

# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО КРИЗИСНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С АДАПТИВНОЙ СТРУКТУРОЙ

**Н. Н. Масалитина**

---

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого  
Гомель, Беларусь  
E-mail: masalitina@rambler.ru*

Представлены результаты исследования возможностей применения искусственных нейронных сетей в целях распознавания степени тяжести потенциально кризисных процессов сложных объектов на примере промышленных предприятий. Разработана искусственная нейронная сеть с адаптивной структурой. Предложен алгоритм выбора активационной функции нейронов, оптимизирован состав входных и выходных параметров сети. Представлены результаты оценки адекватности разработанного инструмента в сравнении с альтернативными способами организации структуры искусственных нейронов.

*Ключевые слова:* принятие решения, кризис, антикризисное управление, искусственная нейронная сеть, активационная функция.

Принятие решения по управлению потенциальными кризисными изменениями сложных систем сопряжено с высокой трудоемкостью оценки состояния объекта, а также определения последствий возможных управленческих решений. Кризисные процессы характеризуются высокой скоростью изменений; значительным уровнем ущерба от принятия решений, не соответствующих текущей ситуации; большим числом альтернативных решений и отсутствием априорной информации о критериях оптимальности выбора альтернативы. В таких условиях возрастает роль систем поддержки принятия решения. В качестве основы для разработки такой системы достаточно успешно могут быть применены искусственные нейронные сети, позволяющие исследовать сложные нелинейные зависимости между характеристиками объекта управления и изменением его состояния [1, 2, 3]. Однако точность данного типа математических моделей в значительной степени зависит от выбора структуры сети: состава входных и выходных параметров, вида активационной функции, количества слоев и нейронов в каждом слое. При этом структура, позволившая получить хорошие результаты при решении одной задачи, не всегда применима при решении другой. Невозможность получить обобщенные рекомендации по вопросам выбора структуры искусственной нейронной сети определяет необходимость экспериментальной оценки ряда альтернативных вариантов на подготовительном этапе решения каждой конкретной задачи.

В ходе выполненного автором исследования построена математическая модель системы антикризисной устойчивости объекта управления, описывающая взаимосвязь между уровнем развития отдельных механизмов противостояния кризисным изменениям и достигнутым уровнем устойчивости объекта. Исследование выполнено

на примере промышленных предприятий Гомельского региона. Полученные результаты могут быть использованы также для поддержки принятия решения по управлению кризисными процессами других сложных систем.

Модель реализована в виде искусственной нейронной сети, имеющей следующие характеристики:

1) входной слой содержит 20 параметров, характеризующих уровень интенсивности применения отдельных механизмов, направленных на противостояние кризисным изменениям объекта управления, по которым зафиксирована значительная частота проявления и/или уровень ущерба;

2) выходной слой содержит один нейрон, принимающий одно из трех значений, соответствующий степени тяжести кризиса. Каждое состояние нейрона соответствует отдельному комплексу управленческих воздействий;

3) в сеть включено минимальное количество слоев и нейронов, позволившее получить достаточные результаты точности: один скрытый слой из двух нейронов, один из которых отражает положительное влияние параметра на степень тяжести кризиса, другой отражает отрицательные побочные эффекты;

4) выбор активационной функции выполняется в процессе обучения нейронной сети.

С целью оптимизации выбора активационной функции нейронов был проведен ряд вычислительных экспериментов, в ходе которых были обучены более 250 нейронных сетей. В ходе исследования рассмотрены логарифмическая активационная функция, арктангенс, а также гауссиан, сигмоидальная функция и гиперболический тангенс с параметром крутизны от 0,1 до 2,0 с шагом 0,1. Обучение нейронных сетей было выполнено при помощи алгоритма обратного распространения ошибки.

Затем рассчитан средний процент распознавания состояния исследуемых объектов с использованием каждой функции (десять наиболее точных представлены в таблице).

#### **Точность распознавания исследуемых объектов искусственными нейронными сетями с различными активационными функциями**

Активационная функция	Параметр крутизны	Верно распознано, %		
		среднее	максимум	минимум
Гиперболический тангенс	0,5	90,89	94,67	86,67
Сигмоидальная функция	1,3	89,60	93,33	81,33
	1,2	89,58	93,33	84,00
	0,7	89,33	94,67	84,00
	0,4	88,93	92,00	84,00
	1,1	88,93	92,00	86,67
	0,9	88,85	92,00	84,00
	0,8	88,61	92,00	82,67
	0,6	88,27	93,33	78,67
	2,0	88,00	90,00	76,00
	0,5	87,73	90,67	82,67

Также установлено, что результаты обучения нейронных сетей, основанных на каждой из десяти наилучших в рамках данной задачи функций, не являются стабильно высокими. Ряд экспериментов показывает хорошие результаты, другие значительно хуже. Поэтому ни одна из рассмотренных активационных функций не может быть

окончательно рекомендована для решения задачи распознавания состояний потенциально кризисных объектов.

