

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.В. Евстигнеев, О.И. Пятковский

Развитие автоматизированных информационных систем управления организациями является по-прежнему актуальной задачей. Накоплен большой опыт в теории и практике создания информационных систем производственного, финансового менеджмента, комплексного бухгалтерского учета и финансового анализа, маркетинга, сбыта и реализации готовой продукции. Большое развитие получили информационные системы управления социальными объектами, например, высшими учебными заведениями. В данной работе рассматриваются методы, применяющиеся для совершенствования этих систем, с целью перевода их в разряд информационно-советующих. Следует отметить, что эти направления работ являются актуальными вследствие ряда обстоятельств. В их числе достаточно высокий уровень развития информационных технологий, инструментальных средств искусственного интеллекта и нейроинформатики.

В настоящее время наблюдается усложнение взаимодействия предприятий с внешними организациями: налоговой инспекцией, поставщиками и потребителями, страховыми компаниями, биржами, инвестиционными фондами. Основной проблемой управления организацией является решение таких неформализованных задач как оценка и диагностика ее состояния, поиск, определение закономерностей и извлечение знаний в информационных данных, прогнозирование результатов, выработка рациональных траекторий функционирования объектов. При их решении целесообразно привлечь опыт специалистов, накопленный в базах знаний экспертных систем и интеллектуальных программных комплексов. В данной работе для обеспечения поддержки принятия решений в таких условиях предлагается дальнейшее развитие комплексной автоматизации управленческой деятельности

предприятия с использованием современных информационных технологий, математического моделирования и методов искусственного интеллекта, нейроинформатики и гибридных экспертных систем [1, 3, 5].

Для построения систем поддержки принятия решений созданы диалоговые экспертные системы оценки состояния предприятия. Введено понятие интеллектуальных компонентов информационных систем. Это программные комплексы, предназначенные для решения неформализованных задач оценки, диагностики, прогнозирования, определения закономерностей, группировки данных и извлечения знаний, функционирующие на основе методов искусственного интеллекта, систем обработки знаний, искусственных нейронных сетей, гибридных технологий.

В общем виде задачу поддержки принятия решений в интеллектуальной системе можно представить в следующем виде:

$$Z = \langle X, K, K^3, P, R, F \rangle,$$

где X - множество первичных входных показателей, отображающих состояние хозяйствующего субъекта и происходящего процесса; K - множество критериев оценки достижения поставленных целей на различных уровнях управления; K^3 - множество экспертных оценок критериев достижения поставленных целей пользователями (менеджерами) на различных уровнях управления; P - множество рассчитанных показателей деятельности предприятия на различных уровнях управления; R - множество расчетных функций преобразования показателей X и P ; F - отображение множества показателей P в множество K их критериальных оценок.

Отображение X в множество критериальных оценок может быть

детерминированным, вероятностным либо неопределенным, поэтому выделяются, соответственно, системы принятия решений в условиях определенности, риска и неопределенности. В связи с этим, отображения F и R в множество критериальных оценок могут представлять преобразование информации при помощи различных моделей. При этом зависимости R представляют аналитические модели расчета экономических показателей. Преобразования F используются для формирования функционалов оценки производственно-финансового состояния предприятия. Данные задачи, как было сказано выше, являются неформализованными, поэтому, для их описания наиболее эффективными являются модели, основанные на системах обработки знаний, нейросетевые и гибридные [1,2,3]. Множество входных показателей X может быть дискретным или непрерывным, детерминированным, или стохастическим.

Для решения представленных оптимизационных задач требуется прежде всего определить модели преобразований $K^u = F^u(P^u, K^{u\exists}, K^{u-1})$, которые задают структуры интеллектуальных гибридных блоков оценки состояния объекта I^1, I^2, \dots, I^U . Они представляют собой иерархические гибридные экспертные системы, включающие в себя элементы, основанные на различных моделях представления знаний. Интеллектуальный блок состоит из компонентов оценки и прогнозирования некоторого критериального показателя K . Блок прогнозирования обеспечивает более адекватную действительности оценку. Доказательством этому может служить аналогия с деятельностью менеджера. Как известно, при анализе какой-либо деятельности он оценивает не только настоящее но и прошлое и прогноз будущего состояния. Такой подход в максимальной степени позволяет учесть опыт менеджера и достичь адекватности оценки. Экспериментальные исследования на реальной базе предприятий подтвердили данные предположения.

