

Часть 2.

ОПИСАНИЕ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

ГЛАВА 6.

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Все теоретические и практические разработки, описанные в этой книге, направлены на создание интегрированной ситуационно-имитационно-экспертной системы (SIE-SYSTEM) для управления рынком полиграфических услуг или его сегментов, представленных крупными корпорациями.

В этой главе представлена архитектура программного комплекса, который включает в себя ряд компонент, более подробно описываемых в последующих главах. Реализация системы в полном объеме в настоящее время представляется затруднительным из-за необходимости включения в нее большого числа программных и технических средств. На момент написания книги осуществляется разработка макета программного комплекса. Система разрабатывается коллективом участников, поэтому в книге приводится описание только тех разработок, в которых участвует автор. Вопросы о сетевых компонентах, технических средствах, экономических расчетах, защите и надежности системы остаются за рамками книги.

6.1. Аналоги и прототипы

В качестве ближайших аналогов разрабатываемого программного комплекса могут выступать два класса систем — электронные биржи и ситуационные центры. Кроме того существуют системы, которые по решаемым задачам приближаются к СЦ или являются его важными компонентами. К ним относятся моделирующие комплексы и экспертные системы.

Автоматизированные биржевые системы, в основном, ориентированы на финансовые операции с ценными бумагами и крупными партиями сырьевой продукции (Менедж, Рейтер, Брокер). Распределение заказов и ценных бумаг происходит стихийно на основе конкуренции. Отсутствие явного управления биржей является одной из обязательных черт рыночной экономики. Иногда государство может оказывать влияние посредством установки минимальной (максимальной) ставки, ограничения на возможность изменения показателей рынка [Черников, 1991].

Существующие электронные биржи уступают по сложности разрабатываемой системе, так как в них отсутствует управление, количество характеристик элементов сделки крайне мало, выбор оптимальных

решений реализуется каждым участником самостоятельно, информация о ситуации в области представлена небольшим количеством показателей.

Ситуационные центры в подавляющем большинстве являются секретными или конфиденциальными разработками. Это не позволяет провести полноценный анализ и сравнение существующих СЦ. В первой главе приведена классификация СЦ, основанная на “масштабности” анализируемых систем и ситуаций. На практике к СЦ относят любую сложную систему, имеющую экран коллективного пользования.

Например, СЦ одной из отечественных систем мобильной связи представляет собой помещение, на стенах которого располагаются мониторы. На дисплеях указывается состояние каждой соты (вышек, передатчиков). Если состояние в какой-либо соте становится критическим (перегрузка, неработоспособность), то это отображается на экране красным светом. Таким образом, на стенах помещения формируется информация о ситуации в системе мобильной связи.

Более сложным СЦ является центр управления космическими полетами. Он также имеет экран коллективного пользования, но позволяет отображать существенно больше информации: траекторию полета, дополнительные данные, теле- и радиопередачи и т.д. Кроме того, существует возможность масштабирования, рассмотрения ограниченной области и комбинирования нескольких источников информации. Ситуация, представленная таким СЦ, является более полной.

Если сравнивать разрабатываемую систему с этими двумя СЦ, то она по сложности наиболее приближена к последнему. Однако реализация даже простого ситуационного центра в полиграфии вызывает трудности. Среди систем, основанных на знаниях, наиболее приближенными к ситуационным центрам являются ЭС мониторинга. Они в режиме реального времени собирают информацию, поступающую от датчиков или персонала наблюдаемого объекта. ЭС анализирует и обобщает данные, используя специально разработанную БЗ, а после получения результатов сообщает пользователю информацию о текущей или прогнозируемой ситуации.

СИМ, особенно событийно-ориентированные, наиболее близко стоят к подсистеме моделирования СЦ. На основании произошедших событий и заложенного алгоритма они определяют последовательность возникающих событий, что позволяет получить информацию о возможном развитии ситуации.

АПС AGFA Delano

Одним из аналогов SIE-System можно считать автоматизированную полиграфическую систему (АПС) AGFA Delano [Agfa, 2002]. Система предназначена для автоматизированного управления полиграфическими заказами (Automated Project Management for Printers). К ситуационным системам ее приближает функция, позволяющая отображать процесс выполнения заказа. Наблюдателем системы может быть не только специалист по управлению заказами (менеджер), но и заказчик. Отображение происходит с помощью технологий Интернет и специального языка визуализации ситуации, для чего с помощью типовых графических блоков создается модель предприятия. При переходе заказа к новому этапу (очередной технологической операции) активируется соответствующий блок.

На основании данных, передаваемых с помощью специальных протоколов (JDF, Task Chain и др.), определяется процент выполнения заказа. Результаты допечатной подготовки (сканирования, обработки изображений, верстки) копируются в специальную директорию, преобразовываются в PDF, JPG и размещаются на WEB страницах. Таким образом, заказчик и менеджер могут определить не только этап обработки заказа, но и промежуточные результаты.

AGFA Delano имеет обширную базу знаний, содержащую информацию для принятия управленческих решений, и которую можно считать прототипом ЭС.

Несмотря на широкие возможности по контролю и анализу ситуаций, АПС AGFA Delano не позволяет оценивать ситуацию на различных уровнях (на уровне сектора, фирмы, сегмента рынка); не имеет компоненты, которая может проигрывать (имитировать) возможные ситуации; не позволяет оптимизировать потоки заказов¹.

АПС ЛИМ-корпорация, TS Полиграфия, Ерматель.

Среди отечественных разработок в области компьютерных полиграфических систем можно отметить интегрированную информационную систему управления полиграфическим предприятием “ЛИМ-Корпорация”. Система состоит из нескольких модулей, в число которых входят подсистема “мониторинга” и “контроля прохождения полиграфического заказа в производстве”. По названиям и кратким описаниям решаемых задач, взятых из проспекта [ЛИМ, 2001] можно отнести эти модули к компонентам ситуационного центра. Модули расчета заказа и

¹ Частично последняя задача решается в системе синхронного планирования и оптимизации SyteLine APS, входящей в состав АПС SyteLine ERP [Мельник, 2002].

учета ресурсов можно считать прототипами будущих ЭС или СИМ. На данный момент времени отечественный аналог системы класса Agfa Delano значительно уступает по возможностям, совместимости и предлагаемым решениям.

