

На правах рукописи



МАШУК ЕВГЕНИЙ ВИКТОРОВИЧ

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СБЫТА ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул 2006

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (АлтГТУ)»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Вагнер Виктор Анатольевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Марков Андрей Михайлович

кандидат технических наук
Бушмин Игорь Александрович

Ведущая организация: Институт проблем промышленного
развития (г. Барнаул)

Защита диссертации состоится 28 декабря 2006 года в 16-00 часов на заседании регионального диссертационного совета КМ212.004.01 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Автореферат разослан 27 ноября 2006 г.

Ученый секретарь
регионального диссертационного совета,
кандидат экономических наук, доцент

А.Г. Блем

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В условиях современных экономических отношений существенно возрастает сложность управления предприятием. Это объясняется увеличением его самостоятельности и развитием преимущественно горизонтальных связей с внешним окружением - поставщиками, потребителями, налоговыми инспекциями, банками, страховыми компаниями, биржами, инвестиционными фондами.

В настоящее время достигнуты определенные успехи в области создания информационных систем сбыта и реализации готовой продукции. В ряде этих систем решаются задачи прогнозирования сбыта продукции. Однако проведенный анализ показывает, что до настоящего времени существуют вопросы в обеспечении точности и оперативности решения задач прогнозирования, недостаточно полном отражении реальных процессов сбыта продукции в математических моделях прогнозирования.

Подходы к построению информационных систем и созданию моделей прогнозирования сбыта продукции приведены в ряде работ. На рынке предлагается немало программных продуктов, относящихся к классу аналитических систем. Они различаются как по спектру задействованных показателей, так и по реализованным в них подходам к решению основных аналитических задач. Однако, как показывает анализ, в данных разработках недостаточно используются современные математические методы, нейросетевые и гибридные модели, позволяющие с гораздо большей точностью и качеством осуществлять функции диагностики, анализа и прогнозирования экономических показателей. Недостатком систем является то, что они имеют самостоятельное значение и часто не связаны с действующими информационными системами предприятия. Это не позволяет учитывать динамику изменения информационной базы, отображать реальные процессы управления на предприятии.

В тоже время отмечается достаточно высокий уровень развития фундаментальных исследований в области управления, информационных технологий в управлении, методов создания автоматизированных систем, инструментальных средств искусственного интеллекта и нейроинформатики, методов и моделей прогнозирования. В этом направлении известны работы ученых Акоффа Р., Ансоффа И., Басовского Л.Е, Бобко И.М., Владовского И.М, Гавриловой Т.А., Горбаня А.Н., Галушкина А.И., Ехлакова Ю.П., Заде Л., Ильенковой Н.Д., Кендэла М., Кузина Б.И., Льюиса К.Д., Марчука Г.И., Месаровича М., Миркеса Е.М., Мироносецкого Н.Б, Попова Э.В., Поспелова Г.С., Поспелова Д.А., Силича В.А., Стьюарта А., Тельнова Ю.Ф., Тейлора Ф., Юрьева Б.Н., Шеера А.В. и др., которые создают теоретическую базу для проведения дальнейших исследований с целью создания интеллектуальных информационных систем прогнозирования сбыта продукции предприятия, обеспечивающих наиболее эффективное принятие решений в управлении предприятием.

Анализ состояния проблемы показывает, что до настоящего времени существует ряд нерешенных проблем. На стадии исследований и проработки нахо-

дятся вопросы создания методов прогнозирования состояния объекта управления, разработки гибридных экспертных систем. Следует особо отметить практическое отсутствие работ по созданию единого подхода к формированию иерархических гибридных моделей прогнозирования сбыта продукции предприятия, включающих различные методы представления знаний, в том числе: аналитические, логико-лингвистические, нейросетевые. Поэтому разработка моделей, методов, алгоритмов и программных комплексов для решения задач прогноза сбыта продукции на основе гибридных экспертных систем является современной актуальной проблемой.

Цель диссертационного исследования - разработка информационных технологий, моделей и алгоритмов автоматизированной аналитической системы прогноза сбыта продукции предприятия на основе гибридных экспертных систем.

Задачи диссертационного исследования:

- Проанализировать современные подходы к автоматизации, моделированию и решению неформализованных задач в информационных системах поддержки принятия решений, выявить их недостатки и определить направления развития.
- Разработать модели и технологии прогнозирования сбыта продукции предприятия на основе гибридных экспертных систем.
- Разработать программные комплексы прогнозирования показателей сбыта продукции предприятия, анкетирования и информационного обеспечения.
- Провести вычислительные эксперименты на разработанной модели, с целью определения ее адекватности и эффективности результатов, иллюстрации возможности подбора рациональных значений входных параметров.

Объектом диссертационного исследования выступают автоматизированные процессы сбыта продукции автомобильного предприятия, обеспечивающие эффективное принятие решений в условиях современных экономических отношений.

Предметом исследований являются математические модели, алгоритмы функционирования и программные комплексы информационных систем, предназначенных для решения неформализованных задач прогноза сбыта продукции предприятия на основе применения современных информационных технологий и гибридных экспертных систем.

Методологическая база исследования. Для решения поставленных в диссертационной работе задач применялись методы системного анализа и исследования операций, теория искусственного интеллекта, методы нейроинформатики, теоретические основы построения информационных систем.

В своих исследованиях автор опирался на труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблемам искусственного интеллекта и нейроинформатики, математического моделирования, информационных технологий,

а также на опыт научных и проектных организаций по рассматриваемой проблеме.

Научная новизна проведенных исследований заключается в следующем:

- Разработана модель решения неформализованной задачи прогноза сбыта продукции предприятия на базе гибридной экспертной системы.
- Предложены метод и технология решения задачи прогнозирования сбыта продукции предприятия, включающая этапы настройки поля знаний на предметную область, предобработки данных, обучения нейросетевых компонентов, проведения имитационного моделирования с целью выбора рациональных решений.
- Разработана интеллектуальная информационно - аналитическая система, обеспечивающая решение задач технического анализа данных, прогнозирования показателей сбыта готовой продукции и имитационного моделирования.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается обоснованностью выбранных методов решения задач, использованием современных методов и средств обработки информации, сравнением результатов моделирования с реальными данными, всесторонним анализом литературных источников по теме диссертации, применением разработанных методов при проектировании информационных систем.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные теоретические положения, модели, программные системы и методические рекомендации внедряются на предприятиях страны и в учебном процессе.

1. Спроектирован автоматизированный программный комплекс прогнозирования сбыта продукции предприятия «Прогноз»: Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2000610095.
2. Разработанные программные системы применяются в учебном процессе кафедры «Информационные системы в экономике» специальности «Прикладная информатика в экономике» АлтГТУ.
3. Разработанные программные системы внедрены на ОАО «Алтай-Лада», «ООО Рубцовск-Лада», ОАО «Омск-Лада», ОАО «Томск-Лада».

Реализация результатов работы. Основные результаты исследования нашли отражение и применение в научно-исследовательских и опытно-конструкторских хозяйственных работах, в которых автор является непосредственным исполнителем. В их числе работы в соответствии с хозяйственными договорами с предприятиями «Алтай-Лада», ООО «Рубцовск-Лада», ОАО «Омск-Лада», ОАО «Томск-Лада».

