

Раздел 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 004.891.3:314.174

НЕЙРО-НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Елина Татьяна Николаевна (mva_etn@mail.ru)

ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

Абалдова Светлана Юрьевна

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

Оценка результативности СМК позволяет руководству определить степень выполнения поставленных целей в области качества и служит комплексным показателем, характеризующим общее состояние предприятия. На сегодняшний день не существует единой методики оценки результативности СМК. Формирование и гибкое управление системой менеджмента качества на предприятии обосновывает необходимость создания информационно-управляющей системы, которая позволит оперативно получать необходимую информацию, анализировать ее, планировать на основе прогноза показателей СМК, а так же контролировать производственные и непроизводственные процессы. В данной статье рассматривается математическая модель оценки состояния системы менеджмента качества предприятия на базе иерархических нейро-нечетких систем.

Ключевые слова: система менеджмента качества, результативность, нейронные сети, прогнозирование, управленческие решения.

В последние годы в России растет количество предприятий, внедряющих систему менеджмента качества (СМК), при этом неизбежно возникает проблема адекватной оценки результатов ее функционирования. Оценка результативности СМК позволяет руководству определить степень выполнения поставленных целей в области качества и служит комплексным показателем, характеризующим общее состояние предприятия.

Процесс анализа результативности СМК предприятия является сложной задачей, включающей в себя оценку результативности множества показателей в разрезе нескольких измерений: процесс → группа процессов → вся система. При этом часть данных может быть представлена не в количественном, а в качественном измерении или исходная информация может являться неточной, неполной, недостоверной.

На сегодняшний день не существует единой методики оценки результативности СМК, существующие подходы ограничиваются мониторингом и статистическим анализом динамики показателей результативности, что, принимая во внимание характер анализируемой информации, очевидно является недостаточным и не может являться основанием для принятия управленческих решений.

Формирование и гибкое управление системой менеджмента качества на предприятии обосновывает необходимость создания информационно-управляющей системы, которая позволит оперативно получать необходимую информацию, анализировать ее, планировать на основе прогноза показателей СМК, а так же контролировать производственные и непроизводственные процессы. В данной статье рассматривается математическая модель оценки состояния системы менеджмента качества

предприятия на базе иерархических нейро-нечетких систем.

1. Формализация входных и управляемых параметров нейро-нечеткой модели

Качество функционирования СМК во многом определяется формально через мониторинг ее результативности за определенный период времени. Для построения адекватной системы оценки результативности решаются две задачи: объективный выбор показателей результативности владельцами процессов и оценка их влияния на общую результативность системы, а так же качественная интерпретация результатов оценки с перспективой формирования адекватного управленческого решения. Данные исследования были проведены в рамках НИ-ОКР [1], где помимо всего прочего был проведен многофакторный (кластерный) анализ данных, на основании которого были выделены значимые процессы [2], оказывающие влияние на показатель результативности СМК предприятия. В результате анализа было выделено 35 процессов, которые можно разбить на 4 группы: основные процессы, поддерживающие процессы, процессы управления и процессы измерения, анализа и улучшения.

Для расчета интегрального показателя результативности СМК предлагается использовать метод аддитивной свертки частных критериев результативности по каждому процессу в один. При этом рассматривается «с» групп процессов, каждый из которых содержит « k_i » процессов. Каждый из процессов « j » характеризуется « x_i » показателями, в количестве « m_{ij} ». Сводный интегральный показатель результативности СМК рассчитывается на основе групповых показателей результативности процессов, «взвешенных» с учетом их значимости.

$$IR = \sum_{i=1}^c \left[L_i \cdot \sum_{j=1}^{k_i} \left(\beta_{ij} \cdot \sum_{p=1}^{m_{ij}} (\delta_{ijp} \cdot x_{ijp}) \right) \right] \quad (1)$$

где L_i , β_{ij} , δ_{ijp} - веса групп процессов, процессов и показателей результативности.

Расчет показателей результативности процессов проводится балльным методом. При этом выполнение показателя относительно нормированного значения, принятого в качестве критерия результативности процесса, приравнивается к одному баллу, невыполнение показателя считается равным нулю, а перевыполнение – два балла. Учитывая балльную оценку каждого показателя и весовые коэффициенты показателей, процессов и групп процессов рассчитывается интегральный показатель результативности СМК предприятия.

