

РАЗРАБОТЧИКИ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Доцент, канд. техн. наук



Аксенов Константин
Александрович

СОДЕРЖАНИЕ

1. СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ (ОТС)	4
2. РАССМОТРЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ	9
3. ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	21
4. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ	28
5. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОТС	35
6. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТС	47
7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	56
8. ЭКСПЕРТНОЕ И СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	65
9. МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ	71
10. ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО И ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ФРЕЙМОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ СППР И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ	78
11. МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	86
12. СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	97
13. ОБЗОР СИСТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИТУАЦИЙ	102
14. ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ	107
15. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СЕМЕЙСТВА VPSIM	111
16. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СППР VPSIM	118
16.1. Имитационное моделирование процессов логистики и монтажа ЗАО «Уральская индустриальная группа»	118
16.2. Моделирование рынка оконных конструкция	123
16.3. Техничко-экономическое проектирование (ТЭП) мультисервисной сети (МСС) районного центра Нижние Серги в VPsim.DSS	130
17. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ К СППР. СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	138

1. СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ (ОТС)

Цель и задачи лекции: состоит в изучении ситуационного подхода в управлении и основных понятий (система, цель, задача, организационно-техническая система).

В лекции рассматривается развитие понятия ситуации и ситуационный подход в управлении. Перед тем, как рассмотреть понятие ситуация, раскроем базовые понятия моделирования организационно-технических систем (ОТС): система, цель, задача, организационно-техническая система.

Система – совокупность элементов, находящихся во взаимодействии. С понятием «система» неразрывно связаны такие элементы, как цель и задача. **Цель системы** – достижение и сохранение желаемого состояния или желаемого результата поведения системы. Применительно к организации более подходит следующее определение цели. Цель организации – стремление к максимальному результату, выражаемому в максимизации ценности капитала, при постоянном сохранении определенного уровня ликвидности и достижении целей производства и сбыта с учетом социальных задач. Система целей – совокупность взаимоувязанных целей. **Задача системы** – описание способа (технологии) достижения цели, содержащего указание на цель с желаемыми конкретными числовыми (в том числе временными) характеристиками [1].

Современная ОТС является сложной системой управления, включающей многосортные множества взаимосвязанных и взаимодействующих в пространстве и во времени элементов, формирующих её интегративные свойства и функционирующих совместно для достижения целей, поставленных перед системой [2].

Будем придерживаться следующего определения *ситуации*, данного А.Ю. Филипповичем в работе [3]: **Ситуация системы** есть оценка (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов и связей между ними,

которые состоят из постоянных и причинно-следственных отношений, зависящих от произошедших событий и протекающих процессов. Данное определение ситуации получено путем анализа и обобщения различных определений данного понятия предложенных основоположники ситуационного управления Ю.И.Клыковым [4-5] и Д.А.Поспеловым [6-7].

Обобщенное описание (отображение) системы с помощью ситуаций называется *ситуационной моделью*. В связи с этим все ситуационные системы можно называть системами ситуационного моделирования. В [3] под *системой ситуационного моделирования* понимается комплекс программных и аппаратных средств, которые позволяют хранить, отображать, имитировать или анализировать информацию на основе ситуационной модели.

Принцип *ситуационного управления* базируется на понятии *полной ситуации* как совокупности, состоящей из состояния (текущей ситуации), знаний о состоянии системы управления в данный момент и знаний о технологии управления. Элементарный акт управления представлен в следующем виде [3]:

$$S_i : Q_j \xrightarrow{U_k} Q_i,$$

где S_i — полная ситуация; Q_i — новая ситуация; Q_j — текущая ситуация; U_k — способ воздействия на объект управления (одношаговое решение).

Смысл этого соотношения заключается в следующем [3]: если на объекте управления сложилась ситуация Q_j и состояние системы управления и технологическая схема управления, определяемые S_i , допускают использование воздействия U_k , то оно применяется, и текущая ситуация Q_j превращается в новую ситуацию Q_i . Подобные правила преобразования называются *логико-трансформационными правилами* или *корреляционными правилами*. Полный список логико-трансформационными правил задает возможности системы управления воздействовать на процессы, протекающие в объекте.

Объекты ОТС характеризуются сложностью структуры и алгоритмов поведения, многопараметричностью, что, естественно, приводит к сложности их моделей. Это требует при их разработке построения иерархических модульных конструкций, а также использования описания внутрисистемных процессов [8].

Согласно принципам создания ситуационных динамических моделей, изложенных Ю.И. Клыковым в [4-5], при построении моделей сложных систем управления целесообразно строить иерархические модели уровней управления, причем на каждом вышележащем уровне формируются команды для нижележащего уровня. При формализации функционирования сложной системы в виде дискретной сети команды управления задаются с помощью графов функционирования автоматов сети, отображающих функциональную и временную структуры команд [4]. Согласно Ю.И. Клыкову [4-5] *команда управления* большой системой в момент времени t представляет собой совокупность команд, подаваемых на управляющие входы полюсников сети в момент времени t , и связей между командами, определяемых структурой сети. Команда управления в момент времени t соответствует макроситуации, которой принадлежит микроситуация $s(t-1)$. В общем случае полюсниками дискретной сети могут быть модели принятия решений. Функционирование дискретной сети выглядит внешне как смена ситуации на сети. Поскольку состояние дискретной сети может быть представлено в виде совокупности понятий и отношений между ними, то функционирование дискретной сети можно рассматривать как трансформацию понятийных структур, вершинами которых являются понятия, а ребрами служат отношения между ними [4]. *Таким образом, структура композиции команд управления напрямую зависит от структуры процессов системы.*

Исследование и анализ структур и поведения широкого класса сложных систем показывает, что с точки зрения объектно-ориентированного подхода и инженерии знаний большую систему можно рассматривать как совокупность элементов двух видов: объекты (транспортные средства

(поезда, самолеты, суда), станки и оборудование, предприятия, логистические центры, заводы, склады, дороги, люди, промышленные здания и сооружения, технические объекты и т.д.) и отношения, характеризующие пространственно-временные связи между объектами. Объекты одного класса, в свою очередь, характеризуются типовым набором свойств и методов поведения.

Язык формализации структуры и функционирования ОТС должен обладать средствами отображения иерархической структуры процесса и множества отношений между объектами, а также быть близким к естественному языку, на котором осуществляется содержательное описание управляемого объекта (для этого могут быть использованы ситуационные языки или модели представления знаний). Описание динамических характеристик процесса и использование единого языка описания состояний управляемого объекта и его модели дает возможность имитационного моделирования объекта и протекающих процессов.

Специфика больших ОТС позволяет сформулировать следующие требования к ситуационной модели ОТС и средству ситуационного динамического моделирования:

- описание структуры большой системы в виде совокупности элементов и множества отношений между элементами (семантическая составляющая или возможность построения семантической модели предметной области);
- язык описания предметной области и ситуаций, близкий к естественному языку;
- наличие языка описания управляющих воздействий (команд управления) сложной системы.

Вопросы

1. Дайте определение понятию «система» (что такое система)?
2. Что такое цель системы?

3. Что такое задача системы?
4. Дайте определение ситуации системы.
5. Раскройте принцип ситуационного управления (в чем его смысл)?
6. Какие подходы можно использовать для формализации структуры и поведения ОТС?

Литература:

1. Злобин Э.В. Управление качеством в образовательной организации. / Э.В. Злобин, С.В. Мищенко, Б.И. Герасимов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. - 88 с.
2. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. - 461 с.
3. Филиппович А.Ю. Интеграция ситуационного, имитационного и экспертного моделирования в полиграфии / А.Ю. Филиппович. М., 2003. - 310 с.
4. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами / Ю.И. Клыков. М.: Энергия, 1974. - 136 с.
5. Клыков Ю.И. Семиотические основы ситуационного управления / Ю.И. Клыков. М.: МИФИ, 1974.- 220 с.
6. Поспелов Д.А. Мышление и автоматы / Д.А. Поспелов, В.Н.Пушкин. М.: Советское радио, 1972. - 224 с.
7. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. М.: Наука, 1986. - 288 с.
8. Советов Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов. 3-е изд. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. М.:Высш.шк., 2001. - 343 с.

2. РАССМОТРЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

Цель и задачи лекции: состоит в изучении подхода процессов преобразования ресурсов, рассматриваются понятия ресурс, процесс. Приводятся классификация ресурсов, ситуационное представление процесса преобразования ресурсов, примеры процессов преобразования ресурсов.

В разделе рассматривается предметная область процессов преобразования ресурсов, охватывающая такие классы процессов, как производственные, технологические, организационные, бизнес-процессы и цепочки поставок, и рассматривается возможность применения ситуационного подхода к данной предметной области.

Ресурс — количественная мера возможности выполнения какой-либо деятельности; условия, позволяющие с помощью определённых преобразований получить желаемый результат [1].

Общее прототипическое значение — то, что можно использовать, тратить; запас или источник чего-либо [1]:

- 1) запас, источник чего-либо, используемый при необходимости [2];
- 2) средство, возможность для осуществления чего-либо;
- 3) в технике: возможная продолжительность эксплуатации машины, указываемая в её техническом паспорте.

Под процессом преобразования ресурсов понимается непрерывный или дискретный процесс преобразования входа (ресурсов, необходимых для выполнения процесса) в выход (продуктов — результатов выполнения процесса). Элемент (компонент) такого процесса преобразования ресурсов или весь процесс представлен в виде структуры, включающей: вход, условие запуска, преобразование, средства преобразования, выход [3-4].

В процессе преобразования ресурсов обычно происходит уменьшение объема входа и увеличение объема выхода. В момент выполнения условия

запуска уменьшается входной ресурс и захватываются средства. В момент окончания преобразования происходит увеличение выходного ресурса и освобождение средств. Таким образом, процесс преобразования ресурсов позволяет описывать большинство окружающих нас процессов. Данный подход лег в основу теории динамического моделирования процессов преобразования ресурсов, успешно используемой авторами для решения задач управления производственными и бизнес-процессами [3-4].

К задачам проблемной области процессов преобразования ресурсов относятся:

- проектирование новых процессов и совершенствование существующих;
- организация и управление процессами;
- прогноз состояния ресурсов и средств;
- оценка временных и стоимостных характеристик процесса;
- оценка динамики использования ресурсов и средств.

В качестве примера системы преобразования ресурсов может быть рассмотрено любое производственное предприятие. В обобщенном графическом виде (на верхнем уровне) коммерческое предприятие может быть представлено следующей схемой движения ресурсов предприятия (рис.2.1) [3]. На этой схеме прямоугольниками обозначены ресурсы предприятия, а овалами преобразователи ресурсов.



Рис. 2.1. Поточковая модель предприятия

Образовательный процесс вуза в концепции процесса преобразования ресурсов можно представить в следующем виде: вход (абитуриенты / студенты); выход (студенты / специалисты с высшим образованием, знания и навыки); средства (преподаватели, аудитории, лаборатории, литература, спецтехника, и т.д.); условия запуска (планы рабочих групп, учебные планы, расписания занятий) рис. 2.2 [5].

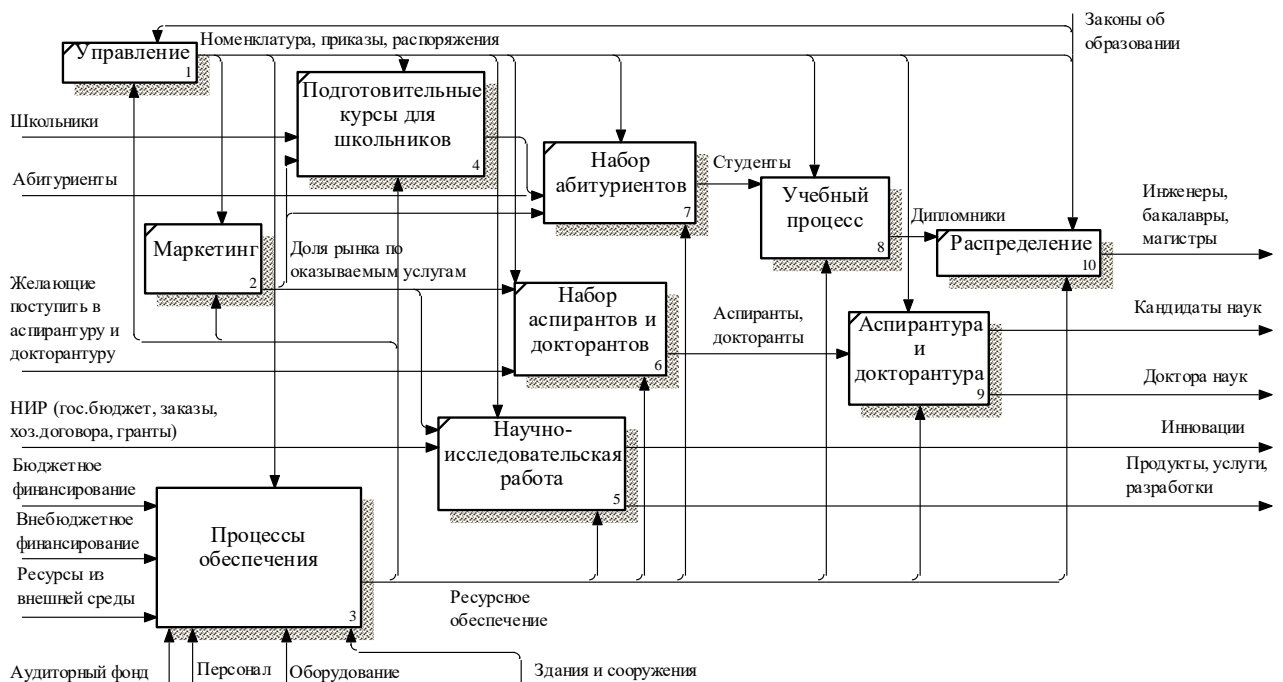


Рис. 2.2. Основные процессы вуза в IDEF0

Технико-экономическое проектирование мультисервисной сети связи (МСС)

Процесс выхода оператора в новый регион в концепции процессов преобразования ресурсов можно представить в следующем виде (рис.2.3):

- *вход* (состояние региона (политическое, географическое, климатическое, перспектива развития региона, состояние рынка связи), объем инвестиций, состояние рынка поставщиков оборудования и технологий, оборудование и технологии, используемые в процессе развертывания и эксплуатации МСС);
- *выход* (технико-экономический проект МСС, новая МСС с ее показателями, предоставляемые услуги, отдача инвестиций, новые клиенты);
- *средства* (технологии, оборудование, сотрудники, подрядчики);
- *условия запуска* (закон о связи, лицензия);
- *интеллектуальные агенты* – лица, принимающие решения (учредители, технические специалисты, маркетологи) [6-7].

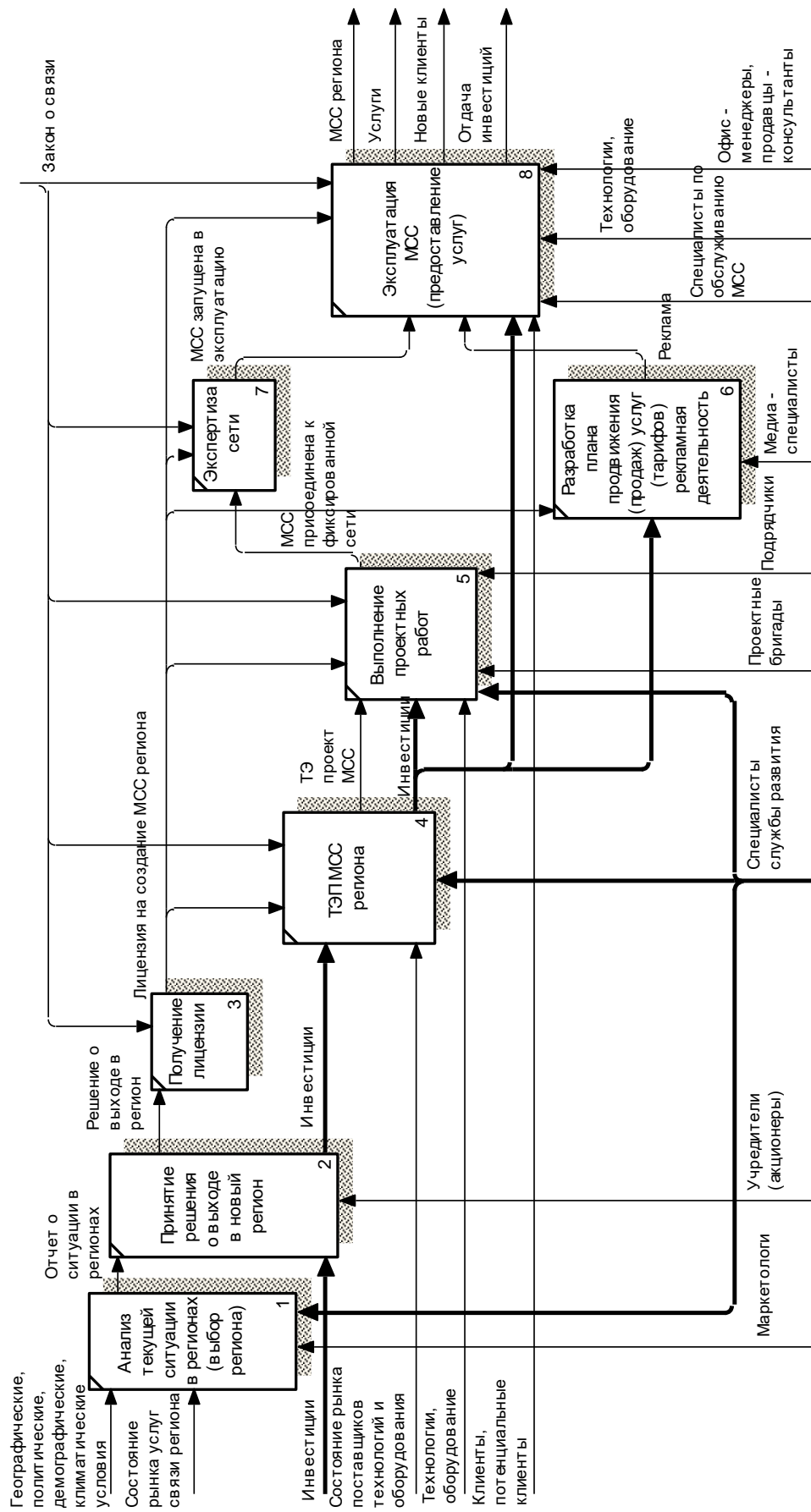


Рис. 2.3. Процесс выхода оператора сотовой связи в новый регион

В целом, можно отметить, что подход к моделированию процессов, используемый авторами теории процессов преобразования ресурсов, близок к подходу рассмотрения процесса в виде полюсника или группы полюсников, используемому в работах следующих авторов: Ю.И. Клыкова и Д.А. Поспелова [8-9] при моделировании технологических и производственных процессов, работы морского порта, аэропорта и железнодорожного узла, диспетчеризации тампонажных работ при бурении нефтяных и газовых скважин; В.П. Чистова, Кононенко И.А., Ситникова И.О., Захаровой Г.Б. при моделировании и проектировании радиоэлектронной аппаратуры [10-11]. Методы ситуационного управления нашли применение при автоматизации управления процесса капитального строительства [12, 13] на основе моделей сетевого планирования, которые также используются в задачах распределения и планирования ресурсов.

С точки зрения ситуационного управления, процесс преобразования ресурсов в графическом виде будем представлять следующим образом (рис. 2.4).

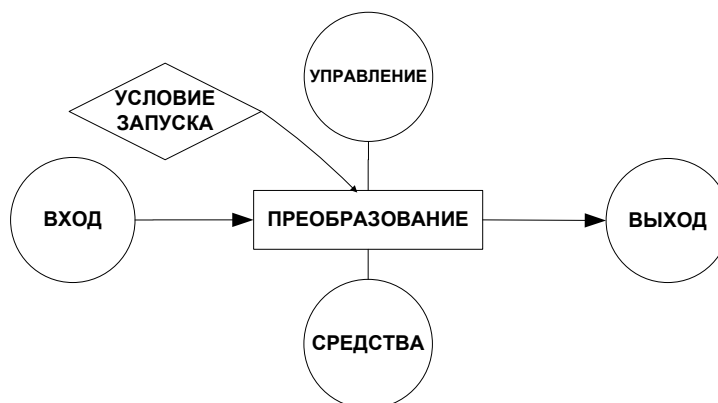


Рис. 2.4. Ситуационное представление процесса преобразования ресурсов

Под элементом «управление» процесса преобразования ресурсов будем понимать набор управляющих воздействий (команд). Условие запуска определяет момент запуска процесса преобразования ресурсов на основании: состояния процесса преобразования, входных и выходных ресурсов, стартующих

(запускающих преобразование) команд управления, средств, с помощью которых осуществляется преобразование (далее «средств») и других событий, возникающих во внешней среде процесса. В момент запуска определяется время выполнения преобразования на основании параметров команды управления и имеющихся ресурсных ограничений.

Классификация ресурсов с точки зрения их использования [14] в процессе преобразования приведена на рис. 2.5.

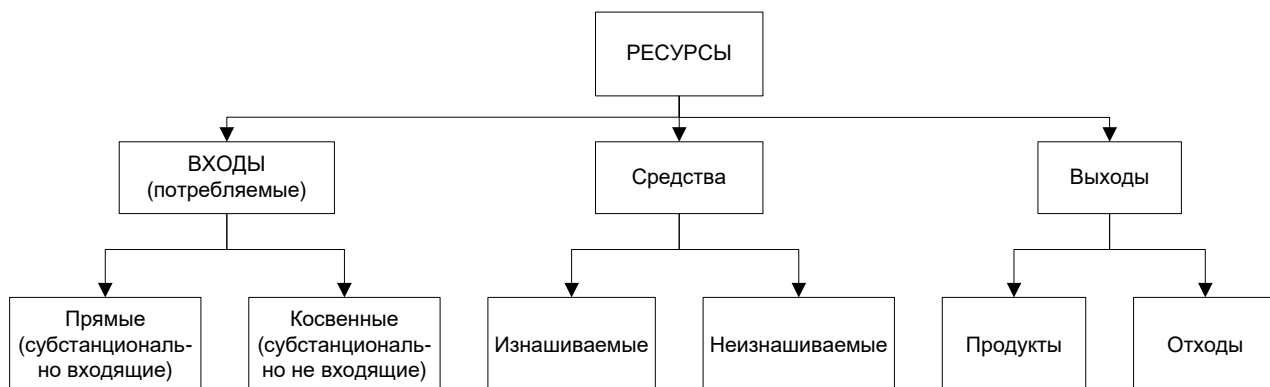


Рис. 2.5. Классификация ресурсов по типам использования

Потребляемые ресурсы (входы) – ресурсы, которые используются в процессе только один раз. В зависимости от роли в ППР потребляемые ресурсы делятся на прямые (непосредственно входящие в конечный продукт и являющиеся его составной частью) и косвенные (участвующие в процессе преобразования, но не являющиеся составной частью конечного продукта).

Средства не потребляются, а используются в процессе преобразования, они не уменьшаются в процессе их использования (в большинстве случаев используются многократно, в зависимости от их эксплуатационного потенциала). Средства подразделяются на изнашиваемые и неизнашиваемые (снижается потенциал ресурса с течением времени или нет).

Выходы формируются в процессе преобразования и подразделяются на продукты и отходы.

Сложные процессы преобразования ресурсов, с точки зрения структурного подхода [15-19], могут быть представлены в виде иерархии

последовательных декомпозиций (детализаций) процесса на подпроцессы. Каждая декомпозиция представляет собой композицию (состав) более простых элементов процесса преобразования. Тем самым создается иерархическая-многоуровневая модель процесса. На самых нижних уровнях процесс может быть представлен с точностью до элементарных операций преобразования ресурсов.

Будем разделять элементы процесса преобразования на зависимые и независимые по ресурсам. Зависимость двух и более процессов может быть определена использованием общих входных/выходных ресурсов и общих средств преобразования. В [19] выделяют следующие простейшие композиции (соединения) элементов на общих входных / выходных ресурсах:

Последовательное соединение элементов. Два элемента E1 и E2 соединены последовательно, если выход первого элемента непосредственно воздействует на вход второго элемента (рис. 2.6, а).

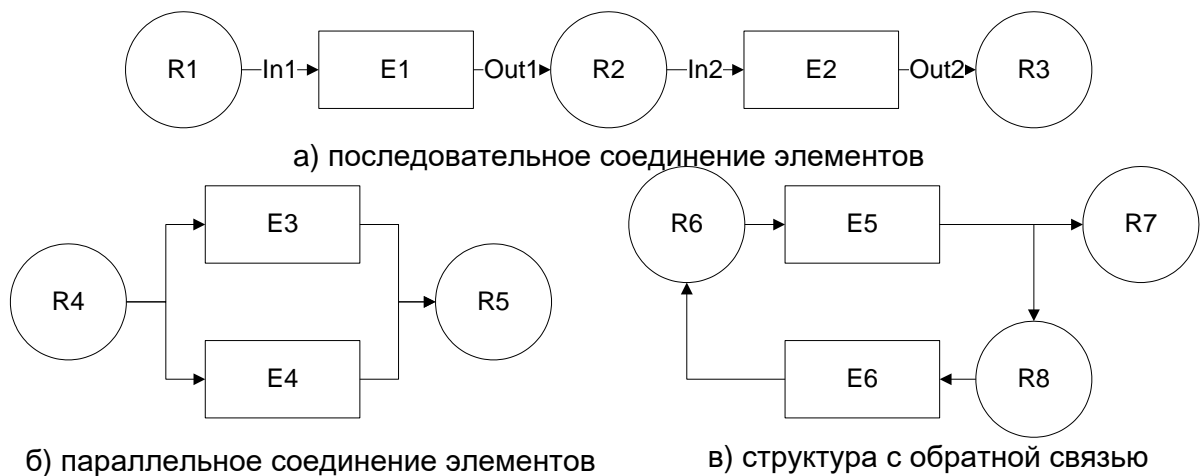


Рис.2.6. Типовые соединения элементов на общих входах/выходах

Параллельное соединение элементов. Два элемента E3 и E4 соединены параллельно, если объединяются соответственно входы и выходы этих элементов (рис. 2.6, б).

Структура с обратными связями. Два элемента E5 и E6 образуют структуру с обратной связью, если выход E5 подается на вход E6, выход E6 соединяется с входом E5 (рис. 2.6, в).

Комплексные структуры. Реальные процессы преобразования ресурсов в общем случае имеют комплексную структуру, т.е. такую структуру, в которой объединяются все три типа рассмотренных соединений.

В общем случае процессы могут выполняться параллельно во времени и между различными процессами. Вследствие ограниченности ресурсов могут возникать конфликты на общих ресурсах и средствах.

Процессы, зависимые по входным / выходным ресурсам, делятся на синхронные и асинхронные. Синхронизация имеет место (см. рис. 2.6, а), когда интервал времени между формированием r -го ресурса $R2$ элементом $E1$ и моментом начала преобразования r -го ресурса $R2$ элементом $E2$ имеет ограничение (критическое значение). Таким образом, условие запуска процесса преобразования может включать в себя условие запуска по времени.

Наиболее распространенным средством моделирования динамических процессов (переходов из одного состояния в другое (из одной ситуации в другую)) является имитационное моделирование и, в частности, дискретно-событийное [3-5, 18-19].

Определяющим моментом построения моделей сложных процессов преобразования ресурсов является, как это было уже ранее отмечено, возможность иерархического представления структуры процесса. Для решения этой задачи в предметной области процессов преобразования ресурсов [3-5] был успешно применен аппарат системных графов высокого уровня интеграции, представленный в работах [18-19].

Специфика больших организационно-технических систем (ОТС) позволяет сформулировать следующие требования к ситуационной модели ОТС и средству ситуационного динамического моделирования:

- *представление иерархической структуры процесса (иерархический язык описания предметной области);*
- *применение подхода процессов преобразования ресурсов.*

Вопросы

1. Какие процессы относятся к мультиагентным процессам преобразования ресурсов?
2. Приведите пример процесса преобразования ресурсов?
3. Опишите, из каких элементов состоит процесс преобразования ресурсов?

Литература:

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81> – определение ресурса.
2. Ожигов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка: М. Азъ Ltd., 1992. – 960 с.
3. Аксенов К.А. Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / К.А. Аксенов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. - 188 с.
4. Аксенов К.А. Проблемно-ориентированная система имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов: Информационные системы в технике и образовании: Серия радиотехническая / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов, Е.Ф. Смолий // Вестник УГТУ-УПИ. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. № 19 (49). - С.20-32.
5. Аксенов К.А. Применение средств имитационного моделирования в системе стратегического управления вузом / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов, Н.В. Гончарова // Журнал «Университетское управление: практика и анализ». Екатеринбург, 2004. №2(30), - С.54-57.
6. Аксенов К.А., Доросинский Л.Г., Попов М.В., Смолий Е.Ф. Технико-экономическое моделирование и проектирование мультисервисных сетей: монография / К.А. Аксенов, Л.Г.

- Доросинский, М.В. Попов, Е.Ф. Смолий. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. - 212 с.
7. Доросинский Л.Г., Аксенов К.А., Попов М.В. Имитационное динамическое моделирование и технико-экономическое проектирование мультисервисных сетей связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 1(72) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург. - С.153-159.
 8. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами / Ю.И. Клыков. М.: Энергия, 1974. - 136 с.
 9. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. М.: Наука, 1986. - 288 с.
 10. Кононенко И.А. Базовые программно-языковые средства моделирования дискретно-линейных процессов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 / И.А. Кононенко / Урал. науч. центр. инс-т математики и механики. Свердловск, 1981. - 210 с.
 11. Ситников И.О. Средства иерархического моделирования в системе автоматизированного проектирования дискретных устройств: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 / И.О. Ситников / Урал. науч. центр. инс-т математики и механики. Свердловск, 1983. - 190 с.
 12. Старцев М.А. Интегрированная информационная система для автоматизированного управления процессом капитального строительства на промышленном предприятии на основе иерархических ситуационных моделей сетевого планирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05. 13. 06 / М.А. Старцев / Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 1999. - 16 с.
 13. Аксёнов К.А., Ван Кай, Антонова А.С., Аксёнова О.П., Липодаева А.А. Разработка и применение системы поддержки принятия решений в управлении строительным холдингом // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 4 (128) 2011. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург С.53-61.

14. Пищулов В. Введение в теорию производства: учеб. пособие / В. Пищулов, К. Рихтер, Е. Дятел. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2003. - 161 с.
15. Марка Д. SADT – Методология структурного анализа и проектирования: пер. с англ. / Д. Марка, К. МакГоуэн. М.: Метатехнология, 1993. - 465 с.
16. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н.Калянов. М.: Лори, 1996. - 242 с.
17. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий: Научно-практическое издание / Г.Н.Калянов. М.: СИНТЕГ, 1997. - 316 с.
18. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук [и др.]; под общ. ред. С.В. Емельянова. М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. - 520 с.
19. Имитационное моделирование производственных систем / под общ.ред. А.А. Вавилова. М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. - 416 с.

3. ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Цель и задачи лекции: состоит в изучении особенностей процессов принятия решений в организационно-технических системах (ОТС). Приводятся определения понятия «система поддержки принятия решений», описана структура и функции системы поддержки принятия решений.

Согласно Э.А. Трахтенгерцу [1-2], в большинстве случаев принятие решений заключается в генерации возможных альтернатив решений, их оценке и выборе лучшей альтернативы. При выборе альтернатив приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям [1-2]. Таким образом, приходится решать многокритериальные задачи.

Часто на практике решения принимаются благодаря интуиции и, в лучшем случае, интуиция подкреплена опытом и соответствующими знаниями и навыками. В контексте процессов принятия решений ОТС характеризуются следующим:

1. Довольно сложно оценить параметры потоков информации, установить определенные и нормированные структуры данных для принятия решений [3-4].
2. Характерно вероятностное поведение.
3. Слабая формализованность маршрутов и методов обработки информации внутри организации, недостаток квалифицированных специалистов в области информационных технологий [3-4].
4. Слабая мотивация управленцев в совершенствовании и развитии бизнеса, а также частые реорганизации.
5. Трудноформализуемость задач [3]: организационные задачи во многих случаях не имеют точных алгоритмов решения, а

разрешаются в рамках некоторых сценариев, которые в общих чертах хорошо известны исполнителям, но в каждой конкретной ситуации могут частично изменяться. Такие сценарии решения организационных задач весьма трудно описать алгоритмическими моделями. Более адекватными оказываются модели представления знаний, позволяющие менять правила поведения и осуществлять логические выводы на основании содержания базы знаний [3].

- б. Отсутствие культуры принятия решений и слабая подготовка управленцев и лиц, принимающих решения, в применении вычислительной техники в процессе принятия решений.

В случае возникновения затруднений при решении задач должны быть проведены переговоры с вышестоящим уровнем, поставившим данную задачу и определившим критерии для её решения. При этом необходимо предоставить полную информацию о решаемой задаче с приведением возникших трудностей, их причин и возможными альтернативными вариантами решения. Данная процедура возможна также непосредственно при передаче задачи на нижний уровень, где она анализируется и выдается заключение о возможности решения задачи в рамках данных установок [3].

На практике, для отдельных задач принятия решений в виду сложности данных задач и специфических ограничений, не могут быть найдены оптимальные решения, но существуют определенные эвристические методы решения данных задач, выработанные отдельными людьми. Такие знания принадлежат этим людям и недоступны другим. Процесс приобретения этих знаний может требовать определенных усилий, времени и средств. Поэтому в средствах принятия решений необходимо использовать средства приобретения знаний, формализации эвристических алгоритмов и общую базу знаний.

Из данного раздела вытекают следующие требования к информационным технологиям принятия решений:

- *отсутствие точных алгоритмов решения организационных задач обосновывает применение базы знаний и аппарата экспертных*

систем для накопления опыта решения задач и использования этих знаний (логического вывода) при диагностировании ситуаций и поиске решений;

- *на каждом уровне и ветви модели сложной системы управления может находиться модель лиц, принимающих решения (ЛПР);*
- *доступ к понятиям предметной области (к уровню детализации их свойств) необходимо обеспечивать с учетом уровня знаний и компетентности ЛПР, т.е. привязки к уровню и ветви организационного управления;*
- *требования к модели ЛПР: наличие знаний, сценарии поведения, постановка целей, участие в обмене информацией (сообщениями), механизм управления некоторым множеством элементов модели;*
- *наличие механизма маршрутизации сообщений между ЛПР.*

Системы поддержки принятия решений (СППР)

В работах [5-6] приводится следующее определение: **СППР** — это человеко-машинная информационная система, используемая для поддержки действий ЛПР в ситуациях выбора, когда невозможно или нежелательно иметь автоматическую систему представления и реализации всего процесса оценки и выбора альтернатив. Во-первых, такие системы выступают в роли помощника ЛПР, который позволяет расширить его способности, но не заменяет его мнение и систему предпочтений. Во-вторых, они предназначены для использования в ситуациях, когда процесс принятия решений ввиду необходимости учета субъективного мнения ЛПР не может быть полностью формализован и реализован на ЭВМ.

Различные определения данного термина, приведенные в работах [7-9], обобщил Э.А. Трахтенгерц [1]: СППР – это система, выполняющая следующие функции:

- 1) оценка обстановки (ситуаций), выбор критериев и оценка их относительной важности;
- 2) генерация возможных решений или сценариев действий;

- 3) оценка сценариев, решений, действий и выбор наилучших из них;
- 4) обеспечение информационного обмена и согласование групповых решений;
- 5) моделирование принимаемых решений при наличии такой возможности;
- 6) динамический анализ возможных последствий принимаемых решений;
- 7) сбор данных о результатах реализации принятых решений и оценка этих результатов.

Структура, состав и взаимодействие отдельных блоков СППР представлены на рис. 3.1 [1]. По структуре связей СППР процесс принятия решений может повторяться, если предлагаемый вариант решения не удовлетворяет руководителя. Согласование решений может осуществляться как до оценки возможных вариантов решения, сделанных соответствующим руководителем, так и после такой оценки [1].

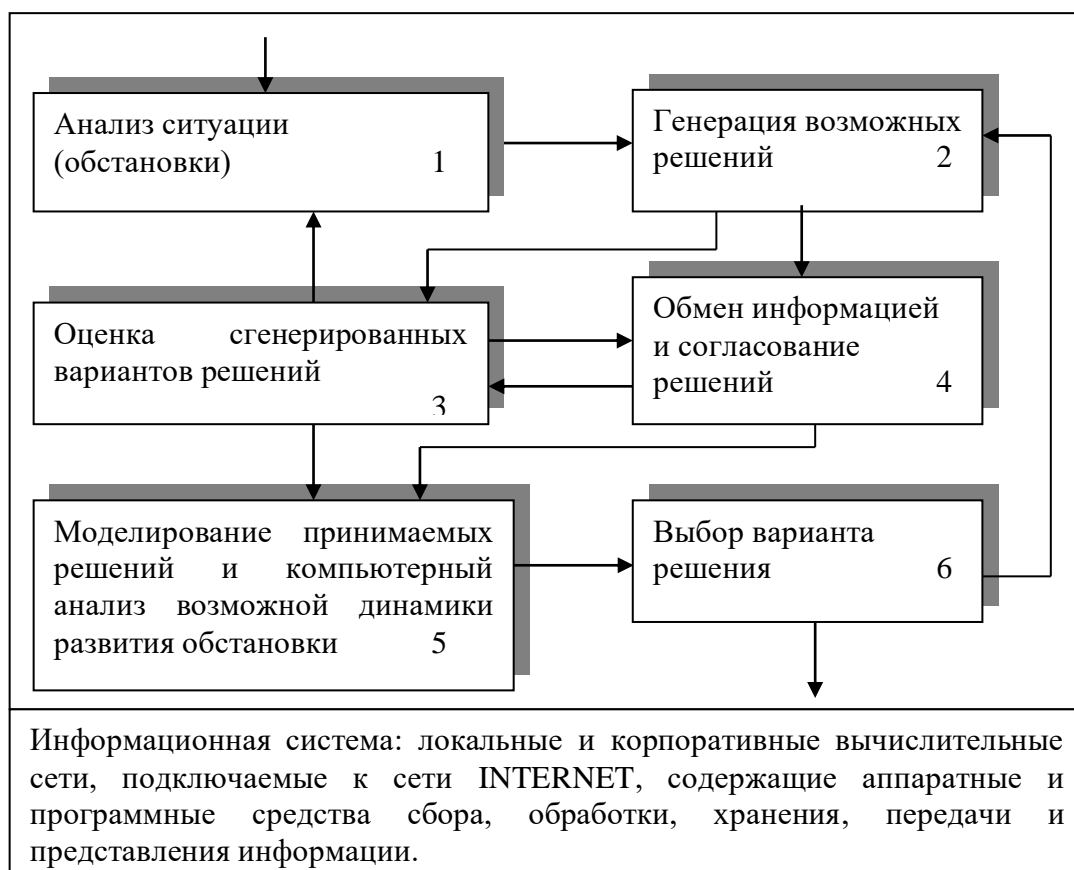


Рис. 3.1. Структура СППР [1]

Генерацию возможных решений (сценариев) можно осуществить посредством [1] программной реализации аналитических или имитационных моделей; с использованием экспертных систем; генерации сценариев путем комбинации различных операций, заданных руководителем или взятых из базы данных; используя ситуационный подход.

В работе Ю.И. Клыкова [10] показано, что процесс описания структуры объектов в терминах единиц естественного языка и отношений между ними формально является процессом определения ситуаций. *Таким образом, описание модели (обследование) проблемной области на ограниченном естественном языке существенно снижает требования к наличию знаний у аналитика (специалиста по извлечению знаний) в области программирования.*

Там же в [10] показано, что структура дискретной сети является одновременно имитационной моделью структуры больших систем и языком описания ситуаций. В ранних работах Ю.И.Клыкова, посвященных изложению принципов построения языка имитации, структура дискретной сети названа *базовой сферой знаний*.

Э.А. Трахтенгерц выделяет следующие трудности, возникающие при использовании компьютерных СППР [81]:

- психологический барьер;
- необходимость сохранения конфиденциальности предпочтений и мотивов действий руководителя;
- противоречие, возникающее от смешения ответственности математика-программиста и руководителя;
- неопределенность;
- решения, принимаемые СППР противоречат чьим-либо интересам.

В определенной мере вероятность появления данных трудностей может быть значительно снижена за счет выполнения следующих действий:

1. Обучение и повышение культуры принятия решений.

2. Привлечение ЛПР на всех этапах жизненного цикла СППР - от разработки моделей предметной области, до применения СППР.
3. Учет предпочтений и знаний ЛПР в моделях, настройка СППР.
4. Разработка моделей, методов и программных средств принятия решений, ориентированных на специалиста предметника, не обладающего навыками программирования.

Таким образом, в СППР могут использоваться средства имитационного и ситуационного моделирования, экспертные системы. Перспективным является разработка моделей, методов и программных средств принятия решений, ориентированных на специалиста-предметника, не обладающего навыками программирования и учитывающих его знания и опыт.

Вопросы

1. Какое назначение систем поддержки принятия решений (СППР)?
2. Перечислите основные функции СППР?
3. Какие трудности возникают при использовании СППР?
4. Какие есть особенности у процесса принятия решений в организационно-технических системах?

Литература:

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений / Э.А. Трахтенгерц // Сборник статей II международной конференции по проблемам управления. М., 2003.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений / Э.А. Трахтенгерц. М.: СИНТЕГ, 1998.
3. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. 461 с.
4. Мильнер Б.З. Теория организаций / Б.З. Мильнер. М.: ИНФРА-М, 1998. - 336 с.

5. Ginzberg M. J. Decision support systems: Issues and perspectives. - In: Decision support systems / Ed. by M. J. Ginzberg, W. R. Itman, E. A. Stohr. Amsterdam: North-Holland, 1982, p. 9-31.
6. Борисов А.Н. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение / А.Н.Борисов, Э.Р. Вилюмс, Л.Я. Сукур. Рига: Зинатне, 1986. - 195 с.
7. Ларичев О.И. Качественные методы принятия решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. М.: Наука; Физматлит, 1996.
8. Simonovic A. Decision support for sustainable water resources development in water resources planning in a changing world / A. Simonovic, P. Slobodan // Proceeding of International UNESCO symposium, Karlsruhe, Germany, part III. 1994. - P. 3-13.
9. Ginzberg M.J. A decision support: Issues and Perspectives / M.J. Ginzberg, E.A. Stohr / Processes and Tools for Decision Support. Amsterdam, North - Holland Publ. Co. 1983.
10. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами / Ю.И. Клыков. М.: Энергия, 1974. - 136 с.

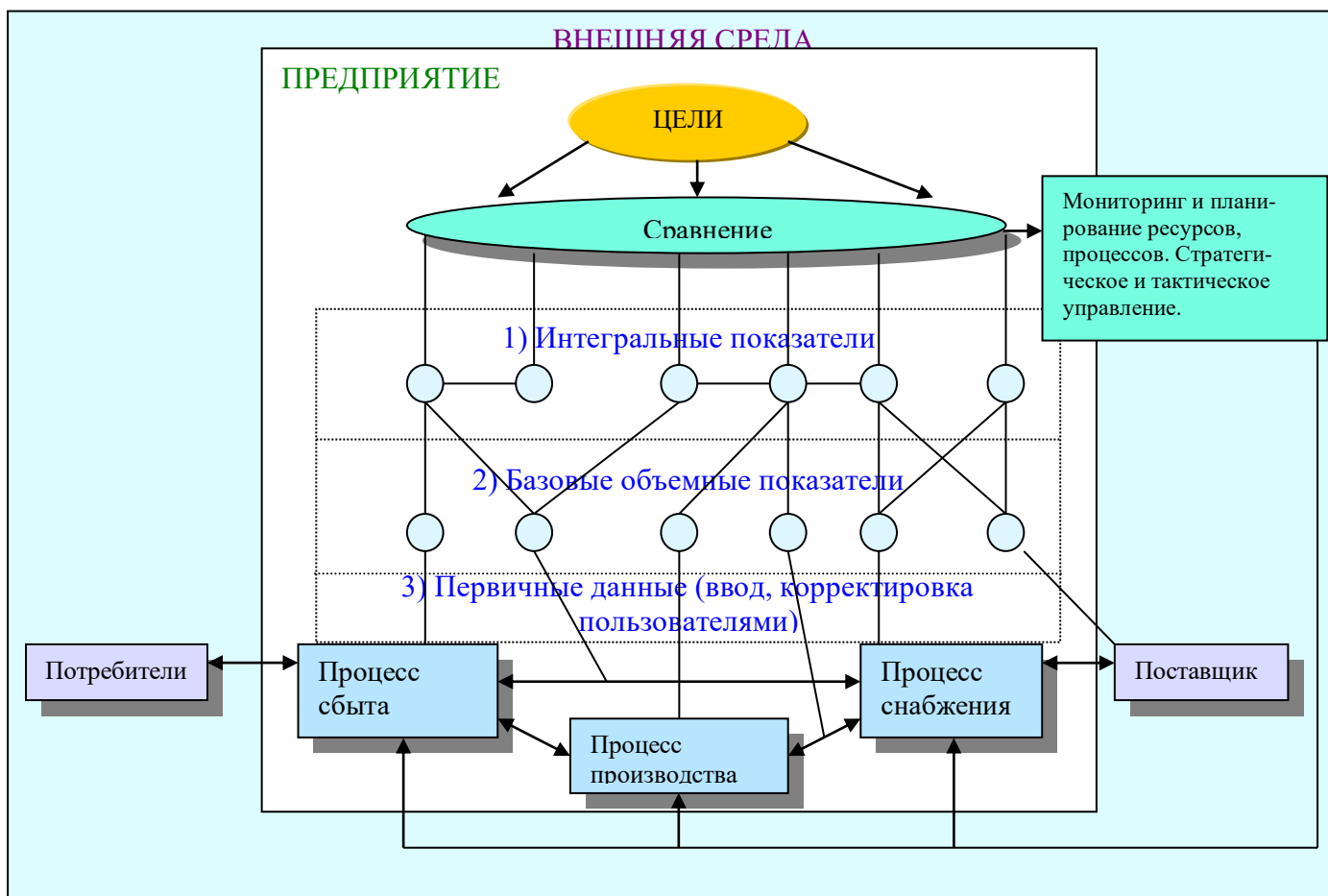
4. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Цель и задачи лекции: показать место систем поддержки принятия решений в процессе управления предприятием.

