

DOI: 10.17323/2587-814X.2024.4.61.80

Разработка высокоуровневого дизайна программно-аналитического комплекса предприятия, обеспечивающего сквозное планирование

Н.Н. Середенко 

E-mail: Seredenko.NN@rea.ru

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Аннотация

В настоящее время многие компании, занимающиеся производством товаров среднесрочной оборачиваемости, на определенной стадии развития сталкиваются с необходимостью проектирования высокоуровневого дизайна программного комплекса, позволяющего поддерживать полный цикл планирования продаж, производства, логистики и маркетинговых кампаний. Это обусловлено постепенным ростом компаний и внедрением в разное время независимых программных систем/модулей, позволяющих реализовывать ограниченные бизнес-процессы без связи со смежными функциями и бизнес-процессами предприятия. Таким образом, предприятия оказываются в ситуации, когда в различных подразделениях внедрен разрозненный набор информационных систем и программных модулей, в рамках которых производится локальный учет и аналитика различных операций, при этом программно-аналитический комплекс в целом не обеспечивает полный, связанный, циклический процесс планирования. В работе представлена модель требований к функциям, информационным объектам и потокам данных, обеспечивающая сквозное планирование, а также предложен подход, позволяющий выявить недостающие объекты имеющегося информационного комплекса предприятия. Разработана аналитическая сеть, состоящая из недостающих элементов, учитывающая зависимости и взаимосвязи информационных объектов и программных модулей, позволяющая сформировать вектор приоритетов относительной значимости компонентов ПО. Данный вектор представляет собой набор приоритетов доработок программного комплекса предприятия и позволяет более эффективно распределять ресурсы команды разработки для программной реализации недостающих функций, информационных объектов и интеграционных потоков данных между программными модулями.

Ключевые слова: высокоуровневый дизайн программного комплекса предприятия, сквозное планирование на предприятии, моделирование потоков данных, проектирование информационной архитектуры предприятия, интеграция программных модулей предприятия, функциональный состав систем предприятия, метод аналитических сетей

Цитирование: Середенко Н.Н. Разработка высокоуровневого дизайна программно-аналитического комплекса предприятия, обеспечивающего сквозное планирование // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18. № 4. С. 61–80. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.4.61.80

Введение

Компании, занимающиеся производством товаров среднесрочной оборачиваемости, находятся в постоянном поиске эффективных решений для повышения точности планирования продаж. Стоит заметить, что качество планирования зависит не только от анализа исторических продаж компании и состояния рынка, но и от анализа деятельности внутренних процессов: производство, маркетинг, логистика. Для того, чтобы бизнес-планы и операционные планы продаж максимально соответствовали будущей реальности, необходимо при планировании учитывать процессы смежных функциональных подразделений предприятия [1–3]. Таким образом, является актуальной задача построения системы сквозного планирования на предприятии, представляющей собой взаимосвязь процессов, отраженных в системе планов и отчетов и обеспечивающих сквозное планирование всех производственных, экономических, финансовых и прочих процессов деятельности предприятия [4, 5].

От информационного комплекса, поддерживающего сквозное взаимосвязанное циклическое планирование, требуется реализация большого количества сложных функций, а также высокий уровень интеграционных решений для осуществления оперативного обмена информационными объектами между модулями [6, 7]. При этом жизненный цикл развития информационного комплекса предприятия часто представляет собой разрозненное, разнесенное во времени внедрение отдельных модулей для решения локальных задач отдельного подразделения. На рынке программного обеспечения существуют корпоративные информационные системы, содержащие модули для автоматизации деятельности подразделений производства, продаж, маркетинга и логистики, а также имеющие цельную и непротиворечивую модель данных в основе своей

архитектуры, что позволяет организовывать сложные взаимосвязанные процессы внутри одной платформы. Это ERP-системы, монолитные комплексные решения, которые призваны соединять разные задачи и бизнес-процессы. Но часто к тому моменту, когда компания осознает потребность выстраивания сквозных взаимосвязанных процессов и имеет финансовую возможность для внедрения крупных платформ, у нее в арсенале уже имеется большой информационный комплекс из различных, слабо связанных между собой решений. Одномоментный отказ от всех имеющихся программных решений с целью внедрения единой платформы может привести к остановке деятельности организации и крайне сложен для реализации. Кроме того, монолитные решения сложно масштабировать, они обладают слабой отказоустойчивостью и риском зависимости от единой платформы и технологий.

В случае, если компания имеет определенную стратегию архитектурного развития своего программного комплекса, решение задачи построения информационного комплекса, обеспечивающего сквозное планирование, может иметь свои особенности. В рамках текущего исследования рассмотрен вопрос применимости наиболее распространенных программных архитектур к эффективному решению задачи сквозного планирования (*приложение 1*). На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что предприятиям, столкнувшимся с необходимостью решать задачи сквозного планирования, следует развивать информационный комплекс в соответствии с принципами микросервисной или гибридной архитектуры [8, 9], либо слоистой архитектуры. Использование облачных сервисов также возможно, но в приоритетном порядке должна решаться задача безопасности внутреннего контура предприятия и доступа к нему из облачных сервисов. В случае, если предприятие к моменту осознания потребности в решении задачи сквозного пла-

нирования имеет разрозненный информационный комплекс, имеет смысл параллельно построить стратегию развития информационного комплекса предприятия, выбрав архитектурный подход.

Теоретические исследования и практические работы в сфере сквозного планирования рассматривают различные подходы к организации программно-аналитического комплекса предприятия [10]. Большинство из них предлагают единые решения, такие, как «1С:Комплексная автоматизация» [11], «1С:ERP Управление предприятием» [4], Oracle Hyperion Planning [12, 13], IBM Planning Analytics [14], SAP Analytics [15]. Однако в научных исследованиях по данной теме не исследуется состояние организации, когда к определенному моменту развития в ключевых функциональных подразделениях уже внедрены различные системы в соответствии с некоторыми выбранными архитектурными принципами, и настроено взаимодействие между ними.

В данной работе рассматриваются предприятия, сталкивающиеся с необходимостью дорабатывать существующий программный комплекс с целью повышения эффективности процесса сквозного планирования, и использующие микросервисную, гибридную, слоистую архитектуру, либо разрозненный программный комплекс. Процесс доработки информационного комплекса предприятия представляет собой формирование и реализацию портфеля ИТ-проектов, в котором каждый проект – это настройка недостающего взаимодействия (интеграции) между системами/модулями программного комплекса предприятия.

Согласно классификатору, разработанному в исследовании [16], модернизация подобного рода состояния организации классифицируется как оптимизационная задача поиска конкурентных решений по усовершенствованию инфраструктуры предприятия. Это подразумевает выделение набора нереализованных задач, а также определение приоритетов, в соответствии с которыми их целесообразно реализовывать. Данная задача является актуальной для предприятия, так как приводит к достижению стратегических целей.

1. Постановка задачи

Разработка ИТ-стратегии в организации является ключевым процессом, представляет особый интерес ввиду огромной роли и высокого уровня цифровизации большинства современных компаний.

Объектом исследования являются компании, чей информационный комплекс состоит из отдельных модулей, взаимосвязь которых реализована в том числе через передачу информационных объектов. Каждый микросервис (модуль) включает в себя свой стек функций, технологий, способов организации данных и программных интерфейсов, в зависимости от программной архитектуры предприятия [17]. Целеполагание данных организаций в рамках развития ИТ-ландшафта в контексте поддержки сквозного планирования подразумевает разработку плана по реализации согласованной доработки каждого микросервиса (модуля).

Стоит заметить, что концептуальная схема сквозного планирования может различаться в зависимости от экономических, производственных, финансовых и прочих процессов деятельности предприятия [4]. На основе статистического наблюдения за основными направлениями [18, 19], сформулируем возможный пример целей, которые ставит перед собой руководство компании при организации сквозного планирования, и вытекающие из них бизнес-требования к соответствующему программному комплексу (*рис. 1*).

Заметим, что достижение данных целей возможно только при наличии программного комплекса, реализующего полный набор соответствующих функций, информационных объектов и интеграций.

Для того, чтобы помочь организациям реализовывать стратегии развития информационных технологий, обеспечивающих возможность сквозного планирования, в рамках текущего исследования предлагается методика, основанная на проектировании эффективного шаблона высокоуровневого дизайна системы и приведения информационного комплекса предприятия к разработанному шаблону. Согласно компонентной методологии реинжиниринга бизнес-процессов, предложенных в работах Ю.Ф. Тельнова [20, 21], система предприятия представляет собой кортеж компонентов $S = \langle G, E, E_n, T, F, R, Z \rangle$. Применительно к рассматриваемой области, уточним определение компонент:

G – множество целей бизнеса, связанных с требованиями к информационному комплексу, представленных на *рис. 1*. В рамках работы актуальными являются рыночные и финансовые цели.

E – множество информационных элементов, а именно, модулей и систем, входящих в состав информационного комплекса, обеспечивающего сквозное планирование.