Для эффективного функционирования СМК предприятия необходимо таким образом управлять показателями x_i , чтобы значение IR было максимальным. Важным фактором при этом является фактор времени, выражающийся в том, что процессы на предприятии обладают определенной степенью инерции, по-

этому при их реинжиниринге необходимо прогнозировать будущее состояние как самого предприятия, так и его внешней среды.

Процесс оценки результативности системы менеджмента качества укрупненно представлен в виде IDEF0 модели на рис. 1. Для реализации поставленной цели необходимо решить три основные задачи: ведение непрерывного мониторинга показателей качества всех процессов, расчет интегральных критериев качества процессов и их анализ, оценка и анализ результативности всей системы.

Анализ результативности СМК (рис.2) включает в себя оценку текущих показателей качества процессов, а так же проведение прогноза с применением адаптивной нейро-нечеткой модели на основании ретроспективной информации, накопленной в базе данных информационной системы. Полученные значения служат базой для принятия управленческих решений в области менеджмента качества предприятия.

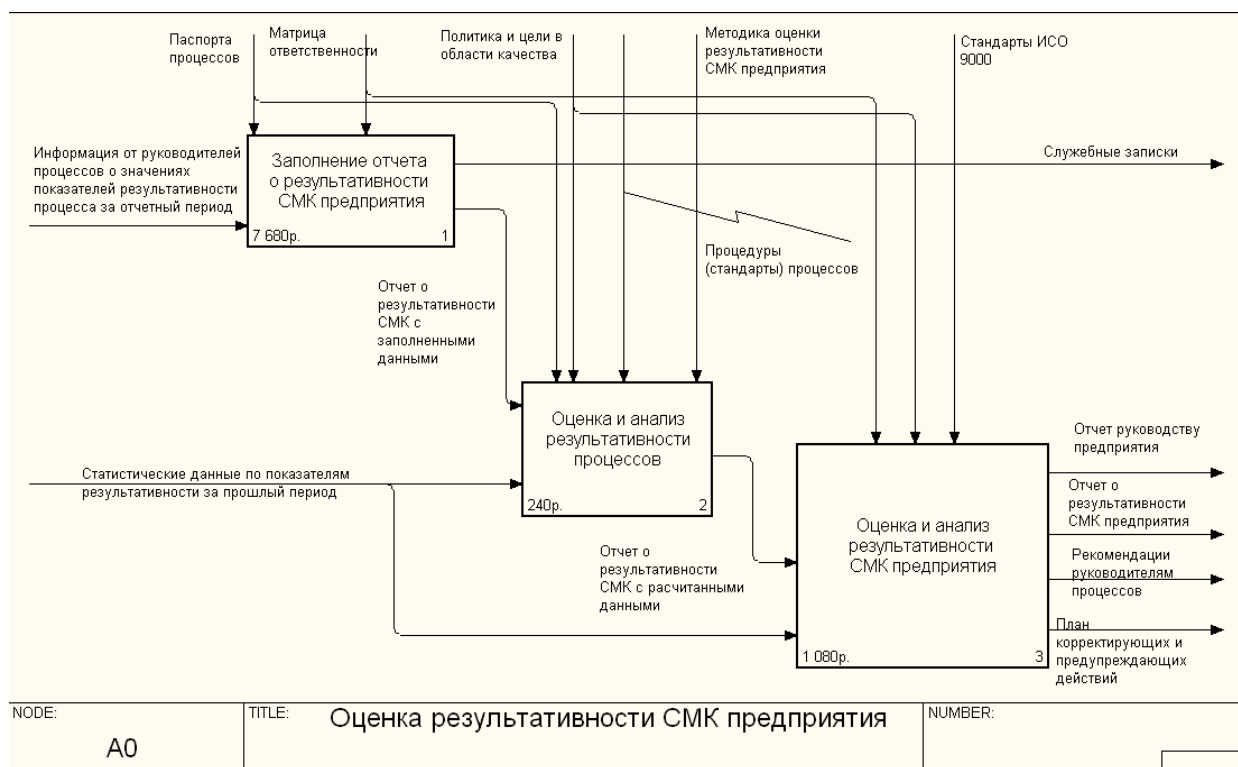


Рисунок 1. Оценка результативности СМК предприятия

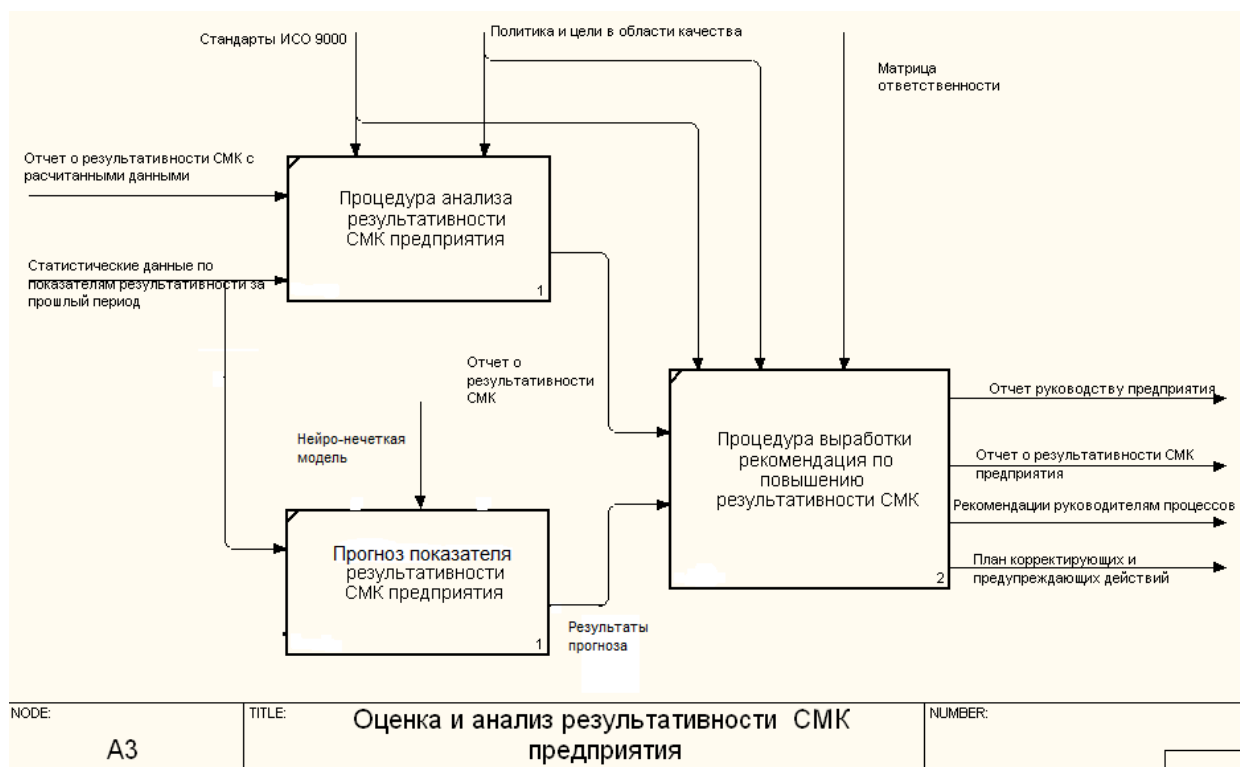


Рисунок 2. Анализ результативности СМК предприятия

Для создания нейро-нечеткой модели оценки СМК с применением теории нечетких множеств необходимо решить следующие задачи:

1. Выделить возможные состояния системы и классифицировать их по определенным группам (кластерам). Провести качественную и количественную оценку каждой группы по всему набору показателей результативности СМК.

2. Определить структуру и вид иерархической системы нечеткого вывода для оценки результативности системы.

3. Описать в терминах нечеткой логики входные, выходные и промежуточные переменные модели оценки результативности СМК.

4. Спроектировать и, по возможности, оптимизировать базу нечетких правил.

5. Реализовать механизм обучения нейро-нечеткой системы на статистических данных по предприятию за прошлые периоды функционирования СМК.

2. Нечеткий кластерный анализ результатов моделирования

На основании предложенной в [2] методики оценки результативности СМК определено, что общий показатель IR может принимать значения «неустойчивая», «устойчивая», «сверхустойчивая».

Для классификации множества состояний системы предлагается использовать метод нечеткой кластеризации [3]. Количество кластеров было выбрано исходя из количества возможных состояний системы ($c=3$). Результатом расчета

являются координаты центров трех кластеров, соответствующих состояниям СМК.

Результаты нечеткой кластеризации для промышленного предприятия ОАО «Автокран» (г. Иваново) в разрезе трех процессов представлены на рис. 3. Выборка данных производилась с 2003 по 2012 г.