Автор выносит на защиту:

1. Модель решения задачи прогнозирования сбыта продукции предприятия на основе гибридной экспертной системы.
2. Технологию решения задачи прогнозирования сбыта продукции предприятия, этапы настройки поля знаний на предметную область, обучения

нейросетевых компонентов.

3. Структуру программного комплекса прогноза сбыта продукции, сбора и обработки анкетных данных и его информационного обеспечения.
4. Результаты экспериментальных исследований на разработанных моделях прогноза сбыта продукции предприятия.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной научно-практической конференции «Наука и практика организации производства и управления (Организация 2003)» (г. Барнаул 2003 г.), на международной научно-практической конференции «Измерение, контроль, информатизация» (Барнаул 2006г.), на международной конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы» (г. Барнаул 2006 г.) на одиннадцатом, двенадцатом и четырнадцатом всероссийских семинарах "Нейроинформатика и ее приложения (г. Красноярск, 2003, 2004, 2006 г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе одна статья в издании, рекомендованном ВАК для опубликования результатов диссертаций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложений и списка литературы из 118 наименований. Основная часть работы изложена на 183 страницах машинописного текста и содержит 44 рисунка, 11 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определяются актуальность работы, объект и предмет исследования, формулируются цель, задачи, научная новизна, практическая ценность диссертационного исследования, описываются реализация, апробация и структура работы.

В первой главе «Подходы к созданию аналитических информационных систем оценки состояния объектов управления на предприятии» раскрываются особенности проблемной области на современном этапе, задачи ее описания и моделирования, приводятся подходы к созданию аналитических информационных систем оценки состояния объектов управления на автомобильном предприятии, исследуются методы искусственного интеллекта и нейросетевые технологии для построения аналитических компонентов оценки состояния системы сбыта автомобильного предприятия. Определяются направления совершенствования автоматизированных информационных систем управления сбытом на автомобильном предприятии.

В современных условиях значительно возросли требования к построению информационных систем предприятий. Это вызвано тем, что существенно возросла сложность внешних связей предприятия как организационной системы. В то же время созрели предпосылки для развития информационных систем, так как уровень современного состояния информационных технологий, технических и программных средств довольно высокий.

При исследовании функций управления внутри предприятия выявляются также многочисленные неформализованные задачи по оценке, диагностике и прогнозированию состояния предприятия, группировки данных, извлечения знаний на разных уровнях управления. В связи с возрастанием сложности производственных систем, необходимостью качественного оперативного принятия решений, своевременного выполнения заказов потребителей число таких задач существенно возросло.

Попытки решения неформализованных задач в информационных системах предприятий предпринимались с момента начала автоматизации организационного управления. Однако, ввиду отсутствия соответствующей технической базы, инструментальных программных средств и реализованных в программных системах моделей, основанных на методах искусственного интеллекта, данное направление получило развитие только в настоящее время. Поэтому разработка методов и программных систем (интеллектуальных компонентов) для решения неформализованных задач в информационных системах предприятий является актуальной проблемой и служит одним из направлений данной работы.

В данной главе определены процессы сбыта современного предприятия. Возрастание роли и требований к управлению сбытом на предприятиях - изготовителях вызвано ориентацией производства на конечные результаты, полного удовлетворения запросов потребителей к ассортименту и качеству продукции, срокам ее поставки.

Определяется понятие маркетинга как инструмента стратегического планирования на предприятии. В настоящее время финансово-сбытовые и производственные процессы на предприятии тесно связаны с функциями маркетинга. Маркетинг является основой стратегического планирования финансово-сбытовых и производственных процессов предприятия. Для этого необходимо постоянное исследование и прогнозирование сбыта продукции предприятия.

Выделяется три различных подхода к разработке прогнозов: экспертный опрос; экстраполяция; моделирование. Совместное использование этих подходов приводит к комбинированным методам прогнозирования, которые, на наш взгляд, отличаются большей объективностью. Прогнозированию сопутствует одно из следующих условий: наличие формальной модели; отсутствие формальной модели, но наличие статистических данных, на основе которых можно построить модель и провести экстраполяцию; в случае отсутствия модели и статистических данных используются экспертные и другие методы решения нечетких проблем. В диссертации приведены подходы к построению информационных систем прогноза сбыта продукции по результатам анализа ряда работ.

В данной главе приведен также анализ рынка программного обеспечения, представленного различными компаниями. Основным недостатком рассмотренных систем и моделей является отсутствие адаптивных возможностей систем, позволяющих создавать на уровне пользователя модели прогнозирования и

оценки сбыта продукции, настраивающиеся на решение конкретных задач в зависимости от проблемной области.

В качестве базового предприятия было взято акционерное общество Волжский Автомобильный завод (ОАО «АВТОВАЗ») и его предприятия – дистрибьютеры (базовое Алтай- Лада). ОАО «АвтоВАЗ» является крупнейшим производителем автомобилей в нашей стране. На его долю приходится более 70% всех производимых автомобилей в России.

В первой главе приведен обзор методов решения неформализованных задач в системе управления предприятием и для прогнозирования сбыта продукции. С развитием информационных технологий и технических средств наблюдается интенсивное развитие областей применения средств искусственного интеллекта для решения неформализованных задач. При этом в настоящее время выделяют следующие основные направления искусственного интеллекта, которые применяются в информационных системах: системы, основанные на знаниях (СОЗ), которые представляют экспертные системы, на базе логически прозрачных правил (правила продукций, семантические сети, фреймы, логика предикатов, прецеденты и др.); искусственные нейронные сети (НС); естественно - языковые системы.

Проведенный анализ достигнутого уровня теоретических исследований подтвердил, что актуальными остаются нерешенные научно-исследовательские проблемы создания интеллектуальных информационных систем: разработка методов, алгоритмов, моделей и программных комплексов оценки и прогноза сбыта продукции предприятия на основе гибридных экспертных систем, что является основным направлением данных исследований.

Во второй главе “ Исследование и разработка экспертных систем прогноза сбыта продукции предприятия на основе гибридного подхода в аналитических информационных системах ” разрабатываются методы создания диалоговых экспертных систем прогноза сбыта продукции предприятия на основе гибридной парадигмы.

Для построения структуры аналитической системы прогнозирования сбыта продукции предприятия используется понятие интеллектуальных компонентов, основанных на гибридных экспертных системах.