Согласно О.А.Савиной [1]: в условиях высокой степени неопределенности внешней и внутренней среды предприятий **управление представляет собой адаптационный многошаговый процесс постепенного формирования и осмысления перспективных и текущих целей и возможности их достижения.** Сложность проблем управления требует оказания руководителям различных уровней систематической помощи на всех этапах процесса принятия решений на основе современных информационных технологий, способных обеспечить возможность определения сравнительной эффективности альтернативных вариантов с учетом широкого диапазона непредвиденных осложнений и изменения экзогенных факторов [1].

Управление предприятием осуществляется на основе данных, поступающих из внешней среды и от производственных процессов. Все данные, используемые при принятии решений, можно разбить на три группы (рис. 4.1) [2-3]:

- первичные данные – непосредственно измеряемые, вводимые из первичных источников (документов);
- расчетные базовые показатели – объемные показатели (складские ресурсы, незавершенное производство, кредиторская и дебиторская задолженность и т.п.) для оперативного управления;
- интегральные показатели - абсолютные и относительные (вычисляемые на основе базовых и первичных) показатели (коэффициенты ликвидности, рентабельности, оборачиваемости



капитала и т.д.), по которым принимаются стратегические решения.

Рис.4.1. Схема управления предприятием на основе показателей

Показатели не являются статическими величинами, а изменяются во времени под воздействием процессов, протекающих на предприятии.

В соответствии с рис.4.1, руководство предприятия получает возможность отслеживать не только сами показатели, но и процессы, которые оказывают влияния на эти показатели. Это дает возможность определить узкие места в системе и своевременно принять необходимое управляющее решение [2-3].

На уровне стратегического управления ОТС решаются такие задачи, как анализ и моделирование действий в проблемной ситуации, поиск новых решений стратегических задач, прогнозирование и оценка рисков принятия решений, анализ текущего состояния предприятия, разработка планов

стратегического развития. На уровне тактического управления осуществляется информирование исполнителей и руководителей, контроль хода выполнения решений и задач, обеспечение руководителей и экспертов сведениями о состоянии объектов управления и процессов, контроль выполнения планов текущих работ, формирование аналитической отчетности.

Имитационное моделирование позволяет строить динамические модели предприятия и, как следствие, достаточно уверенно оценивать:

- перспективы предприятия при сохранении продуктовой стратегии, внутренней организации и способов взаимодействия с внешней средой;
- последствия изменений состава продуктов и услуг (продуктовой стратегии), географии и видов потребителей и поставщиков;
- последствия изменений внутренней организации предприятия (внутренних бизнес-процессов, организационной структуры, квалификации персонала, средств производства);
- влияние изменений внешних факторов на показатели (оценки деятельности).

При этом имеется в виду, что к числу основных оценок деятельности предприятия в любой предыдущий, текущий или будущий момент времени относится состояние ресурсов предприятия – его активов и пассивов и, как следствие, прибыльность бизнеса и/или его устойчивость.

Используя динамические модели можно анализировать различные варианты поведения внешней среды и организации деятельности предприятия и выбирать эффективные решения. Следует отметить, что в условиях быстроменяющейся внешней среды задача моделирования бизнес-процессов предприятия практически решается постоянно, что, при большой размерности указанной задачи, делает невозможным получение постоянно (во времени) эффективных ее решений (если используется только интеллект руководителя). Из вышеизложенного следует необходимость автоматизации

решения поставленной задачи или, другими словами, автоматизации моделирования бизнес-процессов предприятия.

Поиск эффективного варианта организации бизнес-процессов в большинстве случаев осуществляется на основе варьирования множества параметров. К числу наиболее существенных параметров относятся:

- номенклатура продуктов и услуг предприятия, структура продуктов (в части их комплектации);
- организация и параметры бизнес-процесса приема, передачи и преобразования ресурсов;
- организационно-функциональная структура.

Эти факторы образуют пространство решений данной задачи.

Кроме того, можно варьировать параметрами и поведением внешней среды (инфляция, спрос, технологии, налоговое законодательство и т.д.). Данный подход используется в условиях неопределенности ситуации внешней среды предприятия для оценки рисков, анализа наилучших и наилучших вариантов. С точки зрения модели внешняя среда представляет собой источник воздействий, который характеризуется интенсивностью и частотой.

СППР в стратегическом управлении

При стратегическом управлении необходимость обрабатывать огромное количество внешней и внутренней информации требует разработки и внедрения в управление предприятием информационной системы, позволяющей руководителю [4]:

- получать непрерывную, объективную картину состояния предприятия в целом и его структурных подразделений;
- выявлять тенденции развития предприятия, т.е. понять, к чему оно придет в будущем, если не произойдет каких-либо кардинальных изменений;
- получать ответы на вопросы «что будет, если» и «что надо, чтобы»;

- проводить оценку рисков;
- отслеживать изменения, происходящие с внешней средой и ее влияние на внутренние процессы предприятия;
- планировать и проводить текущие производственные совещания на расширенном информационно-аналитическом базисе.

Степень успешности реализации стратегического планирования и управления можно контролировать с помощью методики Balanced ScoreCard (*BSC - система сбалансированных показателей*). Возможные стратегические цели и критерии оценки деятельности организации объединяются в 4 группы: финансы, клиент, бизнес-процесс, развитие и обучение персонала. Зависимость одних целей от других задается причинно-следственными связями.

BSC проецируется на всю организацию с последующей декомпозицией стратегических целей до структурных подразделений путем разработки индивидуальных задач в рамках уже разработанных корпоративных стратегий. BSC стимулирует понимание сотрудниками своего места в стратегии развития организации. Основное назначение BSC – обеспечение сбора, систематизации и анализа информации, необходимой для принятия стратегических управленческих решений. Опыт применения BSC в системах поддержки принятия решений и непрерывных имитационных моделях бизнес-процессов описан в [5].

BSC представляет совокупность миссии, видения, мероприятий, стратегий, ключевых показателей деятельности и в целом описывается следующей кортежной моделью:

$$BSC = \langle \text{Миссия, Виденье, Мероприятия,} \\ \text{Стратегии, Цели, Показатели, Связи} \rangle$$

Методика системы сбалансированных показателей не позволяет количественно или качественно описать причинно-следственные связи и применить какой-либо математический аппарат для решения задач стратегического управления. Таким образом, решается задача обеспечения

стратегической методике соответствующим математическим аппаратом и проблемно-ориентированным программным обеспечением. Решение данной задачи позволит в процессе генерации решений с использованием СППР анализировать и оценивать эффективность решений в проекции BSC.

BSC предоставляет организационно-технической системе лишь формат для выражения ее миссии и стратегии по отдельным направлениям деятельности через систему конкретных целей и показателей. Однако, сама по себе она не обеспечивает сбор и обработку необходимой информации, и доведение ее до персонала и контрагентов. Устранение вышеописанных недостатков предполагается достичь на основе информационных технологий.

Одним из перспективных направлений развития СППР является усиление проблемной ориентации в предметной области стратегического управления за счет реализации средств поддержки методике стратегического управления, например, системы сбалансированных показателей.

Вопросы

1. В чем состоит назначение BSC?
2. Из каких элементов состоит BSC?
3. Какие задачи решают стратегические СППР?
4. На какие группы разделяются данные используемые при управлении предприятием?

Литература:

1. Савина О.А. Управление промышленными предприятиями с использованием адаптивных систем имитационного моделирования: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08. 00. 05, 08. 00. 13 / О.А. Савина / Орлов. гос. техн. ун-т. Орел, 2001. - 45 с.
2. Аксенов К.А. Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов:

дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / К.А. Аксенов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. - 188 с.

3. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Имитационное моделирование процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 198 с. ISBN 978-5-321-01382-3.
4. Аксенов К.А. Имитационное моделирование в стратегическом управлении вуза / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов, Н.В. Гончарова // Вестник науки Костанайской социальной академии. Костанай, 2003. №5. - С.24-28.
5. Ольве Н.-Г. Оценка эффективности деятельности компании: Практическое руководство по использованию сбалансированной системы показателей. /Н.-Г. Ольве, Ж. Рой, М. Ветер. М.: Вильямс, 2004. - 304 с.

5. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОТС

Цель и задачи лекции: показать место системного анализа в разработке систем поддержки принятия решений, изучить основные графические нотации, применяемые для формализации процессов.

Данный раздел посвящен системному анализу организационно-технических систем (ОТС) на основе мультиагентной модели процесса преобразования ресурсов (МППР). При проведении системного анализа ОТС обычно описывают следующие составляющие: миссию, видение, стратегии, внешние процессы, внутренние процессы (производственные процессы, бизнес-процессы и т.д.). Применение теории МППР позволяет по-новому взглянуть на ОТС с точки зрения динамических систем, основанных на знаниях, а позволяет также уделить внимание следующим элементам [1]:

- моделям лиц, принимающих решения, их знаниям, моделям поведения (процессам принятия решений);
- моделям координации и взаимодействия агентов;
- динамической составляющей процессов;
- рассмотрению отношений миссии, видения, стратегий, целей, КРІ (ключевых показателей деятельности) и мероприятий (процессов) с помощью методики стратегического управления – системы сбалансированных показателей.

Основные трудности в разработке СППР, интеллектуальных систем, экспертных систем, связаны с проблемой извлечения и структурирования знаний. Центральным понятием на стадиях получения и структурирования является так называемое *поле знаний*. **Поле знаний** – это условное неформальное описание основных понятий и взаимосвязей между понятиями предметной области, выявленных из системы знаний эксперта, в виде графа, диаграммы, таблицы или текста. Синтаксическую структуру поля знаний можно представить как [2]:

$$Pz = (I, O, M),$$

где I – структура исходных данных, подлежащих обработке и интерпретации в экспертной системе; O – структура выходных данных, т.е. результата работы системы; M – операциональная модель предметной области, на основании которой происходит модификация I в O . Наличие компонентов I и O в Pz обусловлено тем, что составляющие и структура этих интерфейсных компонентов неявно присутствует в модели репрезентации в памяти эксперта. Операциональная модель M представлена как совокупность концептуальной структуры S_k , отражающей понятийную структуру предметной области, и функциональной структуры S_f , моделирующей схему рассуждений эксперта [2]:

$$M = (S_k, S_f).$$

S_k выступает как статическая, неизменяемая составляющая Pz , в то время как S_f представляет динамическую, изменяемую составляющую. Формирование S_k основано на выявлении понятийной структуры предметной области. Концептуальную структуру называют онтологией предметной области [3], она включает упорядоченные понятия предметной области A и моделирует основные функциональные связи R_A или отношения между понятиями, образующими S_k . Помимо онтологии понимание задачи отражает модель или стратегию принятия решения S_f в выбранной предметной области. Таким образом, S_f образует стратегическую составляющую M , часто она имеет форму простой таблицы решения [2].

При проектировании и разработке СППР, необходимо особое внимание уделять вопросам проектирования интерфейсов пользователя, чтобы компоненты, относящиеся к I и O , а также S_k обеспечивали удобства ввода и обработки информации, пополнения знаний. Также необходимо учитывать, что при проектировании архитектуры и реализации S_f (в виде эвристических алгоритмов и/или машины логического вывода) должна обеспечиваться приемлимая скорость решения прикладных задач.

Стадия концептуального анализа или структурирования знаний традиционно является (наряду со стадией извлечения) «узким местом» в жизненном цикле разработки интеллектуальных систем [2].

Системный анализ тесно переплетается с теорией систем и включает совокупность методов, ориентированных на исследование и моделирование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.п. [2].

Проектирование сложных систем и методы структурирования информации традиционно использовали иерархический подход [2, 4]. На каждом уровне вводятся свои представления о системе и элементах. Элемент k -го уровня является системой для $(k-1)$ уровня. Продвижение от уровня к уровню имеет строгую направленность, определяемую стратегией проектирования – дедуктивную нисходящую «сверху вниз» (top-down) или индуктивную восходящую «снизу вверх» (bottom-up) [2].

В контексте формализации процессов дедуктивную нисходящую стратегию проектирования используют в нотациях IDEF0, IDEF3, DFD, EPC, а также при построении иерархических моделей динамических процессов (агрегатах, сетях Петри, расширенных сетях Петри). Индуктивную восходящую стратегию используют в системных графах высокого уровня интеграции [1].

Анализ графических нотации для описания процессов преобразования ресурсов

С целью решения задачи выбора графической нотации для описания процессов преобразования ресурсов, рассмотрим наиболее известные графических нотации описания процессов (IDEF0, IDEF3, EPC, DFD, модели системной динамики) [5].

Стандарт IDEF0. С помощью наглядного графического языка IDEF0 [6-10] изучаемая система предстает в виде набора взаимосвязанных функциональных блоков (функций системы) (рис. 5.1) и дуг (множество

объектов: физические объекты, информация или действия, образующие связи между блоками).

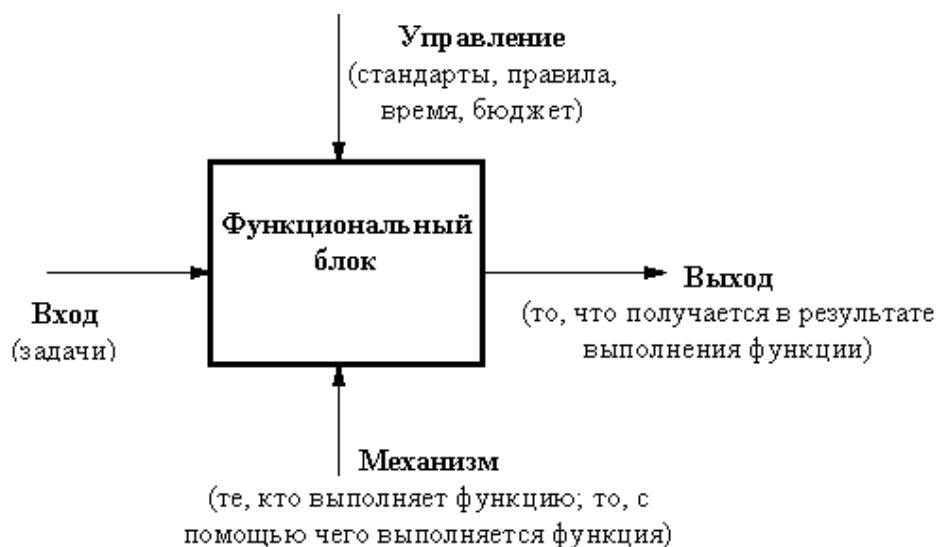


Рис. 5.1. Функциональный блок IDEF0

Место соединения дуги с блоком определяет тип интерфейса. Правила интерпретации модели:

- функциональный блок преобразует входные объекты в выходные;
- управление определяет, когда и как это преобразование может или должно произойти;
- механизм осуществляет это преобразование.

Дуги показывают, как функции системы связаны между собой, как они обмениваются данными и осуществляют управление друг с другом. Выходы одной функции могут быть входами, управлением или исполнителями другой. Дуги могут разветвляться и соединяться. Ветвление означает множественность (идентичные копии одного объекта) или расщепление (различные части одного объекта). Соединение означает объединение или слияние объектов. В процессе декомпозиции ППР подвергается детализации в виде подпроцессов.






Стандарт IDEF3. Дополнением стандарта IDEF0, позволяющим описывать сценарий и последовательность операций для каждого процесса, является стандарт IDEF3. Стандарт IDEF3 имеет прямую взаимосвязь с IDEF0

– каждая функция может быть представлена в виде отдельного процесса средствами IDEF3.

Блоки на диаграмме IDEF3 обозначают событие, стадию процесса или принятие решения. Стрелки являются отображением перемещения ресурса между блоками в ходе процесса. Для отображения логики взаимодействия стрелок (потоков) при слиянии и разветвлении или для отображения множества событий, которые могут или должны быть завершены перед началом следующей работы, используются перекрестки. Различают перекрестки для слияния и разветвления стрелок. Перекресток не может использоваться одновременно для слияния и разветвления. Классификация возможных типов перекрестков приведена в табл. 5.1 [11].

Таблица 5.1

Классификация типов перекрестков

Обозначение	Наименование	Смысл в случае слияния стрелок	Смысл в случае разветвления стрелок
	Asynchronous AND	Все предшествующие процессы должны быть завершены	Все следующие процессы должны быть запущены
	Synchronous AND	Все предшествующие процессы завершены одновременно	Все следующие процессы запускаются одновременно
	Asynchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены	Один или несколько следующих процессов должны быть запущены
	Synchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов завершаются одновременно	Один или несколько следующих процессов запускаются одновременно
	XOR (Exclusive OR)	Только один предшествующий процесс завершен	Только один следующий процесс запускается

Каждый функциональный блок IDEF3 может иметь последовательность декомпозиций и, следовательно, может быть детализирован с любой необходимой точностью.

Стандарт EPC. На рис. 5.2 представлено описание общей ARIS-модели процесса [12-13].

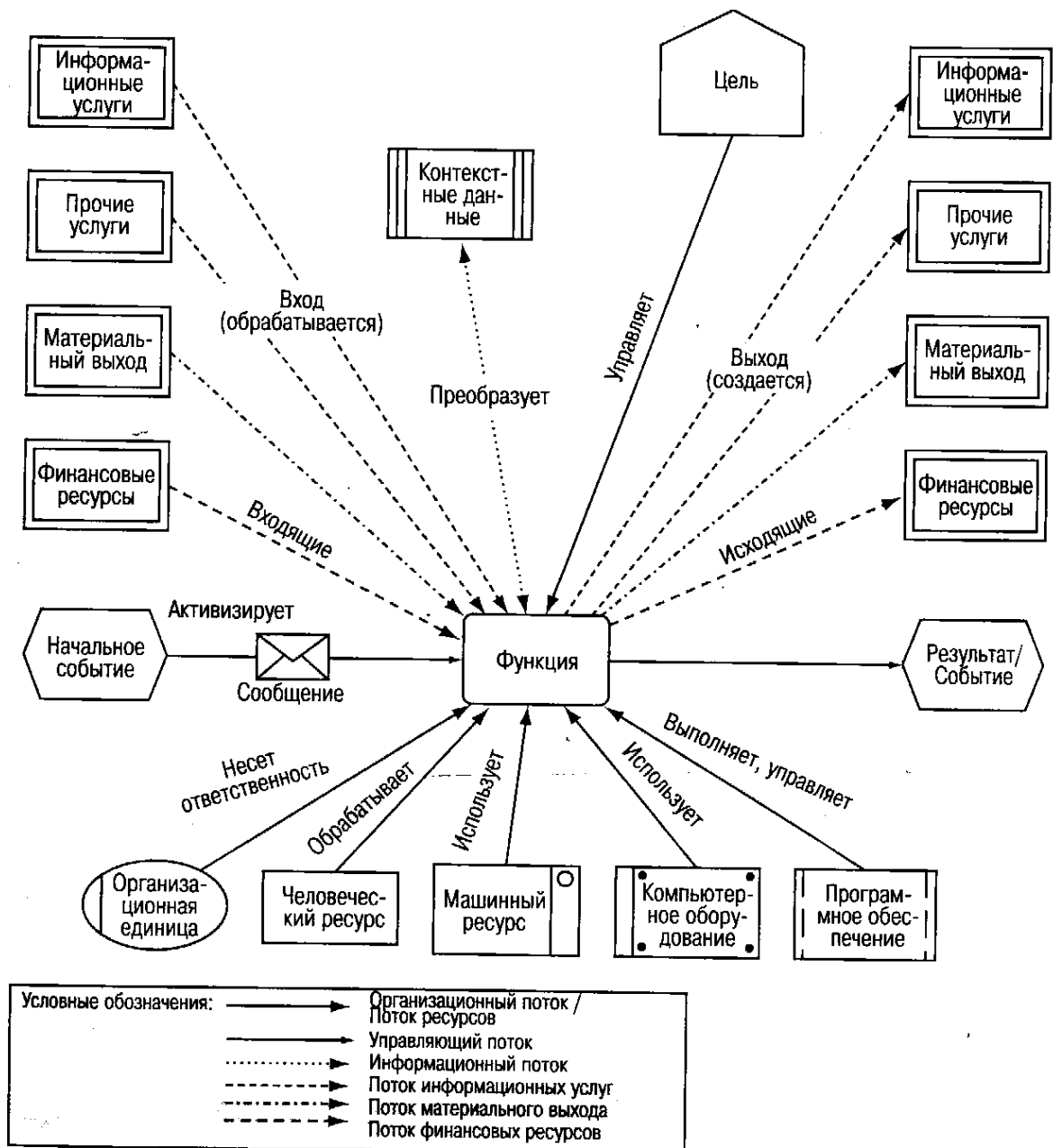


Рис. 5.2. Общая ARIS-модель процесса

В дополнении к общей ARIS-модели для описания процессов используется стандарт EPC (extended Event Driven Process Chain) – «расширенная нотация описания цепочки процесса», управляемого событиями. В рамках нотации используются следующие объекты:

- функция – служит для описания операций (работ);
- событие – служит для описания реальных состояний системы, влияющих и управляющих выполнением функций;
- организационная единица – отдел предприятия;

- документ – объект, отражающий реальные носители информации;
- прикладная система – реальная система, используемая в рамках технологии выполнения функций;
- стрелка связи между объектами – объект описывает тип отношений между другими объектами.

Помимо указанных выше основных объектов, при построении диаграммы ЕРС могут быть использованы многие другие объекты. Применение большого числа различных объектов, объединенных различными типами связей, значительно увеличивает размер модели и делает ее плохо читаемой. Нотация ЕРС построена на определенных семантических правилах описания:

1. Каждая функция должна быть инициирована событием и должна завершаться событием.
2. В каждую функцию не может входить более одной стрелки, «запускающей» выполнение функции, и выходить не более одной стрелки, описывающей завершение выполнения функции.

Процесс в нотации ЕРС представляет собой последовательность процедур, расположенных в порядке их выполнения. Используемые при построении модели символы логики позволяют отразить ветвление и слияние процесса. По полноте описания бизнес-процесса и разделению на подклассы составляющих процесса данная нотация самая полная. Основные отличия от стандартов IDEF: связь функции с целью, описание начального события, инициирующего процесс, и конечного, сигнализирующего о выполнении процесса.

Стандарт DFD. Диаграммы потоков данных (DFD - Data Flow Diagramm) [6-9] строятся из следующих элементов:

- функция – действие, выполняемое моделируемой системой;
- поток данных – объект, над которым выполняется действие;
- хранилище данных;

- внешняя сущность – внешний по отношению к системе объект, обменивающийся с ней потоками данных.

Функции, хранилища и внешние сущности на DFD-диаграмме связываются дугами, представляющими потоки данных. Дуги могут разветвляться или сливаться, что означает, соответственно, разделение потока данных на части, либо слияние объектов. При интерпретации DFD-диаграммы используются следующие правила:

- функции преобразуют входящие потоки данных в выходящие;
- хранилища данных не изменяют потоки данных, а служат только для хранения поступающих объектов;
- преобразования потоков данных во внешних сущностях игнорируются.

Помимо этого, для каждого информационного потока и хранилища определяются связанные с ними элементы данных. Каждому элементу данных присваивается имя, тип данных и формат. Именно эта информация является исходной на этапе проектирования информационной системы - построения модели "сущность-связь".

Графическая нотация моделей системной динамики

В задачах исследования сложных систем из сферы производства и экономики, торговли и городского хозяйства, из области социальных проблем, проблем экологии и окружающей среды получили распространение модели системной динамики [15-16]. Системная динамика представляет собой совокупность принципов и методов анализа динамических управляемых систем с обратной связью и их применения для решения выше упомянутых задач. Основателем системной динамики является Дж. Форрестер.

В системе с петлями обратных связей используются два типа переменных – уровни (фонды) и темпы. Уровни – это накопители системы. Темпы – потоки, вызывающие изменение уровней. Темпы характеризуются интенсивностью – скоростью потока в единицу времени.

В терминологии процесса преобразования ресурсов (ППР) системно-динамическому понятию «уровень» соответствует понятие «ресурс» [5]. В системной динамике нет аналога понятию «заявка» и соответственно нет возможности моделировать работу с экземплярами ресурсов.

Математической основой системной динамики являются дифференциальные модели [14], в которых используются представления динамических процессов в пространстве состояний. Модели такого вида – это системы дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = f(x, u, t),$$

где $x = (x_1, \dots, x_m)^T$ – вектор состояний; x_1, \dots, x_m – переменные состояния (ресурсы в ППР); $u = (u_1, \dots, u_p)^T$ – вектор входов; t – символ времени.

Согласно [14], нормативной схемой решения уравнений в моделях системной динамики является одношаговая схема первого порядка. Уравнения состояния моделей составляются в форме разностных уравнений вида:

$$x_{t+1} = x_t + hf(x_t, u_t).$$

Здесь h – шаг дискретизации, а $t = 0, 1, 2, \dots$

Подробно графическая нотация системной динамики приведена в [14].

В табл. 5.2 представлено сравнение графических нотаций.

Таблица 5.2

Сравнение стандартов описания процессов

<i>Возможность представления в графической нотации:</i>	<i>IDEF0</i>	<i>IDEF3</i>	<i>DFD</i>	<i>EPC</i>	<i>СД</i>
Процесса, операции	+	+	+	+	+
Одиночных входных и выходных ресурсов	+	-	+	+	+
Вектора входных и выходных ресурсов	-	-	-	-	-
Состав процесса (декомпозиция)	+	+	+	+	-
Условия запуска процесса	-	+	-	+	+
Средства выполнения процесса	+	-	-	+	-
Ветвлений и слияний процессов	-	+	-	+	-
Асинхронных и синхронных процессов	-	+	-	-	-
Представление элементов внешней среды в виде	-	-	+	+	

4. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978.
5. Аксенов К.А. Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / К.А. Аксенов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. - 188 с.
6. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н.Калянов. М.: Лори, 1996. - 242 с.
7. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий: Научно-практическое издание / Г.Н.Калянов. М.: СИНТЕГ, 1997. - 316 с.
8. Описание CASE-средств. Режим доступа: www.interface.ru
9. CASE Data Interchange Format: Integrated Meta-Model – Business Process Modeling Subject Area, CDIF-Draft-BPM-V02, EIA, 1996, - 153pp.
10. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: учебник. 2-е изд. /А.М.Вендров. М.: Финансы и статистика, 2005. - 544 с.
11. Маклаков С.В. BPwin и Erwin. CASE – средства разработки информационных систем / С.В. Маклаков. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. - 256 с.
12. Шеер А.В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. / А.В. Шеер. М.: ВестьМетатехнология, 1999. - 182 с.
13. Шеер А.В. Моделирование бизнес-процессов. / А.В. Шеер. М.: Весть-Метатехнология, 2000. - 205 с.
14. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук [и др.]; под общ. ред. С.В. Емельянова. М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. - 520 с.
15. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): пер. с англ. / Дж. Форрестер; под ред. Д.М. Гвишиани. М.: Прогресс, 1971. - 340 с.

16. Форрестер Дж. Мировая динамика: пер. с англ. / Дж. Форрестер; под ред. Д.М. Гвишиани, Н.Н. Моисеева. М.: Наука, 1978. - 168 с.

6. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТС

Цель и задачи лекции: изучить методы проектирования организационно-технических систем, графическую нотацию процессов преобразования ресурсов, познакомиться с дуальной стратегией проектирования.

В целом, существующие подходы к проектированию сложных систем можно разделить на два больших класса [1]:

1. *Структурный (системный) подход* или анализ, основанный на идее алгоритмической декомпозиции, где каждый модуль системы выполняет один из важнейших этапов общего процесса.
2. *Объектный подход (объектно-ориентированный)*, связанный с декомпозицией и выделением не процессов, а объектов, при этом каждый объект рассматривается как экземпляр определенного класса.

В структурном анализе [2] разработано большое число выразительных средств для проектирования, в том числе графических [3]:

- диаграммы потоков данных (DFD), структурированные словари (тезаурусы), языки спецификации систем, таблицы решений;
- стрелочные диаграммы «сущность-связь» (ERD), диаграммы переходов (состояний);
- деревья целей;
- блок-схемы алгоритмов;
- средства управления проектом (PERT-диаграммы, диаграммы Ганта).

Множественность средств и их некоторая избыточность объясняется тем, что каждая предметная область, используя структурный подход как универсальное средство моделирования, вводила свою терминологию, наиболее подходящую для отражения специфики конкретной проблемы [1].

Объектно-ориентированный подход, базируется на основных элементарных понятиях [4]:

- объекты и классы как объекты, связанные общностью структуры и свойств;
- классификации как средства упорядочения знаний;
- иерархии с наследованием свойств;
- инкапсуляции как средства ограничения доступа;
- методы и полиморфизм для определения функций и отношений.

Объектно-ориентированный подход использует для формализации сложной системы графический язык UML. Рассмотрим основные диаграммы языка UML.

Диаграмма прецедентов (вариантов использования, use case). *Вариант использования* представляет собой последовательность действий (транзакций), выполняемых системой в ответ на событие, инициируемое некоторым внешним объектом (действующим лицом, actor).

Диаграммы последовательности отражают временную последовательность событий, происходящих в рамках варианта использования. Например, вариант использования «Снять деньги со счета» предусматривает несколько возможных потоков событий, таких как снятие денег, попытка снятия денег, не имея их достаточного количества на счете, попытка снять деньги по неправильному PIN-коду, и т.д.

Диаграмма классов определяет типы классов системы и различного рода статические связи, которые существуют между ними. На диаграмме классов изображаются также атрибуты классов, операции классов (методы).

Разработка графической нотации процессов преобразования ресурсов (ППР)[5]

Проведенный анализ графических нотаций в предыдущей лекции определил необходимость разработки новой графической нотации ППР на основе объединения нотаций IDEF3, IDEF0, DFD, EPC, моделей системной динамики.

В основе предлагаемой графической нотации ППР лежит понятие блока, который отображает некоторую операцию. Левая сторона блока отождествляется с вектором "входа" (входные ресурсы), правая – вектором "выхода" (выходные ресурсы), верхняя – вектором "условия запуска", нижняя – вектор "механизма" (средства) (рис.6.1).

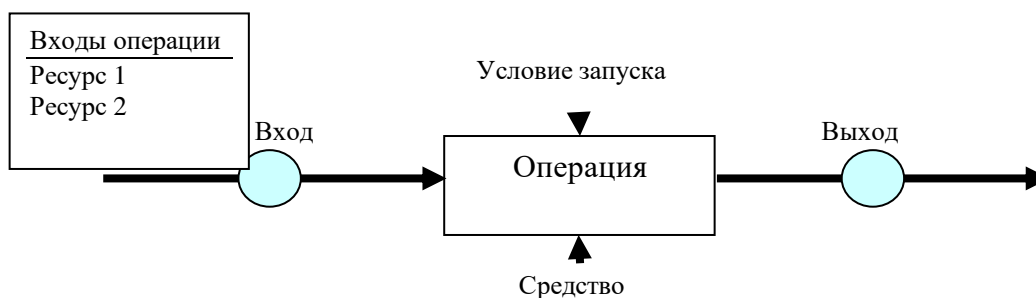


Рис. 6.1. Операция

Взаимодействие между операциями МППР представляется в виде дуги, которая отображает вектор ресурсов, поступающих с выхода одной операции на вход другой. В зависимости от того, с какой стороной блока связан поток, его называют соответственно "входным" или "выходным" [5].

Отличительной особенностью графической нотации ППР является поддержка динамического потокового аспекта в модели. Соединительные стрелки с кружочками (входы и выходы) представляют собой поток вектора ресурсов. По сравнению с другими нотациями эта возможность делает модель более понятной и читаемой за счет уменьшения количества визуальных связей между элементами. Во всех других стандартах необходимо для каждого входа и выхода рисовать свою дугу [5].

Интерфейсы «управление» и «механизм» изображаются у операции в виде входящих наконечников стрелок сверху и снизу соответственно. В

режиме детализации осуществляются «раскрытие» (отображение) вектора (перечня переменных), условия запуска, входа, механизма, выхода.

В предложенной нотации ППР реализованы три базовых принципа моделирования процессов, заимствованных из IDEF0, IDEF3 [6]: функциональной декомпозиции; ограничения сложности; контекста.

Функциональная декомпозиция представляет собой способ моделирования типовой ситуации, когда любой процесс может быть разбит (декомпозирован) на более простые элементы. Представляя процессы графически в виде блоков, можно как бы заглянуть внутрь блока и детально рассмотреть его структуру и состав. Так, на рис. 6.2 изображена декомпозиция процессов A2 и A4.

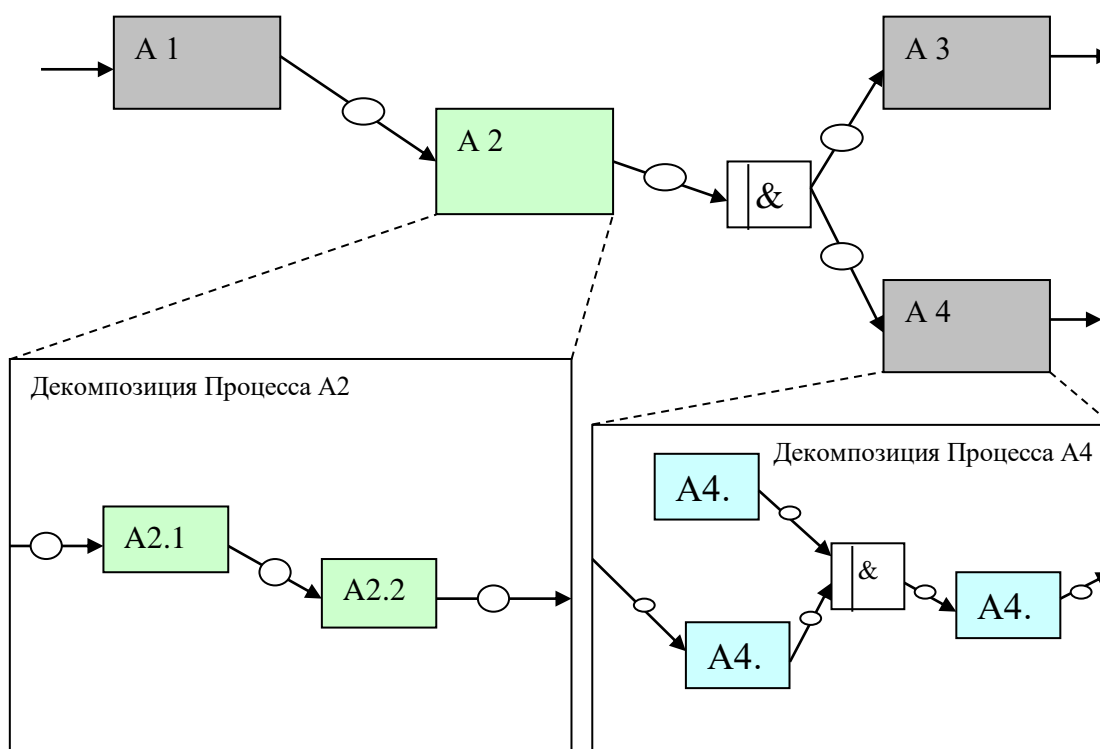


Рис. 6.2. Представление ППР

Принцип ограничения сложности. При работе с диаграммами ППР существенным является условие их разборчивости и удобочитаемости. Суть принципа ограничения сложности состоит в том, что количество блоков на диаграмме должно быть не менее двух и не более восьми. Практика показывает, что соблюдение этого принципа приводит к тому,

что процессы, представленные в виде ППР-модели, хорошо структурированы, понятны и легко поддаются анализу.

Принцип контекстной диаграммы. Моделирование процесса начинается с построения контекстной диаграммы. На этой диаграмме отображается только одна блок-операция – моделируемый процесс и блоки, моделирующие внешнюю среду. Контекстная диаграмма "фиксирует" границы моделируемого процесса, определяя то, как моделируемая система взаимодействует со своим окружением. Это достигается за счет описания дуг, соединенных с блоком, представляющим главную операцию и блоками внешней среды.

Стандарт IDEF3 наиболее полно представляет слияние и разветвление процессов как синхронных, так и асинхронных. Стандарт EPC так же позволяет описывать слияния и разветвления процессов, но визуальное представление не является столь мощным, как в IDEF3 (нет разделения перекрестков на синхронные и асинхронные). Поэтому для удобства описания синхронных и асинхронных процессов взяты перекрестки стандарта IDEF3.

При построении моделей процессов в нотации ППР используются еще три класса блоков: «источник» и «приемник» – блоки, моделирующие поведение внешней среды; «агент» – модель лиц, принимающих решения. «Источник» - генератор воздействий внешней среды. Блоки «источник» всегда располагаются в левой части модели. «Источник» и «Приемник» могут иметь только «выходной» и «входной» потоки соответственно, блоки не имеют интерфейса «механизм». «Источник» может располагаться на любой диаграмме. Если модель не очень большая, то все «источники» лучше располагать на контекстной диаграмме. Когда модель очень большая (много элементов описывают воздействие внешней среды), «источники» рекомендуется располагать на тех диаграммах, где их поток «потребляется».

К блоку «приемник» предъявляются аналогичные требования, что и к «источнику», с той лишь разницей, что не к генерируемому потоку, а потребляемому (входному).

Для описания иерархической структуры МППР были использованы системные графы высокого уровня интеграции (рис. 6.3.) [7-8]:

$$PR_{L=i}^{\rightarrow \Sigma} = \langle \{Sender^m \cup Op^m \cup Receiver^m \cup Junction^m \cup Agent^m\}_{L=i}; \{PR_{L=j}^{p_i}; p_i = 1, \dots, n_{L=j}^p\}_{j=2, \dots, i}; \{Relation_{AB}^{mk}\}_{L=i} \rangle.$$

Граф i -го уровня интеграции образуется в результате поэтапной интеграции графов $PR_1, PR_2, \dots, PR_{i-1}$ с образованием на каждом j -м этапе множества $\{PR_{L=j}^p; p=1, \dots, n_{L=j}^p\}$ процессов (подпроцессов) j -го уровня интеграции, L – уровень интеграции. Элементы множества мультиагентного процесса преобразования ресурсов $\{Sender^m \cup Op^m \cup Receiver^m \cup Junction^m \cup Agent^m\}_{L=L} \subset \{Sender^m \cup Op^m \cup Receiver^m \cup Junction^m \cup Agent^m\}_{L=L-1} \subset \dots \subset \{Sender^m \cup Op^m \cup Receiver^m \cup Junction^m \cup Agent^m\}$ и множества ресурсных отношений $\{Relation_{AB}^{mk}\}_{L=L} \subset \{Relation_{AB}^{mk}\}_{L=L-1} \subset \dots \subset \{Relation_{AB}^{mk}\}$ системного графа $\rightarrow PR_{L=i}^{\Sigma}$ представляют собой элементы процесса преобразования и ресурсные отношения между элементами, а также элементы $Sender^m \cup Op^m \cup Receiver^m \cup Junction^m \cup Agent^m$ и ресурсные отношения $Relation_{AB}^{mk}$ системного графа $\rightarrow PR^{\Sigma}$ нулевого уровня интеграции, не вошедшие при поэтапной интеграции ни в один процесс $PR_{L=j}^p$.

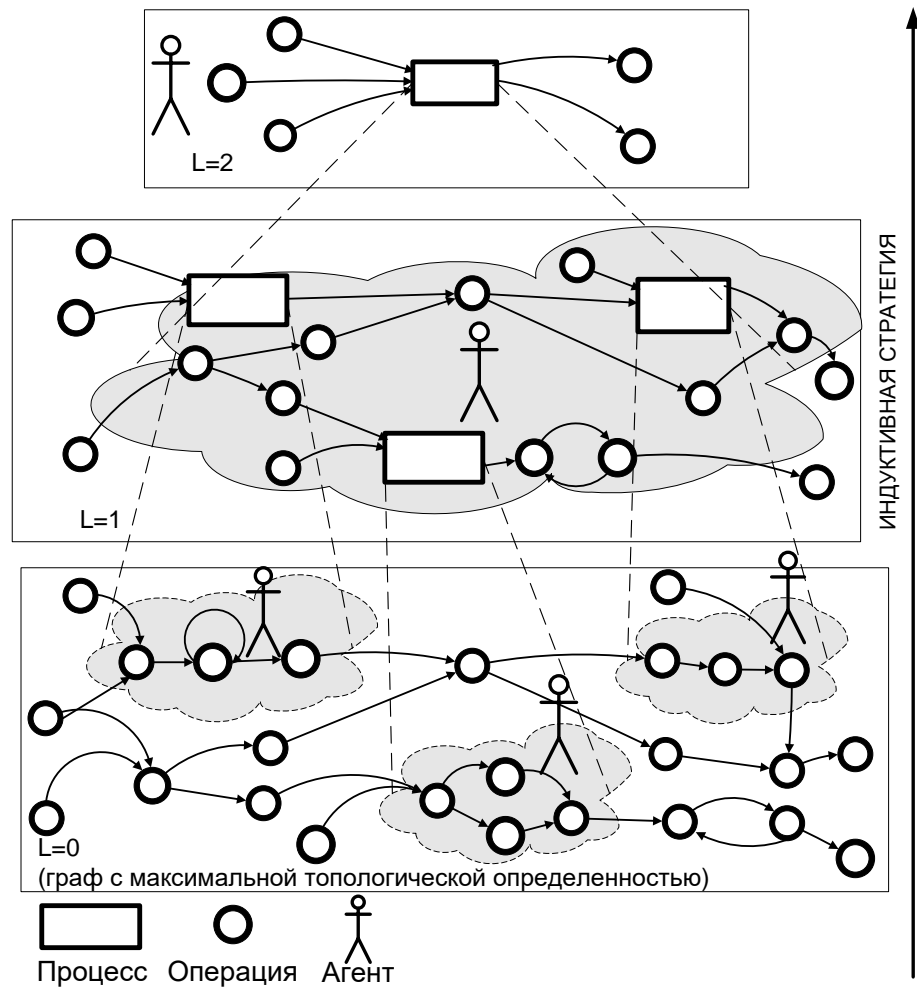


Рис. 6.3. Иерархическое представление МППР

С точки зрения динамического моделирования в имитации участвуют только те элементы, которые в результате применения дедуктивной стратегии системного анализа являются элементарными и в дальнейшем не детализируются. При использовании аппарата системных графов на первом шаге построения модели (0-й уровень интеграции) динамической системы получаем все необходимые данные для имитации.

Рисунок 6.4 иллюстрирует дуальную концепцию при проектировании функциональной структуры для экспертной системы помощи специалиста по развитию мультисервисной сети связи (МСС).

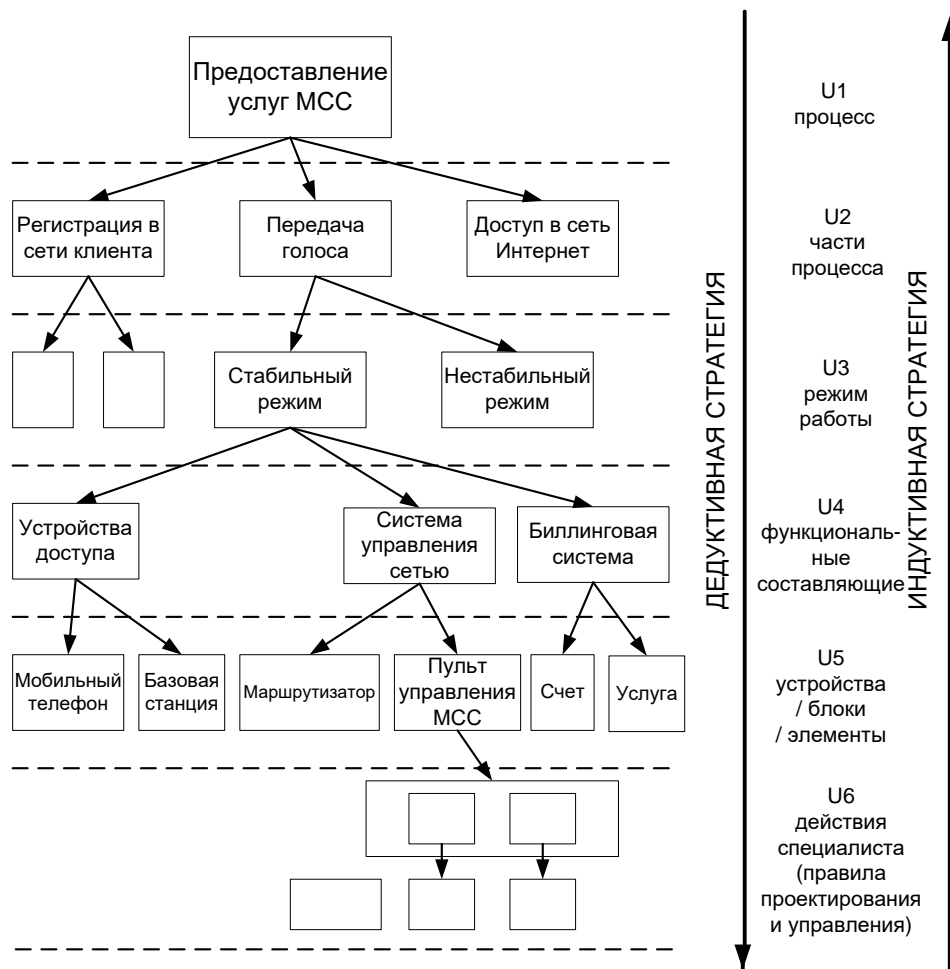


Рис. 6.4. Дуальная стратегия проектирования

При разработке СППР и интеллектуальных систем рекомендуется использовать дуальную стратегию проектирования, модель МППР (и ее графическую нотацию, в основе которой лежит метод системных графов высокого уровня интеграции), данный подход используется в СППР семейства *VPsim*.