Первый кластер соответствует значению IR за 2009 год, где наблюдаются низкие значения показателей результативности по процессам. Если рассматривать в динамике период с 2003 по 2010 г., то можно отметить, что 2009 год является годом выхода предприятия из кризиса. Данный рассматриваемый период является переломным для предприятия и поэтому многие заданные показатели функционирования системы менеджмента качества не выполнялись.

Ко второму кластеру относятся значения IR за шесть периодов. Деятельность предприятия в целом, а также в области качества за 2003-2008, 2011-2012 годы характеризуется устойчивым удовлетворительным состоянием системы менеджмента качества на предприятии.

Третьей группе соответствует значение IR за 2010 год. Он также относится к отдельному кластеру и оценивается как «сверх устойчивое» состояние. Это объясняется выходом предприятия на полную проектную мощность и соответственно стабильным положением в области качества с высокими показателями результа-

тивности системы. Оценка степени принадлежности совокупности показателей по различным периодам расчетов центрам кластеров представлена в табл. 1.

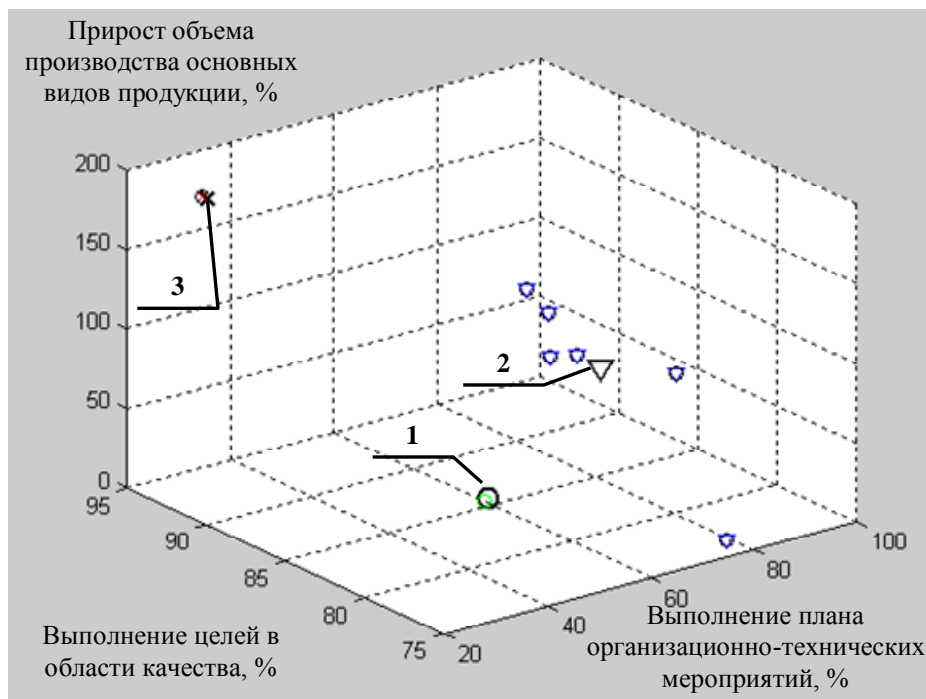


Рисунок 3. Результаты кластеризации показателя оценки состояния CMK ОАО «Автокран» с 2003 по 2012 г.

Таблица 1

Степень принадлежности значений показателя IR центрам кластеров

Года	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Кластеры	3	3	3	3	3	3	1	2	3	3
1	0.091	0.043	0.018	0.030	0.057	0.147	0.999	0.000	0.237	0.201
2	0.053	0.037	0.015	0.020	0.063	0.069	0.001	0.999	0.025	0.019
3	0.856	0.920	0.967	0.951	0.879	0.784	0.001	0.000	0.658	0.823

Очевидно, что при накоплении статистической информации по функционированию на предприятии CMK результаты кластеризации будут более точными.

3. Архитектура нейро-нечеткой сети

Описываемая нейро-нечеткая система, состав параметров которой (табл. 2) был подвергнут экспертной оценке, оценке адекватности и ранжирован, представлена в виде каскада нечетких систем (рис. 4).

