

*С. В. Крошилина*

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

### **Введение**

В настоящее время существует множество направлений и методологий для улучшения характеристик предприятия посредством составления планов его развития. Общая объединяющая идея этих подходов состоит в использовании моделей процессов в качестве средства понимания и проектирования модели предприятия. Модель предприятия представляет собой набор последовательностей возможного изменения моделей ситуаций, возникающих на предприятии. Такие ситуации будем называть проблемными ситуациями предприятия (ПСП).

В современных рыночных условиях анализ деятельности предприятия является научной базой принятия управленческих решений в бизнесе. При этом возникает проблема автоматизации анализа деятельности предприятий, позволяющего с достаточной точностью оценивать ситуации с помощью современных научных методов. Решению этой проблемы посвящено настоящее исследование.

Цель исследования – разработка и анализ интеллектуальных программ аналитики деятельности предприятия на основе универсальных алгебр, теории семантических сетей и объектно-ориентированного подхода.

Для достижения поставленной цели необходимы:

- разработка формальной модели предметной области (ПрО) деятельности предприятия с описанием текущей ситуации, используемой при создании нечеткой экспертной системы аналитики деятельности предприятия (НЭС АДП);
- создание модели предприятия, используемой для аналитики его деятельности и выдачи рекомендаций по принятию управленческих решений (РПУР);
- описание новых механизмов логического вывода, используемых при анализе деятельности предприятий;
- создание методики извлечения экспертных знаний для формирования конкретной модели предприятия с целью повышения полноты полученных результатов;
- формирование проектных решений для программной реализации компонентов интеллектуальной аналитической системы.

Мы предлагаем принципиально новую концепцию генерации возможных альтернатив выбора рекомендаций по управлению предприятием на основе анализа ситуаций, возникающих на предприятии. В основе концепции – гипотеза о подобии, заключающаяся в получении рекомендаций по управлению предприятием и ситуацией, понятийное пространство которой наиболее близко понятиям, использованным при описании заданной ситуации. На основе предложенной концепции получены:

- методика построения модели области деятельности предприятия с использованием семантической сети информационно-рекомендательной базы знаний и ситуаций, возникающих на предприятии;
- принципы построения логического вывода, основанного на теории принятия решений, для выбора рекомендации согласно заданной ситуации;
- методология поиска рекомендации в базе знаний;
- алгоритм определения веса ключевого понятия в найденной рекомендации;
- алгоритм оценки найденной рекомендации согласно ключевым понятиям предметной области деятельности предприятия.

### **Применение семантических сетей для описания модели предметной области в НЭС АДП**

Для анализа деятельности предприятия в настоящее время используются многочисленные аналитические системы. Исследование существующих систем деятельности предприятия дает возможность привести следующую классификацию (рис. 1).

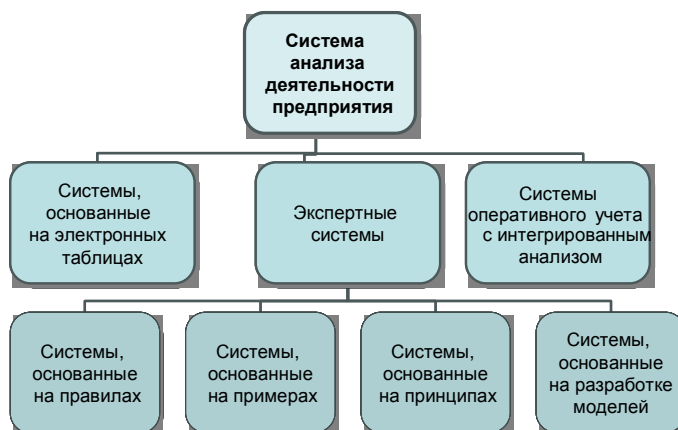


Рис. 1. Классификация систем анализа деятельности предприятия

Была проанализирована работа следующих аналитических систем: «ИНЭК-АФСР», «Альт-Финансы», «Audit Expert», «АБФИ-Предприятие», «IC:Предприятие», «Инфо-Бухгалтер», «Флагман», «Парус». Анализ позволил выделить следующие основные проблемы автоматизации анализа деятельности предприятия.

1. Интерпретация полученных значений показателей анализа. Одинаковое значение показателя для разных предприятий не всегда свидетельствует об одинаковом (сходном) состоянии этих предприятий. Само по себе полученное значение вряд ли может свидетельствовать о том или ином изменении состояния.