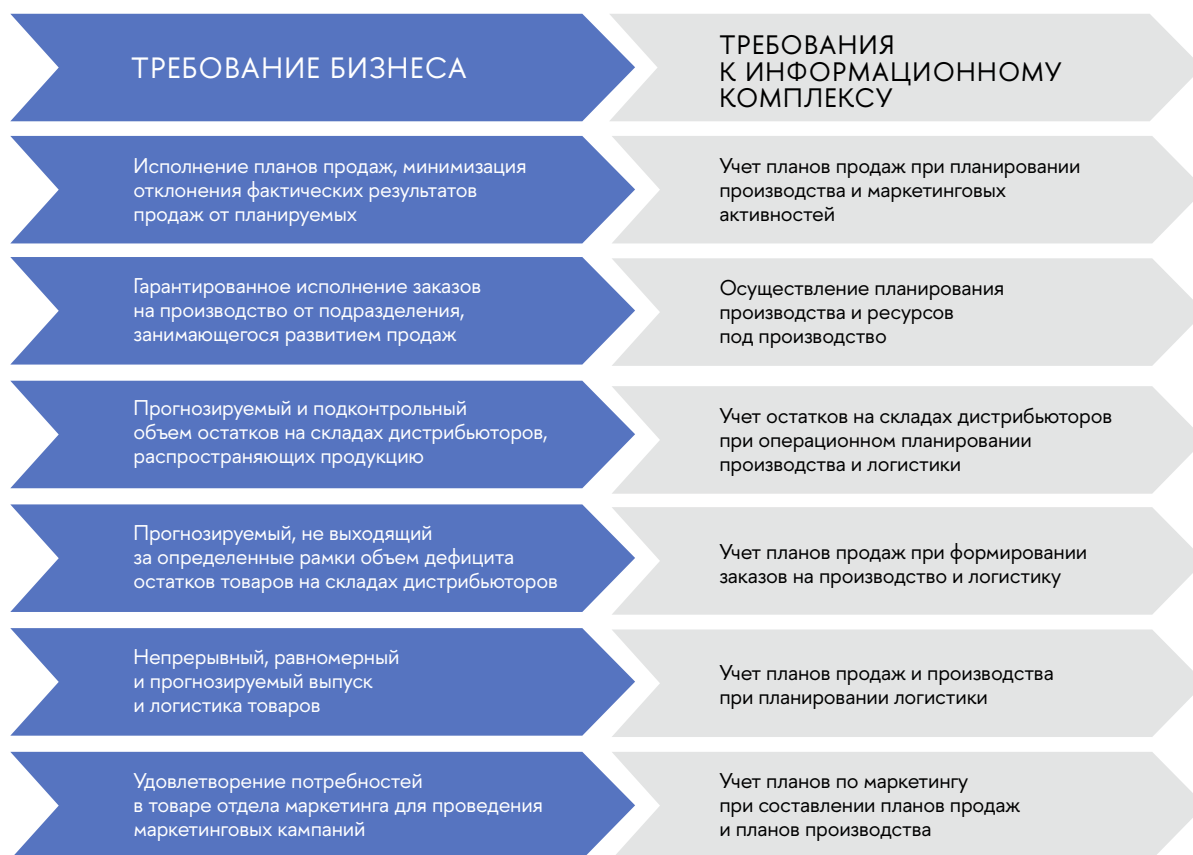


Рис. 1. Связь бизнес-требований предприятия в сфере сквозного планирования с требованиями к информационному комплексу.

E_n – множество элементов рыночной и общественной среды. В контексте решаемой в работе задачи подразумевают под собой экономические обстоятельства, вынуждающие организации повышать эффективность сквозного планирования на предприятии.

T – множество периодов времени, характеризующих цикличность процессов сквозного планирования.

F – множество функций, входящих в процесс сквозного планирования, реализуемых в рамках множества информационных модулей E .

R – множество отношений, которые будем интерпретировать как множество интерфейсов (интеграционных взаимодействий) между информационными модулями E . Каждый интерфейс – это настроенная передача отдельного информационного объекта из модуля E_n модулю E_m .

Z – множество закономерностей (стратегий, методов) функционирования информационно-

го комплекса. В качестве методов в работе предлагается использовать метод аналитических сетей Т.Л. Саати [22] для ранжирования приоритетов недостающих объектов.

Таким образом, постановка задачи в рамках предложенных терминов будет звучать следующим образом. Предлагается выделить типовой набор бизнес-процессов (функций) F_{full} , разложенных по программным модулям E_{full} , и полный типовой набор передаваемых используемых данных (информационных объектов) R_{full} из модуля E_n модулю E_m , которые нужны предприятию для организации сквозного планирования. Далее предлагается сравнить фактическое множество реализованных функций и передаваемых информационных объектов организации с типовым набором модели и выделить множество F и R , представляющее собой разницу между фактическим и типовым множеством. В качестве примера множества F можно привести одно из возможных состояний информационной инфраструктуры предприятия: отсутствие

функций учета и планирования логистики; нереализованная функция планирования маркетинга; формирование плана производства без учета факта продаж. Примером множества R может служить следующий набор отсутствующих информационных объектов: отсутствие планов по производству в модуле логистики, данных по продажам в модуле маркетинга, фактов продаж в модуле производства. Далее задача сводится к реализации недостающих информационных объектов в соответствующих модулях, а также недостающих функций, использующих эти объекты. Для повышения эффективности реализации данной задачи необходимо рассчитать приоритеты портфеля недостающих объектов.

Этапы описанной методики приведены на *рис. 2*.

2. Жизненный цикл процесса сквозного планирования

Для того, чтобы сформировать требования к потокам данных для высокоуровневого дизайна программно-аналитического комплекса предприятия, соответствующего сформулированным целям, необходимо определить требования к взаимосвязям между модулями:

- ◆ Фактические данные о продажах должны быть учтены при планировании продаж, маркетинговых кампаний и производства [23, 24].
- ◆ Планы по продажам и маркетинговым кампаниям должны формироваться взаимозависимо [25–27].
- ◆ Остатки на складах подразделений, осуществляющих функцию продаж (это может быть собственная сеть магазинов, реализация через дистрибьюторов или через любые другие каналы продаж [23]), должны приниматься в расчет при планировании продаж, планировании производства, планировании логистики.
- ◆ Заявки на производство, формируемые подразделением продаж, должны быть включены в планы заказов на производство, при этом перечень товаров, доступных для заказа на производство, должен быть доступен при формировании заявок на производство [28–30].
- ◆ Остаток сырья для производства должен быть учтен при планировании производства [28].
- ◆ План производства должен приниматься в качестве входных данных при планировании логистики [31].
- ◆ Факт производства и заявки на доставку товара должны быть учтены при планировании логистики.

- ◆ Дополнительные заявки на выпуск продукции, формируемые подразделением маркетинга исходя из планирования маркетинговых акций, должны быть учтены при планировании производства [26, 32].

Таким образом, исходя из перечисленных требований к обмену данными между программными модулями, можно составить модель потоков данных, обеспечивающую достаточное количество интеграционных взаимодействий для связки всех процессов планирования. Модель требований к обмену данными представлена на *рис. 3*.

Помимо требований к обмену данными между модулями, модель учитывает требования к цикличности и взаимосвязанности бизнес-процессов планирования продаж, производства, маркетинговых кампаний и логистики.

3. Проектирование информационной архитектуры

В предыдущих разделах были описаны предпосылки, обуславливающие крупные предприятия производить сквозное планирование продаж, производства, маркетинга и логистики; представлена модель жизненного цикла сквозного планирования, а также сформулированы требования к программному комплексу. Текущий раздел содержит предлагаемую модель программно-информационного комплекса, позволяющего обеспечивать непрерывный процесс планирования, увязывающий деятельность различных подразделений компании, а также обеспечивающий высокий уровень аналитического обоснования планов.

Для того, чтобы перейти от модели обмена данными к модели высокоуровневого дизайна системы, необходима нотация, соответствующая набору требований. На основе анализа и обобщения существующих типов диаграмм и опыта ИТ-архитекторов различных предприятий выделим требования к нотации, исходя из потребностей для решения поставленных задач:

1. Схема должна в явном виде демонстрировать микросервисы предприятия, так как они являются основными структурными элементами программного комплекса.
2. Схема должна раскрывать функциональное наполнение модулей.
3. Иллюстрация полного набора потоков информационных объектов между модулями.