Вопросы

1. Для чего используются системные графы высокого уровня интеграции?
2. Какие подходы применяются к проектированию сложных систем?
3. Какие основные типы диаграмм используются в языке UML?
4. Назначение диаграммы прецедентов языка UML.
5. Основные элементы диаграммы прецедентов языка UML.

6. Назначение диаграммы классов языка UML.
7. Основные элементы диаграммы классов языка UML.
8. Назначение диаграммы последовательности языка UML.
9. Основные элементы диаграммы последовательности языка UML.
10. В чем состоит дуальная стратегия проектирования организационно-технических систем?

Литература:

1. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
2. Yourdon E. Modern Structured Analysis. – Prentice-Hall Int. Ed, 1989.
3. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. – М.: ДМК, 1993.
4. Буч Г. Объектно-ориентированное программирование. – М.: ИВК, 1993.
5. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 341 с. ISBN 978-3-8465-0782-7.
6. Описание CASE-средств. Режим доступа: www.interface.ru
7. Имитационное моделирование производственных систем / под общ.ред. А.А. Вавилова. М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. – 416 с.
8. Технология системного моделирования / Е.Ф. Аврамчук [и др.]; под общ. ред. С.В. Емельянова. М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.

7. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель и задачи лекции: познакомиться с методом имитационного моделирования, а также моделями формализации дискретных процессов – сетями Петри и моделями массового обслуживания.

В разделе приводится обзор существующих методов в области имитационного, ситуационного и экспертного моделирования.

Имитационное моделирование

Согласно Ю.Г. Карпову [1], невысокая эффективность управленческих решений, сделанных на основе интуиции, объясняется тем, что причины и следствия в сложных системах разнесены во времени и пространстве, поэтому человеку трудно предсказать, какие последствия вызовет то или иное решение. В тех случаях, когда для оценки принимаемых решений эксперимент с реальными системами невозможен либо слишком дорог, используется имитационное моделирование [1].

Имитационное моделирование — это разработка компьютерных моделей и постановка экспериментов на них. Целью моделирования в конечном счете является принятие адекватных (т.е. обоснованных, целесообразных и реализуемых) управленческих решений [1].

В английском языке для обозначения процесса моделирования используются два различных слова: *modeling* и *simulate*. При этом первому слову соответствует процесс проектирования, создания модели устройства или предметной области. Под имитацией (*simulate*) понимают исследование (испытание, прогонку) модели. Процесс имитации невозможен без предварительного создания модели. В свою очередь последующая имитация накладывает ограничения на язык и способы описания модели [2].

Имитационное моделирование может применяться в самых различных сферах деятельности. Ниже приведен список задач, при решении которых моделирование особенно эффективно [3]:

- проектирование и анализ производственных систем;
- оценка различных систем вооружений и требований к их материально-техническому обеспечению;
- определение требований к оборудованию и протоколам сетей связи;
- определение требований к оборудованию и программному обеспечению различных компьютерных систем;
- проектирование и анализ работы транспортных систем, например аэропортов, автомагистралей, портов и метрополитена;
- оценка проектов создания различных организаций массового обслуживания, например центров обработки заказов, заведений быстрого питания, больниц, отделений связи;
- модернизация различных процессов в деловой сфере;
- определение политики в системах управления запасами;
- анализ финансовых и экономических систем.

Моделирование насчитывает в настоящее время четыре основных направления: моделирование *динамических систем*, *дискретно-событийное* моделирование, *системная динамика* и *агентное* моделирование [1]. Имитационное моделирование в настоящее время реально используется узким кругом профессионалов, которые должны иметь не только глубокие знания в той прикладной области, для которой строится модель, но также глубокие знания в программировании, теории вероятностей и статистике [1].

Имитационная модель организационно-технической системы в силу сложной структуры должна быть иерархической, что позволит, в свою очередь, применять к ней теории иерархических и мультиагентных систем.

Теоретической базой создания средств имитационного моделирования являются широко распространенные математические схемы описания динамических процессов (расширенные сети Петри, системы массового обслуживания, модели системной динамики). Новый подход к моделированию динамических процессов, к которым относятся цепочки поставок (логистика), технологические, производственные, организационные и бизнес-процессы, предлагает концепция процессов преобразования ресурсов [4-5], синтезированная на базе вышеупомянутых математических схем.

Системы имитационного моделирования (СИМ) можно разделить на два класса – универсальные и проблемно-ориентированные. Проблемно-ориентированные СИМ имеют одно важное преимущество – они снижают требования к конечному пользователю в области программирования, т.е., с точки зрения внедрения и применения на предприятиях, в организациях и бизнесе имеют больший шанс на выживание. К распространенным, в настоящее время, проблемно-ориентированным СИМ в области дискретных процессов преобразования ресурсов относятся следующие: AnyLogic, Arena, ARIS, ReThink.

Адекватность сети Петри (N-схемы) процессу преобразования ресурсов (ППР)

Покажем, что сети Петри не обеспечивают всех требований для моделирования ППР и рассмотрим некоторые расширения сетей Петри, устраняющие эти недостатки.

Самым распространенным в настоящее время формализмом, описывающим структуру и взаимодействие параллельных систем и процессов, являются сети Петри (англ. Petri Nets), предложенные К. Петри [6-7]. Применение аппарата сетей Петри к описанию процессов позволяет задавать начальное состояние условий, а также отслеживать состояние условий, что соответствует понятию разметки (маркировки).

Формально сеть Петри (*N-схема*) задается четверкой вида [6]:

$$N = \langle B, D, I, O \rangle,$$

где B – конечное множество символов, называемых позициями, $B \neq \emptyset$; D – конечное множество символов, называемых переходами, $D \neq \emptyset$, $B \cap D = \emptyset$; I – входная функция, $I: B \times D \rightarrow \{0, 1\}$; O – выходная функция, $O: D \times B \rightarrow \{0, 1\}$. Таким образом, входная функция I отображает переход d_j во множество входных позиций $b_i \in I(d_j)$, а выходная функция O отображает переход d_j во множество выходных позиций $b_i \in D(d_j)$.

Для представления динамических свойств объекта вводится функция маркировки $M: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$. Маркировка M – присвоение неких абстрактных объектов, называемых метками (фишками), позициям N-схемы, причем количество меток, соответствующих каждой позиции, может меняться.

Маркированная N-схема может быть описана в виде пятерки $N_m = \langle B, D, I, O, M \rangle$ и является совокупностью сети Петри и маркировки M . Функционирование N-схемы отражается путем перехода от разметки к разметке. Начальная разметка обозначается как $M_0: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$. Смена разметок происходит в результате срабатывания одного из переходов $d_j \in D$ сети. Необходимым условием срабатывания перехода d_j является $b_i \in I(d_j) \{M(b_i) \geq 1\}$, где $M\{b_i\}$ – разметка позиции b_i . Переход d_j , для которого выполняется указанное условие, определяется как находящийся в состоянии готовности к срабатыванию или как возбужденный переход [6].

Срабатывание перехода d_j изменяет разметку сети $M(b) = (M(b_1), M(b_2), \dots, M(b_n))$ на разметку $M'(b)$ по следующему правилу:

$$M'(b) = M(b) - I(d_j) + O(d_j),$$

т.е. переход d_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных позиций.

Важной особенностью моделей процесса функционирования систем с использованием типовых N-схем является простота построения иерархической конструкции модели. С одной стороны, каждая N-схема

может рассматриваться как макропереход или макропозиция модели более высокого уровня. С другой стороны, переход или позиция N-схемы может детализироваться в форме отдельной подсети для более углубленного исследования процессов в моделируемой системе S [6].

Другая важная особенность N-схем – это их асинхронная природа [6-7]. Внутри N-схемы отсутствует измерение времени. Запуск перехода рассматривается как мгновенное событие, занимающее нулевое время, а возникновение двух событий одновременно невозможно.

Как следует из выше изложенного, сети Петри при моделировании ППР обладают следующими недостатками:

- отсутствие измерения времени;
- нет разделения типов меток (ресурсов);
- отсутствие конфликтов на общих ресурсах и средствах;
- модели реальных ППР, описанные в терминах сетей-Петри являются громоздкими и плохо читаемыми.

Адекватность прибора обслуживания заявок системы массового обслуживания (Q-схемы) процессу преобразования ресурсов

Покажем, что операция ППР представима прибором обслуживания заявок. Системы массового обслуживания используются в непрерывно-стохастическом подходе, которые также называются Q-схемами [6, 8-9].

Прибору обслуживания заявок соответствует операция ППР, которая обрабатывает поступающие заявки (заявкам в ППР соответствуют множества *RES*, *MECH*, *Order*, *Message*). Покажем соответствие операции ППР основным составляющим прибора массового обслуживания.

В любом элементарном акте обслуживания выделяют две основные составляющие: ожидание обслуживания заявкой и собственно обслуживание заявки. Это можно изобразить в виде некоторого *i*-го прибора обслуживания Π_i (рис.7.1), состоящего из накопителя заявок H_i (соответствует вход in_m , в частном случае – очередь входных заявок $Queue_k^{in}$), в котором может

одновременно находится $l_i = \overline{0, L_i^H}$ заявок (ресурсов), где L_i^H – емкость i -го накопителя, и канала обслуживания заявок K_i (соответствует функция преобразования входа в выход f). На каждый элемент прибора обслуживания Π_i поступают потоки событий: в накопитель H_i – поток заявок w_i (ресурсы выходные, формируемые предыдущей z -ой операцией), на канал K_i – поток обслуживаний u_i (соответствует поток сообщений $Message_k$, управляющих операцией).

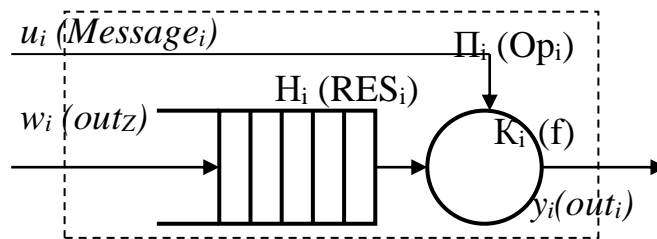


Рис. 7.1. Прибор обслуживания заявок

Для формализации сложных процессов используются не отдельные приборы обслуживания, а Q-схемы, образуемые композицией многих элементарных приборов обслуживания Π_i (сети массового обслуживания). Если каналы K_i различных приборов обслуживания соединены параллельно, то имеет место многоканальная Q-схема, а если приборы Π_i и их параллельные композиции соединены последовательно, то имеет место многофазная Q-схема. Для задания Q-схемы используют оператор сопряжения R , отражающий взаимосвязь каналов и накопителей между собой.

Внутренними параметрами Q-схемы являются количество фаз L^Φ , количество каналов в каждой фазе L_{kj} , $j = \overline{1, L^\Phi}$, количество накопителей каждой фазы L_{Hk} , $k = \overline{1, L^\Phi}$, емкость накопителя L_i^H . Максимальное количество фаз у операции ППР $Max(L^\Phi)^{Op} = 2$: первая фаза – обработка входов in , вторая – формирование выходов out . Для задания Q-схемы также необходимо описать алгоритмы ее функционирования, которые определяют набор правил поведения заявок в системе в различных неоднозначных

ситуациях. В зависимости от места возникновения таких ситуаций различают алгоритмы ожидания заявок в накопителе H_i и обслуживания заявок каналом K_i каждого элементарного обслуживающего прибора P_i Q-схемы. Неоднородность заявок учитывается с помощью введения классов приоритетов. В зависимости от динамики приоритетов в Q-схемах различают статические и динамические приоритеты.

Исходя из правил выбора заявок из накопителя H_i на обслуживание каналом K_i , выделяют *относительный* и *абсолютный* приоритеты, что соответствует атрибуту «тип приоритета» операции ППР. «Правилам блокировок канала» K_i соответствует возможность прерывания выполнения продукции (с возможностью продолжения или с полным прекращением). У *RES*, *MECH*, *Order*, *Message* атрибут «тип приоритета» (абсолютный, относительный) не введен, так как приоритет заявки имеет второстепенное значение по отношению к приоритету операции. Операция выбирает, какой входной ресурс она будет обрабатывать и/или использовать механизм. С точки зрения ППР, существуют операции управления, которые в зависимости от состояния системы формируют или не формируют разрешающие сигналы для других операций. В свою очередь, для операции будет вторична информация о приоритете, если она не сможет запуститься в виду отсутствия входного ресурса и/или механизма.

При рассмотрении алгоритмов функционирования приборов обслуживания P_i (каналов K_i и накопителей H_i) необходимо задать набор правил, по которым заявки покидают H_i и K_i : для H_i – либо правила переполнения, по которым заявки в зависимости от заполнения H_i покидают систему, либо правила ухода, связанные с истечением времени ожидания заявки в H_i ; для K_i – правила выбора маршрутов или направлений ухода. «Правило ухода заявки» из накопителя H_i может быть описано в виде двух операций, на входе которых общий информационный ресурс (очередь заявок). Первая операция моделирует канал обслуживания – непосредственно обрабатывает заявки. Вторая операция выступает в роли правила «ухода

заявки из очереди» - отслеживает время жизни заявок и выполняет «правило выбора маршрута (направления ухода)»: удаляет заявку или обрабатывает определенным образом.

Кроме того, в операции значительно усилен механизм работы канала K_i введением дополнительной возможности – одновременным обслуживанием множества входных заявок $\{w_i\}$ и, соответственно, формированием на выходе множества выходных заявок $\{y_i\}$. В связи с этим введем понятие емкости канала L^K . Данный механизм позволяет моделировать каналы как с ограниченной, так и неограниченной параллельной возможностью обслуживания более чем одной заявки.

Как следует из вышеизложенного, понятийный аппарат Q-схем не соответствует проблемной области ППР, Q-схемы ориентированы на моделирование в первую очередь работы средств, тогда как в ППР – на последовательность и параметры преобразования ресурсов.

Вопросы:

1. Перечислите наиболее эффективные области применения имитационного моделирования.
2. Перечислите направления имитационного моделирования.
3. Из каких элементов состоит сеть Петри?
4. Какие недостатки у сети Петри при моделировании бизнес-процессов?
5. Из каких элементов состоит сеть массового обслуживания?
6. Какими преимуществами обладает сеть массового обслуживания?
7. Какими недостатками обладает сеть массового обслуживания?
8. В чем отличие универсальных систем имитационного моделирования и проблемно-ориентированных?

Литература:

1. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г. Карпов. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с.: ил.
2. Филиппович А.Ю. Интеграция ситуационного, имитационного и экспертного моделирования в полиграфии / А.Ю. Филиппович. М., 2003. - 310 с.
3. Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. / В. Кельтон, А. Лоу. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. - 847 с.
4. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Имитационное моделирование процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. - 198 с.
5. Aksyonov K., Vykov E., Dorosinskiy L., Smoliy E. and Aksyonova O. (2011). Decision Support based on Multi-Agent Simulation Algorithms with Resource Conversion Processes Apparatus Application, Multi-Agent Systems - Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh and Iyad Abu Doush (Ed.), ISBN: 978-953-307-176-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-based-on-multi-agent-simulation-algorithms-with-resource-conversion-processes-appar> pp.301-326.
6. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов – 3-е изд., - М.:Высш.шк., 2001. – 343с.
7. Котов В.Е. Сети Петри: Главная редакция физико-математической литературы, – М.:Наука, 1984. –160с.
8. Гнеденко Б.Д., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М: Наука, 1987. – 336с.
9. Калашников В.В. Организация моделирования сложных систем. – М.: Знание, 1982. – 64с.

8. ЭКСПЕРТНОЕ И СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель и задачи лекции: изучить методы экспертного и ситуационного моделирования.

Экспертное моделирование

А.Ю. Филипповичем в работе [1] выделен класс систем экспертного моделирования, которые имитируют процессы рассуждения человека. Исходными данными для них являются декларативные и процедурные знания, поэтому их также называют *системами, основанными на знаниях (knowledge-based system)*, или *экспертными системами (ЭС)*.

ЭС – наиболее распространенный класс информационных систем, ориентированный на тиражирование опыта высококвалифицированных специалистов в областях, где качество принятия решений традиционно зависит от уровня экспертизы. Например, медицина, юриспруденция, геология, экономика, военное дело, энергетика, металлургия, логистика, проектирование. ЭС эффективны лишь в специфических «экспертных» областях, где важен эмпирический опыт специалистов [2].

Существует множество различных определений экспертной системы, при этом в большинстве случаев ее структура остается типовой и может включать следующие компоненты: *база знаний; база данных; машина вывода; интерфейс с пользователем; модуль извлечения знаний и обучения; компонент приобретения и объяснения знаний* [1, 3], первые три – являются обязательными.

База данных (БД) хранит исходные и промежуточные данные решаемой в текущий момент задачи.

База знаний (БЗ) предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных в этой области.

Отличие БЗ от БД определяют исходя из типа хранимых знаний: в БЗ записывают правила (процедурные знания), а в БД — данные (декларативные знания). Все знания стремятся хранить единообразно, используя один язык представления знаний.

Машина вывода, используя исходные данные и знания, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

Интерфейс с пользователем ориентирован на организацию общения со всеми категориями пользователей, как в ходе решения задач, так и в ходе приобретения знаний, объяснения результатов работы.

Модуль извлечения знаний и обучения автоматизирует процесс наполнения ЭС знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом, а также формирует знания на основе анализа прикладных ситуаций.

Компонент приобретения и объяснения знаний объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решения) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Моделирование в ЭС представляет собой *вывод на знаниях*. Механизм вывода во многом зависит от используемого языка представления знаний и может быть логическим, нечетким, вероятностным, продукционным и т.д. К экспертному моделированию относятся методы [1]:

- формирования, изменения, дополнения и оптимизации БЗ;
- обучения, извлечения и объяснения ЭС;
- ведения диалога и разработки интерфейса взаимодействия;
- описания предметной области на языке представления знаний;
- разработки алгоритмов и стратегий вывода;
- прогнозирования, экстраполяции и эвристического анализа;
- интеграции ЭС с другими системами.

Большинство языков представления знаний можно представить в виде сетевой структуры (семантические сети, фреймы, сценарии, продукции), поэтому в них активно используются графовые методы поиска (в ширину, в глубину и др.). К недостаткам ЭС можно отнести их «медлительность» - ЭС приходит к определенному заключению (решению) после того, как будет просмотрена вся база знаний. Качество работы ЭС напрямую зависит от объема базы знаний.

Ситуационное моделирование

Одним из перспективных направлений создания моделей принятия решений, позволяющим использовать содержательные сведения о конкретных ситуациях и отражать реальную динамику процессов, а также учитывать человеческий фактор в процессе выбора решений, является метод ситуационного управления. Метод оформился в начале 70-х годов трудами российских ученых В.Н. Пушкина, Д.А. Поспелова, Ю.И. Клыкова, Э.Ф.Скороходько как реакция на трудности применения точных количественных методов, в частности математического программирования народнохозяйственными объектами [4].

Для описания ситуаций используются *семиотические (ситуационные) языки и модели*, среди которых можно выделить следующие основные подходы [1]:

- дискретные ситуационные сети;
- RX-коды;
- логика предикатов;
- универсальный семантический код.

Дискретная ситуационная сеть представляет собой сложную семантическую сеть [5]. Каждая ситуация описывается ориентированным графом (сетью), а для представления вложенности ("ситуации ситуаций") используются гиперграфы, т.е. некоторый фрагмент семантической сети, определяющий ситуацию, который может рассматриваться как одна вершина сети.

RX-коды представляют собой язык бинарных отношений и имеют в качестве ядерной конструкции запись следующего вида [6]:

$$x_1 = x_2 r_2 x_3 r_3,$$

где x_i — объект или ситуация; r_i — отношение.

Логика предикатов – раздел математической логики, изучающий логические законы, общие для любой области объектов исследования (содержащей хоть один объект) с заданными на этих объектах предикатами (т.е. свойствами и отношениями).

Универсальный семантический код использует в качестве ядерной конструкции тройку SAO , которая соответствует *субъекту S, совершающему действие A над объектом O*.

Для реализации в ЭВМ семиотических языков используют языки представления знаний. Наиболее близким подходом к описанию семиотических конструкций является семантическая сеть. Однако сети очень медлительны при использовании операций поиска, поэтому конструкции часто представляют с помощью логики предикатов, фреймов и продукций [1].

В [1] отмечается, что методы представления знаний в ситуационных системах и экспертных системах аналогичны. Еще больше они сблизились после активного внедрения нечеткой логики в технологии ЭС.

При ситуационном моделировании активно используются имитационные модели, следовательно, ситуационный *"язык должен включать некоторые средства, присущие языкам моделирования: системное время, очереди событий, организацию квазипараллельных процессов и т.д."* [5].

Интерпретируя определение ситуации А.Ю. Филипповича применительно к процессам преобразования ресурсов, под ситуацией будем понимать оценку совокупности характеристик объектов (образуемых на множестве элементов процесса преобразования ресурсов, средств, операций, процессов, команд управления и т.д.) и связей между ними, которые состоят

из постоянных и причинно-следственных отношений, зависящих от прошедших событий и протекающих процессов.

Вопросы:

1. Из каких элементов состоит экспертная система?
2. Перечислите наиболее эффективные области применения экспертных систем?
3. Что такое экспертная система?
4. Для чего предназначена машина вывода?
5. Чем определяется качество базы знаний?
6. Что является недостатком применения экспертных систем?
7. Чем отличаются статическая и динамическая экспертная системы?
8. Для чего может быть использована дискретная сеть?
9. В чем состоят преимущества экспертных систем и систем поддержки принятия решений перед человеком?
10. На основе интеграции каких подходов может быть реализован ситуационный язык?
11. Перечислите, какие аппараты (формализмы) используются в ситуационных (семиотических) моделях?
12. В чем состоит отличие базы знаний от базы данных?
13. Какие типы отношений могут использоваться в семантических сетях (приведите примеры отношений)?
14. Перечислите модели представления знаний?
15. Перечислите основные процедуры управления, применяемые в производственных системах?

Литература:

1. Филиппович А.Ю. Интеграция ситуационного, имитационного и экспертного моделирования в полиграфии / А.Ю. Филиппович. М., 2003. - 310 с.
2. Гаврилова Т.А. Состояние и перспективы разработки баз знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова // Журнал «Новости искусственного интеллекта». М., 1996. №1. - С. 5-43.
3. Статические и динамические экспертные системы: учеб. пособие / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.
4. Системная интеграция в управленческой деятельности: сборник статей / под ред. С.Л. Гольдштейна. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. - 309 с.
5. Клыков Ю.И. Банки данных для принятия решений / Ю.И. Клыков, Л.Н. Горьков. М.: Сов. радио, 1980. - 155 с.
6. Кузнецов И.П. Кибернетические диалоговые системы / И.П. Кузнецов. М.: Наука, 1976. - 293 с.

9. МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Цель и задачи лекции: изучить основные модели представления знаний, оценить их преимущества и недостатки.

Одной из важных задач проектирования СППР и интеллектуальных систем предприятия является выбор и построение таких моделей представления знаний о предметной области, для которых переход от неформализованных знаний и представлений к формальным моделям и базам знаний (БЗ) будет наиболее простым и естественным. Процесс извлечения и приобретения знаний вызывает большие сложности при построении интеллектуальной системы, ставя перед инженерами по знаниям следующие проблемы [1-2]:

- неудачный выбор метода извлечения знаний, не соответствующего структуре предметной области;
- неадекватные модели и языки для представления знаний;
- отсутствие психологического контакта с экспертами предметной области;
- терминологическая рассогласованность языка экспертов и инженеров по знаниям;
- невозможность построения целостной модели предметной области в результате извлечения фрагментов знаний;
- потеря части знаний о предметной области в результате упрощения пространства эксперта;
- зависимость качества создаваемой системы от квалификации «посредников» между экспертами и инструментальными средствами - инженеров по знаниям;
- автономное использование методов интервью не позволяет найти и устранить «пробелы» в знаниях;

- интервью субъективно и требует больших затрат времени;
- для приобретения знаний из примеров необходимо обеспечение совместимости БД, имеющих различные схемы, с БЗ интеллектуальной системы;
- необходимо преобразование результатов работы алгоритмов обучения на примерах в способ представления, поддерживаемый программными средствами интеллектуальной системы;
- в тексте отсутствует в эксплицитном виде информация о свойствах элементов текста (имен, предикатов, предложений), необходимая для работы методов приобретения знаний из текстов;
- выполнение семантического анализа текста осложнено отсутствием заранее заготовленного словаря предметной области.

Сложность этапа структурирования знаний проявляется в том [1], что необходимо построить такую модель предметной области, которая позволяла бы наиболее адекватно и с наименьшими усилиями перейти к последующей технической реализации системы. В этом смысле концептуальное моделирование следует рассматривать как процесс порождения, распознавания или нахождения релевантных концептов и концептуальных моделей, описывающих область существования и функционирования информационной системы [3]. *Таким образом, минимизация усилий при переходе от модели ПрО к ее технической реализации является актуальной задачей.*

Следуя Н. Kangassalo [4], *концепт* рассматривается как фундаментальное понятие, описывающее именованный независимо идентифицируемый структурированный конструкт, объединяющий примитивы знаний. Концепт является интенциональной структурой знаний, которая содержит неявные правила, ограничивающие структуру реальности, а также концентрирует и организует информацию, необходимую для структурирования и понимания основных аспектов знания и характеризует некоторые свойства обозначаемых им объектов [1].

К основным моделям представления знаний относятся следующие:

- продукционные системы;
- семантические сети;
- фреймы.

1 способ – Представление знаний в виде продукций или правил и их интерпретатор, который определяет когда и какое правило применяется.

Продукционная модель определяется следующим образом:

$$P_1, \dots, P_m, \rightarrow Q_1, \dots, Q_n,$$

где P_1, \dots, P_m – предпосылки, Q_1, \dots, Q_n , - действия, выполняемые в случае истинности предпосылок.

Принцип работы продукционной системы заключается в следующем [5]: продукция (правило), условие которой окажется истинным для текущего состояния БЗ и БД, выполняется. При этом, выполняемое правило активирует данные, находящиеся в заданной структуре БД; выполнение правил происходит до тех пор, пока все они окажутся выполненными или не вступит в действие правило остановки.

В продукционную модель достаточно просто добавлять новые знания, поскольку любая продукция может размещаться в любом месте модели. Механизм вывода в продукциях хорошо сочетается с процедурным подходом в программировании.

В качестве недостатков можно указать следующее: неудобно реализовывать иерархическую структуру, ненаглядное представление знаний и неэффективный процесс вывода, т.к. в общем случае необходимо проверить применимость всех правил.

2 способ – Представление знаний в виде семантической сети. Семантическая сеть – это ориентированная графовая структура, каждая вершина которой отображает некоторое понятие (объект, процесс, ситуацию), а ребра графа соответствуют отношениям типа «это есть», «принадлежать», «быть причиной», «входить в», «состоять из», «быть как» и аналогичным между парами понятий [6].

Семантическая модель определяется следующим образом

$$S=(O,R_1,R_2, \dots,R_n)$$

где O – множество объектов ИС; $R_i / i=1,n$ – множество отношений между объектами; I – тип отношений.

Можно указать следующие достоинства данного способа: наглядность представления знаний для пользователей, семантическая модель хорошо сочетается с иерархическими знаниями. К недостаткам можно отнести сложность реализации механизма вывода.

3 способ – Представление знаний в виде фреймов. М. Минский [7] определил фрейм как «структуру данных для представления стереотипных ситуаций». Фреймовая модель представления знаний задает остов описания класса объектов и удобна для описания структуры и характеристик однотипных объектов (процессов, событий) описываемых фреймами – специальными ячейками (шаблонами понятий) фреймовой сети (знания) [6].

Фрейм состоит из слотов, которые представляют собой различные характеристики объекта (атрибуты), и наполнителей (значения этих атрибутов и процедуры, выполняющиеся при изменении данных фрейма).

В концептуальной модели предметной области необходимо соединить описание структуры предметной области, определить поведение объектов и субъектов, существующих в этой структуре, построить логические модели их взаимодействия [1].

С каждым фреймом ассоциируется разнообразная информация (в том числе и процедуры); например, информация о том, как пользоваться данным фреймом, каковы ожидаемые результаты выполнения фрейма, что делать, если ожидания не оправдались, и т.п. Фрейм можно представить в виде сети, состоящей из вершин и отношений (дуг). Верхние уровни фрейма фиксированы и представляют сущности, всегда истинные в ситуации, описываемой данным фреймом. Нижние уровни заканчиваются слотами, которые заполняются конкретной информацией при вызове фрейма. Можно

провести аналогию между фреймами и описанием процедур в языках программирования. Фрейм соответствует описанию процедуры, а означенный фрейм (фрейм-экземпляр) соответствует вызову процедуры. Отличие фреймов от описаний процедур состоит в том, что фреймы могут вызываться не по имени, а по соответствию текущей ситуации той ситуации, которую описывает данный фрейм. Кроме того, фрейм, слоты и механизм их означивания описывают ситуацию в семантических (а не синтаксических) терминах и в метатерминах. С каждым слотом фрейма связаны описания условий, которые должны быть соблюдены, чтобы могло произойти означивание слота. В простейших случаях эти условия могут сводиться к указанию семантических категорий, которым должно удовлетворять значение слота. В более сложных случаях условия могут касаться отношений между значениями, выбираемыми для нескольких слотов [8].

Преимущества подхода, основанного на фреймах, заключаются в следующем [1]: концепция фреймов естественным образом интегрируется с концептуальным моделированием предметной области; структуры фреймов хорошо описываются средствами объектно-ориентированного проектирования; эффективно поддерживаются возможности наследования; обеспечивается иерархическое представление предметной области. *К недостаткам фреймовой модели можно отнести сложность внесения изменений в иерархическую структуру данных. Таким образом, выбор фреймов обосновывает применение объектно-ориентированного подхода и объектных языков программирования при разработке СППР, минимизирует затраты на создание программного обеспечения.*

Вопросы:

1. Что такое фрейм?
2. Что такое продукция?
3. Что такое семантическая сеть?

4. Какими преимуществами обладает фреймовое представление знаний?
5. Какие преимущества у семантических сетей?
6. Нарисуйте структуру продукционной системы.
7. Какие недостатки у продукционных систем?
8. Какие недостатки у фреймовых систем?
9. Основные недостатки семантических сетей?

Литература:

1. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. - 461 с.
2. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами: Основы теории и технологии / Г.С. Осипов. М.: Наука; Физматлит, 1997. - 112 с.
3. Шенк Р. Обработка концептуальной информации : пер. с англ. / Р. Шенк. М.: Энергия, 1980. - 360 с.
4. Kangassalo H. Frameworks of Information Modelling : Construction of Concepts and Knowledge by Using the Intensional Approach : Information Systems Engineering. State of the Art and Research Themes / H. Kangassalo ; Ed. by S. Brinkkemper, E. Lindencrona, A. Solberg - London : Springer, 2000. - P. 237-248.
5. Куприянов В.В., Печенкин О.Ю., Суслов М.П., Уколов И.С. САПР и системы искусственного интеллекта на базе ЭВМ – М.: Наука, 1991 - 159с.
6. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2006.

7. Minsky M. A framework for Representing Knowledge in The Psychology of Computer Vision, P.H. Winston (ed.), McGraw-Hill 1975.
8. Статические и динамические экспертные системы: учеб. пособие /Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.

10. ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО И ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ФРЕЙМОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ СППР И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Цель и задачи лекции: изучить применение концептуального и объектно-ориентированного моделирования, фреймовых моделей для построения систем поддержки принятия решений и интеллектуальных систем.

Применение фреймового подхода А.Н. Швецова для построения концептуальной модели предметной области (КМПО)

Анализ работ, выполненный А.Н. Швецовым в [1], по объектно-ориентированному проектированию и программированию позволяет выделить три основных класса моделей, представляющих объекты и классы (англ. class-based representation formalism): модели, основанные на семантических сетях и фреймах; модели, развиваемые на основе теории баз данных и семантических моделей данных; модели, использующие работы по абстрактным типам данных. *Как показало исследование, основанные на фреймах языки используются для расширения дедуктивных возможностей семантических и объектно-ориентированных моделей данных, что и обосновывает их использование и проведение дальнейших исследовательских работ в данном направлении.*

Для построения КМПО и решения задачи сокращения затрат на разработку программного обеспечения, использован фреймовый подход А.Н.Швецова [1], основанный на совмещении фреймоподобных структур с конструкциями концептуальных графов J.F. Sowa [2-4]. Преимуществами данного подхода является деление на активные и пассивные фреймы и учет поведения объекта.

Основная конструкция фрейм-концепта (ФК) [1] представлена на рис.10.1. Имя фрейма представляет собой уникальный идентификатор, используемый в КМПО. Информация о применении на уровне ФК является

неформальным вербальным описанием возможных ситуаций использования ФК, сценариев поведения, особенностей выбора и т.п. Динамическое поведение компонентов или агентов предметной области описывает структура сценариев поведения (ССцП), в которую включен блок выбора сценария (БВСЦ), позволяющий формировать альтернативные пути поведения данного фрейма.

Фрейм-концепт (ФК)											
Имя фрейма (ИФ)	...										
Тип фрейма (ТФ)	...										
Информация о применении	...										
Структура сценариев поведения (ССцП)											
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Блок выбора сценария (БВСЦ)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Сценарий 1 (СЦ1)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Сценарий 2 (СЦ2)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">.....</td> </tr> <tr> <td colspan="2">.....</td> </tr> </table>	Блок выбора сценария (БВСЦ)		Сценарий 1 (СЦ1)		Сценарий 2 (СЦ2)		
Блок выбора сценария (БВСЦ)											
Сценарий 1 (СЦ1)											
Сценарий 2 (СЦ2)											
.....											
.....											
Структура слотов (ССЛ)											
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Слот 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">...</td> </tr> <tr> <td colspan="2">...</td> </tr> </table>	Слот 1						
Слот 1											
...											
...											

Рис. 10.1. Конструкция фрейма-концепта [1]

Структура слотов (ССЛ) представляет собой совокупность двух структур [1]: структуры концептов (СК) и структуры атрибутов (СТА) (рис.10.2).

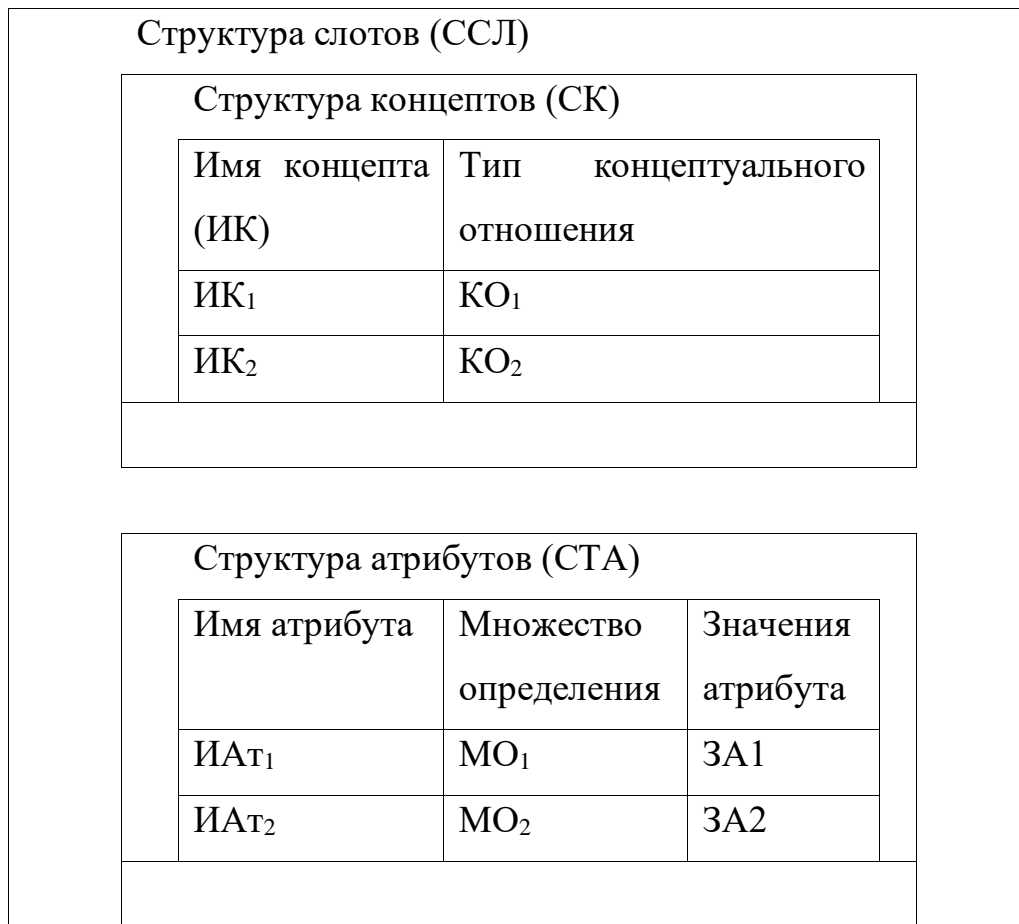


Рис. 10.2. Структура слотов [1]

Структура концептов (СК) содержит список фрейм-концептов, в некотором отношении вложенных или порожденных охватывающим ФК, тип этого отношения указывается в поле «тип концептуального отношения», т.е. отношение данного ИК_{*i*} к ФК, где ИК_{*i*} – имя *i*-го концепта. Для установления логической организации предметной области ФК соединяются в структуры концептуальных графов. Концептуальный граф (КГ) есть двудольный граф, имеющий два типа вершин: вершины концептов, или концептуальные вершины, и вершины концептуальных отношений (КО). Таким образом, А.Н.Швецовым предлагается использовать фреймово-семантическое представление знаний.

Модель фрейм-концепта определяется следующим образом:

$$ФК = \langle ИФ, ТФ, ИП, ССцП, ССЛ \rangle,$$

$$ССЛ = \langle СК, СТА \rangle,$$

$$СК = \{(ИК_1, КО_1), (ИК_2, КО_2), \dots, (ИК_n, КО_n)\},$$

$$СТА = \{(ИАТ_1, МО_1, ЗА_1), (ИАТ_2, МО_2, ЗА_2), \dots, (ИАТ_m, МО_m, ЗА_m)\},$$

где $ИФ$ – имя фрейма, $ТФ$ – тип фрейма, $ИП$ – информация о применении, $ССцП$ – структура сценария поведения, $ССЛ$ – структура слотов, $СК$ – структуры концептов, $СТА$ – структуры атрибутов, $ИК_n$ – имя концепта, $КО_n$ – концептуальное отношение, $ИАт_m$ – имя атрибута, $МО_m$ – множество определения, $ЗА_m$ – значение атрибута.

Таким образом, применение подхода к описанию предметной области в виде ФК и КГ, предложенное А.Н.Швецовым, позволяет использовать фреймово-семантическую модель представления знаний. Задача перехода (совмещения) модели представления знаний, КМПО и их технической реализации на уровне базы данных решена в СППР BPsim.MSS [5-6].

При построении интеллектуальной системы автоматизации проектирования МСС еще одной из задач является построение механизма или языка вывода по базе знаний предметной области. Данная задача решается в следующем разделе.

Применение диаграмм последовательности для визуализации вывода на сети фрейм-концептов и концептуальных графах (диаграммы поиска решений)

В качестве средства формализации знаний МППР используется подход на основе ФК и КГ, предложенный А.Н. Швецовым [1] и реализованный применительно к промышленной СУБД MS SQL Server в виде оболочки ЭС в BPsim.DSS [5-7].

При проведении системного анализа в качестве основы описания структуры ФК может быть использована диаграмма классов языка UML. Дальнейшее описание КГ (семантики) и наполнение данными КМПО образует базу знаний [5-7].

Для реализации визуального строителя механизма вывода КФС предложено использование диаграмм последовательности языка UML. Диаграмма последовательности графически описывает последовательность вызова методов между классами при решении определенной задачи

(сценария). Данный подход позволяет визуально (в виде блок-схемы) описать ход решения задачи – последовательность вызовов процедур (методов \ демонов) от одного фрейма к другому [6].

Согласно правилу чтения диаграммы, последовательность выполнения методов указывается сверху вниз. Для организации циклов и возможности перебора альтернатив методы усовершенствованной диаграммы последовательности расширены возможностью отката (перехода) на ранний шаг (метод). Метод может реализовывать функцию выбора (означивания) значения свойства фрейма-экземпляра или фрейма-класса (в случае множественного выбора). Таким образом, применение диаграммы последовательности позволяет описывать сценарий решения задачи, в рамках которого путем вызова методов реализуется обработка фреймов. По аналогичным принципам строятся диалоговые ЭС [6].

Пример диаграммы поиска решения представлен на рис. 10.3 [6].

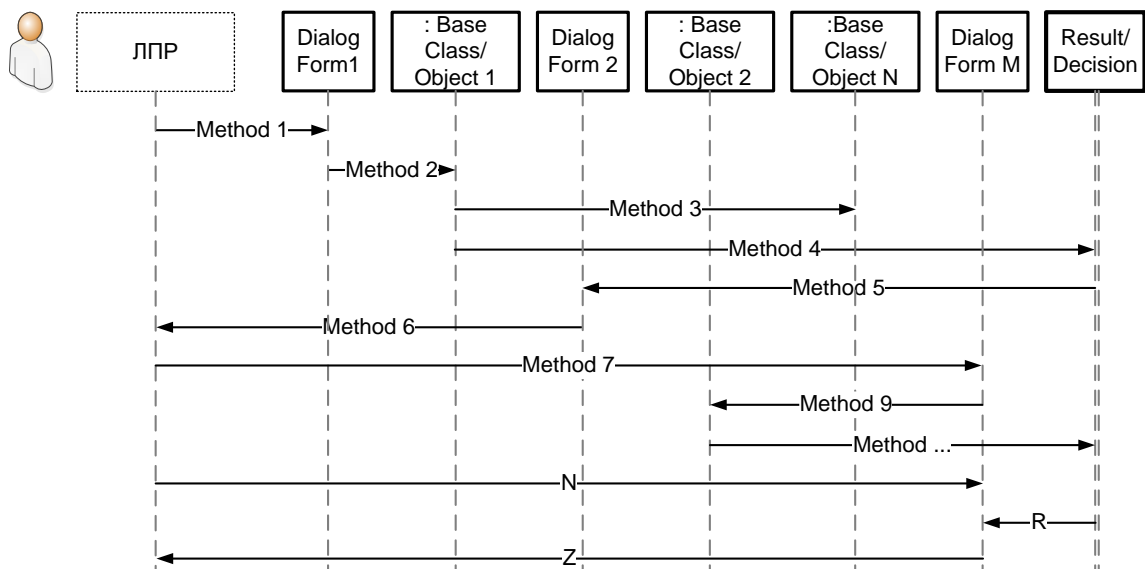


Рис. 10.3. Диаграмма поиска решения [6]

На рисунке приняты следующие обозначения: *Base Class/Object_i*, $i=\{1, \dots, N\}$ – фрейм / экземпляр фрейма предметной области; *Dialog Form_j*, $j=\{1, \dots, M\}$ – формы диалога экспертной системы, взаимодействуют с которыми пользователь уменьшает пространство поиска; *Method_l*, $l=\{1, \dots, Z\}$ – методы вывода на сети фреймов и взаимодействия с пользователем в процессе поиска решения; *Result/Decision* – фрейм / экземпляр фрейма, содержащий

результат поиска (решение), полученное путем взаимодействия с лицом, принимающим решения, и выводом на сети фреймов (в частных случаях, при решении задач принятия решений, ТЭП ОТС фреймов *Result/Decision* может быть более одного). При проектировании диалоговых ЭС к фреймам *Result/Decision* – могут быть отнесены фреймы подсистемы объяснения [6].

Decision Search = <{Base Class/Object},{Method},{Dialog Form},{ Result/Decision }>

При обработке диаграммы поиска решения включается механизм встроенной диалоговой ЭС: в режиме диалога пользователь отвечает на ряд вопросов системы (уточняет значения данных, необходимых для решения задачи). Формы диалога, которые появляются перед лицом, принимающим решения, на этапе описания классов предметной области и диаграммы поиска решения предварительно спроектировал аналитик [6].

Для визуализации альтернативных путей поиска предлагается использовать *дерево поиска решений* (рис. 10.4) [6].

