



УДК 004.8.032.26; 57.089

**INTELLIGENT TECHNOLOGIES OF STRATEGIC ENTERPRISE  
MANAGEMENT IN THE BASIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА  
ПРЕДПРИЯТИЯ В БАЗИСЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Alyoshin S.P. / Алешин С.П.

с.т.с., аs.prof. / к.т.н., доц.

Haitan O.M. / Гайтан Е.Н.

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,

Poltava, Pershotravnevyyj Ave. 24, 36011

Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка»,

Полтава, Первомайский проспект 24, 36011

**Аннотация.** Стратегический менеджмент организации – это долгосрочный план достижения и удержания заданных показателей экономической, финансовой, коммерческой деятельности на основе непрерывного мониторинга показателей качества процесса и управления набором зависимых факторов для достижения заданного критерия качества. В реализации плана задействованы интеллектуальные технологии моделирования базовых функций оптимального управления на основании теории и практики распознавания образов, прогнозирования и адаптации входного вектора факторов к целевой функции. Эффективность управления зависит от квалификации эксперта и может существенно снижаться за счет роста числа ошибок и времени анализа. В реальных условиях классификация состояния объекта исследования при значительном количестве признаков, с их нестабильной или малоинформативной степенью получения знаний представляется нетривиальной задачей. На сегодняшний день разработаны и внедрены в практику технологии распознавания образов, на основе искусственного интеллекта, позволяющие синтезировать нейросетевые классификаторы, модели прогноза и алгоритмы поиска оптимального набора управляющих факторов, требующие реализации в системах управления с высокой степенью априорной неопределенности.

Для технологии стратегического менеджмента подготовлена нейросетевая информационно-аналитическая, программная и инструментальная основа для решения задач автоматизации базовых процессов управления организацией в пространстве структурированных информативных признаков с применением статистических решающих правил, трансформированных в методах и алгоритмах принудительного обучения искусственных нейронных сетей. Разработанная технология представлена в виде ансамбля нейросетевых моделей классификаторов, моделей прогнозирования и подстройки входных факторов к заданному состоянию объекта, реализованных самостоятельными программными приложениями в основном коде существующего пакета технического анализа, например, нейроэмулятора среды StatSoft. Синтез предлагаемых моделей позволяет решать задачу оптимального управления в автоматизированном режиме при необходимых показателях качества и минимальных затратах.

Проведенные исследования моделирования базовых функций процесса оптимального управления предприятием, возможностей корректного применения статистических решающих правил, алгоритмов принудительного обучения синтезированных нейросетевых моделей в базисе существующих пакетов технического данных позволяют повысить качество управления организацией путем автоматизации процесса анализа и прогноза, выбором оптимальных управляющих воздействий, снижением влияния субъективных решений, сокращения времени реакции.

**Ключевые слова:** стратегический менеджмент, базовые функции управления, распознавание, прогнозирование, адаптация, нейронная сеть, градиент функции ошибки, метод обратного распространения ошибки.



## **Вступление.**

Стратегический менеджмент организации – это долгосрочный план достижения и удержания заданных показателей экономической, финансовой, коммерческой деятельности на основе непрерывного мониторинга показателей качества процесса и управления набором зависимых факторов для достижения заданного критерия качества [1]. План основывается на том, что все возникающие изменения предсказуемы, происходящие в среде процессы носят детерминированный характер и поддаются полному контролю и управлению.

В реальных условиях стратегический менеджмент вынужден, как правило, функционировать в условиях нестабильной внешней среды и некоторой степени неопределенности, что вступает в противоречие с условием детерминированности процесса управления. Это противоречие подчеркивает актуальность поиска механизмов строгого аналитического описания контроля и оценки происходящих изменений и адекватного моделирования деятельности объекта управления с целью непрерывного поддержания его показателей эффективности в заданных пределах [1].

В контексте выбранной темы исследования предполагается создание интеллектуальной технологии управления предприятием, нацеленной на достижение максимальной производительности финансово-экономической деятельности при минимальных затратах человеческого ресурса. Сегодня бизнес – это технологии и реализующий их персонал, причем технологии – в первую очередь. Именно поэтому предполагается построить нейросетевую модель финансово-экономической деятельности организации, добиться её приемлемой адекватности реальным процессам, заменить экспертный маркетинг и менеджмент алгоритмическим интеллектуальным анализом данных. При этом анализ актуального состояния предприятия по традиционному массиву параметров в реальном времени осуществляет система распознавания образов [2]. Прогноз динамики поведения контрольных маркеров состояния финансово-экономической деятельности предприятия с переменным горизонтом прогноза возлагается на модель множественной регрессии, где функция представлена вектором контролируемых параметров, а регрессоры – суть переменных величин, активно влияющих на них [3]. Поддержание целевой функции в заданных пределах обеспечивает автоматизированная интеллектуальная схема адаптации входного множества управляющих факторов к целевому множеству классов, связанных с особенностями функционирования организации [4].