2. Значимость (весомость) показателей. Значимость показателей является важным фактором при проведении комплексной оценки деятельности предприятия (например, при вычислении комплексных показателей, рейтинговой оценки и т. д.).

3. Обучаемость системы. Системы не являются обучаемыми, не могут подстраиваться под требования эксперта для оценки результатов анализа.

4. Выдача агрегированных данных. Конечные пользователи нуждаются в агрегированной информации, и лишь изредка возникает необходимость анализа информации детального уровня.

Таким образом, использование формального подхода к построению модели предприятия для интеллектуального анализа деятельности предприятия и описание предприятия посредством ситуаций и рекомендаций является малоизученной проблемой. Решение этой проблемы позволит упростить анализ деятельности предприятия.

В результате проведенного анализа был сделан вывод, что наиболее универсальной является модель представления знаний в виде семантической сети. Для описания модели знаний предлагается использовать аппарат универсальных алгебр и нечетких множеств. Использование нечетких множеств позволяет описывать нечеткие объекты – это стандартные объекты, рассмотренные с использованием неопределенных данных и моделей [1]. Объектно-ориентированный подход, при котором вся информация об объекте и процедуры ее обработки содержатся в одной структуре данных, наиболее подходит для создания интеллектуальной аналитической системы.

На основе экспертных знаний, накопленных в системе, строится гипотеза анализа ПСП и формируются конкретные РПУР. Семантическая сеть отражает взаимосвязь между ситуациями (понятиями, включенными в их описание). Развитие ситуаций прослеживается с помощью моделей, построенных на основе концептуальных графов. В рассматриваемом случае модель – это система объектов и отношений между ними, реальных, знаковых или воображаемых, отличных от исходных, но способных заменить их при решении интеллектуальных задач. Она определяет форму представления знаний в базе знаний (БЗ). Применение семантической сети позволяет строить более гибкие и четкие модели предметной области (МПрО).

Для описания предметной области в НЭС АДП используется семантическая сеть, в основе которой лежит универсальная алгебра, описанная тройкой:  $A = \langle S, O, R \rangle$ , где  $S$  – множество семантических сетей, представляющих МПрО;  $O$  – множество операций на  $S$ ;  $R$  – множество отношений на  $S$ .

В разрабатываемой НЭС АДП семантическая сеть, соответствующая МПрО, задается как двойка следующего вида:  $S = \{G, U\}$ , где  $G$  – множество объектов ПрО (ПСП и РПУР);  $U$  – множество дуг, связывающих объекты ПрО. Каждая дуга показывает взаимосвязь ситуаций или отношений между ситуациями, а также взаимосвязь ПСП и РПУР в ПрО (рис. 2). В реальной ПрО отношения между объектами образуются с помощью различных степеней зависимости. Типы градуируемых связей рассматриваются как нечеткие объектные связи. Пусть даны два нечетких объекта:  $\tilde{A} = \{x_i, \mu_{\tilde{A}}(x_i) | x_i \in \Psi_1, 1 \leq i \leq n\}$  и  $\tilde{B} = \{y_i, \mu_{\tilde{B}}(y_i) | y_i \in \Psi_2, 1 \leq i \leq m\}$ .

Тогда можно определить произвольное отношение семантической ассоциации между объектами следующим образом:

$$R_{f(\tilde{A}, \tilde{B})} = \{ \langle x_i, y_j \rangle, \mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x_i, y_j) \}, \quad (1)$$

где  $(x_i, y_j) \in \Psi_1 \times \Psi_2$ , ( $\Psi$  – модель ПрО);  $\mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x, y)$  – функция принадлежности, представляющая собой степень ассоциации между атрибутами двух объектов модели ПрО.

Функция отношения для  $n$  объектов выглядит следующим образом:

$$R_{f(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j)}^i = \{ \langle x_i, x_j \rangle, \mu_{f(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j)}(x_i, x_j) | \tilde{A}_i, \tilde{A}_j \in \Lambda, i \neq j, 1 \leq i, j \leq n \} \quad (2)$$

Объект  $G_i$  семантической сети представляется следующим образом:

$$G_i = \left\{ I, P, U_{G_i}, T \right\}, \quad (3)$$

где  $I$  – название объекта ПрО;  $P$  – множество понятий, входящих или связанных с объектом;  $U_{G_i} = \{U_{IP}^g\}$  – множество отношений между понятиями  $P$  и названием объекта  $I$  (рис. 3);  $T$  – признак объекта, определяет отнесение объекта к одному из двух возможных типов ПрО:  $T = \{t_1, t_2\}$ , где  $t_1$  – ПСП и  $t_2$  – РПУР.