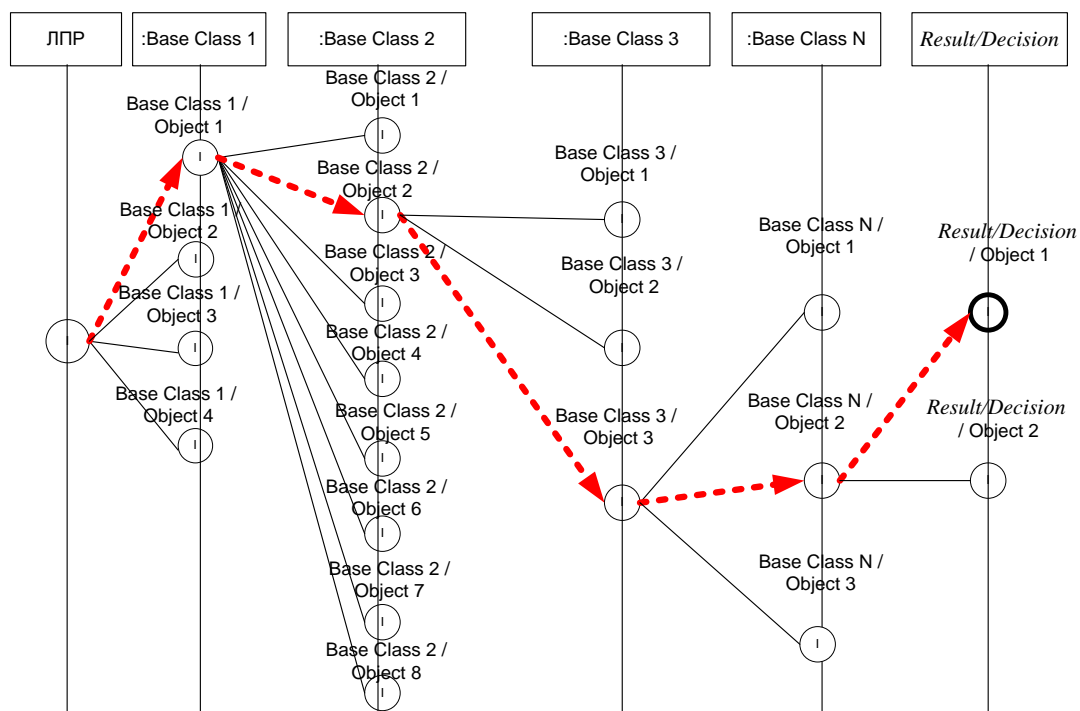


Рис. 10.4. Дерево поиска решения [6]

Таким образом, с помощью данного подхода реализован визуальный объектно-ориентированный конструктор построения онтологии и построения механизма вывода на знаниях, что в совокупности с

расширением графической нотации языка UML позволит реализовать диалоговую ЭС. Данный конструктор, при условии наполнения знаниями о предметной области и правилами / методами принятия решений и/или ТЭП, представляет собой интеллектуальную систему.

Вопросы:

1. В чем особенность фреймового подхода А.Н. Швецова ?
2. Для чего предназначены диаграммы поиска решения?
3. Что описывают дуги на диаграммах поиска решений?
4. Перечислите основные элементы диаграммы поиска решения?
5. Для чего предназначены деревья поиска решений?
6. Что описывают дуги на деревьях поиска решения?
7. В чем состоит преимущества подхода интеграции концептуального моделирования, фреймов и объектно-ориентированного подхода?

Литература:

1. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004.- 461 с.
2. Sowa J. F. Conceptual graphs for a database interface / J. F. Sowa // IBM Journal of Research and Development. 1976. № 20:4. - P. 336-357.
3. Sowa J. F. Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine / J. F. Sowa. - Reading, MA : Addison - Wesley, 1984. - 481 p.
4. Sowa J. F. Knowledge Representation : Logical, Philosophical, and Computational Foundations / J. F. Sowa. - Pacific Grove, CA : Brooks/ Cole Publishing Co., 2000. - 594 p.
5. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.

6. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.
7. Aksyonov K., Bykov E., Dorosinskiy L., Smoliy E. and Aksyonova O. (2011). Decision Support based on Multi-Agent Simulation Algorithms with Resource Conversion Processes Apparatus Application, Multi-Agent Systems - Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh and Iyad Abu Doush (Ed.), , InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-based-on-multi-agent-simulation-algorithms-with-resource-conversion-processes-appar> pp.301-326.

11. МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель и задачи лекции: изучить мультиагентный подход, области его применения, свойства интеллектуальных агентов.

Мультиагентный подход

Для решения задачи построения моделей лиц, принимающих решения (ЛПР), на разных уровнях сложной системы, целесообразно использовать теорию мультиагентных систем, новое направление развития искусственного интеллекта, информационно-телекоммуникационных технологий и имитационного моделирования. Ниже приводится краткий обзор результатов данного направления.

Агентно-ориентированный подход уже нашел применение в таких областях, как распределенное решение сложных задач, реинжиниринг предприятий, телекоммуникации, электронный бизнес [1], проектирование и т.п. Важной областью применения мультиагентных технологий является моделирование. В этой области Д.А. Поспелов [2] выделяет два класса задач.

К первому классу он относит задачи распределенного управления и задачи планирования достижения целей, где усилия разных агентов направлены на решение общей проблемы и необходимое обеспечение эффективного способа кооперации их деятельности. В задачах второго класса агенты самостоятельно решают свои локальные задачи, используя общие, как правило, ограниченные ресурсы [1].

Понятие *агент* соответствует аппаратно или программно реализованной сущности, которая способна действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ней владельцем и/или пользователем, и которая обладает определенными интеллектуальными способностями [1, 3]. В дальнейшем будем придерживаться данного определения. Интеллектуальным агентам присущи следующие основные свойства [1, 3]:

- автономность — способность функционировать без вмешательства со

стороны своего владельца и осуществлять контроль собственных действий и внутреннего состояния. Автономность предполагает относительную независимость агента от окружающей среды, т.е. наличие «свободы воли», обуславливающей собственное поведение, которое должно быть обеспечено необходимыми ресурсами;

- активность — способность к организации и реализации действий;
- общительность — взаимодействие и коммуникация с другими агентами;
- реактивность — адекватное восприятие состояния среды и реакция на его изменение (соответствует рефлексорному поведению животного);
- целенаправленность, предполагающая наличие собственных источников мотивации;
- наличие базовых знаний о себе, о других агентах и об окружающей среде;
- убеждения — переменная часть базовых знаний, меняющихся во времени;
- желания — стремление к определенным состояниям;
- намерения — действия, которые планируются агентом для выполнения своих обязательств и/или желаний;
- обязательства — задачи, которые выполняет один агент по просьбе и/или поручению других агентов.

Интеллектуальная мультиагентная система представляет собой множество интеллектуальных агентов, распределенных в сети, которые мигрируют по ней в поисках релевантных данных, знаний, процедур и кооперируются для достижения поставленных перед ними целей. В мультиагентных системах (МАС) множество автономных агентов действуют в интересах различных пользователей и взаимодействуют между собой в процессе решения определенных задач. Примерами таких задач являются: управление информационными потоками и сетями, управление воздушным движением, поиск информации в сети Интернет, электронная коммерция, обучение, электронные библиотеки, коллективное принятие многокритериальных управленческих решений и другие [1].

Основными направлениями научного поиска являются [3]: теории агентов, которые рассматривают математические методы и формализмы абстрактного представления структуры и свойств агентов и способы построения рассуждений в таких формальных системах; методы коллективного поведения агентов; архитектуры агентов и МАС; методы, языки и средства коммуникации агентов; языки программирования агентов; методы и средства автоматизированного проектирования МАС; методы и средства обеспечения мобильности агентов.

Главная черта МАС, отличающая их от других интеллектуальных систем, — взаимодействие между агентами, т.е. установление двусторонних и многосторонних динамических отношений между субъектами. Оно является не только следствием деятельности агентов, но и необходимым условием формирования виртуальных сообществ. Коллективное поведение агентов в МАС предполагает кооперацию агентов при коллективном решении задач. В процессе работы мультиагентной системы агент может обращаться за помощью к другим агентам, если не в состоянии решить поставленную перед ним задачу самостоятельно. При этом агенты могут строить планы совместных действий, не только полагаясь на свои возможности, но и анализируя планы и намерения и других членов коллектива. Моделирование коллективного поведения необходимо также в случаях, когда агенты для решения своих задач используют общий ограниченный ресурс. Каждый агент вынужден учитывать наличие других агентов, а выбор стратегии действий одного агента обычно зависит от поведения остальных [1].

Известные подходы проектирования агентно-ориентированных систем можно разделить на две группы [3]:

- базирующиеся на объектно-ориентированных методах и технологиях с использованием соответствующих расширений;
- использующие традиционные методы инженерии знаний.

В методологиях первой группы разрабатываются расширения объектно-

ориентированных методов и технологий для проектирования агентно-ориентированных систем. Существует ряд CASE-средств [96-104], поддерживающих объектно-ориентированные методы разработки информационных систем, среди которых наиболее известными являются All Fusion фирмы Computer Associate и Rational Rose фирмы IBM, процесс проектирования в которых основывается на языке объектно-ориентированного проектирования UML. Современное средство имитационного моделирования AnyLogic, поддерживающее агентный подход, использует расширение языка UML-RT.

Вторая группа методологий строится на расширении традиционных методов инженерии знаний [3]. Эти методологии обеспечивают формальные и композиционные языки моделирования для верификации структуры системы и функций. Эти подходы хорошо применимы к моделированию знаний и информационно-ориентированных агентов.

Заканчивая обзор методов моделирования, необходимо выделить следующие требования к функциональным возможностям СДМС в предметной области процессов преобразования ресурсов:

- *описание ситуационной модели в виде дискретной ситуационной сети, как наиболее соответствующей процессам преобразования ресурсов;*
- *декомпозицию ситуационной модели;*
- *представление информации и моделей с использованием когнитивной графики;*
- *описание моделей ЛПР в виде интеллектуальных агентов, обрабатывающих информацию, диагностирующих ситуации, вырабатывающих решения (работающих со знаниями), действующих в соответствии с найденным решением и своей моделью поведения (обладающих моделью поведения), участвующих в обмене сообщениями с другими агентами;*
- *вывод на знаниях;*

- *имитационное дискретно-событийное моделирование.*

В следующем разделе ставится и решается задача разработки модели МППР, учитывающей вышеуказанные требования за счет интеграции следующих математических аппаратов: имитационного моделирования (дискретных процессов преобразования ресурсов), экспертных систем, ситуационного и мультиагентного моделирования.

Мультиагентная модель процессов преобразования ресурсов (МППР)

В разделе рассматривается предметная область МППР [4-7], охватывающая такие классы процессов, как производственные, технологические, организационные, бизнес-процессы и цепочки поставок, и рассматривается возможность применения данного подхода для решения задачи технико-экономического проектирования и бизнес-моделирования организационно-технических систем.

МППР реализована в результате интеграции имитационного моделирования (ИМ), экспертного и ситуационного моделирования к области процессов преобразования ресурсов [4-7]. МППР описывается следующей кортежной модели [4-7]:

$$M = \langle Name, desc, O, \{Relation\}, A^{self} \rangle,$$

где *Name* - имя модели; *desc* - описание модели; *O* – объекты (элементы), ресурсы, средства, преобразователи, сигналы, заявки, цели, параметры, агенты, сообщения; *Relation* – связи; *A^{self}* – собственные атрибуты модели.

Модель МППР [4-7] является развитием модели, предложенной К.А. Аксеновым и Б.И. Клебановым [8-9]. Основными объектами модели МППР являются (рис. 11.1) [4-7]: операции (*Op*), ресурсы (*RES*), команды управления (*U*), средства (*MECH*), процессы (*PR*), источники (*Sender*) и приемники ресурсов (*Receiver*), перекрестки (*Junction*), параметры (*P*), агенты (*Agent*).

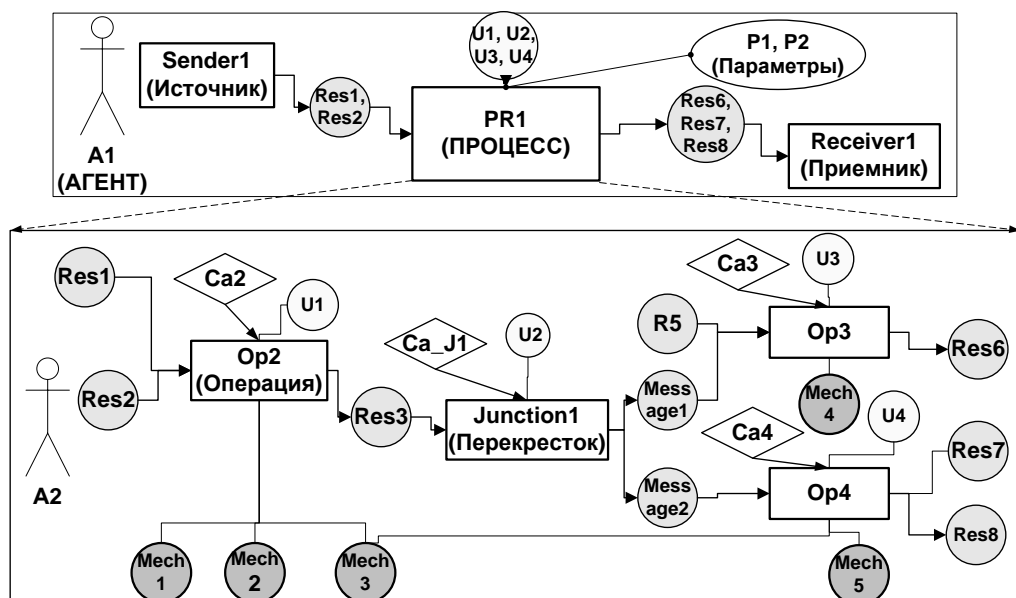


Рис. 11.1 Объекты модели МППР

Описание причинно-следственных связей между элементами преобразования и ресурсами задается объектом «связь» (*Relation*). Существование агентов предполагает наличие ситуаций (*Situation*) и решений (планов действий) (*Decision*).

Агенты управляют объектами процесса преобразования ресурса. Агент выполняет следующие действия (рис. 11.2):

- 1) анализирует текущую ситуацию;
- 2) диагностирует ситуацию, обращается к базе знаний. В случае определения соответствующей ситуации агент пытается найти решение (сценарий действий) в базе знаний или выработать его самостоятельно;
- 3) вырабатывает (принимает) решение;
- 4) определяет (переопределяет) цели;
- 5) контролирует достижение целей;
- 6) делегирует цели своим и чужим объектам процесса преобразования ресурсов, а также другим агентам;
- 7) обменивается сообщениями [4-7].

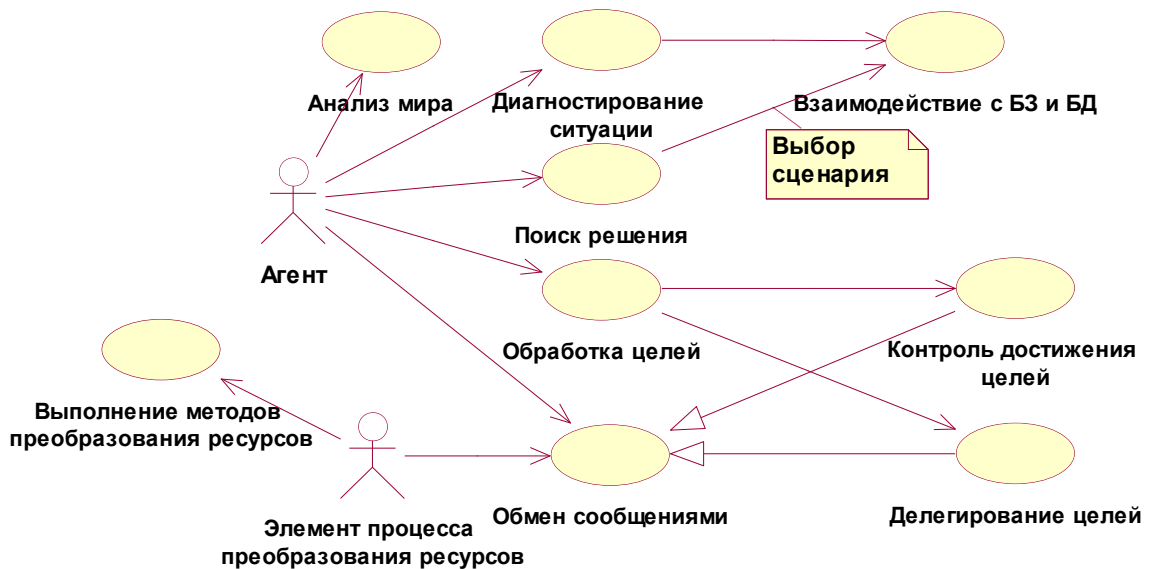


Рис.11.2. Диаграмма прецедентов, определяющая отношения между агентом и элементом процесса преобразования ресурсов

Элементы процесса преобразования ресурсов участвуют в обмене сообщениями и на основе своих моделей поведения выполняют свои преобразовательные функции, руководствуясь поступающими сообщениями.

Для построения ядра моделирующей системы был использован аппарат продукционных систем [4-7]. Структура продукционной системы МППР следующая:

$$PS = \langle Rps, Bps, Ips \rangle,$$

где

$Rps = \{RES(t)\} \cup \{MECH(t)\} \cup \{Order(t)\} \cup \{Sig(t)\} \cup \{Message(t)\} \cup \{U(t)\} \cup \{G(t)\}$ – текущее состояние ресурсов, средств, заявок, сигналов, сообщений, команд управления, целей (рабочая память);

Bps – множество правил преобразования ресурсов и действий агентов (база знаний);

Ips – машина вывода, состоящая из планировщика и машины логического вывода по БЗ агентов.

Определена структура правила преобразования, которая соответствует структуре операции процесса преобразования ресурсов (Op_k):

$$RULE_k^{OP} = \langle C_a(t), A_{IN}(t_{Ca}), A_{Lock}(t_{Lock}), A_{UnLock}(t_{UnLock}), A_{OUT}(t_{End}), \\ Status^{RULE}, time_{RULE}, prior, kind_prior, break_off \rangle,$$

$$A_{IN}(t_{Ca}) = \langle A_{in}^{RES}(t_{Ca}), A_{in}^{MECH}(t_{Ca}) \rangle,$$

$$A_{Lock}(t_{Lock}) = \langle A_{Lock}^{MECH}(t_{Lock}), A_{Lock}^{RES}(t_{Lock}) \rangle,$$

$$A_{UnLock}(t_{UnLock}) = \langle A_{UnLock}^{RES}(t_{UnLock}), A_{UnLock}^{MECH}(t_{UnLock}) \rangle,$$

$$A_{OUT}(t_{End}) = \langle A_{in}^{RES}(t_{End}), A_{in}^{MECH}(t_{End}) \rangle,$$

где $C_a(t)$ – условие запуска правила; $A_{IN}(t_{Ca})$ – действия по захвату входных ресурсов ($A_{in}^{RES}(t_{Ca})$) и захвату средств ($A_{in}^{MECH}(t_{Ca})$); $A_{Lock}(t_{Lock})$ – действия по прерыванию операции: освобождению захваченных средств ($A_{Lock}^{MECH}(t_{Lock})$), которое может сопровождаться соответствующими затратами ресурсов; ($A_{Lock}^{RES}(t_{Lock})$ – затраты ресурсов, включая ресурс времени, необходимые для выполнения остановки операции Op_i); $A_{UnLock}(t_{UnLock})$ – действия по продолжению выполнения операции: захвату свободных средств ($A_{UnLock}^{MECH}(t_{UnLock})$), который может сопровождаться соответствующими затратами ресурсов ($A_{UnLock}^{RES}(t_{UnLock})$ – затраты ресурсов, включая ресурс времени, необходимые для продолжения выполнения операции Op_i); $A_{OUT}(t_{End})$ – действия по формированию выходных ресурсов ($A_{in}^{RES}(t_{End})$) и освобождению средств ($A_{in}^{MECH}(t_{End})$); $Status^{RULE} = \{wait, active, lock, done\}$ – состояние правила, определенное на конечном множестве состояний: *wait* – ожидание, *active* – выполнение, *lock* – прерывание, *done* – выполнена; $time_{RULE}$ – длительность выполнения правила преобразования; *prior* – приоритет правила; *kind_prior* – тип приоритета (относительный, абсолютный); $break_off = \{true, false\}$ – признак запрета прерывания.

Средство $Mech_y$, обладающее моделью поведения, дополнительно отнесено к правилу преобразования, которому соответствует следующая структура [4, 7]:

$$RULE_y^{MECH} = \langle t_{Create}^{mech}, Status_{Mech}, Am^{in}, Am^{out},$$

$$Am^{use}, Am^{lock}, Am^{unlock}, Am^{other}, t_y^{other}, product_y \rangle,$$

где t_{Create}^{mech} – время создания; $Status_{Mech} = \{wait, active, lock, other\}$ – состояние средства, определенное на конечном множестве состояний: *wait* – ожидание, *active* – выполнение, *lock* – прерывание, *other* – набор расширяемых

состояний, который может быть связан с различными видами возникаемых поломок и действий по их устранению; Am^{in} – действие по запуску средства в момент начала преобразования; Am^{out} – действие по остановке средства в момент окончания преобразования; Am^{use} – действие по выполнению преобразования; Am^{lock} – действие по остановке средства в момент прерывания преобразования; Am^{unlock} – действие по запуску средства в момент продолжения преобразования; Am^{other} – действие по устранению поломки; t_y^{other} – периодичность возникновения поломки (может быть задана функцией); $product_y$ – производительность средства в единицу времени, (может быть задана функцией от расхода ресурсов).

Вопросы:

1. Дайте определение термину «агент».
2. Перечислите основные свойства интеллектуальных агентов.
3. Перечислите подходы проектирования агентно-ориентированных систем.
4. Дайте определение мультиагентной системе.
5. Перечислите области применения мультиагентных систем?
6. Какие подходы используются для проектирования агентно-ориентированных систем?
7. Для чего используются агенты в модели процесса преобразования ресурсов?
8. Перечислите основные элементы модели мультиагентного процесса преобразования ресурсов?

Литература:

1. Андрейчиков А.В. Интеллектуальные информационные системы: учебник. / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. М.: Финансы и статистика, 2004. - 424 с.

2. Поспелов Д.А. Многоагентные системы – настоящее и будущее / Д.А. Поспелов // Информационные технологии и вычислительные системы. 1998. №1.
3. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. 461 с.
4. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.
5. Aksyonov K., Bykov E., Dorosinskiy L., Smoliy E. and Aksyonova O. (2011). Decision Support based on Multi-Agent Simulation Algorithms with Resource Conversion Processes Apparatus Application, Multi-Agent Systems - Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh and Iyad Abu Doush (Ed.), InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-based-on-multi-agent-simulation-algorithms-with-resource-conversion-processes-appar> pp.301-326.
6. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.
7. Аксенов К.А. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий» № 6. Москва. 2009. - С. 38-45.
8. Аксенов К.А., Клебанов Б.И., Смолий Е.Ф. Проблемно-ориентированная система имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов: Информационные системы в технике и

образовании: Серия радиотехническая // Вестник УГТУ-УПИ.
Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. № 19 (49). - С.20-32.

9. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Имитационное моделирование процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. - 198 с.

12. СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель и задачи лекции: познакомиться с классификацией систем ситуационного моделирования.

По назначению системы ситуационного моделирования делятся на три основных класса [1]: *системы ситуационного отображения информации, системы динамического моделирования ситуаций (СДМС) и аналитические ситуационные системы.*

Системы ситуационного отображения информации разделяются на два подкласса: *ситуационные центры наблюдения и распределенные системы ситуационного отображения информации.* Типичными для ситуационных систем отображения информации являются задачи наблюдения на достаточно большом ареале земной поверхности; управления (навигации) динамическими объектами; наблюдения (управления) за сложными технологическими процессами (например, на атомных электростанциях); управления сложными транспортными узлами. Основная задача *ситуационного центра наблюдения* — строить изображения ситуаций, возникающих в предметной области, на основе которых оперативный состав принимает управляющие решения в рамках определенных задач [1].

Специально разработанных СДМС в настоящее время практически не существует, поэтому вместо них адаптируют и используют другие классы систем. СДМС разделяют на два класса: *специализированные* и *адаптированные.* Для динамического моделирования (имитации) ситуаций используют два подхода: первый — задание исходных данных и последующий анализ возникающих ситуаций в системах ситуационного отображения информации или аналитических ситуационных системах; второй — представление ситуаций, их взаимосвязей и очередности возникновения с помощью систем имитационного (динамического) моделирования. К адаптированным системам, реализующим первый подход, можно отнести

экспертные системы мониторинга (ЭС реального времени). Примером может служить ЭС G2 (Gensym), которая в своем составе имеет модуль генерации исходных данных. Для воплощения второго подхода лучше всего использовать событийно-ориентированные или комбинированные системы имитационного моделирования [1].

К аналитическим ситуационным системам относятся [1] системы ситуационного управления, некоторые аналитические ситуационные центры и ЭС мониторинга. Системы ситуационного управления реализуют принцип ситуационного управления.

Примерами ситуационных центров являются [1]: IBS центр принятия решений – Министерства природных ресурсов РФ, построенный на базе mySAP ERP; мобильный пункт управления для МЧС России; ситуационно-кризисный центр Минатома; ситуационный центр производственного предприятия «Кант»; Триумф-Аналитика" фирмы Парус; ситуационный центр региональной энергетической комиссии.

Классификация ситуационных систем, предложенная А.Ю.Филипповичем в [1] на рис. 12.1 была расширена блоками, выделенными серым цветом [3].

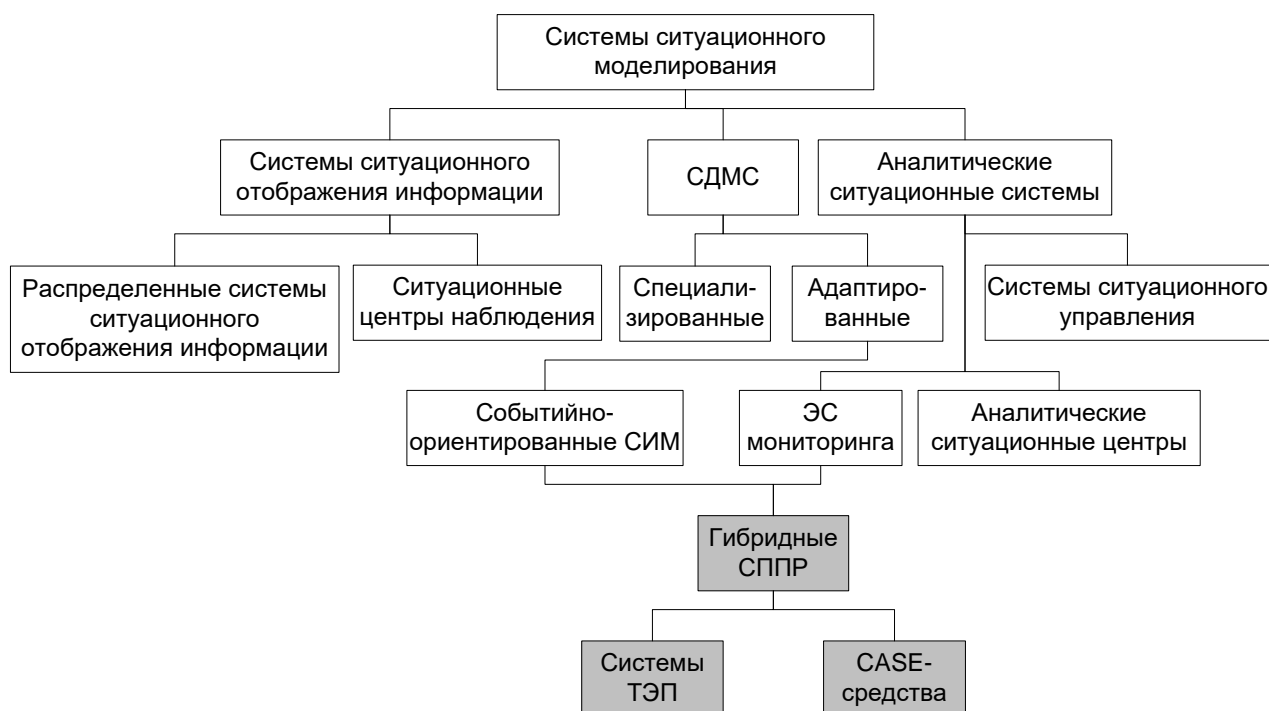


Рис. 12.1 Классификация ситуационных систем [3]

К данным блокам относятся гибридные СППР, построенные в результате интеграции различных методов (в данной работе решается задача интеграции методов имитационного, экспертного, ситуационного и мультиагентного моделирования, а также объектно-ориентированного подхода). Гибридные СППР ориентированы на решение трудноформализуемых задач принятия решений и управления организационно-технических систем (ОТС), к которым относятся: технико-экономическое проектирование (ТЭП) и обоснование, планирование, реинжиниринг, анализ «Что, если». Системы ТЭП ОТС, а также CASE-средства (Computer Aided Software Engineering) применяют в своей основе аппараты экспертных систем и имитационного моделирования, адаптированные для решения практических задач [3].

В процессе построения моделей ОТС, используемых в процессе принятия решений, аналитики решают задачу устранения барьера между специалистами-предметниками и специалистами по информационным технологиям, программирующими модели. Это может быть следствием недопонимания Заказчика (специалистов предметной области) и Разработчиков. Из всего технического задания Заказчику понятен перечень функций будущей системы. Применение различных методов и инструментов системного анализа, а также CASE-средств позволяет частично решать данную задачу. На этапе обследования предметной области наиболее легко Заказчик усваивает язык диаграмм IDEF0. Программист же, в отличие от Заказчика и Аналитика, далек от процессов, и ему необходимо описывать постановку задачи на понятном ему языке. Это – унифицированный язык моделирования (UML) для объектно-ориентированного анализа и разработки информационных систем. Для ускорения взаимодействия между Заказчиком, Аналитиком и Разработчиком необходима автоматическая конвертация диаграмм IDEF0 (структурный подход) в диаграммы языка UML (объектно-ориентированный подход). Общение между ними становится более

продуктивным, если еще на этапе согласования требований к информационной системе Заказчик мог увидеть эскизы окон пользовательского интерфейса. Кроме того, работа при ограниченном бюджете и стремление Заказчика получить быстрее прототип программного обеспечения, приводит к тому, что недостаточное внимание уделяется анализу и совершенствованию автоматизируемых процессов [3].

Вопросы:

1. Перечислите основные классы систем ситуационного моделирования.
2. В чем особенность систем динамического моделирования ситуаций?
3. Какой эффект будет от встраивания (интеграции) в СППР CASE-средства?
4. Какие классы систем поддержки принятия решений вы знаете?
5. Какие инструментальные средства могут быть использованы для повышения качества разработки систем поддержки принятия решений?
6. Приведите примеры ситуационных центров?

Литература:

1. Филиппович А.Ю. Интеграция ситуационного, имитационного и экспертного моделирования в полиграфии / А.Ю. Филиппович. М., 2003. 0 - 310 с.
2. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.
3. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с

13. ОБЗОР СИСТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИТУАЦИЙ

Цель и задачи лекции: познакомиться с системами динамического моделирования ситуаций.

Обзор существующих систем динамического моделирования ситуаций (СДМС)

Ниже приводится обзор близких по функциональности систем [1-2].

ARIS ToolSet – система проектирования и моделирования бизнес-процессов [3-4]. Система ARIS представляет собой комплекс средств анализа и моделирования деятельности предприятия, а также разработки автоматизированных информационных систем. ARIS поддерживает большое количество методов моделирования, используемых для построения этих моделей. Среди них такие известные, как диаграммы Чена, Unified Modeling Language (UML), Object Modeling Technique (OMT) и т.п. Для описания бизнес-процессов в ARIS используется общая ARIS-модель процесса [3-4]. В дополнении к общей ARIS-модели для описания процессов используется стандарт EPC (extended Event Driven Process Chain) – «расширенная нотация описания цепочки процесса», управляемого событиями.

Экспертная система реального времени G2. Фирма Gensym предлагает графическую, объектно-ориентированную среду для создания интеллектуальных прикладных программ, которые контролируют, диагностируют и управляют динамическими событиями в сетевых и моделируемых средах. G2 для создания правил, моделей и процедур использует структурированный естественный язык. Экспертная система G2 является основой всех прикладных программ фирмы Gensym. Программы включают в себя G2, видеоадаптер, который позволяет использовать визуальную среду программирования для создания интеллектуальных прикладных программ управления. NeurOn-Line и другие программы фирмы

позволяют пользователям легко создавать нейросетевые прикладные программы. G2 совмещает выполнение правил и процедур в текущий момент времени со способностями рассуждений через некоторое время.

Пакет ReThink предназначен для разработки приложений в области организационного управления и обеспечен графической средой проектирования моделей, объектно-ориентированной подсистемой имитации для тестирования этих моделей и инструментарием для измерения временных, стоимостных и других показателей эффективности производства. Пакет прикладных программ ReThink является проблемно-ориентированным приложением комплекса G2, которое позволяет разработчикам использовать не только специализированные средства моделирования процессов, но и универсальные средства комплекса по созданию интеллектуальных объектно-ориентированных систем реального времени [5].

Свойства и поведение блоков могут описываться как точными, так и случайными величинами. ReThink поддерживает создание иерархических моделей, позволяющих описывать процессы с различной степенью детализации. В основе ядра ИМ ReThink используется аппарат систем массового обслуживания.

Для проверки гипотез «что, если» в системе реализован механизм сценариев. Сценарии позволяют исследовать зависимость поведения одной и той же модели от поведения внешнего мира (частоты поступления заявок, их сложности) и каких-либо параметров этой модели. Варьируемые параметры и измеряемые показатели выносятся на отдельное окно сценария, после чего в результате прогона модели автоматически формируется отчет. ReThink позволяет использовать сценарии для сравнения альтернативных проектов: один и тот же сценарий описывает некоторое заранее заданное поведение внешнего мира и используется для проведения экспериментов с различными моделями.

Система имитационного моделирования AnyLogic

AnyLogic [6] представляет собой среду для графического создания моделей с использованием объектно-ориентированного языка Java. AnyLogic поддерживает следующие подходы: дискретно-событийного и непрерывного моделирования (блок-схемы процессов, системную динамику, агентное моделирование, карты состояний, системы уравнений). На основе базового языка AnyLogic построены решения для конкретных областей; библиотека Enterprise Library, а также Material Flow Library (потoki материалов) и Healthcare Library (работа медицинских учреждений). В AnyLogic имеется возможность построения мультиагентных моделей.

В AnyLogic представление модели является визуальным и иерархическим. Графический язык моделирования, основанный на UML-RT, оперирует понятиями объектов и связей между ними - дискретными (отправка сообщений) и непрерывными (отслеживание показателей). При разработке сложных моделей не удастся обойтись без процедурной логики и, как следствие, написания значительного объема программного кода. *Доля программирования в этом случае составляет примерно 80% общих трудозатрат на разработку модели.*

Система динамического моделирования ситуаций BPsim.MAS

BPsim.MAS [1-2] – проблемно-ориентированная СДМС, позволяющая адекватно описывать и моделировать экономические, производственные, технические, информационные и бизнес-процессы в рамках мультиагентных процессов преобразования ресурсов. СДМС BPsim.MAS обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) проектирование концептуальной модели предметной области;
- 2) создание динамической модели мультиагентного процесса преобразования ресурсов;
- 3) поддержка методики системы сбалансированных показателей;
- 4) динамическое моделирование;
- 5) анализ результатов экспериментов (получение отчетов по моделям и результатам экспериментов, экспорт результатов экспериментов в

MS Excel и MS Project).

В состав СДМС BPsim.MAS входит универсальная оболочка ЭС «Конструктор фрейм-систем», преимуществом которой является то, что проектирование модели предметной области в виде фреймовой системы, построение концептуальной модели предметной области, ввод знаний и данных, механизм логического вывода и запросы к базе знаний реализуются на языке Transact-SQL. Таким образом, не потребовалось создание языка вывода на фреймовой модели. Данный фактор снижает требования к навыкам системных программистов, аналитиков и инженеров по знаниям, поддерживающих работоспособность данной системы, а также позволяет повысить эффективность их работы [1]. В целом СДМС BPsim.MAS (за исключением оболочки экспертной системы) является проблемно-ориентированной, за счет чего для работы с ней не требуются навыки программирования.

Вопросы:

1. Перечислите системы имитационного моделирования?
2. Назначение и области применения системы ARIS.
3. Назначение и области применения системы AnyLogic.
4. Назначение и области применения системы G2.
5. Перечислите, какие методы применяются в гибридных системах поддержки принятия решений?

Литература:

1. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.
2. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.

3. Шеер А.В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. / А.В. Шеер. М.: ВестьМетатехнология, 1999. - 182 с.
4. Шеер А.В. Моделирование бизнес-процессов. / А.В. Шеер. М.: Весть-Метатехнология, 2000. - 205 с.
5. Статические и динамические экспертные системы: учеб. пособие /Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.
6. <http://www.xjtek.ru/> - система имитационного моделирования AnyLogic

14. ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

Цель и задачи лекции: познакомиться с основными архитектурами мультиагентных систем, изучить архитектуру мультиагентной системы процессов преобразования ресурсов.

Различают 2 основных класса архитектур агентов:

1. Архитектура «интеллектуального агента», которая базируется на принципах и методах искусственного интеллекта, т.е. систем основанных на знаниях («deliberative agent architecture», «архитектура разумного агента»).
2. Архитектура «реактивного агента», основанная на поведении («reactive architecture») или (основанная на реакции системы на события внешнего мира).

Сейчас среди разработанных архитектур не существует таких, о которых можно сказать, что она является чисто поведенческой или основана только на знаниях. Любая из разработанных архитектур является гибридной, имея черты от архитектур обоих типов.

За основу архитектуры агента процесса преобразования ресурсов [1-2] взята InteRRap-архитектура [3] (как наиболее соответствующая предметной области) – множество вертикально упорядоченных уровней, связанных через общую структуру управления и использующих общую базу знаний (БЗ). Архитектура состоит из блоков: интерфейса с внешним миром, реактивной подсистемы, планирующей подсистемы, подсистемы кооперации с другими агентами и иерархической БЗ. Интерфейс с внешним миром определяет возможности агента по восприятию объектов или событий внешнего мира, воздействия на него и средства коммуникации. Реактивная подсистема использует базовые возможности агента по реактивному поведению, а также частично использует знания агента процедурного характера. Она базируется

на понятии “фрагмента поведения” как некоторой заготовки реакции агента на некоторые стандартные ситуации. Компонента, ответственная за планирование, содержит механизм планирования, позволяющий строить локальные планы агента (планы, не связанные с кооперативным поведением). Компонента, ответственная за кооперацию агентов, участвует в конструировании планов совместного поведения агентов для достижения некоторых общих целей или выполнения своих обязательств перед другими агентами, а также выполнения соглашений.

Все компоненты гибридной архитектуры агента модели ППР связаны через общую структуру управления и используют общую БЗ (рис. 14.1) [1-2].

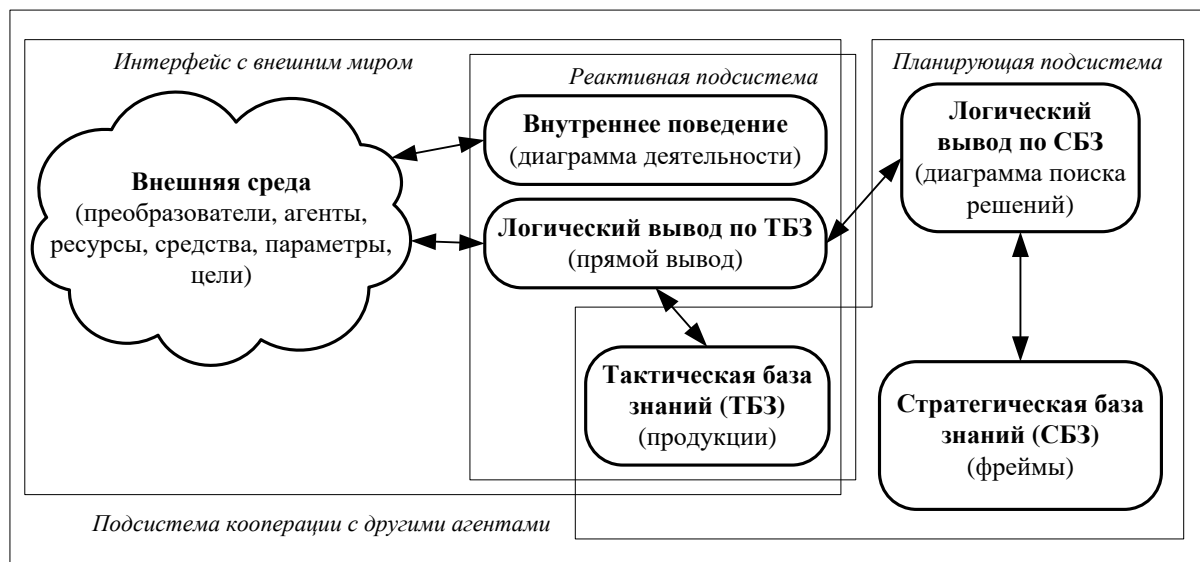


Рис. 14.1. Гибридная архитектура агента ППР [1-2].

В модели процессов преобразования ресурсов (ППР) общей БЗ является совокупность тактической БЗ, хранящая продукционные правила агента, и стратегическая БЗ (фреймы). Гибридная архитектура агента ППР реализована на основе интеграции динамической мультиагентной модели ППР и фреймовой ЭС в системе BPsim.DSS [2].

Вопросы:

1. Какие виды архитектур мультиагентных систем бывают?
2. Какое преимущество дало применение архитектуры InteRRaP в системе BPsim.DSS?

3. Из каких элементов состоит архитектура мультиагентного процесса преобразования ресурсов?

Литература:

1. Аксенов К.А., Шолина И.И., Сафрыгина Е.М. Разработка и применение объектно-ориентированной системы моделирования и принятия решений для мультиагентных процессов преобразования ресурсов // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 3 (80) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург - С.87-97.
2. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.
3. Jorg P.Muller, Markus Pischel "The Agent Architecture InteRRap: Concept and Application". German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI).
4. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. д-ра техн. наук : 05.13.01 / А.Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. - 461с.
5. Аксенов К.А. Интеллектуальная система моделирования «BPSIM.MSS» и объектно-структурный метод технико-экономического проектирования мультисервисных сетей связи. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий» № 8. Москва. 2010. - С. 19-27.
6. Доросинский Л.Г., Аксенов К.А., Попов М.В. Имитационное динамическое моделирование и технико-экономическое проектирование мультисервисных сетей связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 1(72) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург, - С.153-159.

15. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СЕМЕЙСТВА BPSIM

Цель и задачи лекции: познакомиться с семейством систем поддержки принятия решений BPsim, программно реализующие мультиагентную модель процессов преобразования ресурсов и гибридную архитектуру мультиагентной системы.

Эволюция развития СППР семейства BPsim

В 2005-2006 годах в процессе развития системы имитационного моделирования появилась система динамического моделирования ситуаций ППР BPsim.MAS, полученная в результате интеграции методов имитационного, экспертного, ситуационного и мультиагентного моделирования. Новое качество дала реализация идеи моделей лиц, принимающих решения, в виде интеллектуальных агентов, управляющих процессом преобразования [1].

На основе системы BPsim.MAS параллельно начали развиваться проекты создания системы технико-экономического проектирования (ТЭП) мультисервисных сетей связи, развившейся до системы поддержки принятия решений BPsim.DSS (BPsim.MSS), в основе которой лежит диалоговая ЭС, и система проектирования программного обеспечения BPsim.SD (Software Developer). Обе системы относятся к классу интеллектуальных систем автоматизированного проектирования [1].

Система динамического моделирования ситуаций BPsim.MAS

СДМС BPsim.MAS [1-2] предназначена для решения задач динамического мультиагентного моделирования ППР (производственных и бизнес-процессов, ОТС). Система BPsim.MAS предназначена в целом для решения задач системного анализа (обследования), разработки моделей ППР и ОТС, анализа узких мест, реинжиниринга. Удобный графический

интерфейс позволяет решать задачи бизнес-моделирования непрограммирующему пользователю.

СДМС BPsim.MAS обеспечивает выполнение следующих функций: проектирование КМПО; создание мультиагентной модели ППР; имитационное моделирование (рисунки 15.1 – 16.2); анализ результатов экспериментов.

