

*На правах рукописи*



**НОВИКОВ Алексей Васильевич**

**СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ  
СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР**

Специальность 05.13.17 – теоретические основы информатики

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Пенза – 2011

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования “Пензенская государственная технологическая академия” на кафедре “Информационные технологии и системы”

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Свистунов Борис Львович**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**Истомина Татьяна Викторовна**

доктор технических наук, профессор  
**Юрков Николай Кондратьевич**

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Саратовский  
государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Защита состоится 29 декабря 2011 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.337.01 при Пензенской государственной технологической академии по адресу: 440039, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а / 11, корпус 1, конференц-зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная технологическая академия”

Автореферат разослан “\_\_\_” ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Чулков В.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Проблема качества подготовки специалистов по широкому спектру специальностей ВПО является одной из острых проблем современного общества. Бурное развитие технологического и информационного элементов производственной деятельности требует существенной модернизации организации обучения, отбора и структурирования знаний, формирования умений, навыков и компетенций будущих специалистов. Постоянно возникают и развиваются новые сложные специализации, потребности в которых актуализируются более быстрыми темпами, чем возможности осмысления и генерации соответствующих дидактических компонентов и систем в целом. Интенсификация производства достигается, в первую очередь, за счет компьютеризации технологических процессов и автоматизации интегрированного управления сетью взаимосвязанных технологических процессов в условиях глобализации производства. В процессе организации современного производства консолидируется большой объем как экономической, так и технологической информации, образующей информационную среду сложных производственных систем (СПС), обеспечивающую принятие адекватных управляющих решений в соответствии с жизненным циклом товаров или услуг. В условиях глобализации структура информационной среды СПС приобретает сложный распределенный иерархический характер, причем такие системы относятся к классу эргатических.

Соответственно возникает задача отображения информационной среды СПС в информационную среду распределенных образовательных структур (РОС), целью создания которой является обеспечение подготовки специалистов, соответствующих требованиям современного производства. Сложность структуры информационной среды СПС определяет сложность структуры информационной среды и использующей ее образовательной структуры, имеющей в современных условиях распределенный характер. Накапливаемую и обрабатываемую в таких образовательных системах информацию о функционировании реальных СПС различной природы целесообразно представлять в виде информационных моделей (ИМ), ориентированных на практико-ориентированное проектно-организованное обучение специалистов.

Общие подходы к разработке современных ИМ изложены в фундаментальных теоретических и прикладных работах в области кибернетики (Н. Винер, Л. Бриллюэн,), общей теории систем (А.А. Богданов, Л. Берталанфи, Н.Д. Месарович, Д.С. Конторов), системно-информационного подхода к управлению (А.Д. Урсул, А.И. Берг, Б.Н. Петров, Ю.М. Горский, К.К. Колин и др.).

Информационная среда СПС имеет сложную иерархическую структуру. Следует выделить топологическую и семантическую структуру информации информационной среды СПС. Топологическая структура определяется архитектурой систем сбора, обработки, накопления и хранения экономической и технологической информации. Семантическая структура характеризуется процессом принятия управленческих решений, а именно, деревом целей управле-

ния и деревом решений, формируемым системой поддержки принятия решений (СППР) для обеспечения принятия лицом, принимающим решения (ЛПР), оптимальных по задаваемым критериям решений.

Информационная среда РОС является отображением информационной среды СПС, создаваемым с целью обеспечения повышения качества подготовки специалистов, следовательно, топологическая и семантическая структуры информации информационной среды СПС должны быть дополнены дидактической структурой.

Таким образом, необходимость создания на основе современных информационных средств и технологий информационных моделей, реализуемых в рамках распределенных образовательных структур, и отсутствие обобщенного подхода к разработке таких моделей, их содержательного наполнения в виде системы взаимосвязанных принципов и научно-обоснованных рекомендаций на базе новых методологических и инструментальных средств структурного представления, анализа и синтеза информационных систем определяет **актуальность** темы диссертационного исследования. **Цель** настоящей работы – синтез информационных моделей сложных производственных систем и их реализации в рамках информационной среды распределенных образовательных структур.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих **задач**:

- анализ современного состояния и тенденций развития РОС;
- разработка элементов теории синтеза информационной среды РОС, обеспечивающей адекватное отображение информационной среды СПС;
- разработка алгоритмов обнаружения закономерностей в информационной среде СПС и синтеза информационных моделей СПС;
- синтез математических и информационно-структурных моделей информационных процессов в СПС;
- реализация математических информационных моделей в рамках информационной среды РОС;
- разработка методики синтеза и инженерного проектирования математических информационно-структурных моделей, ориентированных на реализацию в рамках информационной среды РОС.

**Объект исследований** – процессы накопления и обработки информации в СПС и РОС.

**Предмет исследований** – информационные модели СПС, ориентированные на реализацию в рамках информационной среды РОС.

**Методологической основой исследования** явились теория информации, теория систем и системный анализ.

**Методы исследования:** идентификационно-структурный анализ сложных (эргатических) систем, синтез их информационно-структурных моделей методика разработки информационных моделей в рамках распределенных образовательных структур на основе современных информационно-коммуникационных технологий.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Алгоритмы обнаружения закономерностей в информационной среде СПС и синтеза информационных моделей СПС, ориентированных на реализацию в рамках информационной среды распределенных образовательных структур.

2. Математические и информационно-структурные модели информационных процессов в СПС.

3. Реализация математических информационных моделей в рамках информационной среды РОС.

4. Методика синтеза и инженерного проектирования математических информационно-структурных моделей, ориентированных на реализацию в рамках информационной среды РОС.

**Достоверность и обоснованность** научных положений и выводов обусловлена корректностью математических выражений, согласованностью основных теоретических решений с их практической реализацией.

### **Научная новизна полученных результатов:**

1. Синтезированные обобщенные алгоритмы обнаружения закономерностей в информационной среде сложных производственных систем и обобщенные алгоритмы синтеза информационных моделей сложных производственных систем, ориентированных на реализацию в рамках информационной среды распределенных образовательных структур, отличающиеся реализацией информационно-структурного подхода, что позволило обеспечить адекватную трансформацию топологической и семантических структур информационной среды сложных производственных систем в топологическую, семантическую и дидактическую структуру информационной среды распределенных образовательных структур.

2. Математические и информационно-структурные модели информационных процессов в сложных производственных системах, предназначенные для реализации в информационной среде распределенных образовательных структур, которые позволили разработать информационные модели профессиональной деятельности специалистов по разработке и эксплуатации сложных производственных систем.

**Научная значимость диссертации** заключается в развитии прикладных информационных технологий и обобщенных алгоритмов идентификации информационной структуры информационной среды сложных производственных систем и алгоритмов ее трансформации в топологическую, семантическую и дидактическую структуру информационной среды распределенных образовательных структур.

### **Практическая значимость работы заключается в следующем.**

1. Осуществлена реализация математических информационных моделей в рамках информационной среды распределенных образовательных структур, отличающаяся применением современных информационно-коммуникационных технологий, что позволило интегрировать процесс обучения в глобальную информационно-коммуникационную среду.