Система TS Полиграфия 2.5 [ТитанСофт, 2002] предназначена для автоматизации учета и расчетов стоимости заказов на продукцию предприятий полиграфического производства (издательства и типографии). Программа позволяет повысить скорость и уменьшить ошибки расчетов. Система интегрирована со складским модулем, что позволяет комплексно автоматизировать бизнес-процессы на полиграфическом предприятии: складской учет (бумага, краска, др. материалы), расчет и оперативный учет стоимости заказов. Данная система максимально приближена к особенностям полиграфического производства, зарекомендовав себя на ряде предприятий полиграфического производства. Исходя из краткой аннотации, данную разработку можно отнести к классу рассматриваемых АПС.

Система учета и планирования ресурсов предприятия Ерматель позволяет [Ерматель, 2002]: получать информацию о прохождении заказов с момента обсуждения предварительной заявки до отгрузки готовой продукции; планировать и рассчитывать фактическую себестоимость готовой продукции; оперативно вести учет затрат и планирование поставок сырья и материалов; отслеживать состояние расчетов с поставщиками и заказчиками независимо от способов и сложности схем платежей и планировать поступления и расход денежных средств. Наиболее интересной с точки зрения ситуационного подхода является компонента “Движение товара”, которая отслеживает текущее состояние и ход выполнения заказа.

Все рассмотренные АПС можно отнести к классу интегрированных систем управления предприятием (ERP-системам). Все системы данного класса подразумевают обязательное наличие модуля, отвечающего за мониторинг протекающих процессов. Из-за невозможности (или отсутствия необходимости) отображения реального процесса, используются условные обозначения, которые могут приближаться к когнитивным элементам (Agfa Delano). Такие особенности ERP-систем позволяют считать их ближайшими прототипами будущих ситуационных центров.

Разработчики полиграфических СЦ должны будут ориентироваться на существующие АПС, особенно, при создании СЦ сегментов рынка полиграфических услуг. Основным препятствием создания ситуационной модели будет являться неоднородность циркулирующих электронных документов. Эту проблему пытаются решить путем введения формата JDF (job definition format). Однако, уже на сегодняшний день видна

его несовершенство. Практически каждая ERP-система вводит дополнительные документы: Task Chain (Agfa Delano), наряд-задание и лимитно-заборная карта (Ерматель) и др. С точки зрения ситуационного подхода эти стандарты должны быть оценены на возможность задания информации о ситуации и (или) на полноту характеристик, необходимых для автоматического или автоматизированного определения ситуаций.

Ситуационная комната “Галактика” и “Триумф-Аналитика”

На отечественном рынке программных средств представлены две аналитические системы, которые реализуют функции СЦ. “Триумф-Аналитка” фирмы Парус построена на основе системы “Парус-магазин”, дополнена возможностями программы PowerSim и предназначена для торговых предприятий. Под ситуационным моделированием в системе понимается использование методов нечеткой логики и нейронных сетей [Триумф, 2002].

Ситуационная комната фирмы “Галактика” решает такие задачи как мониторинг, анализ и прогнозирование деятельности предприятия, взятый в различных разрезах, анализ рисков, моделирование ситуаций, выработка бизнес-стратегии и пр. Примерно 65% программной “начинки” ситуационных комнат составляют стандартные модули “Галактики”, около 15% приходится на информационно-поисковую аналитическую систему Galaktika-Zoom, еще 15% — это сопряжение с системами АСУТП, 5% приходится на другие источники.

Эти системы предназначены для решения широкого класса задач с помощью различных средств, поэтому имеют ограниченные возможности по ситуационному моделированию и визуализации. Однако наличие таких программных продуктов на рынке свидетельствует о развитии ситуационного подхода и увеличении количества СЦ.

IBS Центр поддержки принятия решений

Функционирование ЦППР (СЦ) основывается на принципе построения единой корпоративной информационной среды [IBS, 2002]. Задачей центра является обеспечение решения большинства задач стратегического, тактического и оперативного уровней управления. Основными инструментами анализа, применяемыми в ЦППР, являются: мониторинг текущей обстановки; анализ и моделирование действий в кризисной ситуации; проведение деловых игр для поиска новых решений.

ЦППР выполняет функции организации оперативного взаимодействия между информационными системами компании, организаций и ведомств, участвующих в реализации совместных программ; своевременного доведения оперативной информации до экспертов и руководи-

лей; контроля доведения решений до исполнителей и обеспечения контроля исполнения; обеспечения руководства и экспертов сведениями о состоянии объектов и технологических процессов, имеющих непосредственное отношение к решаемым задачам; получение актуальной справочной информации: автоматизированный контроль обстановки; подготовки подборок, дайджестов, аналитических обзоров СМИ по проблемам, прямо или косвенно связанным с деятельностью компании и руководства; подготовки вариантов стратегического и тактического развития компании.

В информационную модель включаются следующие данные: текущее состояние, загрузка и особенности функционирования подразделений; состояние текущих работ по планированию и управлению геолого-разведочными работами, разработкой месторождений, процессами обустройства месторождений, процессами добычи углеводородного сырья, процессами транспортировки углеводородного сырья, процессами переработки, хранения и реализации продукции; результаты контроля выполнения планов текущих работ по различным направлениям; факторы макросреды функционирования компании; состояние различных областей деятельности компании (финансы, МТО, технологии, организационные вопросы, кадры и т.д.).

Ситуационный центр “Кант”

В качестве взаимодействия с внешними потребителями информации ситуационный центр ориентируется на использование таких средств как: Microsoft Exchange 2000 Server (средство для организации совместной работы), BizTalk Server 2000 (средство для построения успешных систем электронной коммерции). В качестве основного стандарта для передачи данных используется язык XML. В состав программных средств ситуационного центра “Кант” входят следующие компоненты:

Визонариум — комплексная программа, предназначенная для визуального отображения информационных потоков на предприятии, визуального бизнес-моделирования, сравнения плана с фактом.

Директор — программа, предназначенная для работы высшего менеджмента компаний. Отображает состояние предприятия по основным направлениям его деятельности, документооборота, контроль исполнительской деятельности и т.д.

Производство-Технолог — программа, предназначенная для отображения основных производственных показателей: готовности производства, цехов, участков для выполнения технологических операций, технологические процессы. Отображает наличие и состав основных

технологических компонентов на рабочих местах исполнителей и многое другое в зависимости от специализации предприятия.

Связь с кассой — программа, предназначенная для получения информации в режиме реального времени о процессе продаж на предприятии.

Связь с банком — программа, предназначенная для автоматизации работы предприятия с банком. Позволяет получать информацию по существующим банковским счетам и проводить банковские операции через Internet.

Связь с датчиками — программа, позволяющая автоматизировать контроль за ресурсами, потребляемыми или отгружаемыми предприятием.

