривать, как задачу разработки и модификации ИТ-сервисов системы в рамках решения следующих подзадач:

1. Максимизация соответствия отдельных сервисов корпоративной ИС бизнес-требованиям в течение всего времени использования сервиса в составе корпоративной ИС.

2. Определение состава и количества узлов (серверов приложений) распределенной системы развертывания сервисов, а также оптимальное распределение сервисов между этими узлами.

3. Координирование жизненных циклов отдельных сервисов системы с целью максимизации «покрытия» функциональностью системы потребностей бизнеса на протяжении всего времени существования корпоративной ИС предприятия.

4. Организация оптимального взаимодействия сервисов системы для повышения способностей системы к автоматизации как стандартных, так и эксклюзивных бизнес-процессов.

5. Реструктуризация ИС с целью устранения избыточной функциональности для повышения гибкости системы и улучшения ее эксплуатационных характеристик.

В общем виде процесс построения распределенных систем сервисов можно формализовать в виде последовательности действий, показанной на Рисунке 1.

В рамках первого этапа осуществляется первоначальная декомпозиция корпоративной ИС, разбиение системы бизнес-процессов на отдельные подсистемы, обслуживающие различные потоки данных и задач, отдельные подразделения и т.д. Результатом этого этапа является модель бизнес-процессов предприятия, сгруппированных в подсистемы и контуры по логическому признаку.

На этапе выделения информационных, функциональных и пользовательских зависимостей осуществляется разбиение подсистем на отдельные бизнес-задачи, анализ информационных связей между службами, оптимизация их структуры.

Этап масштабирования подзадач связан с техническим анализом структуры корпоративной ИС, решением задач балансирования нагрузки между узлами распределенного приложения, выбора технологии взаимодействия служб исходя из соображений развертывания системы, надежности и отказоустойчивости ее работы, среднего времени отклика на запрос и т.д.



Рисунок 1 - Этапы построения распределенных ИС

Решение задачи поиска оптимального варианта, как и множества субоптимальных вариантов на всех этапах этого алгоритма связано с существенной долей неопределенности. Поэтому, наиболее целесообразным подходом в решении этих задач является одновременное использование различных методов оценки ситуации (в т.ч. и методов, основанных на субъективных и экспертных оценках) с последующим агрегированием полученных результатов и принятием взвешенного решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В общем виде задача выбора оптимального решения сводится к нахождению наиболее близкого по своим характеристикам решения X_k к точке X_0 на множестве X , в которой заданная целевая функция $f(x)$, характеризующая эффективность решений, достигает максимального значения; при этом функция $f(x)$ является n -мерной в n -мерном пространстве показателей $X \subset R^n$. Однако, часто множество экспертных знаний о ситуации является плохо структурированным, что делает необходимым использование качественных методов оценки. Для формализации качественной и субъективной информации обычно используются методы нечеткой математики.

С точки зрения системного анализа задачу выбора максимально эффективного решения можно рассматривать как выбор системы, наиболее близкой цели, причем целью является конкретное ограничение свойств, которое при данных обстоятельствах пользователь считает предпочтительным. Степень удовлетворения системы поставленной цели может быть измерена близостью действительных и желаемых проявлений тех свойств системы, которые предусмотрены целью, и определяется с помощью характеристической функции

$$v: S \times S \rightarrow [0,1], \quad (1)$$

где: S - множество систем, $v(s,s^*)$ - степень соответствия данной системы $s \in S$ целевой системе $s^* \in S$. Степень близости между рассматриваемой системой и целевой оценивается с помощью функции расстояния

$$\rho: S \times S \rightarrow R^+, \quad (2)$$

переход от которой к характеристической функции осуществляется с помощью преобразования, учитывающего зависимость между функциями $v(s,s^*)$ и $\rho(s,s^*)$: чем меньше значение $\rho(s,s^*)$, тем больше значение $v(s,s^*)$.