2. Разработана и апробирована методика синтеза и инженерного проектирования математических информационно-структурных моделей, ориентирован-

ных на реализацию в рамках информационной среды распределенных образовательных структур, отличающаяся реализацией алгоритмов идентификации информационной структуры, что позволило обеспечить актуальность информации в информационной среде распределенных образовательных структур.

Применение полученных в диссертации результатов позволило получить практически важные решения по разработке информационно-образовательных сред высших учебных заведений.

**Реализация и внедрение результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования использованы при построении единой информационно-образовательной среды Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ) и распределенной образовательной структуры Пензенской государственной технологической академии.

**Апробация работы.** Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на Международном симпозиуме “Надежность и качество” (Пенза, 2009–2010 гг.), Международных научно-технических конференциях “Современные информационные технологии” (Пенза, 2009–2011 гг.), “Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании” (Пенза, 2009 г.) и международной научно-методической конференции “Современные проблемы профессионального технического образования” (Йошкар-Ола, 2009–2010 гг.).

**Публикации.** Результаты работы отражены в 15 научных публикациях, из них 3 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК.

#### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов работы, списка литературы, приложений. Объем диссертации составляет 167 страниц основного текста, включая 30 рисунков и 4 таблицы, 3 приложения. Список литературы составляет 123 наименования.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** проанализировано состояние предметной области исследования, обоснована актуальность синтеза информационных моделей СПС для РОС. Анализ существующего положения в данной области выявил имеющиеся недостатки и противоречия, что позволило определить цель и задачи исследований. Приведены положения, выносимые на защиту, показана их научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Приведены сведения о публикациях, апробации и реализации результатов исследований и разработок.

**В первой главе** “Анализ современного состояния и тенденций развития информационной среды распределенных образовательных структур” показано, что подготовка специалистов широкого спектра специальностей является важнейшим условием устойчивого функционирования и модернизации СПС. Бурное развитие, в первую очередь, технологического и информационного элементов производственной деятельности, требует существенного усложнения компетенций специалистов. Постоянно возникают и развиваются новые специализации, потребности в которых актуализируются более быстрыми темпами, чем



возможности осмысления и генерации соответствующих дидактических компонентов и систем в целом.

В результате проведенного анализа современного состояния и тенденций развития систем образования в целом и РОС в частности, показано, что глобализация мировых информационных процессов, усложнение информационной среды СПС создает технологические предпосылки глобализации образовательных процессов. Соответственно необходимость доступа в учебных целях к современным информационно-образовательным ресурсам вызывает необходимость создания РОС, интегрирующих в своих рамках образовательные учреждения разного уровня и обеспечивающих индивидуальные траектории подготовки и переподготовки специалистов.

В соответствии с этим сформулирована задача синтеза и поддержания в актуальном состоянии информационной среды РОС. В качестве методической основы решения этой задачи выбран метод идентификационно-структурного анализа информационной среды СПС с последующим отображением идентифицированной структуры в структуру информационной среды РОС. В порядке реализации предложенного подхода проанализирована обобщенная структура информационной среды СПС.

Показано, что информационная среда СПС имеет сложную иерархическую структуру  $R_{СПС}$ . Следует выделить топологическую  $R_{ts СПС}$  (*topological structure*) и семантическую  $R_{ss ИС СПС}$  (*semantic structure*) структуру информации информационной среды СПС

$$R_{СПС} = \langle R_{ts СПС}, R_{ss СПС} \rangle. \quad (1)$$

Топологическая структура  $R_{ts ИС СПС}$  определяется архитектурой систем  $R_{ci ts СПС}$  – сбора (*collection of information*),  $R_{ip ts СПС}$  – обработки (*information processing*),  $R_{ic ts ИС СПС}$  – накопления и хранения (*information storage*) экономической, технологической информации:

$$R_{ts СПС} = \langle R_{ci ts СПС}, R_{ip ts СПС}, R_{ic ts ИС СПС} \rangle. \quad (2)$$

Семантическая структура  $R_{ss СПС}$  характеризуется процессом принятия управленческих решений, а именно деревом  $R_{g ss СПС}$  целей (*tree of goals*) управления и деревом решений  $R_{s ss СПС}$  (*management solutions*), формируемым системой поддержки принятия решений для обеспечения принятия лицом, принимающим решения, оптимальных по определенным критериям решений.

Структура информации в информационной среде РОС может быть представлена в виде:

$$R_{РОС} = \langle R_{ts РОС}, R_{ss РОС}, R_{ds РОС} \rangle, \quad (3)$$

где  $R_{РОС} = \langle R_{ts РОС}, R_{ss РОС}, R_{ds РОС} \rangle$  – топологическая,  $R_{РОС} = \langle R_{ts РОС}, R_{ss РОС}, R_{ds РОС} \rangle$  – семантическая,  $R_{РОС} = \langle R_{ts РОС}, R_{ss РОС}, R_{ds РОС} \rangle$  – дидактическая структура информации информационной среды РОС.

Показано, что обобщенную структуру  $R_{ds РОС}$  целесообразно представить в виде кортежа

$$R_{ds \text{ РОС}} = \langle R_{g \text{ ds РОС}}, R_{c \text{ ds РОС}} \rangle, \quad (4)$$

где  $R_{g \text{ ds РОС}}$  – дерево эталонных решений специалиста,  $R_{c \text{ ds РОС}}$  – система критериев оценки компетентности обучаемого в соответствии с моделью профессиональной деятельности специалиста (ПДС).

Дидактическая структура  $R_{ds \text{ РОС}}$  информации информационной среды РОС, ориентированных на подготовку специалистов технического профиля, должна отображать множество типов ситуаций  $S$  и множество  $L$  алгоритмов поведения специалиста как ЛППР в каждой из ситуаций.

Множество  $T$  типов ситуаций в общем случае включает подмножество типов  $T_{ss}$  штатных ситуаций (*standard situation*) и типов  $T_{es}$  – нештатных ситуаций (*emergency situation*):

$$T = \{T_{ss}, T_{es}\}, \text{ при } T_{es} = \{T_{nm}, T_e\}, \quad (5)$$

где  $T_{nm}$  – тип предаварийных ситуаций (*near misses*), а  $T_e$  – тип аварийных (*emergency*) ситуаций, возникающих в СПС.

Соответственно, множество типов  $T$  ситуаций описывается выражением:

$$T = \{t | t \in T_{ss} \cap t \in T_{nm} \cap t \in T_e\}, \quad (6)$$

где  $t$  – элементы множества типов  $T : t \in T$ .

Соответственно каждая ситуация  $s$  множества ситуаций  $S$ ,  $s \in S$  описывается кортежем

$$\forall s \in S: s = (t, A | t \in T), \quad (7)$$

где  $A$  – кортеж атрибутов, описывающих ситуацию.

Множество алгоритмов  $L$  поведения специалиста в каждой из ситуаций состоит из множества возможных действий  $D$ , обеспечивающих достижение соответствующей цели  $c$  множества целей  $C$  управления СПС, причем  $c \in C$ .

Таким образом, целью системного анализа технологической и экономической информации, накопленной информационной средой СПС, является идентификация ее структуры и инвариантная трансформация идентифицированной топологической и семантической структуры в дидактическую в соответствии с образовательными целями.

