

Модели архитектуры ИС предприятия: расцвет многоклеточных

ИЛЬЯ МАЛЯРЕНКО

Прогресс в области информационных технологий идет семимильными шагами. За 50 лет развития информационных систем для управления производством накоплен огромный опыт. Во всем многообразии моделей, стандартов, вариантов их реализации очень легко запутаться, поэтому практики редко обращают внимание на аббревиатуры, оставляя их в качестве последнего прибежища фарисеев — толкователей ИТ. Тем не менее информационные модели представляют не только академический или спекулятивный интерес. В них отражено сложившееся в отрасли видение роли и места ИТ в инфраструктуре предприятий. Более того, модели двадцати-тридцатилетней давности во многом определяют современные тенденции развития рынка информационных систем. Если 10—15 лет назад бытовала уверенность, что MES-системы являются центральным звеном управления производственными процессами, то в дальнейшем фокус массового ИТ-сознания сместился в область ERP-решений, а совсем недавно сосредоточился на системах управления цепочками поставок (SCM). К сожалению, недостаток объективной информации, излишнее внимание к ИС «как таковым», отвлеченность от бизнес-задач создают условия, в которых возникает идеализированное и зачастую некорректное представление об отдельных блоках систем управления предприятиями, о решаемых с их помощью задачах, а также об информационной архитектуре компаний в целом.

Фокус массового ИТ-сознания сместился в область ERP-решений, а совсем недавно сосредоточился на системах управления цепочками поставок (SCM).

Чтобы разобраться в тенденциях развития современных решений такого рода, необходимо проследить, как менялись понятия о таких системах. С 1960-х и до середины 1970-х гг. в данной области господствовали продукты, разработанные предприятиями для собственных нужд. Постепенно, с ростом числа таких наработок и появлением коммерческих программных продуктов, начали выкристаллизовываться представления о том, какими свойствами должна обладать информационная система предприятия (информационные модели) и какие функциональные области она должна охватывать (операционные модели). Основные по-

сылки, которыми руководствовались специалисты, создающие модели ИС, заключались в простом утверждении: необходимо, чтобы информационная система была автономной от внешнего мира (любые задачи предприятия тогда воспринимались как локальные), функционально насыщенной и решала ключевые задачи.

Возможности архитекторов ИС тех лет были ограничены уровнем развития СУБД, способностью к интеграции отдельных компонентов, а также имеющимися механизмами взаимодействия с пользователями. Системы базировались на собственных СУБД, применяли простейшие механизмы интеграции, удобные для поддержки пакетной обработки, а взаимодействие с пользователями было минимальным. Ключевыми считались задачи управления финансовыми и материальными потоками, прежде всего материального планирования, формализованного в виде процедуры MRP. Тем не менее развитие КИС не ограничивалось областью стратегического и тактического управления.

Общим свойством этих систем стала цикличность работы. Изначально она была связана с ограниченными вычислительными возможностями (дискретным временем проще оперировать, чем непрерывным). В дальнейшем это свойство стало частью методологии применения систем, которую в 1992 г. эксперты AMR Research оформили в виде простой операционной модели «планируй — выполняй — контролируй» (Plan — Execute — Control).

CIM

В конце 1980-х гг. была опубликована статья «Reference Model for Computer-Integrated Manufacturing (CIM)», в которой подводился итог исследовательским и прикладным работам в данной области. Важным моментом в модели CIM стало разделение всех информационных систем предприятия на уровни. Критериями выделения уровней были выбраны два показателя: дискретность оси времени, в единицах которой функционируют информационные системы, а также объемы данных, обрабатываемых на каждом уровне модели. В общем виде можно сказать, что системы верхнего уровня оперируют агрегированными данными на относительно больших временных промежутках, а нижнего — имеют дело с большим потоком данных реального времени. В связи с этим в рамках концепции CIM стали говорить о пирамиде информационных систем. Каждое сечение пирамиды имеет площадь, пропорциональную объему обрабатываемых данных. На вершине этот объем минимален, в основании — максимален.