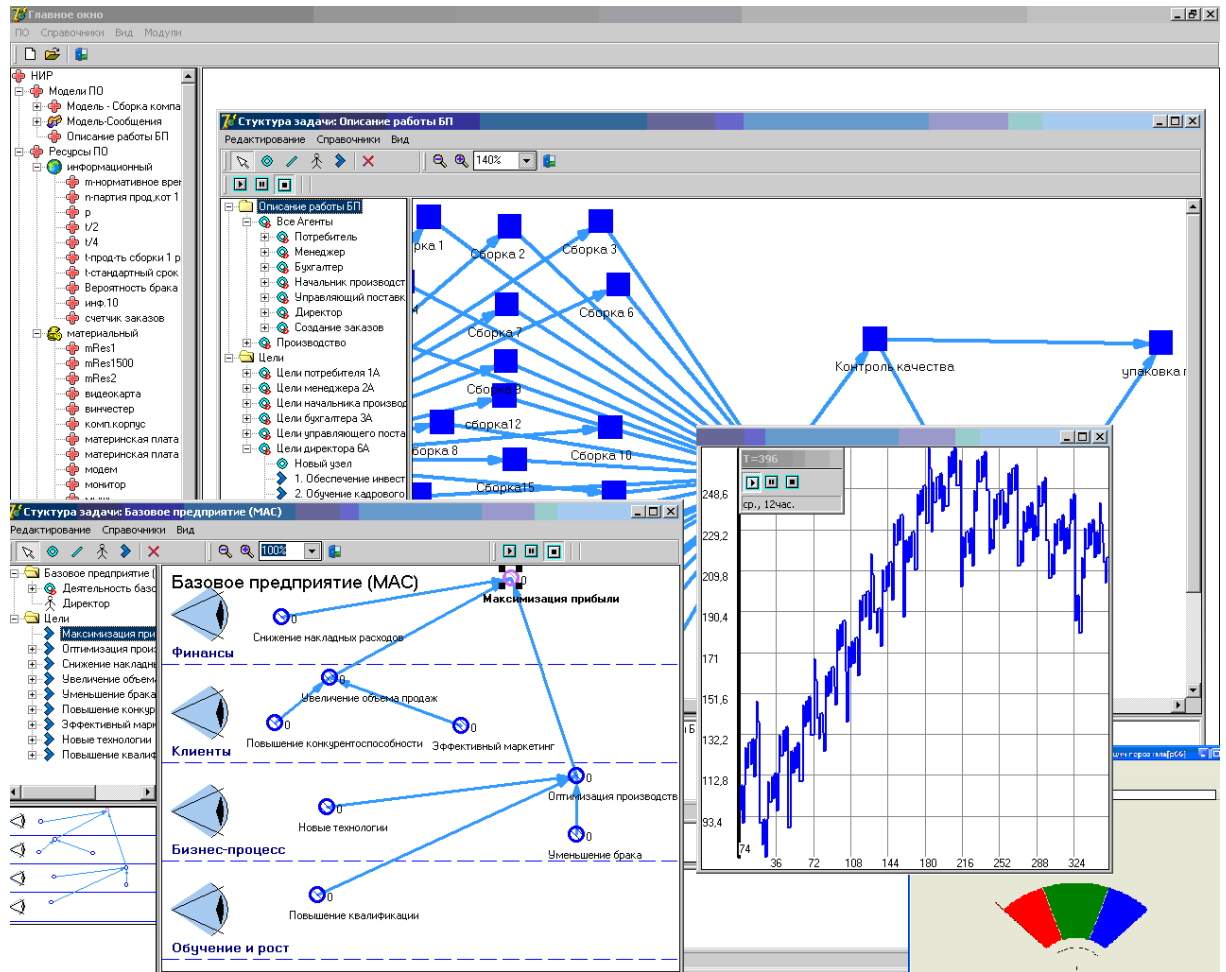


Рис. 15.1. СДМС BPsim2

- конвертация имитационной модели ППР в модель информационной системы;
- проблемно-ориентированный интерфейс и реализованные алгоритмы позволяют существенно облегчить труд аналитика и / или архитектора программного обеспечения, что существенно позволяет ускорить процесс проектирования.

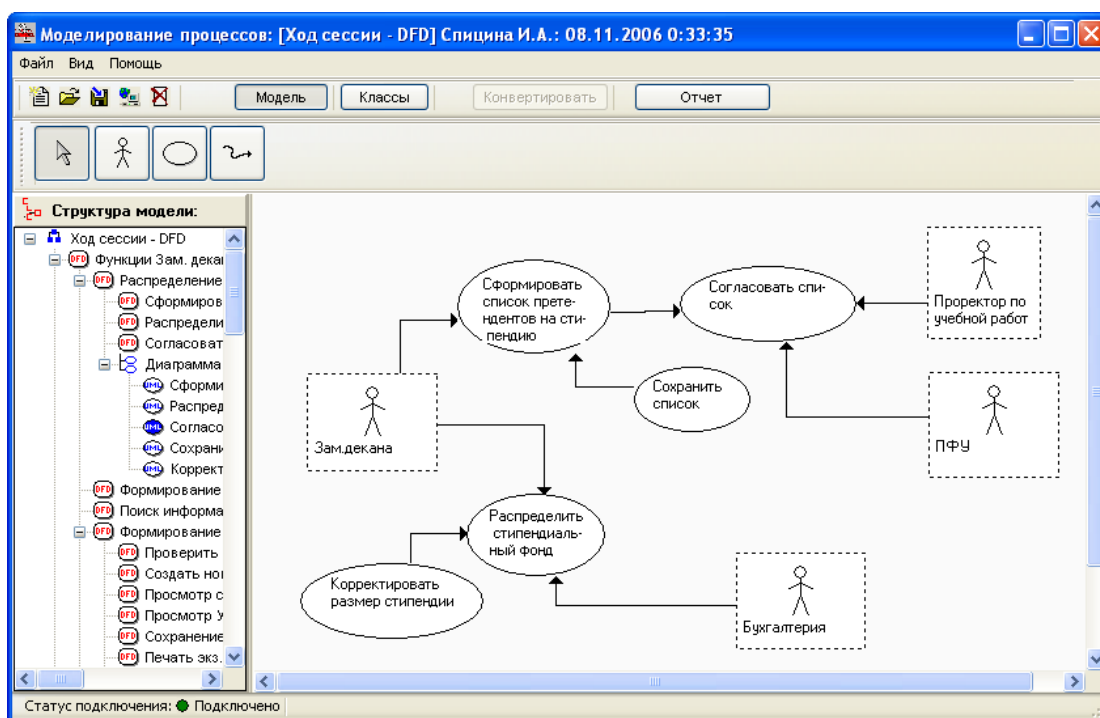


Рис. 15.3. Пример формы BPsim.SD с диаграммой прецедентов

Система поддержки принятия решений BPsim.DSS

СППР BPsim.DSS [1] изначально создавалась как система ТЭП мультисервисных сетей связи BPsim.MSN [3-5], которая впоследствии была интегрирована с СДМС BPsim.MAS и расширена архитектурой InteRRap. BPsim.DSS обеспечивает выполнение следующих функций:

- системный анализ предметной области;
- проектирование концептуальной модели предметной области (рис.15.4);
- экспертное технико-экономическое проектирование (рис. 15.5);
- имитационное моделирование;
- анализ результатов экспериментов, получение отчетов по моделям и

результатам экспериментов (формирование бизнес-кейса и диаграмм Ганта), экспорт результатов экспериментов в MS Excel и MS Project.

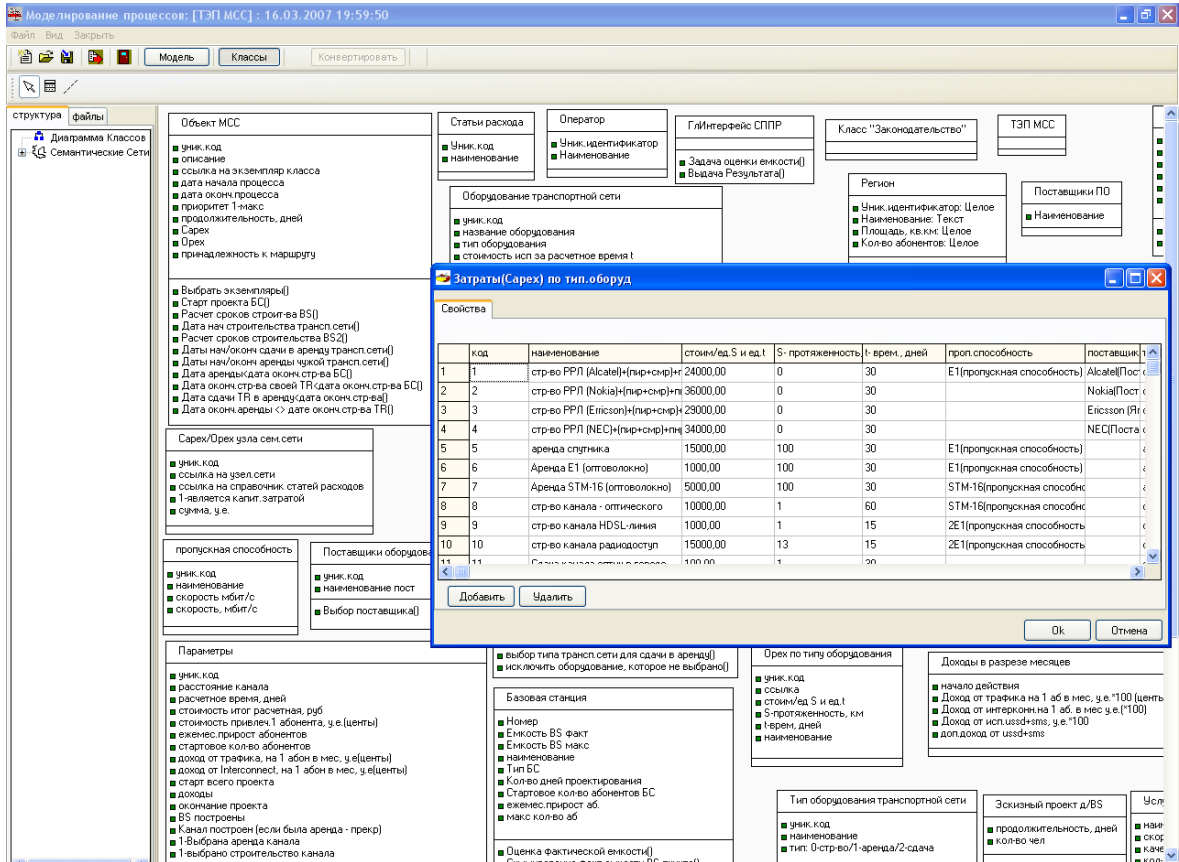


Рис. 15.4. Диаграмма классов и наполнение БЗ экземплярами в BPsim.DSS

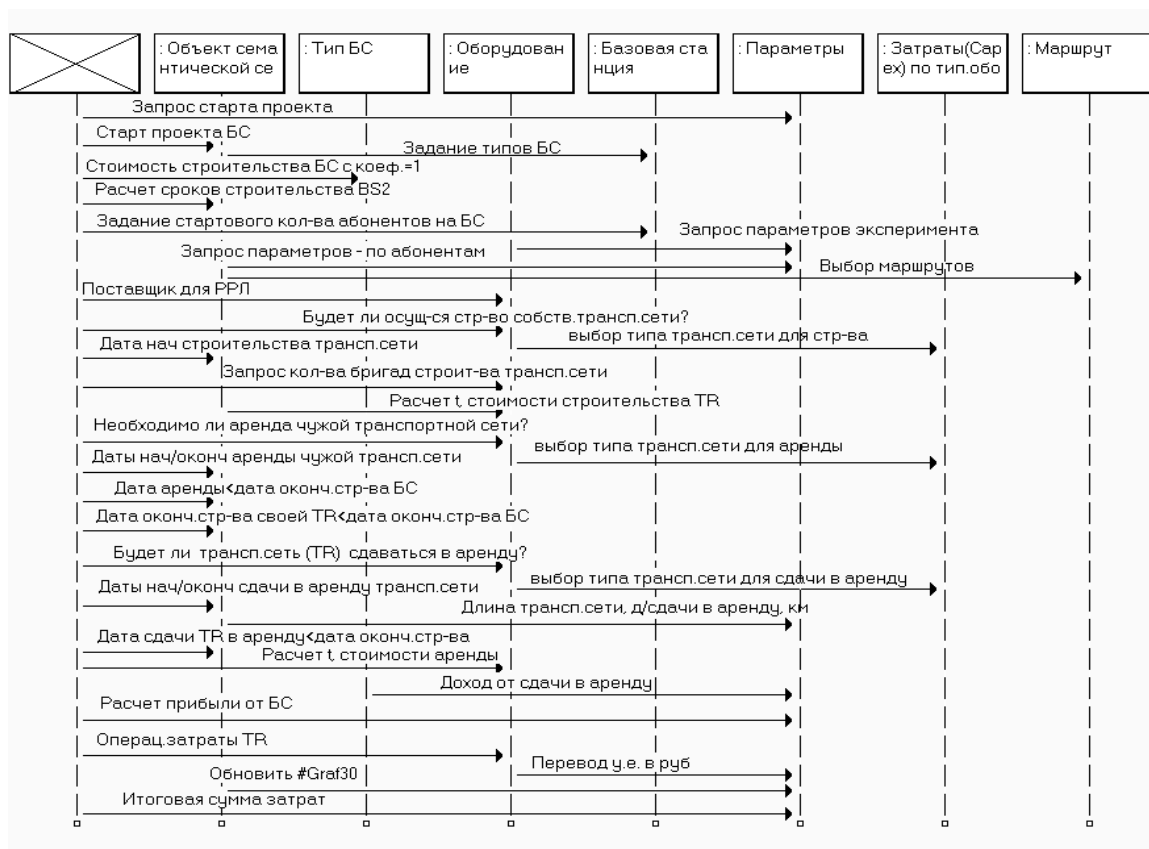


Рис. 15.5. Диаграмма «Поиска решения» для задачи ТЭП МСС

Вопросы:

1. Что можно показать при проектировании СППР с помощью диаграмм прецедентов?
2. Какими преимуществами обладает объектно-ориентированный подход при проектировании СППР над структурным?
3. Назначение и области применения системы BPsim.MAS.
4. Назначение и области применения системы BPsim.DSS.
5. Для чего предназначена технология визардов продукто BPsim?

Литература:

1. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.
2. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов:

монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.

3. Аксенов К.А., Шолина И.И., Сафрыгина Е.М. Разработка и применение объектно-ориентированной системы моделирования и принятия решений для мультиагентных процессов преобразования ресурсов // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 3 (80) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург, - С.87-97.
4. Аксенов К.А. Интеллектуальная система моделирования «BPSIM.MSS» и объектно-структурный метод технико-экономического проектирования мультисервисных сетей связи. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий» № 8. Москва. 2010. - С. 19-27.
5. Доросинский Л.Г., Аксенов К.А., Попов М.В. Имитационное динамическое моделирование и технико-экономическое проектирование мультисервисных сетей связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 1(72) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург, - С.153-159.

16. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СППР VPSIM

Цель и задачи лекции: познакомиться с примерами использования систем поддержки принятия решений VPsim, программно реализующие мультиагентную модель процессов преобразования ресурсов и гибридную архитектуру мультиагентной системы.

16.1. Имитационное моделирование процессов логистики и монтажа ЗАО «Уральская индустриальная группа»

ЗАО «Уральская индустриальная группа» (ЗАО «УИГ») занимается монтажом пластиковых окон. Окна производятся по заказу ЗАО «УИГ» на заводе-изготовителе СОК в г. Самаре, затем осуществляется доставка окон в Екатеринбург и их монтаж. Модель реализована в СИМ VPsim [1-2].

Постановка задачи: Построить модель «КАК ЕСТЬ» и проанализировать с целью минимизации сроков выполнения заказов и максимизации прибыли (снижение себестоимости выполнения заказа). Определить оптимальное количество монтажных звеньев и количество рейсов в Самару для случаев, когда объем заказов в месяц 300 м², 330 м², 360 м², 390 м², 420 м², 450 м².

Исходные данные:

- машина («Газель») ездит в Самару по понедельникам (доставка не более 80 м²);
- 3 монтажника (звено) за 3 часа устанавливают 1 окно (2,5 м²). 4 окна звено устанавливает за 8 часов;
- в сезон (летом) работают 4 звена, зимой – 2;
- оформление заявки в СОК (Самарский оконный завод) – 1 день;
- производство окон на заводе-изготовителе – 5 дней;
- два выходных дня в неделю у монтажников и водителей;
- доставка – 2 дня;
- простой машины в Екатеринбурге с момента доставки – 24 часа.

Модель построена на основе использования элементов типа «заявка». Были введены два типа заявок: «клиент» (системное имя $Z2$) и «транспорт» ($Z6$). На основе статистики поступления заказов от клиентов в систему были введены экземпляры сообщений $Z2$ и их параметры – даты ($Z2_StartTime$) и объемы заказов. Как только системное время имитации достигало начального времени $Z2_StartTime \geq SysTime$, заявка начинала свое движение по модели ППР – обрабатывалась блоком «4. Заказы клиентов» (условие запуска блока - $(Z2_StartTime \geq T) \& (Z2_owner = @bA0_3)$).

Для моделирования скидок клиентам (более 10 м^2 – 7%, более 20 м^2 – 10%, более 50 м^2 – 15%) блок «5. Оплата, скидки» был декомпозирован на четыре отличающихся по входным условиям параллельных блока. Каждая заявка в процессе своей жизни попадает в один из них.

Процессы «4. Заказы клиентов», «2. Оформление заявки в СОК», «1. Выполнение СОК+оплата» реализованы в модели в виде декомпозиций параллельно соединенных блоков с одинаковыми входными условиями для моделирования одновременной обработки нескольких заявок.

Используя такие параллельные соединения элементов, можно проигрывать различные варианты: исключить некоторые блоки из конкретного проигрывания (сценария), снять в настройках элемента признак «участвует в имитации», что, например, в случае, представленном на рис. 16.1.1, позволило бы смоделировать ситуации четырех, трех, двух, или однодневной рабочей недели (дни недели, когда может быть запущено выполнение заказа).

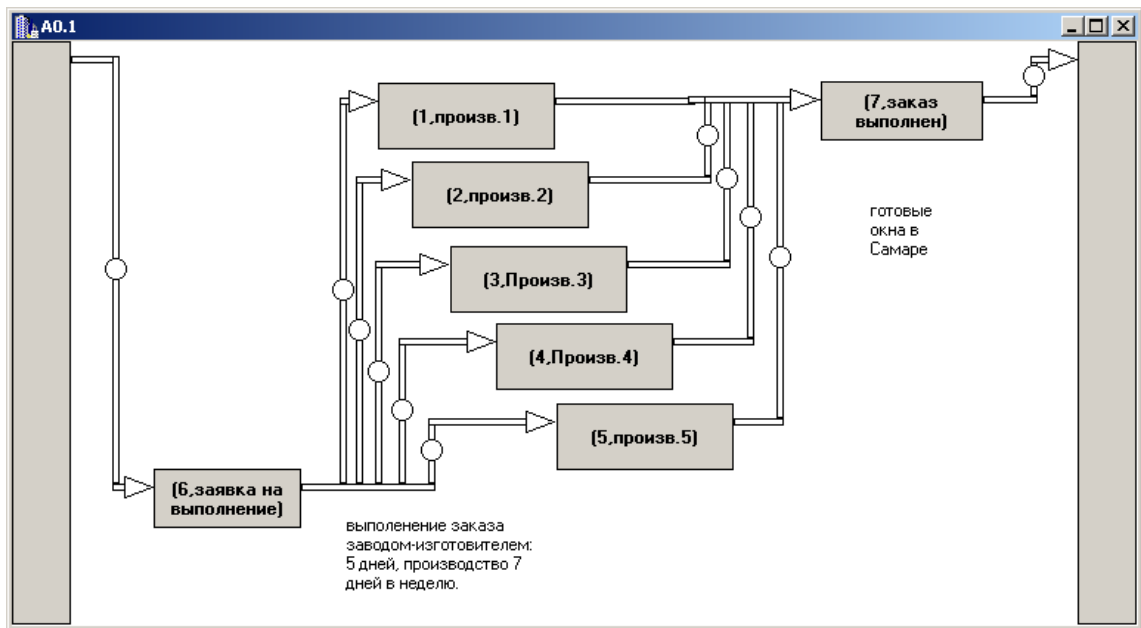


Рис. 16.1.1. Моделирование 5-дневной рабочей недели завода-изготовителя

Процесс доставки окон «5.Доставка» из Самары был описан контекстной диаграммой A0.5 (рис. 16.1.2.)

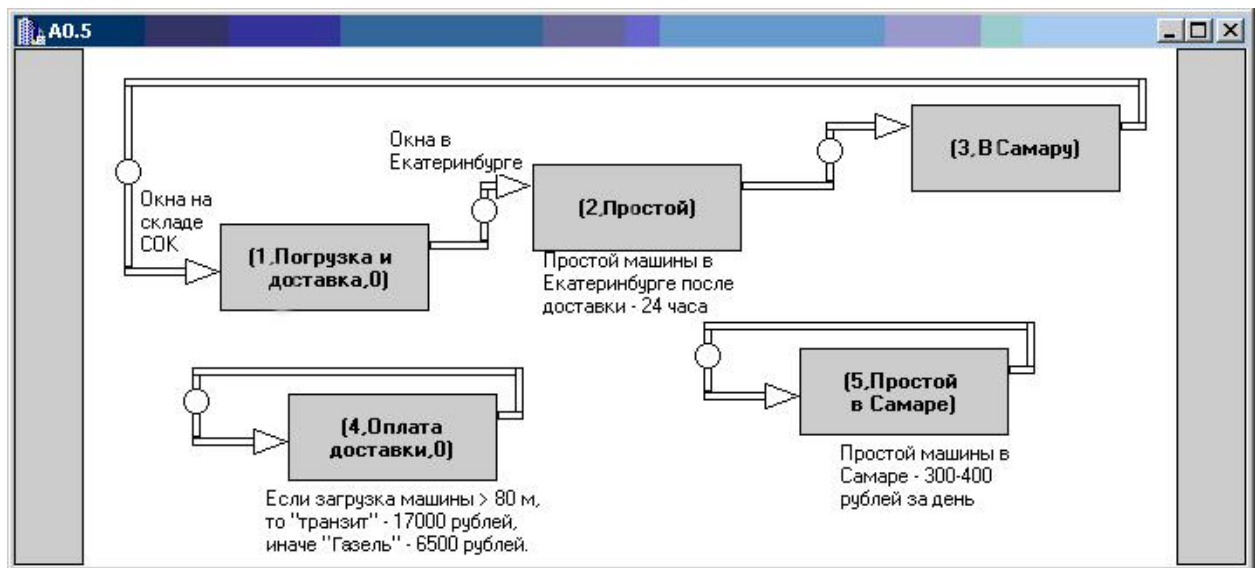


Рис. 16.1.2. Модель процесса доставки окон с завода-изготовителя

С помощью элемента «Оплата доставки» осуществляется анализ загруженности единицы транспорта и уменьшение денег за доставку («Газелью» - не более 80 м², транзитом - более 80 м²). Имитация простоя – блок «5. Простой в Самаре». Данный блок замкнут сам на себя, запускается один раз в сутки (входные условия) и вычитает из «денежных средств предприятия» сумму, необходимую для оплаты простоя «Газели» в Самаре.

Моделирование работы монтажных звеньев – одно из основных мест исследования (рис. 16.1.3).

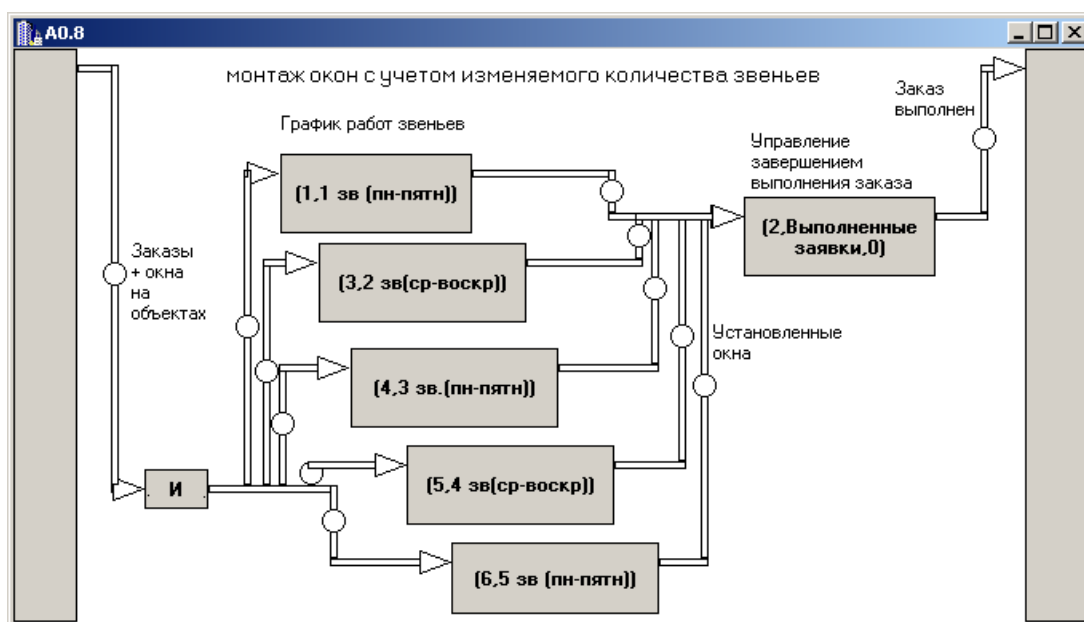
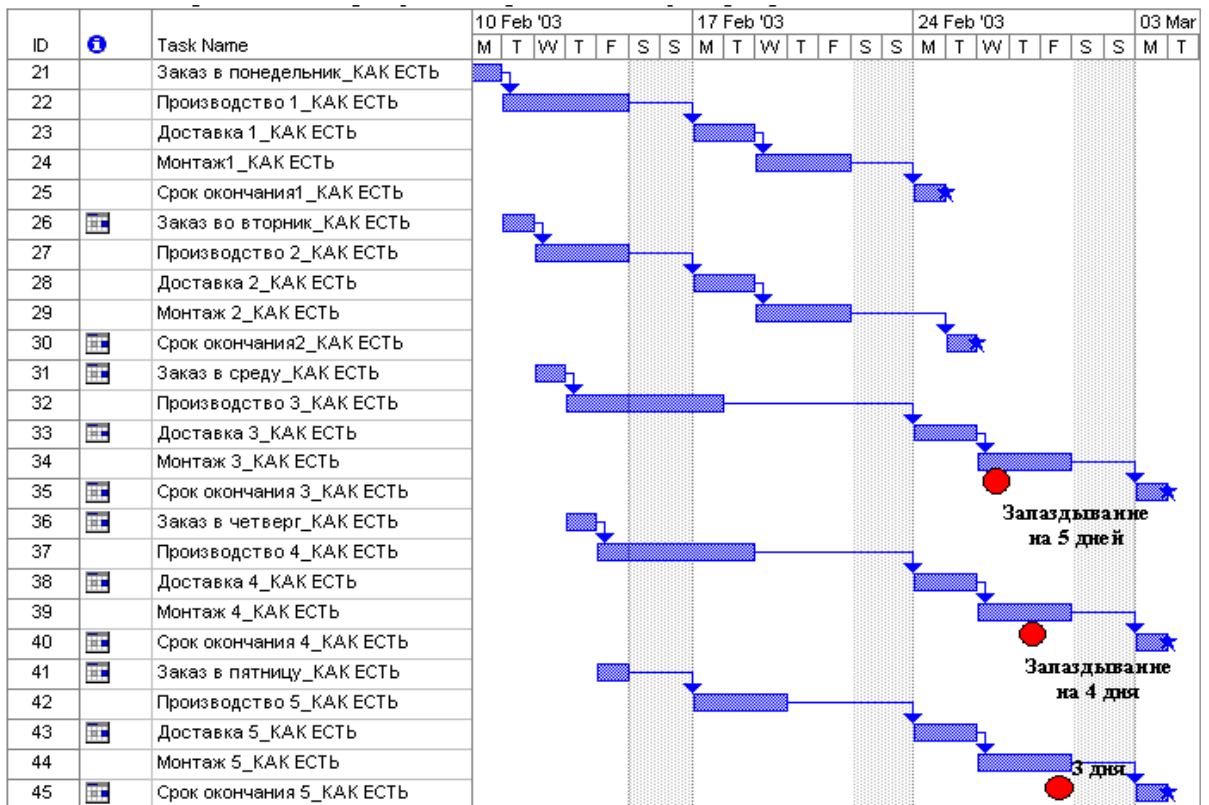


Рис. 16.1.3. Модель работы монтажных звеньев

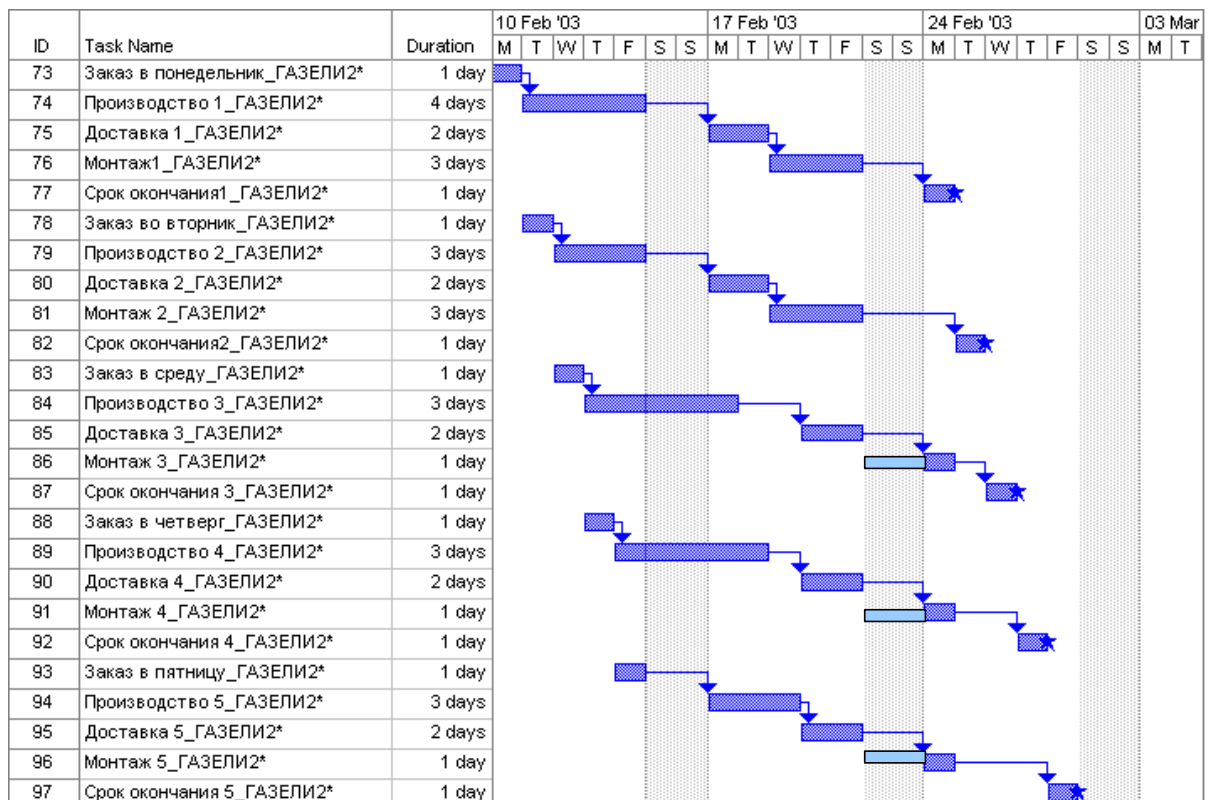
В модель были введены два типа монтажных звеньев, работающих по расписаниям: [понедельник-пятница] и [среда – воскресенье]. Изменением состояния настройки элемента «Участие в имитации» были проиграны всевозможные расписания совместной работы звеньев. На основе статистики работы монтажных звеньев было установлено, что одно звено в среднем за час работы выполняет установку $1,25 \text{ м}^2$ окон.

Эксперименты проводились по нескольким направлениям: изменялось количество монтажных звеньев, расписание их работы, количество и расписание движения транспорта, доставляющего окна от завода изготовителя, а также осуществлялось увеличение объемов заказов от клиентов.

На рис. 16.1.4 приводятся два варианта организации работ: КАК БЫЛО и предложенный вариант.



Как было



Предложенный вариант (возможность сокращения сроков)

Рис. 16.1.4. Результаты экспериментов, экспортированные в MS Project

16.2. Моделирование рынка оконных конструкций

Департамент оконных конструкций ЗАО «Уральская индустриальная группа» (ЗАО «УИГ») занимается производством и продажей пластиковых окон. Основной процесс, ориентированный на клиента, изображен на рис.16.2.1. Описание данной модели приведено в [1-2].

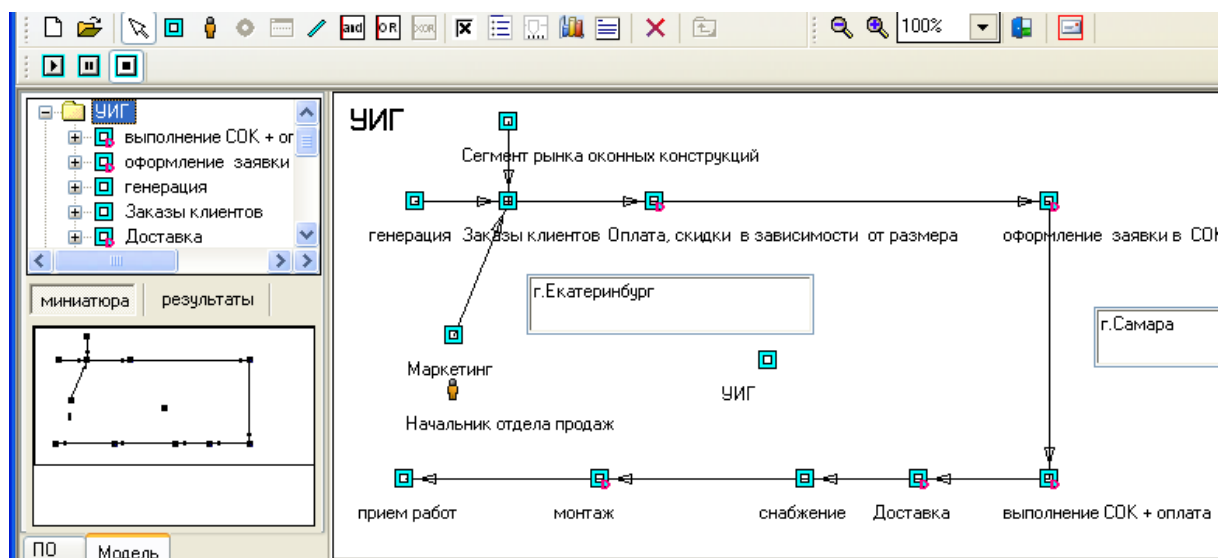


Рис. 16.2.1. Модель основного процесса ЗАО «УИГ», представленного в графической нотации, реализованной в СДМС BPsim.MAS

Цель: разработать план действий и ценовую стратегию предприятия для увеличения доли рынка и перехода на новый технологический уровень, повышающий конкурентоспособность.

Постановка задачи: Построить модель и проанализировать положение предприятия на рынке услуг, оценить деятельность конкурентов и, с учетом их поведения, скоординировать собственную маркетинговую стратегию.

Исходные данные:

- доля рынка 6,6%;
- объем продаж $V = 2000 \text{ м}^2$ в месяц;
- цена $1 \text{ м}^2 - 5500 \text{ руб.}$;
- оформление заявки в СОК – 1 день;
- производство окон на заводе изготовителе – 5 дней;
- доставка – 2 дня.

Конкурентная среда характеризуется следующими параметрами:

- доля рынка;
- количество конкурентов на рынке;
- интенсивность борьбы;
- цены конкурентов;
- реакция по времени и цене;
- оценка конкурентоспособности.

Спрос характеризуется следующими параметрами:

- эластичность по цене;
- сезонность;
- емкость рынка.

В модели рассматриваются следующие процессы предприятия: производство; продажи; монтаж; сервисное обслуживание. Агентам соответствуют модели лиц, принимающих решения (начальники отдела продаж, производственного и монтажного участка), и модели конкурирующих предприятий. Фрагмент базы знаний агента конкурента «Арт-лайн» в СДМС представлен на рис. 16.2.2.

№	ИМЯ СИТУАЦИИ	IF	THEN	ТЕКСТОВОЕ ОПИСАНИЕ
1	реакция 1 раз в 5 дней	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}105 - f\text{Res}104) \& (f\text{Res}68 =$		реакция 1 раз в 5 дней
2	1/действ.цена находится в окр. Ц.min.	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = \max(f\text{Res}55; f\text{Res}66,$		Действующая цена наход
3	2/действ.цена находится в окр. Ц.min.	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = 1,01 * f\text{Res}104)$		Действующая цена наход
4	3/действ.цена находится вне окр. Ц.min.	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = f\text{Res}104)$		Действ. цена находится в
5	4/действ. цена находится вне окр. Ц.min.	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = \max(f\text{Res}55; f\text{Res}66,$		Действ. цена находится в
6	5/действ. цена находится вне окр. Ц.min.	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = 1,01 * f\text{Res}104)$		Действ. цена находится в
7	6/действ.цена вне окр., уменьшение цене	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = 0,99 * f\text{Res}104)$		Действующая цена наход
8	7/действ.цена нах. вне окр.Ц.min. Уменьш	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}104 : = \min(f\text{Res}55; f\text{Res}66;$		Действующая цена наход
9	вычислим Dцены - изменение цены в про	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}68 : = 0 - ((f\text{Res}105 - f\text{Res}104)$		вычислим Dцены - измене
10	выч. Dкд при (Dцены < -30)	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}73 : = 70)$		сначала Dкд
11	выч. Dкд при Dцены [-30, -25]	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}73 : = 50)$		
12	выч. Dкд при Dцены [-25, -20]	$((t > 0) \& ((t \text{Res}119) = (f\text{Res}73 : = 32)$		

Рис. 16.2.2. База знаний агента-конкурента

Был проведен ряд экспериментов, направленных на поиск эффективной ценовой стратегии и учитывающих различные сочетания поведений агентов-конкурентов (активность / пассивность). Для наглядности представления результатов экспериментов на рис. 16.2.3-16.2.6 представлены данные по 7 из 10 игрокам. На рис. 16.2.3 представлены графики экспериментов ценовых стратегий игроков (рис.16.2.4) при пассивном поведении, приводящих к вытеснению двух небольших предприятий с рынка.

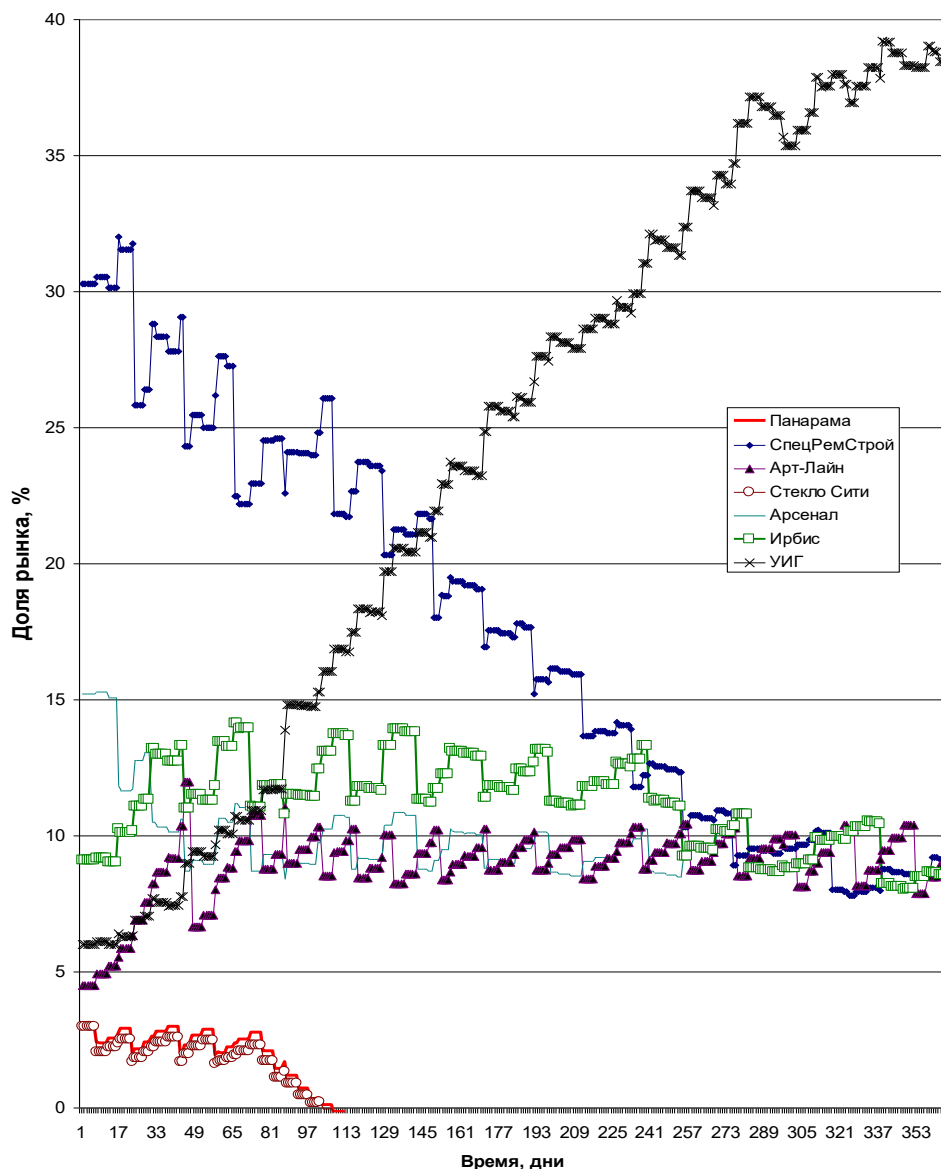


Рис. 16.2.3. Графики изменения доли рынка предприятий при пассивном поведении конкурентов

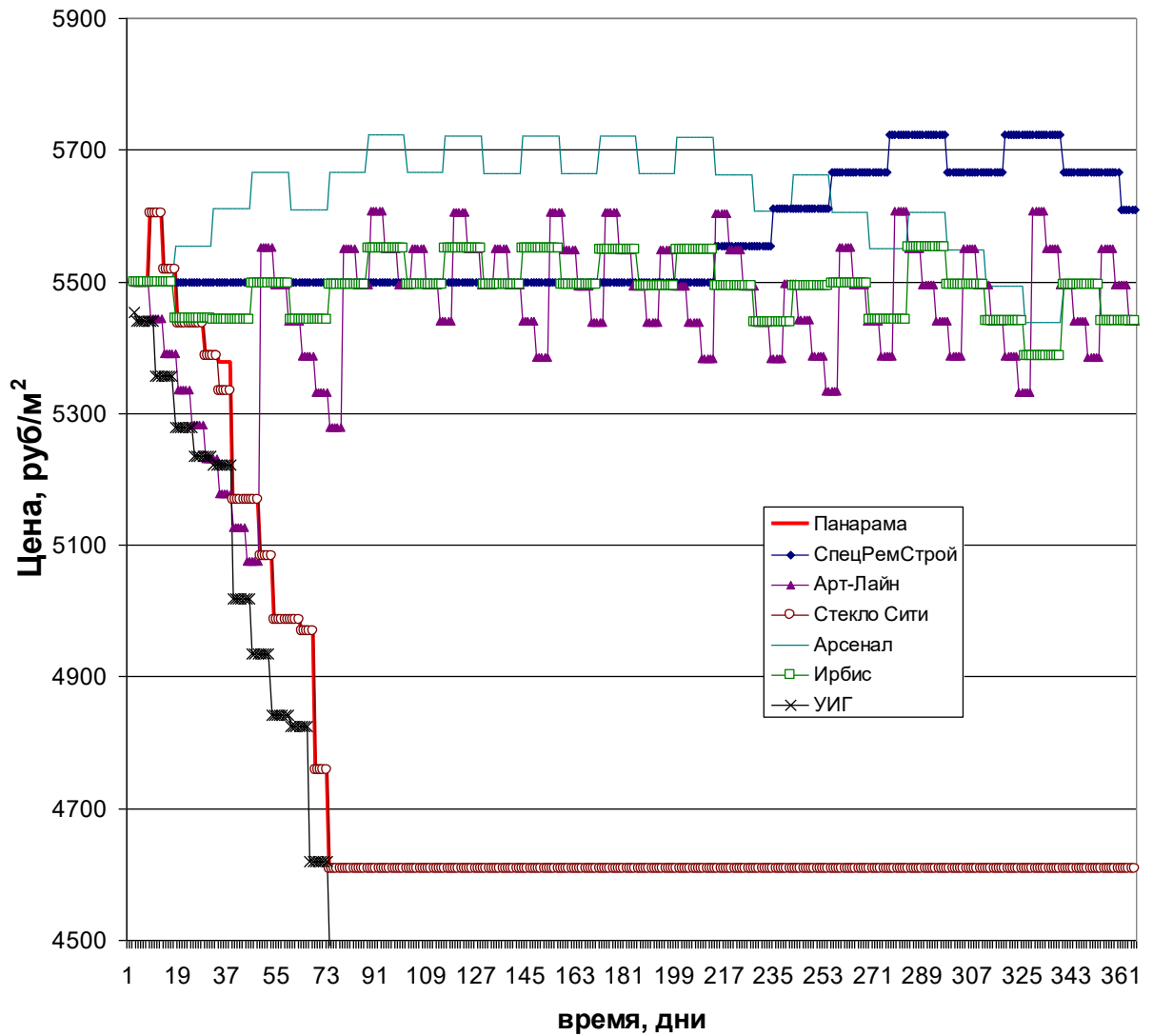


Рис. 16.2.4. Графики изменения цен, приводящие к вытеснению предприятий

На рис. 16.2.5 - 16.2.6 представлены графики зависимостей доли рынка и цены при активных моделях поведения конкурентов и скачкообразной ценовой стратегии ЗАО «УИГ», в результате которой предприятие увеличивает свой сегмент.