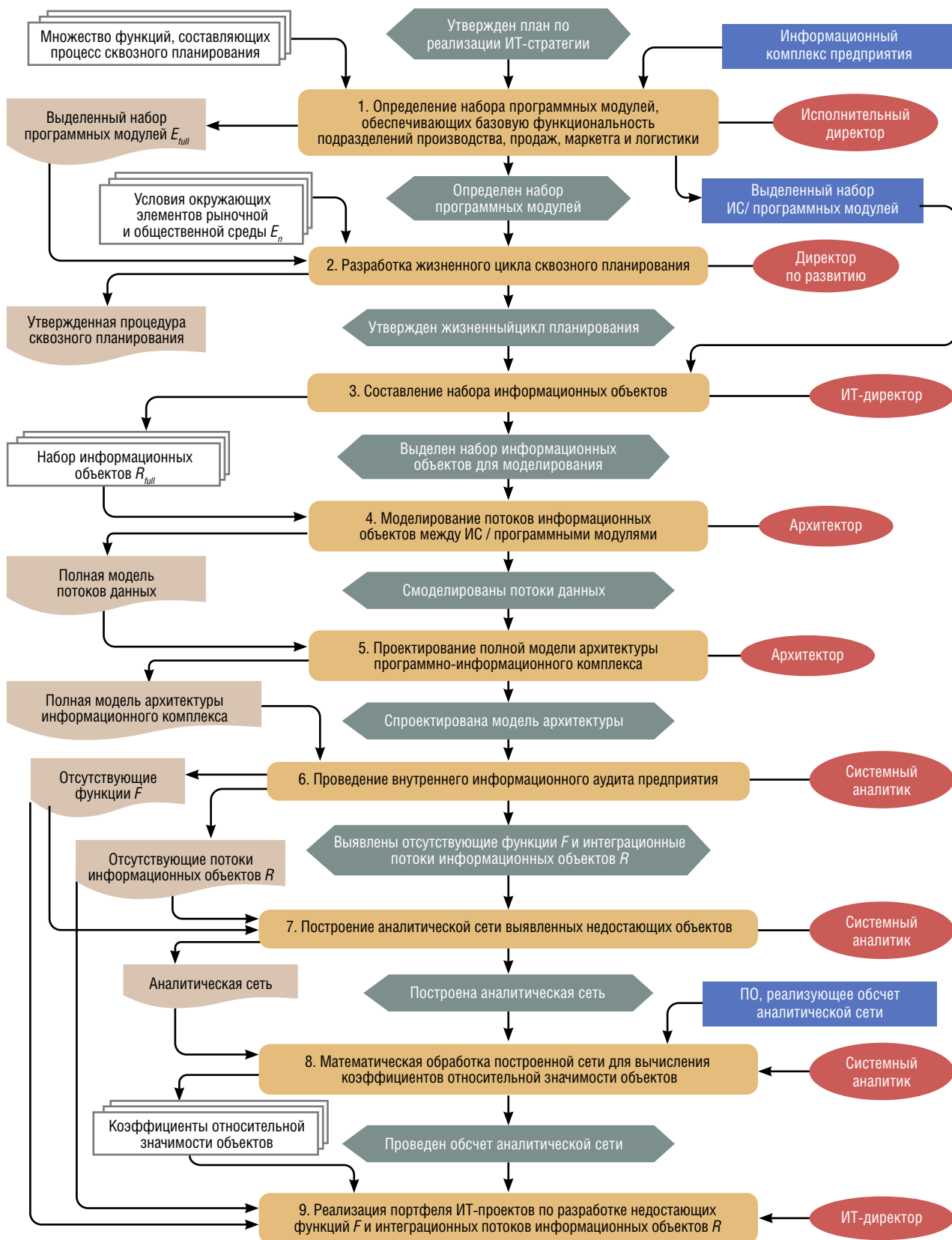


Рис. 2. Методика внедрения архитектурных изменений, обеспечивающих сквозное планирование, в информационный комплекс предприятия.

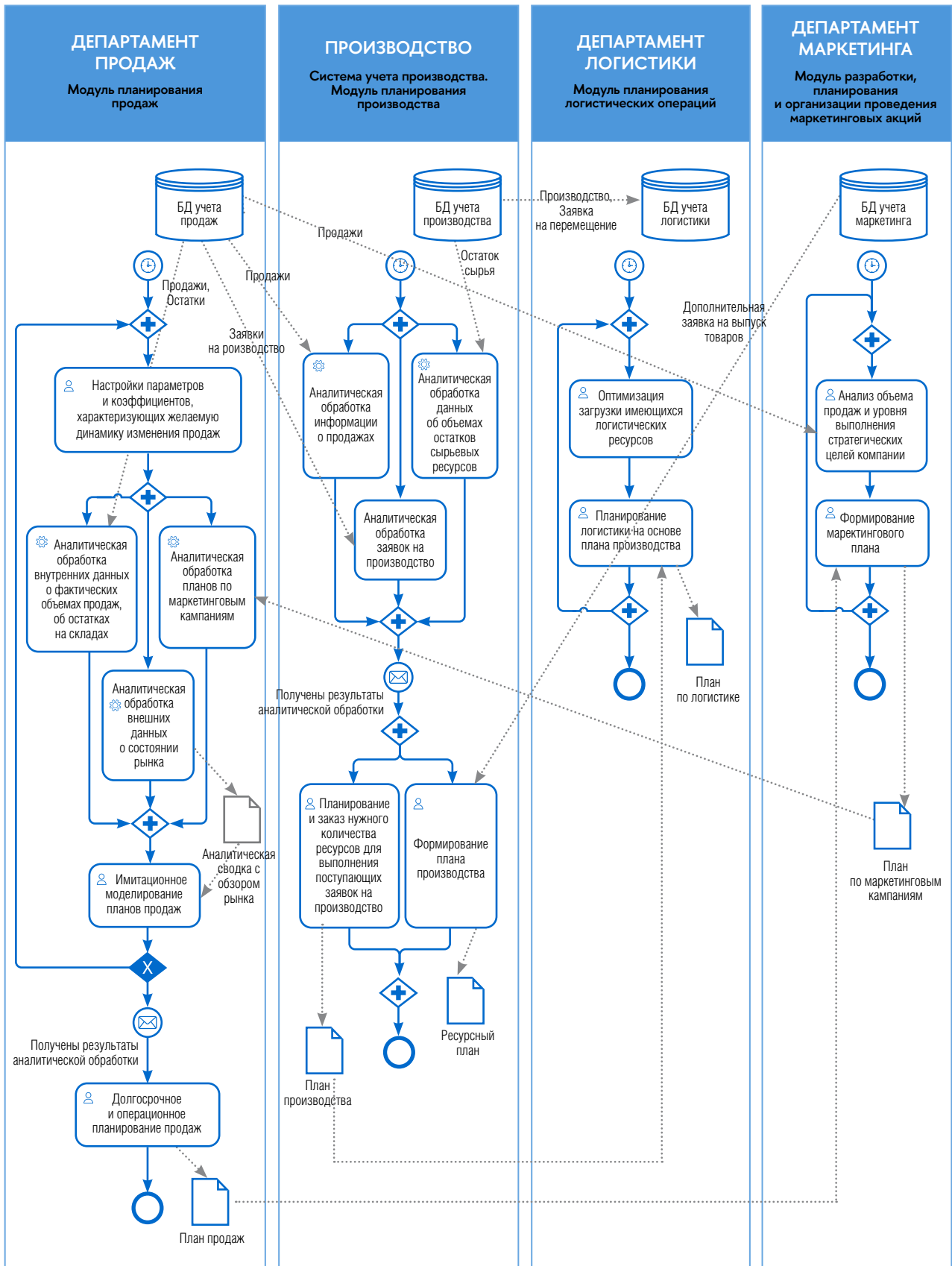


Рис. 3. Модель потоков данных для высокоуровневого дизайна программно-аналитического комплекса предприятия, обеспечивающего сквозное планирование.

4. Демонстрация принадлежности информационных объектов базам данных микросервисов. При этом важно понимать, в каких микросервисах информационные объекты создаются, а в каких — используются и не изменяются.

5. Схема должна позволять демонстрировать вложенность модулей.

Схема, удовлетворяющая данным требованиям, позволит учесть ключевые факторы при принятии решений о развитии высокоуровневого дизайна информационного комплекса предприятия и не упустить важные сущности. Подобное представление также позволит проводить экспертизу коэффициентов приоритизации, которые будут рассчитываться в результате применения предложенной методики. Данная схема может являться удобным вспомогательным инструментом управления и контроля над реализацией портфеля проектов по доработке информационного предприятия, так как соответствует языку и технических специалистов, и менеджеров в сфере ИТ.

В рамках исследования были изучены существующие нотации и рассмотрены популярные решения для визуального моделирования. Выявлено, что ни одна из структурных диаграмм, таких, как UML, STR, ERD, FDD [33, 34] не удовлетворяют всем перечисленным требованиям. Диаграммы поведения UML [33] делают акцент на сценариях и бизнес-процессах. Объектно-ориентированные диаграммы UML и RUP не демонстрируют структуру модулей (микросервисов). IDEF и DFD [34, 35] делают акцент на функции системы и потоки информации и материальных объектов, но создают слабое представление о высокоуровневом дизайне информационного комплекса. ARIS [36] ориентирован на потоки событий и функций, но не подчеркивает высокоуровневый дизайн систем.

Для того, чтобы удовлетворять перечисленным требованиям наглядности и полноте, возьмем за основу диаграмму компонентов развертывания UML: она подразумевает взгляд на архитектуру предприятия с точки зрения развертывания модулей (микросервисов). Предложим следующие структурные дополнения к нотации диаграммы: включим перечень реализуемых функций внутрь каждого модуля; добавим перечень конкретных передаваемых информационных объектов и направления их передачи; включим явное указание сущностей в БД и признаков мастер-систем и систем-получателей. Полученную схему будем называть «Информационная архитектура».

Формализуем предложенное определение. Информационная архитектура — это диаграмма, которая показывает архитектуру высокоуровневого дизайна системы, включая такие узлы, как модули (микросервисы) информационного комплекса; реализуемые внутри модулей функции; хранимые, обрабатываемые и передаваемые между модулями информационные объекты.

На *рисунке 4* предложена модель информационной архитектуры, которая является эффективным прототипом для проектирования программно-информационного комплекса, обеспечивающего эффективное сквозное планирование на предприятии.

Сопроводительная справка по доработанной нотации:

1. Крупные прямоугольники представляют собой системы/модули, установленные на предприятии. Необходимо иметь в виду, что в реальной практике встречается иное количество модулей и распределение функций между ними. Предложенная схема представляет собой унифицированное усредненное архитектурное решение.
2. Блоки с функциями, реализуемыми внутри систем/модулей. Данные функции выведены в разделе 3 исходя из требований, предъявляемых к информационному комплексу предприятиями-производителями товаров среднесрочной оборачиваемости.
3. Стрелки, исходящие из одних систем/модулей, входящих в другие системы/модули, являются информационными потоками, передающимися в рамках описанного бизнес-процесса.
4. Базы данных в виде «цилиндров» и указание информационных объектов, содержащихся в этих базах. Необходимо иметь в виду следующий важный фактор: требования к целостности и единой версии мастер-данных на предприятиях обязывают строго следить за системами источниками и системами получателями данных. Данный аспект важен при разработке интеграций между системами, а также при внедрении аналитического хранилища и модели данных, на которой обычно строится аналитическая отчетность. Поэтому данный аспект отражен на информационной архитектуре, а именно, информационные объекты, для которых система/модуль является мастер-системой, изображены на белом прямоугольнике внутри базы данных, а объекты, для которых система/модуль является получателем и внутри которой не производится изменение этих объектов, изображены на сером прямоугольнике внутри базы данных.