Менеджер — программа, предназначенная для автоматизации работы менеджеров и отдела маркетинга. Позволяет отслеживать документооборот и основные контролируемые параметры по специализации.

Финансист-экономист — программа, автоматизирующая рабочее место финансиста, позволяет контролировать все платежи, дебиторскую и кредиторскую задолженности, позволяет организовать визуальный контроль за денежными потоками, создавать отчеты, отслеживать фактическое исполнение по сравнению с плановыми финансовыми параметрами.

Документооборот — программа, автоматизирующая документооборот на предприятии, позволяет удобно и просто отслеживать потоки регламентируемых документов.

СЦ Министерства природных ресурсов РФ

Ситуационный центр Министерства природных ресурсов (МПР) РФ предназначен для обеспечения информационной поддержки принятия управленческих решений руководством на основе регулярного представления, анализа и интеграции достоверной и актуальной информации о состоянии природно-ресурсного комплекса России, его использовании и охране окружающей среды [МПР, 2002]. Основными задачами центра являются:

- оперативное отображение и оценка состояния природных ресурсов и окружающей среды Российской Федерации;
- информационное обеспечение органов управления министерства в целях рационального природопользования и хозяйственной деятельности;
- оперативный контроль выполнения условий лицензионных соглашений по изучению и освоению недр территории и шельфа России, использованию природных ресурсов;

- информационное обеспечение деятельности МПР РФ в условиях возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, связанных с природными катастрофами и крупномасштабными техногенными авариями;
- прогнозирование возможных ситуаций и их развития, включая прогнозирование состояния природных объектов и динамики развития изучаемых процессов;
- подготовка вариантов управленческих решений в области природопользования и охраны окружающей среды;
- информационное взаимодействие с высшими органами государственной власти (аппарат Президента России, Совет Безопасности, Государственная Дума, Совет Федерации, министерства и ведомства);
- проведение диспетчерских совещаний с пространственно-удаленными руководителями и специалистами организаций, подведомственных МПР России.

Основными функциями СЦ являются:

- сбор и подготовка информационных ресурсов для решения оперативных информационно-аналитических и ситуационных задач;
- обработка, комплексный анализ и отображение пространственно-временной информации о состоянии природных ресурсов и окружающей среды;
- организация доступа руководства МПР России к актуальной и генерализованной информации;
- ситуационный анализ природно-ресурсных объектов по заданным методикам, а также в форс-мажорных обстоятельствах;
- динамическое моделирование ситуаций, прогнозирование вариантов развития обстановок (процессов);
- наглядное отображение результатов анализа и моделирования с применением современных технических средств;
- обеспечение связи и взаимодействия с удаленными информационными фондами и абонентами, с использованием внешних компьютерных сетей, трансляций видеоинформации;
- подготовка информационно-аналитических и других материалов для руководства МПР России.

Функционирование СЦ обеспечивается следующими подсистемами: оперативного отбора, комплексной обработки и анализа информации с привлечением специалистов-экспертов; оформления и отображения выходных информационных продуктов; хранения, поддержки и актуализации информации; эксплуатации проекционных программно-аппаратных средств; обеспечения защиты информации; обеспечения удаленного доступа к информации на основе средств связи и телекоммуникации.

Состав информационных ресурсов СЦ: включает

- нормативную и правовую основу природопользования;
- реестр лицензий в области природопользования и сводные данные о выполнении лицензионных соглашений;
- финансовые и физические показатели деятельности в сфере природопользования;
- кадастры и балансы запасов природных ресурсов (месторождения полезных ископаемых, лес, вода);
- данные мониторинга природной среды (загрязнение, природные катастрофы, состояние особо охраняемых природных территорий, антропогенная нагрузка и прочее);
- картографическую информацию;
- социально-экономическую информацию по субъектам Российской Федерации;
- материалы дистанционного зондирования Земли;
- природные ресурсы и состояние окружающей среды в мире, в первую очередь в граничных с Российской Федерацией государствах;
- новости в сфере природопользования.

ЭС GenSym G2

Первая версия системы появилась в 1988 г. В настоящее время ЭС поддерживает различные платформы и обладает всеми возможностями графического интерфейса и визуального проектирования.

В G2 реализована клиент серверная технология, при этом каждый разработчик имеет доступ к базе знаний, находящейся на сервере, при помощи средства, называемого Telewindows, обычно расположенного на компьютере клиента. В этом случае разработчики могут иметь различные авторизованные уровни доступа к приложениям. Приложение может быть реализовано не только на различных ЭВМ, но и с использованием нескольких взаимодействующих оболочек G2.

Для выявления логических ошибок и неопределенностей реализована возможность “Insrest”, позволяющая просматривать различные аспекты базы знаний, например, “показать все утверждения со ссылками на неопределенные сущности (объекты, связи, атрибуты)”, “показать графически иерархию заданного класса объектов”, “показать все сущности, у которых значение атрибута Notes не ОК”. (Данный атрибут есть у всех сущностей, представимых в языке G2; его значение — либо ОК, когда нет претензий к сущности, либо описание реальных или потенциальных проблем, например, ссылка на несуществующий объект, несколько объектов с одним именем и т.п.) [Поллак, 2000].

Блок динамического моделирования позволяет при тестировании воссоздать различные ситуации, адекватные внешнему миру, таким образом логика приложения будет проверяться в тех условиях, для которых она создавалась. Конечный пользователь может принять непосредственное участие в тестировании благодаря управлению цветом (т.е. изменение цвета при наступлении заданного состояния или выполнения условия) и анимации (т.е. перемещение/вращение сущности при наступлении состояния/условия). Благодаря этому он сможет понять и оценить логику работы приложения, не анализируя правила и процедуры, а рассматривая графическое изображение управляемого процесса, технического сооружения и т.п.

Полученное приложение полностью переносимо на различные платформы в среду UNIX (SUN, DEC, HP, IBM и т.д.), VMS (DEC VAX) и Windows NT (Intel, DEC Alpha). База знаний сохраняется в обычном ASCII-файле, который однозначно интерпретируется на любой из поддерживаемых платформ. Перенос приложения не требует его перекомпиляции и заключается в простом перемещении файлов. Функциональные возможности и внешний вид приложения не претерпевают при этом никаких изменений.

ЭС G2 имеет подсистему моделирования. Во время разработки подсистема моделирования используется вместо объектов реального мира для имитации показаний датчиков. На этапе эксплуатации прикладной системы процедуры моделирования выполняются параллельно функциям мониторинга и управления процессом, что обеспечивает возможности: верификации показаний датчиков во время исполнения приложения; подстановки модельных значений переменных при невозможности получения реальных значений (выход из строя датчика или длительное время реакции на запрос).