Этапами решения любой и в том числе неформализованной задачи являются: структуризация, формализация, конкретизация. Целью процесса структуризации будет формирование графа решения задачи без циклов и петель. Для этого разработана система

автоматизированного структурирования задачи.

Вторым этапом структуризации является формализация задач в узлах графа связей, полученном в ходе структуризации. Система является открытой для применения тех или иных методов формализации. Исследования показали, что наиболее приемлемыми для решения неформализованных задач являются следующие методы: интерпретатор формул, экспертная система, основанная на правилах продукции (дедуктивное представление знаний) и методы основанные на искусственных нейронных сетях (индуктивное представление знаний). Для выбора метода формализации в узлах графа связей задач разработана система критериев. В том числе наличие/отсутствие формальной методики примеров решения задачи, необходимость дообучения системы, необходимость учета прогноза при анализе и степень потребности в объяснении решения и ряд других. Следует отметить, что система является открытой и будет развиваться по мере подключения новых методов в гибридную модель представления знаний. Для автоматизированного формирования методов в узлах графа связей задач разработана экспертная система, осуществляющая процедуру выбора методов формализации.

Из рассмотренных методов формализации подробнее остановимся на искусственных нейронных сетях. В работе [1] определены их преимущества для применения в информационных системах. В том числе параллельность алгоритмов, способность к автоматизированному самообучению, надежность и устойчивость к помехам и разрушениям, регуляризирующие свойства нейросетевых моделей, возможность моделирования и выбора входных параметров, существенно влияющих на оценку.

Рассмотрим применение нейросетевых технологий при решении задач моделирования, прогнозирования и анализа данных. Для прогнозирования экономического состояния хозяйствующего субъекта, реинжиниринга бизнес-процессов и выработки рациональных управленческих решений эффективно применение имитационного моделирования [1]. При функционировании интеллектуальных имитационных моделей нейросетевые технологии используются для выработки рациональной траектории проведения

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

имитационных экспериментов. Обученные нейросетевые модели применяются для выбора алгоритмов в блоках принятия решений. Это существенно улучшает качество имитационного моделирования за счет его приближения к реальной действительности. Например, для моделей сбыта они используются для выбора того или иного алгоритма подбора транспортных единиц для отправки в заданный период имитационного времени, для производственных моделей – для выбора алгоритма формирования графиков загрузки оборудования, для моделей финансовых рынков – для определения вариантов приобретения акций на бирже т.д. Кроме того интеллектуальные компоненты в имитационных моделях используются для оценки деятельности экономических объектов, имитации входных потоков данных и процессов.

Важным направлением применения нейросетевых технологий является прогнозирование временных рядов показателей. Наиболее распространенным является прогнозирование временных рядов финансовых показателей, спроса на продукцию на основе исследования тенденций рынка по статистическим данным, полученным на основе работы информационной системы предприятия. Обучающая выборка формируется на основе значений показателей в предыдущие периоды времени, а также значений других качественных факторов - сезон, вид деятельности предприятия, характер производственно-финансового окружения и т.д. Технология нейропредсказаний состоит из ряда последовательных этапов: погружение ряда, выделение признаков, обучение нейросетевых элементов, адаптивное предсказание и принятие решений. В отличие от традиционных нейросетевых методов имеют ряд преимуществ за счет ярко выраженных свойств адаптивности, регуляризации данных. Кроме того, качество прогнозов улучшается при использовании «консилиума» нейросетей при выработке решений. Проведенные эксперименты на реальных выборочных данных при решении задач прогнозирования финансово-аналитических показателей и спроса на продукцию предприятия подтвердили преимущества нейросетевых технологий.