Таблица 2

Факторы нейро-нечеткой модели

Процессы и группы процессов	Показатели процессов и групп процессов
Основные процессы ($L_{осн}^{ex}$)	
Управление производством ($L_{осн1}^{ex}$)	1. Процент сдачи продукции с первого предъявления по подразделениям (L_1^{ex})
	2. Процент учета качества продукции по подразделениям (L_2^{ex})
	3. Процент выполнения плана производства (L_3^{ex})
	4. Коэффициент загрузки оборудования по заводу (L_4^{ex})

Продолжение таблицы 2

Процессы и группы процессов	Показатели процессов и групп процессов
Проектирование и разработка ($L_{осн\ 2}^{ex}$)	1. Перенос сроков мероприятий по разработке КД(L_5^{ex})
	2. Количество фактов выявления на стадии приемочных и сертификационных испытаний продукции конструкторских ошибок, требующих доработки конструкции(L_6^{ex})
	3. Количество фактов выявления на стадии эксплуатации серийной продукции (в течение гарантийного срока) конструкторских ошибок, требующих доработки конструкции(L_7^{ex})
Подготовка производства ($L_{осн\ 3}^{ex}$)	1. Количество случаев переноса сроков мероприятий по подготовке производства (по плану ОТМ) (L_8^{ex})
	2. Количество случаев начала производства без технологической документации, технологической оснастки, средств измерений и средств технического контроля(L_9^{ex})
	3. Количество случаев дополнительных мероприятий, не учтенных планами подготовки производства к общему количеству мероприятий(L_{10}^{ex})
Контроль и испытания в части готовой продукции ($L_{осн\ 4}^{ex}$)	1. Качество контроля и испытаний(L_{11}^{ex})
	2. Точность записей(L_{12}^{ex})
	3. Качество контроля и испытаний(L_{13}^{ex})
	4. Качество контроля и испытаний(L_{14}^{ex})
	5. Своевременность данных(L_{15}^{ex})
	6. Сохранность изделий(L_{16}^{ex})
	7. Идентификация(L_{17}^{ex})
	8. Идентификация(L_{18}^{ex})
Процессы управления ($L_{упр}^{ex}$)	1. Выполнение целей в области качества(L_{19}^{ex})
	2. Выполнение плана орг.-тех. мероприятий(L_{20}^{ex})
	3. Прирост объема производства основных видов продукции(L_{21}^{ex})
	4. Выработка на одного работающего(L_{22}^{ex})
	5. Объем продаж основных видов продукции(L_{23}^{ex})
	6. Занимаемая доля внутреннего рынка(L_{24}^{ex})
	7. Средняя заработная плата(L_{25}^{ex})
Поддерживающие процессы ($L_{подд}^{ex}$)	1. Коэффициент текучести кадров(L_{26}^{ex})
	2. Коэффициент выполнения заявок на подбор кадров(L_{27}^{ex})
	3. Коэффициент выполнения заявок на обучение персонала и повышение квалификации(L_{28}^{ex})
	4. Общее количество направляемых работников в производство(L_{29}^{ex})
	5. Коэффициент отсева на стадии собеседования(L_{30}^{ex})
	6. Коэффициент отсева на стадии оформления на работу(L_{31}^{ex})
Процессы измерения, анализа и улучшения ($L_{изм}^{ex}$)	1. Количество случаев переноса сроков по мероприятиям планов корректирующих (предупреждающих) действий(L_{32}^{ex})
	2. Количество выполненных корректирующих мероприятий, которые признаны не результативными(L_{33}^{ex})
	3. Количество случаев срыва сроков выполнения актуализации документов, устраненных утвержденным графиком(L_{34}^{ex})
	4. Количество случаев выявления аннулированных НД, КД, ТД не имеющих соответствий идентификации или изъятых из мест применения(L_{35}^{ex})