Т.о. три основополагающих процесса управления предприятием, а именно: оценка текущего состояния объекта, прогноз динамики его поведения на заданную перспективу и выбор значений управляющих факторов для поддержания оптимального в данных условиях его состояния [5], возлагаются на программу. Данные поступают в ситуационный центр или лицу, принимающему решения, где визуализация результатов по всем процессам наглядно демонстрирует текущую ситуацию, ожидаемую динамику изменений и требуемые вариации набором управляющих факторов (ресурсов) [6].

При необходимости все три базовых процесса можно протестировать в



совокупности или отдельно в различных режимах функционирования, задавая исходные данные и начальные условия, например, форс-мажорные обстоятельства. Реакция синтезированной модели позволит оценить устойчивость всего предприятия или его структурных подразделений. Снижение влияния человеческого фактора при экспертной оценке ситуации в указанных процессах повысит объективность анализа, освободит человеческий ресурс для решения иных задачи и сэкономит финансовый потенциал.

Цель – разработать технологию эффективного управления предприятием, автоматизируя его базовые процессы на основе синтеза ансамбля моделей аналитического отображения пространства управляющих факторов на пространство показателей качества функционирования объекта управления с определением их динамики и нахождением оптимальных значений, обеспечивающих максимальную производительность.

**Задача:** В основе решения задачи лежит синтез моделей трех системообразующих процессов управления: распознавание текущего состояния, прогноз динамики и адаптация управляющих факторов объекта управления. Важным условием является установление детерминированной аналитической связи входных факторов с целевой функцией (набором показателей состояния объекта управления), что предусматривает синтез ансамбля нейросетевых моделей базовых процессов в процессе принудительного обучения нейронной сети на репрезентативной выборке примеров и адаптации входного множества факторов к требуемому качеству функционирования организации [2].

Обучение моделей реализуются в парадигме градиентного метода наискорейшего спуска применительно к формируемой функции ошибки. Особенность состоит в том, что в процессе функционирования нейросетевой модели реализуется два типа градиента сложной функции: один формируется из частных производных функции ошибки сети по её весовым коэффициентам; второй – из частных производных функции рассогласования текущего и целевого состояния по множеству входных управляющих факторов. Реализация такого подхода осуществляется с применением синтеза нейросетевой модели и по методу двойственной нейронной сети [2,5].

**Решение задачи:** Аналитическую связь управляющих факторов с целевой функцией установим на основе теоремы Колмогорова-Арнольда о представлении функции нескольких аргументов через сумму композиций функций одной переменной и ее адаптации к нейросетевому формату Хехт-Нильсена [2]:

$$y(x) = \alpha \sum_{i=1}^H v_i (w_{i1}x_1 + w_{i2}x_2 + \dots + w_{in}x_n + u_i), \quad (1)$$

где  $H$  – мощность обучающей выборки,  $\alpha, v$  – параметры нейросети,  $n$  – количество нейронов,  $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}$  – весовые коэффициенты нейронов. Реализуется аппроксимация требуемой функции принудительным обучением нейронной сети на репрезентативной выборке примеров.

В процессе обучения и модификации весовых коэффициентов путем реализации первого этапа метода сопряженных градиентов необходимо добиться условия:



$$\frac{1}{mn} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (y_{ij} - d_{ij})^2 \Rightarrow \min (\mathfrak{R} \leq \mathfrak{R}_0), \tag{2}$$

где  $y_{ij}$  – текущее состояние объекта в пространстве выбранных маркеров качества;  $d_{ij}$  – результат обучения (отклик) сети на  $j$ -том выходе, при  $i$ -ом примере обучающей выборки;  $j=1, n$  – номер выхода сети;  $i=1, m$  – номер примера;  $\mathfrak{R}_0$  – доп. погрешность.