Фазы процесса управления сбытом продукции на предприятии можно представить в виде следующей схемы (рис. 1):

В схеме приведены обозначения:

$X = \{x_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ - пространство первичных показателей, описывающих состояние производственно-сбытовых процессов на предприятии;

И – интеллектуальный блок;

R - процедуры расчета экономических показателей P в информационной системе, $P = R(X)$, где X - множество первичных показателей;

ЛПР – лицо, принимающее решение;

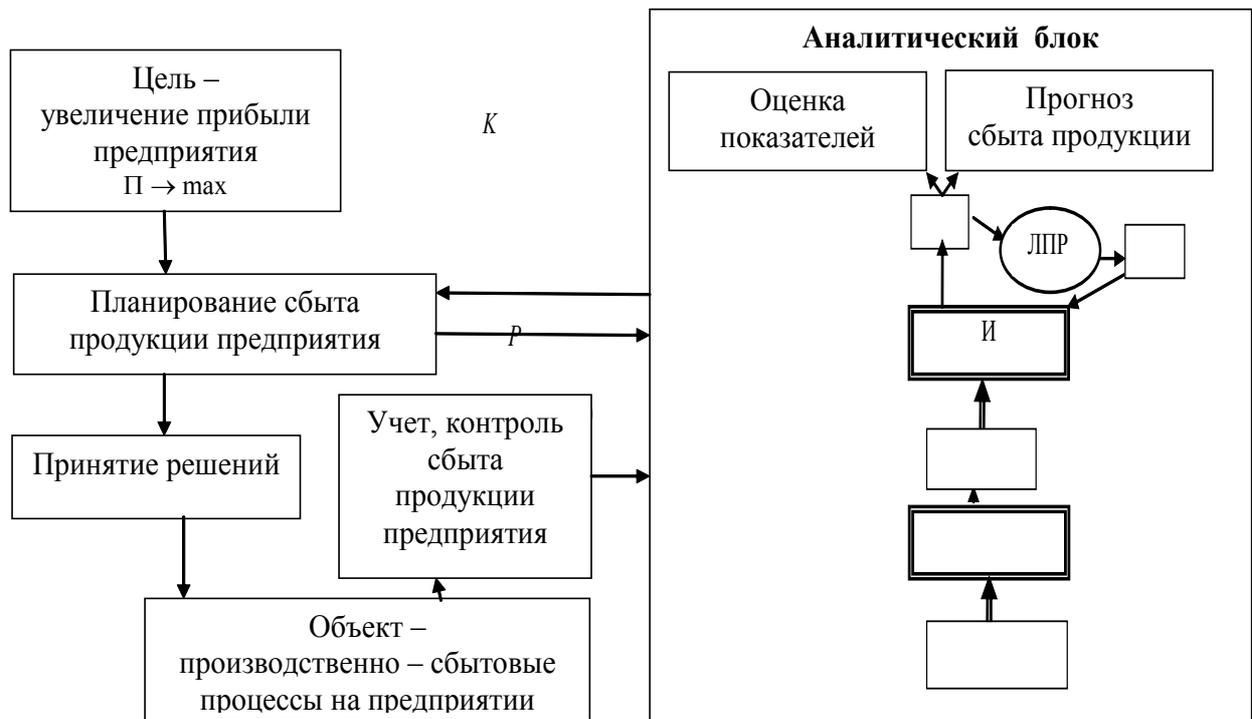


Рис. 1. Процесс управления сбытом продукции на предприятии

K - показатели прогноза сбыта продукции предприятия.

$K = F(P, K^э)$, где $K^э$ - экспертные оценки прогноза сбыта продукции экспертами; F - функция преобразования интеллектуальных блоков.

В общем виде задачу прогноза сбыта продукции в интеллектуальной системе можно представить в следующем виде:

$$Z = \langle X, K, K^э, P, R, F \rangle,$$

Для решения поставленной задачи требуется, прежде всего, определить модель преобразования $K = F(P, K^э)$, которая задает структуру экспертной системы прогнозирования состояния объекта управления.

Известно, что этапами решения аналитической задачи являются: структуризация, формализация, конкретизация. Целью процесса структуризации будет формирование графа решения задачи без циклов и петель. Для этого используется системный подход к описанию проблемной области неформализованной задачи на основе алгоритма структурирования задачи оценки «сверху – вниз» с раскрытием вершин в глубину и технология извлечения знаний на основе методов экспертных оценок.

Вторым этапом разработки поля знаний является формализация задач в узлах графа связей, полученном в ходе структуризации. Система является открытой для применения тех или иных методов формализации. Исследования, проведенные в диссертации показали, что наиболее приемлемы для решения задач прогноза сбыта продукции являются следующие методы: аналитические формулы, экспертная система, основанная на правилах продукции (дедуктивное представление знаний) и методы основанные на искусственных нейронных сетях (индуктивное представление знаний). Нейросетевое представление в зависимости от назначения задач оценки или прогнозирования может в свою очередь определяться как «Нейрооценка» и «Нейропрогноз».

Для выбора метода формализации в узлах графа связей задач разработана система критериев. В том числе наличие - отсутствие формальной методологии, примеров решения задачи, необходимость дообучения системы, необходимость учета прогноза при анализе, степень потребности в объяснении решения и ряд других. Следует отметить, что она является открытой и будет развиваться по мере подключения новых методов в гибридную модель представления знаний.

Основными преимуществами применения правил продукции в гибридных экспертных системах аналитических информационных систем являются их логическая прозрачность, наличие возможности объяснения результата решения задачи. Основными преимуществами применения нейронных сетей в гибридных экспертных системах аналитических информационных систем являются способность к автоматизированному самообучению, надежность и устойчивость к помехам и разрушениям, регуляризирующие свойства нейросетевых моделей, параллельность алгоритмов, возможность моделирования и выбора входных параметров, существенно влияющих на оценку.

На основе разработанной концепции гибридных экспертных систем спроектирована модель прогноза сбыта продукции (рис.2).

Вершиной данного дерева является показатель прогноза сбыта автомобилей. Показатели, по которым следует оценивать каждую из конкурентных групп автомобилей разбиты на несколько классов. Это социально-экономические показатели, потребительские характеристики и продвижение товара, оценка конкурентов, прогноз продаж по временным рядам

Узлы дерева представляют собой неформализованные задачи, для решения которых применяются нейросетевые методы, аналитические формульные зависимости, правила продукции.

Оценка прогноза сбыта S определяется нейросетевым методом со следующими параметрами:

$$S = F^0(C, P, T, K, R),$$

где C - социально-экономические показатели; P - потребительские характеристики; T - продвижение товара; K - конкуренты; R - прогноз продаж.

Социально-экономические показатели C определяются методом нейросетевой оценки следующей зависимостью $C = F^1(x_1^1, x_2^1, x_3^1)$, где x_1^1 - численность населения; x_2^1 - инфляция; x_3^1 - количество людей с доходом больше определённого уровня дохода.

Социально-экономические показатели позволяют сделать выводы об изменении потенциального рынка и количества платежеспособного населения. Прогноз численности населения строится на основании значений временного ряда $\{x_{1i}^1, i = 1, n\}$ за период времени от $t_{нач}$ до $t_{кон}$ и определяется методом нейросетевого прогнозирования. Интервал измерений величины является постоянным, измерения x_{1i}^1 проводились через промежуток времени $\Delta t = \frac{t_{кон} - t_{нач}}{n - 1}$. Задача прогнозирования: найти $x_{1,l+1}^1 = V_1^1(x_{1l}^1, x_{1,l-1}^1, \dots, x_{1,l-l}^1)$, где l - количество элементов ряда, необходимых для прогнозирования или временной лаг; V_1^1 - нейросе-

тевая функция прогноза временного ряда численности населения. Значения показателя инфляция берётся из данных Госкостата.

Прогноз инфляции определяется по формуле: $x_{2,t+1}^1 = V_2^1(x_{2,t}^1, x_{2,t-1}^1, \dots, x_{2,t-l}^1)$, где l - количество элементов ряда, необходимых для прогнозирования или временной лаг; V_2^1 - нейросетевая функция прогноза временного ряда инфляции.