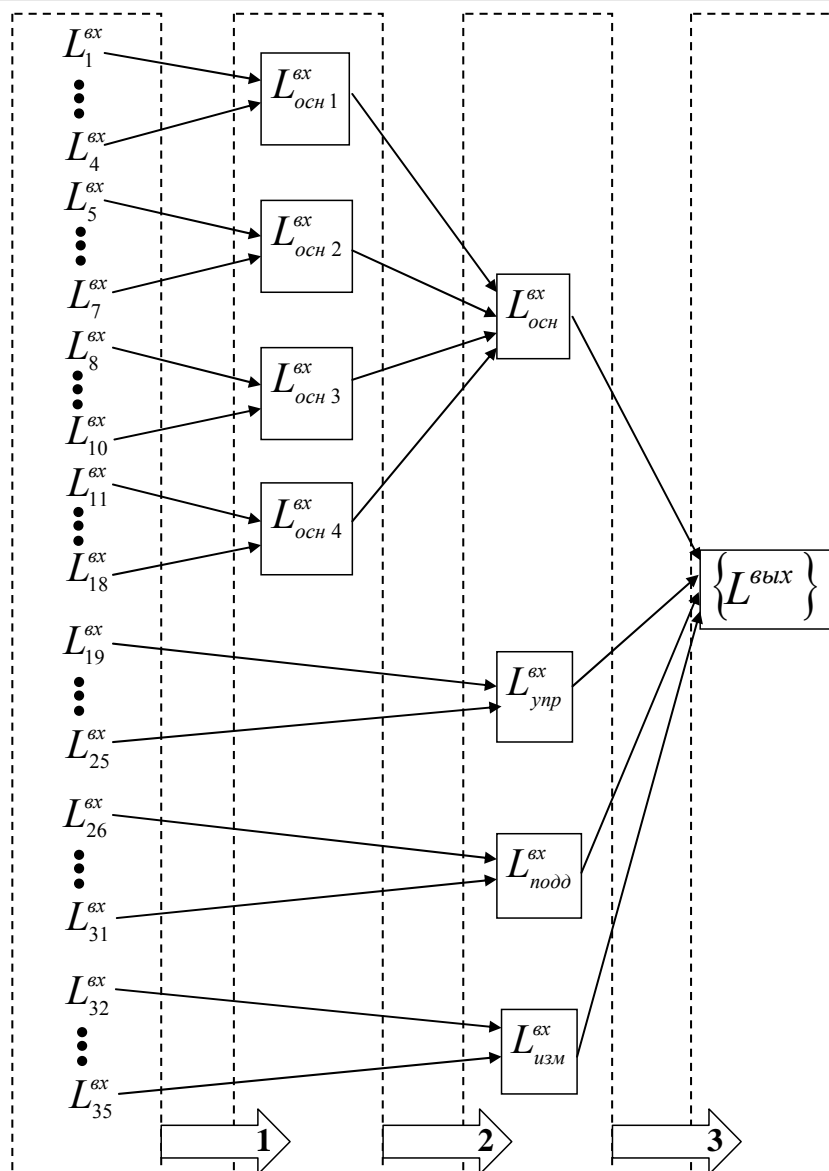


Рисунок 4. Схема связей нейро-нечеткой модели

На основе экспертных оценок построены системы нечеткого вывода типа Мамдани. Функции принадлежности термов входных переменных сигмоидного и гауссовского типов, промежуточных переменных треугольного типа, выходной переменной – гауссовского типа. Параметры термов выходной переменной получены по результатам нечеткой кластеризации алгоритмом с-средних.

В структуре нейро-нечеткой сети выделены четыре слоя: термы входных переменных, antecedentes нечетких правил, заключения правил, агрегирование результата.

Для обучения иерархической сети использовался модифицированный алгоритм [3], адаптированный для систем нечеткого вывода типа Мамдани. Параметры сети, отобранные для настройки в процессе обучения, следующие: коэффициенты концентраций функций принадлежности входных и выходной переменных (P_k); координаты максимума функций принадлежности входных и выходной переменных (P_m); веса правил всех нечетких систем (W).

Обучение сети сводится к решению следующей задачи: найти такой вектор (P_k, P_m, W), чтобы:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \cdot \sum_{r=1, M} (y_r - F(P_k, P_m, W, X_r))^2} \rightarrow \min$$