ЭС Спринт РВ

Комплекс программ СПРИНТ [Башлыков, 2000] предназначен для поддержки процесса создания экспертной системы диагностирования технологического оборудования, работы в реальном времени с целью обнаружения неисправностей и дефектов в функционировании объекта и представления результатов анализа оператору в удобном виде.

Комплекс программ выполняет функции создания и редактирования базы данных, базы знаний, символьных файлов (сообщений, рекомендаций, тестовых ситуаций), мнемосхем с элементами динамики и др.

ЭС СПРИНТ разработана в среде Windows 95, имеет графический интерфейс и возможность визуального проектирования (работа со списками, с базой знаний и др.) Система поддерживает только логику вы-

сказываний. Все выводы системы делаются программно, перед компиляцией ЭС проверяет синтаксические ошибки. Имеется возможность подключения внешних функций.

Система может запускаться для тестирования с предварительным заданием статических параметров. Спринт позволяет проверять логику работы и осуществлять обратный вывод.

В комплекс программ входят средства для отображения графиков в реальном режиме времени и создания отчетов в MS EXCEL.

Полиграфическая ЭС ImpoStrip

Полиграфическая ЭС ImpoStrip предназначена для автоматического (автоматизированного) спуска полос [ImpoStrip, 2000]. Ее базой знаний являются правила, которые позволяют оптимальным образом расположить выводимые на пленку или на печать страницы будущего издания. Фактически речь идет об оптимальной раскройке материала. Надо отметить, что количество полиграфических ЭС и СИМ крайне мало. Это относится в равной степени к отечественным и зарубежным разработкам².

СИМ GPSS

Одной из самых известных СИМ является GPSS (General Purpose System Simulation — Моделирующая система общего назначения). Она разработана фирмой IBM в начале 60-х годов. Имеются трансляторы с языка GPSS для различных ЭВМ. GPSS является пакетом дискретного моделирования. Она построена на принципах передачи квантов информации (транзактов) в различные типовые блоки. Автор работы [Прицкер, 1987] относит GPSS к *“языкам, реализующим процессно-ориентированный подход”*.

“Система GPSS ориентирована на класс объектов, процесс функционирования которых можно представить в виде множества состояний и правил перехода из одного состояния в другое, определяемых в дискретной пространственно-временной области. Примерами таких объектов являются вычислительные системы, сети ЭВМ, системы передачи сообщений, транспортные объекты, склады, магазины, предприятия и т.п. В качестве формальных моделей таких объектов используют системы массового обслуживания, автоматы, стохастические сети и др.” [Советов, 1999].

² Прототип еще одной полиграфической ЭС можно найти в [Peak, 2000].

В состав GPSS входят следующие типы объектов: транзакты, блоки, списки, устройства, памяти, логические ключи, очереди, таблицы, ячейки, функции, переменные. Любую модель на языке GPSS можно представить в виде комбинации компонентов, взятых из числа названных объектов. Модель имеет три уровня представления: верхний уровень, определяемый комбинацией основных функциональных объектов: устройств, памяти, ключей, очередей; средний уровень, представляемый схемой из типовых блоков, между которыми перемещаются транзакты; нижний уровень — уровень физической реализации — в виде программ и наборов данных, составляющих основу симулятора GPSS.

Разработчик конструирует модель из блоков, прибегая, как правило, к наглядной форме ее отображения в виде блок-схемы. Для удобства графического представления модели каждый блок GPSS имеет принятое стандартное обозначение. Построенная схема является одновременно программой на языке GPSS. Для ее ввода в ЭВМ необходимо последовательность блоков представить в виде списка операций, добавив к названиям блоков требуемые операнды.

В основе большинства современных программ моделирования лежит некий дискретный или непрерывный язык. Поэтому для сравнения различных систем необходимо рассмотреть характеристики внутренних языков моделирования. Язык GPSS имеет 7 категорий и 14 типов объектов и более 40 различных блоков.

СИМ GPSS в настоящее время получила свое развитие в современных версиях, которые имеют графический интерфейс и большое количество дополнительных библиотек. В первой главе подчеркивалась относительная простота реализации GPSS. Существует специальный модуль для системы математического моделирования Matlab, который реализует почти все возможности GPSS [Dolinsky, 1998].

Инструментальная среда Stratum 2000

Инструментальная среда Stratum 2000 предназначена для имитационного и математического моделирования. «Созданная на базе новейших информационных технологий, среда Stratum 2000 позволяет в короткие сроки спроектировать новую или проанализировать уже работающую систему, к какой бы прикладной области она ни относилась. Средства автоматической кодогенерации среды Stratum автоматически преобразуют математическую модель объекта в исполняемый код с контролем синтаксических и логических правил. Использование графики в среде Stratum позволяет использовать стандартные и создавать пользо-

вательские 2d и 3d объекты, текст, видео, манипулировать ими, изменять атрибуты” [Stratum, 2000].

Помимо англоязычной версии существует и русифицированный вариант, выполненный пермскими разработчиками под научным руководством И.О. Мухина. Соответственно, система имеет русский интерфейс, справочную систему и примеры.

Система реализована под ОС Windows 95 и имеет возможность работы с графическими объектами (3D/2D, анимация, имитация интерфейсных возможностей оболочки Windows). Это позволяет визуально создавать модели и имитировать их выполнение в реальном режиме.

Важным достоинством системы является наличие внутреннего языка программирования, который позволяет реализовать новые функции и собственные объекты, а также осуществлять распределенные вычисления в сети, подключение к устройствам для получения внешних данных.

СИМ Arena 3.0

Система имитационного моделирования Arena 3.0 разработана компанией Systems Modeling Corporation. Первая версия этой системы была выпущена в 1993 г. Версия 3.0 реализована под управлением ОС Windows 95 и обладает большой библиотекой самых различных объектов. Имеет возможность иерархического построения модели и ее последовательного приближения к реальному объекту [Arena, 1998].

Основа технологий Arena — язык моделирования SIMAN и система Cinema Animation. SIMAN, впервые реализованный в 1982 г., — чрезвычайно гибкий и выразительный язык моделирования. Он постоянно совершенствуется путем добавления в него новых возможностей. Для отображения результатов моделирования используется анимационная система Cinema animation, известная на рынке с 1984 г. Процесс моделирования организован следующим образом. Сначала пользователь шаг за шагом строит в визуальном редакторе системы Arena модель. Затем система генерирует соответствующий код на языке SIMAN, после чего автоматически запускается Cinema animation [Drakos, 1995].