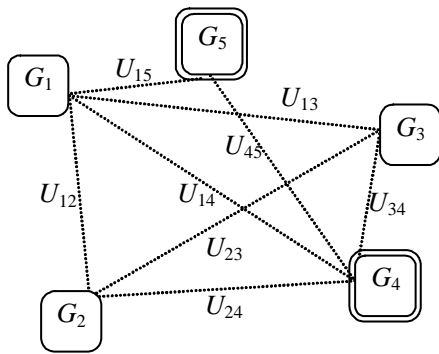


Рис. 2. Семантическая сеть

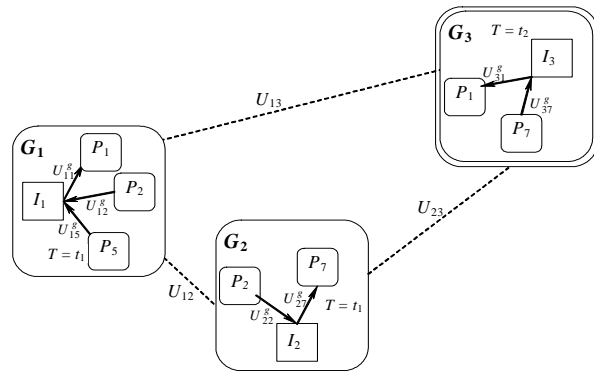


Рис. 3. Пример внутреннего представления ситуации и рекомендаций

$U_{IP}^g$  – представляет собой нечеткое подмножество, которое показывает степень зависимости между объектом и понятием (степень зависимости определяет смысловую близость ситуации и объекта ПрО).

$U_{IP}^g$  определяется как

$$U_{IP}^g = \left( \mu_{\tilde{U}_{IP}^g}(P_j, I) | P_j \in P, I \in G_i, j = 1 \dots n, \right) \quad (4)$$

где  $P_j$  – понятие, принадлежащее объекту  $G_i$ ;  $n$  – количество понятий для объекта.

Таким образом, объект ПрО  $G_i$ , соответствующий объекту  $\tilde{G}_i$  с неопределенными и фиксированными атрибутами, можно определить так:

$$\tilde{G}_i = \{I_i, P_1, \dots, P_n, t_k, \{\mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_1), \dots, \mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_n)\}\}, \quad (5)$$

где  $I_i$  – информационная часть  $i$ -го объекта;  $P_i$  – множество понятий, принадлежащих  $i$ -му объекту;  $t_k$  – признак объекта ПрО, где  $k = 1$  или  $k = 2$ ;  $\mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_i)$  – отношение близости понятия  $P_i$  и названия объекта  $I_i$ . Зависимость между узлами будет строиться на основе взаимосвязи между понятиями объектов ПрО. Далее введем нечеткое отношение  $Up_{ij} = \mu_s(P_i, P_j)$ , определяющее близость понятий между собой.

На его основе формируется нечеткое подмножество  $U_p$ :

$$U_p = \{P_i, P_j, \mu_s(P_i, P_j) \mid P_i \in P, P_j \in P, i, j = 1 \dots N\}, \quad (6)$$

где  $N$  – количество понятий в ПрО НЭС АДП.

В качестве примера рассмотрим МПрО «Анализ производственных фондов», описывающую производственные фонды предприятия. Пусть есть две ПСП для выдачи РПУР, где информационной частью являются ситуации, а набор понятий представляет собой ключевые слова, используемые при выдаче рекомендаций. Выберем также две рекомендации из этой же ПрО, где информационной частью является заголовок рекомендации, а набор понятий представляет собой ключевые слова. В приведенной схеме семантической сети НЭС АДП (рис. 4) описаны следующие элементы МПрО [2].