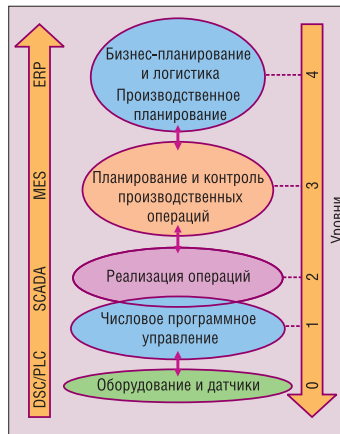


Рис. 1. Архитектура CIM

Для связи дискретной оси времени с событиями реального времени в ее основании применялись промежуточные системы цехового уровня, которые к тому времени назывались системами контроля хода производственного процесса (Production Control, или Manufacturing Execution Systems — MES). В развернутом виде модель CIM имеет много общего с моделями взаимодействия открытых систем OSI, на которых строят-

ся современные протоколы обмена данными в Интернете. Один из вариантов модели CIM в упрощенном виде приведен на рис. 1 (см. также табл. 1).

Нижний уровень модели представляют элементы сбора данных (датчики), средний — устройства с программным управлением (например, контроллеры станков с ЧПУ), затем идут автоматизированные системы диспетчерского управления SCADA, взаимодействующие с оборудованием. Со SCADA-уровнем взаимодействуют MES-системы, собирающие данные о технологических процессах. Решения MES, в свою очередь, предоставляют агрегированную информацию для ERP-систем.

Основные цели, которые преследовали создатели модели CIM, состояли в том, чтобы улучшить способы применения информационных технологий для сбора, обработки и использования информации на предприятиях с дискретным типом производства. Создатели модели надеялись избавить предприятия от так называемых островков автоматизации, т. е. таких ИС, которые обслуживают определенную группу пользователей, решающих локальную задачу и не взаимодействующих с иными информационными системами (например, геометрические модели, создаваемые в САПР, не передаются в виде конструкторско-технологических графов изделий в контур MRP). Ожидалось, что предприятия, использующие данную модель, смогут быстрее реагировать на изменяющиеся требования рынка и в конечном итоге повысить производительность и конкурентоспособность. Однако

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА С. 26 ►

Таблица 1. Характеристики уровней модели CIM

УРОВЕНЬ	ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ	ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ДАННЫЕ	ДИАПАЗОН ВРЕМЕНИ
4	ERP: планирование, составление расписаний, логистика	СУБД, приложения, средства интеграции	Планирование и распределение ресурсов для достижения поставленных целей	Дни, недели, месяцы
3	MES: интеграция внутрицеховых приложений	Хранилища исторической информации, СУБД, middleware	Контроль хода выполнения производственных процессов	Минуты, часы
2	SCADA: системы промышленной автоматизации контроля процессов	АСУ ТП	Управление единицей оборудования или одним процессом	Секунды, минуты
1	Базовые системы контроля	Контроллеры, «программные датчики»	Способность поддерживать значение измеряемой переменной в заданных рамках	Миллисекунды, секунды
0	Сбор информации, датчики, сенсоры	Сенсоры	Текущее состояние измеряемой переменной	Непрерывная шкала времени



Модели архитектуры...

◀ ПРОДОЛЖЕНИЕ СО С. 25

на практике оказалось, что предлагаемые консультантами рекомендации не всегда приводят проекты реализации интеграционных решений к успеху, а получаемые результаты порой могут весьма обескураживать. В модели СИМ не учитывался человеческий фактор, не было четкой методологии ее внедрения, не удавалось правильно оценить трудозатраты на создание интеграционных решений.

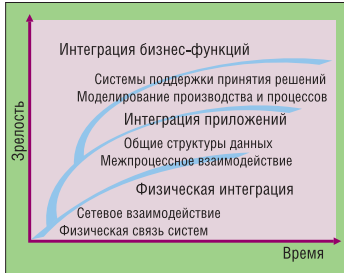


Рис. 2. Развитие интеграционных решений в жизненном цикле предприятия

Одной из основных концепций СИМ было понятие интерфейса, т. е. способа взаимодействия ИС. При этом разработчики модели не интересовались, какая именно информация передается с помощью интерфейсов (с какой частотой и точностью, как она преобразуется в процессе обмена данными) — в фокусе их внимания находились способы связывания систем различного уровня. СИМ предлагала лишь модель развития различных видов интерфейсов интеграции приложений, которая остается актуальной и в наши дни (см. рис. 2).