При этом критерием инвариантности такой трансформации будет служить адекватность поведения специалиста, подготовленного на учебных ситуациях, в реальных ситуациях трех типов:

- штатных и нештатных, но встречавшихся обучаемому;
- нештатных, но знакомых обучаемому только по учебным ситуациям;
- незнакомых ситуациях.

Для достижения поставленной цели используется подход, основывающийся на применении дерева целей и дерева решений. Сравнивая дерево эталонных решений  $R_{g \text{ ds РОС}}$ , полученное в результате идентификационно-структурного анализа информационной среды СПС, и дерево решений обучаемого  $R_{s \text{ ds РОС}}$



можно оценить адекватность его поведения в соответствующей проблемной ситуации. Оценка структурного сходства деревьев решений возможна с применением соотношений вида:

$$H_S(x_1, x_2) = \min (v(r_i, r_j), v(r_j, r_i)), \quad (8)$$

причем  $r_i \in R_{g ds} \text{ POC}$ , а  $r_j \in R_{s ds} \text{ POC}$ , где  $r_i, r_j$  – сравниваемые объекты, образующие соответствующие деревья решений;  $v(r_i, r_j), v(r_j, r_i)$  – степени нечёткого включения структуры объекта  $r_i$  в  $r_j$  и  $r_j$  в  $r_i$  соответственно.

В результате принятия решений изменяется состояние управляемой СПС, что может быть описано множеством ситуаций  $S$ , каждая из которых описывается вектором атрибутов  $A$  размерностью  $n$ :

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n). \quad (9)$$

В зависимости от степени определённости значений  $a_i$ , при  $i = 1, 2, \dots, n$  определены: обобщенная, уточненная и конкретная ситуации, а также ситуация пользователя (анализируемая, текущая). Для отражения связи между состояниями СПС и моделью, сформированной в рамках информационной среды, используются гиперграфы вида:

$$H(U, M, W), \quad (10)$$

где  $U$  – множество рёбер, соответствующее подмножеству значений  $a_i$ ;  $M$  – множество моделей;  $W$  – множество правил отображения  $W: U \mapsto M$ .

Объединяющим признаком СПС служит наличие информационной среды, которая не может быть формализована в виде комплекса информационных систем ввиду сложности своей структуры, эргатичности и динамичности. В общем случае под информационной средой понимается совокупность знаний, фактов и сведений, относящаяся к некоторой предметной области, хранящаяся в компьютерных системах, но не оформленная в виде информационной системы. Характерной особенностью информационной среды служит наличие несогласованных самостоятельных составных частей, причем несогласованность может быть (в частности, топологическая, семантическая, дидактическая) как составных частей информационной среды между собой, так и с реальными объектами, которые они описывают (технология, техника и оборудование, организация труда, система и механизмы управления и т.д.). Выявленная несогласованность является основой для управления инновациями. Основные параметры инновационных проектов (масштабы, стоимость и длительность) должны учитывать жизненный цикл выпускаемой и реализуемой продукции и оказываемых услуг.

Под жизненным циклом изделия (ЖЦИ) понимают промежуток времени между возникновением замысла (инновационной модели), его практическим воплощением в конкретную технологию производства и реализацией соответствующего продукта, его производственным использованием с учетом интересов рынка и последующим завершением использования. Структура производства находит свое отражение в структуре информации в рамках информационной среды СПС, обеспечивающей информационную поддержку всех этапов ЖЦИ.

Рис. 1 *Activity Diagram* отображает информационную поддержку ЖЦИ, при этом конкретизированы основные этапы ЖЦИ и виды информации, накапливаемые в рамках информационной среды СПС.

Так, на этапе разработки формируется маркетинговая и проектная информация; на этапе производства – информация о комплектации изделия, технологии производства, организации оперативного управления и управления качеством продукции. На этапе реализации формируется логистическая информация и информация о сбыте. На этапе эксплуатации накапливается эксплуатационная информация: информация о регламентных работах, нештатных ситуациях, ремонтах и отказах. На этапе утилизации оказывается важной информация по технологии утилизации с учетом экологических и экономических аспектов.

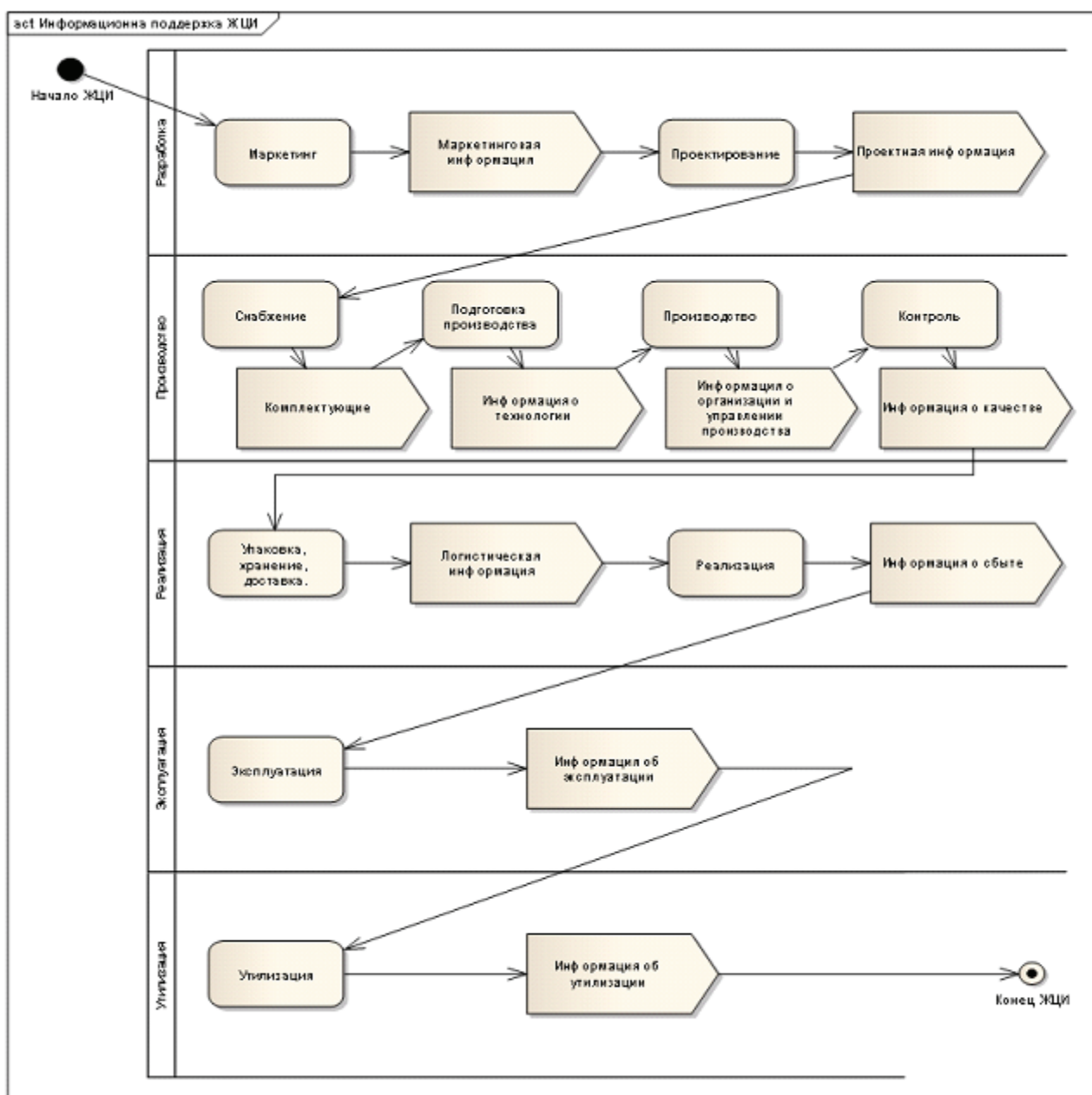


Рис. 1. *Activity Diagram* “Информационная поддержка жизненного цикла изделия”

При этом важнейшими функциями информационной среды РОС являются:

- консолидация накапливаемой информации о работе реальных СПС;
- формирование дидактической структуры и обеспечения процесса подготовки специалистов.