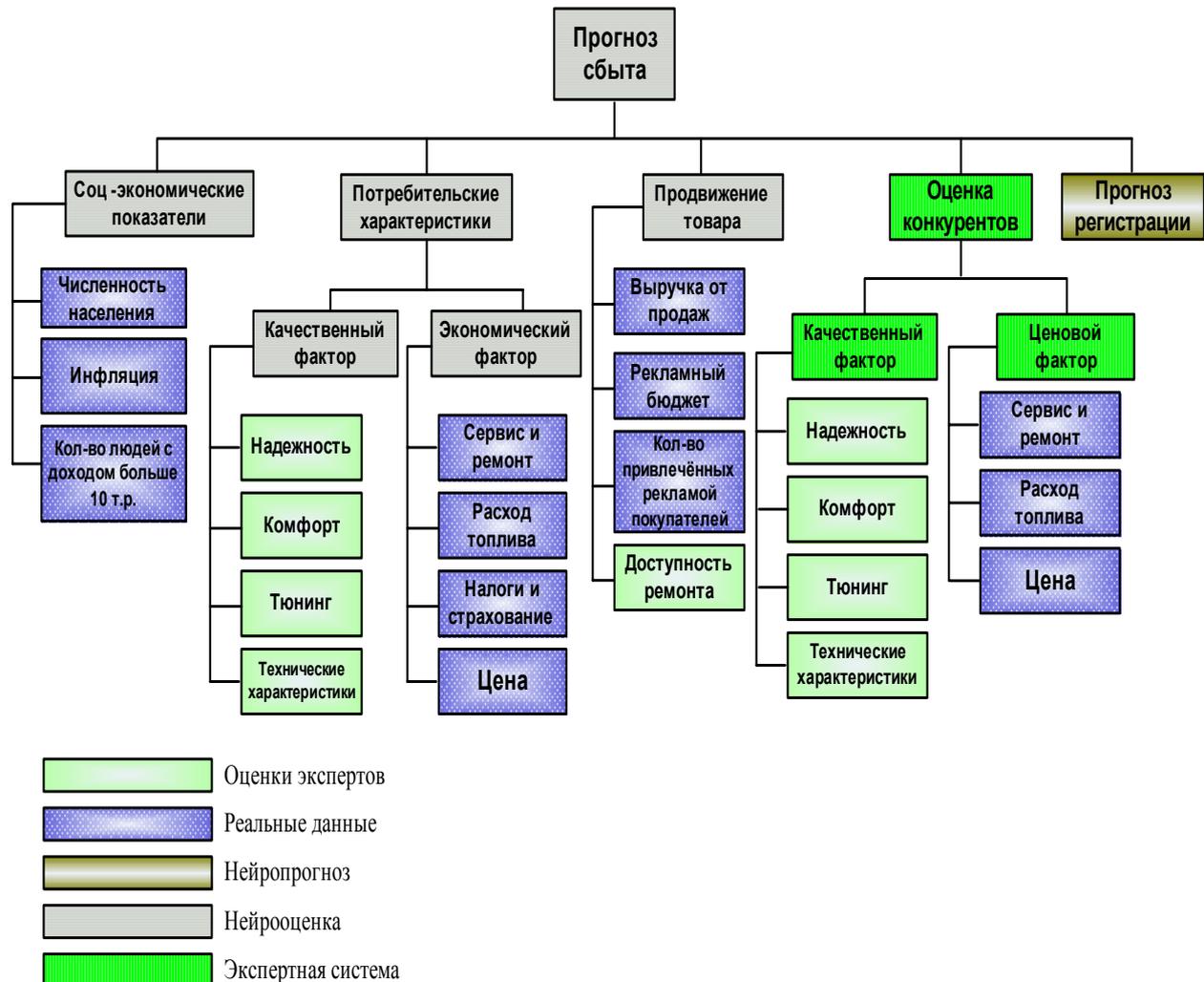


Рис. 2. Структура модели для решения задачи прогнозирования сбыта продукции предприятия

Показатель «Количество людей с доходом больше определённого уровня» задает количество потенциально возможных покупателей. Прогноз данного показателя определяется по формуле: $x_{3,t+1}^1 = V_3^1(x_{3,t}^1, x_{3,t-1}^1, \dots, x_{3,t-l}^1)$, где l - количество элементов ряда, необходимых для прогнозирования или временной лаг; V_3^1 - нейросетевая функция прогноза временного ряда «Количество людей с доходом больше определённого уровня».

Группа *потребительских характеристик* P позволяет оценить непосредственно изучаемый автомобиль и определяются методом нейрооценки. Потребительские характеристики включают в себя две группы показателей. Это качественные показатели O^P и экономические E^P : $P = F^P(O^P, E^P)$

Качественные факторы O^P определяются методом нейрооценки.

$O^p = F^2(x_1^2, x_2^2, x_3^2, x_4^2)$, где x_1^2 - надёжность; x_2^2 - комфорт; x_3^2 - технические характеристики; x_4^2 - тюнинг определяются путем оценки экспертами. Источником является анализ вариантов ответов на вопросы анкеты. Анкеты заполняют все клиенты организации.

Экономические факторы E^p определяются при помощи метода нейросетевой оценки.

$E^p = F^3(x_1^3, x_2^3, x_3^3, x_4^3)$, где x_1^3 - расход топлива; x_2^3 - налоги и страхование; x_3^3 - сервис и ремонт; x_4^3 - цена.

С помощью *экономических* определяется уровень расходов на эксплуатацию и обслуживание автомобиля. Значения показателей берутся на основе реальных данных из информационной базы системы управления сбытом продукции.

Продвижение товара T определяется методом нейрооценки по формуле:

$T = F^4(x_1^4, x_2^4, x_3^4, x_4^4)$ где: x_1^4 - выручка от продаж (данные из информационной системы); x_2^4 - доступность обслуживания (оценки экспертов из анкет); x_3^4 - рекламный бюджет (данные из информационной системы); x_4^4 - количество привлеченных рекламой покупателей (данные из анкет).

Основными показателями для *оценки конкурентов* являются потребительские характеристики продукции конкурентов. Они включают в себя две группы показателей - это качественные показатели O^k и экономические E^k . $K = F^k(O^k, E^k)$. Для определения значения этого показателя используется экспертная система, основанная на правилах продукции.

Качественные факторы O^k определяются с использованием экспертной системы: $O^k = F^5(x_1^5, x_2^5, x_3^5, x_4^5)$, где x_1^5 - надёжность; x_2^5 - технические характеристики; x_3^5 - комфорт; x_4^5 - тюнинг. Все показатели определяются из анкетных данных, заполненных экспертами.

Ценовой фактор (экономические характеристики) E^k определяются с использованием экспертной системы: $E^k = F^k(x_1^k, x_2^k, x_3^k)$, где x_1^k - средняя цена; x_2^k - сервис и ремонт; x_3^k - расход топлива (значения показателей берутся на основе реальных данных из информационной базы системы управления сбытом продукции).

Прогноз *регистрации автомобилей* строится на основании значений временного ряда $\{r_i, i = 1, n\}$ за период времени от $t_{нач}$ до $t_{кон}$. Интервал измерений величины является постоянным, измерения $x_{i_l}^1$ проводились через промежуток времени $\Delta t = \frac{t_{кон} - t_{нач}}{n - 1}$. Для определения прогноза продаж решается задача *прогнозирования*: найти $r_{t+l} = V^r(r_t, r_{t-1}, \dots, r_{t-l})$, где l - количество элементов ряда, необходимых для прогнозирования или временной лаг; V^r - нейросетевая функция прогноза временного ряда.