При адаптивном прогнозировании значений показателей 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, т.е. происходит постоянное ее обновление. На новых данных возможно проводить режим оперативного доучивания нейросети.

Для выявления причин резкого изменения значений ряда эффективным является привлечение опыта специалистов – экспертов, занимающихся соответствующей экономической областью. В частности, решение этой задачи обеспечивается за счет применения методов технического анализа данных. Эффективно применение экспертных систем, основанных на системах обработки знаний, а также методов качественного экспертного оценивания. В диалоговом режиме это может быть специалист, либо группа специалистов и методы экспертных оценок для обработки результатов экспертизы. В автоматическом режиме эффективно применение экспертных систем, основанных на логико-лингвистических моделях.

При прогнозировании может возникнуть необходимость первоначального сглаживания временного ряда. Для этой цели разработана система оценки на основе дисперсии, эвристических методов. Анализ результатов оценки производится при помощи экспертной системы производственного типа, и, в зависимости от этого, при необходимости выбирается тот или иной метод фильтрации данных и его параметры. Автоматизированная система является открытой для подключения различных методов сглаживания. Предобработанные данные используются для обучения или тестирования нейросетей. Результаты

экспериментального опробования показали эффективность разработанных адаптивных методов прогнозирования временных рядов показателей при их применении в информационных системах на реальных экономических объектах.

Согласно разработанной схеме (рис. 1), в системе автоматизированного прогнозирования используются следующие компоненты: выборка, предобработка и интерпретация данных, нейросетевой, технический анализ и прогнозирование. Этап предобработки включает блоки эвристического анализа, исключения

аномальных наблюдений, заполнения пропусков, фильтрации, погружения данных.

Все более широкий размах приобретает использование технологий Интернет в бизнесе предприятий. Они применяются для поиска информации о новых технологиях, поставщиках и потребителях, для проведения маркетинговых исследований, интерактивного обслуживания клиентов и сопровождения продукции. Эта информация значительна по

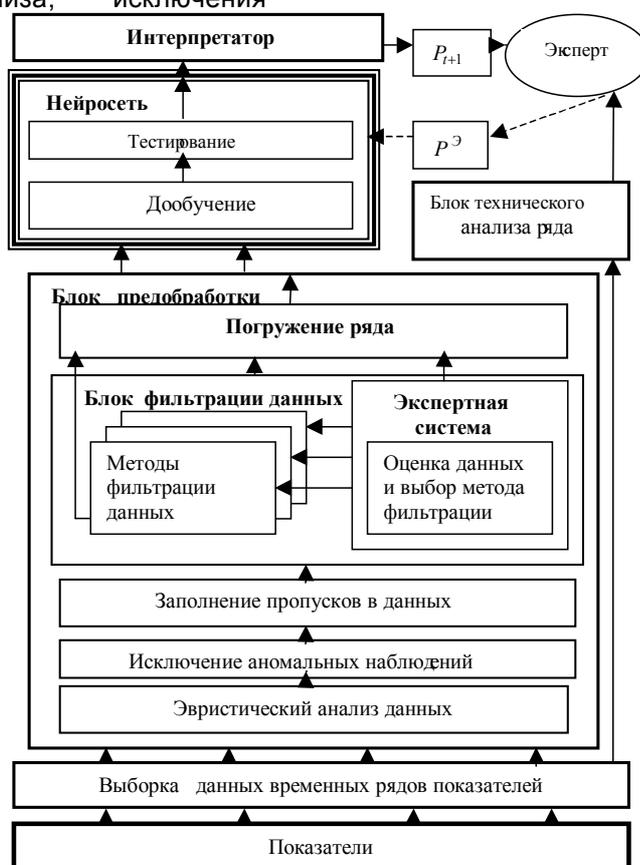


Рис. 1. Структура автоматизированной информационной системы прогнозирования показателей.