Эволюция представлений о межсистемных взаимодействиях помогает понять развитие информационных технологий в целом. Нижний уровень интеграции представлен физической интеграцией различных систем на уровне компьютерных сетей и аппаратных интерфейсов обмена данными. Второй уровень составляют средства интеграции приложений — способы обмена данными и интерфейсы межпроцессного взаимодействия. Самый верхний уровень — это интеграция бизнес-задач, когда детали программного и аппаратного взаимодействия перестают иметь решающее значение и на первое место выступает логика/архитектура решения на уровне объектов и регламентов обмена данными. Подобный путь проходит и вся отрасль в целом, и каждое предприятие в своем жизненном цикле, словно следуя закону биогенетического развития.

Если смотреть "с высоты птичьего полета", то особенностью модели СИМ является практически полное отсутствие информационных потоков из внешней рыночной среды. Авторы СИМ полагают, что в условиях постоянного рыночного спроса, избытка клиентов и недостатка товаров ключевыми бизнес-целями должны быть стабилизация производственных процессов и обеспечение надлежащего качества продукции. Таким образом, с биологической точки зрения предприятие уподобляется простейшему организму, живущему по своим собственным законам, не взаимодействующему со своими "сородичами" и находящемуся в относительном равновесии с внешней средой. При этом основным назначением его нервной (информационной) системы является сбор информации о собственном состоянии с целью поддержания внутреннего равновесия.

PERA

Несмотря на возникшие проблемы, разработчики интеграционных моделей не остановились на достигнутых рубежах. Дальнейшая их деятельность вылилась в создание в 1992 г. более детальной модели, описывающей как архитектуру корпоративных информационных систем в целом, так и процессы, происходящие в контурах производственного контроля. Были выделены функциональные блоки, с которыми пересекаются функциональность производственных систем и интерфейсы между блоками. Роль своеобразного клея здесь стали выполнять системы, контролирующие ход производственного процесса (Production Control). Модель Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA), разработанная в Университете Пёльду (США), стала основой для создания ряда новых стандартов и вариантов их реализации в последующие годы. Данная модель расширила концепцию СИМ и определила функциональность внутрицеховых систем:

- управление материалами и энергетическими ресурсами;
- составление расписания и производственное планирование (частично);
- внутрицеховая логистика;
- контроль качества продукции;
- управление техобслуживанием и ремонтами.

MESA-11

Используя наработки, созданные в рамках двух предыдущих архитектур, и накопленный практический опыт, международный консорциум Manufacturing Execution Systems Association (MESA) создал функциональную модель MES-систем. При этом под MES понимается не единая система, реализующая соответствующий функционал, а набор систем, обменивающихся между собой данными для решения стоящих перед предприятием задач. Согласно этой модели (MESA-11), опубликованной в 1994 г., выделяется 11 базовых функций, реализуемых MES-системами.

1. Контроль состояния и распределение ресурсов (RAS) — отслеживание состояния и истории запущенных операций на оборудовании, ведение исторической базы данных о состоянии оборудования.

Таблица 2. Интеграция систем контроля уровня предприятия, ISA-95

РАЗДЕЛ	СТАНДАРТ США	МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ	XML-РЕАЛИЗАЦИЯ
Модели и терминология	ANSI/ISA 95.00.01-2000	IEC/ISO 62264-1:2003	Готова, V0300
Атрибуты объектов	ANSI/ISA 95.00.02-2001	IEC/ISO 62264-2:2004	Готова, V0300
Модели активности и взаимодействия объектов	ANSI/ISA 95.00.03-2005	JWG 15 — в разработке	—
Управление производством — объектные модели и их атрибуты	Предварительный 95.00.04	—	—
Взаимодействие производства и управления	Предварительный 95.00.05	—	Готова, V0300

Таблица 3. Основные задачи управления цепочками поставок

ЗАДАЧА	ОПИСАНИЕ
Разработка структуры и плана развития цепочки поставок	В новых конкурентных условиях основная задача компаний — концентрация усилий на инновациях в области управления цепочками поставок
Укрепление взаимоотношений между участниками внутрикорпоративной цепочки поставок	Начинать работу по управлению цепочками поставок необходимо внутри собственной компании, так как каждая такая цепочка начинается именно здесь
Развитие отношений с внешними контрагентами	Внешние участники цепочки поставок должны быть гарантами ее стабильности. От их успешности зависят все контрагенты. Управление проектами по формированию цепочек поставок предполагает эффективное и равноправное взаимодействие всех участников
Управление информацией о цепочке поставок	Один из критических компонентов цепочки поставок — информационная инфраструктура — требует значительных усилий всех участников для нормальной работы и развития
Оптимизация цепочки поставок	Управление изменениями в цепочке поставок требует привлечения инструментов, ориентированных на выявление и устранение источников неэффективности

2. Оперативное/детальное планирование (ODS) — расчет производственных расписаний, основанный на приоритетах, атрибутах и характеристиках изделий.