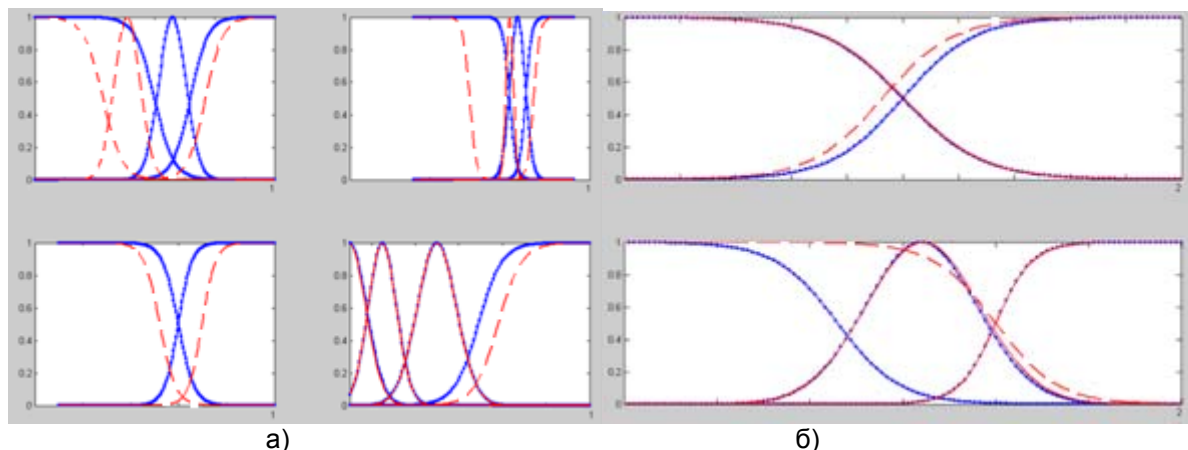
где X_g – входной вектор в g -й паре обучающей выборки;

u_g – соответствующий выход;

$F(P_k, P_m, W, X_g)$ – результат вывода по иерархической системе.

На рис. 5 представлены функции принадлежности систем нечеткого вывода до обучения и после обучения

Результат обучения сети представлен на рисунке 6. После обучения сети значение ошибки на тестовых данных сократилось с 42 до 12%.



— — — — — функции принадлежности до обучения;
 - - - - - функции принадлежности после обучения