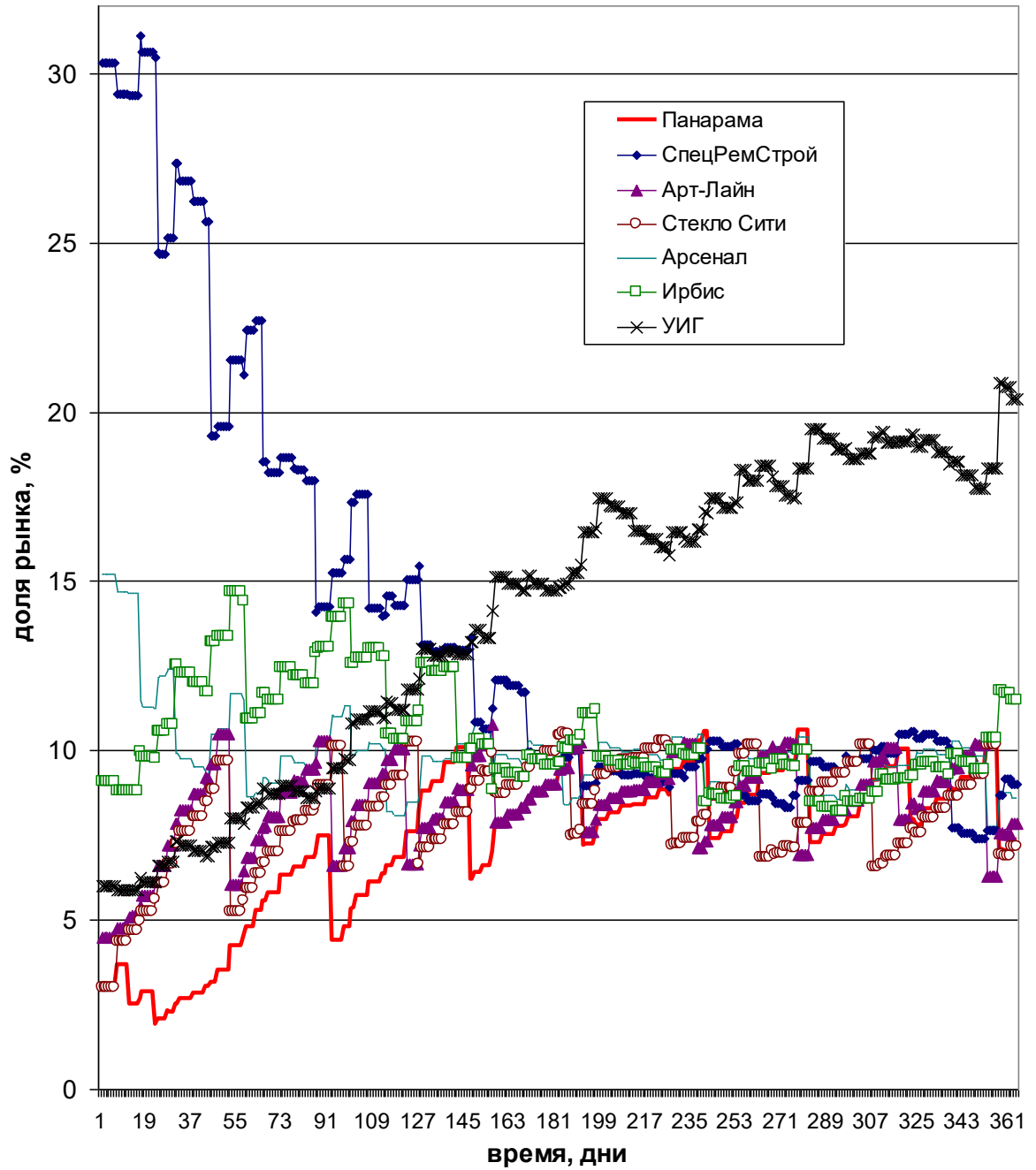


Рис. 16.2.5. Графики изменения доли рынка предприятий при скачкообразной ценовой стратегии и активном поведении конкурентов

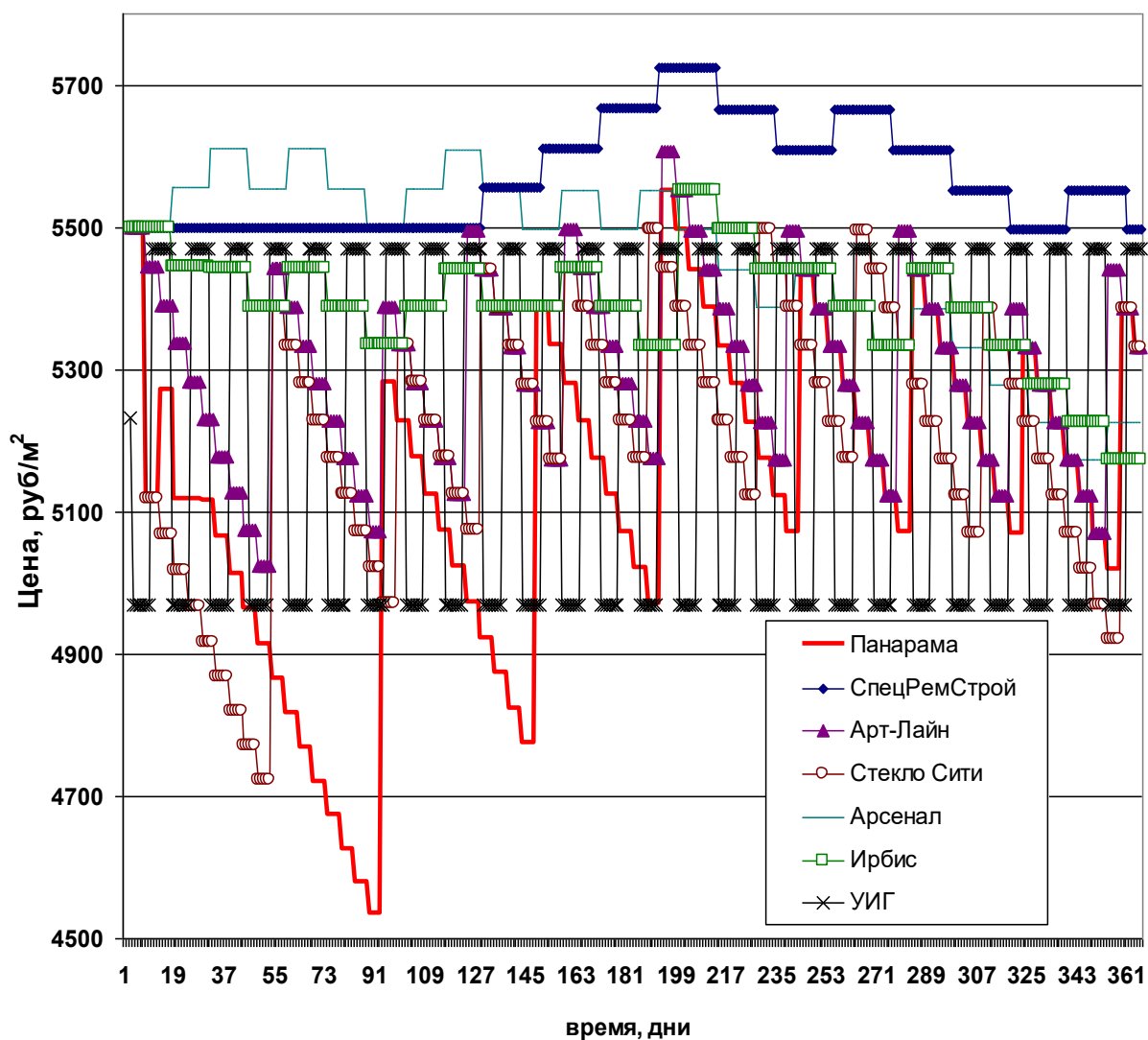


Рис. 16.2.6. Графики изменения цен предприятий при скачкообразной ценовой стратегии и активном поведении конкурентов

На рис. 16.2.7 показаны результаты изменения доли рынка ЗАО «УИГ» в зависимости от различных ценовых стратегий. Эксперименты «6» и «7» с применением скачкообразного изменения цены и активных моделей поведения конкурентов соответствуют показателям годовой прибыли 46 и 63 млн.руб. и повышению доли рынка до 22 и 20% соответственно.

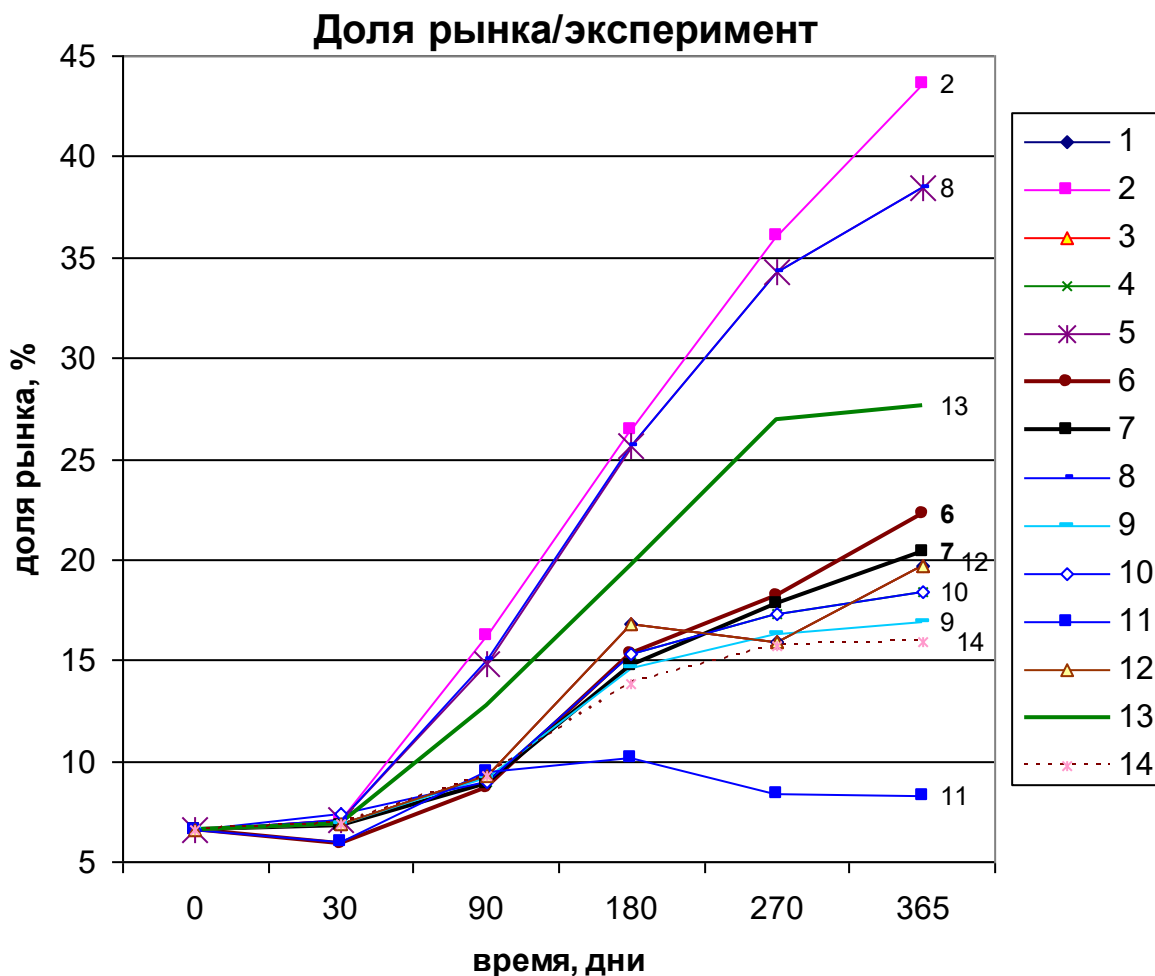


Рис. 16.2.7. Показатели долей рынка при различных ценовых стратегиях

Эксперименты «2», «5» и «13» показывают хорошие результаты по доле рынка, но учитывают пассивные модели поведения конкурентов, на что не приходится рассчитывать. Эксперимент «8» с активными моделями поведения конкурентов не удовлетворяет по показателям прибыли.

Таким образом, были проведены серии экспериментов, позволившие определить ценовую стратегию, следуя которой можно увеличить в течение года долю рынка с 6,6% до 20-22%. В рамках данной задачи также были определены значения количеств монтажных звеньев и центров продаж в зависимости от ожидаемого сезонного спроса в рамках выбранной ценовой стратегии.

16.3. Технико-экономическое проектирование (ТЭП) мультисервисной сети (МСС) районного центра Нижние Серги в BPsim.DSS

Опрос ведущих технических специалистов операторов связи, таких как УРАЛСВЯЗЫНФОРМ, МЕГАФОН, МТС и БИЛАЙН показал, что при проектировании МСС службы развития операторов пользуются БЗ, основанной на собственном опыте, а технические решения по реализации МСС навязываются поставщиками оборудования (вендорами). Ни один из операторов не использует автоматизированные средства проектирования МСС и не моделируют различные сценарии развёртывания (модернизации) проектируемой или существующей сети при освоении новых регионов, внедрении новых услуг или при изменении топологии.

Постановка задачи

Приведём пример решения задачи ТЭП мультисервисной сети от Екатеринбурга и до следующих населенных пунктов: районный центр г. Нижние Серги, г. Верхние Серги и п. Атиг [1, 3].

Исходными являются следующие данные:

- маркетинговый прогноз количества абонентов и динамики роста в населенных пунктах;
- временные характеристики процессов развертывания объектов МСС;
- характеристики оборудования, которое применяется в МСС;
- количество бригад, участвующих в развертывании МСС.

В работе рассмотрен пример ТЭП МСС «Екатеринбург – Н.Серги», графическая модель которой представлена на рис. 16.3.1.

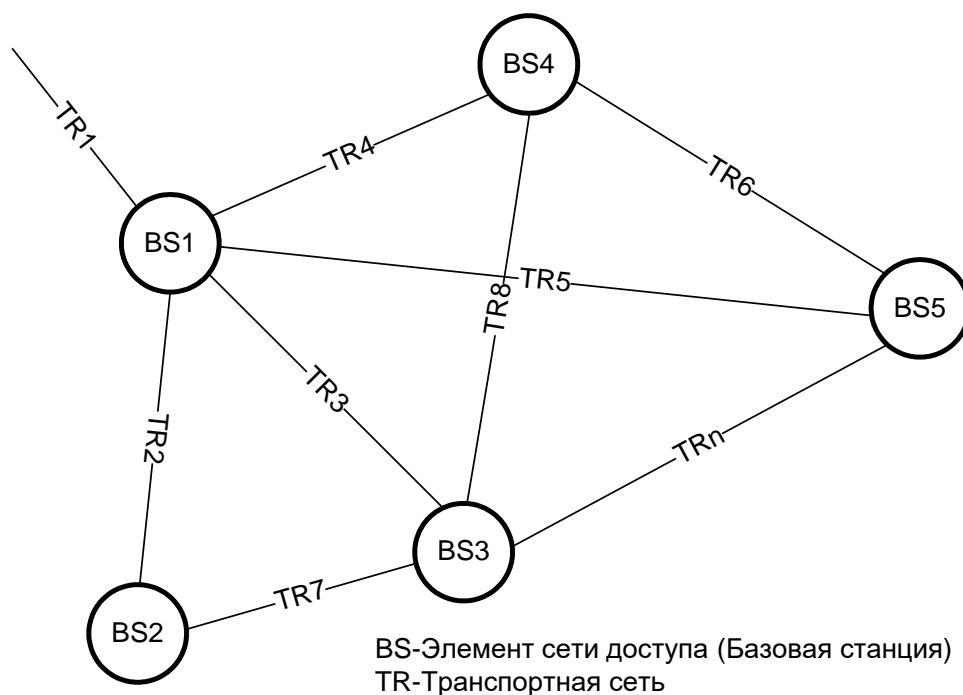


Рис. 16.3.1. Графическая модель моделируемой МСС

Цель создания такой модели – решение задачи ТЭП МСС с ядром в г. Екатеринбург которая охватывает следующие населенные пункты: районный центр г. Нижние Серги, г. Верхние Серги и п. Атиг. Необходимо рассчитать бизнес-кейс возможных вариантов развертывания МСС, предоставляющей услуги передачи данных и сотовой связи. Параметры, используемые в разработанной модели, приведены в табл. 16.3.1.

Таблица 17.3.1.

Затратная часть	Opex	Аренда каналов транспортной сети
		Техническая и ИТ поддержка сетей
		Аренда площадки и коммунальные платежи
		Охрана базовых станций (БС)
		Техобслуживание позиции и БС
		ТО последней мили
		Лицензии и разрешения на БС
		затраты на привлечение абонента
		Налог на имущество
	Capex	Стоимость проектирования, строительно-монтажных работ, оборудования БС в т.ч. монтаж
		Доп. Работы
		Стоимость строительства транспортной Сети
		Легализация БС
Доходная часть	Маркетинговые прогнозы	кол-во абонентов
		ожидаемый трафик от одного абонента
		доход от трафика
		доход от Interconnect
		Иной доход
		Ежемесячный прирост абонентов
		Средний ежемесячный трафик на одного абонента (MOU), минут
		Среднемесячный доход на абонента (ARPU), \$
		Стоимость соединений от абонентов других операторов (Interconnect), \$
	Доходы от Аренды	Сдача каналов в Аренду
		Предоставление площадок в аренду
		Прочие

Синтезированная модель позволяет выполнять расчёт основных инвестиционных показателей (IRR, EBI, Payback Period), необходимых для обоснованного принятия решения в пользу конкретного проекта МСС.

Внутренняя норма доходности (IRR) – это коэффициент дисконтирования, при котором значение NPV (чистая приведённая стоимость – доход от инвестиции) равно нулю. EBI – прибыль после уплаты налогов, Payback Period – срок возврата инвестиций.

Реализация модели ТЭП MCC в BPsim.DSS

Система ТЭП MCC BPsim.DSS применяется для решения задач ТЭП и бизнес-моделирования MCC. В работе рассмотрен пример ТЭП MCC «г.Екатеринбург – г.Н.Серги». На рис. 16.3.2 представлен фрагмент декомпозиции одной из точек принятия решения многостадийной задачи ТЭП MCC (альтернативы реализации транспортной сети от г.Екатеринбурга до г.Н.Серги).

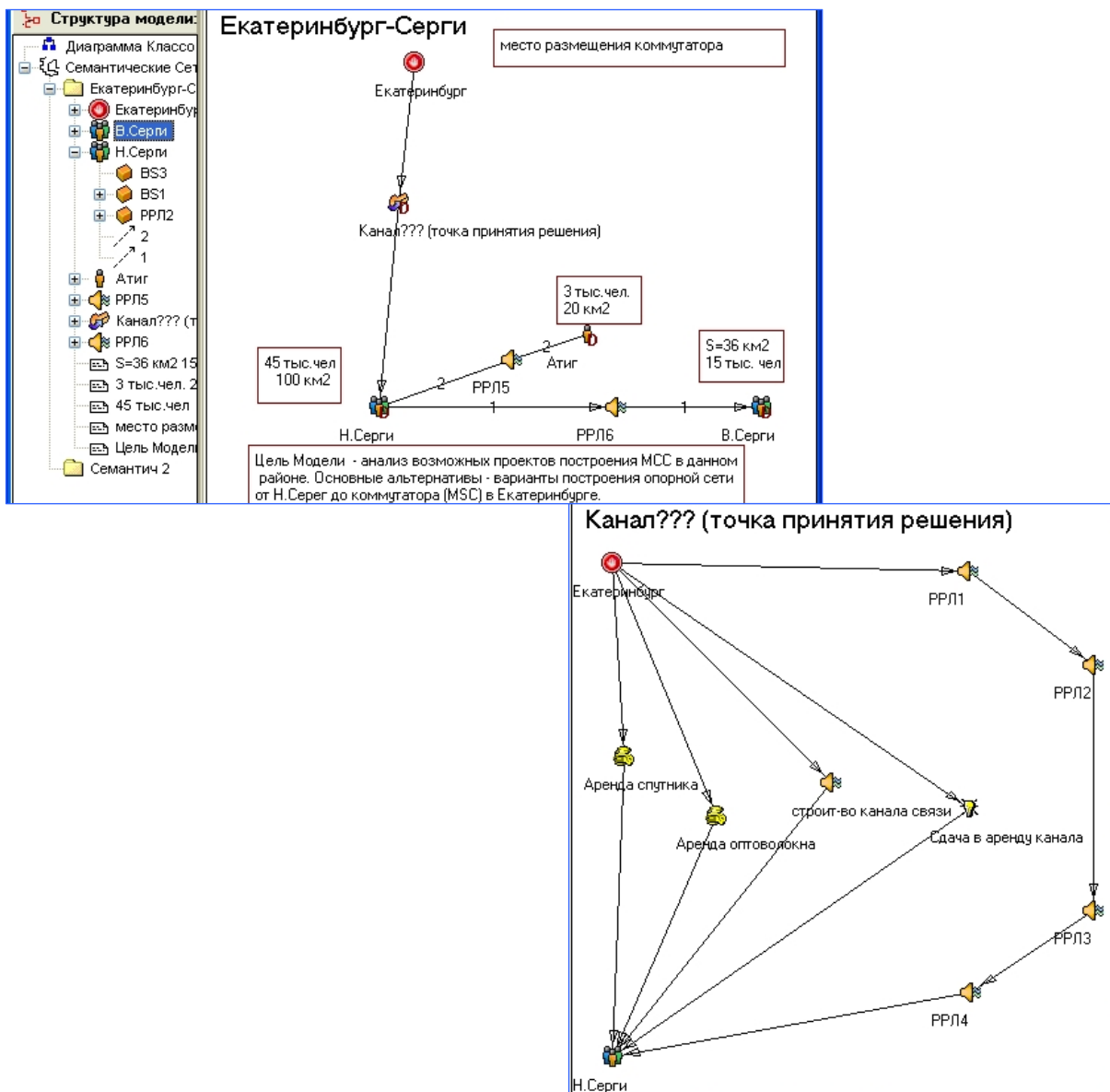


Рис. 16.3.2. Схема MCC «г.Екатеринбург – г.Н.Серги» в BPsim.MSN

Результаты экспериментов поиска решения задачи ТЭП МСС «Екатеринбург – Н.Серги»

Модель позволяет выполнять расчёт основных инвестиционных показателей (IRR, EBI, Payback Period) необходимых для обоснованного принятия решения в пользу конкретного проекта МСС. Исходные данные опытов представлены в таблице 16.3.2.

Таблица 16.3.2. Параметры опытов

	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5
Опыт1	+	+	+			SDH	РПЛ	РПЛ		
Опыт2	+	+	+		+	SDH	РПЛ	РПЛ		аренда Е1
Опыт3	+	+	+		+	аренда 4Е1	РПЛ	РПЛ		аренда Е1
Опыт4	+	+	+	+	+	аренда 4Е1	РПЛ	РПЛ	РПЛ	аренда Е1
Опыт5	+	+	+	+	+	аренда 4Е1	РПЛ	РПЛ	РПЛ	РПЛ
Опыт6	+	+	+		+	SDH	РПЛ	РПЛ		РПЛ
Опыт7	+	+	+	+	+	аренда 6Е1	РПЛ	РПЛ	РПЛ	РПЛ
Опыт8	+	+	+	+	+	SDH	РПЛ	РПЛ	РПЛ	РПЛ
Опыт9	+				+	SDH				РПЛ
Опыт10	+				+	аренда 2Е1				РПЛ

Внутренняя норма доходности (IRR) – это коэффициент дисконтирования, при котором значение NPV (чистая приведённая стоимость - доход от инвестиции) равно нулю. EBI – прибыль после уплаты налогов, Payback Period – срок возврата инвестиций.

Расчитанная Внутренняя норма доходности (IRR) (рис. 16.3.3) показывает, что наиболее привлекательным является проект 10 (строительство 2-х базовых станций, аренду магистрального канала (2Е1), предоставление в аренду BS2 и TR5), за ними следуют варианты 3 и 4 (развитие Сети доступа, опираясь на собственные «последние мили»). Показатели прибыли после уплаты налогов представлены на рис.16.3.4.

С точки зрения перспективного развития МСС предпочтительней строительство оптоволоконных каналов (вариант 8), так как среди прочих проектов строительства канала TR1 данный вариант имеет наилучший IRR =28,61% и наименьший срок возврата инвестиций – 3,79 лет (рис. 16.3.5).

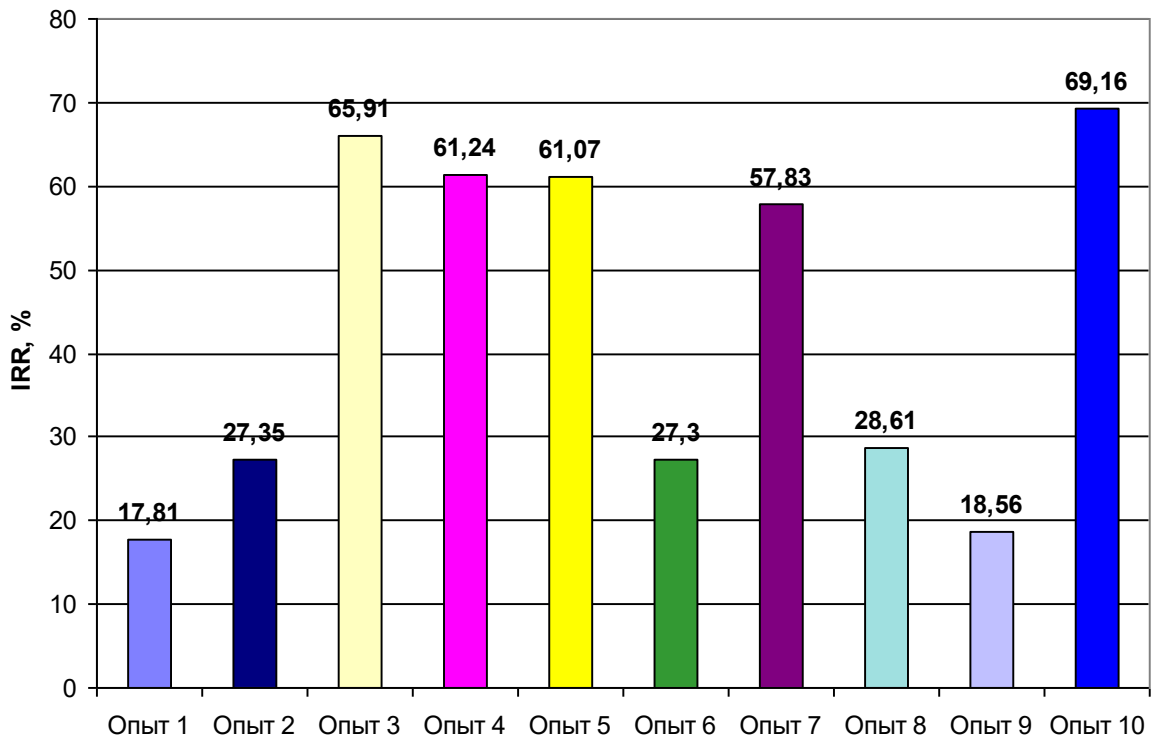


Рис. 16.3.3. Внутренняя норма доходности (IRR) 10 вариантов проектов

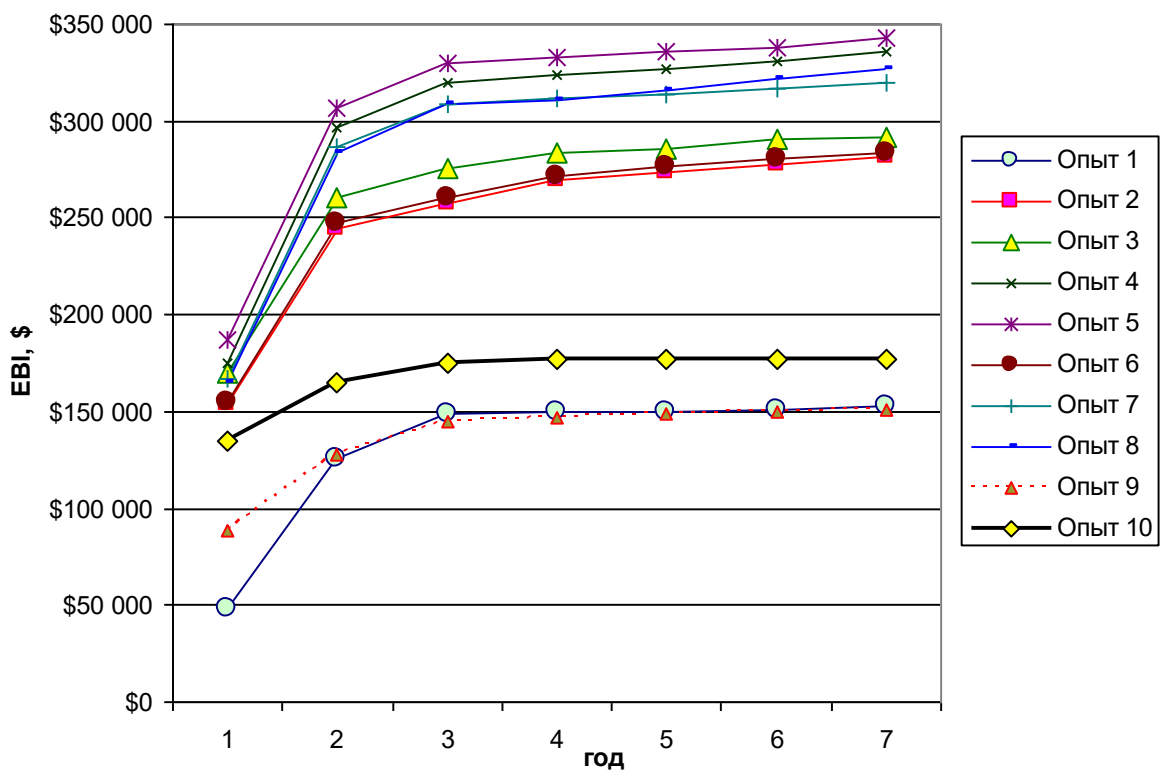


Рис. 16.3.4. Прибыль после уплаты налогов (EBI) 10 вариантов проектов

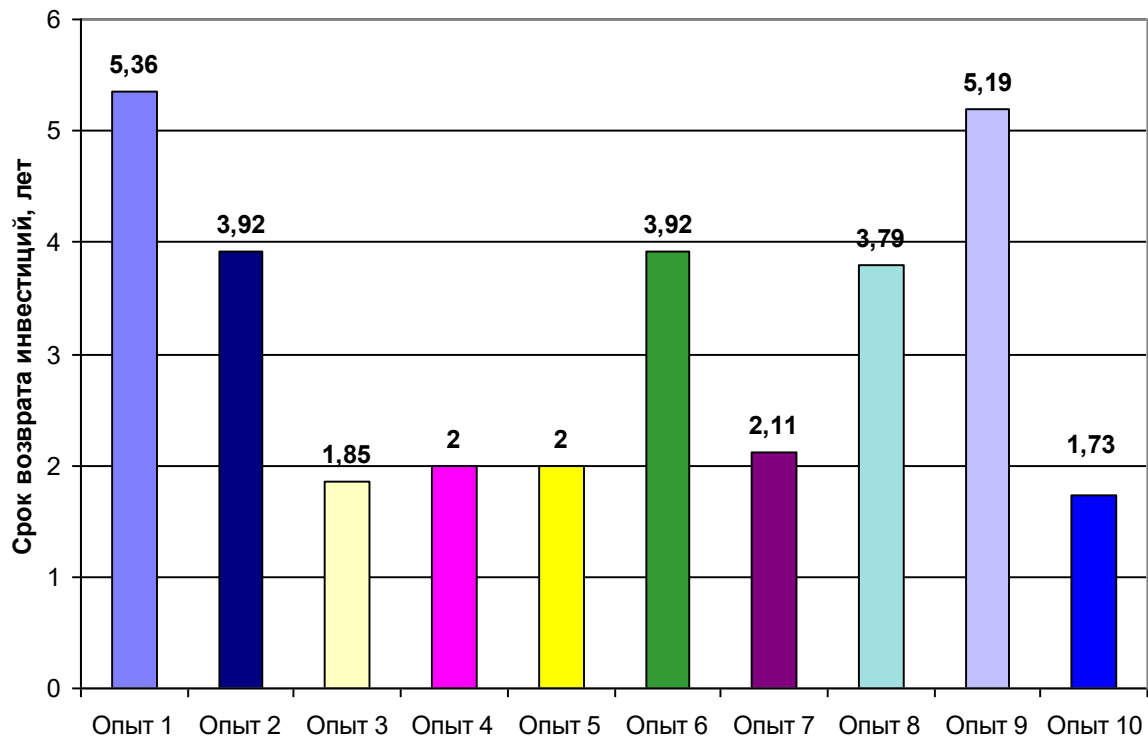


Рис. 16.3.5. Срок возврата инвестиций 10 вариантов проектов

Реальные показатели оказались близки к прогнозу, выполненному в СТЭП МСС BPsim.DSS.

Вопросы:

1. Перечислите основные инструменты (методики) системного анализа организационно-технических систем?
2. Какая модель представления знаний используется в BPsim.DSS?
3. Какая модель представления знаний используется в BPsim.MAS?
4. Какие инструменты системного анализа применяются в продуктах BPsim?
5. Приведите пример(ы) эффективного применения системы поддержки принятия решений при решении задачи технико-экономического проектирования?
6. Приведите пример(ы) эффективного применения аппарата мультиагентных систем в задачах моделирования бизнес-процессов.

7. Перечислите ученых и исследователей области систем поддержки принятия решений?
8. Какие преимущества могут быть получены от внедрения систем поддержки принятия решений?

Литература:

1. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. - 341 с.
2. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. - 311 с.
3. Доросинский Л.Г., Аксенов К.А., Попов М.В. Имитационное динамическое моделирование и технико-экономическое проектирование мультисервисных сетей связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 1(72) 2009. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г.С.-Петербург, - С.153-159.

17. Применение методов машинного обучения в приложениях к СППР. Системы принятия решений на основе глубоких нейронных сетей

Цель и задачи лекции: познакомиться с примерами использования систем поддержки принятия решений, использующих методы искусственного интеллекта, машинного обучения, нейронные сети: автоматизированная система выпуска металлургической продукции, вопросно-ответная система «ТВИН».

Часть 1

С появлением технологий больших данных и Интернета-вещей, а также развитием средств хранения и передачи данных стало возможным накапливать большие объемы информации. В современном мире накоплено большое количество плохо структурированных данных. Используемые ранее подходы работы с данными на больших объемах не работают. Умение извлекать полезную информацию из этих данных очень ценно.

Пользовательский интерфейс (ПИ) классических информационных систем строился вокруг методов обработки структурированных данных: ввести данные в систему, сохранить их, посмотреть, подготовить исходящие документы на основе обработанных данных.

Очевидно, что особенности работы с большими данными, а также применение веб-технологий в системах анализа данных и системах принятия решений предъявляют новые требования к ПИ. Нужны настраиваемые инструменты, которые позволят оперативно проанализировать различные данные

Примером удачного решения для визуализации данных являются дашборды (от англ. dashboard — приборная панель). Дашборд — это визуальное одноэкранное отображение интегрированных данных, полученных в результате анализа [1-3].

При проектировании дашборда следует учитывать особенности визуального восприятия информации:

- необходимо хорошо понимать цель, которую хотят достигнуть аналитики при работе с панелью; для достижения этой цели может потребоваться информация из разных источников, также может быть разная частота обновления информации;
- вся необходимая информация должна быть в поле зрения пользователя, не допускается переключение на другие страницы и прокрутка экрана;
- визуальное выделение информации, которая заслуживает внимание пользователя в первую очередь с возможностью быстро получить дополнительные данные по проблеме

Поскольку дашборд является разновидностью ПИ, то его проектирование состоит из описанных в 1.1 и 1.2 этапов, начиная от изучения требований пользователя и заканчивая тестированием. Рассмотрим моменты, которые специфичны именно для них.

1. Выбор данных

Поскольку дашборд – это ПИ для визуализации и обработки данных, то необходимо определить, какие данные и в каком виде есть у пользователя. На этапе интервьюирования пользователей составляется список показателей (наборов данных), которые необходимы им для работы, определяется, как часто эти показатели (наборы данных) изменяются. В результате анализа наборов данных получаются следующие списки: 1) источников данных, которые могут быть доступны в дашборде; 2) способов извлечения этих данных (запросы на языке SQL, ПИ для выбора конкретных данных, фильтрации и группировки для непрограммирующих пользователей); 3) готовых наборов данных и показателей. На рис. 17.1.1 представлен пример интерфейса выбора данных продукта RT.DataVision .

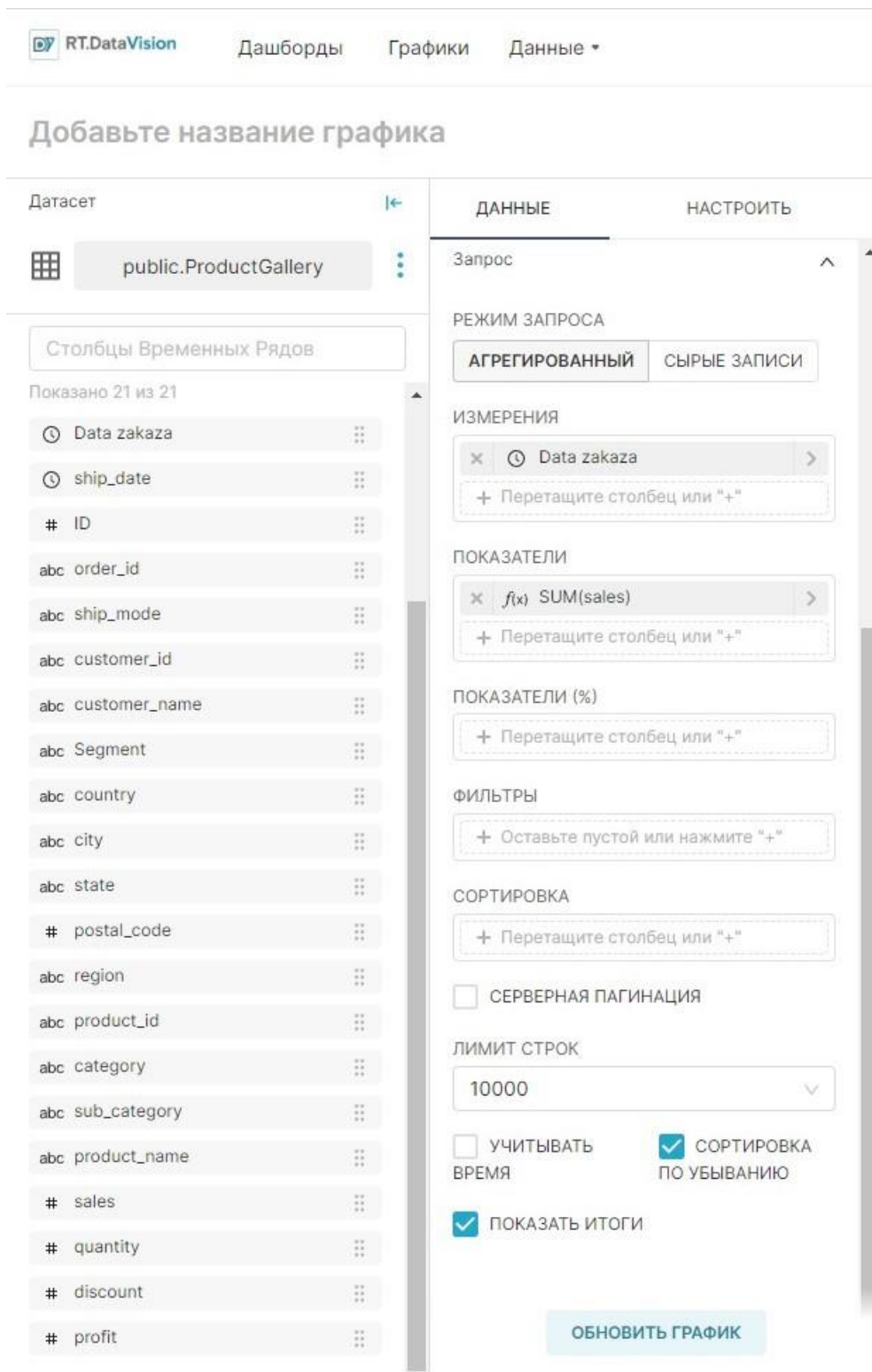


Рис. 17.1.2. Интерфейс выбора данных продукта RT.DataVision для построения графика

2. Выбор способов отображения данных

При проектировании дашборда используют следующие способы отображения данных:

- ✓ таблицы – если значений параметров для визуализации небольшое количество, то таблица представляет собой удобный способ визуализации;
- ✓ линейные графики – подходят для визуализации самой разной информации, особенно временных зависимостей;
- ✓ столбчатые графики – позволяют сравнить значения на отдельных временных диапазонах;
- ✓ круговые диаграммы – подходят для красивого отображения информации, обычно используются совместно с другими способами.



Рис. 17.1.2. Пример диаграммы прибыльности компании в RT.DataVision

3. Визуальное выделение информации

Для быстрого обнаружения того, что какой-то показатель приблизился к критической отметке или определенные данные имеют наибольшее значение, при дизайне дашборда применяются различные визуальные атрибуты. Они позволяют сгруппировать или выделить информацию. В качестве атрибутов могут выступать цвет, жирный шрифт, размер или выделение контуром

На рис. 17.1.3 приведена таблица котировок биржевых индексов. Зеленым цветом отмечаются растущие показатели, а красным – падающие.


Котировки	Статистика	Теханализ	Скачать данные			
Индекс ↕	Послед.	Макс.	Мин.	Изм. ↕	Изм.% ↕	Время ↕
 Индекс Мосбиржи	2.923,54	2.925,54	2.889,78	+6,06	+0,21%	18:51:01 
 PTC	1.012,37	1.017,60	1.006,79	-4,16	-0,41%	18:51:01 
 Dow Jones	35.299,43	35.340,66	35.186,05	+74,25	+0,21%	22:02:27 
 S&P 500	4.537,57	4.555,18	4.535,62	+2,70	+0,06%	22:13:29 
 Nasdaq	14.024,53	14.179,01	14.022,49	-38,77	-0,28%	22:13:29 
 Russell 2000	1.955,45	1.979,95	1.954,85	-10,80	-0,55%	22:13:31 
 S&P 500 VIX	13,71	13,99	13,37	-0,28	-2,00%	22:13:31 
 S&P/TSX	20.539,26	20.561,96	20.479,25	+102,39	+0,50%	22:13:31 
 Bovespa	120.125,00	120.373,00	118.086,00	+2.042	+1,73%	21:58:30 
 S&P/BMV IPC	53.745,83	53.782,72	53.336,24	+184,46	+0,34%	21:53:00 

Рис. 17.1.3. Пример выделения информации цветом

4. Отображение большого количества информации на одном экране

Наиболее сложной задачей, решаемой при проектировании дашборда, является необходимость расположить множество элементов информации, часто связанных между собой исключительно потребностью пользователя, на одном экране, не создавая при этом хаоса. Можно предложить следующие рекомендации при определении порядка расположения данных на экране:

- ✓ группировать элементы визуализации в соответствии с бизнес-функциями и сущностями предметной области.
- ✓ разграничивать группы, используя наименее заметные визуальные средства, которые не будут отвлекать на себя внимание;
- ✓ показывать значимые сравнения параметров, то есть отображать на графике или таблице не один показатель, а группу критериев, которые помогут правильно оценить параметр (рис. 17.1.4);
- ✓ не допускать ошибочных сравнений.

На рис. 17.1.4 показаны графики изменения продаж и прибыли компании, демонстрирующие рост этого показателя и поясняющие причины роста прибыли.

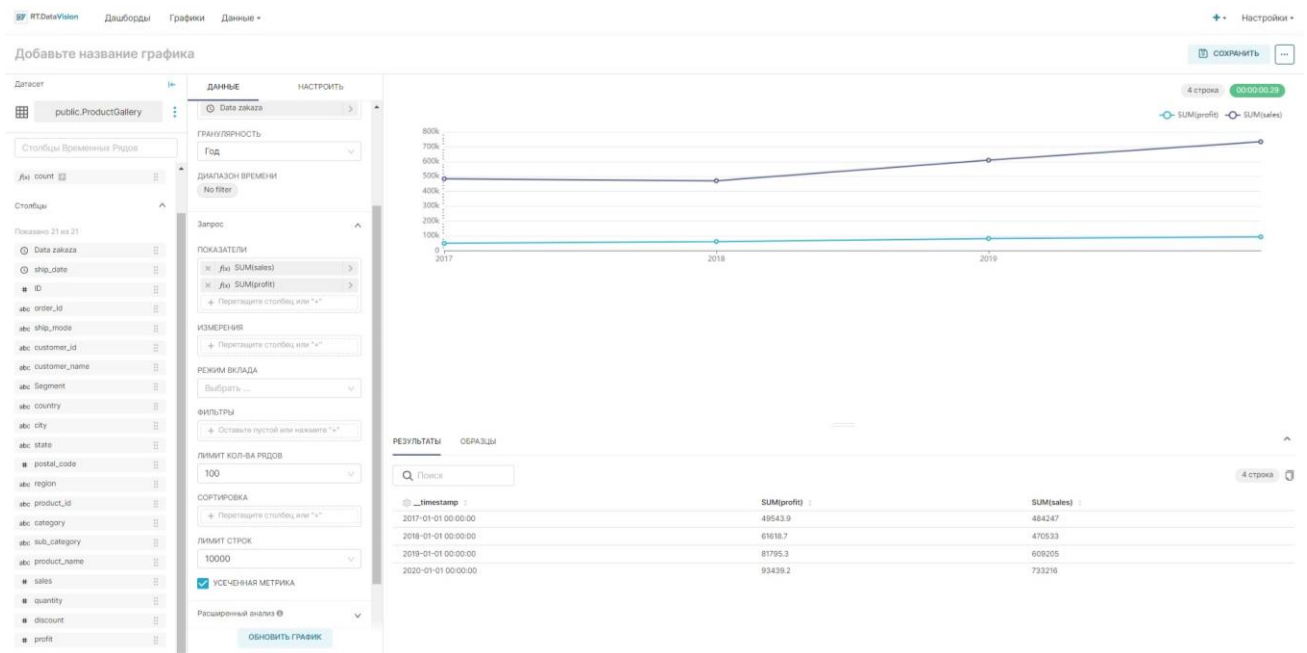


Рис. 17.1.4. Визуализация демонстрирует рост показателей продаж и прибыли компании

Дашборд представляет собой удобный ПИ для работы с аналитической информацией. Его целесообразно использовать в системах оперативного контроля и принятия решений.

Рассмотрим структуру дашборда на примере продукта RT.DataVision, работающего с хранилищем RT.DataLake от Ростелекома. Внешний вид панели настройки дашборда показан на рис. 17.1.5.