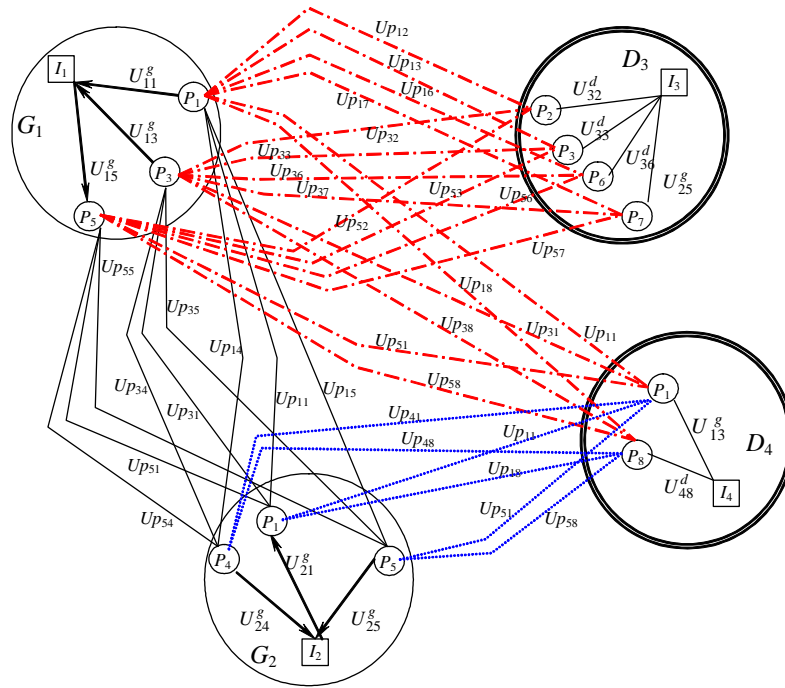


Рис. 4. Пример представления семантической сети НЭС АДП

1. Ситуация  $G_1$ . Информационная часть  $I_1$  «Производство продукции». Список понятий:  $P_1$  – «основные средства»;  $P_3$  – «производственные активы»;  $P_5$  – «стоимость имущества».
2. Ситуация  $G_2$ . Информационная часть  $I_2$ : «Анализ основных средств». Список понятий:  $P_1$  – «основные средства»;  $P_4$  – «оборачиваемость основных средств и нематериальных активов»;  $P_5$  – «стоимость имущества».
3. Рекомендации  $D_3$ . Информационная часть  $I_3$ : «Пути повышения производственных возможностей». Список понятий:  $P_2$  – «производственные возможности»;  $P_3$  – «производственные активы»;  $P_6$  – «производственные запасы»;  $P_7$  – «средства организации». (Увеличение удельного веса производственных активов  $P_3$  в общей стоимости средств организации  $P_7$  при прочих равных условиях свидетельствует о повышении производственных возможностей  $P_2$ ).

4. Рекомендации  $D_4$ . Информационная часть  $I_4$ : «Пути повышения общей рентабельности производственных фондов». Список понятий:  $P_1$  – «основные средства»;  $P_8$  – «рентабельность производственных фондов». (Для увеличения рентабельности производственных фондов ( $P_8$ ) необходимо снижение стоимости основных фондов ( $P_1$ )).

Соотношения между ситуациями, а также между ситуацией и рекомендацией  $U$  вычисляются с использованием зависимости между отдельными понятиями, принадлежащими ситуациям и рекомендациям ( $U = \{U_{ij}\}$ ):

$$U_{ij} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^m U_{Plk}, \quad (6)$$

где  $U_{ij}$  – среднее отношение близости между понятиями, принадлежащими  $i$ -му и  $j$ -му критерию оценки проблемной ситуации ПрО;  $n$  – количество понятий в  $i$ -м критерии оценки проблемной ситуации ПрО;  $m$  – количество понятий в  $j$ -м критерии оценки проблемной ситуации ПрО.

При выборе необходимой ситуации для решения в НЭС АДП используются отношения близости между понятиями  $U$  и отношения близости между понятиями, принадлежащими ситуации, а также информационной частью ситуации  $U_{IP}^g$ . В свою очередь, рекомендации в ПрО группируются согласно выбранной ситуации для их дальнейшего анализа.

НЭС АДП ориентирована на работу с несколькими МПрО, взаимосвязанными или не связанными между собой. Каждая модель строится на основе отдельной семантической сети, потом модели объединяются в единую МПрО.

#### Экспериментальная часть

В качестве примера использования результатов изложенной теоретической концепции была спроектирована НЭС АДП «Наріја» v.1.04, в состав которой входят три подсистемы: подсистема ввода данных; подсистема приобретений знаний; подсистема анализа и рекомендаций (рис. 5).