С точки зрения близости к достижению цели система s_1 является более предпочтительной системы s_2 тогда и только тогда, когда $v(s_1, s^*) > v(s_2, s^*)$, а величина $\nabla v(s_1, s_2 / s^*) = v(s_1, s^*) - v(s_2, s^*)$ характеризует степень целенаправленности s_1 относительно s_2 при заданной цели s^* .

$$U: S \rightarrow R, \quad (3)$$

сохраняющая упорядочение, т.е. для любых систем s_1 и s_2 из S $s_1 f s_2$ тогда и только тогда, когда $U(s_1) > U(s_2)$, где символ f обозначает отношение предпочтения между системами s_1 и s_2 . Таким образом, цель C , обозначающая собой идеальное решение, должна быть, по меньшей мере измерима, а в случае количественной измеримости цели задача выбора наилучшего решения сводится к решению оптимизационной задачи вида

$$u(s_0) = \max_{s \in S} u(s). \quad (4)$$

Пусть R - бинарное отношение, заданное на множестве систем S , $u(s)$ - вещественная функция, значения которой для всех $s \in S$ определены так, что функция

$$\mu(\varepsilon) = P(s_2 R s_1 / u(s_2) - u(s_1) = \varepsilon), \quad (5)$$

позволяющая для каждого ε вычислить истинность утверждения «если $u(s_2) - u(s_1) = \varepsilon$, то s_2 находится с s_1 в отношении R » не убывает по ε . В этом случае $u(s)$ - критерий, характеризующий соответствие системы цели C .

Если при анализе альтернатив во внимание принимаются только критерии, которые могут быть выражены количественно, то задача выбора наиболее предпочтительной альтернативы сводится к задаче многокритериальной оптимизации. Под многокритериальной оптимизацией подразумевается исследование математической модели принятия оптимального решения одновременно по нескольким критериям эффективности. В этом случае критерий качества описывается вектором

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_n), \quad (6)$$

где $q_1 \dots q_n \in Q$, Q - множество критериев, по которому осуществляется оценка.

На основе выявленных особенностей принятия решений в условиях развития корпоративной ИС предлагается обобщенный алгоритм принятия проектных решений, позволяющий эффективно формировать корпоративную базу экспертных знаний, а также осуществлять процесс принятия решений в рамках работы проектных групп на основе корпоративных экспертных знаний.

Основной идеей метода является выделение дополнительных наборов критериев, обязательных для каждого решения, оценка которых в общем случае позволяет редуцировать влияние факторов неопределенности и повысить качество формируемых оценок. При этом, для каждого типа задач набор критериев должен быть настраиваемым – это нужно для исключения несущественных оценок, а также для устранения нетривиальных задач, существенно замедляющих процесс решения. Так, к примеру, для принятия решений в области проектирования архитектуры компонентов такие показатели, как соответствие предполагаемой технологии разработки конкретному стеку технологий, а также предполагаемые структурные характеристики, такие как LOC (количество строк кода) и FP (количество реализованных бизнес-кейсов) являются существенными. В то же время, при принятии организационных решений они не имеют смысла. Также, следует избегать критериев, оценка которых сильно субъективна, либо требует существенных вычислений. В рамках оценки информации о доступных проектах развития корпоративных ИС были выделены следующие дополнительные наборы критериев:

1. Соответствие общей стратегии развития.
2. Соответствие архитектурному/организационному стилю
3. Ресурсные требования и их обоснованность
4. Обратимость/компенсируемость решения

На основе выбранного множества критериев с учетом их особенностей можно сформулировать следующий алгоритм принятия решений:

1. Определение структуры и характера задачи. Под структурой задачи понимается множество критериев, на основе которых определяется привлекательность того или иного решения. Характер задачи определяется классификацией и влияет на состав параметров в дополнительных множествах критериев. Как правило, общее формирование множества критериев осуществляет инициатор (постановщик) задачи.

2. Оценка важности критериев и выявление их взаимозависимости. Осуществляется одним или несколькими экспертами как на основе знания предметной области, так и с использованием методов статистического анализа значений используемых критериев в похожих задачах.

3. Определение множества экспертов – лиц, принимающих участие в оценке предлагаемых вариантов решения задачи.

4. Оценка важности мнения каждого эксперта. Осуществляется главным экспертом либо постановщиком задачи в зависимости от должности эксперта, его предполагаемой компетентности в данной области, степени ответственности за последствия принятого решения.

5. Генерация возможных решений (альтернатив). Формирование множества альтернатив может осуществлять как постановщик задачи, так

и эксперты предметной области. В некоторых случаях для поиска всех возможных альтернатив целесообразно организовывать различные коллективные мероприятия с участием всех, относящихся к задаче экспертов – совещания, круглые столы, мозговые штурмы и т.д.