В качестве теоретической основы такой консолидации предложено использовать идентификационно-структурный анализ информации о работе реальных СПС для получения адекватного описания и идентификации связности их структур с последующим перенесением полученных моделей ПДС в пространство информационной среды РОС. На рис. 2 приведена *Activity Diagram* “Консолидация информации”, отображающая процессы передачи информации из информационной среды СПС в соответствии с ЖЦИ (см. рис. 1).

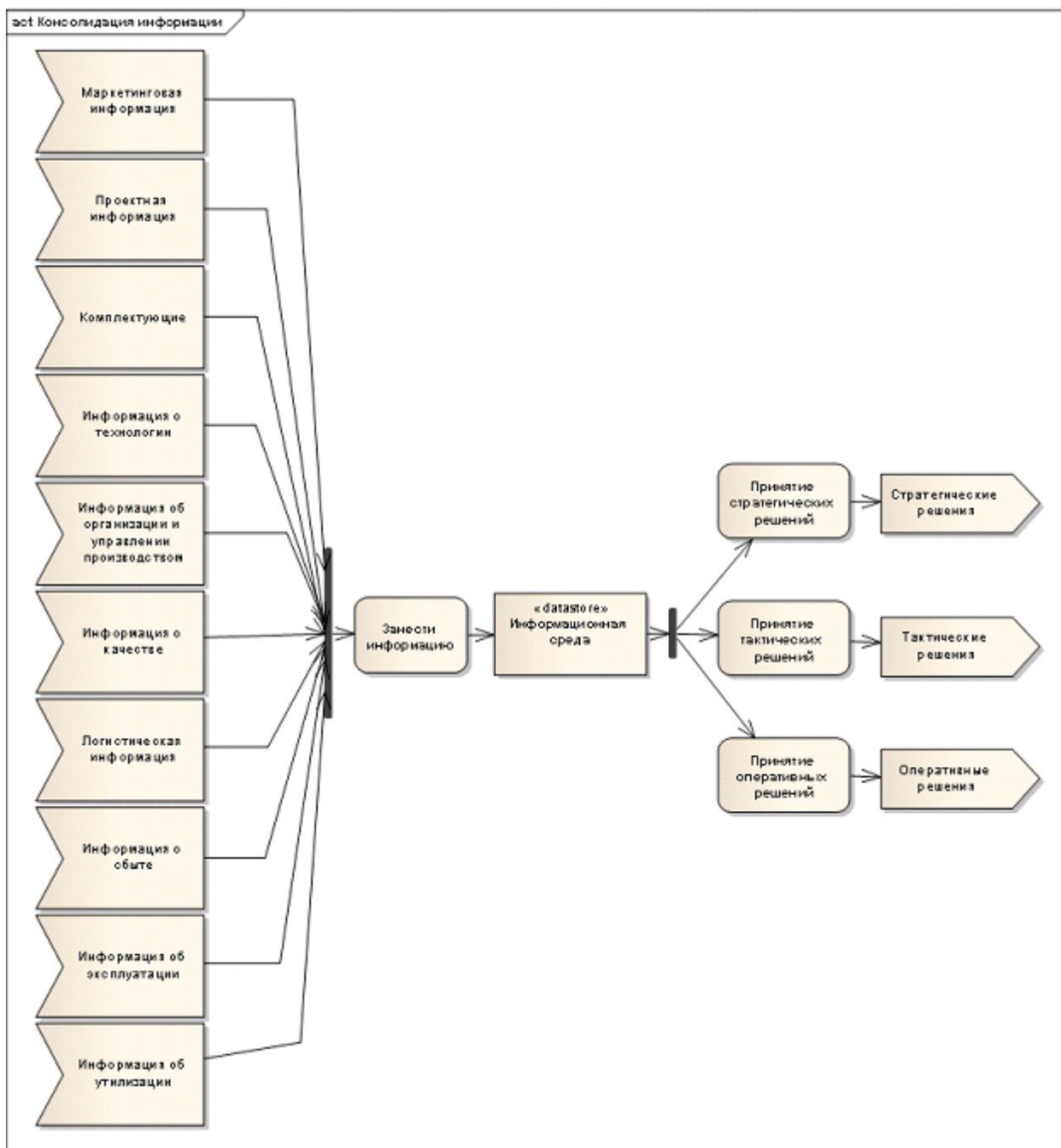


Рис. 2. *Activity Diagram* “Консолидация информации”

Идентификационно-структурный анализ проводился с целью исследования характеристик реальной СПС путем выделения в ней подсистем и элементов различного уровня и определения отношений и связей между ними. Объектами исследования идентификационно-структурного анализа являлись варианты формируемых в процессе декомпозиции СПС структур, позволяющие всесторонне оценить свойства СПС.

К основным показателям исследуемых структур относятся:

- множество выделенных элементов, отношений и связей;
- характеристики элементов и связей;
- обобщенные показатели структур, характеризующие их влияние на эффективность системы управления (число уровней управления, структурная устойчивость, экономические затраты на поддержание требуемых структурных характеристик и др.).

Общая процедура идентификационно-структурного анализа включает следующие основные этапы:

- декомпозиция СПС на интересующие исследователя подсистемы и элементы, формирование структур и их описание;
- определение качественных и количественных характеристик (показателей) выделенных структур (оценивание структур);
- формирование критериев и оценка эффективности выделенных структур;
- принятие решения о необходимости совершенствования структурных характеристик СПС.

В результате проведенного анализа современного состояния и тенденций развития информационной среды СПС сформулированы требования к модели ПДС. Показано, что при разработке модели ПДС должно быть обеспечено выполнение следующих требований:

- модель ПДС должна соответствовать предметной области;
- модель ПДС должна учитывать бизнес-процессы предприятия, ключевые показатели эффективности выполняемых процессов, внешние и внутренние значимые факторы.

Информационно-структурные модели ПДС специалиста должны обеспечивать описание основных элементов (сущностей) моделируемой СПС на выбранном уровне глубины структурного описания, подмножества предикатов, задающих виды отношений на множестве элементов, и синтаксических правил формирования обобщенной структурной модели.

Должно быть обеспечено согласование с семантикой предметной области. Необходимо обеспечить управление практико-ориентированным проектно-организованным образовательным процессом с целью формирования у выпускников вузов требуемых компетенций.