3. Диспетчеризация производства (DPU) — контроль выполнения технологических операций с отслеживанием физического перемещения продукции (заготовок, партий) от станка к станку в режиме реального времени.

4. Управление процессами (PM) — управление запланированными технологическими операциями, мониторинг состояния процессов и их отдельных показателей, поддержка принятия решений оператором на основе заданных бизнес-правил.

5. Управление персоналом (LM) — ведение справочника сотрудников с сохранением информации об их квалификации, сертификатах, уровнях доступа, выполненных технологических операциях.

6. Сбор и хранение данных (DCA) — ведение базы исторических данных о процессах, ресурсах, материалах, персонале.

7. Ведение БД исторической информации (PTG) — сохранение данных о плановых и фактических показателях использования сырья и материалов, а также сведений о выполнении технологических операций.

8. Анализ эффективности (РА) — предоставление аналитической информации (отчеты, графики, "приборные панели") на основе всех имеющихся в БД MES данных.

9. Управление техобслуживанием и ремонтом (ММ) — управление техническим обслуживанием, плановыми и оперативными ремонтами оборудования, оснастки, контрольно-измерительных приборов.

10. Управление качеством продукции (QM) — реализация процедур статистического контроля качества, выявление и предупреждение негативных тенденций на основании исторических и текущих данных. Обеспечение процедур входного и выходного контроля качества сырья, материалов и готовой продукции.

11. Управление документами (DOC) —

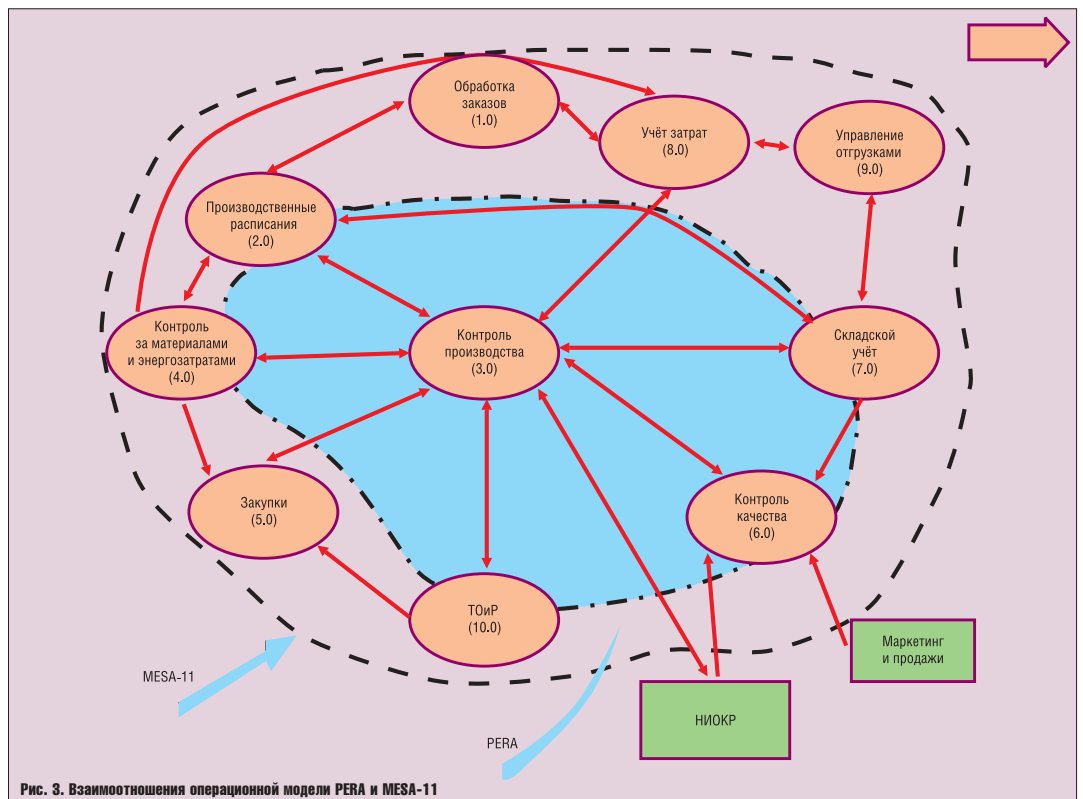


Рис. 3. Взаимоотношения операционной модели PERA и MESA-11

поддержка внутрицехового документооборота.