В поставку Arena входят готовые шаблоны решений (Application Solution Templates). Каждый такой шаблон представляет собой набор специализированных модулей, превращающих Arena в проблемно-ориентированную среду моделирования. Создавая такие шаблоны или изменяя существующие, можно полностью приспособить Arena для решения стоящих перед пользователем задач и перейти от абстрактных понятий методологии моделирования к принятым в рассматриваемой предметной области терминам.

Отличительной особенностью является интегрированность с языком программирования VBA (Visual Basic for Applications), что предоставляет возможности написания кода программ и расширения библиотек системы; легкой интеграции с MS Office и Visual Studio; управления системой извне с помощью технологий ActiveX, DCom и др. Кроме того, интерфейс Arena включает в себя всевозможные средства для работы с данными, в том числе электронные таблицы, базы данных, ODBC, OLE, поддержку формата DXF.

Arena Professional Edition дает пользователям возможность создавать собственные шаблоны решений, а также заказные модули [Антипина, 1997]. Дополненная шаблонами и заказными модулями Arena может использоваться специалистами в той или иной предметной области, поскольку представляет собой, по сути дела, проекцию системы на эту предметную область. Абстрактные понятия общей методологии могут быть выражены с помощью терминологии и графического языка, понятного сотрудникам той организации, в которой используется Arena.

В Arena все функции, необходимые для эффективного проведения моделирования, собраны в удобную интегрированную среду Input Analyzer. Она позволяет адаптировать ранее определенные структуры данных к реальным входным данным. Output Analyzer, средство полного качественного анализа, дает возможность отображать и сравнивать данные, собранные в процессе имитации. С помощью Scenario Manager можно запустить целую серию имитаций, а потом проанализировать их результаты. Arena снабжена подробной системой интерактивной помощи и демонстрационными примерами моделей [Arena, 2000].

Возможности языка моделирования SIMAN значительно отличаются от ранних версий языка GPSS: в языке имеется около 70 блоков, 56 элементов, 20 стандартных математических и геометрических функций и 16 функций распределения; существуют специальные блоки для реализации непрерывных процессов, для вызова внешних программ и библиотек; гибкий синтаксис языка, около 170 внутренних переменных. В отличие от GPSS в языке SIMAN значительно расширен математический аппарат. Например, в GPSS всегда выражают функцию распределения в виде некоторой дискретной аппроксимации. Кроме того, поддерживаются не только показательные и экспоненциальные законы, но и распределения гамма, бета, Пуассона, Джонсона, к-Эрланга и др.

СИМ NetCracker 3.1

Система NetCracker 3.1. предназначена для применения в области моделирования компьютерных сетей. Она позволяет создавать модели и

анализировать их в реальном режиме времени или через полученные отчеты [NetCracker, 2000].

В отличие от других система имеет весь спектр элементов (объектов) для конструирования локальных и глобальных сетей, базу данных с характеристиками устройств всех известных производителей сетевого оборудования. Это позволяет быстро и эффективно определять нужные параметры сетевых плат, концентраторов, кабелей, серверов и др.

В системе имеется возможность создания новых моделей имеющихся устройств. Основной недостаток заключается в том, что не охватываются все устройства, влияющие на производительность. Тем не менее, в программе может быть сконфигурирована любая компьютерная сеть без учета некоторых периферийных и специализированных устройств.

Система не имеет внутреннего языка моделирования, но позволяет задавать различные законы распределения пакетов (транзактов). Количество типовых блоков более 30, а различных конфигураций более тысячи³.

СИМ ACSL Sim

Aegis Software взяла за основу язык ASCL и использовала его для построения программной системы ACSL Sim. Пакет программ содержит ядро ACSL, полную библиотеку всех блоков, транслятор, конструктор и дружественный пользовательский интерфейс [ACSL, 1998].

Система существует достаточно давно и ее надежность неоднократно проверялась самыми требовательными специалистами. Модели ACSL компилируются, что дает значительные преимущества в скорости по сравнению с интерпретационными СИМ. Производительность системы зависит лишь от технических средств, используемых для запуска программ.

ACSL Sim относится к непрерывным СИМ, т.е. для математического моделирования и анализа используются нелинейные дифференциальные уравнения и (или) передаточные функции. Несмотря на то, что решаемый класс задач по своей сути зависит от времени, программа ACSL Sim позволяет создавать модели, независящие от него.

Важным достоинством системы является неограниченность размерности создаваемых моделей. Совместимость ACSL обеспечивает работу

³ На момент написания книги уже появились более поздние версии некоторых из описываемых систем, поэтому некоторые характеристики и оценки могут оказаться заниженными.

в средах Unix и Windows, передачу рабочих файлов и компиляцию на любой платформе. Программа имеет возможность установки в сети по клиент-серверной технологии с использованием различных типов компьютеров и операционных систем.

Программа ESS

ESS (Expert Simulation System) является одной из немногих систем, в которой произведена попытка соединения некоторых функции СИМ и ЭС. В программе ESS объединены возможности написания ЭС на внутреннем языке и СИМ на GPSS. Программа преобразует типовые модели (не более 5) и запускает имитационное моделирование (программу GPSS-PC) [ESS, 1991].

6.2. Архитектура системы и этапы ее развития

Создание программного комплекса происходило постепенно в течение нескольких лет. Первоначально поставленные задачи решались с помощью стандартных подходов, однако проведенные исследования выявили существенные недостатки использования отдельных систем. В связи с этим и появилась задача об интеграции различных подходов. Сами исследования проводились в секторе допечатной подготовки Московского государственного университета печати, который имеет семь основных подразделений (рис. 6.2.):

- лаборатория фотовыводных устройств, в которой находится два ФНА и проявочная машина. ФНА соединены с компьютерами класса IBM PC и MAC;
- лаборатория сканирующих устройств, содержащая четыре сканера и соединенные с ними ЭВМ класса Macintosh;
- лаборатория цветопробы, содержащая две рабочие станции, аналоговую и цифровую цветопробу;
- лаборатория для вывода на плоттере, включающая широкоформатный плоттер, сетевой принтер и четыре рабочие станции;
- лаборатория фирмы Gretag, в которой находится шесть рабочих станций и специализированные устройства для калибровки.
- лабораторный зал 12 компьютеров Macintosh;
- лаборатория верстки, содержащая пять компьютеров, два принтера и два сканера.

Все ЭВМ и устройства подключены в единую компьютерную сеть. Она работает на двух основных протоколах: AppleTalk и TCP/IP. Это связано с тем, что используются компьютеры различных платформ, а именно — IBM PC и Macintosh.