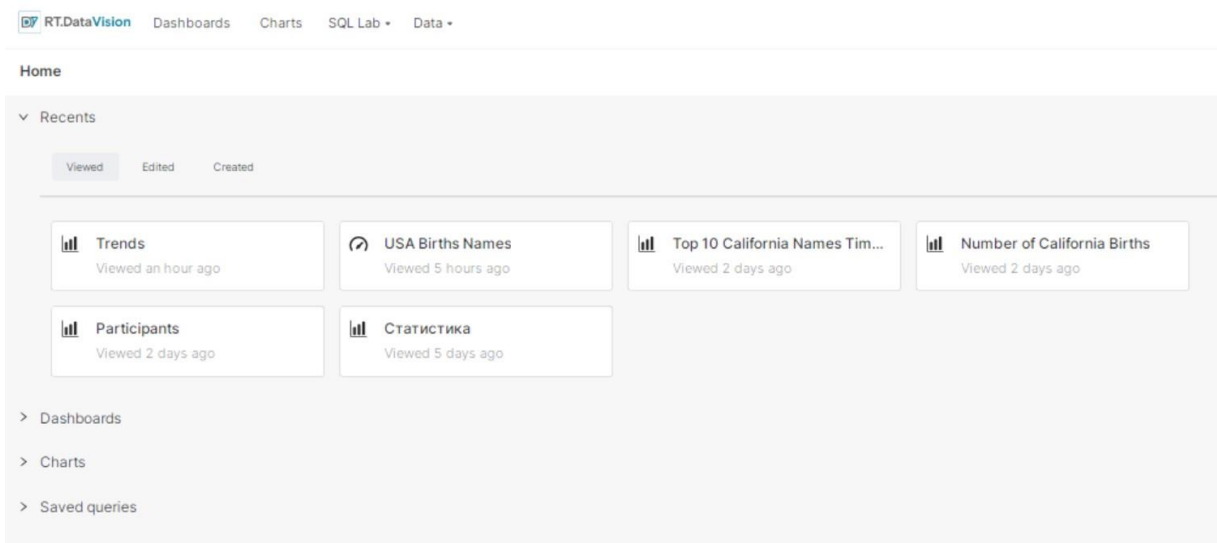


Рис. 17.1.5. Внешний вид панели настройки дашборда RT.DataVision

В создаваемом (пользовательском) дашборде возможны следующие плитки [4]. На верхней панели страницы **Home** находятся следующие разделы, отвечающие за различную функциональность **RT.DataVision** [4]:

1. **Dashboards (Дашборды)** — при нажатии откроется страница, позволяющая управлять дашбордами, а именно: просматривать все дашборды, имеющиеся в **RT.DataVision** (права на доступ к которым вы имеете), создавать новые дашборды, изменять уже существующие, удалять их.

2. **Charts (Графики)** — при нажатии отобразится страница, которая позволит вам просмотреть все графики, созданные пользователями **RT.DataVision** (к которым у вас есть доступ), создать новые графики, отредактировать имеющиеся или удалить их.

3. **SQL Lab (Лаборатория SQL)** — раздел содержит три вкладки: **SQL Editor (Редактор SQL)**, позволяющая открыть страницу с редактором и создать на ней SQL-запрос для построения графика, **Saved Queries**, которая выводит все сохранённые SQL-запросы, и **Query History**, которая позволяет посмотреть историю формирования SQL-запросов.

4. **Data (БД)** — содержит две вкладки: **Databases (Базы данных)**, которая отображает перечень всех подключённых БД к **RT.DataVision**, а также позволяет подключить новую, отредактировать имеющееся подключение или удалить его, и **Datasets (Датасеты)**, позволяющая просмотреть перечень уже имеющихся физических и виртуальных датасетов, отредактировать один из них при необходимости, создать новый или удалить необходимый.

5. **Settings (Настройки)** — содержит множество вкладок, позволяющих администрировать **RT.DataVision**:

- Раздел **Security**, позволяющий управлять безопасностью **RT.DataVision**:

- **List Users** — управление пользователями: заведение нового пользователя, назначение ролей пользователям, редактирование и удаление пользователей;
- **List Roles** — управление ролями **RT.DataVision**, в т.ч. создание новых, их настройка и назначение прав для роли, редактирование и удаление;
- **User Registrations** — управление регистрацией пользователей;
- **Row Level Security** — управление безопасностью на уровне строк, которая позволяет более тонко настроить доступ пользователей к данным;
- **Action Log** — управление логированием **RT.DataVision**;
- Раздел **Manage**, позволяющий осуществлять управление **RT.DataVision**:
 - **Annotation Layers** — управлением слоями аннотаций для добавления контекста на графики;
 - **CSS Templates** — управление шаблонами CSS для стилизации дашбордов;
 - **Alerts & Reports** — управление оповещениями и рассылкой;
- Раздел **User**, позволяющий управлять текущим пользователем.

Ниже на странице **Home** размещаются следующие области, содержащие объекты **RT.DataVision**:

1. **Recents (Последние)** — перечислены объекты (дашборды, графики), с которыми вы взаимодействовали последнее время. На вкладках **Viewed (Просмотрено)**, **Edited (Редактировано)** и **Created (Создано)** размещаются плитки объектов, которые вы недавно просматривали, изменяли и создавали соответственно. При нажатии на плитку откроется выбранный объект.
2. **Dashboards (Дашборды)** — перечислены следующие категории дашбордов: **Favorite (Избранное)**, **Mine (Мои)** и **Examples (Примеры)**.
3. **Графики (Charts)** — перечислены графики, с которыми вы недавно взаимодействовали.

4. **Сохранённые запросы (Saved Queries)** — хранятся SQL-запросы, созданные и сохранённые вами.

Теперь вы можете приступить к подключению базы данных (если вы являетесь администратором), созданию и настройке графики и созданию своих собственных уникальных дашбордов. Если вы новичок в использовании **RT.DataVision**, воспользуйтесь разделом **Создание первого дашборда**, чтобы получить первые навыки по работе с инструментом.

RT.DataLake [5] мощный и гибкий инструмент для организации эффективного корпоративного хранилища данных. Данный инструмент также поддерживает работу по анализу и обработке данных, с применением встроенного инструмента Zeppelin (аналог Jupyter Notebook) рис. 17.1.6.

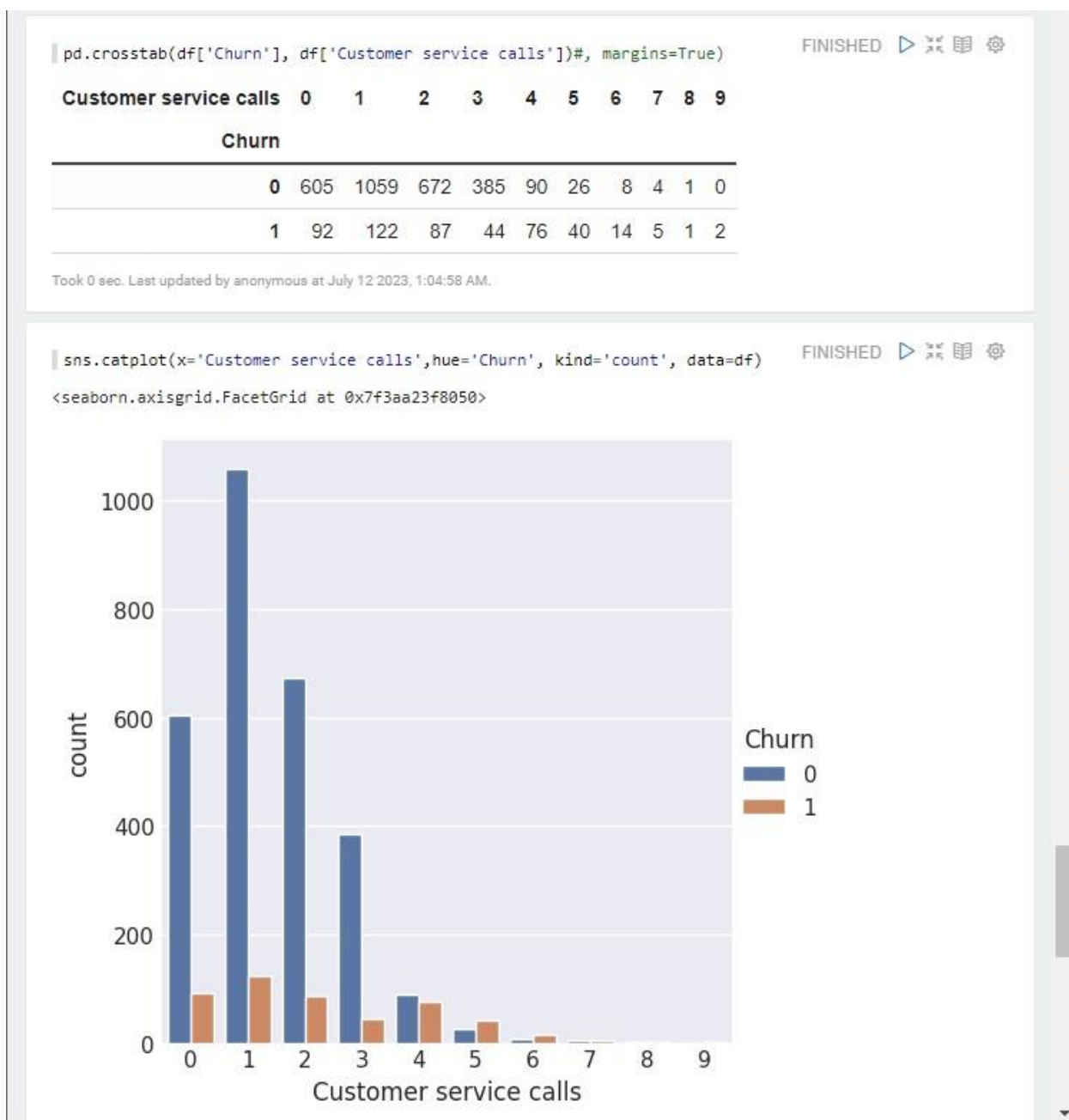


Рис. 17.1.6. Работа по анализу и обработке данных, с применением встроенного инструмента Zeppelin

В качестве аппаратного обеспечения СППР могут выступать, как отдельные ПК, сервера, так и вычислительные кластеры. Для задачи управления вычислительными ресурсами и автоматизации работы системных администраторов, инженеров DevOps, разработчиков прикладных систем используется, например, система «Базис», разработанная группой компаний Ростелеком. Внешний вид главного дашборда системы «Базис» показан на рис. 17.1.7.

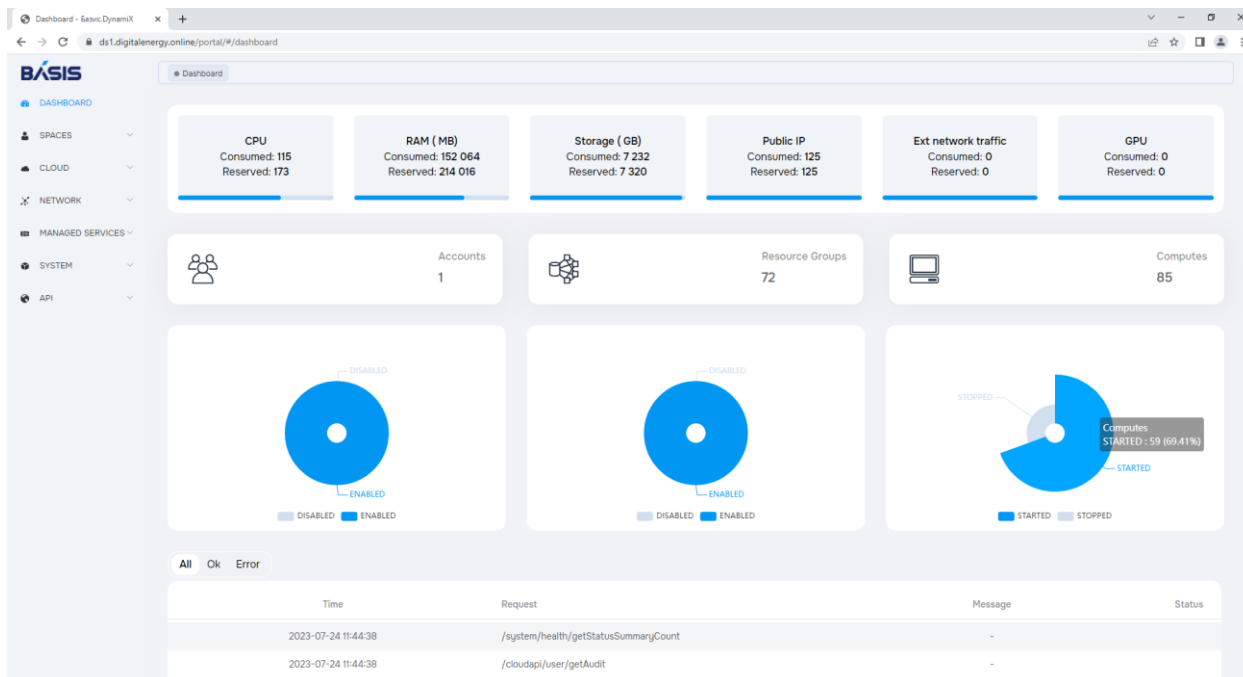


Рис. 17.1.7. Внешний вид системы «Базис»

Интерфейс работы с виртуальным вычислительным ресурсом показан на рис. 17.1.8.

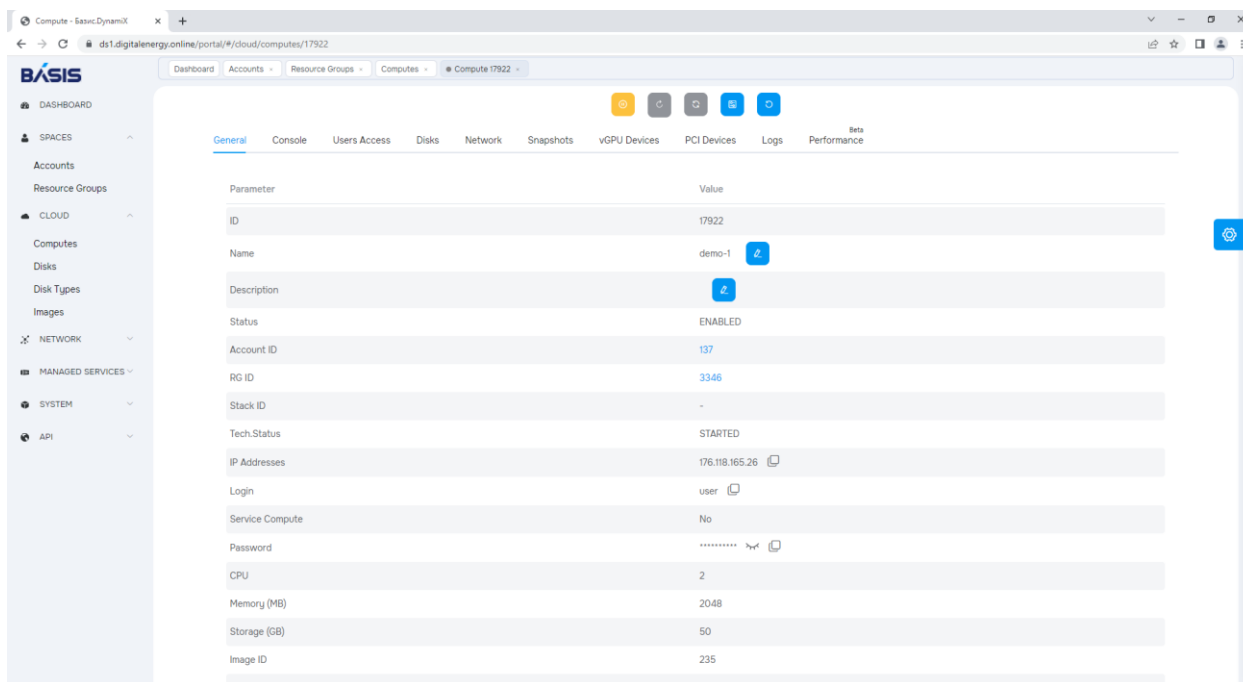


Рис. 17.1.8. Веб-интерфейс работы с виртуальным вычислительным ресурсом

Система «Базис» предоставляет доступ для работы с вычислительными ресурсами через консоль (рис. 17.1.9).

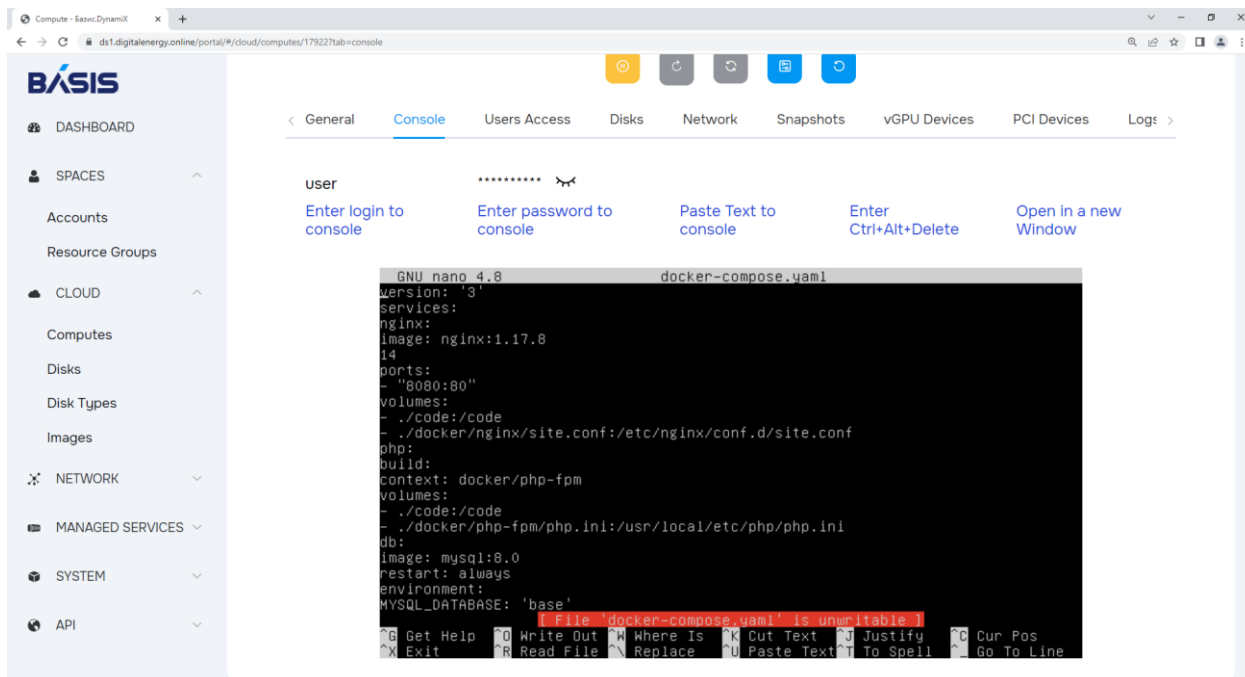


Рис. 17.1.9. Доступ для работы с вычислительными ресурсами через консоль
3 (редактирование файла)

Система «Базис» также предоставляет веб-интерфейс создания и конфигурирования кластера (рис. 17.1.10).

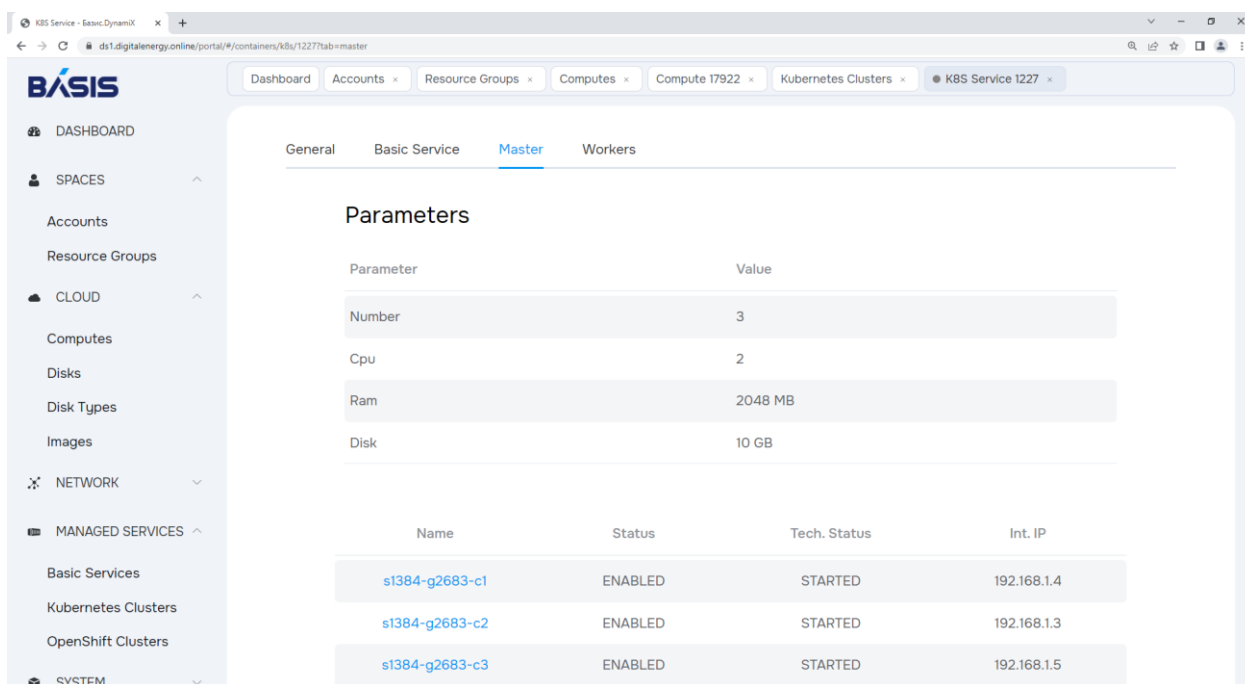


Рис. 17.1.10. Веб-интерфейс создания и конфигурирования кластера,
вкладка Master

Список литературы

1. Дашборд — что это и почему он будет вам полезен или современный способ сделать тайное явным / Хабр (habr.com) <https://habr.com/ru/companies/developersoft/articles/341972/>

2. Всё о дашбордах: как они устроены, как компании их разрабатывают и как сделать их самому (korusconsulting.ru) <https://data.korusconsulting.ru/press-center/blog/vsye-o-dashbordakh-kak-oni-ustroeny-kak-kompanii-ikh-razrabatyvayut-i-kak-sdelat-ikh-samomu/?ysclid=lkci2jawex465963484>

3. Практическое руководство по разработке дизайна дэшбордов / Хабр (habr.com) <https://habr.com/ru/articles/449048/>

4. Документация RT_DataVision. Руководство пользователя. https://docs.data.rt.ru/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/RT_DataVision/rt_datavision_user_manual

5. Инструкция пользователя. Массивно-параллельная СУБД для построения хранилищ данных (RT.DataLake) https://docs.data.rt.ru/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/RT_WareHouse/RT_WareHouseUser_manual

6. Озеро данных RT.DataLake <https://productreg.rt.ru/catalog/datalake>

Часть 2. Автоматизированная система выпуска металлургической продукции

В настоящее время повышенное внимание уделяется управлению производством. Большинство производителей видят решение своих проблем во внедрении MES и ERP-систем, конкурентное преимущество получают фирмы, которые кроме решения задачи «как управлять?» решают задачу «что изменить?». Так, одно из металлургических предприятий [1] получило экономический эффект более 180 млн. руб. в год изменив в конвертерном производстве методику назначения слябов в заказы и на дальнейшую

обработку. Эффект достигнут за счет оцифровки металлургического производства, реализации слежения за материалом и аналитической проработки исторических данных о производстве и заказах.

Представим работу аналитика, который на основе этих данных должен выдать рекомендации об изменении производства. Он вынужден будет получить отчеты с множества разнородных систем о выпуске продукции. Один человек не может работать со всеми системами АСУ ТП всех агрегатах, на всех переделах, во всех MES-системах и одновременно в ERP. Так наш аналитик обрастает коллективом, который занимается для него сбором данных. Но, даже получив все отчеты, нужно сопоставить данные между собой. Показания контрольно-измерительных приборов нужно привязать к единицам продукции (ЕП), ЕП привязать к заказам и связать между собой через генеалогию (например, плавка, сляб, рулон или лист), а если понадобятся дополнительные данные? Все начинать сначала, сколько времени займет сбор полного объема данных? Сопоставление между собой отчетов разнородных систем может привести к невозможности решения за отведенное время.

Построить систему полностью оцифрованного производства, означает дать возможность использования максимального количества информации для принятия решений в реальном или ограниченном времени. Чем больше данных - тем надежнее вывод! Решение данной задачи должно быть комплексным: 1) нет смысла покупать аналитическую систему, если нет сбора данных; 2) если сбор данных есть, данные необходимо привязать к ЕП; 3) для привязки данных к ЕП необходимо осуществить слежение за материалом и для каждой ЕП иметь генеалогию производства.

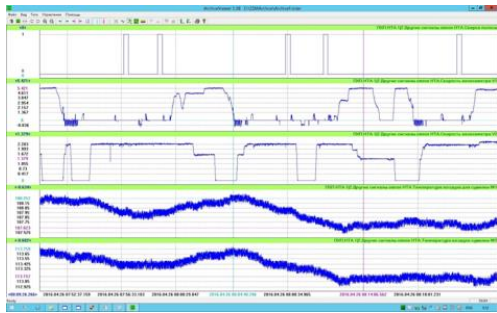
В комплексе задачу полностью оцифрованного производства решают продукты, разработанные в АО «Ай-Теко» в кооперации с ООО «ДАТА-ЦЕНТР Автоматика» и Уральским федеральным университетом: 1) DATA-TRACK – система слежения за перемещением материала (CCM) [2]; 2) EXPERT BASE – система производственной аналитики превращает анализ и

совершенствование производства в непрерывный бизнес-процесс (БП) на предприятии [3]; 3) автоматизированная система выпуска металлургической продукции [4-9] анализирует данные, использует разработанные модели для оптимизации и управления производством в реальном времени.

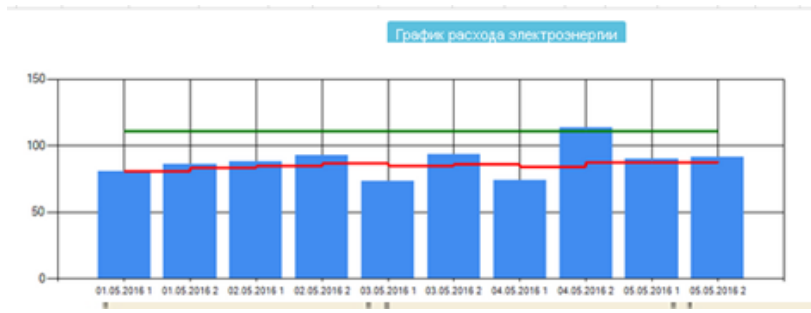
Слежение за материалом. Система DATA-TRACK.

DATA-TRACK предназначен для автоматического тотального контроля перемещения материала на производстве: 1) кранами и передаточными тележками на складах; 2) перемещение между агрегатами на производстве: на рольгангах, кранами и передаточными тележками; 3) перемещение материала по агрегату; 4) сбор данных с датчиков агрегата о преобразовании материала; 5) автоматический учет продукции на входе и выходе агрегата.

Данный продукт направлен на решение следующих задач бизнеса: 1) автоматический, с исключением человеческого фактора, контроль движения материала; 2) исключение случаев, когда на последующем переделе заготовки, сфабрикованные под один заказ, попадают в другой заказ и потребителю отгружается не надлежащая продукция; 3) сбор и накопление данных о фактических параметрах производства на каждом переделе для принятия решения об оптимизации производства; 4) расчет показателей качества и контроль в реальном времени: сравнение фактического значения параметров с допусками из операционных и технологических карт; 5) контроль наработки на каждый технологический узел в тоннах, метрах, секундах, штуках; 6) контроль потребления энергоресурсов (вода, газ, электроэнергия и т.д.) с привязкой ко времени или к ЕП (расход на единицу, расход на партию, расход на тонну и т.д.); 7) точная фактическая генеалогия производства каждой ЕП, отслеживание связей родитель-потомок для каждой ЕП; 8) улучшение пропускной способности складов и использования складского пространства не менее чем на 20%.



а) фрагмент отчета по качеству



б) фрагмент отчета по расходу энергоресурсов

Рис. 17.2.1. Фрагменты окон системы.

Для слежения за перемещением материала по складу на кранах устанавливаются видеокамеры и/или лазерные сканирующие устройства фиксирующие факт взятия/постановки груза на место хранения или на транспорт (ж/д платформа, автомобильный транспорт, передаточные тележки или рольганги) – рис. 17.2.2 (крайний слева фрагмент - 3D-визуализация склада рулонов; далее фрагмент видеопотока с камеры, установленной на кране (система зафиксировала взятие рулона краном и готова отследить дальнейшее перемещение рулона); в середине - фрагмент окна системы отражающей перемещение материала в прокатном стане; справа - система с помощью лазерного сканирования определяет положение вагона и размещение рулонов в вагоне).

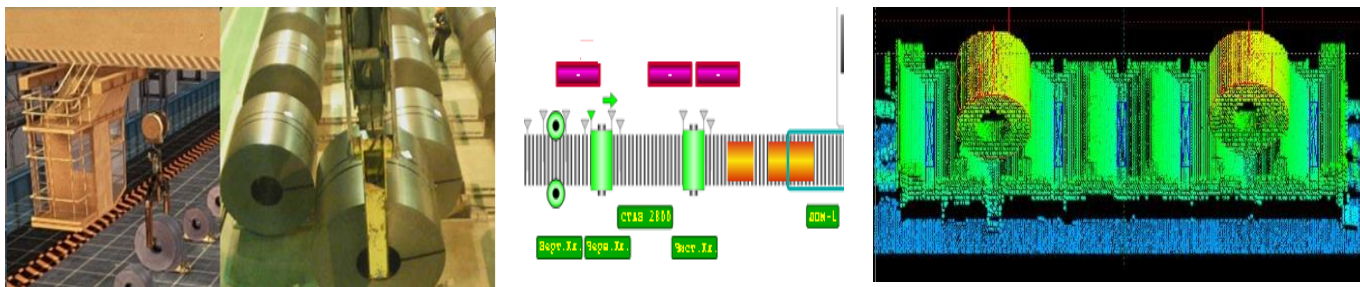


Рис. 17.2.2. Фрагмент окон системы.

Для слежения за перемещением материала на рольгангах, передаточных тележках и шлепперах видеокамеры и/или устройства лазерного сканирования располагаются так, что перекрывают пространство перемещения ЕП. С помощью системы на транспортных механизмах выделяются объекты (ЕП) и производится контроль их перемещения. При движении материала по холодильникам ЕП могут двигаться параллельно и

партии продукции, зашедшие на холодильники первыми, не обязательно первыми выходят. На выходе с холодильников партии продукции могут появиться в произвольном порядке [3]. ССМ на агрегате работает на основании данных, поступающих в систему от всех датчиков, расположенных на агрегате и смежных систем АСУ ТП. ССМ состоит из линий слежения. Линия слежения – участок агрегата, на котором ЕП последовательно проходит технологические узлы, рольганги и датчики движения (рис. 17.2.3). С 2008 года 25 внедрений продукта DATA-TRACK на предприятиях черной металлургии в России и Казахстане.

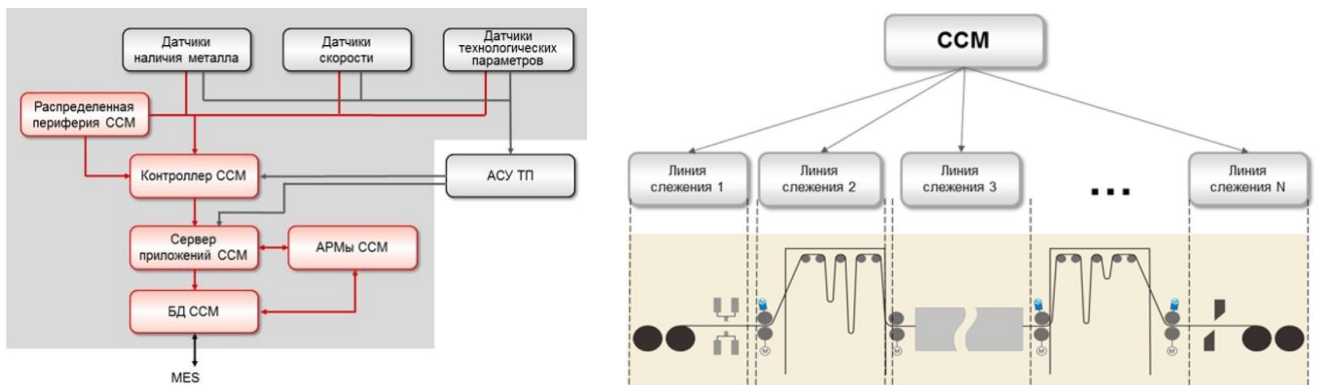


Рис. 17.2.3. Схема устанавливаемого и подключаемого оборудования в ССМ и линии слежения.

Аналитическая система EXPERT BASE

Система EXPERT BASE предназначена для принятия управленческих решений по изменению процесса производства на основе большого и пополняемого в реальном времени набора исторических данных о производстве. Изменения могут касаться, например, правил отбраковки заготовок на переделах, технологических и маршрутных карт, логистики перемещения материала, принятых БП предприятия. Система позволяет руководству компании и начальникам подразделений, технологическому персоналу анализировать процесс, оценивать его состояние по ключевым показателям, оценивать факторы, влияющие на качество продукции, и степень выполнения заказов. Система направлена на решение следующих задач бизнеса: 1) организация эффективного производства; 2) постоянный

анализ и контроль эффективности БП организации, что позволяет лучшим образом перестраивать управленческие и производственные процессы; 3) совершенствование и оптимизация производства становится постоянно действующим БП на предприятии.

Архитектура системы предполагает возможность подключения любых источников данных предприятия, не зависимо от того, являются входные данные структурированными или нет. Данные в системе это постоянно достраиваемый (динамический) граф производства. Для этого графа условно постоянной частью являются узлы, представляющие цеха и агрегаты (иерархия предприятия), и ребра возможных маршрутов движения ЕП. Всякая ЕП на каждом этапе производства в системе EXPERT BASE имеет генеалогию и полный набор параметров, описывающих единицу продукции на каждом переделе.

Система EXPERT BASE предусматривает: 1) единый интерфейс для доступа ко всем источникам данных; 2) использование привычных бизнес-терминов при построении аналитического запроса; 3) возможность самостоятельного построения (без программиста) нестандартных аналитических запросов; 4) оригинальные аналитические и статистические графовые алгоритмы построения комитетов несовместной системы линейных неравенств, позволяющие в конечном итоге получить наглядные деревья решений; 5) стандартные корреляционные и регрессионные алгоритмы.

Система EXPERT BASE внедрена в период 2008 по 2010 год на ПАО «Северсталь» в ходе проекта АС СКП «Технология». Данный проект предусматривал развертывание DATA-TRACK для основных переделов, а также монтаж новых датчиков на оборудование. В ходе работ осуществлена интеграция данных АСУ ТП и MES-систем в единое информационное пространство, осуществлен сбор данных более чем от 7000 источников.

С помощью системы EXPERT BASE была получена экономически обоснованная методика назначения слябов конвертерного цеха штрипсовых

сталей в заказы. Экономический эффект в год превысил затраты на всю систему АС СКП «Технология» [1].

Автоматизированная система выпуска металлургической продукции

Система АС ВМП предназначена для анализа производства с помощью моделей и принятия управленческих решений в реальном времени. Данная система ориентирована для применения в реальном времени с использованием инструментов и технологии BIG DATA.

Практически система позволяет создать для всех производственных процессов путем машинного обучения «цифрового двойника». АС ВМП предоставляет возможность построения имитационных моделей процессов преобразования ресурсов [5-7] и коллективного поведения объектов (агентов в терминах искусственного интеллекта) в условиях заданной системы потребностей и интересов. Данная возможность предоставляет широкий спектр для задач оптимизации, принятия решений, оперативного планирования и диспетчеризации не только технологических, но логистических и бизнес-процессов. В основе модели процесса преобразования ресурсов лежат схемы массового обслуживания, автоматы, сети Петри и агентный подход.

Хранение и сбор данных АС ВМП построены на решениях в области Big Data и промышленной автоматизации. Совместно с Уральским федеральным университетом разработаны модули создания моделей процессов (СМП) и оптимизации процессов предприятия (ОПП) на основе имитационного моделирования и генетических алгоритмов.

Архитектура системы АС ВМП представлена на рис. 17.2.4. Хранилище данных состоит из двух составляющих: 1) MongoDB для оперативного сбора и постобработки информации; 2) Oracle для обеспечения долгосрочного хранения и аналитической обработки информации. Модуль обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП) обеспечивает сбор и обмен данными от внешних систем класса КИС, MES, ERP.

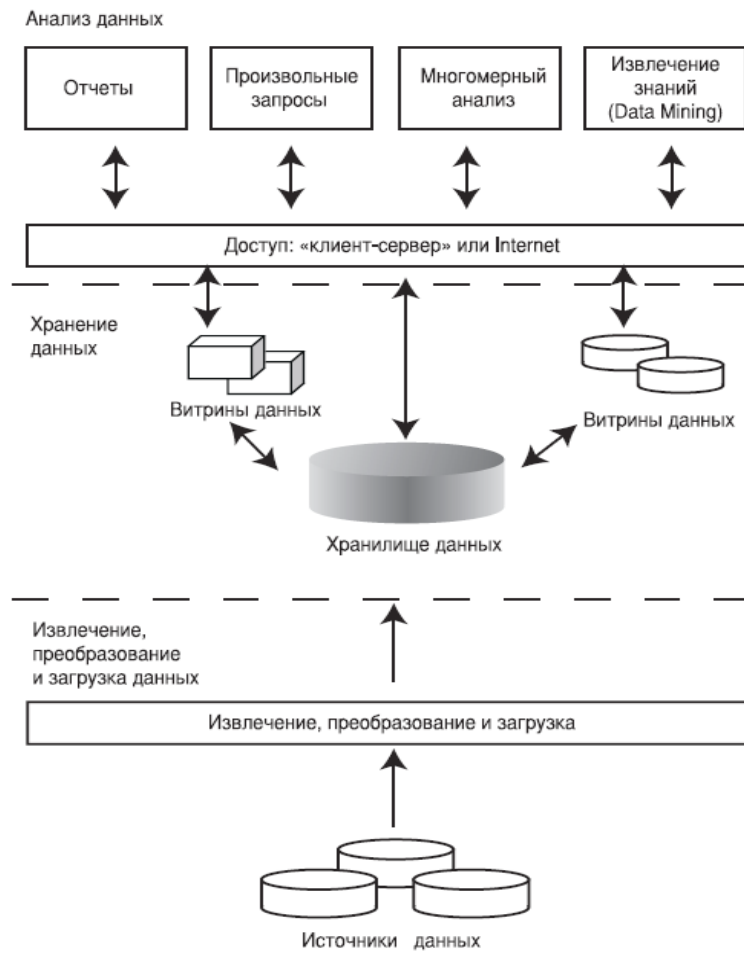


Рис. 17.2.4. Архитектура системы АС ВМП

Схема взаимодействия модулей представлена на рис. 17.2.5.

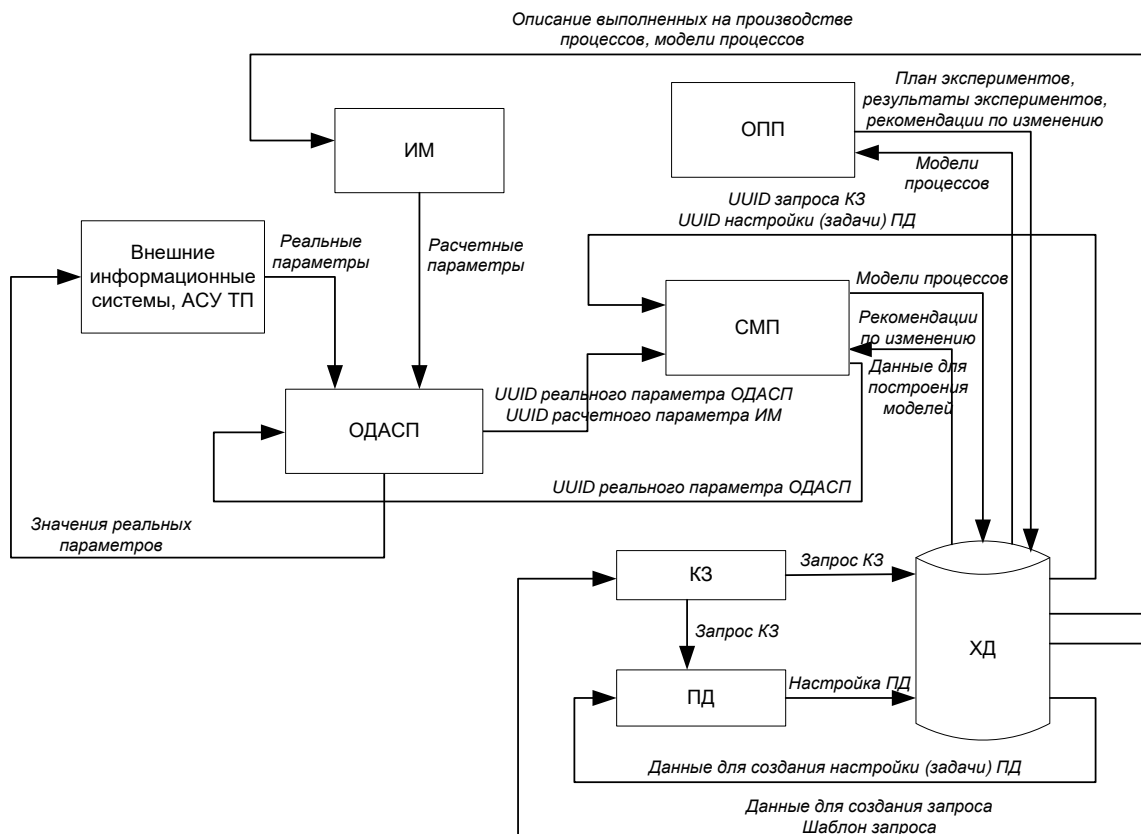


Рис. 17.2.5. Схема взаимодействия модулей системы АС ВМП

Особенностью взаимодействия модулей системы АС ВМП является то, что не только подсистема моделирования использует данные КИС посредством модулей ОДАСП (передает значения реальных производственных параметров), КЗ (передает результаты выполнения запросов на выборку из ХД), ПД (передает результаты выполнения задач, применяющих методы анализа данных к выборке ХД), но и параметры КИС меняются в зависимости от результатов моделирования посредством модуля ОДАСП.

При согласовании входных и выходных параметров моделей процессов, создаваемых с помощью модулей СМП/ОПП, с параметрами реальных технологических процессов и параметров, формируемых в результате работы других модулей АС ВМП, модуль СМП подписывается на получение параметра с определенным идентификатором (UUID). При согласовании через ОДАСП данный параметр представляет собой реальный параметр технологического процесса, получаемый модулем обмена данными с

автоматизированными системами предприятия (ОДАСП) из внешних информационных систем или АСУ ТП и транслируемый ОДАСП всем подписчикам, в том числе, модулю СМП и в хранилище данных (ХД). При согласовании через модуль интеграции моделей (ИМ) данный параметр представляет собой расчетный параметр процесса, получаемый модулем ОДАСП из модуля ИМ и транслируемый ОДАСП всем подписчикам, в том числе, модулю СМП. При согласовании через конструктор запросов (КЗ) модуль СМП хранит идентификатор (UUID) запроса модуля КЗ (сам запрос хранится в ХД). При запуске имитации модели процессов нужный запрос КЗ выполняется в модуле КЗ и данные, сформированные в результате выполнения запроса, поступают на вход модели. Это обеспечивает актуальность поступающих данных на момент начала имитации модели процессов.

Алгоритм работы модуля ОПП реализуется следующей последовательностью действий:

1. Пользователь заходит в веб-интерфейс модуля ОПП путем выбора меню АРМ Персонала «Модели / Конструктор».
2. Модуль СМП проверяет, есть ли у пользователя права на выполнение модели.
3. На странице конструктора моделей пользователю необходимо выбрать предметную область и открыть модель.
4. Пользователь должен создать план экспериментов, выделив имя модели в дереве элементов, вызвав правой кнопкой мыши контекстное меню и выбрав пункт меню «Планы».
5. Проведение экспериментов с моделью: Прописать условия имитации модели. Определить условие остановки работы модели. Проконтролировать окончания выполнения плана или эксперимента. При визуализации работы моделей используется 3D анимация.
6. Передача результатов выполнения модели и формирование отчетов.

Применение эволюционно-имитационного алгоритма оптимизации процессов позволяет использовать естественные законы развития сложных систем для решения оптимизационных задач с помощью генерации и оценки альтернативных вариантов функционирования систем. Рассмотрим этапы реализации алгоритма в модуле ОПП.

Этап 1. Выбор способа кодирования оцениваемого альтернативного решения задачи в строку символов, кодирующую некоторое решение оптимизационной задачи.

Этап 2. Разработка (настройка и выбор) генетических операторов для задачи.

Этап 3. Определение законов выживания решения.

Этап 4. Выбор способа генерации начальной популяции и способа останова работы алгоритма (рис. 17.2.6). Генерация начальной популяции реализована случайным образом. Способ останова алгоритма выбран по достижению заданного пользователем числа популяций.