В диссертации разработана *структура интеллектуальной программной системы* прогноза сбыта продукции. Аналитическая система прогноза сбыта

работает режимах: администратора, пользователя, дообучения, режим автоматической настройки параметров системы.

В работе рассмотрены технологии применения нейросетевых компонентов в информационных системах прогноза сбыта

Под *искусственной нейронной сетью* понимается некоторое вычислительное устройство обработки информации, состоящее из большого числа параллельно работающих простых процессорных элементов – нейронов, связанных между собой линиями передачи информации – связями или синапсами.

Для реализации нейросетевой функции в гибридной экспертной системе используется нейросетевой компонент. В его состав входят следующие составляющие: менеджер (управляющий модуль), интерфейсы ввода и вывода, преобразователь, задачник, интерпретатор, нейроимитатор. В состав нейроимитатора входят следующие элементы: сеть, учитель, контрастер, блок оценки, конструктор.

В диссертации представлены методы предварительной обработки информации. К этапам преобработки данных при нейросетевом моделировании в информационных системах относятся: исключение аномальных наблюдений, проверка однородности данных, заполнение пропусков в данных, фильтрация, нормировка данных, погружение данных.

Рассмотрены вопросы формирования задачника для нейросети, методы формирования нейронной сети, интерпретации сигналов нейронной сети, обучения, оценки и коррекции нейросетевой модели, конструирования и контрастирования нейронной сети, получения явных знаний из данных.

Наиболее сложным этапом формирования обучающей выборки для нейронной сети является формирование значений обучающего параметра задачника. Предлагаются различные режимы формирования данных, в том числе при автоматизированном самообучении. При формировании значений обучающего параметра наиболее эффективным является метод экспертных оценок, который проводится в несколько туров по методу Дельфи. При этом определяется компетентность и согласованность мнений экспертов на основе исследования линейных корреляций по Кендэлу.

Для решения задачи прогноза сбыта продукции в интеллектуальной системе основным блоком является *аналитическая система “Бизнес-аналитик”*. Основа работы системы – гибридная модель, которая позволяет получать оценки показателей с помощью нейронных сетей, экспертных систем и аналитических зависимостей. Для решения задач оценки гибридная экспертная система функционирует в режиме настройки и эксплуатации. В режиме настройки с системой работает администратор, который осуществляет построение дерева задачи оценки и настраивает методы решения задач с учетом критериев для всех подзадач дерева. В режиме эксплуатации с системой взаимодействует пользователь, который на основе первичных данных с использованием уже настроенных методов решения получает оценки для всех вершин дерева.

В диссертации показано применение методов прогнозирования сбыта продукции на основе нейросетевого подхода в составе гибридной экспертной системы (Рис 3).

Новизну представляет разработанная оригинальная технология прогнозирования на основе автоматизированной системы. Согласно данной схеме в системе автоматизированного прогнозирования используются следующие компоненты: выборки, предобработки и интерпретации данных, нейросетевого, технического анализа и прогнозирования. Этап предобработки включает блоки эвристического анализа, исключения аномальных наблюдений, заполнения пропусков, фильтрации, погружения данных.

Определены преимущества использования нейронных сетей для адаптивного прогнозирования. Основное свойство такого метода: при поступлении новых данных значение прогноза меняется, адаптируясь к вновь поступившей информации и становится, таким образом, более чувствительным к ней. Адаптивные прогнозы получаются при автоматизированном доучивании нейронных сетей. При этом при краткосрочном прогнозировании доучивание должно быть ежедневным на новых данных.

Адаптивные прогнозы определяют в качестве основного *режим скользящей выборки*. Суть его заключается в том, что перед очередным тестированием осуществляется доучивание нейронной сети на выборке, включающей данные прошлого периода. В реально функционирующей информационной системе этот режим легко реализуем. Это объясняется тем, что в динамических системах первичная информация обрабатывается в ритме производственного процесса, ввиду этого происходит постоянное ее обновление. На новых данных, возможно, проводить режим оперативного доучивания нейросети.

В третьей главе *“Реализация методов прогноза сбыта продукции предприятия с использованием аналитической системы”* иллюстрируется реализация методов прогноза сбыта продукции предприятия с использованием аналитической системы, приводятся результаты экспериментов на разработанных моделях, подтверждающие теоретические исследования, проведенные в диссертации.

В данной главе представлена структура интеллектуальной системы прогноза сбыта продукции предприятия «Прогноз» (Рис.4).

В аналитической системе реализованы следующие функции: сбор первичной и вторичной информации, ввод информации непосредственно пользователем из анкет и возможность импорта данных из других систем (1С, Excel); анализ текущего рыночного спроса; анализ сбыта конкретного дилера; анализ потребителя; анализ товара; анализ конкурентов; прогноз сбыта автомобилей конкретной марки, семейства, модели, цвета на определенной территории; прогноз сбыта на автомобиле определенной марки, семейства, модели, цвета конкретного дилера; анализ поставок автомобилей для конкретного дилера.

В системе реализованы следующие пользовательские возможности: удобный ввод информации; наглядное отображение информации (в виде графиков, диаграмм, таблиц); возможность моделирования рыночной ситуации.

Реализованы следующие требования к безопасности и надежности: резервное копирование БД; парольная защита.