Модификация синаптических коэффициентов осуществляется на основе градиентного метода [2]:

$$W^{t+1} = W^t - \eta \cdot \text{grad}E(W^t). \tag{3}$$

Процедура обучения нейронной сети базируется на переборе всевозможных вариантов сочетаний весов синапсов, например, по алгоритму обратного распространения ошибки и реализуется нейросетевым модулем пакета технического анализа [7]:

$$w_{hq}^{(n)}(t) = w_{hq}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{hq}^{(n)}(t), \quad w_{hq}^{(n)}(t-1) = w_{hq}^{(n)}(t) + \alpha \cdot \frac{\partial E(k)}{\partial w_{hq}^{(n)}(t)},$$

где  $w$  – массив весовых коэффициентов сети;  $q$  – номер выхода нейрона в  $n$ -м слое сети;  $h$  – номер входа нейрона в  $n$ -м слое сети;  $n$  – номер слоя сети.

По окончании обучения и достижении требуемой производительности модели аппроксимация искомой функции (1) достигнута.

Так как по условию задачи присутствует целевой вектор индикаторов  $Yz^k$  размерности (k), то функция невязки примет вид:

$$E(X) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M (y_i(x) - y_{iz})^2. \tag{4}$$

Тогда формируется и реализуется градиент этой функции по вектору входных факторов и выполняется модификация пространства входных факторов на основе следующих вычислительных процедур:

$$X^{t+1} = X^t - \eta_1 \cdot \text{grad}E(X^t), \tag{5}$$

где

$$\text{grad} E(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1}(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{\partial f}{\partial x_2}(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ \frac{\partial f}{\partial x_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{pmatrix} \tag{6}$$

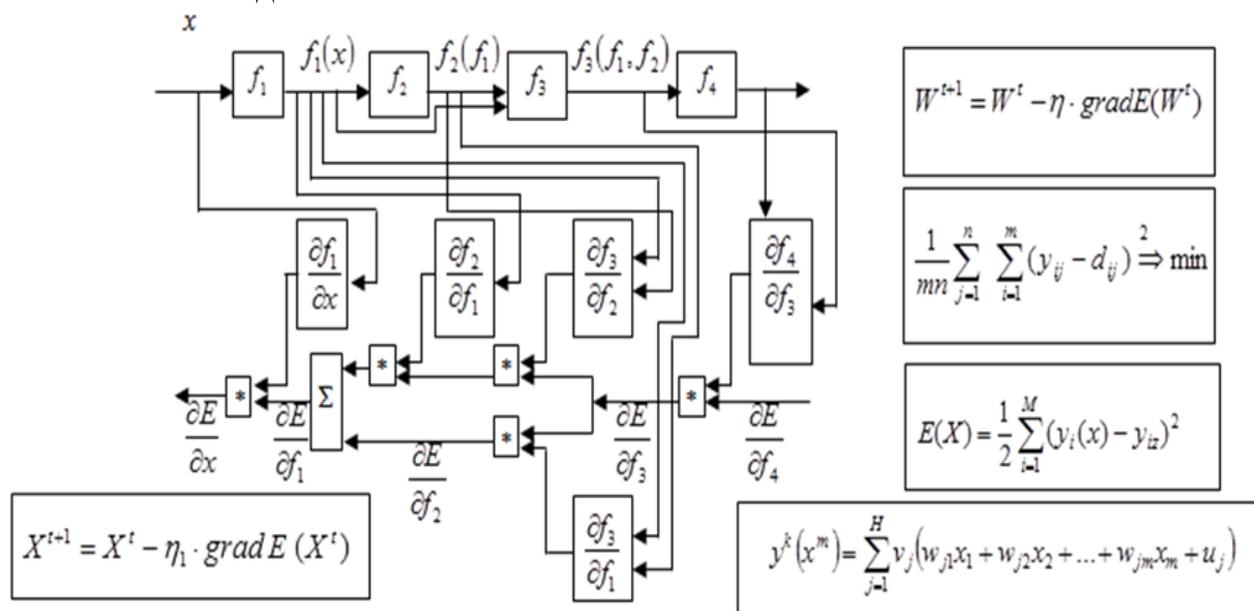
компоненты градиента функции невязки.

Таким образом, в результате синтеза нейросетевых моделей с принудительным обучением на репрезентативной выборке примеров из ретроспективного множества базы данных представлены ключевые аналитические выражения, описывающие процесс синтеза моделей базовых процессов стратегического менеджмента.

