

УДК 65.012.45

В.А. ПОПОВ, М.В. ПОПОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье предложен алгоритм построения информационной поддержки промышленного предприятия с использованием математических методов оптимизации. Рассмотрены особенности применения предложенного алгоритма на примере авиастроительного предприятия, включающего обслуживание всего жизненного цикла летательного аппарата.

информационная система, информационная поддержка, динамическое программирование

Введение

За последнее десятилетие в условиях перехода украинской экономики к рынку на фоне бурного развития информационных технологий (ИТ) в сфере руководства промышленных предприятий пришло новое понимание ведения бизнеса. Стало очевидно, что информационная поддержка бизнес-процессов предприятия — не просто дань западной моде, а реальная необходимость, так как она является мощным фактором повышения конкурентоспособности.

Успешная работа предприятия в настоящее время уже невозможна без создания информационной системы (ИС), отвечающей потребностям предприятия. Целью построения ИС является постоянное повышение качества продукции, снижение ее себестоимости и сроков производства, и, как следствие, завоевание рынков сбыта. В общем случае, жизненный цикл ИС включает в себя стадии анализа, проектирования, разработки, тестирования и интеграции, внедрения, сопровождения и развития ИС [1].

Мировая практика показывает, что для успешной разработки и внедрения ИС недостаточно лишь закупки соответствующей программно-аппаратной базы. Важнейшим фактором является способ построения ИС, который закладывается в основу ИС на этапах анализа и проектирования жизненного

цикла ИС и определяет успех работы предприятия в будущем.

Существующие публикации посвящены, в основном, общим вопросам построения ИС с позиций взаимоотношений заказчика-предприятия и разработчика-проектировщика ИС [2, 3]. Главным образом, в них уделяется внимание необходимости проведения обследования предприятия, определения целей его развития, построению информационной модели, оптимизации бизнес-процессов. Анализ имеющихся публикаций позволяет проследить общую схему процесса проектирования ИС промышленных предприятий:

- определение функционального назначения элементов организационной структуры предприятия [4], анализ реализуемых в них бизнес-процессов;
- определение требований бизнес-процессов к информационной поддержке;
- выбор программно-аппаратных средств и планирование их внедрения с учетом финансовых возможностей предприятия.

Однако, на наш взгляд, перечисленные этапы проектирования ИС требуют более строгого обоснования на основе расчетных схем с использованием оптимизационных методов. Применение математических методов для принятия решений, принимаемых в процессе построения ИС, является перспек-

тивным направлением в области разработки методологий построения ИС.

Основные принципы алгоритма построения информационной поддержки

В данной работе предлагается алгоритм построения информационной поддержки для объекта информатизации, основанный на слабоформализованном системном образе производственного предприятия, что позволяет выделить наиболее важные функциональные области, а также определить в некотором приближении их требования к информационной поддержке, предоставляемой в виде существующих программно-аппаратных средств. Алгоритм состоит из пяти этапов и предусматривает применение оптимизационных методов, позволяющих математически обосновать целесообразность выбора того или иного решения при проектировании ИС.

Пусть рассматриваемое промышленное предприятие представляет собой некоторую предметную область [5]. Целью взаимодействия субъектов данной предметной области является повышение конкурентоспособности продукции предприятия.

Под субъектами предметной области будем понимать элементы организационной структуры предприятия, обозначаемые

$$a_1, a_2, \dots, a_n.$$

Атрибутами каждого субъекта являются:

а) функциональная направленность рассматриваемого элемента организационной структуры, определяющая принадлежность данного элемента одной из функциональных подсистем предприятия

$$A_1, A_2, \dots, A_k, k < n;$$

б) требования бизнес-процессов элемента организационной структуры предприятия к информационной поддержке, образующие множество требований

$$q_1, q_2, \dots, q_d \subset Q.$$

Таким образом, каждая подсистема A_i характеризуется некоторым набором требований из множества Q , состоящего из требований элементов организационной структуры, входящих в подсистему A_i .