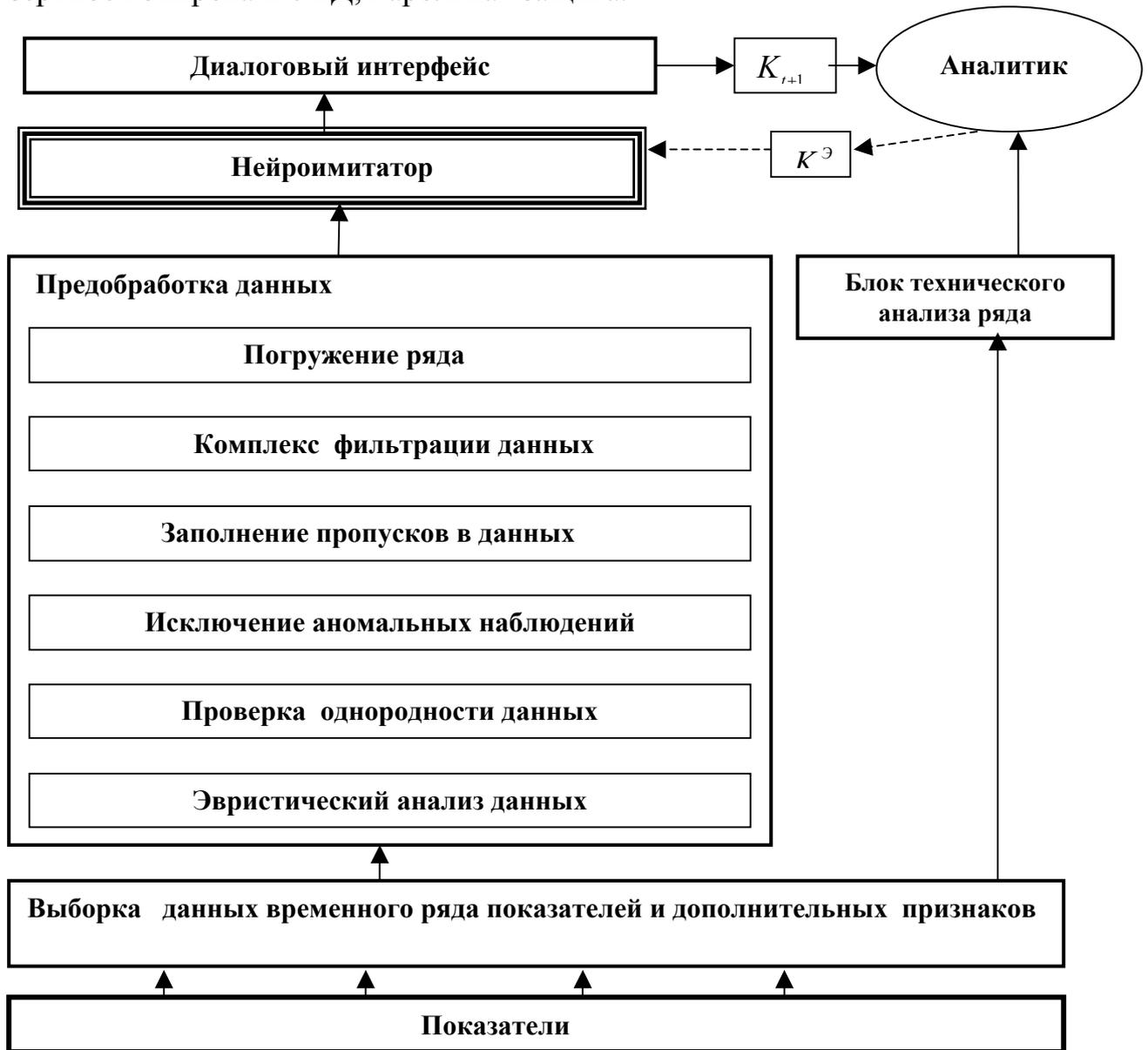


Рис. 3. Структура интеллектуальной системы прогноза значений показателей

Информационная система «Бизнес - Аналитик» - это аналитическая система, являющаяся инструментальной оболочкой гибридной экспертной системы (Рис.5). Данная система адаптивна к проблемной области и может легко настраиваться на решение любой задачи оценки или прогноза.

Методы анализа, основанные на методах нейроинформатики и систем обработки знаний реализованы в интеллектуальной системе «Бизнес-Аналитик». Для задач прогнозирования в систему встроен нейроимитатор, в котором реализуются функция нейросетевого прогнозирования. В режиме оценки нейронная сеть обучается на специально построенной обучающей выборке. Обучающая выборка состоит из примеров, каждый пример представляет собой ряд показате-

телей и обобщенную интегральную оценку этих показателей. Эта оценка выставляется экспертным путем.

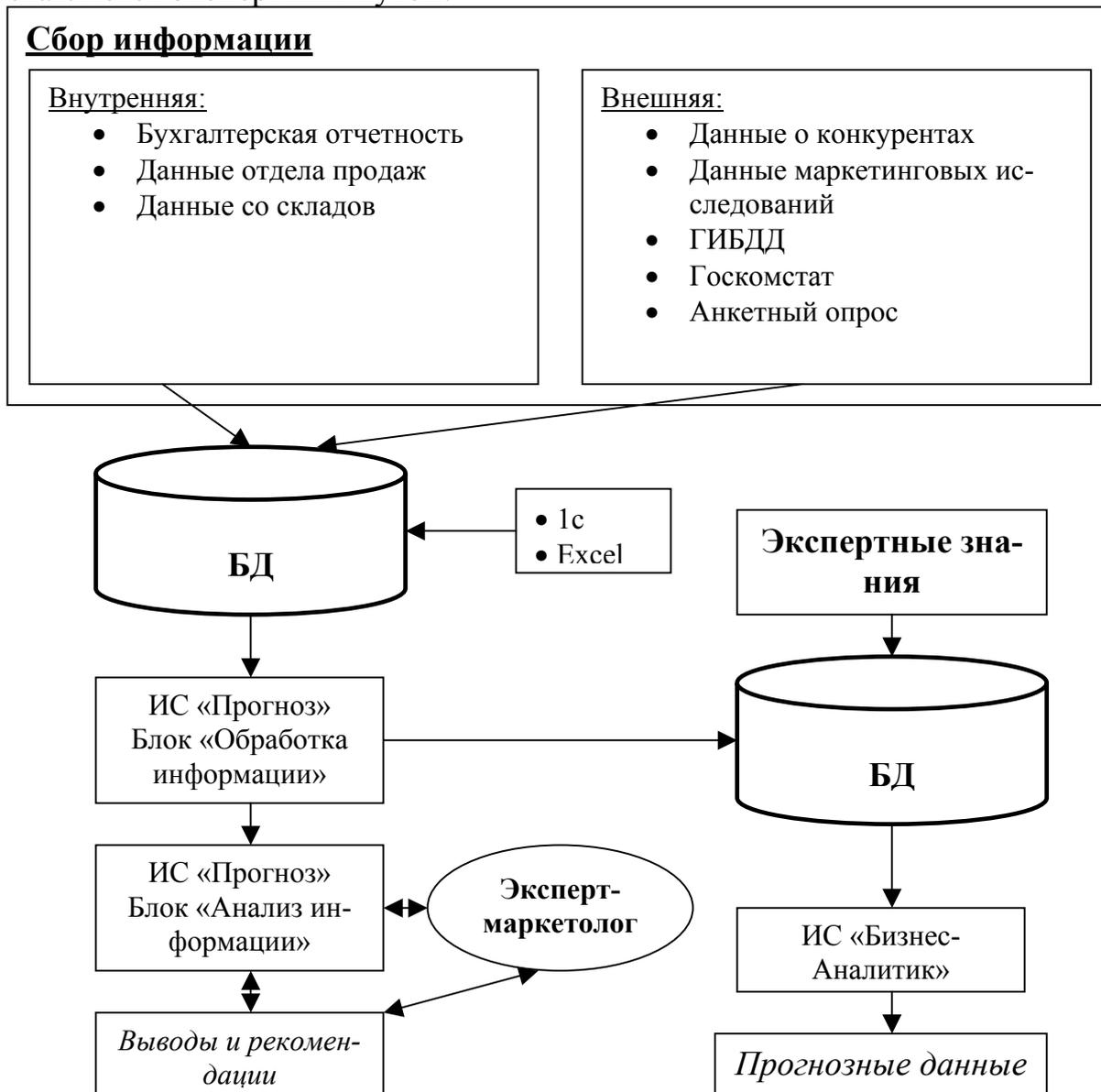


Рис.4. Общая архитектура ИС «Прогнозирование сбыта продукции» («Прогноз»)

В режиме прогнозирования нейронная сеть обучается на временном ряде значений показателей.

В диссертационной работе приводятся результаты исследований по прогнозированию сбыта автомобилей на основе аналитической информационной системы. Для составления качественного прогноза обрабатывается большой объем как первичной, так и вторичной информации. В том числе исследования проводились на основе следующей информации: данные ГИБДД о регистрации автомобилей в Алтайском крае; продажи автомобилей ОАО «Алтай-Лада»; социально – экономические показатели развития Алтайского края; динамика изменения цен на автомобили; данные анкетного опроса.