Если к представленному аналитическому обоснованию (1-5) добавить известный инструментарий их программной реализации на основе принципа



двойственности при принудительном обучении искусственной нейронной сети [2,5,7], то логика рассуждений приводит к обобщенной структуре решения поставленной задачи:



**Рис. 1. Обобщенная схема реализации аналитических функций синтеза модели стратегического менеджмента организации**

Тестовая проверка работоспособности и продуктивности представленной технологии показала устойчивую сходимость процессов модификации синаптического пространства моделей при их обучении на репрезентативной выборке, а так же адаптации входного множества управляющих факторов к целевому состоянию при минимизации невязки (4). Особенность процесса состоит в обязательной синхронизации процессов обучения сети и адаптации входов факторов, так как выполнении второго этапа пространство синаптических коэффициентов должно быть неизменно [2,5,7]. Оба эти процесса должны быть разнесены во времени и выполняться последовательно.

**Заключение и выводы.**

Базовые функции стратегического менеджмента: классификация состояний, прогнозирование динамики показателей качества предприятия и адаптация входных факторов к его целевому состоянию реализуются в нейросетевом базисе реализацией алгоритмов градиентного исчисления сложных функций, строгой синхронизацией последовательности выполнения вычислительных операций, верификацией результатов тестированием конечных моделей.

Инструментально задача решается на основе принудительного обучения синтезированных нейросетей с учетом возможности реализации принципа двойственности с оценками частных производных и сохранением их в памяти на заданное количество тактов.

**Литература:**

1. Томпсон А.А, Стрикленд. А.Дж. Стратегический менеджмент. Учебник для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2012. – 814 с.



2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс [2-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. – М.: Наука, 1974. – 415 с.
4. Ляхов А.Л., Алёшин С.П., Бородина Е.А. Нейросетевая модификация текущего пространства признаков к целевому множеству классов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – № 4 (29). – С. 99–104.
5. Алёшин С.П. Нейросетевой базис поддержки решений в пространстве факторов и состояний высокой размерности: [монография] / С.П. Алёшин. – Полтава: Издание «Скайтек», 2013. – 208с.
6. Алёшин С.П. Ситуационные центры быстрого реагирования: принятие решений в среде нейроэмуляторов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2011. – № 1 (17). – С. 240 – 247.
7. Боровиков В.П. STATISTICA NN – Техническое описание. М.: Мир, 1999. – 239 с.

**Abstract.** *Strategic organization management is a long-term plan of achievement and maintaining of the specified indicators of economic, financial, commercial activities based on continuous monitoring of process quality indicators and management of dependent factors to achieve a given quality criterion. The intelligent technologies for modeling of the basic functions of optimal control based on the theory and practice of pattern recognition, forecasting and adaptation of the input factor vector to the objective function are used in the plan implementation. Management effectiveness depends on the qualification of an expert and can be significantly reduced due to increasing of in the error number and analysis time. In real conditions, the classification of the research object state with a significant number of features, with their unstable or uninformative degree of knowledge acquisition, seems to be a non-trivial task. To date, pattern recognition technologies based on artificial intelligence have been developed and implemented into practice, which allow synthesizing neural network classifiers, forecast models and algorithms for finding the optimal set of control factors with a high degree of a priori uncertainty.*

*For technology of the strategic management, a neural network information and analytical, software and instrumental basis has been prepared for solving problems of automating the basic processes of organization managing in the space of structured informative features using statistical decision rules transformed in methods and algorithms for forced training of artificial neural networks. The developed technology is presented in the form of an ensemble of neural network classifier models, models for predicting and adjusting input factors to a given object state, implemented by independent software applications in the main code of an existing technical analysis package, for example, a neuroemulator of the StatSoft environment. The synthesis of the proposed models makes it possible to solve the problem of optimal control in an automated mode with the required quality indicators and minimal cost.*

*Research of modeling the basic functions of the optimal enterprise management, possibility of correct application of statistical decision rules, algorithms for forced training of synthesized neural network models in the basis of existing technical data packages allow improving the quality of organization management by automating the analysis and forecasting process, choosing optimal control actions, reducing the influence of subjective decisions, shortening the reaction time.*

**Key words:** *Strategic management, basic control functions, recognition, forecasting, adaptation, neural network, error function gradient, backpropagation.*

Статья отправлена: 25.11.2020 г.  
© Алёшин С.П., Гайтан Е.Н.