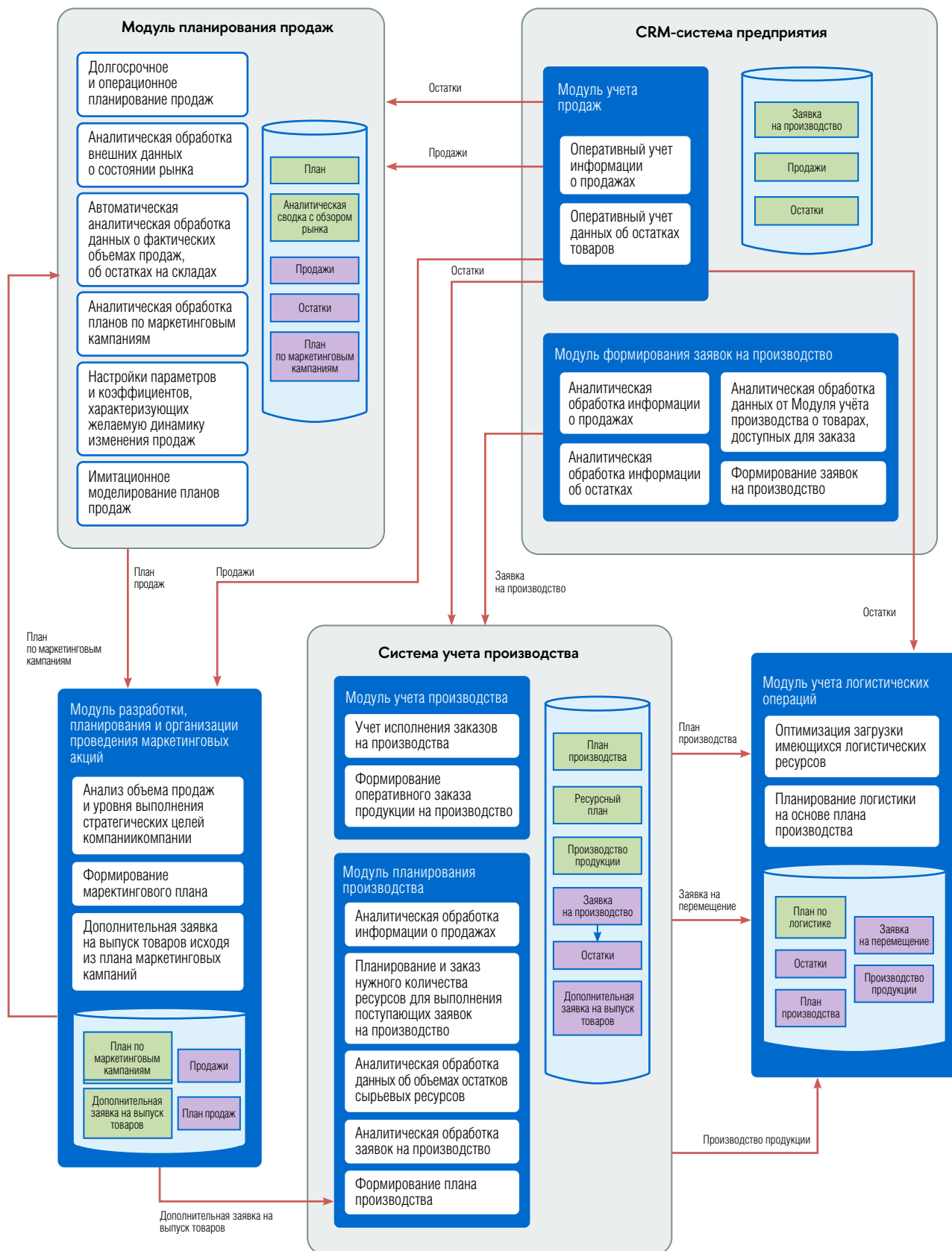


Рис. 4. Модель архитектуры программно-информационного комплекса, обеспечивающего эффективное сквозное планирование.

Таким образом, в информационный комплекс, обеспечивающий эффективное сквозное планирование, предлагается включить следующие **системы и модули**:

1. **CRM-система** (Customer Relationship Management, «управление взаимоотношениями с клиентами»). Для обеспечения процесса планирования производства данная система должна содержать два модуля: *Модуль учета продаж дистрибьюторов*, который собирает данные о продажах дистрибьюторов, и *Модуль формирования заказов на производство*, который позволяет делать заказ продукции.

Для успешной реализации перечисленных функций в модулях CRM-системы необходимо обеспечить формирование и передачу модулям-потребителям следующих информационных объектов:

- ◆ Продажи. Учету и планированию могут подлежать как продажи дистрибьюторам, так и продажи конечным покупателям (через дистрибьюторов или напрямую). Для учета продаж конечным покупателям внедряются отдельные CRM-системы, передающие данные через дистрибьюторов.
- ◆ Остатки на складах дистрибьюторов.
- ◆ Перечень товаров, доступных для заказа на производство.
- ◆ Заявка на производство.

2. **Модуль планирования продаж**. Данная система обычно представляет собой аналитический модуль, являющийся частью операционной CRM, либо отдельную независимую систему, интеграция с которой настроена посредством ETL-решения (Extract, Transform, Load – «извлечение, преобразование, загрузка»). Принимая во внимание часто встречающуюся сложность процесса планирования на современных предприятиях, будем считать, что в требованиях к архитектуре правильнее учитывать данный модуль отдельным независимым модулем.

Для успешной реализации перечисленных функций в *Модуле планирования продаж* необходимо обеспечить формирование и передачу следующих информационных объектов:

- ◆ Планы продаж.
- ◆ Аналитическая сводка с анализом рынка.

3. **Система учета производства**. Данная система служит для учета производственных процессов, планирования объема производства товаров и сырьевых ресурсов. В отличие от планирования продаж, в котором принимает участие большое количество факторов, таких, как динамика рынка, внешние ана-

литические отчеты, имитационное моделирование, планирование маркетинговых кампаний, – планирование производства, в первую очередь, строится на основании утвержденных планов продаж, в связи с чем планирование чаще всего представляет собой модуль, встроенный в Систему учета производства. Таким образом, архитектуру системы учета производства имеет смысл представить двумя встроенными модулями: *Модуль учета производства* и *Модуль планирования производства*.

Для успешной реализации перечисленных функций в Системе учета производства необходимо обеспечить формирование и передачу следующих информационных объектов:

- ◆ План производства.
- ◆ Заказ продукции в производство.
- ◆ Заказ сырья для производства.
- ◆ Производство продукции.
- ◆ Остаток продукции в производстве.
- ◆ Остаток сырья для производства.

4. **Модуль учета логистических операций**. В данном модуле производится регистрация логистических перемещений в соответствии с планами по логистике, а также оптимизация загрузки имеющихся логистических ресурсов.

Для успешной реализации перечисленных функций в *Модуле учета логистических операций* необходимо обеспечить формирование и передачу следующих информационных объектов:

- ◆ План по логистике.
- ◆ Заявка на перемещение.
- ◆ Перемещение.
- ◆ Остаток в логистике.

5. **Модуль разработки, планирования и организации проведения маркетинговых акций**. Операции, производимые в подразделении маркетинга, имеют непосредственное отношение к процессу производства и продаж, так как непосредственно влияют на структуру и объем реализуемых товаров. Планирование продаж невозможно осуществить с высокой степенью точности без учета активностей маркетингового подразделения.

Для успешной реализации перечисленных функций в *Модуле разработки, планирования и организации проведения маркетинговых акций* необходимо обеспечить формирование и передачу следующих информационных объектов:

- ◆ План по маркетинговым кампаниям.
- ◆ Дополнительная заявка на выпуск товаров.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что перечисленные модули, занимающиеся оперативным учетом и планированием деятельности указанных подразделений, должны быть интегрированы друг с другом для передачи и получения информационных объектов, а также успешной реализации функций, использующих эти объекты.

4. Последовательность реализации портфеля ИТ-проектов

Сформулированные требования к высокоуровневому дизайну программно-аналитического комплекса, обеспечивающего сквозное планирование на предприятии, наглядно демонстрируют логическую архитектуру. Данная архитектура будет обеспечивать непрерывный и взаимосвязанный процесс планирования различных подразделений организации, учитывающий факторы и информационные объекты, возникающие у смежных подразделений, что обеспечивает высокий уровень аналитического обоснования и высокую точность планирования.

Предполагается, что предприятие имеет возможность сверить свою текущую информационную архитектуру и бизнес-процессы с представленной шаблонной схемой и, при необходимости, запустить проекты по реализации недостающих интеграций между своими текущими программными модулями. Это сможет обеспечить наличие нужных информационных объектов в соответствующих модулях, а также встраивание в текущие бизнес-процессы новых недостающих функций, использующих эти информационные объекты.

При этом необходимо иметь ввиду, что проекты интеграции информационных систем – это трудоемкие и сложные задачи, каждая из которых требует выделения большого количества ресурсов и высокого уровня квалификации членов команды [37, 38]. Поэтому, после сверки с предлагаемым базовым макетом и выделения слабых мест в текущей информационной архитектуре и бизнес-процессах, необходимо составить перечень недостающих интеграций и реализаций функций в системах и приоритизировать их. Дальнейшие проекты по реализации выделенных интеграций и функций необходимо вести в соответствии с определенными приоритетами, так как это обеспечит более оптимальное распределение ресурсов и более высокую эффективность.