Деятельность субъектов предметной области осуществляется с помощью привлечения ресурсов (финансовых, материальных, людских и т.д.). Цель данной деятельности может быть достигнута с помощью предоставления некоторых дополнительных ресурсов. В качестве таких ресурсов выступают компьютерные средства, способные удовлетворить требования каждой функциональной подсистемы предприятия A_i к информационной поддержке. Таким образом, поставленная цель фактически сводится к задаче выбора для каждой подсистемы A_i такого компьютерного средства KC_{ij} из множества альтернатив j , которое наиболее полно удовлетворяет соответствующие требования из множества Q . Данная задача представляет собой задачу многокритериального выбора, где в качестве критериев выступают требования. Для решения данной задачи предлагается использовать метод линейной свертки критериев [6], который заключается в том, что полезность альтернативы выражается как линейная комбинация значений критериев:

$$F_{ij} = \sum_{l=1}^d \alpha_l \cdot f_{ij}(q_l), \quad \sum_{l=1}^d \alpha_l = 1, \quad (1)$$

где α_l – вес l -го критерия, определяемый методом ранжирования экспертных оценок либо пропорциональным методом;

$f_{ij}(q_l)$ – оценка альтернативы j для подсистемы i по l -му требованию.

Оптимальным из всех альтернатив для подсистемы A_i будет компьютерное средство, обладающее наибольшим значением функции полезности F_{ij} :

$$S_{i\text{опт}} = \max_{1 < j < p_i} F_{ij}. \quad (2)$$

Этапы алгоритма

Механизм реализации

1. Анализ организационной структуры предприятия на основе ЖЦ изделия;

2. Выделение и описание основных функциональных производственных подсистем предприятия;

3. Определение требований функциональных производственных подсистем предприятия к информационной поддержке;

4. Анализ рынка компьютерных средств и выбор оптимального компьютерного средства для каждой подсистемы;

5. Разработка плана реализации ИУС с учетом наиболее приоритетных областей автоматизации.