**Во второй главе** “Разработка обобщенных информационно-структурных моделей информационной среды распределенных образовательных структур” в соответствии с основной тенденцией развития информационной среды СПС, определяемой увеличением сложности компьютерных систем, расширением сферы их применения, расширением функций программного обеспечения, бес-

печением высокого уровня надежности и устойчивости их функционирования, выдвигаются особые требования к подготовке *IT*-специалистов для разработки и сопровождения таких систем.

Обобщенная структура информационной среды СПС имеет многоуровневую иерархическую структуру. Для решения задач измерения параметров и управления СПС в рамках информационной среды СПС создается информационная база, которая содержит множество специализированных компонентов, важнейшие из которых описывают:

- целевое назначение СПС и особенности работы в разных режимах и ситуациях;
- модели СПС и элементов СПС;
- методы измерения характеристик СПС и идентификации текущих ситуаций.

Последний компонент содержит методы получения информации о СПС, базирующиеся на методах планирования эксперимента.

Информационно-измерительная система (ИИС), получая информацию с датчиков, обеспечивает работу АСУ таким образом, чтобы реакция СПС на управляющие воздействия соответствовала бы требованиям, предъявляемым к этой системе. Многообразие выполняемых задач управления, решение которых ведется с использованием методов интеллектуальных информационных систем (ИС), позволяет рассматривать ИС СПС как интеллектуальную ИС, построенную на базе математических моделей.

Структура интеллектуальной информационной среды СПС представлена на рис. 3. Измерительная информация о текущем состоянии и динамике изменений исследуемой СПС регистрируется датчиковой аппаратурой, при этом производится измерение и анализ параметров СПС, идентификация ее текущего состояния. Полученные данные накапливаются, обрабатываются, визуализируются и используются для выработки управляющих воздействий, а также для пополнения информационной базы ИС, т.е. для обеспечения необходимой информацией интеллектуальной ИС.

Информационная база ИС включает в себя модели поведения СПС, алгоритмы сбора, обработки и управления СПС. Эффективность работы комплекса при выборе оптимальных условий проведения измерений и обработки полученной информации обеспечивает информационно-вычислительная система (ИВС). В целом информационная база комплекса описывает глобальные цели его функционирования и модели управления его подсистемами для реализации поставленной цели. При формировании моделей поведения учитываются внешние и управляющие воздействия, а также эталонный образ управления СПС. Эталонный образ не является постоянным и представляет собой динамический процесс, характеризующий состояния основных подсистем комплекса. Это позволяет использовать информацию о возможных отклонениях от эталона и путях возврата к нему при различных условиях. Построение эталонного образа осуществляет специализированная ИС.



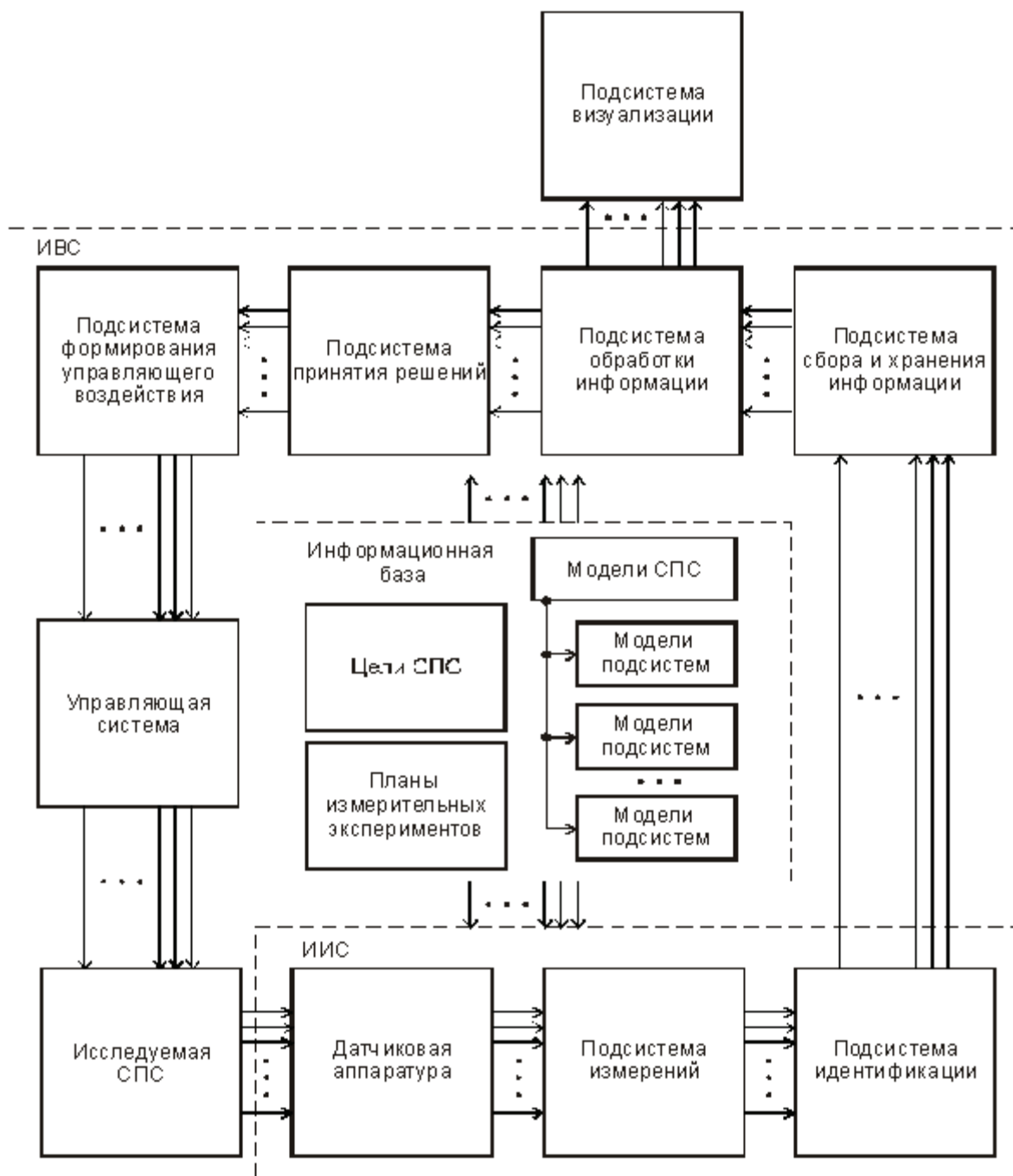


Рис. 3. Структура интеллектуальной информационной среды СПС

Показано, что, ввиду сложности информационной среды СПС, при разработке информационной среды РОС целесообразно использовать технологию с применением моделей (*model-based development, MBD*). В качестве аппарата разработки таких моделей использована методология системного анализа. На рис. 4 представлена *Use Case Diagram*, отображающая модель взаимодействия при практико-ориентированном проектно-организованном обучении.