Таким образом, следующая управленческая задача, которую необходимо решить – это ранжирование проектов по реализации недостающих интеграций/функций. Основным требованием к проведению ранжирования является учет зависимостей и взаимозависимостей, которые существуют между программными модулями и элементами бизнес-процессов, реализованных в разных модулях. Возможностью учитывать эти зависимости обладает метод аналитических сетей (МАС), являющийся продолжением метода анализа иерархий (МАИ), разработанный Томасом Л. Саати [22, 39]. В соответствии с данным методом нужно построить сеть информационных объектов, программных модулей и их взаимосвязей, которые возникают при разработке комплексного высокоуровневого дизайна. Выполним построение полного вида сетевой структуры информационных объектов и программных модулей (рис. 5).

Объекты, входящие в аналитическую сеть, будем трактовать следующим образом:

- ◆ Кластер альтернатив представляет собой полный набор Информационных объектов, для которых необходимо рассчитать приоритет относительной значимости. В соответствии с данными приоритетами руководство предприятия сможет составить портфель ИТ-проектов на реализацию.
- ◆ Стрелки от программных модулей к информационным объектам означают, что объекты влияют на модули. Это влияние выражается в реализации новых функций, которые можно будет реализовать в этих модулях, при появлении в них новых информационных объектов.
- ◆ Стрелки от информационных объектов к программным модулям означают, что модули влияют на объекты. Это влияние обусловлено сложностью реализации недостающих интеграций и системы хранения информационных объектов.
- ◆ Стрелки между программными модулями указывают потоки влияния, которое оказывают программные модули друг на друга ввиду наличия информационных потоков между ними.

Каждую зависимость (каждую сформированную стрелку) необходимо задать набором матриц попарных сравнений относительной значимости соответствующих элементов. При осуществлении попарных сравнений задается следующий вопрос: «для заданного элемента сети и сравниваемой пары элементов насколько сильнее влияние данного объек-

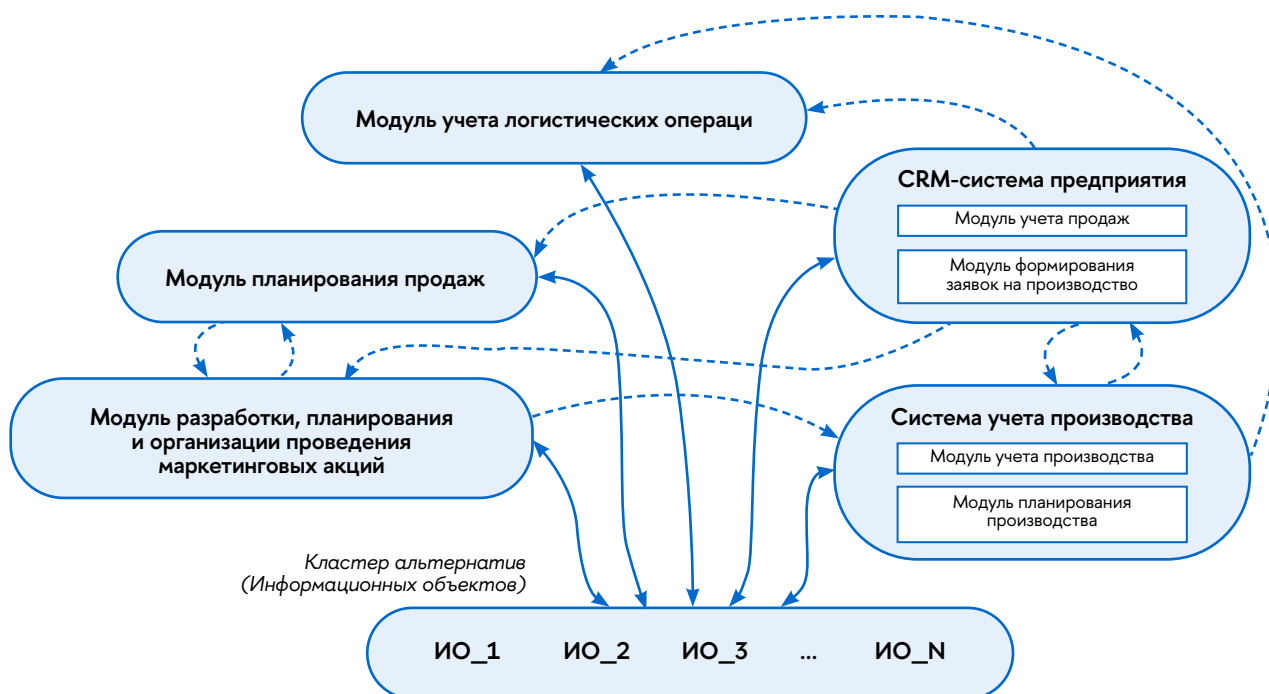


Рис. 5. Аналитическая сеть, отражающая зависимости и взаимосвязи программных модулей и информационных объектов.

та из пары на оцениваемый элемент по сравнению с другим элементом?». Оценки задаются в девяти-балльной шкале, где значение 1 балл означает, что сравниваемые элементы равнозначны, а оценка в 9 баллов означает полное превосходство.

Пусть $R = (R_1, R_2, \dots, R_n, R_N)$ $n = (1, \dots, N)$ – набор альтернатив (информационных объектов), $E = (E_1, E_2, \dots, E_k, \dots, E_K)$ $k = (1, \dots, K)$ – набор программных модулей, в рамках которых необходимо произвести доработки по реализации новых бизнес-процессов и интеграций.

Исходя из структуры построенной аналитической сети, имеем следующие виды зависимостей:

- ◆ Зависимости программных модулей друг относительно друга (зависимости типа I, на рис. 5 отображены пунктирными стрелками). При осуществлении попарных сравнений программных модулей друг относительно друга задается следующий вопрос: «программная доработка какого модуля имеет для бизнеса больший приоритет в настоящее время?». Таким образом, получим набор матриц попарных сравнений относительной значимости $P_{(x,y)}^I$, где $x, y = (E_1, \dots, E_K)$.
- ◆ Зависимости между альтернативами и программными модулями:

- Зависимости между программными модулями с учетом влияния на них информационных объектов (зависимости типа IIa, на рис. 5 отображены сплошными стрелками, исходящими из кластера альтернатив). При осуществлении попарных сравнений модулей относительно влияния на них альтернатив задается следующий вопрос: «для данного информационного объекта (альтернативы) в каком модуле важнее реализовать интеграцию для последующей реализации недостающих функций в данном модуле?». Таким образом, получим набор матриц попарных сравнений относительной значимости модулей, элементы которой обозначим как $P_{n(p,t)}^{IIa}$ – результат сравнения относительной значимости модулей $p, t = (E_1, \dots, E_K)$ относительно важности реализации в них информационного объекта $n = (R_1, \dots, R_N)$.
- Зависимости между информационными объектами (альтернативами) с учетом влияния на них программных модулей (зависимости типа IIb, на рис. 5 отображены сплошными стрелками, входящими в кластер альтернатив). При осуществлении попарных сравнений альтернатив относительно влияния на них программ-

ных модулей задается следующий вопрос: «для данного модуля какой именно информационный объект (альтернативу) реализовать важнее?». Таким образом, получим набор матриц попарных сравнений относительной значимости альтернатив, элементы которой обозначим как $P_{k(m,l)}^{Ilb}$ – результат сравнения относительной значимости альтернатив $m, l = (R_1, \dots, R_N)$ относительно важности реализации их в программном модуле $k = (E_1, \dots, E_K)$.

Далее для матрицы попарных сравнений относительной значимости программных модулей вычисляется собственный вектор $Z_{\text{собств.}E} = (Z_{\text{собств.}1}, \dots, Z_{\text{собств.}e}, \dots, Z_{\text{собств.}E})$, соответствующий максимально-му собственному значению матрицы. Общий вид для вычисления собственного вектора, исходя из определения собственного вектора:

$$P_{(x,y)}^I \cdot Z^I_{(\text{собств.}E)} = \lambda^I_{\max E} \cdot Z^I_{(\text{собств.}E)}. \quad (1)$$

Элементы полученного вектора преобразуются согласно следующему правилу:

$$w_m^I = \frac{Z^I_{(\text{собств.}m)}}{\sum_{m=1}^M Z^I_{(\text{собств.}E)}}. \quad (2)$$

Вектор $W^I = (w_1, \dots, w_E)$ – это вектор коэффициентов относительной значимости программных модулей. Аналогичным образом вычисляются собственные векторы для матриц попарных сравнений типа *Ia* и типа *Ib*. Общий вид для вычисления собственных векторов:

$$P_{n(p,t)}^{Ia} \cdot Z^{Ia}_{\text{собств.}n(p,t)} = \lambda^{Ia}_{\max n(p,t)} \cdot Z^{Ia}_{\text{собств.}n(p,t)}; \quad (3)$$

$$P_{k(m,l)}^{Ib} \cdot Z^{Ib}_{\text{собств.}k(m,l)} = \lambda^{Ib}_{\max k(m,l)} \cdot Z^{Ib}_{\text{собств.}k(m,l)}. \quad (4)$$

Элементы данных векторов подлежат следующему преобразованию:

$$w_{n(p,t)}^{Ia} = \frac{z_{\text{собств.}n(p,t)}^{Ia}}{\sum_{m=1}^M z_{\text{собств.}n(p,t)}^{Ia}}; \quad (5)$$

$$w_{k(m,l)}^{Ib} = \frac{z_{\text{собств.}k(m,l)}^{Ib}}{\sum_{m=1}^M z_{\text{собств.}k(m,l)}^{Ib}}. \quad (6)$$

Полученные векторы $w_m^I, w_{n(p,t)}^{Ia}, w_{k(m,l)}^{Ib}$ далее группируются в суперматрицу $P_{\text{SuperMatr}}$ (понятие суперматрицы введено в [22]). Коэффициенты относительной значимости программных модулей будут служить для взвешивания блоков су-

перматрицы. Далее суперматрица возводится в предельную степень до тех пор, пока результат не стабилизируется:

$$P_{\text{SuperMatr}}^{\text{lim}} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N P_{\text{SuperMatr}}^k. \quad (7)$$

Значения искоемых коэффициентов относительной значимости информационных объектов будут рассчитаны в соответствующих блоках и могут быть использованы при планировании ресурсов на осуществление недостающих программных доработок.