Фактически наработки MESA стали расширенным толкованием модели PERA. Основное различие между моделями заключается лишь в том, что в сфере ответственности внутрицеховых систем вовлечено значительно больше функций, чем изначально предполагали авторы PERA. Границы MES-систем по модели PERA и MESA-11 показаны на рис. 3.

ISA-95

Параллельно с разработками MESA шла активная работа по созданию национального (США) и международного стандарта интеграции корпоративных производственных информационных систем. На основе наработок CIM и модели PERA была сформирована группа, которая «переписала» ранее созданные модели в виде нового стандарта ISA-95 (SP95) для дискретных производств, являющегося дополнением к разработанному ранее стандарту ISA-88 (S88) для предприятий с процессным и полупроцессным технологическими циклами. При этом из модели CIM была заимствована идея разделить все задачи управления производством на уровни, а модель PERA практически без изменений легла в основу операционной составляющей ISA-95.

Стандарт ISA-88 «обслуживает» задачи, связанные с управлением оборудованием, безопасностью и производственными рисками, а также фокусируется на контроле производственных операций, в то время как ISA-95 отвечает за решение задач операционного менеджмента средствами информационных систем.

Производственное предприятие не является независимым от внешней среды образованием, а представляет собой часть системы, связывающей цепочку источники сырья — производство — отгрузка конечному пользователю.

Особенностями стандарта являются детальное описание предметной области цеховых информационных систем в виде диаграмм UML, описание операционной модели (не законченной на данный момент), а также спецификация основных трансфертных объектов, используемых в интерфейсах интеграции внутрицеховых приложений.

Стандарт ISA-95 состоит из пяти частей, каждой из них соответствуют национальный стандарт США (ANSI), международный стандарт ISO и реализация стандарта в виде XML-схемы (см. табл. 2). Важное качество стандарта ISA-95 и его международных аналогов — нацеленность на пользователей-практиков, в отличие от академических моделей CIM и PERA, основными заинтересованными сторонами в которых всегда были академические круги.

Помимо определения терминологической базы систем управления стандарт ISA-95 интересен разработчикам современных решений такого рода, а также всем специалистам, занимающимся вопросами интеграции приложений, поскольку он позволяет сформировать единый подход к интеграции и управлению внутрицеховыми системами, определить объекты обмена данными. Стандарт ISA-95 определяет, в частности, атрибуты и взаимосвязи объектов «Заказ», «Материал», «Оборудование», «Производственное расписание», «Наряд на работы».

С точки зрения практиков, наибольший интерес представляют XML-схемы, подготовленные World Batch Forum и реализующие описание объектной модели внутрицеховых систем. Проект по формированию XML-схем носит название

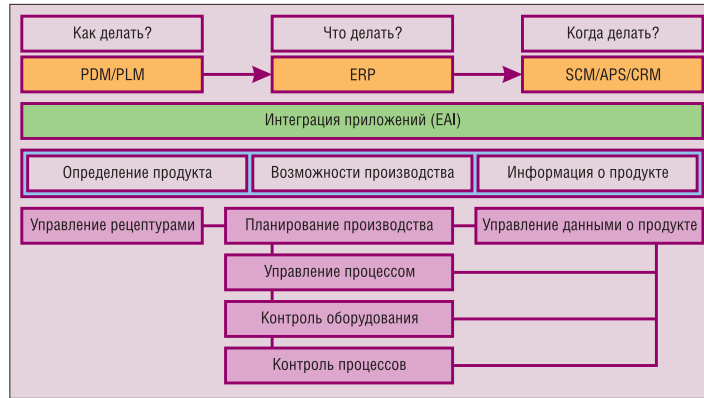


Рис. 4. Структура информационных потоков в модели ISA-95

B2MML (Business to Manufacturing Markup Language). Помимо указанного проекта существует ряд параллельных реализаций стандарта ISA-95 в виде XML-схем. Наиболее известным аналогом является проект MIMOSA, реализующий схожую модель интеграции.