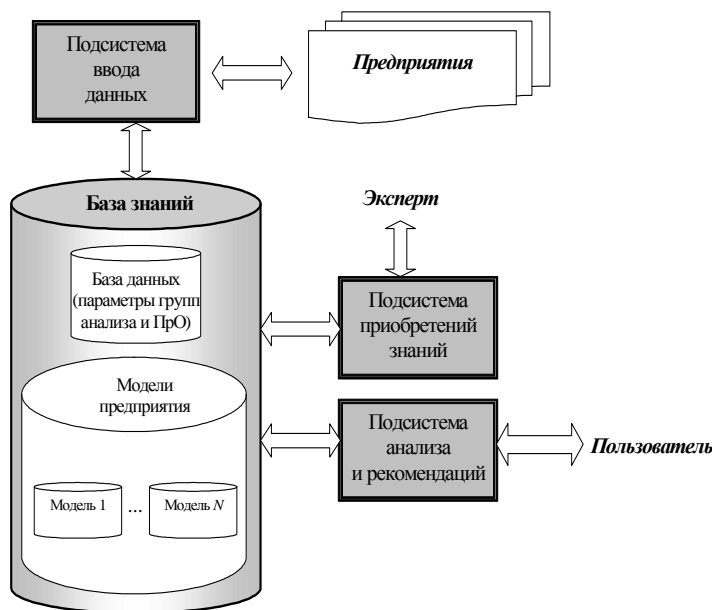


Рис. 5. Архитектура НЭС АДП «Наріја»

Подсистема ввода данных может обрабатывать как данные, непосредственно введенные в систему, так и данные из других систем, имеющих форматы xml; dbf; xls; txt. Для указанных форматов используется внешняя обработка, которая позволяет, не изменяя программного кода, использовать различные данные.

Подсистема приобретений знаний служит для формирования начальной структуры предметных областей, моделей предприятий и в целом БЗ. В НЭС АДП задача инженера по знаниям сводится к описанию ПрО посредством составления иерархии ПСП. Основная задача интерфейса инженера по знаниям – это определение отношений близости между заданными понятиями в различных проблемных ситуациях ПрО, а также определение отношений семантической близости ситуаций.

Система позволяет проводить интервьюирование инженера по знаниям, структурировать и формализовывать знания, заполнять БЗ, а также учитывать неформальные аспекты инженерии знаний.

Подсистема анализа и рекомендаций позволяет анализировать деятельность предприятия и получать рекомендации согласно группам анализа. Получение рекомендаций осуществляется после выбора существующей модели предприятия или создания модели нового предприятия. После определения этой модели формируется запрос на выбор рабочей модели ПрО и модели ПрО для конкретного предприятия. Затем осуществляется выбор ситуации для анализа и определение множества ситуативных понятий (понятий, включенных в ПСП). При вводе пользователем набора понятий для ПСП система предоставляет ему наиболее подходящие ситуации для анализа. Система предоставляет ранжированный список полученных РПУР, хранящихся в БЗ, а также сходные ПСП. Выбранная РПУР удаляется из МПрО и включается в модель предприятия. В зависимости от результата выбора меняются (пересчитываются) значимости понятий для предприятия.

В процессе тестирования алгоритмов выбора РПУР была создана МПрО деятельности предприятия «Комплексный анализ», которая представлена следующей иерархией ситуаций, выбранных для анализа (рис. 6).