объемам, часто противоречива, поэтому актуальными являются задачи автоматизации извлечения знаний, а также поиска закономерностей и связей в информации, содержащейся в глобальной сети Интернет. Для решения таких задач эффективно применение технологий искусственного интеллекта, в том числе нейросетевых методов. При этом

используются такие возможности нейронных сетей, как высокая скорость обработки данных, малая ресурсоемкость, возможность нахождения закономерностей в большом потоке противоречивой информации, сохранение связей между важными факторами, сокращение объемов получаемой информации с сохранением смысла, а также ее ассоциативное запоминание. При

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

исследованиях рынка из сети Интернет извлекается информация о поставщиках и потребителях, ассортименте, ценах, объемах и качестве товаров, продукции, услуг. Для классификации и группировки этой информации в соответствии с заданными критериями используются нейросетевые методы ассоциативной памяти карт самоорганизации Кохонена [7]. При помощи этих процедур выполняется решение задачи нахождения кластеров данных по исследуемым признакам: ценам, качеству товаров, характеристикам поставщиков и потребителей, их местонахождению и условиям поставки. Нейронная сеть обучается без учителя на основе

самоорганизации. Сгруппированная информация представляется пользователю визуально в виде карт Кохонена, где наглядно видны группы предприятий с заданными характеристиками, а также зоны возможного риска и успеха при взаимодействии с ними (рис. 2). Для определения наилучших вариантов взаимодействия с потребителями используется заранее обученная многослойная нейронная сеть. Анализ данных карт, с возможностью непосредственного контакта с поставщиками и потребителями по сети Интернет существенно упрощает деятельность ме-

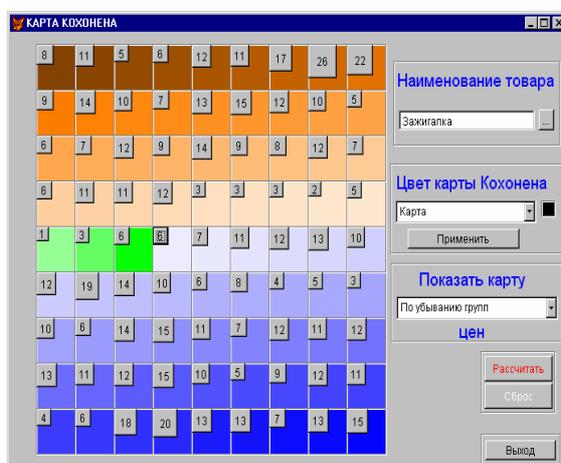


Рис. 2. Карта Кохонена с кластерами данных предприятий.

неджером по выбору стратегии и тактики функционирования предприятия.

В разрабатываемых информационных системах управления организацией нейросетевые компоненты применяются в гибридных экспертных системах оценки и прогнозирования состояния объекта управления. При создании информационных систем с нейросетевыми компонентами изменяются технология их разработки и эксплуатации и содержание этапов жизненного цикла. В процессе проектирования обязателен этап обучения нейросетевых блоков, а при эксплуатации необходимо постоянное их дообучение. При таком подходе увеличится трудоемкость разработки информационной системы, поэтому актуальным становится создание средств автоматизации ее проектирования.

Рассмотрим структуру и функции нейроимитатора, как элемента системы автоматизированного проектирования и

развития аналитических информационных систем [1,3,4]. Для информационных систем под нейрокомпьютером будем понимать интеллектуальный компонент, в состав которого входят следующие составляющие: менеджер (управляющий модуль), интерфейсы ввода и вывода, преобразовщик, задачник, интерпретатор, нейроимитатор. В состав нейроимитатора включены элементы: сеть, учитель, контрастер, блок оценки, конструктор (рис. 3).