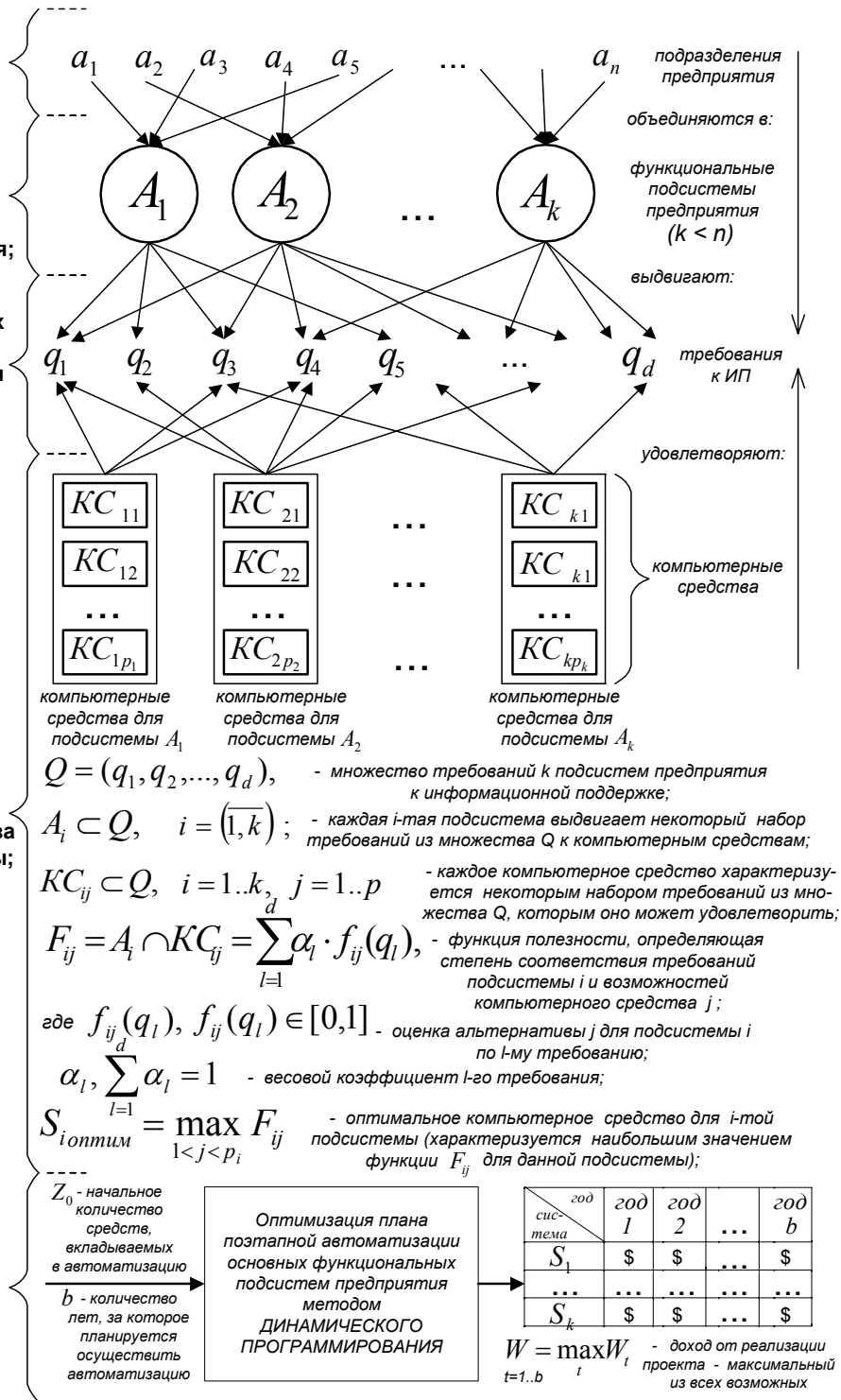


Рис. 1. Алгоритм построения информационной поддержки предприятия

Пред-проектные работы	Разработка аван-проекта	Состав-ление и согласо-вание ТЗ	Эскизное и рабочее проектиро-вание	Проектиро-вание тех-нологии изгото-вления опытных образцов	Изготов-ление опытного образца	Назем-ные и летные испыта-ния ЛА	Доводка опытно-го образца по результатам испытаний	Госу-дарствен-ные испыта-ния	Изготов-ление уста-новочной серии	Устано-вившееся производ-ство	Модер-низация, ремонт	Хране-ние и утилиза-ция
-----------------------	-------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--	--------------------------------	----------------------------------	--	------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-----------------------	-------------------------

Рис. 2. Жизненный цикл летательного аппарата

Рассмотрим этапы предложенного алгоритма определения информационной поддержки на примере авиастроительного предприятия, обслуживающего весь жизненный цикл летательного аппарата.

Анализ организационной структуры предприятия

Авиастроительное предприятие – это сложная производственная система, выпускающая многокомпонентную наукоемкую продукцию. Производство летательного аппарата (ЛА) предполагает наличие многоуровневой разветвленной организационной структуры. Поэтому бизнес-процессы, протекающие в структурных подразделениях предприятия, целесообразно рассматривать в ракурсе жизненного цикла ЛА (рис. 2). Такой подход позволяет охватить все подразделения изучаемого предприятия и дает представление об их временном вовлечении в процесс создания конечного продукта.

Каждый элемент в составе организационной структуры представляет собой некоторое структурное подразделение предприятия (отдел, производственный цех и т.д.).

Анализ каждого структурного подразделения предприятия предполагает: определение функционального предназначения подразделения; анализ реализуемых в нем бизнес-процессов; выявление последовательности бизнес-процессов.

Часто такой анализ даже при поверхностном исследовании позволяет увидеть недостатки организации работы предприятия и является основанием для реорганизации структуры некоторых подразделений и реинжиниринга бизнес-процессов.

Выделение основных функциональных производственных подсистем предприятия

Средства автоматизации, представленные на рынке ПО, предоставляют предприятию целый комплекс услуг по обеспечению информационной под-

держки некоторого набора бизнес-процессов авиастроительного предприятия, характеризуемого определенной функциональной направленностью. Поэтому на данном этапе алгоритма предполагается перейти к более укрупненному рассмотрению предприятия за счет объединения всех его структурных подразделений, выделенных на предыдущем этапе, в несколько подсистем

$$A_1, A_2, \dots, A_k$$

с учетом их функциональности.

Жизненный цикл самолета подразумевает наличие в структуре авиастроительного предприятия подсистем, отвечающих за проектно-конструкторские работы, работы по технологической подготовке производства, сами процессы производства и управление производством.