Для практического применения предложенной методики на предприятии можно использовать различное программное обеспечение, реализующее метод аналитических сетей. В работе В.А. Латыповой произведен сравнительный анализ программных средств, реализующих МАИ и МАС [40]. В рамках текущей работы использовалось бесплатное образовательное программное обеспечение SuperDecisions [41, 42].

Заключение

В работе представлен подход к разработке высокоуровневого дизайна программно-аналитического комплекса, обеспечивающего сквозное планирование предприятия. Предложена пошаговая методика внедрения архитектурных изменений, которая поможет предприятиям, занимающимся производством товаров среднесрочной оборачиваемости, произвести внутренний аудит программного комплекса, обеспечивающего ключевые функции предприятия, и запустить в реализацию портфель доработок, которые обеспечат реализацию выявленных недостающих функций.

Необходимо отметить, что предложенный высокоуровневый дизайн является обобщением и поддерживает усредненный процесс сквозного планирования производства на логическом уровне. В реальной практике могут встречаться отклонения от представленной архитектуры. Данные отклонения обусловлены различным исходным уровнем информатизации предприятий, разницей в программных комплексах, финансовыми ресурсами, которыми располагает предприятие, выбором конкретных программных решений каждого модуля, и прочими факторами, являющимися индивидуальными для каждой конкретной компании. Однако разработанную в

рамках статьи архитектуру предлагается использовать как основу для проведения информационного аудита с целью оптимизации бизнес-процессов сквозного планирования.

В качестве направлений для дальнейшего развития методики можно выделить следующие:

- ◆ расширение функционального состава программных модулей, а также разработка атрибутивного состава описанных информационных объектов;
- ◆ использование описанного подхода для оценки программной реализации недостающих функций в программном комплексе предприятия;
- ◆ разработка подхода к оценке эффективности предлагаемых доработок информационного комплекса;
- ◆ развитие предложенной аналитической сети в соответствии с методикой, основанной на оценке выгод, возможностей, издержек и рисков;
- ◆ обобщение предложенного подхода на другие ключевые функции предприятия. ■

Литература

1. Янковская В.В. Планирование на предприятии. М.: ИНФРА-М, 2023.
2. Ильин А.И. Планирование на предприятии. 9-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2014.
3. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А., Данилов А.В. Технология проектирования инновационных процессов создания продукции и услуг сетевого предприятия с использованием i4.0-системы, основанной на знаниях // Бизнес-информатика. 2021. Т. 15. № 4. С. 76–92. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2021.4.76.92>
4. Данилочкина Н.Г. Концепция сквозного планирования на промышленных предприятиях // Актуальные проблемы социально-экономического развития России. 2019. № 4. С. 38–41.
5. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга: Пер. с нем. М.: Финансы и статистика, 1999.
6. Брагина А.В., Вертакова Ю.В., Евченко А.В. Развитие сквозных технологий планирования деятельности промышленного предприятия в условиях цифровизации экономики // Организатор производства. 2020. Т. 28. №1. С. 24–35.
7. Минаев В.А., Мазин А.В., Здирук К.Б., Куликов Л.С. Цифровые двойники объектов в решении задач управления // Радиопромышленность. 2019. Т. 29. № 3. С. 68–78. <https://doi.org/10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78>
8. Копелиович Д.И., Кургуз М.А., Лебедев В.В., Копелиович Д.И. Микросервисная архитектура как разновидность сервис-ориентированной архитектуры // Наукосфера. 2022. № 4-2. С. 230–235.
9. Ибатулин М.Ю., Терентьев В.А. Применение микросервисных архитектур для построения бизнес-архитектуры предприятия в эпоху цифровой трансформации // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2018): Сборник научных трудов XXI Российской научной конференции. В 2-х томах, Москва, 26–28 апреля 2018 года / Под научной редакцией Ю.Ф. Тельнова. Том 1. М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2018. С. 376–381.
10. Ричардс М., Форд Н. Фундаментальный подход к программной архитектуре: паттерны, свойства, проверенные методы. СПб.: Питер, 2023.
11. Курзова Ю.А. Обзор программы 1С: Комплексная автоматизация // Блог Архитектора бизнеса, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.1ab.ru/blog/detail/1s-kompleksnaya-avtomatizatsiya-obzor/> (дата обращения: 06.07.2024).
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022665892 Российская Федерация. ССК. Система-2 бизнес-планирования и бюджетирования на базе программного комплекса Oracle Hyperion Planning 11.1.2.4, № 2022664704, заявл. 03.08.2022, опубл. 23.08.2022; заявитель Акционерное общество «Сибирская Сервисная Компания».
13. Миняйло А.С. Исследование информационных рисков российских промышленных компаний в системах управления бюджетным процессом // Корпоративная экономика. 2020. № 4(24). С. 4–21.
14. Пирогов М.В., Абдулганиев А.Н., Мартинович Д.А. Применение технологии многомерных хранилищ данных (OLAP) на базе системы управления финансовой результативностью и деятельности предприятия IBM Planning Analytics // Вопросы региональной экономики. 2022. № 4(53). С. 144–162.
15. Nazarov D.M., Nazarov A.D., Kovtun D.B. Building technology and predictive analytics models in the SAP analytic cloud digital service // Proceedings of the 2020 IEEE 22nd Conference on Business Informatics (CBI 2020). Antwerp, 22–24 June 2020. Vol. 2. P. 106–110. <https://doi.org/10.1109/CBI49978.2020.10067>
16. Брагина А.В. Технологическая модернизация промышленного предприятия с использованием технологии сквозного планирования. Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Курск, 2021.
17. Смирнов М. Микросервисная архитектура в корпоративном ИТ-ландшафте // Открытые системы. СУБД. 2017. № 4. С. 38–41.

18. Терентьев А.В., Поляков Ю.Н. Концепция проектирования и конструирования базового алгоритма процесса бизнес-планирования в организациях малого и среднего бизнеса // Менеджмент: теория и практика. 2020. № 1-3. С. 99–105.
19. Шатаева О.В., Акимова Е.Н., Николаев М.В. Экономика организации (предприятия). 2-е изд., испр. и доп. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2021.
20. Тельнов Ю.Ф. Федоров И.Г. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. Методология и технология. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017.
21. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: Компонентная технология (2-е изд.). М.: Финансы и статистика, 2005.
22. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: ЛЕНАНД, 2015.
23. Гусаков И.В. Анализ и планирование продаж в компаниях рынка FMCG. М.: Нобель Пресс, 2014.
24. Леманн Д.Р. Управление продуктом. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017.
25. Жукова Т.Н. Управление и организация маркетинговой деятельности. Москва: ИНФРА-М, 2021.
26. Котлер Ф., Сондерс Д., Армстронг Г., Вероника В. Основы маркетинга. Краткий курс.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2007.
27. Тойменцева И.А., Михайлов А.М. Влияние маркетинговых и управленческих решений на процесс оптимизации бюджета предприятия // Вестник Самарского экономического университета. 2015. № 12(134). С. 16–19.
28. Смурнов Е.С. Автоматизация учета материала. М.: Лаборатория Книги, 2010.
29. Семенова Н.В., Байгулова А.А. Основы производственного менеджмента: электронный учебный курс. Ульяновск: УлГУ, 2014.
30. Фарахутдинов Ш.Ф. Современные тенденции и инновационные методы в маркетинговых исследованиях. Москва: ИНФРА-М, 2021.
31. Горский М.А., Халиков М.А. Модели и методы оценки оптимального размера производственного сегмента предприятия // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 1-1. С. 23–32.
32. Ойнер О.К. Управление результативностью маркетинга. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2022.
33. Петрова И.Р., Фахртдинов Р.Х., Сулейманова А.А., Разживин И.О., Фазулзянов А.Г. Методология объектно-ориентированного моделирования. Язык UML. Казань: Казан. ун-т, 2018.
34. Фримен Э., Робсон Э., Сьерра К., Бейтс Б. Head First. Паттерны проектирования. 2-е издание. СПб.: Питер, 2024.
35. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. Издание официальное. Госстандарт России. М.: 2000.
36. Назарова О.Б., Новикова Т.Б., Масленникова О.Е. ARIS: Теория и практика бизнес-моделирования. 3-е изд. М.: ФЛИНТА, 2023.
37. Первухин Д.В., Исаев Е.А., Рытиков Г.О., Филюгина Е.К., Айрапетян Д.А. Сравнительный анализ теоретических моделей каскадных, итеративных и гибридных подходов к управлению жизненным циклом ИТ-проекта // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 32–40. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2020.1.32.40>
38. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. М.: ПМСОФТ, 2005.
39. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и Связь, 1993.
40. Латыпова В.А. Сравнительный анализ и выбор программных средств, реализующих метод анализа иерархий // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2018. Т. 6, № 4 (23). С. 322–347. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2018.23.4.024>
41. Saaty R.V. Decision making with dependencies and feedbacks. A tutorial for SuperDecisions software. Pittsburgh: Foundation for Creative Solutions, 2016.
42. Официальный сайт системы Super Decisions // Creative Decisions Foundation, 2024. [Электронный ресурс]: <https://www.superdecisions.com> (дата обращения: 06.07.2024).