Разработана технология проектирования нейросетевого компонента, основными этапами которой являются: предварительная обработка данных; выбор параметров нейросети; настройка (обучение) нейронной сети; оценка нейросетевой модели. При неудовлетворительной оценке происходит повторение технологических этапов. Кроме режима обучения при настройке нейроимитатора в процессе проектирования информационных систем, существует также

режим его дообучения в процессе эксплуатации на объекте. Особенностью данного режима является то, что он должен быть максимально автоматизирован и незаметен для пользователя. На основе постоянного слежения за состоянием предметной области производится автоматическая настройка нейроимитатора (определение множества входных параметров, структуры, параметров нейросети, режимов и методов обучения, автоматический выход из режима останова при некорректных обучающих примерах).

Блок нейроимитатора, предобработчик в информационных системах, расширяется элементами исключения аномальных наблюдений, эвристического анализа данных, фильтрации, заполнения пропусков в данных, погружения.

Для информационных систем важным является вопрос формирования задачника. Это связано с тем, что для любого интеллектуального блока, а их в информационных системах насчитываются десятки, на входе формируется обучающая выборка, которая находится в постоянном динамическом изменении. Задачники формируются в результате функционирования информационной системы в базах данных в ритме процессов производства и управления в соответствии с разработанными технологиями. Например, для задач прогнозирования возможны следующие варианты формирования и погружения ин-

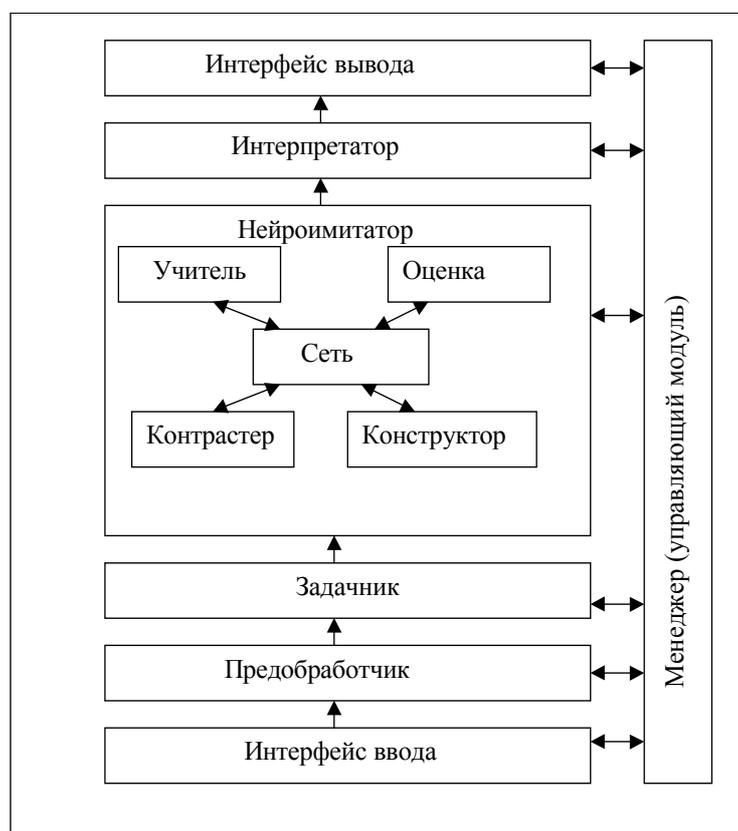


Рис. 3. Структура нейросетевого интеллектуального блока.

формации: без пересечения, с пересечением, с дообучением, без дообучения, по совокупности временных рядов, в том числе, возможны варианты с учетом сезонных колебаний, с учетом других качественных признаков. При организации задачников

важными являются вопросы создания и обновления архивов, технологии формирования обучающих выборок по этапам технологического процесса обработки информации в информационной системе.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Важное значение имеет компонент интерпретации ответов нейронной сети при работе нейрокомпьютера в составе информационной системы предприятия. Интерпретатор ответа напрямую взаимодействует с пользователем, поэтому от того, как качественно будет организован интерфейс, зависит эффективность работы специалиста. При этом для информационных систем выделяются следующие специфические блоки интерпретации: шкалирования, семантического, графического, аудио, видео, мультимедиа представлений, объяснительный компонент. Интерес представляют семантика и синтаксис языков пользователя и описания элементов нейроимитатора. В настоящее время ведутся работы по организации интерфейсов взаимодействия пользователей с аналитическими системами через Интернет.