6. Оценка альтернатив экспертами. Выполняется каждым экспертом независимо от других на основе личного опыта и соображений, а также с применением исторической информации о решении похожих задач.

7. Выбор подходящего метода решения. В современных системах управления знаниями имеется набор различных методов агрегирования экспертных оценок, причем каждый из методов обладает своими характеристиками применимости в разных предметных областях при различных обстоятельствах. В зависимости от специфики решаемой задачи возможно либо предпочтительное использование какого-либо метода, либо одновременное использование нескольких методов с последующим усреднением результатов.

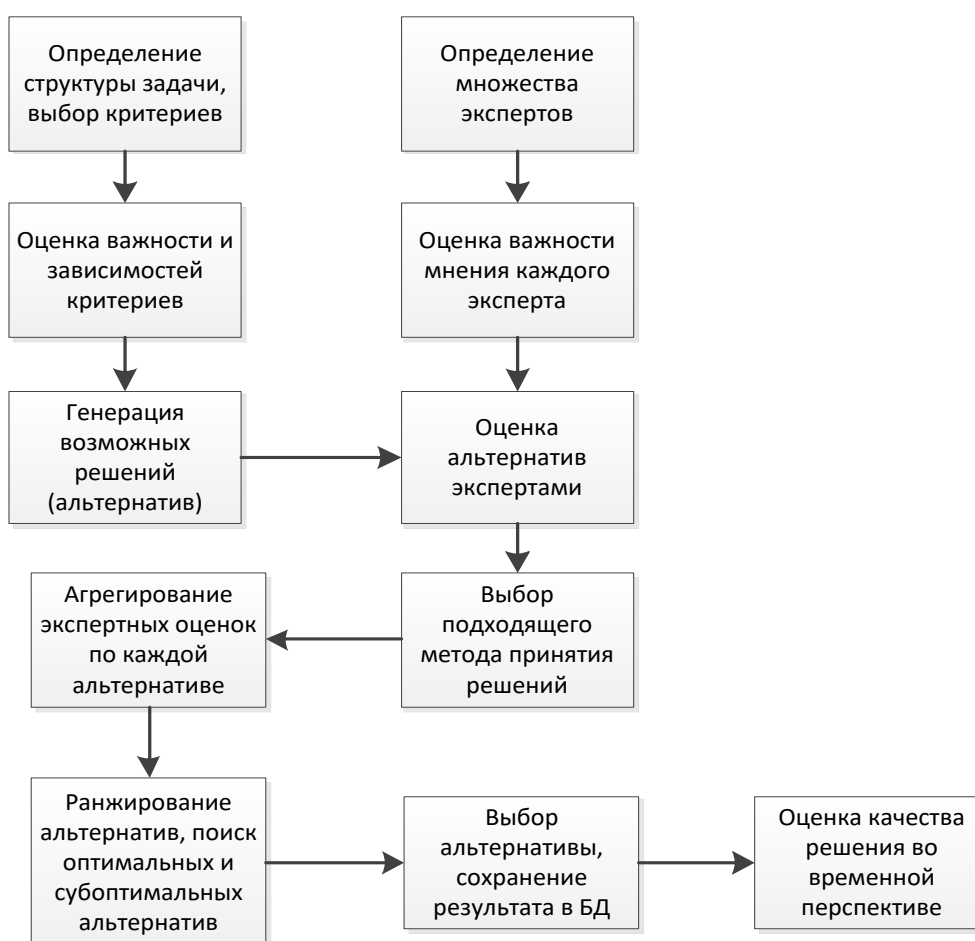


Рисунок 2 - Схема процесса принятия решений

8. Агрегирование экспертных оценок по каждой альтернативе. Осуществляется на основе выбранного метода принятия решений, с учетом оценок каждого из экспертов, а также важности мнения каждого эксперта.

9. Ранжирование альтернатив. На данном этапе согласно выбранной стратегии осуществляется автоматическое сокращение количества рассматриваемых альтернатив. В зависимости от построенного на множестве альтернатив отношения предпочтения определяется либо ярко выраженная предпочтительная альтернатива, либо несколько альтернатив, степень предпочтительности которых примерно равна. В случае, если в множество предпочтительных попадает слишком много альтернатив, осуществляется корректировка метода агрегирования экспертных оценок.