Конструкторская подготовка производства заключается в проектировании и освоении новой продукции, а также совершенствовании выпускаемой. Она предусматривает следующие этапы разработки конечного продукта: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочий проект [7].

Технологическая подготовка производства обеспечивает полную готовность предприятия к выпуску новой продукции с заданным качеством и предусматривает решение задач обеспечения высокой технологичности конструкций, проектирования технологических процессов, составления межцеховых технологических маршрутов обработки деталей и сборки изделий и т.д.

Система контроля технологических процессов предприятия предназначена для оперативного контроля и управления технологическими параметрами, ведения архивов работы оборудования, расчета технологических режимов, фиксирования простоев и выдачи экономических показателей эффективности загрузки оборудования. Она также должна поддерживать обратную связь и активно воздействовать на

ход технологического процесса при отклонении его от заданных параметров, обеспечивать регулирование и оптимизацию управляемого процесса.

Задача подсистемы управления производством – максимально эффективно использовать имеющиеся в его распоряжении денежные, людские, товарные и другие ресурсы, для чего ему необходимы своевременные сведения об их наличии и состоянии для принятия управленческих решений.

Полноценное функционирование всех подсистем предприятия невозможно без наличия единого информационного пространства (ЕИП), которое накапливает в себе все данные о производимой продукции и о процессе производства, а также обеспечивает взаимный обмен данными между подсистемами в режиме реального времени.

Опыт, накопленный в виде таких данных, может использоваться потом многократно. Информация, оперативно полученная из ЕИП, повышает качество решений, принимаемых работниками предприятия и руководителями.

Процессы, протекающие в подсистемах авиапредприятия, можно разделить на два вида: производственные и управленческие. К производственным относятся процессы конструкторской и технологической подготовки производства, а также все технологические процессы производства изделия. К управленческим процессам относятся управление производством и управление данными об изделии в процессе его ЖЦ.

Определение требований к информационной поддержке

Данный этап предполагает определение требований основных функциональных подсистем предприятия к информационной поддержке, исходя из описания их задач и процессов, составленного на предыдущем этапе. Т.е. необходимо определить, какая

информация требуется каждому процессу подсистемы для наиболее качественной и быстрой реализации своих задач.

Информационные требования производственных процессов на предприятии обеспечиваются следующими автоматизируемыми системами:

- системами класса CAD/CAM/CAE (*Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing, Computer Aided Engineering*), автоматизирующими процессы конструкторской и технологической подготовки производства;

- системами класса SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), автоматизирующими технологические процессы производства.

Потребности управленческих процессов обеспечиваются:

- системами класса ERP (*Enterprise Resource Planning*), автоматизирующими процессы управления производством;

- системами класса PLM/PDM (*Product Lifecycle Management, Product Data Management*), автоматизирующими процессы управления данными об изделии на всем его ЖЦ.

Таким образом, определение требований функциональных подсистем предприятия к информационной поддержке сводится к определению требований к программным и аппаратным средствам, способным обеспечить требуемую функциональность.

Таковыми требованиями, например, для подсистемы конструкторской подготовки производства могут быть специальные возможности трехмерного моделирования (проектирование изделий из листовых материалов и т.д.), проведения экспресс-анализа (например, прочности, кинематики и т.д.), импорта/экспорта геометрии из других систем, настройки системы на решение специфичных задач предприятия и т.п.

Некоторые требования к программным средствам могут быть общими для всех функциональных

подсистем. Примером таких требований могут служить:

- интуитивно понятный интерфейс программы и легкость освоения ПО работниками предприятия;
- гибкость и масштабируемость;
- быстродействие автоматизированной системы;
- возможность адаптации к системам другого уровня или другого функционального назначения (CAD, CAM, CAE, SCADA, PDM/PLM и ERP), а также модификации и обновление её частей;
- способность работать в сети и поддержка стандартных сетевых сред;
- способность системы поддерживать режим работы с территориально-удаленными структурами предприятия;
- возможности по разграничению прав доступа пользователей к ресурсам системы, защита информации;
- стоимость автоматизированной системы и т.д.