Приложение 1.

Анализ применимости программной архитектуры для решения задач сквозного планирования

Архитектура	Исследования	Достоинства	Недостатки	Применимость для решения задач сквозного планирования
Монолитные комплексные решения	Эдсгер Дейкстра сформулировал принципы структурного программирования в 1970–1980 годах. С появлением персональных компьютеров и развитием графического интерфейса программное обеспечение стало более доступным и распространенным. В 1990 годах монолитная архитектура стала доминирующим подходом для разработки приложений. Принципы монолитной архитектуры не развивались как отдельная концепция, а скорее применялись и совершенствовались в контексте разработки и эволюции программного обеспечения и были преобладающим подходом. Само понятие «монолитной архитектуры» появилось позже, когда стали развиваться альтернативные подходы.	<ul style="list-style-type: none"> Эффективны для небольших и простых систем Простота развертывания Стабильная работа 	<ul style="list-style-type: none"> Сложно масштабировать Обладают слабой отказоустойчивостью Риск зависимости от единой платформы и технологий 	Монолитные комплексы применимы для решения задач сквозного планирования только для мелких организаций, в которых слабо развит подход к планированию и учитывается маленькое количество факторов при планировании. Монолитные комплексы могут обеспечить в своих рамках определенный процесс, но крайне сложны для развития и интеграции с внешними модулями.
Событийно-ориентированная архитектура (EDA)	Развитие событийно-ориентированной архитектуры связано с объектно-ориентированным программированием (ООП). В 1970-х годах концепцию развивали Алан Кей и Дэвид Парнас. Далее в 1980-х годах Бьерн Страуструп объединил элементы процедурного программирования с объектно-ориентированным подходом. В начале 2000-х годов активно развивалось ООП, на основе этих принципов начала развиваться микросервисная архитектура.	<ul style="list-style-type: none"> Высокая общая адаптивность Высокая производительность Масштабируемость 	<ul style="list-style-type: none"> Сложен для реализации из-за асинхронной, распределенной природы Необходимо решать проблемы доступности дистанционных процессов Необходимость построения логики повторного подключения брокера Отсутствие атомарных транзакций для одного бизнес-процесса 	Событийно-ориентированная архитектура информационных систем применяется для базовых задач предприятия, связанных в первую очередь с операционным учетом и выстраиванием бизнес-процессов. Для того, чтобы спроектировать информационных комплекс, позволяющий решать сквозные аналитические задачи планирования, необходимо использование подходов, ориентированных на передачу и использование информационных объектов, а не на обработку событий/операций.
Микросервисная архитектура	В основе микросервисной архитектуры лежат концепции Сервис-ориентированной архитектуры (SOA). Микросервисная архитектура является результатом коллективного усилия многих ученых, инженеров и практиков, которые внесли свой вклад в ее развитие. Основные идеи были заложены в 2014 году Робертом Мартином (сформулировал принципы модульности и независимости в разработке программного обеспечения), Джеймсом Льюисом и Мартином Фаулером (определили основные принципы этой архитектуры), Фредом Джорджем (предложил использовать концепцию «служб» в контексте распределенных систем), Дэн Розен (сформулировал принципы «самостоятельных команд», которые являются важным элементом микросервисной архитектуры). Современные российские исследования на тему применения микросервисной архитектуры принадлежат Ю.Ф. Тельнову, Д. И. Копелиовичу, М. А. Кургузу, В. В. Лебедеву, М. Ю. Ибатулину, В. А. Терентьеву.	<ul style="list-style-type: none"> Архитектура обеспечивает гибкость и масштабируемость Независимое развертывание Повышенная отказоустойчивость 	<ul style="list-style-type: none"> Проблемы сложности разработки и развертывания Повышенная сложность управления Необходимость реализации межсервисного взаимодействия 	Микросервисная архитектура хорошо подходит для решения задачи сквозного планирования. Именно в рамках микросервисной архитектуры появляется возможность развивать комплекс в любом направлении, а значит, актуальна задача приоритизации порядка программной разработки новых сервисов и передаваемых информационных объектов для обеспечения комплексной архитектуры.

Архитектура	Исследования	Достоинства	Недостатки	Применимость для решения задач сквозного планирования
Гибридный переход	<p>Понятие «гибридная архитектура» возникло в результате естественного эволюционного процесса, связанного с появлением новых технологий и пониманием преимуществ и недостатков как монолитной, так и микросервисной архитектур. Началом формирования гибридных подходов можно считать конец 1990-х и начало 2000-х годов, когда начали появляться новые технологии и архитектурные паттерны: распространение интернета, появление распределенных систем, развитие технологий контейнеризации. Важный вклад в эти методологии внесли Эрнест Кларк, предложив в 1990-е годы концепцию «сервисной ориентации», Мартин Фаулер, определивший в начале 2000-х годов SOA как важный паттерн проектирования, Джим Брандел развивал концепцию «контейнеров» в 2010-2020-е годы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Позволяет производить постепенный переход к микросервисам • Обеспечивает гибкий выбор оптимальных решений для разных частей системы • Объединяет преимущества монолитной и микросервисной архитектур 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложность управления • Сложность технической реализации • Вопросы совместимости между компонентами комплекса 	<p>Компании, находящиеся в состоянии гибридного перехода (либо в состоянии перевода с одних решений на другие, либо внедряющие новые бизнес-модели, которые реализовывают на основе микросервисных подходов и которые интегрируют с монолитными приложениями), должны решать задачу приоритизации разработки модулей для новых сервисов и порядка разработки интеграций для обмена информационными объектами между системами.</p>
Облачные технологии	<p>В начале 1980 годов Кен Томпсон создал первую версию многопользовательской операционной системы UNIX. Далее появились виртуальные машины, предоставляющие платформенно-независимые среды программирования. Термин «облачные вычисления» появился в 1990-х годах в спецификациях компаний Compaq и Apple. В первой половине 2000-х годов наметилась тенденция перевода локального ПО в облачные программы, работающие по принципу SaaS — Software as a Service.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Гибкость • Автоматическая масштабируемость • Доступность ресурсов по требованию • Снижение затрат на инфраструктуру 	<ul style="list-style-type: none"> • Сильная зависимость от поставщика облачных услуг • Ограничения в выборе технологий • Сложность отладки и аспекты безопасности данных 	<p>Интеграция информационных систем предприятия с модулями, развернутыми в облаке, всегда представляет собой сложный проект, который, помимо технических вопросов, подразумевает решение вопросов безопасности. Чтобы произвести интеграцию, необходимо предоставить доступ во внутреннюю сеть предприятия, что накладывает дополнительные риски. В случае, если предприятия разворачивают решения в облаках, вопросы интеграции решаются отдельно и имеют свои ограничения, в связи с чем набор интеграционных задач облачных сервисов сложно рассматривать в едином портфеле с прочими интеграциями.</p>
Слоистая архитектура	<p>Компоненты в рамках модели слоистой архитектуры организованы в горизонтальные слои, каждый из которых выполняет определенную роль в приложении. Большинство слоистых архитектур состоят из четырех стандартных слоев: слой представления, бизнес-логика, слой доступа к данным и слой абстракции баз данных. В 1980-е годы появились паттерны проектирования, например, которые реализуют структуру слоев в приложениях. В 1990-х годах слоистая архитектура стала популярным подходом для разработки различных программных систем, в том числе веб-приложений и корпоративных систем. В 2010-х годах с появлением новых технологий, таких как веб-сервисы, REST API, микросервисы, слоистая архитектура стала еще более гибкой и расширяемой.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Разделение задач между компонентами • Каждый слой паттерна слоистой архитектуры имеет определенную роль и ответственность в приложении • Изменения, внесенные в один слой архитектуры, обычно не влияют на компоненты других слоев 	<ul style="list-style-type: none"> • Неумение документировать систему и информировать о том, какие слои открыты, а какие закрыты, приводит к тесно связанным и хрупким архитектурам, которые сложно развешивать и сопровождать • Слоистая архитектура склонна к созданию монолитных приложений, даже если слои представления и слой бизнес-логики разделены на отдельные развешиваемые единицы • Низкая производительность 	<p>Возможность каждого модуля взаимодействовать с любым другим модулем без четкой структуры и иерархии может привести к сложной и запутанной сети связей. В частности, возможно появление циклических зависимостей, которые могут привести к бесконечной рекурсии и взаимной блокировке. Такая архитектура характеризуется высокой связностью и сложностью взаимодействий между компонентами. Это делает любые изменения проблематичными, так как до конца не ясно, как изменения в одном модуле повлияют на другие и систему в целом. Для слоистой архитектуры особенно актуальны методики, позволяющие учитывать влияние компонентов друг на друга и зависимости между ними, а также приоритизировать программную разработку новых зависимостей и бизнес-логики с учетом этих зависимостей.</p>

Об авторе

Середенко Наталья Николаевна

к.э.н.;

доцент, кафедра Прикладной информатики и информационной безопасности, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Россия, 117997, Москва, Стремянный переулок, 36;

E-mail: Seredenko.NN@rea.ru

ORCID: 0009-0009-8113-0758

Development of a high-level design of an analytical software complex for an enterprise that provides end-to-end planning

Natalya N. Seredenko

E-mail: Seredenko.NN@rea.ru

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Abstract

Currently, many companies engaged in the production of medium-term turnover goods, are faced with the need to create a high-level design of a software complex that allows them to support a full cycle of sales planning, production, logistics and marketing campaigns. This is due to the economic development of the enterprise and the integration of independent software systems/modules that allow for the implementation of limited business processes without connection with related functions and business processes of the enterprise. Thus, enterprises find themselves in a situation where various departments have implemented a disparate set of information systems and software modules within which local accounting and analytics of various operations are carried out, while the software and analytical complex as a whole does not provide a complete, connected and cyclical planning process. This paper presents a model of requirements for functions, information objects and data flows, providing end-to-end planning, as well as an approach to identify missing objects of the existing information complex of the enterprise. An analytical network consisting of missing elements has been developed, taking into account the dependencies and interrelationships of information objects and software modules, which makes it possible to form a priority vector of the relative importance of software components. This vector represents a set of priorities for improvements to the enterprise software package and allows you to more effectively allocate the resources of the development team for the software implementation of missing functions, information objects and integration data flows between software modules.