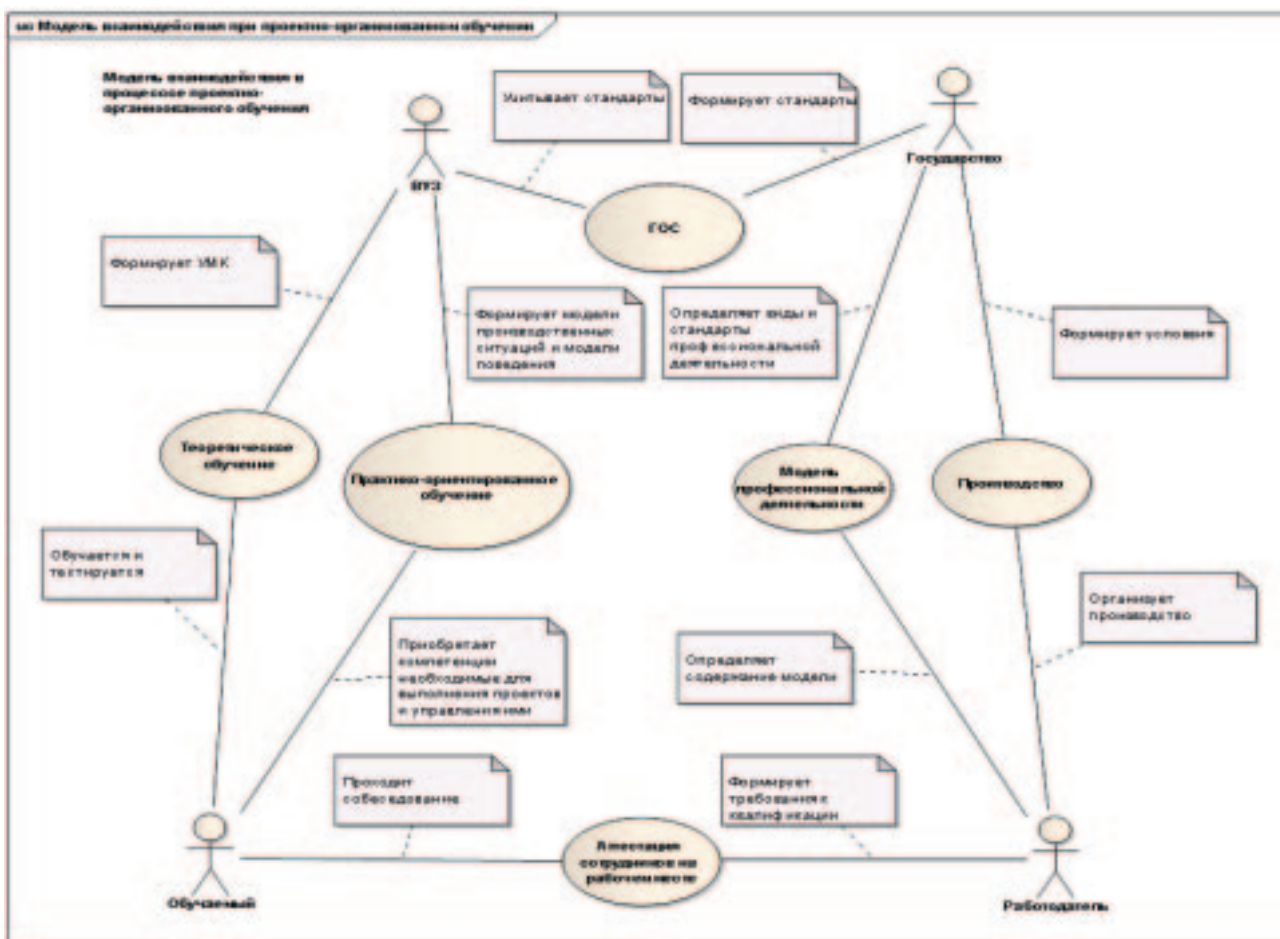


Рис. 4. Use Case Diagram “Модель взаимодействия при практико-ориентированном проектно-организованном обучении”

Для создания модели ПДС проводится системный анализ предметных областей, исследуются бизнес-процессы предприятия, выявляются ключевые показатели эффективности выполняемых процессов, значимые факторы, как внешние, так и внутренние. При построении моделей используется современный математико-статистический аппарат. Заметим, что традиционная практика реализации системного подхода к образованию заключается в оценке параметров отдельных дидактических элементов, подсистем, модулей, что вызывает существенные проблемы при создании дидактических систем для подготовки специалистов для практической работы по управлению сложными системами разнообразной семантической природы. Использование идентификационно-структурного анализа (IS-анализа) направлено на получение адекватного описания СПС, идентификации связности их структур в пространстве информационной среды СПС и реализацию адекватного отображения идентифицированной структуры в пространство информационной среды РОС.

**В третьей главе** “Разработка обобщенного алгоритма синтеза информационной среды распределенных образовательных структур” на основе разработанных во второй главе обобщенных информационно-структурных моделей разработан обобщенный алгоритм проектирования информационной среды РОС. Обобщенный алгоритм включает создание модели ПДС. Её разработка опира-

ется на системный анализ предметных областей с целью выявления соответствующих бизнес-процессов предприятия, ключевых показателей эффективности их выполнения, значимых внешних и внутренних влияющих факторов. Модель ПДС представляет собой систему информационных ресурсов и используется в процессе учебной и научно-исследовательской работы студентов с целью отработки навыков их эффективной практической деятельности, формирования профессиональных компетенций.

В качестве естественного средства описания процедуры проектирования предложено использовать унифицированный язык моделирования – язык *UML* (*Unified Modeling Language*). На рис. 5 приведена *Activity Diagram*, отображающая один из этапов синтеза информационной среды РОС – обобщенный алгоритм идентификации сценариев ситуаций, возникающих в процессе профессиональной деятельности специалистов.