Анализ рынка компьютерных средств и выбор оптимального компьютерного средства для каждой подсистемы

Выбор средств автоматизации для каждой функциональной подсистемы предприятия должен осуществляться таким образом, чтобы требования к информационной поддержке, выявленные на 3-м этапе алгоритма, были удовлетворены как можно более полно.

Рассмотрим пример решения задачи выбора оптимального компьютерного средства для подсистемы конструкторской подготовки производства методом линейной свертки критериев (рис. 3).

Пусть элементы организационной структуры предприятия, входящие в подсистему конструкторской подготовки производства A_1 (табл. 1) выдвига-

ют некоторые требования к информационной поддержке из множества Q :

$$q_1, q_2, \dots, q_b \in Q.$$

Пусть также имеется набор альтернатив компьютерных средств KC_{lj} , способных в той или иной степени удовлетворить требования, и оценки данных альтернатив по каждому критерию (табл. 2). Каждое требование имеет свой вес α (табл. 3), полученный методом ранжирования оценок экспертов [6]. Согласно формуле (1) находим значение функции полезности F_{1j} для каждой альтернативы компьютерных средств (табл. 4):

Таким образом, согласно формуле (2) наилучшим выбором для подсистемы A_1 является компьютерное средство с наибольшим значением функции полезности:

$$S_{\text{оптималь}} = \max_{1 < j < p_1} F_{1j} = (0,7236, 0,8005, 0,6808, 0,7352, 0,6636, 0,633, 0,6617) = F_{12}(\text{Solid Works}).$$

Аналогично осуществляется выбор компьютерных средств для остальных подсистем предприятия.

Таблица 1

Подразделения подсистемы конструкторской подготовки производства авиастроительного предприятия [7]

Обозначение	Описание подразделения
a_1	Отдел технического проектирования
a_2	Расчетные отделы
a_3	Отделы планера
a_4	Отдел двигателей
a_5	Отделы систем ЛА
a_6	Отделы технического обслуживания
a_7	Лаборатории КБ

Таблица 2

Требования подсистемы конструкторской подготовки производства к информационной поддержке

Обна- чение	Описание требования	Вес
q_1	Возможности 3D моделирования изделий, достаточные для проектирования данного вида продукции, изготовления чертежей	$\alpha_1 = 0,171$
q_2	Возможность оформления конструкторской документации на русском языке в соответствии с государственными стандартами	$\alpha_2 = 0,157$
q_3	Совместимость с уже используемыми автоматизированными системами	$\alpha_3 = 0,132$
q_4	Невысокая стоимость ПО, внедрения и эксплуатации системы	$\alpha_4 = 0,153$
q_5	Возможность доступа к справочникам конструктивных материалов, комплекствующих и т.п.	$\alpha_5 = 0,164$
q_6	Возможность обмена данными на всех этапах проектирования между всеми участниками проекта	$\alpha_6 = 0,127$
q_7	Легкость освоения системы персоналом предприятия	$\alpha_7 = 0,096$

Таблица 3

Оценки альтернатив КС по критериям

Название КС	Критерии оценки						
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7
UNIGRAPHICS	0,9	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	0,6
SOLID WORKS	0,8	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,9
CATIA	0,9	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5
A-CAD	0,6	1	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7
COMPAS	0,5	1	0,6	0,8	0,6	0,5	0,6
SOLID EDGE	0,5	0,7	0,8	0,8	0,5	0,4	0,8
PROENGINEER	0,8	0,6	0,7	0,4	0,7	0,9	0,5

Разработка плана реализации ИС с учетом наиболее приоритетных областей автоматизации

Компьютеризация процессов крупного авиапредприятия требует затрат времени и значительных инвестиций. Сделав свой выбор на рынке средств компьютеризации, предприятие сталкивает-

ся с проблемой эффективного размещения инвестиций в целях получения наибольшей прибыли от поэтапной компьютеризации процессов [8].

В связи с этим, первоочередной задачей на предприятии является построение такой стратегии управления финансовыми ресурсами, которая была бы направлена на формирование оптимальной и эффективной программы компьютеризации, адаптированной к работе в условиях динамично меняющейся экономической среды.