При анализе схем информационного обмена, описываемых стандартом ISA-95, обращает на себя внимание тот факт, что в модели CIM основная роль отводилась вертикальному обмену данными между подсистемами предприятия, в то время как в ISA-95 упор делается как на вертикальный (от верхнего уровня к нижнему), так и на горизонтальный обмен (см. рис. 4), осуществляемый на разных этапах жизненного цикла продукции (от систем управления информацией о продукте к ERP-решениям, а от них — к системам класса SCM/APS/CRM). Этот факт отражает реально происходящее перерождение «производственной» пирамиды с ног на голову — возрастание объема и значимости информации, обрабатываемой на верхних уровнях (PLM, ERP, SCM, APS, CRM).

Можно с высокой долей уверенности предположить, что в ближайшие годы стандарты серии ISA-95 станут наиболее востребованными, что именно они будут регламентировать работу информационных систем предприятий и определять протоколы обмена данными между ними.

SCOR

Модели CIM и PERA рассматривали предприятие как обособленную от внешней среды структуру. С середины 1980-х до конца прошлого века произошел ряд серьезных изменений, которые заставили по-иному взглянуть на роль информационных технологий в управлении производством. Причина изменений — формирование новой глобальной экономики. Как ни громко это звучит, но трансформации затронули практически все компании мира и привели к следующим значимым для менеджмента последствиям:

- **Ускорение рыночных часов:**
 - новые продукты быстро рождаются и так же недолго живут на рынке — сокращается их жизненный цикл;
 - чем быстрее создается новый продукт, тем, как правило, успешнее предприятие;
 - акценты управления производством переходят с процессной модели на продуктовую.
- **Рост разнообразия и специализации:**
 - большинство производителей вынуждены перейти от универсальной серийной продукции к широкому кругу нишевых специализированных моделей;
 - расширение номенклатуры готовой продукции стимулирует рост разнообразия сырья и производственных ресурсов внутри предприятия;
 - большая вариабельность конфигурируемой продукции затрудняет прогнозирование и планирование;
 - разнообразие приводит к глобализации — поставщики, субподрядчики и покупатели могут находиться где угодно.
- **Усиление взаимодействия контрагентов:**

- возникают более тесные связи между продавцами и потребителями, производителями и поставщиками;
- вчерашние конкуренты сегодня могут стать двумя подразделениями одной управляющей компании;
- клиенты (рынки сбыта) становятся самым важным ресурсом, ограничивающим развитие производственных систем;
- уровень сервиса (скорость и точность обработки заказов), предоставляемый клиенту (заказчику готовой продукции, полуфабрикатов, сырья, услуг), определяет конкурентоспособность предприятия.
- **Повышение значимости управленческих функций:**
 - в условиях быстро меняющейся среды возрастает роль оперативного реагирования на отклонения;
 - для принятия решений требуется всё больше точных и своевременных данных о продуктах, процессах и цепочке поставок;
 - возрастает роль прогнозирования производственной и рыночной среды.

В начале 1990-х гг. осознание этих реалий привело к разработке концепции цепочек управления поставками. Суть ее основывается на том, что производственное предприятие не является независимым от внешней среды образованием, а представляет собой часть системы, связывающей цепочку источники сырья — производство — отгрузка конечному пользователю. Движущая сила развития в ней — не производство, «выталкивающее» продукцию клиентам, а запросы конечных потребителей, вытягивающие из источников сырья требуемые компоненты, запускающие необходимые производственные ресурсы и подключающие сети дистрибуторов; такова своеобразная квинтэссенция «общества потребления».

В табл. 3 приведены основные задачи, возникающие при управлении цепочками поставок.

С функциональной точки зрения задачи SCM решаются с помощью информационных систем следующего назначения:

- прогнозирование спроса;
- обработка заказов;
- планирование дистрибуции;
- стратегическое и тактическое производственное планирование;
- оперативное планирование производств;
- управление материалами и закупками;
- управление поставками и транспортировкой.

В результате синтеза наработок в области взаимодействия внутрицеховых систем и управления цепочками поставок родилась модель Supply Chain Operations Reference (SCOR). В конце 2006 г. была доступна уже восьмая ее версия.

Окончание следует

С автором, продакт-менеджером компании «АНД Проджект», можно связаться по адресу: imalyarenko@ANDProject.ru.