Рисунок 5. Пример настройки функций принадлежности сети

а) система $L_{осн}^{ex}$; б) система $L_{упр}^{ex}$

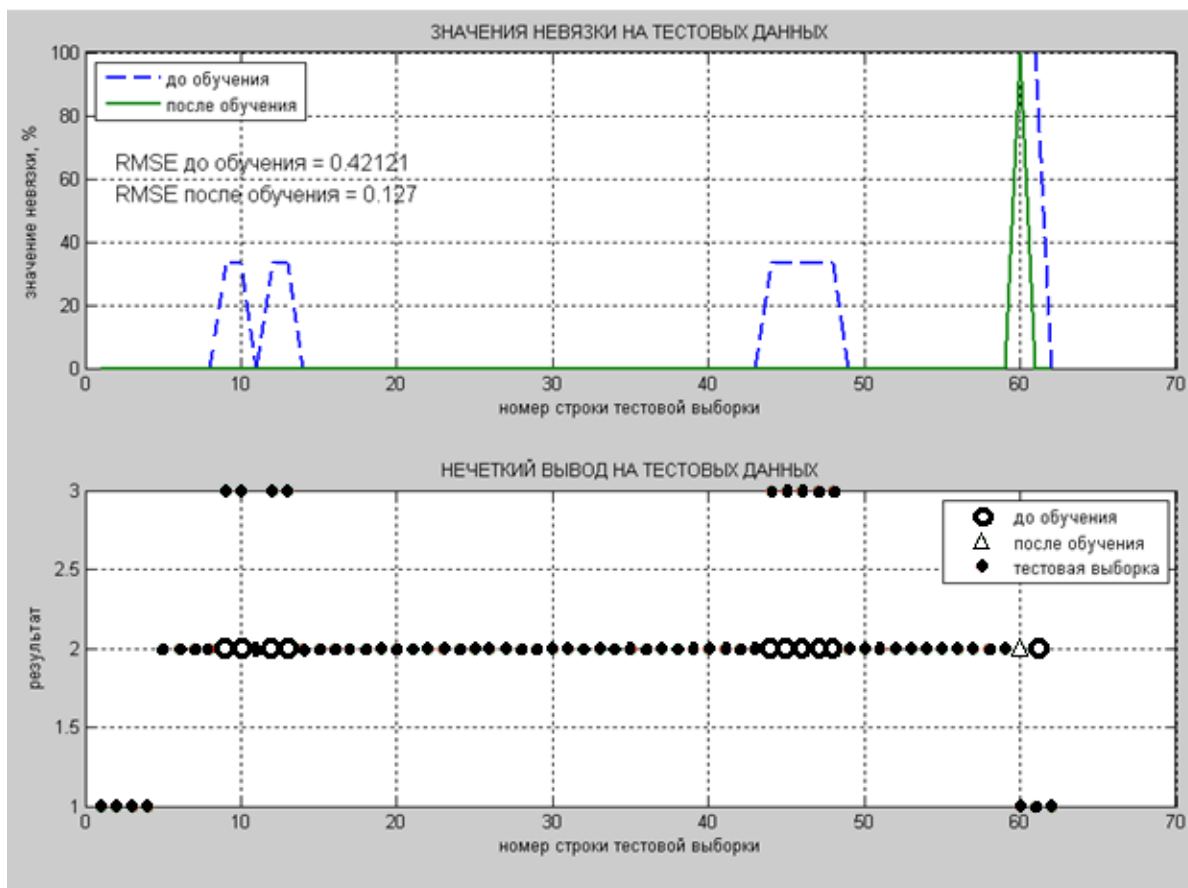


Рисунок 6. Результаты обучения нейро-нечеткой сети

Построение иерархической нейро-нечеткой сети всей системы позволит оценить ее состояние и сделать качественный прогноз параметров СМК предприятия.

Реализация информационно-управляющей системы на основе описанной модели позволит предприятию значительно снизить затраты на управление и сопровождение системы менеджмента качества, снизить производственные и непроизводственные риски.

Литература

1. Разработка методологий управления сложными иерархическими социотехническими системами и научно-образовательным пространством в условиях криолитозоны [текст]: отчет о НИР / Норильский индустри-

альный институт; рук. Фомичева С.Г.; исп. Елина Т.Н., Абалдова С.Ю. и др. – 312 с., № гос.рег. 01201252600. – с.216-295.

2. Абалдова, С. Ю. Кластерный анализ показателей результативности системы менеджмента качества машиностроительного предприятия / С. Ю. Абалдова, М. Б. Ермолаев, В. Ю. Волынский // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством – 2011. - № 02. – С.157-160 – 0,25 п.л.
3. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2007. – 288 с.

УДК 338.1:005

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Кочетков Сергей Анатольевич (Kochetkov.85@yandex.ru)

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»

В условиях влияния мировых финансовых кризисов на отечественные предприятия становится актуальной проблема разработки альтернативных способов определения и управления экономической устойчивостью предприятия. В статье рассматривается построение механизма управления и оптимизации экономической устойчивостью предприятия.

Ключевые слова: экономическая устойчивость, управление, оптимизация, комплексный подход, предприятие.

Рассмотрев недостатки существующих методов анализа экономической устойчивости предприятия, мы предлагаем альтернативный механизм расчета и оптимизации параметров экономической устойчивости предприятия, в основе которого лежат такие принципы финансового менеджмента, как прогнозируемость показателей деятельности предприятия, системность, целевая направленность, стратегическая ориентированность и учет неопределенности окружающей среды деятельности предприятия.

Исследование различных подходов к определению «экономической устойчивости» выявило тот факт, что многие авторы, такие как Д.Г. Маслов [2], И.Я. Богданов [1], П.В. Окладский [4] определяют устойчивость как определённый уровень тех или иных показателей, находящийся в определенных границах. Таким образом, мы можем рассматривать устойчивость не только как способность объекта противостоять внешним воздействиям, но и как некоторую величину, которую можно измерить. Данный факт побудил нас определить уровень устойчивости предприятия: от наивысшей его точки, при наилучшем использовании имеющихся ресурсов, до критического положения – при самом неэффективном использовании ресурсов.

Под экономической устойчивостью мы понимаем такую характеристику состояния предприятия, при котором оптимальная структура имеющихся у него ресурсов и факторов позволяет достигать максимально эффективных результатов деятельности, которые, в свою очередь, при условии выполнения всех обязательств предприятия, дают ему возможность в минимальные сроки осуществлять переход к следующей стадии жизненного цикла. Экономическая устойчивость, главным образом, определяется положением предприятия по отношению к максимально возможному лучшему положению самого предприятия в данных экономических условиях с учетом внутренних и внешних факторов. Таким образом, устойчивость рассматривается нами не только с точки зрения величины характеризующей стабильность положения предприятия, но и с точки зрения показателя, обеспечивающего эффективное развитие хозяйствующего субъекта.

В условиях неопределенности окружающей среды, постоянной изменчивости внешних и внутренних экономических факторов, важное значение приобретает возможность хозяйствующего субъекта предвидеть влияние данных изменений, а также иметь представление о том, насколько эти изменения отразятся на результатах деятельности предприятия. С учетом та-