Часть сетевых устройств и серверов располагается за пределами сектора, в левом крыле пятого этажа, в специальной комнате. Там сконцентрированы основные серверы, обеспечивающие хранение и резервирование информации.

В секторе выполняются производственные работы, и ведется учебный процесс. В среднем за один день через сектор проходит 20-30 заказов, включающие различные технологические операции. Наиболее загруженным и сложным в обработке является участок вывода пленок на ФНА.

Имитационная модель. В 1998 г. в среде GPSS автором была создана имитационная модель лаборатории ФНА. Позже, совместно с А.Ю. Ходеевым, была разработана полная модель сектора и первая версия

системы имитационного моделирования допечатных процессов (СИМ ДП). Она включала в себя подробную инфологическую и даталогическую

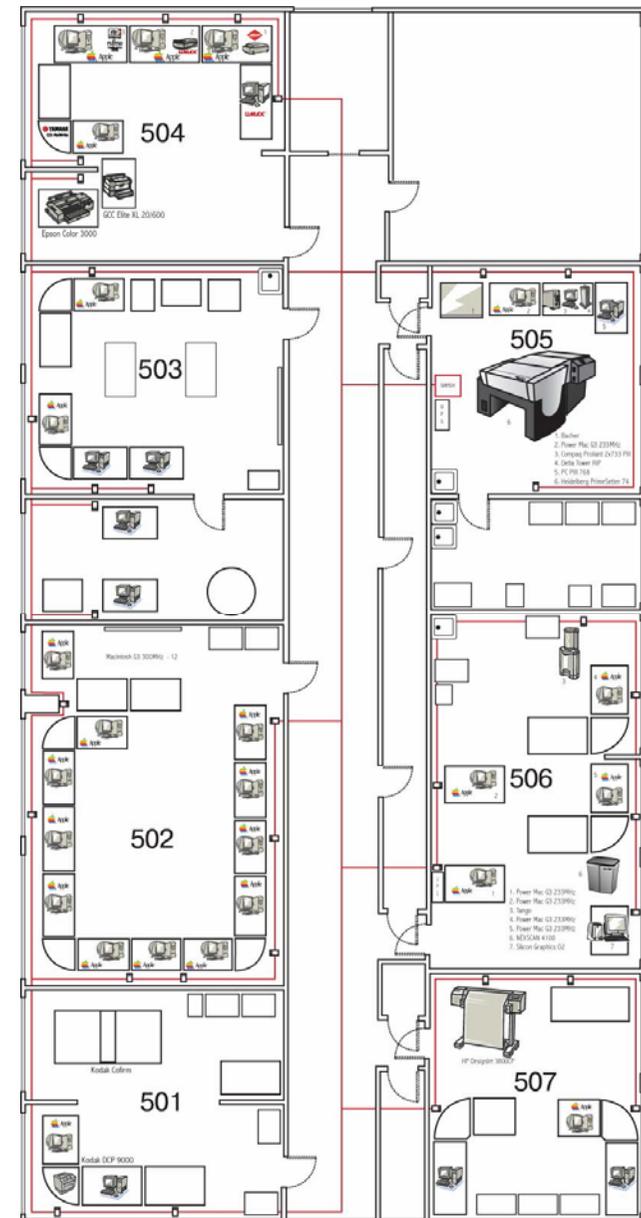


Рис. 6.2. План сектора допечатной подготовки МГУП.

модель БД, архитектуру и принципы работы программы. СИМ ДП предназначалась для руководителя сектора и оператора, принимающего заказы. Она позволяла оценить эффективность распределения заказов, возможность выполнения заказов и сроки их реализации.

Первоначально для программной реализации предполагалось использовать СИМ Agena 3.0 и NetCracker 3.5. Были реализованы соответствующие программы и проведены эксперименты. В результате выявлен существенный недостаток СИМ общего назначения, который не позволял легко и быстро реализовать особенности предметной области. Так, например, операторы верстки или сканирования не привязаны к конкретному рабочему месту и могут выполнять работы на любых компьютерах. Специализация работников обычно достаточно широка, поэтому они могут выполнять различную работу. Для реализации этих особенностей впоследствии были разработаны специальные технологии и методики — технология виртуальных транзактов, метод вектора специальностей, стратегия отказа и др.

В связи с указанными сложностями модель сектора была представлена схематично. Тем не менее, было создано несколько моделей отдельного полиграфического оборудования и проведены эксперименты. Время моделирования определялось исходя из времени ввода данных, среднего времени на одну имитацию и количества имитаций.

$$T_{sim} = T_{io} + T_m * N$$

где T_{io} — время ввода исходных данных;

T_m — время, затрачиваемое в среднем на одну имитацию;

N — количество имитаций.

Эксперименты показали, что время на одну имитацию в общем случае зависит от количества блоков ИМ и времени задержки в них. Полу-

ченная зависимость представлена на рис. 6.3.

Зависимость, полученная на практике (сплошная линия), подтверждает экспоненциальный рост времени моделирования при увеличении размерности.

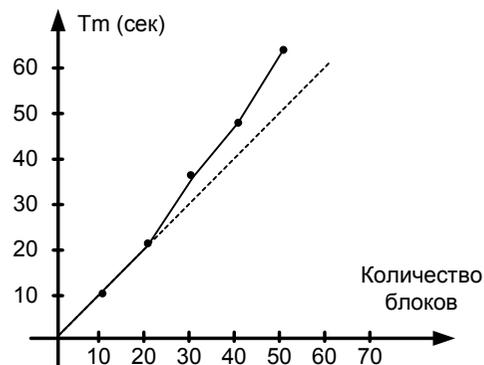


Рис. 6.3. Зависимость времени имитации от количества блоков.

Как видно из графика, характер зависимости проявляется даже при небольших размерностях (до 100 блоков)⁴.

Во время экспериментальной апробации системы выяснилось, что самой трудоемкой и длительной операцией является ввод исходных данных и задание параметров ИМ. Это объясняется следующими факторами:

- для получения информации о текущем состоянии оборудования и выполняемых работ требуется личный контакт;
- довольно сложно оценить стадию выполнения некоторых видов работы (верстка, вывод пленок и др.);
- для определения всех характеристик заказа, число которых может достигать 200, требуется высокий уровень квалификации.