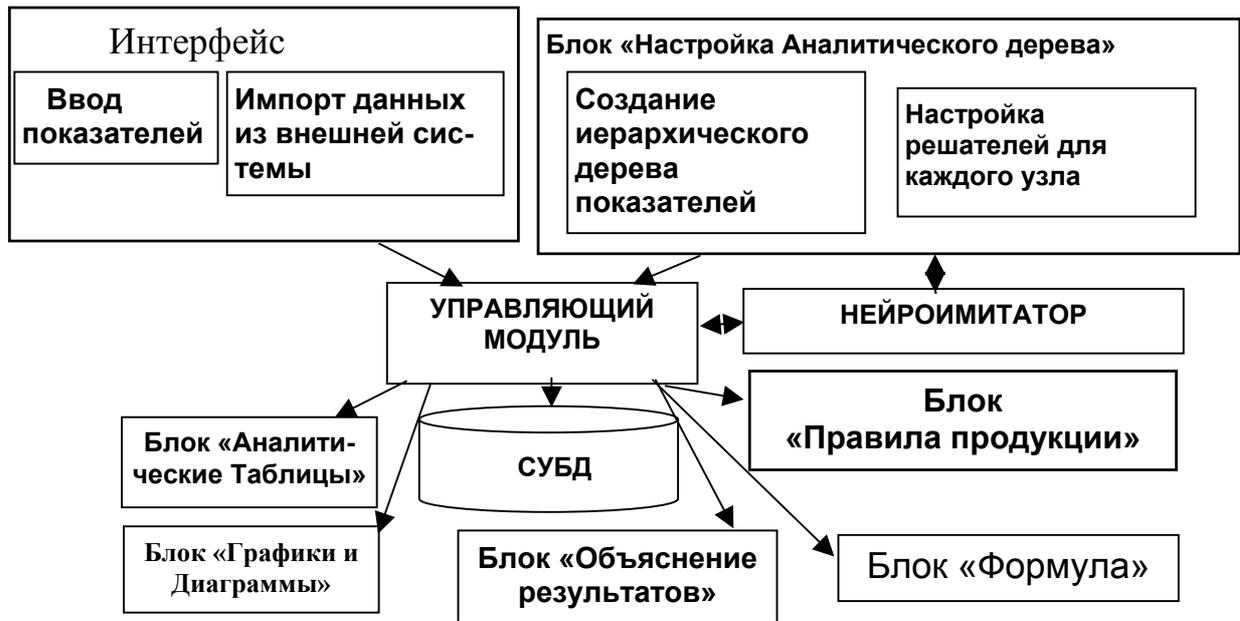


Рис. 5. Компоненты аналитического комплекса «Бизнес-аналитик»

В диссертации приводятся подробные результаты вычислительных экспериментов на модели прогноза сбыта автомобилей. Приемлемые результаты обучения одного из нейросетевых решателей, определяющих прогноз сбыта автомобилей показаны в таблице 1. В ней отражены стандартные методы обучения, количество эпох обучения, ошибки обучения и обобщения.

На рисунке 6 представлен прогноз сбыта автомобилей, значение ошибки при сравнении с фактическими данными.

Основным преимуществом разработанной системы является возможность проведения имитационных экспериментов на модели с целью выбора рациональных управленческих решений. На рисунке 7 отображены результаты ряда экспериментов, показывающих изменение объемов сбыта автомобилей десятой марки в зависимости от значений различных входных факторов.

Таблица 1

Результаты настройки нейросетевого решателя “Прогноз сбыта продукции”

№ п.п.	Структура сети	Алгоритм обучения	Эпох обучения	Ошибка обучения	Ошибка обобщения
1	5-3	BFGS	40	0.47%	5,4%
2	4-3	BFGS	40	2.1%	3.6%
3	4-2	BFGS	40	2.4%	3.1%
4	5-3	SCG	40	0.02%	2,8%
5	4-3	SCG	40	0.02%	4,3%
6	4-2	SCG	40	0.16%	5.5%
7	5-3	CGB	40	0%	4.3%
8	4-3	CGB	40	0.01%	5.0%
9	4-2	CGB	40	0.4%	3.4%

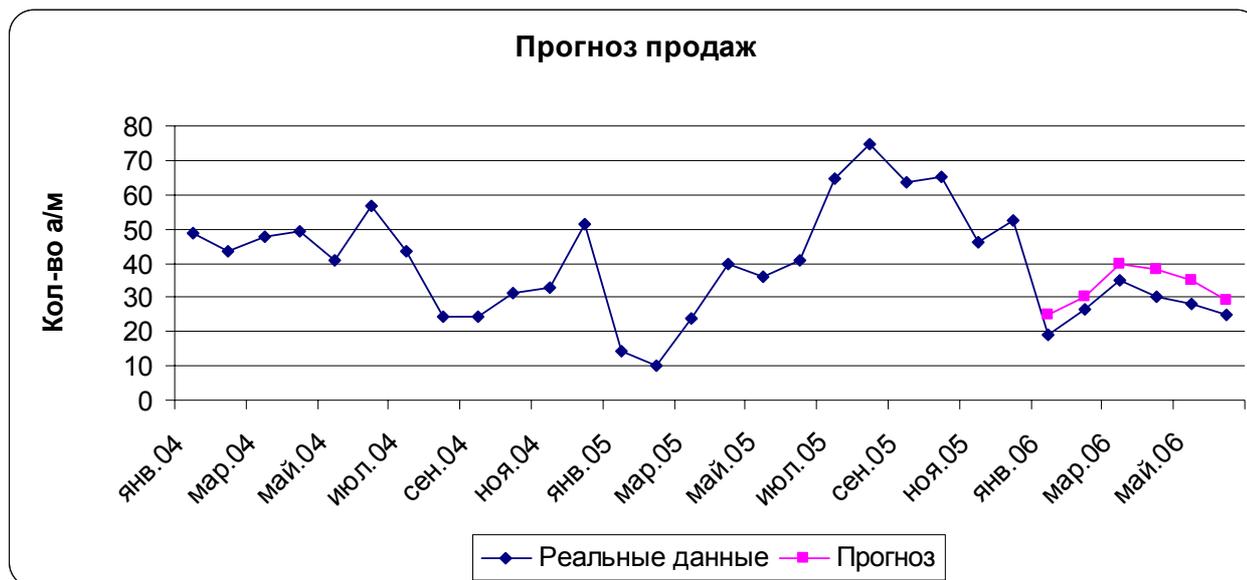


Рис.6. Результаты прогнозирования с использованием гибридной экспертной системы

Анализ экспериментов подтверждает эффективность разработанных моделей, алгоритмов и технологий. Серия проведенных экспериментов показывает преимущества разработанного метода решения задачи прогнозирования по сравнению с известными методами. Улучшение качества прогноза происходит вследствие более адекватного отражения реальной действительности в базе знаний гибридной экспертной системы, содержащей знания и опыт экспертов.