Keywords: high-level design of an enterprise analytical software complex, end-to-end planning at the enterprise, data flow modeling, design of the enterprise information architecture, integration of enterprise software modules, functional composition of enterprise systems, Analytic Network Process

Citation: Seredenko N.N. (2024) Development of a high-level design of an analytical software complex for an enterprise that provides end-to-end planning. *Business Informatics*, vol. 18, no. 4, pp. 61–80.

DOI 10.17323/2587-814X.2024.4.61.80

References

1. Yankovskaya V.V. (2023) *Planning at an enterprise*. Moscow: INFRA-M (in Russian).
2. Ilyin A.I. (2014) *Planning at an enterprise*. 9th ed. Moscow: INFRA-M; Minsk: New Knowledge (in Russian).
3. Telnov Yu.F., Kazakov V.A., Danilov A.V. (2021) Technology for designing innovative processes for creating products and services of a network enterprise using a knowledge-based i4.0 system. *Business Informatics*, vol. 15, no. 4, pp. 76–92. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2021.4.76.92>
4. Danilochkina N.G. (2019) Concept of end-to-end planning at industrial enterprises. *Current Problems of Socio-economic Development of Russia*, no. 4, pp. 38–41 (in Russian).
5. Hahn D. (1999) *Planning and control. The concept of controlling*. Moscow, Finance and Statistics (in Russian).
6. Bragina A.V., Vertakova Yu.V., Evchenko A.V. (2020) Development of end-to-end technologies for planning the activities of an industrial enterprise in the context of digitalization of the economy. *Production Organizer*, vol. 28, no. 1, pp. 24–35 (in Russian).
7. Minaev V.A., Mazin A.V., Zdiruk K.B., Kulikov L.S. (2019) Digital twins of objects in solving control problems. *Radio Industry*, vol. 29, no. 3, pp. 68–78 (in Russian). <https://doi.org/10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78>.
8. Kopeliovich D.I., Kurguz M.A., Lebedev V.V. (2022) Microservice architecture as a type of service-oriented architecture. *Scienceosphere*, no. 4-2, pp. 230–235 (in Russian).
9. Ibatulin M.Yu., Terentyev V.A. (2018) Application of microservice architectures for building enterprise business architecture in the era of digital transformation. Proceedings of the XXI Russian scientific conference on Enterprise Engineering and Knowledge Management (EEKM 2018). Moscow, April 26–28, 2018. Vol. 1, pp. 376–381 (in Russian).
10. Ford N., Richards M. (2020) *Fundamentals of software architecture: An engineering approach*. O'Reilly Media.
11. Kurzova Yu.A. (2022) Overview of the IC program: Integrated automation. *IC-Business Architect*. Available at: <https://www.lab.ru/blog/detail/1s-kompleksnaya-avtomatizatsiya-obzor/> (accessed 06 July 2024) (in Russian).
12. *Certificate of state registration of a computer program No. 2022665892 Russian Federation. SSC. System-2 of business planning and budgeting based on the Oracle Hyperion Planning 11.1.2.4*, software package No. 2022664704, application 08/03/2022, publ. 08/23/2022; applicant Joint Stock Company “Siberian Service Company (in Russian).
13. Minyailo A.S. (2020) Study of information risks of Russian industrial companies in budget process management systems. *Corporate Economics*, no. 4(24), pp. 4–21 (in Russian).
14. Pirogov M.V., Abdulganiev A.N., Martinovich D.A. (2022) Application of multidimensional data warehouse technology (OLAP) based on the system for managing financial performance and enterprise activity IBM Planning Analytics. *Regional Economy Issues*, no. 4(53), pp. 144–162 (in Russian).
15. Nazarov D.M., Nazarov A.D., Kovtun D.B. (2020) Building technology and predictive analytics models in the SAP analytic cloud digital service. Proceedings of the 2020 IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2020). Antwerp, June 22–24 2020. Vol. 2, pp. 106–110 (in Russian). <https://doi.org/10.1109/CBI49978.2020.10067>
16. Bragina A.V. (2021) *Technological modernization of an industrial enterprise using end-to-end planning technology*. Dissertation of a Cand. Sci. (Econ.). Kursk (in Russian).
17. Smirnov M. (2017) Microservice architecture in the corporate IT landscape. *Open Systems. DBMS*, no. 4, pp. 38–41 (in Russian).
18. Terentyev A.V., Polyakov Yu.N. (2020) Concept of design and construction of the basic algorithm of the business planning process in small and medium-sized businesses. *Management: Theory and Practice*, no. 1-3, pp. 99–105 (in Russian).
19. Shataeva O.V., Akimova E.N., Nikolaev M.V. (2021) *Economics of an organization (enterprise)*, 2nd ed. Moscow, Berlin: Direct-Media (in Russian).
20. Telnov Yu.F., Fedorov I.G. (2017) *Enterprise engineering and business process management. Methodology and technology*. Moscow: UNITY-DANA (in Russian).

21. Telnov Yu.F. (2005) *Business process reengineering: Component technology* (2nd ed.). Moscow: Finance and Statistics (in Russian).
22. Saaty T.L. (2015) *Decision making with dependence and feedback: The Analytic Network Process*. Moscow: LENAND (in Russian).
23. Gusakov I.V. (2014) *Analysis and planning of sales in FMCG market companies*. Moscow: Nobel Press (in Russian).
24. Lehmann D.R. (2017) *Product management*. Moscow: UNITY-DANA (in Russian).
25. Zhukova T.N. (2021) *Management and organization of marketing activities*. Moscow: INFRA-M (in Russian).
26. Kotler P., Saunders D., Armstrong G., Veronica V. (2007) *Fundamentals of marketing*. Moscow: Williams (in Russian).
27. Toymentseva I.A., Mikhailov A.M. (2015) The influence of marketing and management decisions on the process of optimizing the enterprise budget. *Bulletin of the Samara Economic University*, no. 12(134), pp. 16–19 (in Russian).
28. Smurnov E.S. (2010) *Automation of material accounting*. Moscow: Laboratory of Books (in Russian).
29. Semenova N.V., Baygulova A.A. (2014) *Fundamentals of production management: electronic training course*. Ulyanovsk: UISU (in Russian).
30. Farakhutdinov Sh.F. (2021) *Modern trends and innovative methods in marketing research*. Moscow: INFRA-M (in Russian).
31. Gorsky M.A., Khalikov M.A. (2020) Models and methods for assessing the optimal size of an enterprise's production segment. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, no. 1-1, pp. 23–32 (in Russian).
32. Oyner O.K. (2022) *Marketing performance management*, 2nd ed. Moscow: Urait (in Russian).
33. Petrova I.R., Fakhrtudinov R.H., Suleymanova A.A., Razzhivin I.O., Fazulzyanov A.G. (2018) *Methodology of object-oriented modeling. The UML language*. Kazan: Kazan University (in Russian).
34. Freeman E., Robson E., Sierra K., Bates B. (2024) *Head First design patterns*. Saint Petersburg: Piter (in Russian).
35. State Standard of Russia (2000) *Methodology of functional modeling IDEF0. The guidance document*. Moscow.
36. Nazarova O.B., Novikova T.B., Maslennikova O.E. (2023) *ARIS: Theory and practice of business modeling*. Moscow: FLINT (in Russian).
37. Pervukhin D.V., Isaev E.A., Rytikov G.O., Filyugina E.K., Airapetyan D.A. (2020) Comparative analysis of theoretical models of cascade, iterative and hybrid approaches to managing the life cycle of an IT project. *Business Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 32–40. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2020.1.32.40>
38. Matveev A.A., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. (2005) *Models and methods of project portfolio management*. Moscow: PMSOFT (in Russian).
39. Saaty T.L. (1993) *Decision making. The Analytic Hierarchy Process*. Moscow: Radio and Communications (in Russian).
40. Latypova V.A. (2018) A comparative analysis and a choice of tools implementing analytic hierarchy process. *Modeling, Optimization and Information Technologies*, vol. 6, no. 4(23), pp. 322–347 (in Russian). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2018.23.4.024>
41. Saaty R.V. (2016) *Decision making with dependencies and feedbacks. A tutorial for SuperDecisions software*. Pittsburgh: Foundation for Creative Solutions.
42. Creative Decisions Foundation (2024) *Super Decisions software*. Available at: <https://www.superdecisions.com/> (accessed 06 July 2024).

About the author

Natalya N. Seredenko

Cand. Sci. (Econ.);

Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Security, Plekhanov Russian University of Economics, 36, Stremyanny lane, Moscow 115054, Russia;

E-mail: Seredenko.NN@rea.ru

ORCID: 0009-0009-8113-0758