С интерпретатором ответа тесно связан еще один обязательный блок нейрокомпьютера – оценка. Для проверки качества функционирования нейронной сети и реализации процедур обучения выбраны методы оценки работы нейросети. В их состав входят: стандартная оценка по методу наименьших квадратов; метод наименьших квадратов с допуском; расстояние до множества правильных ответов (для задач классификации) [3,4].

Разработан компонент искусственной нейронной сети – учитель в режимах обучения и дообучения. Для построения нейросетевых блоков оценки, диагностики и прогнозирования состояния предприятия использованы многослойные нейронные сети прямого распространения с сигмоидной

функцией активации. Для обучения используются алгоритмы настройки параметров нейросети, основанные на принципе двойственности [3].

Одним из ключевых факторов, определяющих качество нейросетевой модели, является структура нейросети. При разработке метода автоматизированного построения структуры, мы исходили из следующих особенностей применения методов нейроинформатики в данной работе: метод должен работать в условиях, когда обучающая выборка изначально неполна и пополняется с течением времени; нейросеть должна обладать способностью при необходимости увеличивать сложность структуры в процессе обучения; приобретенные сетью «навыки» должны сохраняться при дообучении. Предлагается метод автоматизированного наращивания структуры нейросети, основанный на методе динамического создания узлов. Предлагаемый алгоритм отличается от метода динамического создания узлов тем, что часть параметров сети фиксируется и не участвует в обучении. Фиксация части параметров сети может значительно ускорить процесс обучения и позволяет сохранить навыки сети при дообучении.

Следующим блоком нейрокомпьютера, применяющегося в информационных системах для настройки нейроимитатора на предметную область, является контрастер нейронной сети. Для проектирования этого элемента в составе информационной системы используются стандартные методы [3,4].