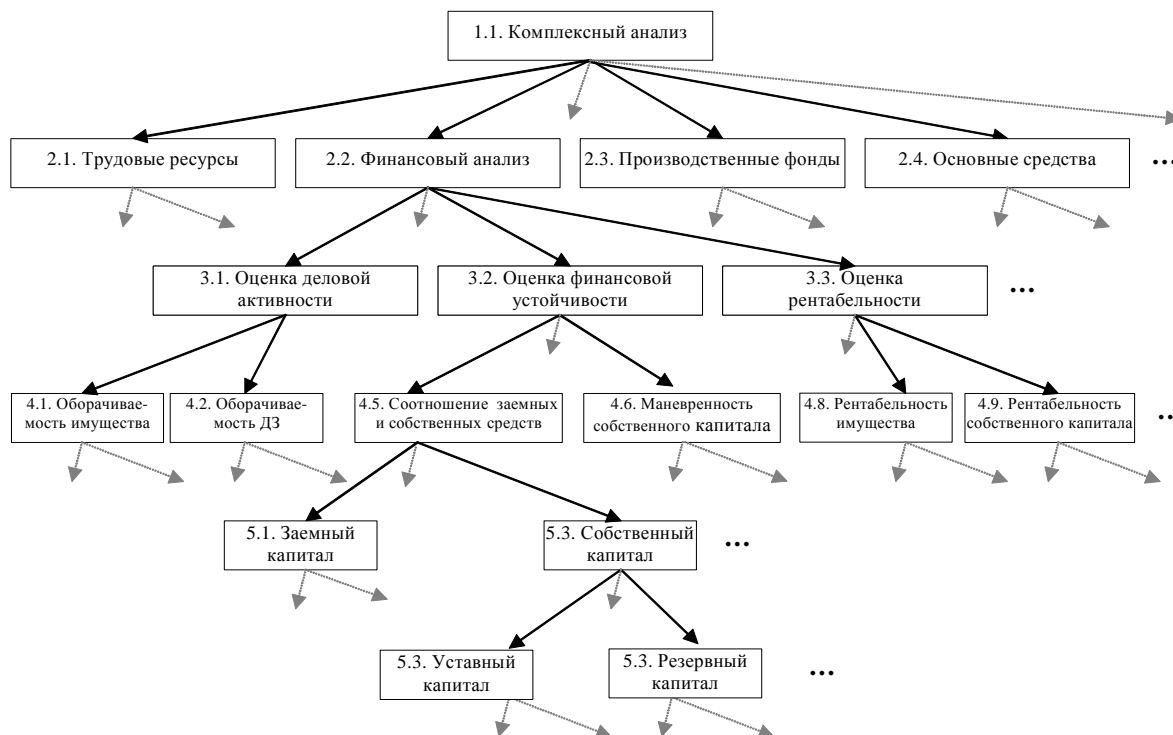


Рис. 6. Пример иерархии ситуаций в модели ПрО деятельности предприятия «Комплексный анализ» в НЭС АДП «Нагірїя»: ДЗ – дебиторская задолженность

С помощью НЭС АДП «Нагірїя» v.1.04 можно создавать, изменять и тестировать информационно-аналитические БЗ, основанные на семантической сети. Информационно-аналитическая БЗ может быть использована для анализа деятельности предприятий и выдачи соответствующих рекомендаций для принятия управленческих решений по проблемным ситуациям.

Результаты экспериментального внедрения показали, что НЭС АДП «Наррїја» v.1.04 позволяет эффективно и качественно проводить комплексный анализ деятельности предприятий, выдавать рекомендации по конкретным ситуациям. По заданным рекомендациям система предлагает различные ситуации для развития предприятия.

### **Заключение**

1. Проведено исследование характеристик современных аналитических систем, используемых для анализа деятельности предприятий. Описаны проблемы построения аналитических систем на основе использования систем управления знаниями.

2. Построена оригинальная семантическая сеть информационно-аналитической БЗ с использованием универсальной алгебры и нечетких множеств, позволяющая установить взаимосвязи между различными ПСП в МПрО и понятиями, включенными в описания данных ситуаций.

3. Разработан новый механизм логического вывода, используемый для получения РПУР, позволяющий определять на основе модели предприятия и модели событий предприятия множество наиболее полезных РПУР для конкретных ПСП.

4. Предложен механизм построения модели событий предприятия для НЭС АДП, описаны принципы ее построения, в частности формирование древовидной структуры для предприятия. Получена модель событий предприятия, позволяющая увеличить точность полученных РПУР для конкретных ПСП.

5. Разработаны способы получения РПУР с использованием модели предприятия на основе применения критериально-экстремизационных механизмов выбора, позволяющие с высокой достоверностью определять наиболее полезные из полученных рекомендаций, а также использовать расширенные рекомендации. Разработан алгоритм группирования рекомендаций проблемных ситуаций для конкретного предприятия.

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Усков А. А., Круглов В. В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.
2. Крошилина С. В. Многопроекционная система моделирования предприятия // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах коммуникаций: материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – Рязань: РГРТУ, 2008. – С. 51–52.

Статья поступила в редакцию 3.02.2009

### **DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF THE AUTOMATED SYSTEMS OF THE ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF THE ENTERPRISE USING SEMANTIC NETS**

*S. V. Kroshilina*

The expert systems' designing for the analysis of the enterprise activity is described. For the description of the model of the enterprise domain the use of the semantic nets is offered, their analysis is made by means of abstract algebras. The expert system can be adapted to the solution of analytical tasks of other enterprise domains.

**Key words:** expert systems, semantic nets, description of the model of the enterprise domain.