Этап 5. Эволюционно-имитационное моделирование.

Этап 6. Передача результатов выполнения модели.

Создание плана эволюционного моделирования

Наименование: Число хромосом:

Количество тактов: Число популяций:

Вероятность применения оператора мутации от: до:

Вероятность применения оператора инверсии от: до:

Выходной параметр

Наименование параметра: Оптимальное значение:

Входные параметры

Наименование параметра	Минимальное значение	Максимальное значение	Оптимальное значение
ГП.ГОО.ИНЖ	3	4	-
ГП.ГОТС.АДМ	1	4	-
ХП.ГОТС.АДМ	1	4	-
ГП.ГОТС.ВЕДИНК	1	2	-
ХП.ГОТС.ВЕДИНК	1	2	-

Рис. 17.2.6. Вид созданного плана эволюционного моделирования в АС ВМП.

Модули АС ВМП были испытаны в кислородно-конвертерном цехе на ПАО «Северсталь». Решалась задача оптимизации перемещения плавок по конвертерному производству с помощью кранов и сталевозов (рис. 17.2.7, на рисунке б) один из завершенных производственных циклов помечен красной линией: при оптимизированном расписании (нижний правый график) длительность цикла на 20% меньше).

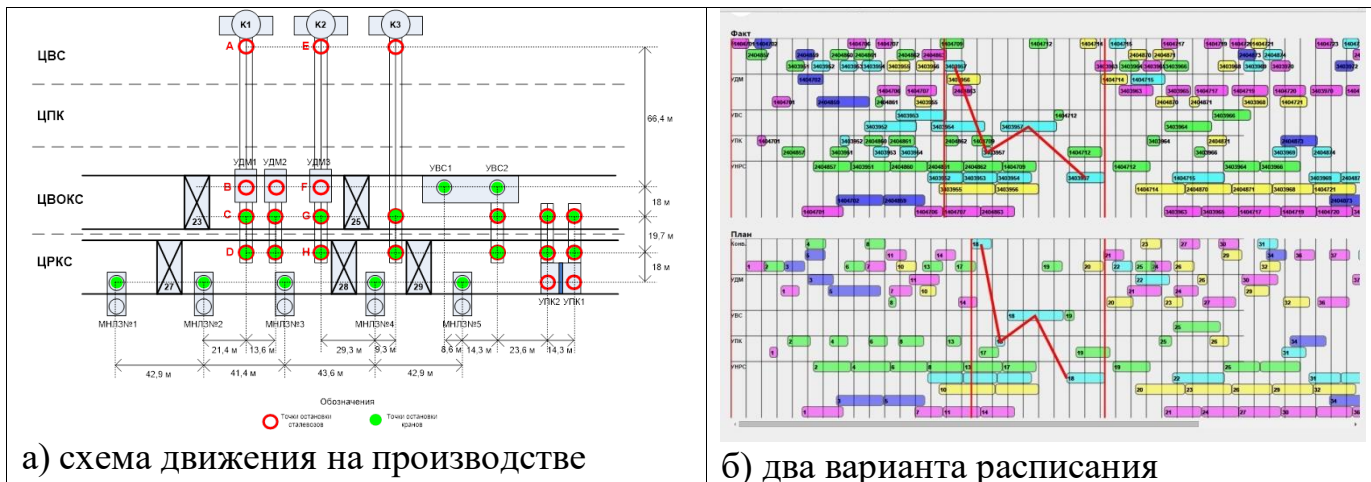


Рис. 17.2.7. Фрагмент окон системы.

На рисунке 17.2.8 показан вид трехмерной сцены мультиагентной модели конвертерного производства в подсистеме моделирования АС ВМП [5-8].

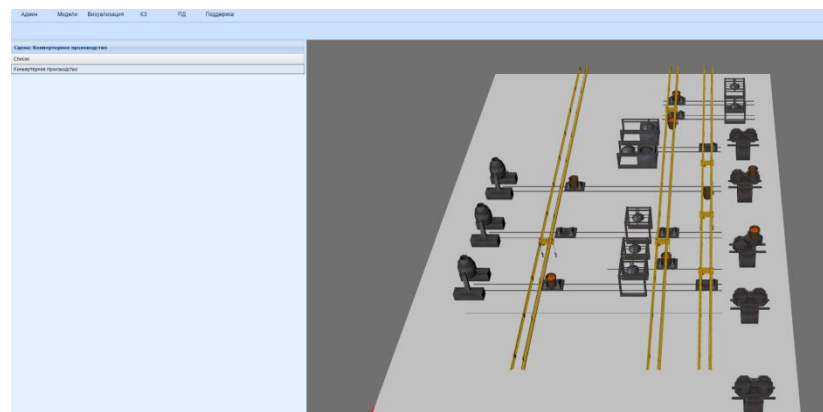


Рисунок 17.2.8 – Вид трехмерной сцены модели конвертерного производства

Список литературы

1. Автоматизированная система выпуска металлургической продукции (АС ВМП) URL: <http://www.i->

teco.ru/solutions/control_systems_and_automation/asvmp/ (дата обращения: 23.04.2017).

2. Кабаков П.З., Кабаков З.К., Мишнев П.А., Никонов С.В., Иткин А.А. Разработка методики назначения слябов конвертерного цеха штрипсовых сталей в заказы на основе статистических методов. Журнал «СТАЛЬ» № 1. Москва. 2015. С. 88-92.

3. Система слежения за металлом URL: <http://www.dc.ru/activities/ssm/> (дата обращения: 23.04.2017).

4. Система EXPERT BASE помогает принимать управленческие решения об изменении производства URL: http://www.dc.ru/activities/asu_tp/big_data (дата обращения: 23.04.2017).

5. Aksyonov K., Antonova A. The use of simulation in the management of converter production logistics processes. Advances in Intelligent Systems and Computing. International Symposium on Intelligent Systems Technologies and Applications, ISTA 2016; Jaipur; India; 2016; Volume 530, **DOI:** 10.1007/978-3-319-47952-1_54. P. 675-682.

6. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O. Agent-directed resource conversion process model design principles. Agent-Directed Simulation Symposium, ADS 2016, Part of the 2016 Spring Simulation Multi-Conference, SpringSim 2016; Pasadena; United States. Simulation Series. Volume 48, Issue 1, 2016, P. 84-89.

7. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N. and Nevolina A., Extension of the multi-agent resource conversion processes model: Implementation of agent coalitions. 5th International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2016; Jaipur; India; 2016. **DOI:** 10.1109/ICACCI.2016.7732110 WOS:000392503100094. P. 593-597.

8. Borodin A., Kiselev Y., Mirvoda S, and Porshnev S. On design of domain-specific query language for the metallurgical industry // Proceedings of 11th Int. Conference BDAS 2015: Beyond Databases, Architectures and

Structures: Communications in Computer and Information Science, 26-29 May 2015, Ustron, vol. 521, P. 505-515.

9. Borodin A., Mirvoda S., Porshnev S. Database Index Debug Techniques: A Case Study //International Conference: Beyond Databases, Architectures and Structures. – Springer International Publishing, 2016. – P. 648-658.

Часть 3. Вопросно-ответная система ТВИН

Применение гибридной системы распознавания речи на основе пост-обработки для улучшения качества принятия решений используя фонетический анализ слов и фонем

В наши дни технология распознавания речи получила огромное распространение. Многочисленные голосовые помощники, системы голосового поиска и технологии преобразования голоса в текст используются очень часто и быстро набирают популярность. Однако это вызывает проблемы в определенных областях.

Ранее было исследовано, что существующие сторонние системы динамического распознавания речи имеют разные преимущества и недостатки в разных ситуациях. Например, система распознавания Яндекс лучше обрабатывает короткие эмоциональные фразы, а система Google – длинные сложные предложения и термины [3].

Результаты этого исследования используются при разработке системы автоматического обзвона клиентов «Твин». В то же время у всех систем, в том числе и у другой независимой сторонней системы, есть проблемы с распознаванием в плане шума, нестабильного темпа речи, дефектов голоса собеседника, языковых особенностей и так далее.

Эта особенность распознавания речи связана с тем, что каждая современная система лучше распознает фонемы и фразы, а отдельные звуки хуже, особенно если есть шумы и другие факторы, искажающие качество передаваемого звукового сообщения. Также важно обращать внимание на другие внешние факторы, включая характеристики используемых микрофонов, возможные технические, аппаратные и программные трудности, помехи при передаче данных и другие. Это наблюдение

подтверждается данными других независимых исследователей [4]. В динамической системе, работающей в реальном времени по заданному сценарию и в определенной предметной области, неточности распознавания могут быть критическими.

Для решения этой проблемы предложен гибридный многоагентный подход [1].

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В рамках предыдущей работы мы рассказали о том, как можно организовать систему предварительной обработки речи, чтобы отнести ее к какой-либо категории для выбора системы распознавания. Это значительно увеличивает точность распознавания речи, однако для практического использования в некоторых предметных областях этого оказывается недостаточно. Это хорошо иллюстрируется практическими примерами, выявленными при разработке и эксплуатации системы «Близнец» [2].

Разработанная система позволяет настраивать переменный сценарий диалога в специальном интерфейсе для последующего его ведения в реальном времени. Примерами пользователей этой системы являются службы сбора, службы доставки, консультанты и т. Д. В наши дни эта функция широко применяется, но в основном она привязана к конкретным узкоспециализированным предметным областям [5].

В рамках работы по повышению качества распознавания был предложен гибридный подход к постобработке распознанного текста. Идея состоит в том, чтобы использовать методы выделения корней и систему взвешивания для распознанных слов.

Благодаря лемматизации и лексическому анализу слово приводится к форме, более понятной для машины, чтобы решить, к какой ветви скрипта перейти в текущий момент диалога. Кроме того, из-за повторяемости диалогов очень часто повторяются некоторые значимые слова и фразы, на основании появления которых во время диалога принимается решение, что увеличивает вероятность появления этого слова в будущем для

распространенный сценарий выбора ветки скриптов. Частота появления таких слов учитывается системой взвешивания ключевых слов, что также увеличивает ожидания системы для данного слова или фразы, а также улучшает качество распознавания. Однако здесь возникает другая проблема [2, 6, 7].

Ранее мы говорили, что у каждой из систем распознавания есть свои слабые места. В то же время у обеих систем есть проблема распознавания в шумных условиях. В таких ситуациях обычно возникает проблема, когда фонетически похожие слова распознаются неправильно, что может привести к невозможности распознать фразу и принять решение или, в худших случаях, к выбору неправильной диалоговой ветви сценария.

Ярким примером фонетически подобных фраз в русском языке является пара «Грипп» (Грипп) и «Гриб» (Гриб) или «Кот» (Кот) и «Код» (Код) и так далее. Представленные примеры, конечно, необычны и нереалистичны, поскольку относятся к совершенно разным предметным областям. Эти примеры представлены здесь как очень легко понятная ошибка дисперсии фонематического распознавания.

Однако на практике иногда возникают настоящие проблемы с подобными вещами. Есть два варианта ошибки распознавания. Первый возникает, если сторонние системы распознавания речи неправильно распознают какое-либо слово или фразу. В этом случае предложение теряет смысл. Эта проблема напрямую связана со следующими примерами. Второй еще хуже. Он возникает, когда ошибка распознавания приводит к неправильному принятию решения. Это может произойти, если в распознанном слове или фразе есть фонетически похожее слово или фраза с другим значением, но в той же предметной области.

Яркий пример такой ситуации – «Да, верно» и «Наверно». В этом случае сценарий диалога перейдет не в ту ветку. Более того, в этом примере может возникнуть другая проблема распознавания, такая же, как и в первом случае.

«Да, верно» также может быть ошибочно воспринято как «Таверна», что не имеет смысла.

ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Для устранения таких ошибок было предложено решение с использованием дополнительной постобработки текста, включая фонетический анализ. Этот процесс происходит предварительно, и только после него происходит уже описанный процесс лемматизации, анализа и принятия решения. Отдельные слова отправляются на вход фонетического модуля.

Каждое слово разбивается на фонемы. Для этого используется отдельный словарь и механизм парсинга. Словарь настраивается для каждого языка отдельно из-за разных грамматических правил. Пример словаря для русского языка представлен на Рис. 17.3.1.

```
private $hardConsonants = 'жшцх';
private $softConsonants = 'йчц';
private $replacePairs = [
    'стн' => 'сн',
    'стл' => 'сл',
    'нтг' => 'нг',
    'эдн' => 'эн',
    'эдц' => 'эц',
    'ндц' => 'нц',
    'рдц' => 'рц',
    'ндш' => 'нш',
    'гдт' => 'гт',
    'лнц' => 'нц'
];
private $prepositions = [
    'без', 'близ', 'в', 'из', 'меж', 'над', 'об', 'под', 'пред', 'перед', 'через', 'через', 'изпод', 'понад'
];
private $particles = [
    'бы', 'б', 'ли', 'ль', 'же', 'ж', '-то', '-ка', '-либо', '-нибудь', '-таки', '-тка', '-де', '-с', '-в-'
];
private $q2p = [
    // vocals
    'а' => ['0', '0', '0', '0', '0', '0', '0', '0'],
    'я' => ['U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U'],
    'я' => ['A', 'I', 'A', 'I', 'A', 'Y', 'A', 'I'],
    'е' => ['I', 'I', 'I', 'I', 'Y', 'Y', 'I', 'I'],
    'е' => ['I', 'I', 'I', 'I', 'Y', 'Y', 'I', 'I']
];
```

Рис 17.3.1. Пример тестового словаря.

В процессе фонетической обработки буквы слова меняются на фонемы.

Затем для определения слова и принятия решения алгоритм вычисления расстояния Левенштейна применяется к полученному результату и уменьшается до значения от 0 до 1. При достижении большей вероятности выбирается более вероятная фраза. Он также использует механизм ключевых слов, описанный ранее.

Примеры тестов также представлены на Рис. 17.3.2.

```
return [
  ['', '', 1],
  ['араб', 'арап', 1],
  ['кот', 'код', 1],
  ['гриб', 'грипп', 1],
  ['братся', 'братца', 1],
  ['вести', 'весьте', 1],
  ['власти', 'влазьте', 1],
  ['Воронеж', 'воронишь', 1],
  ['выпечен', 'выпячен', 1],
  ['датировать', 'дотировать', 1],
  ['дивиться', 'девица', 1],
  ['иж', 'ишь', 1],
  ['калаш', 'коллаг', 1],
  ['кобольд', 'кобалт', 1],
  ['свисти', 'свезти', 1],
  ['скрип колеса', 'скрипка-лиса', 1],
  ['И снится нам не рокот космодрома', 'И снится нам не рог от космодрома', 1],
  ['острова', 'острого', 1],
  ['Женщин и курицу берут руками', 'Женщины курицу берут руками', 1],
  ['да верно', 'таверна', 0.95],
```

Рис 17.3.2. Тестовые примеры.

Современные тенденции в развитии информационных технологий и растущий уровень автоматизации любых организаций требуют создания эффективных и технологически продвинутых решений для организации обработки входящих запросов. Основным атрибутом компании, предоставляющей услуги, является наличие Call-центра.

На данный момент технологии обработки данных постепенно развиваются, и все больше систем ежедневно заменяют человеческие ресурсы.

Автоматизация и создание информационных систем на сегодняшний день являются наиболее перспективными направлениями деятельности современного общества. Одной из причин активного развития этих областей является то, что автоматизация является основой для фундаментальных изменений в процессах управления, которые играют важную роль в деятельности компаний.

Таким образом, необходимо использовать систему управления, работа которой направлена на поддержание и улучшение работы Call-центра с помощью устройства управления (комплекс средств для сбора, обработки, передачи информации и формирования управляющих сигналов или команд).

В рамках этой работы были проведены испытания основных существующих систем распознавания речи, а также разработка и разработка автоматизированной системы под названием «Twin».

Выбор системы распознавания речи

Модуль распознавания речи в системе «Twin» использует в своей работе интеграцию двух наиболее развитых на данный момент существующих решений по распознаванию речи - YandexSpeechKit и GoogleSpeech API.

Выбор системы распознавания может быть настроен заранее или динамически определен с использованием модуля поддержки принятия решений. Этот модуль основан на специальном алгоритме распознавания речи на основе метода поиска динамических решений и выбора системы окончательного распознавания. Этот модуль будет описан более подробно позже.

Решение использовать обе популярные системы распознавания речи обусловлено несколькими факторами:

- Эти системы закрыты, поэтому нельзя однозначно полагаться на качество каждого признания.
- Качество распознавания отдельных языковых структур варьируется для этих систем.
- В этих системах используются различные механизмы внутреннего распознавания, поэтому они могут генерировать разные результаты по-разному, которые могут использоваться для разных предметных областей (в случае установки явной системы распознавания на этапе проектирования диалоговых скриптов).
- Эти системы предлагают другую дополнительную функциональность, которая также может быть изменена для различных областей применения.
- Эти системы отличаются с точки зрения стоимости использования, что позволяет использовать более дешевые решения в некоторых предметных областях с более простой инфраструктурой.

Из перечисленных пунктов наиболее спорным и требовательным вниманием является утверждение о различном качестве распознавания различных лингвистических структур. В результате было проверено качество распознавания некоторых основных речевых структур для обеих систем.

Тестирование систем распознавания речи

Для испытаний были рассмотрены следующие критерии качества распознавания речи:

- Процент распознанных коротких эмоциональных фраз.
- Процент распознанных длинных фраз.
- Процент распознанных терминов, относящихся к предметной области.
- Процент распознанных имен собственных.
- Процент распознанных простых цифр.
- Процент распознанных сложных цифр.
- Процент распознанных дат, адресов и другой аудиоинформации, содержащей цифры.
- Процент распознаваемой речи с точки зрения шума и других искажений.

Основываясь на приведенной выше информации, можно заключить, что система Яндекса хороша в распознавании коротких эмоциональных фраз, а также цифр. Напротив, Google API хорошо понимает длинные фразы и термины. Результаты этого исследования используются в разработке автоматической системы «Тwin».

В то же время обе системы имеют проблемы с распознаванием с точки зрения шума, различного темпа речи и дефектов голоса собеседника.

Это связано с тем, что обе системы лучше распознают фонемы и фразы, а отдельные звуки хуже, особенно если есть шумы и другие факторы, которые искажают качество передаваемого аудио сообщения. Это наблюдение подтверждают результаты, полученные другими независимыми исследователями [13].

Чтобы устранить такие проблемы, необходимо предварительно обработать с помощью динамического выбора предоставляемых услуг распознавания и последующей обработки полученной текстовой информации, включая лемматизацию и нормализацию отдельных слов в распознанной речи и другие методы. Например, в случае обработки чисел можно применять технологии токенизации.

На основе полученных данных был сформирован алгоритм системы распознавания речи, который является частью комплекса «Twin».

Кроме того, подсистема включает в себя модуль для обработки распознанного текста - нормализацию, выделение ключевых слов и т.д. Использование этого модуля значительно упрощает окончательное восприятие роботом речи собеседника и выбор последующих действий (вызывая соответствующие реплики), предусмотренные в данном сценарии.

В результате был протестирован принятый модуль распознавания речи, работающий со средствами различных сторонних служб. Качество распознавания в этом случае увеличивалось по заданным показателям. В следующей таблице показана выборочная статистика для распознавания фраз системой двойных фраз по категориям для ежемесячного периода тестирования реальных данных (таблица 17.3.1).

ТАБЛИЦА 17.3.1. СРАВНЕНИЕ КАЧЕСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ

Сравнение качества распознавания	Тип распознаваемой фразы	Количество тестируемых фраз	Количество корректно распознанных фраз	Количество ошибок распознавания звуков, слогов	Количество ошибок распознавания форм слов	Количество ошибок распознавания полностью слов	Процент ошибок распознавания
1	Короткие эмоциональные фразы	4200	3402	187	529	82	19
2	Длинные фразы	3699	3107	104	471	17	16,00432549
3	Термины, характерные для предметной области	1216	1143	31	35	7	6,003289474
4	Имена собственные	2540	2159	249	46	86	15
5	Простые числительные	5366	5205	25	62	74	3,000372717
6	Сложные числительные	2200	1958	95	59	88	11
7	Даты, адреса и прочая аудиоинформация, содержащая числительные	1289	1006	163	86	34	18,00254453
8	Фразы в условиях шума и искажений	1659	553	436	391	279	40

Проектирование архитектуры автоматизированной системы «Тwin»

Общая инфраструктура системы «Твин» заключается в том, что это распределенная система, которая включает в себя множество компонентов и обеспечивает интеграцию со многими сторонними системами [14].

В частности, архитектура подсистемы распознавания голоса включает в себя интеграцию с системами телефонии, системами распознавания речи, модулем поддержки принятия решений, модулем создания сценария, модулем обработки сообщений и генерацией ответа и т.п.

В общем, система включает в себя множество других компонентов, таких как подсистема биллинга, модуль конфигурации телефонии, модель для создания и редактирования сценариев вызовов, модуль для генерации списков вызывающих абонентов, диспетчер очереди и диспетчер вызовов и

другие. Некоторые из внутренних компонентов системы, относящиеся к системе распознавания речи, были рассмотрены ранее.

Для телефонии используется отдельно представленная АТС-единица, которая включает в себя решение компьютерной телефонии Asterisk с открытым исходным кодом, интегрированное в распределенный комплекс, с использованием PHP библиотеки PHP-AGI, предназначенной для взаимодействия с серверными модулями в распределенной системе «Twin».

В общем, работу этой системы можно представить следующим образом.

Пользователь, являющийся кандидатом на вызов, взаимодействует с этим модулем телефонии. Диалог осуществляется динамически в режиме реального времени. Речь собеседника транслируется на АТС, где она динамически распознается и передается в требуемом формате в систему обработки сообщений для дальнейшего принятия решения.

Когда распознавание фразы клиента заканчивается, сервер отправляет POST запрос с этой информацией, а затем начинается распознавание. Asterisk взаимодействует с UniMRCP - программным обеспечением для взаимодействия с функциями распознавания голоса и распознавания речи: Yandex или Google, в зависимости от настроек или автоматического выбора.

Углубляя техническую реализацию взаимодействия по протоколу MRCP, можно идентифицировать четыре агента (Twin, UniMRCP-сервер, GSP-плагин, сторонние платформы, такие как Google Speech Api или Yandex Speech Kit), которые взаимодействуют друг с другом.

Следующая диаграмма последовательности визуализирует процесс взаимодействия этих агентов в разных состояниях (рис. 17.3.3).

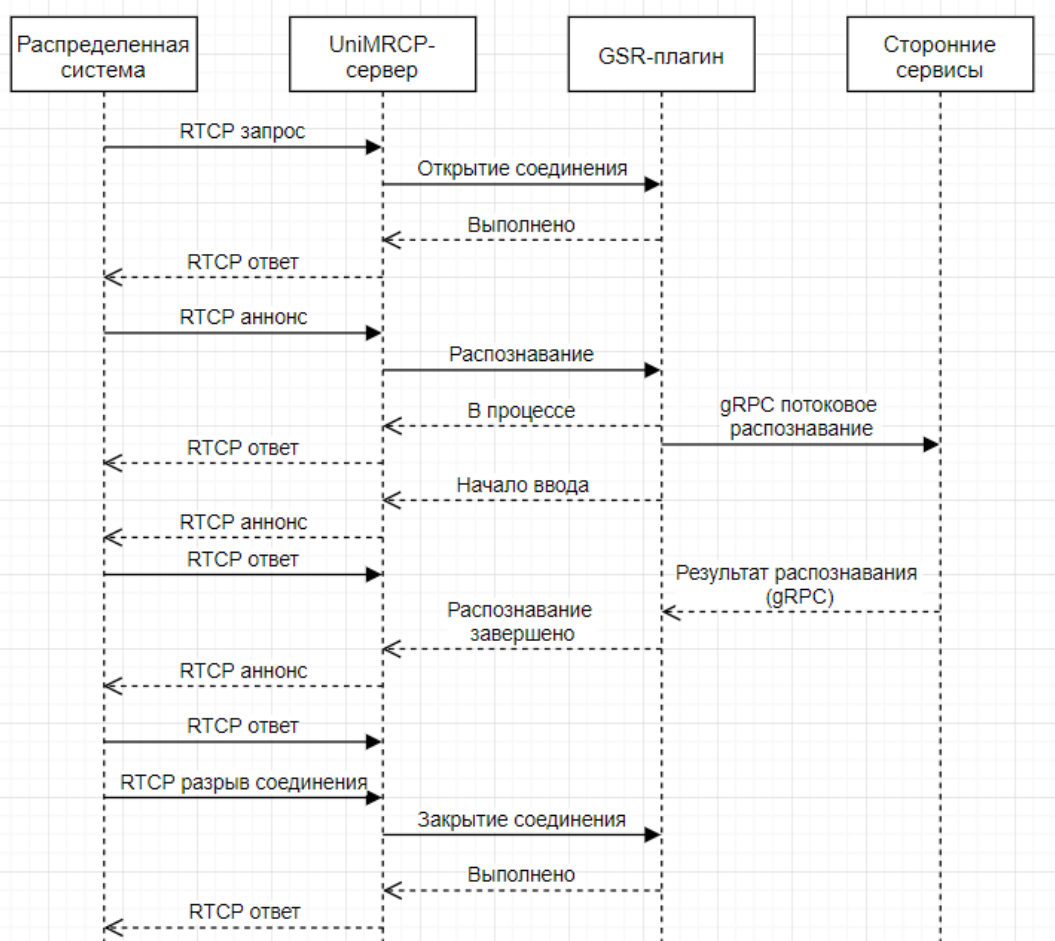


Рис. 17.3.3. Диаграмма последовательности взаимодействия агентов в различных состояниях.

Для динамического выбора службы распознавания существует отдельный компонент системы управления в виде модуля поддержки принятия решений, который взаимодействует с Asterisk.

Для достижения этого используется специальный алгоритм распознавания.

Описание алгоритма распознавания

Алгоритмически, работа модуля распознавания речи «Twin» со всеми включенными в него компонентами может быть описана с использованием следующей диаграммы последовательности (рис. 17.3.4).

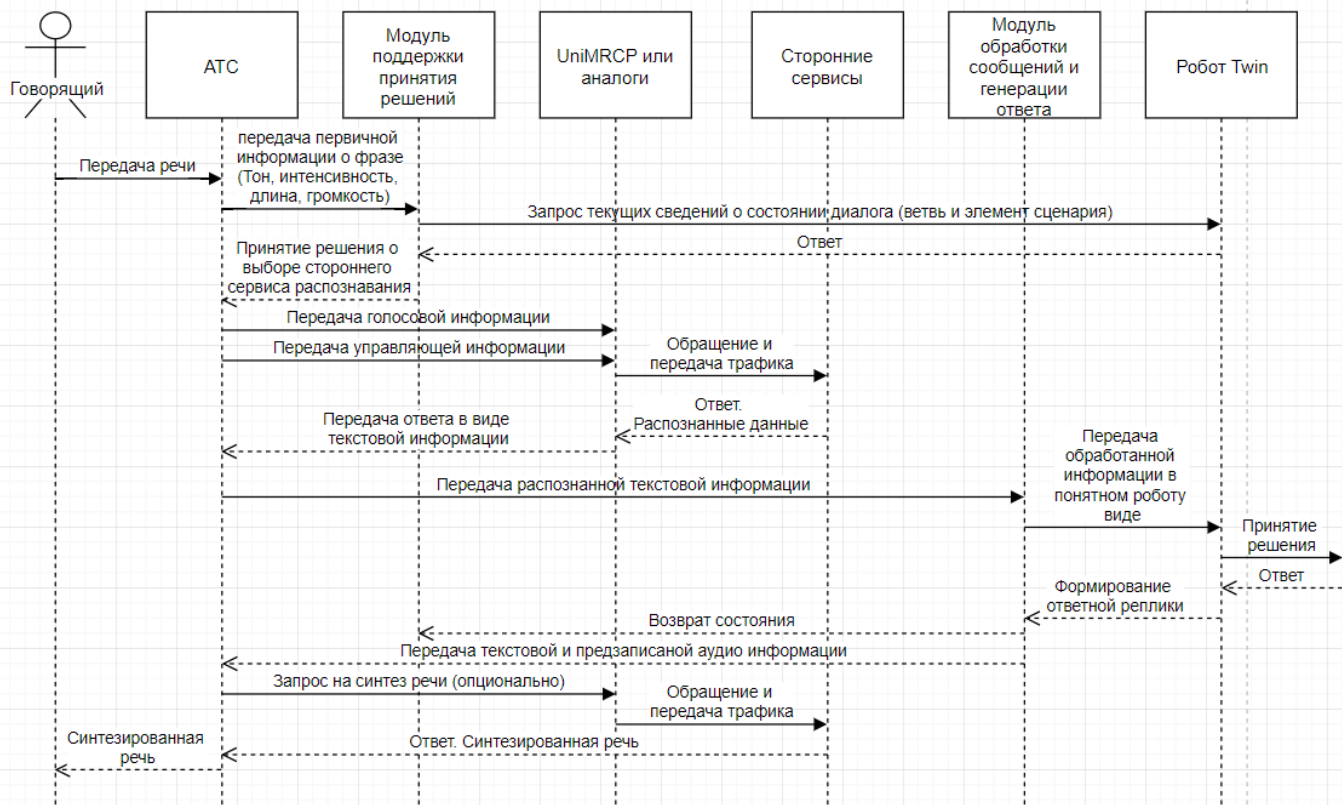


Рис. 17.3.4. Диаграмма последовательности

Опишем основные модули и непосредственно участников диалога в качестве отдельных агентов.

В этой схеме блок «сторонних служб» следует понимать как используемые разные платформы распознавания речи, а также некоторые другие, которые потенциально подходят для базового распознавания речи или для решения более узких задач.

Следует отметить, что при необходимости систему можно масштабировать.

Пользователь связывается по телефону. Его речь транслируется на АТС.

На этом этапе осуществляется первичная обработка речи на основе основных данных - длина, интенсивность, объем, темп речи собеседника и другие аналогичные параметры.

На основе параметров фразы, динамически определяемых основным обработчиком на стороне телефонной станции, соответствующие сигналы отправляются на серверную часть модуля поддержки принятия решений.

Этот модуль динамически анализирует полученные данные и принимает решение об использовании той или иной системы распознавания на основе данных анализа, текущего контекста диалога (текущая позиция элемента сценария) и возможных предварительно настроенных параметров, а затем отправляет инструкции на принимающего агента на АТС.

Формализовано этот алгоритм можно описать следующим образом:

1. Запускается поток захвата аудиоканала пользователя
2. Запускается процедура фонетического анализа голоса для определения основных параметров (тембр, эмоциональность, интенсивность, громкость)
3. Во время анализа пункта 2 голосовой поток записывается в буфер
4. Отправляется http запрос к микросервису модуля поддержки принятия решений. Микросервис на основании эмпирических данных, полученных в ходе тестирования системы, а также после корректировки данных после реальных диалогов производит статистический анализ полученных данных о произнесенной абонентом фразе и принимает решение о целесообразности выбора того или иного стороннего сервиса. В ответе может прийти одна или две наиболее подходящие под контекст системы распознавания речи.
5. Используя полученные от микросервиса данные АТС направляет буферизированные данные в системы распознавания речи. Тем самым, речь, переданная абонентом, не теряется.
6. В случае, если систем распознавания было выбрано более, чем одна, происходит сравнение результата распознавания модулем обработки сообщений и генерации ответа.
7. Происходит пост-обработка полученных данных, включающая лемматизацию, нормализацию, токенизацию и т.п.

После этого внутренними механизмами посредством команд, транслируемых с помощью PHP AGI на стороне АТС данные передаются в стороннюю систему UniMRCP–программное обеспечение для

взаимодействия с сервисами распознавания и синтеза речи: Yandex или Google. Данная система передает данные стороннему сервису распознавания и принимает обработанные данные – распознанную речь в формате строки. После этого распознанный текст передается обратно на АТС и затем на сервер к модулю обработки сообщений и генерации ответа.

На этом этапе данной подсистемой происходит обработка полученного текста – он разбивается на отдельные слова, которые затем лемматизируются и нормализуются – приводятся к первичной форме. Числовая информация проходит процедуру токенизации. После этого происходит выборка ключевых слов и начинается поиск решения в соответствии с правилами, заданными в сценарии.

После этого генерируется ответ на основании предзаписанных фраз и речи, синтезированной сторонними службами Яндекса и Google. Обращение к сервисам происходит аналогичным образом, как при распознавании.

Использование такого подхода позволяет значительно улучшить качество распознавания речи. Такой подход позволяет улучшить общее качество распознавания речи системой.

Распознанный текст передается серверу, где происходит обработка запроса в понятный для системы вид, поиск решения по заданному сценарию и синтез ответа.

Сценарий задается в специальном пользовательском интерфейсе оператором системы с помощью модуля создания скриптов – сценариев обзвона.

Сценарий имеет блочную структуру. Интерфейс работы над созданием скрипта выглядит следующим образом (рис. 17.3.5).

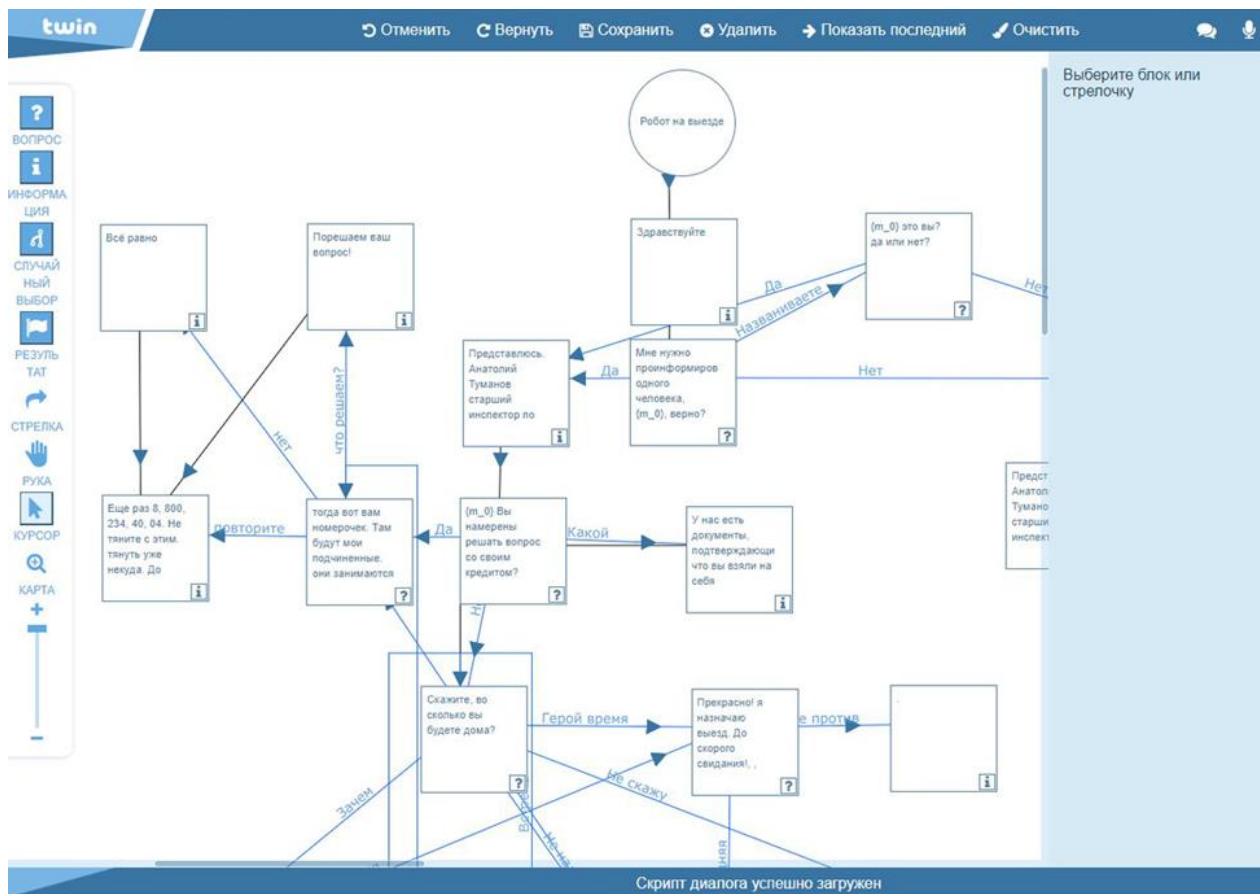


Рис. 17.3.5. Интерфейс создания скриптов

Переход от одного элемента к другому осуществляется на основании заданных пользователем параметров. Данные параметры определяются в зависимости от типа структурного элемента, блока интерфейса. При сохранении скрипта вся информация сериализуется в json-строку и отправляется на обработку сервером и записывается в базу данных. На основании этих данных формируется интеллектуальная продукционная система для ведения диалога.

Система предусматривает, что ответы на некоторые стандартные запросы могут быть предзаписаны или шаблонизированы, с подставленными данными, в качестве переменных, заданных при проектировании конкретного сценария. Это может быть применено для ускорения динамической обработки данных в момент разговора.

После обращения к сервисам обработки речи формируется окончательный ответ, который передается и озвучивается клиенту. По окончании воспроизведения вновь начинается прослушивание.

Описание архитектуры системы

В упрощенной форме архитектура системы может быть описана следующим образом (Рис. 17.3.6) [8].

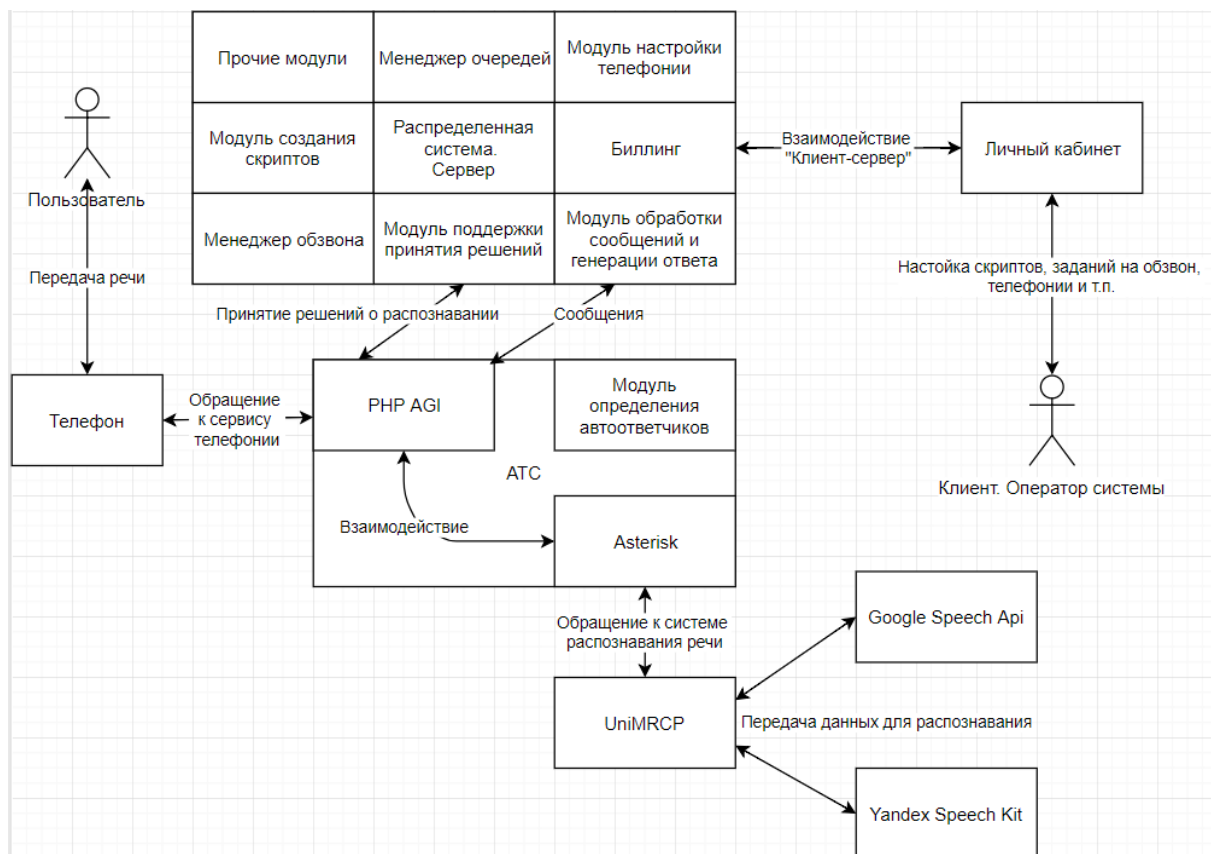


Рис. 17.3.6. Архитектура интеллектуальной автоматизированной системы

Многие компоненты распределенной системы и блока АТС работают как отдельные интеллектуальные агенты, взаимодействующие между собой.

Таким образом – распределенную систему можно считать мультиагентной.

Большинство модулей системы действуют в соответствии с заложенными в них правилами и при этом динамически взаимодействуют с прочими подсистемами и внешней средой – событийно реагируя на внутренние и внешние изменения.

Как уже было описано, модуль поддержки принятия решений тесно взаимодействует с модулем обработки сообщений и принятием решений и генерации ответа и АТС.

Описанное взаимодействие компонентов может быть осуществлено последовательно в контексте обработки одного диалога – путем последовательных взаимных вызовов и переходов состояний.

Однако, на практике такое взаимодействие оказалось бы затрудненным при большом числе вызовов и каждый звонок было бы необходимо совершать последовательно.

В целях предотвращения возможных проблем, связанных с этим, был разработан менеджер очередей и менеджер обзвона.

Данные модули также тесно взаимодействуют друг с другом как два самостоятельных агента, работающих с пулом номеров телефонов кандидатов на обзвон.

Список литературы

1. G. Rzevski, J. Himoff, P. Skobelev MAGENTA Technology: A Family of Multi-Agent Intelligent Schedulers \ International conference on multi-agent systems \ Proceedings of Workshop on Software Agents in Information Systems and Industrial Applications 2 (SAISIA). Fraunhofer IITB, Germany, February 2006. URL: <http://rzevski.net/06%20i-Scheduler%20Family.pdf>
2. Tarasiev, A.,Filippova, M.,Aksyonov, K.,Aksyonova, O.,Antonova, A. Using of Open-Source Technologies for the Design and Development of a Speech Processing System Based on Stemming Methods. IFIP Advances in Information and Communication Technology Volume 582 IFIP, 16th IFIP WG 2.13 International Conference on Open Source Systems, OSS 2020; Innopolis; Russian Federation; 2020. pp.98-105. **DOI:** 10.1007/978-3-030-47240-5_10
3. Aksyonov K., Antipin D., Afanaseva T., Kalinin I., Evdokimov I., Shevchuk A., Karavaev A., Aksyonova O., Chiryshv U., Testing of the speech recognition systems using Russian language models, Yekaterinburg, Russian Federation, December 2018. [5th International Young Scientists Conference on Information Technologies, Telecommunications and Control Systems, ITTCS

2018].

4. The study of the reliability of speech recognition by the system Google Voice Search, Cyberleninka.ru, 2019. [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-nadezh...> [Accessed: 14- Sep- 2019].

5. Tarasiev A., Talancev E., Aksyonov K., Kalinin I., Chiryshv U., Aksyonova O., Development of an Intelligent Automated System for Dialogue and Decision-Making in Real Time, Bern, Switzerland, December 2018 [2nd European Conference on Electrical Engineering & Computer Science (EECS 2018)].

6. Loseva E., Lipnitsky L., Recognition of human emotions by spoken using intelligent data analysis methods. Cyberleninka.ru, 2019. [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspoznavanie-emotsiy-cheloveka-po-ustnoy-rechi-s-primeneniem-intellektualnyh-metodov-analiza-dannyh> [Accessed: 24- Aug- 2019].

7. Rotovnik T., Sepesy Maucec M., Kacic Z., Large vocabulary continuous speech recognition of an inflected language using stems and endings, ScienceDirect, 2019 [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167639307000428> [Accessed: 24- Sep- 2019].

8. B.Zarei, Parallel simulation for business process re-engineering, Practical parallel computing, Nova Science Publishers, Inc. Commack, NY, 2001.

9. A. Borodin, Y. Kiselev, S. Mirvoda, S. Porshnev, “On design of domain-specific query language for the metallurgical industry”, Proc. 11th International Conference BDAS: Beyond Databases, Architectures and Structures: Communications in Computer and Information Science, pp. 505–515, 2015.

10. Sokolov B.V., Pavlov A.N., Yusupov R.M., Ohtilev M.U., Potryasaev S.A. Theoretical and technological foundations of complex objects proactive monitoring management and control // Proceedings of the Symposium Automated Systems and Technologies Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Leibniz Universität Hannover. 2015. P. 103-110.

11. Klebanov B., Antropov, T., Riabkina, E. The principles of multi-agent

models of development based on the needs of the agents 35th Chinese Control Conference, CCC 2016 P. 7551-7555 DOI: 10.1109/ChiCC.2016.7554553, WOS:000400282203147

12. V. V. Alexandrov, S. V. Kuleshov, A. A. Zaytseva, “Active Data in Digital Software Defined Systems Based on SEMS Structures”, Logical Analysis of Data and Knowledge with Uncertainties in SEMS – Smart Electromechanical Systems, Studies in Systems, Decision and Control, pp. 61–69, 2016.

13. “The study of the reliability of speech recognition by the system Google Voice Search” (Issledovanie nadezhnosti raspoznavaniya rechi sistemoy), Cyberleninka.ru, 2018. [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-nadezhnosti-raspoznavaniya-rechi-sistemoy-google-voice-search>. [Accessed: 21- Aug- 2018].

14. “Features of TWIN”, Twin24.ai, 2018. [Online]. Available: <https://twin24.ai/#features> [Accessed: 30- Jun- 2018].