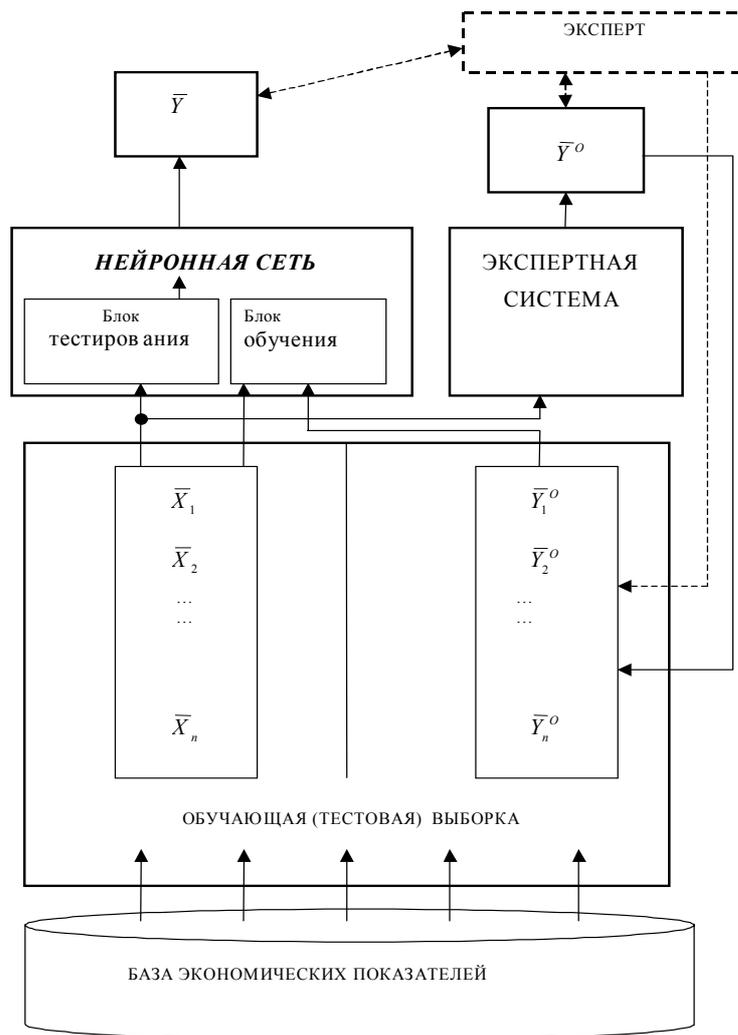


Рис. 4. Функционирование нейросетевого решателя в режиме автоматического обучения.

Разработана технология оценки и коррекции нейросетевой модели. Особую важность она представляет для обеспечения надежного функционирования информационной системы с интеллектуальными компонентами. Необходимость вызвана тем, что процесс обучения нейросети на реальных данных не всегда заканчивается успешно, т.к. возможны большие ошибки обобщения, попадание в локальные минимумы, остановки обучения нейросети и др. Выходом из данных ситуаций может быть реализация следующих этапов коррекции нейросетевой модели: 1) формирование комитетов нейросетей; 2) изменение вида или параметров функции оценки; 3) изменение структуры параметров

нейронной сети; 4) применение методов предобработки данных. Выполнение всех этих этапов производится в автоматическом режиме.

В реально функционирующей информационной системе возникает необходимость постоянного обучения (дообучения) нейросетевого решателя при изменении состояния выборочных данных. При этом, обучение с учителем не всегда бывает возможным ввиду отсутствия экспертных знаний в текущий момент времени. Для надежного функционирования системы в таких случаях используется разработанная система автоматического обучения нейросетевого решателя (рис. 4). При отсутствии экспертных знаний роль

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

учителя занимает специально разработанная на этапе проектирования информационной системы экспертная система, которая на основе входных данных вырабатывает экспертное заключение, которое в дальнейшем используется для обучения нейросетевого компонента.

Рассмотренные методы реализованы в разработанных программных комплексах "Интеллектуальная система диагностики финансово-хозяйственной деятельности предприятия" ("Аналитик"), "Система анализа данных на основе искусственных нейронных сетей" ("НейроАнализ"), "Автоматизация проведения маркетинговых исследований предприятия на основе нейросетевых технологий" ("Маркетинг"), "Система автоматизации торговой деятельности предприятия и прогнозирования спроса на товары" ("Торговля"), "Информационно-советующая автоматизированная система производственного менеджмента" ("Производство"), "Информационно-автоматизированная система бухгалтерского учета и финансового анализа" ("Бухгалтерия"). На эти комплексы оформлены свидетельства об официальной регистрации в Российском агентстве по патентам и товарным знакам. Данные комплексы применяются для научных исследований, в учебном процессе и внедряются на ряде предприятий страны.

Результаты работы информационных систем в реальных условиях предприятий показали работоспособность и эффективность созданных методов, моделей и программных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пятковский О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием. Монография. - Барнаул: АлтГТУ. - 1999. - 351 с.
2. Пятковский О.И., Рубцов Д.В., Бутаков С.В. Система анализа финансово-хозяйственных показателей деятельности предприятия // Информационные технологии. - 1999. - №8. - С. 31-34.
3. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. - 276 с.
4. Нейроинформатика / А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин, Е.М. Миркес, А.Ю. Новоходько, Д.А. Россиев, С.А. Терехов, М.Ю. Сенашова, В.Г. Царегородцев. - Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1998. - 296 с.
5. Искусственный интеллект. В 3 кн. Кн.2 Модели и методы. Справочник / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Радио и связь, 1990. - 304 с.
6. Hristev R.M. The ANN Book. - 1998.- 374 p.
7. Kohonen T. Self-Organizing Maps. Berlin: Springer-Verlag, 1995.