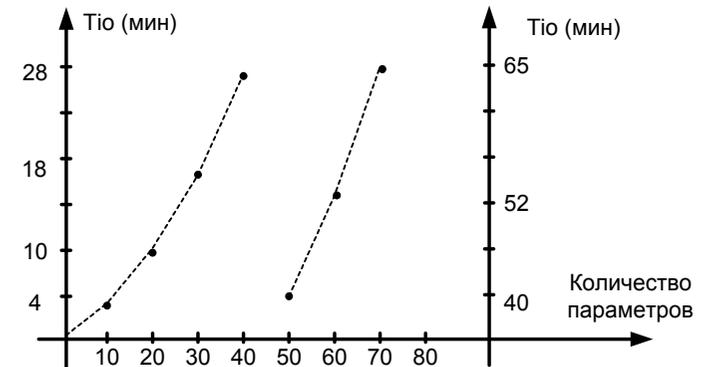


Рис. 6.4. Время ввода данных в СИМ.

При экспериментальной оценке времени ввода данных не использовалась непосредственно разработанная СИМ по причинам незавершенности программы, неадекватности ее моделей и отсутствия опыта работы с системой у тестируемых. Исследование частично проводилось на реальных ситуациях при заполнении расширенной технологической карты. Максимальное количество параметров не превышало 70, так как рассматривался вопрос выполнения заказа только в секторе допечатной подготовки. Также было ограничено число разновидностей печатной продукции.

⁴ Для экспериментов использовалась демо-версия программы Apena, поэтому размерности моделей были ограничены. Они состояли из небольшого числа блоков и часто не соответствовали реальным производственным структурам.

Важным недостатком разработанной системы явилась невозможность исключения заранее неверных вариантов распределения заказа и последовательности его движения. Это приводило к большому числу избыточных итераций (имитаций). Например, для системы, состоящей из трех РС, сканера, ФНА и четырех субъектов, потребовалось рассмотреть 150 итераций. Ниже приведены расчеты времени моделирования, зависящие от количества параметров, блоков и имитаций соответственно:

$$T_{sim}(10, 10, 150) = 4 + 0.2 * 150 = 34 \text{ мин.}$$

$$T_{sim}(70, 20, 300) = 65 + 0.3 * 300 = 65 + 90 = 155 \text{ мин.}$$

Экспертное моделирование. Для преодоления проблем СИМ депечатных процессов было принято решение разработать развитую диалоговую процедуру ввода данных, и усовершенствовать процесс выбора диапазона параметров при многократных имитациях. Это привело к необходимости создания системы правил и реализации их в ЭС. Первоначально система правил была реализована в конструкторе ЭС Image-Expert [Филиппович Ю., 2003б]. Однако эта система является программой для DOS и не имеет возможностей обращения к ней из других программ. В 1999 году А.Л. Волковым была разработана современная версия системы под названием “Эксперт”. Архитектура программы реализовалась с возможностью обращения к ней через COM-интерфейс и вызова внешних DLL.

Была создана небольшая БЗ для ЭС, содержащая около 100 правил. Интеграция ЭС и СИМ была реализована на уровне передачи параметров. Поэтому для сокращения числа имитаций в СИМ были введены дополнительные переменные. Их значения также определяла ЭС.

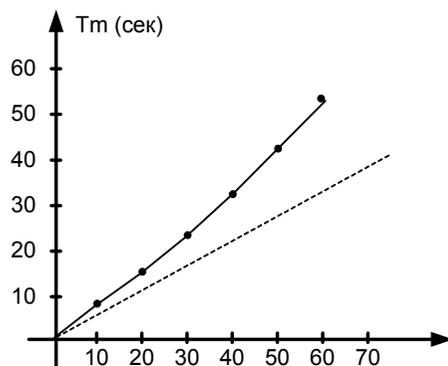


Рис. 6.5. Время моделирования при интеграции с ЭС.

Как видно из рис. 6.5. сократилось также время моделирования (сплошная кривая), однако данные отклонения от рассмотренных выше результатов (рис. 6.3.) могут являться следствием изменения кода программы СИМ. На данном этапе совместно с И.С. Шапиро была разработана СИМ “Симулятор”. Использование ЭС позволило значительно снизить время для ввода исходных

данных. Полученная зависимость представлена на рис. 6.6.

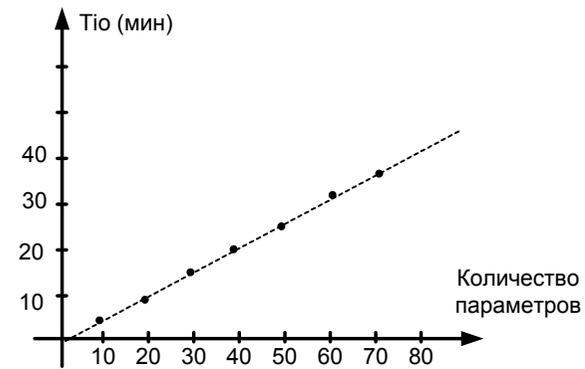


Рис. 6.6. Время ввода данных с использованием ЭС.

Из примеров, приведенных ниже, видно изменение производительности:

$$T_{sim}(10, 10, 50) = 3.5 + 0.15 * 50 = 11 \text{ мин.}$$

$$T_{sim}(70, 20, 70) = 36 + 0.23 * 70 = 36 + 16 = 52 \text{ мин.}$$

Интегрированная система значительно увеличивает производительность и сокращает время принятия решения. Тем не менее, время ввода исходных данных достаточно велико, а количество итераций избыточно.

Интеграция ЭС и СИМ не позволяет избавиться от необходимости ввода множества параметров о текущем состоянии сектора. Для решения этой проблемы можно воспользоваться следующими подходами:

- разработать программное и техническое обеспечение для получения данных от специализированного полиграфического оборудования и на основе текущих результатов верстки, сканирования и др. процессов;

- создать детальную имитационную (виртуальную) модель производственного сектора, которая изменяется в реальном режиме времени в соответствии с введенными данными;

- получать обобщенную, приближенную и краткую оценку о текущем состоянии процессов, т.е. иметь информацию о текущей ситуации (микроситуациях и макроситуации).

Реализация первого варианта крайне трудоемка, так как требует разработки модулей для работы с оборудованием различных произведе-

лей и наличие программного интерфейса в программном обеспечении для внешнего доступа.

Второй вариант более доступен для использования. Однако он требует создания модели каждого устройства, сотрудника, персонального компьютера со всем установленным на нем оборудованием. Модель является идеализированным представлением реальной системы, поэтому необходимы регулярная коррекция и согласование модели.

На практике специалист, определяющий состояние технологических процессов не учитывает все параметры системы, а довольствуется обобщенной информацией, которую ему сообщают сотрудники. Таким образом, третий вариант является не только самым простым в реализации, но и наиболее приближенным к реальности.