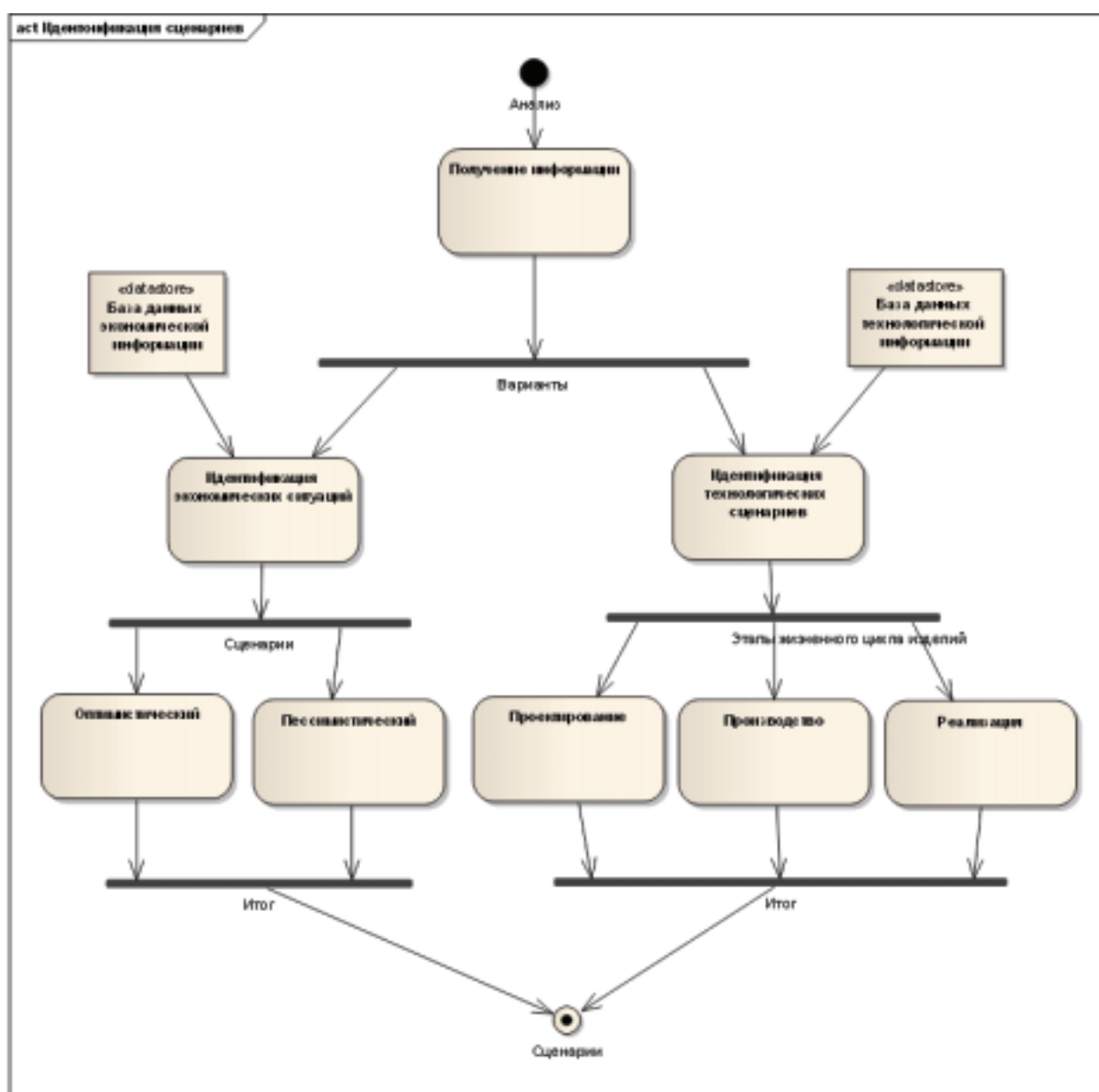


Рис. 5. *Activity Diagram* “Обобщенный алгоритм идентификации сценариев ситуаций”

Информационной базой для разработки информационной среды РОС служит информационное обеспечение корпоративных систем реальных предприятий соответствующих отраслей. Содержащаяся в них информация консолидируется посредством современного математико-статистического аппарата.

Обобщенное описание информационной среды СПС может быть получено посредством выражения:

$$S_{\text{СПС}}\{R_{\text{СПС}}, P_H, M_O\{S, H\}, M_T\{S, H\}\} \mapsto G, \quad (11)$$

где  $S_{\text{СПС}}$  – сложная производственная система,  $R_{\text{СПС}}$  – информационная среда СПС,  $G$  – цели функционирования СПС,  $P_S$  – множество подсистем СПС,  $S_{\text{СПС}}\{R_{\text{СПС}}, P_H, M_O\{S, H\}, M_T\{S, H\}\} \mapsto G$  – множество отношений между подсистемами,  $S_{\text{СПС}}\{R_{\text{СПС}}, P_H, M_O\{S, H\}, M_T\{S, H\}\} \mapsto G$  – множество типов отношений между ресурсами СПС.

Все составляющие множества  $S_{\text{СПС}}$  действуют для достижения множества целей  $G$ , состоящего из  $m$  подцелей  $g_i$ :

$$G = \{g_i, \text{ при } i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (12)$$

Закономерности перехода состояний СПС описываются математической и информационно-логической моделями, представленными сочетанием данных и знаний, хранящихся в базах данных, базах знаний, онтологиях и математических модулях. Подпространства состояний определены на основе обобщенного причинно-следственного комплекса процесса изменения состояний.

Разработка модели ПДС вызывает необходимость решения задач идентификации анализируемой процедуры технологического или бизнес-процесса из практической деятельности и процедуры, используемой в процессе практико-ориентированного обучения. Если такая процедура не может быть отнесена с достаточной степенью вероятности ни к одной из известных, то она может быть подвергнута экспертной оценке. Если эксперты – проектировщики практико-ориентированного обучения признают данную процедуру уникальной и важной, то она может быть включена в модель ПДС и далее использоваться в процессе обучения.

В общем случае процедуры, используемые в процессе практико-ориентированного обучения, относятся к подклассу параметрически неопределенных, то есть таких, в которых структура и количество описывающих параметров априорно не известны. В условиях параметрической неопределенности классические методы идентификации, основанные на полном знании значений всех параметров идентифицируемых процессов, обычно оказываются непригодными. Необходимо использовать сочетание формальных и неформальных методов: статистико-математических методов и неформализуемых знаний специалистов-экспертов, что достигается в СППР. При организации современных практико-ориентированных образовательных процессов могут быть выделены отдельные сложные ситуации, информация о которых консолидируется и используется для принятия решений с помощью СППР.

Показано, что при создании СППР необходимо избегать: предпочтения исключительно формальных (оптимизационных) моделей принятия решений и предпочтения исключительно неформальных (эвристических) моделей принятия решений.

Кроме известных требований к информационным системам (мощная система управления базами данных, которая обеспечивает эффективный доступ к данным, их целостность и защиту, развитые аналитические и вычислительные процедуры, обеспечивающие обработку и анализ данных, надежность, гибкость, возможность включения новых технологических процедур), СППР должны обеспечивать:

- возможность выработки вариантов решений для специальных ситуаций;
- возможность адаптации моделей, применяемых в РОС, к конкретным, специфическим ситуациям в СПС;
- возможность интерактивного генерирования моделей.

СППР должны иметь возможность адаптироваться к изменению используемых моделей, представлять результаты в такой форме, которая способствовала бы более глубокому пониманию результатов.

Теоретической основой создания СППР является сочетание нормативных методов, теории искусственного интеллекта и теории систем.

Интеллектуальный анализ данных позволяет получать зависимости из разнородных баз знаний. В этом процессе автоматически формируются модели, правила или функциональные зависимости. Используются предметно-ориентированные, интегрированные, неизменяемые и поддерживающие хронологию наборы данных, специфическим образом организованные для целей поддержки принятия решений.

Далее реализуется процедура системного анализа и идентификации процессов информационного обмена СПС и РОС, основанная на описанных во второй главе информационно-структурных моделях. Моделирование создает методологическую базу подготовки специалистов, описывая как периодически повторяющиеся ситуации, возникающие в процессе работы моделируемых систем, так и специфические уникальные ситуации, исследуемые соответствующими методами системного анализа.

В результате практико-ориентированного обучения у выпускников вузов должны быть сформированы следующие базовые профессиональные компетенции:

- способность правильно использовать методы и технические навыки в рамках отдельных составляющих профессиональной деятельности;
- способность контекстуализировать новую информацию в избранной профессиональной сфере и давать ее толкование, что позволяет легко ориентироваться в избранной области, а также продолжить свое образование по смежным направлениям подготовки;
- понимание общей структуры профессионального информационного поля и связей между его частями;

- способность оценить качество исследований и информации в данной предметной области, понимать и использовать методы анализа и развития теорий;
- способность осуществлять профессиональную деятельность в быстро меняющемся информационном поле.