Для принятия решения о распределении финансовых средств между автоматизируемыми процессами, руководство и экономические службы должны иметь количественные критерии оценки эффективности различных вариантов вложения средств. Чтобы обосновать вложение определенного количества средств в тот или иной вид ИТ, необходимо применение математического аппарата. Наиболее целесообразным для решения задач подобного рода, на наш взгляд, является применение метода динамического программирования. Данный метод хорошо применим к динамическим задачам, в которых должно быть принято не однократное оптимальное решение, а ряд последовательных во времени решений, обеспечивающих оптимальность всего развития в целом. К такому типу принадлежит и задача об оптимальном распределении инвестиций между автоматизируемыми функциональными подсистемами предприятия. На рис. 3 (этап 5) представлены исходные данные и результат для задачи оптимального распределения средств предприятия между проектами закупки и внедрения двух видов ИТ.

Первый вид ИТ – системы класса CAD/CAM/CAE и SCADA, автоматизирующие производственные функциональные подсистемы авиастроительного предприятия (выбранные на предыдущем этапе алгоритма компьютерные средства $S_{1оптим}$, $S_{2оптим}$ и $S_{3оптим}$). Второй вид ИТ – системы класса ERP и PLM/PDM, автоматизирующие управленческие подсистемы авиастроительного предприя-

Таблица 4

Расчет значений функций полезности для каждой альтернативы компьютерных средств

Название КС	Расчет F_{1j}
UNIGRAPHICS	$F_{11} = 0,9 \cdot 0,171 + 0,7 \cdot 0,157 + 0,8 \cdot 0,132 + 0,5 \cdot 0,153 + 0,8 \cdot 0,164 + 0,7 \cdot 0,127 + 0,6 \cdot 0,096 = 0,7236$
SOLID WORKS	$F_{12} = 0,8 \cdot 0,171 + 0,9 \cdot 0,157 + 0,7 \cdot 0,132 + 0,7 \cdot 0,153 + 0,9 \cdot 0,164 + 0,7 \cdot 0,127 + 0,9 \cdot 0,096 = 0,8005$
CATIA	$F_{13} = 0,9 \cdot 0,171 + 0,6 \cdot 0,157 + 0,8 \cdot 0,132 + 0,6 \cdot 0,153 + 0,6 \cdot 0,164 + 0,7 \cdot 0,127 + 0,5 \cdot 0,096 = 0,6808$
A-CAD	$F_{14} = 0,6 \cdot 0,171 + 1 \cdot 0,157 + 0,7 \cdot 0,132 + 0,9 \cdot 0,153 + 0,7 \cdot 0,164 + 0,5 \cdot 0,127 + 0,7 \cdot 0,096 = 0,7352$
COMPAS	$F_{15} = 0,5 \cdot 0,171 + 1 \cdot 0,157 + 0,6 \cdot 0,132 + 0,8 \cdot 0,153 + 0,6 \cdot 0,164 + 0,5 \cdot 0,127 + 0,6 \cdot 0,096 = 0,6636$
SOLID EDGE	$F_{16} = 0,5 \cdot 0,171 + 0,7 \cdot 0,157 + 0,8 \cdot 0,132 + 0,8 \cdot 0,153 + 0,5 \cdot 0,164 + 0,4 \cdot 0,127 + 0,8 \cdot 0,096 = 0,633$
PROENGINEER	$F_{17} = 0,8 \cdot 0,171 + 0,6 \cdot 0,157 + 0,7 \cdot 0,132 + 0,4 \cdot 0,153 + 0,7 \cdot 0,164 + 0,9 \cdot 0,127 + 0,5 \cdot 0,096 = 0,6617$

тия (компьютерные средства $S_{\text{оптим}}$ и $S_{\text{субоптим}}$). Для каждого из двух проектов задается вид функций дохода и траты денежных средств [9].

Функция дохода задает зависимость полученной прибыли от суммы вложенных в данный проект средств. Обычно вложение небольшого количества средств практически не дает ощутимого дохода, с увеличением суммы инвестиций доход растет, однако, существует предел, с превышением которого доход больше не увеличивается, сколько бы средств не было вложено. Описанный эффект насыщения накладывает ограничения на вид функции дохода. Примером соблюдения этих ограничений являются экспоненциальные функции. Общий доход может быть получен как сумма доходов отдельных процессов рассматриваемой функциональной области. Во многих случаях определение вида индивидуальных и совокупных функций дохода вызывает множество затруднений. В целом ряде исследований такого рода полезным является моделирование процессов [10].