10. Выбор альтернативы, сохранение результатов в БД. На данном этапе ЛПР, опираясь на полученные результаты, делает окончательный выбор альтернативы. Факт выбора, его обоснование и результаты работы алгоритма (в т. ч. и промежуточные) сохраняются в БД с целью последующей верификации принятого решения.

11. Оценка качества решения (верификация). Производится в два этапа. Первый этап основан на статистическом исследовании решения задачи и выявления корреляционных зависимостей между оценками экспертов. На данном этапе происходит фильтрация из общего множества задач, требующих дополнительного рассмотрения. Это задачи, в которых оценки имеют либо слишком большой разброс, либо два или более трендов. В этом случае задача поручается какому-либо эксперту для ее дальнейшего рассмотрения. Вторая оценка производится через достаточно большой промежуток времени, когда появляются фактические данные, свидетельствующие о преимуществе той или иной альтернативы. Оценка качества решения необходима для того, чтобы опытным путем определить применимость того или иного алгоритма агрегирования оценок в данной предметной области.

ОБСУЖДЕНИЕ

Поиск оптимальных решений в ходе проектирования и разработки корпоративных ИС достаточно серьезно осложняется следующими факторами:

1. Неопределенность и изменчивость пользовательских требований к системе. С проникновением информационных технологий во все менее формализованные предметные области неопределенность пользовательских требований только усиливается, и даже применение итеративного подхода при проектировании и разработке компонентов ИС, зачастую, не позволяет добиться искомого результата на нужном уровне качества.

2. Неопределенность среды, вызванная быстрой эволюцией технических средств и подходов. Развитие новых информационных технологий достаточно часто кардинальным образом меняет характер и структуру информации, с которой необходимо работать пользователям, состав самих пользователей и суть процессов, в которых эти пользователи участвуют. Все это оказывает влияние на построение компонентов корпоративной ИС.

3. Неопределенность в вопросах интеграции компонентов. Использование и развитие сервисных архитектур приводит в общем случае к увеличению среднего числа компонентов ПО, используемых в бизнес-процессах, что приводит к появлению проблемы сквозной интеграции. Самого существования спецификации интерфейсов взаимодействия становится недостаточно – необходимо следить за согласованностью интерфейсов между собой в рамках всей корпоративной ИС.

4. Финансовая неопределенность. Изменчивость и динамичность современной экономики приводит к тому, что финансирование каждого конкретного проекта в течение его жизненного цикла целесообразно рассматривать, как процесс с известной долей неопределенности. Соответственно, стратегия разработки решений должна учитывать вопросы ведения проекта в условиях возможных непростых финансовых ситуаций.

Помимо этого, поскольку в процессе развития корпоративной ИС необходимо постоянно принимать достаточно большое количество решений, к самому процессу принятия решений возникают следующие требования:

1. Принятие решений в условиях недостатка информации. На практике пользователи не имеют временных и трудовых ресурсов для полного сбора информации по каждой проблеме, требующей решения.

2. Минимальная трудоемкость принятия решений. С учетом различных факторов, действующих на процесс выработки и принятия решений в рамках развития корпоративной ИС, по крайней мере, большинство задач принятия решений должны осуществляться быстро и без излишних затрат времени и сил.

3. Механизмы резервирования возможностей и борьбы с последствиями решений. Практика показывает, что из-за неопределенностей в процессе разработки существенная доля решений апостериори оказывается недостаточно эффективной. Вместе с тем, априорная проработка решений на необходимом уровне может являться неоправданно дорогой с точки зрения расхода проектных ресурсов. Поэтому, стратегия развития корпоративной ИС должна предусматривать определенный процент ошибочных решений.

4. Учет корпоративного опыта. Проектирование и разработка корпоративной ИС – серьезный проект, требующий участия большого числа специалистов, обладающих различной квалификацией, что ставит задачи максимального использования опыта участников проекта в рамках решения задач принятия проектных решений.

При этом, использование предлагаемого алгоритма принятия решений позволяет удовлетворить перечисленные требования на достаточно высоком уровне. Это связано с тем, что в процессе выбора наиболее предпочтительной альтернативы, используются следующие оценки:

1. важность критериев;
2. важность мнения экспертов;
3. привлекательность альтернатив (каждый эксперт, каждый критерий).

Агрегирование оценок может осуществляться двумя способами:

1. Первоначальное агрегирование мнений экспертов по каждой альтернативе с последующим построением отношения предпочтения на базе обобщенных оценок альтернатив по набору критериев.