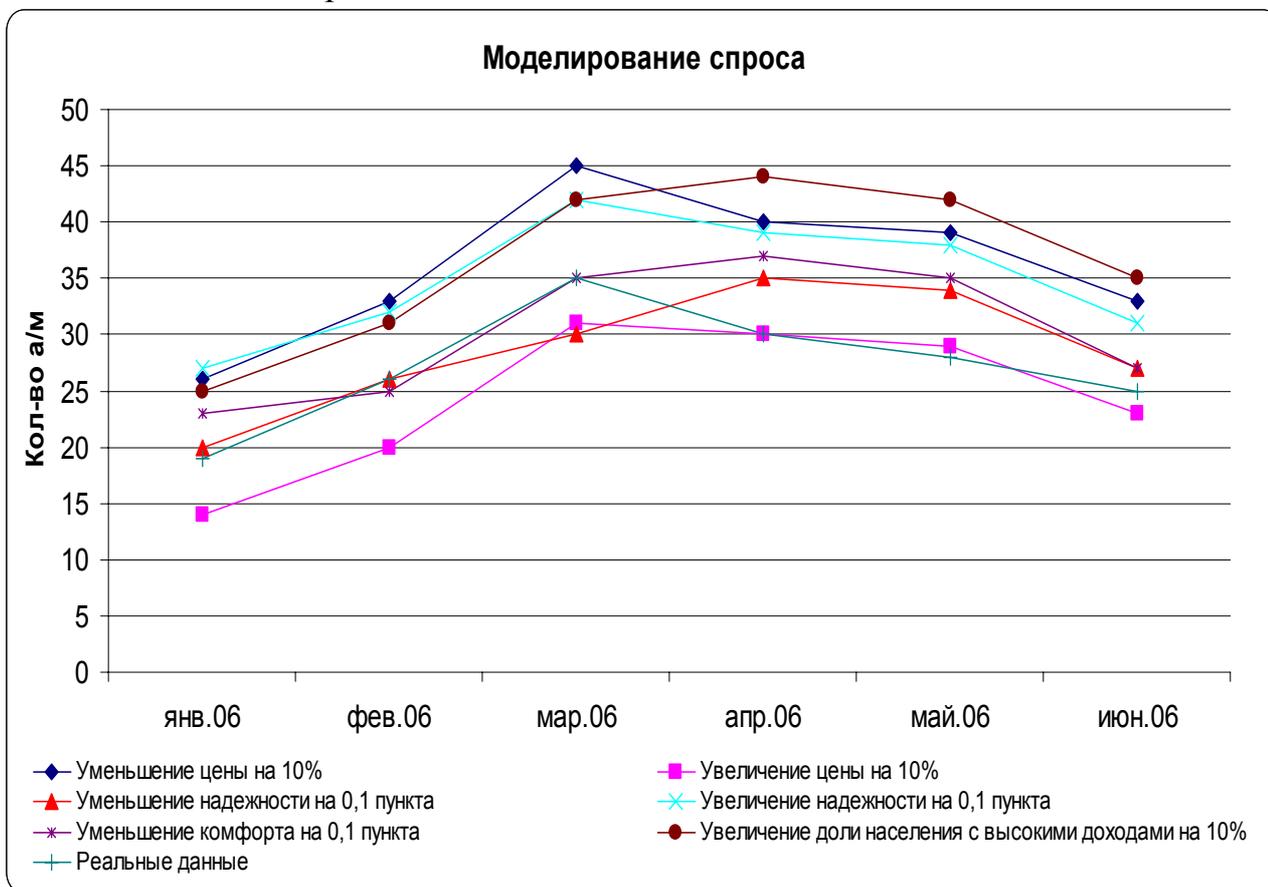


Рис. 7. Результаты имитационного моделирования

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе разработаны аналитическая информационная система, технологии, модели и алгоритмы, программные комплексы, методические рекомендации для эффективной реализации функции прогнозирования сбыта продукции предприятием.

При этом в диссертации решены следующие задачи:

1. Разработана модель решения неформализованной задачи прогнозирования сбыта продукции предприятия на базе гибридных экспертных систем, включающих компоненты, основанные на системах обработки знаний и нейросетевых методах, учитывающих динамику изменения анализируемых показателей с возможностью автоматизированного дообучения интеллектуальных элементов в реальных условиях функционирования информационных систем.

2. На основе разработанных методов спроектирована автоматизированная интеллектуальная система прогноза сбыта продукции предприятия и ее компоненты, имеющие средства настройки на модель предметной области, режимы администратора и пользователя, с диалоговыми человеко-машинными процедурами технического анализа, этапами предварительной обработки и погружения данных.

3. Проведена настройка модели на предметную область, сформировано поле знаний, обучены нейросетевые компоненты, сформированы правила продукции для ряда автосервисных предприятий.

4. Проведены имитационные вычислительные эксперименты на модели, подтвердившие достоверность результатов, эффективность разработанных методов, технологий, позволяющие подбирать рациональные значения входных параметров с целью достижения положительных результатов функционирования предприятия.

5. Разработанная система внедрена на ряде предприятий, получено свидетельство об официальной регистрации программного комплекса прогноза сбыта продукции.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Машук Е.В., Вагнер В.А. Совершенствование управления на автомобильном предприятии с использованием интеллектуальных информационных систем. Межвузовский сборник научных трудов. /Алт. Гос. техн. Ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2003 г.- С.58-67

2. Машук Е.В., Вагнер В.А. Методы оперативной оценки деятельности автомобильного предприятия. Международная научно-практическая конференция «Наука и практика организации производства и управления» (Орга-

низация 2003). Сборник научных докладов /Алт. Гос. техн. Ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2003 г.- С.55-58

3. Машук Е.В., Пятковский О.И., Вагнер В.А. Применение нейросетевых технологий в информационной системе контроллинга автомобильного предприятия. Нейроинформатика и ее приложения: Тезисы докладов XI Всероссийского семинара /под ред. А.Н. Горбаня. – Красноярск: КГТУ, 2003.- С. 26-27

4. Машук Е.В., Пятковский О.И. Применение нейронных сетей в гибридных моделях оценки спроса на продукцию автомобильного предприятия. Нейроинформатика и ее приложения: Тезисы докладов XII Всероссийского семинара /под ред. А.Н. Горбаня. – Красноярск: КГТУ, 2004. - С. 105-106

5. Машук Е.В., Вагнер В.А., Ольховский М.В. Экспертная система оценки сбытового и финансового состояния предприятия Вестник Алтайского научного центра сибирской академии наук высшей школы, №8/2005,С.139-147

6. Машук Е. В. Экспертная система прогноза сбыта продукции на предприятии. Ползуновский вестник №1, 2006г. С.158-161

7. Машук Е.В. Аналитическая система оценки спроса на товары предприятия. Измерение, контроль, информатизация: Материалы Третьей Международной научно-технической конференции “ИКИ-2006”, Барнаул.-АлтГТУ, 2006.-С. 109-111

8. Машук Е.В., Авдеев А.С., Пятковский О.И., Разработка аналитической системы прогнозирования продаж автомобилей. Нейроинформатика и ее приложения: Материалы XIV Всероссийского семинара /под ред. А.Н. Горбаня, Е.М. Миркеса, ИВМ СО РАН, Красноярск, 2006. - С. 77-79

9. Машук Е.В., Авдеев А.С. Аналитическая система прогнозирования продаж автомобилей. Ползуновский альманах № 4, 2006, С. 135-138

10. Авдеев А.С., Вагнер В.А., Машук Е.В., Пятковский О.И. Автоматизированная система прогноза спроса на предприятии ("Прогноз"): Свидетельство РФ об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2000610095. - М: РОСПАТЕНТ, 2006.-1с.