Вырученные за некоторый период средства зачастую тут же частично тратятся, поэтому в рассмотрение вводится также функция траты, показывающая, до какого уровня уменьшится доход от автоматизации к концу рассматриваемого периода проекта автоматизации.

Для получения результатов, представленных на рис. 3 (этап 5), были взяты экспоненциальные функции дохода:

$$f_1(x_1) = 1 - e^{-x_1};$$

$$f_2(x_2) = 1 - e^{-2x_2}.$$

В качестве функций траты (убыли) средств рассматривались функции:

$$\varphi_1(x_1) = 0,75x_1;$$

$$\varphi(x_2) = 0,3x_2.$$

Процесс решения задачи нахождения оптимального распределения ресурсов разбивается на шаги (предполагаемое количество лет проекта автоматизации). В рассматриваемом примере оба проекта автоматизации планируется реализовать за 5 лет. Сумма средств, подлежащих распределению, условно равна 2 млн. у.е.

Суть метода динамического программирования заключается в нахождении на каждом шаге решения максимума функции дохода с учетом предположений о том, чем закончился предыдущий шаг. При этом процесс нахождения наилучшего решения происходит в двух направлениях: от последнего шага к первому, (находится общий вид решения), а затем в обратном направлении, но уже с подстановкой числовых значений исходных данных.

Результатом применения метода динамического программирования является оптимальная стратегия управления финансовыми ресурсами предприятия – какие средства, в какие годы и в какой вид ИТ вкладывать, чтобы суммарный доход за период в h лет обращается в максимум (рис. 3).