Ситуационное моделирование. В 2000 году совместно с А.И. Сейфулиным и А.Е. Саушкиным был разработан программный комплекс системы ситуационного отображения информации сектора допечатной подготовки. На основании информации о ситуации определялись приблизительные параметры, и сужалось количество возможных итераций. Надо отметить, что ввод информации о состоянии занимает значительно меньше времени, чем определение множества параметров. Это привело к значительному снижению времени ввода данных.

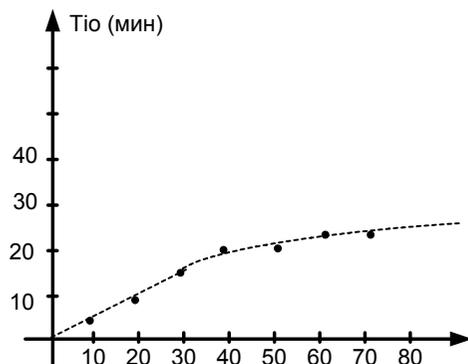


Рис. 6.7. Время ввода данных для ситуационного подхода

$$T_{sim}(10, 10, 20) = 3.5 + 0.15 * 20 = 6.5 \text{ мин.}$$

$$T_{sim}(70, 20, 50) = 21 + 0.23 * 50 = 21 + 11.5 = 32.5 \text{ мин.}$$

В 2001 году в рамках создания макета программного комплекса для ситуационного управления рынком полиграфических услуг возникла задача оптимального распределения заказов среди нескольких полиграфических фирм. При большом количестве фирм (более 3000) задача

имитационного моделирования всех вариантов не может быть выполнена при допустимых временных затратах.

Эксперименты показали, что использование ситуационного подхода наиболее эффективно для систем с большой размерностью. Зная информацию о состоянии (микроситуации) всех фирм, можно значительно снизить количество потенциальных исполнителей и необходимых имитаций.

Архитектура программного комплекса. В результате проведенных исследований и разработок, выполненных в период с 1998 по 2001 гг., была спроектирована архитектура макета интегрированной системы “SIE-SYSTEM” (рис. 6.8.). Программный комплекс состоит из следующих взаимосвязанных компонент:

П-СИМ — процессно-ориентированная система имитационного моделирования, осуществляет моделирование процессов, протекающих в допечатном секторе полиграфической фирмы;

С-СИМ — событийно-ориентированная система имитационного моделирования, осуществляет моделирование внешних и внутренних событий, возникающих в допечатном секторе полиграфической фирмы;

ССПО — система ситуационной поддержки оператора, предназначена для приема и оптимального распределения заказов;

ССПР — система ситуационной поддержки руководителя, предназначена для управления потоками полиграфических заказов;

ЭС — система экспертного анализа, система общего назначения, используется для хранения полученных знаний и вывода новых;

ССМ — система ситуационного моделирования, предназначена для экспериментального планирования развития ситуаций на рынке;

СУСМ — система управления ситуационной моделью, реализует интерфейс между БД СМ и другими программами, позволяет создавать запросы, вводить данные, изменять структуры внутренних БД;

СИП — система изменений приоритетов, доступна только руководителю и позволяет влиять на распределение потоков заказов;

ЗС — запросная система, реализует запросы на отображение, изменение, создания и удаления объектов и характеристик;

ССОИ — система ситуационного отображения информации, отображает в различных режимах информацию о ситуациях;

ТТР — система текстового отображения, отображает информацию в виде ограниченных естественно-языковых конструкций;

ТБР — система табличного отображения, отображает информацию в табличном виде;

ГВР — система графо-вербального отображения, отображает информацию в виде псевдокарты;

СО — система отчетов, система документооборота для составления бланков, платежей, копий договоров и т.д.;

СМ — ситуационная модель, БД, в которой хранится информация о текущей ситуации на рынке;

СМА — архив состояний ситуационной модели. ХД, в котором содержится информация о предыдущих состояниях СМ и статистики;

СММ — копия ситуационной модели. БД, которая используется ССМ;

ИБЗ — интегрированная база знаний, совокупность всех баз знаний, содержащая функциональные схемы, правила вывода и т.д.;

ЭЗ — экспертные знания, БЗ, которая содержит информацию, полученную от экспертов.

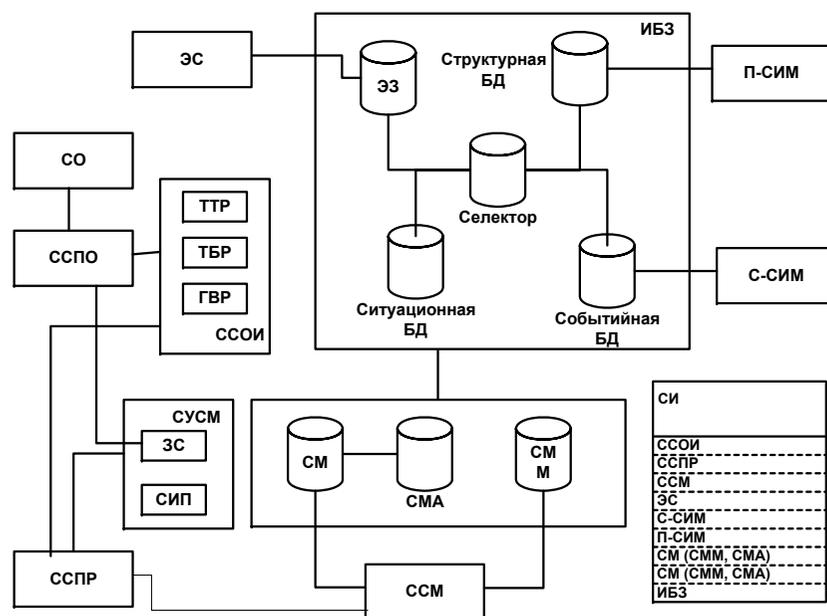


Рис. 6.8. Архитектура программного комплекса.

Взаимодействие компонент осуществляется на основе ИБЗ, СМ и ситуационного интерфейса (СИ). СИ представляет собой язык, позволяющий обращаться к единой базе знаний и передавать сообщения между подсистемами. В качестве платформы языка можно выбрать одну из современных технологий (DCOM, CORBA, RPC и др.).

У пользователя есть возможность работы с каждой системой в отдельности. Это связано с тем, что данный программный комплекс пред-

назначен для лиц, принимающих решения. Если они являются специалистами, то необходимость в ЭС для них может быть менее значимой, а ответы на ее вопросы занимают больше времени, чем необходимо.