**В четвертой главе** “Синтез элементов информационной среды РОС на примере единой информационно-образовательной среды МЭСИ” проведен анализ профессиональной деятельности *IT*-специалистов в области разработки аппаратного и программного обеспечения. При этом исследованы бизнес-процессы предприятий соответствующего профиля, выявлены ключевые показатели эффективности реализации выполняемых процессов и определены внешние и внутренние значимые технологические и экономические факторы. Разработанные информационно-структурные модели, положенные в основу спроектированного информационно-методического обеспечения, позволили обеспечить практико-ориентированный образовательный процесс подготовки *IT*-специалистов и формирование у них требуемых компетенций. Результаты внедрены и используются в рамках единой информационно-образовательной среды МЭСИ и элементов распределенной образовательной структуры ПГТА.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. В результате проведенного системного анализа современного состояния систем образования показано, что важнейшими определяющими факторами их развития являются глобализация мировых информационных и технологических процессов, вызывающих глобализацию образовательных процессов, появление и развитие распределенных образовательных структур.

2. С использованием идентификационно-структурного анализа сложных эргатических систем разработан комплекс математических информационно-структурных моделей, отражающих системную взаимосвязь технологических и методических аспектов построения информационной среды распределенных образовательных структур.

3. Получено адекватное описание реальных сложных эргатических производственных систем и идентифицирована связность их структур в пространстве информационной среды распределенных образовательных структур. Формализована с использованием предложенного теоретико-множественного подхода обобщенная методика формирования топологических и семантических структурных моделей, которая может использоваться при построении структурных моделей информационно-образовательной среды распределенных образовательных структур, адекватных информационным структурам реальных сложных производственных систем.

4. Синтезированы обобщенные алгоритмы:

– обнаружения закономерностей в информационной среде сложных производственных систем и обобщенные алгоритмы синтеза информационных моделей сложных производственных систем, ориентированных на реализацию в рамках информационной среды распределенных образовательных структур,



отличающиеся реализацией информационно-структурного подхода, что позволило обеспечить адекватную трансформацию топологической и семантических структур информационной среды сложных производственных систем в топологическую, семантическую и дидактическую структуру информационной среды распределенных образовательных структур;

– синтез модели профессиональной деятельности специалиста, включающего системный анализ предметных областей с целью выявления соответствующих бизнес-процессов предприятия, ключевых показателей эффективности их выполнения, значимых внешних и внутренних влияющих факторов;

– обобщенный алгоритм системного анализа и идентификации процессов информационного обмена в реальной сложной производственной системе, имеющей распределенную структуру, включающую множество компонентов;

– обобщенный алгоритм проектирования информационной среды распределенных образовательных структур на базе технологии разработки с применением моделей (*MBD*), что позволяет строить *IT*-системы высокой сложности для разнообразных областей практической деятельности.

5. Предложено и апробировано решение задачи проектирования информационной среды распределенных образовательных структур на принципах информационно-структурного подхода к построению информационных моделей сложных производственных систем, что позволило получить практически важные решения по разработке информационных сред вузов РФ, в частности, единой информационно-образовательной среды МЭСИ.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Статьи, опубликованные в периодических изданиях, рекомендованных ВАК

1. Новиков, А.В. Теоретико-множественный подход к формированию структурных моделей сложных информационных систем обучения / А.В. Новиков, А.Б. Щербань // Открытое образование. – 2009. – № 5. – С. 30 – 35.

2. Новиков, А.В. Обобщенные семантические модели виртуальных образовательных структур / А.В. Новиков, А.Б. Щербань // Открытое образование. – 2009. – № 6. – С. 32 – 37.

3. Новиков, А.В. Моделирование и управление распределенной образовательной структурой непрерывного профессионального образования / А.В. Новиков // Информатизация образования и науки. – 2011. – № 3 (11). – С. 144 – 156.

Статьи в сборниках научных трудов

4. Новиков, А.В. Использование систем поддержки и принятия решений для моделирования профессиональной деятельности специалиста в процессе практико-ориентированного обучения / А.В. Новиков, М.Ю. Михеев // Надежность и качество: Труды Международного симпозиума. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2009. – Т. 1. – С. 174 – 175.

5. Новиков, А.В. Проектно-ориентированные технологии обучения в рамках концепции “Виртуальное предприятие” / А.В. Новиков, М.Ю. Михеев // На-



дежность и качество: Труды Международного симпозиума. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2009. – Т. 1. – С. 175 – 180.

6. Новиков, А.В. Моделирование профессиональной деятельности специалиста по направлению подготовки “Информационные системы” / А.В. Новиков // Современные информационные технологии: Сборник статей международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2009. – Вып. 9. – С. 26 – 31.

7. Новиков, А.В. Информационно-методическое обеспечение автоматизированной системы управления распределенными образовательными структурами / А.В. Новиков // Современные информационные технологии: Сборник статей международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2009. – Вып. 10. – С. 118 – 121.

8. Новиков, А.В. Информационная система МЭСИ как элемент информационно-образовательной среды / А.В. Новиков // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: Сборник статей международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2009. – С. 120 – 123.

9. Новиков, А.В. Информационная система МЭСИ / А.В. Новиков // Современные проблемы профессионального технического образования: Материалы международной научно-методической конференции. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С. 329 – 332.

10. Новиков, А.В. Информационно-методическое обеспечение естественно-научных дисциплин для распределенных образовательных структур (статья) / А.В. Новиков, Б.Л. Свистунов // Надежность и качество: Труды Международного симпозиума. Т. 1. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2010. – С. 175 – 180.

11. Новиков, А.В. Применение обобщенных структурных моделей для разработки информационно-методического обеспечения автоматизированных систем управления распределенными образовательными структурами / А.В. Новиков, М.Ю. Михеев // Надежность и качество: Труды Международного симпозиума. Т. 1. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2010. – С. 180 – 185.

12. Новиков, А.В. Применение идентификационно-структурного анализа при разработке информационно-методического обеспечения автоматизированных систем управления распределенными образовательными структурами // Современные проблемы профессионального технического образования: Материалы международной научно-методической конференции. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – С. 301 – 304.

13. Новиков, А.В. Разработка информационно-методического обеспечения автоматизированных систем управления распределенными образовательными структурами / А.В. Новиков // Современные информационные технологии: Труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2010. – Вып. 11. – С. 93 – 99.

14. Новиков, А.В. Синтез структуры информационно-методического обеспечения автоматизированной системы управления распределенными образовательными структурами с применением UML-моделей // Современные информа-

ционные технологии: Труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2011. – Вып. 13. – С. 104 – 109.

15. Новиков, А.В. Синтез обобщенных структурных моделей для информационной среды распределенной образовательной структуры МЭСИ // Современные информационные технологии: Труды международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГТА, 2011. – Вып. 14. – С. 133 – 138.

**НОВИКОВ Алексей Васильевич**

**СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ  
СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР**

Автореферат

Компьютерная верстка Д.Б. Фатеева, Е.В. Рязановой

Сдано в производство 25.11.2011. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$   
Бумага типогр. №1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Суг.  
Усл. печ. л. 1,34. Уч.-изд. л. 1,35. Заказ № 2100. Тираж 100.

---

Пензенская государственная технологическая академия.  
440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ ул. Гагарина, 1<sup>а</sup>/11.