Этапы

Механизм реализации

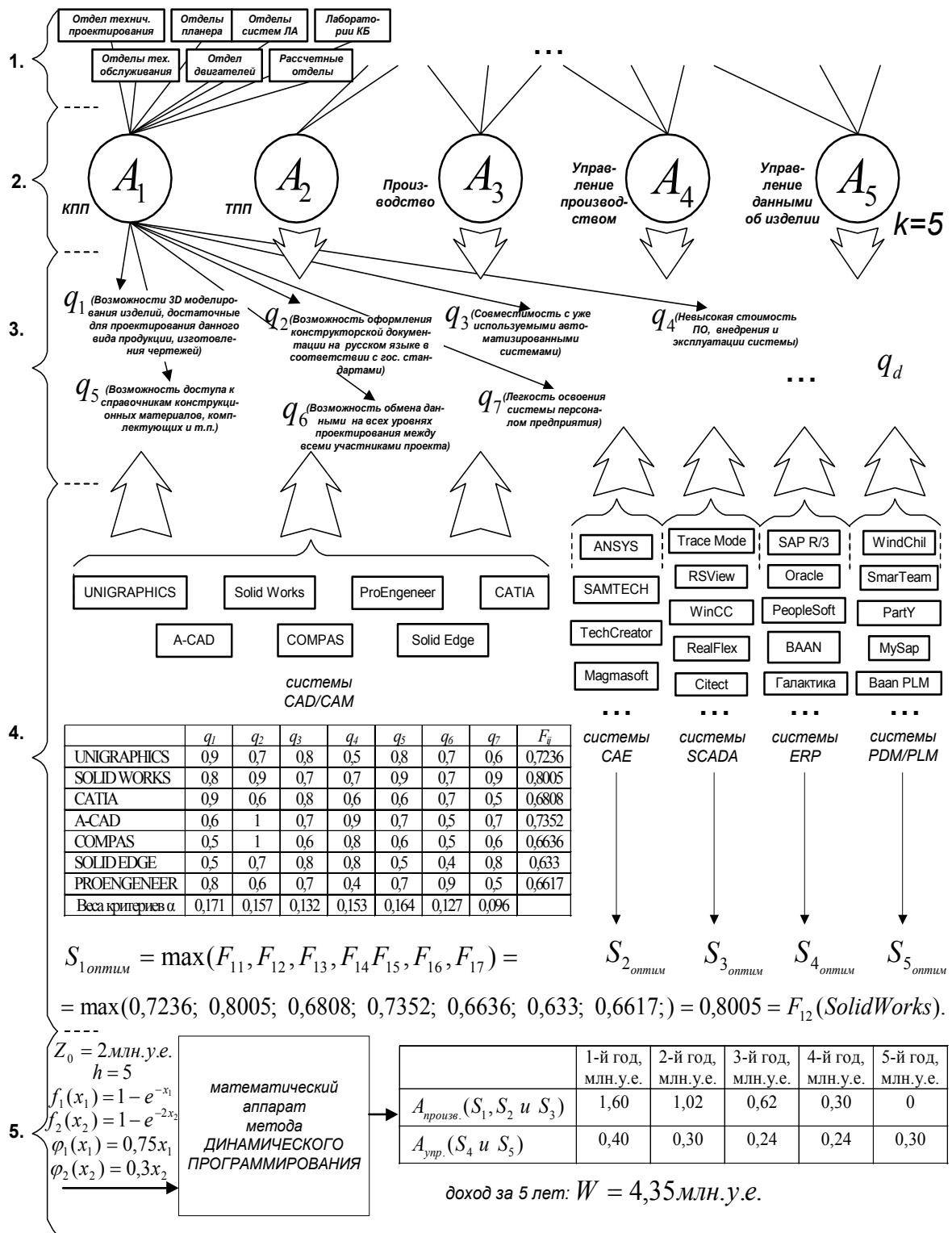


Рис. 3. Применение алгоритма построения информационной поддержки на примере авиастроительного предприятия

Заключение

Целью любой методологии построения ИС является качественное удовлетворение требований бизнес-процессов предприятия к информационной поддержке.

Предложенный алгоритм построения информационной поддержки предприятия охватывает стадии анализа и проектирования ЖЦ ИС и позволяет решить следующие задачи:

- анализ состава предприятия, определение целей и характеристик его структурных подразделений, их информационной взаимосвязи;
- обеспечение наиболее выгодной стратегии управления финансовыми средствами предприятия при решении задачи оптимального распределения средств между несколькими видами информационных технологий.

Предложенный алгоритм, конечно, не решает всех задач проектирования информационных систем. Дальнейшего анализа и исследования также требуют задачи представления системного образа предприятия, его рациональной формализации, а также эффективной декомпозиции с целью выхода на требуемые параметры информационной поддержки и выбора оптимального набора программно-аппаратных средств.

Литература

1. Ойхман Е., Евсеев О., Паронджанов С. Методология создания корпоративных ИС // Case-средства и системы быстрой разработки приложений: Материалы второй технической конференции «Корпоративные базы данных». – М.: Центр Информационных Технологий, 1997. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://citforum.cn.ua/database/kbd97/31.shtml> (7.06.2005).

2. Линцер Л.А. Создание корпоративной информационной системы крупного предприятия. Ч. 1. Проблемы и решения // ORACLE magazine. – 2003. – №1. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: http://www.lanit.ru/oraclemagazine3_01_03.html (12.06.2005).

3. Создание ИУС проектирования производства: Учебн. пос. / В.А. Попов, А.В. Котляров. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – 104 с.

4. Доброскок И.А., Корякин Л.А., Макаров Д.А., Станкевич А.М. Логистическая поддержка жизненного цикла изделия в системах корпоративного управления // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2004. – № 1. – С. 31 – 37.

5. Буряк Ю.И., Инсаров В.В. Управление в многообъектных организационных системах // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 2. – С. 81 – 92.

6. Моисеев Н.Н. Методы оптимизации: Учебн. пос. для студ. вузов, обуч. по спец. "Прикладная математика". – М.: Наука, 1978. – 351 с.

7. Тихомиров В.И. Организация, планирование и управление производством летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1978. – 496 с.

8. Красноперов К. Оценка эффективности ИТ-инвестиций // Открытые системы. – №6. – 2003. – С. 62 – 64.

9. Вентцель Е.С. Элементы динамического программирования. – М.: Наука, 1964. – 176 с.

10. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965. – 328 с.

Поступила в редакцию 21.07.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.