2. Первоначальное определение мнения эксперта по каждой альтернативе путем агрегирования его оценок критериев с последующим построением отношения предпочтения на базе обобщенных экспертных мнений о каждой альтернативе.

Для агрегирования оценок на каждом этапе работы алгоритма допустимо использовать различные виды МСА-операторов, таких как ОWA-операторы или пары T-норм и S-конорм. Однако, не следует забывать о том, что право принятия решений в данном случае делегируется коллективу из юрисдикции ЛПР, соответственно, ЛПР должен понимать особенности работы используемых операторов на различных типах данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принятие рациональных решений в ходе развития корпоративной ИС в общем виде является весьма сложной и нетривиальной задачей, в которой достичь определенного качества результатов в ходе принятия решений достаточно тяжело. Одним из путей повышения эффективности принятия решений является использование обобщенного алгоритма принятия решений на основе групповых экспертных оценок. Использование дополнительных показателей в оценке альтернатив позволяет существенно уменьшить фактор субъективности мнений, а

также сформировать взвешенную стратегию развития корпоративной ИС. Основные результаты применения данного подхода:

1. Улучшение качества принимаемых решений за счет использования коллективного опыта сотрудников;
2. Увеличение степени проработки неочевидных решений за счет выделения их из общей массы задач
3. Увеличение скорости принятия решений за счет формирования единого процесса использования коллективных знаний
4. Повышение эффективности используемых стратегий за счет контроля соответствия им принимаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование корпоративных информационных систем. /А.А.Рындин, А.В.Хаустович, Д.В. Долгих, А.И. Мугалев, С.В. Сапегин / под ред. А.А. Рындина, Воронеж, Изд-во Кварта, 2003, 447 с.
2. Тельнов Ю. Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике. Учебное пособие. - М.: СИНТЕГ, 1998, 216 с.
3. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – Спб.: Питер, 2002. – 496 с.
4. Executing SOA: A Practical Guide for the Service-Oriented Architect: Norbert Bieberstein, Robert G. Laird, Keith Jones, Tilak Mitra, IBM Press, 2008, P. 240
5. Manifesto for Agile Software Development, <http://agilemanifesto.org>

A.A. Ryndin, S.V. Sapegin

THE GENERALIZED DECISION-MAKING ALGORITHM ON THE BASIS OF EXPERT INTERACTION IN THE COURSE OF CREATION OF CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

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

In article questions of intellectualization of process of creation of corporate information systems for the purpose of improvement of quality of the made decisions and the general rationalization of process are considered. Modern program complexes as a part of information systems represent difficult, high-organized systems which process of construction is connected with decision-making in the conditions of uncertainty. One of methods of increase in efficiency of decision-making, proceeding from specifics of process of development of components of corporate information systems, is use of collective expert experience. The offered generalized algorithm of decision-making is developed for use within

a paradigm of SOA allowing to carry out decomposition of system in the course of her design. This approach allows to increase resistance of decisions to mistakes and to provide possibilities of correction of earlier made unsuccessful decisions. In addition, the algorithm allows to develop for use further the rational strategy of development for a corporate service ecosystem. Approach allows to provide rationality of decision-making in the conditions of uncertainty and variability of the user requirements, evolution of means and approaches in the field of automation of business processes and also to find one of rational ways of integration of separate components into a corporate information system. Use of the generalized decision-making algorithm on the basis of expert interaction with use of additional sets of criteria allows to improve quality of the made decisions, to increase extent of study of unevident decisions, to increase the speed of reaction and overall effectiveness of process of creation of corporate IS.

Keywords: distributed corporate informational systems, intellectual design, corporative information systems building.

REFERENCES

1. 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 p.
2. Tel'nov Yu. F. Intellektual'nye informatsionnye sistemy v ekonomike. Uchebnoe posobie. - M.: SINTEG, 1998, 216 p.
3. Yakobson A., Buch G., Rambo Dzh. Unifitsirovanny protsess razrabotki programmno obespecheniya. – Spb.: Piter, 2002. – 496 p.
4. Executing SOA: A Practical Guide for the Service-Oriented Architect: Norbert Bieberstein, Robert G. Laird, Keith Jones, Tilak Mitra, IBM Press, 2008, p. 240
5. Manifesto for Agile Software Development, <http://agilemanifesto.org>