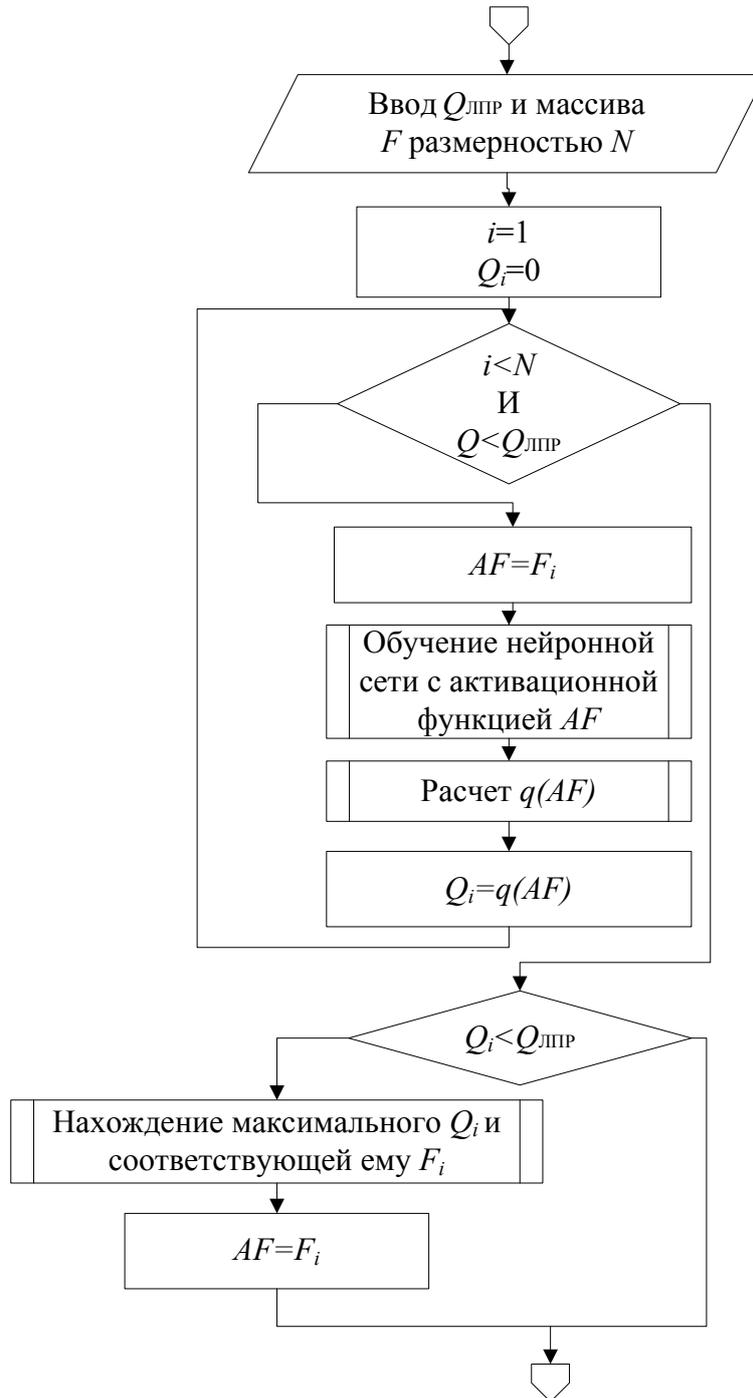


Рис. 1. Графическая схема алгоритма выбора активационной функции нейронной сети.

$Q_{\text{ЛПР}}$  – установленный лицом, принимающим решение нижний порог распознавания состояний исследуемых объектов, отн. ед.;  $Q_i$  – доля верно распознанных состояний  $i$ -й нейронной сетью, отн. ед.;  $F$  – массив из  $N$  функции, позволяющих получить наиболее точные модели, упорядоченный по убыванию точности (см. таблицу);  $AF$  – выбранная активационная функция нейронной сети;  $q(AF)$  – доля верно

распознанных состояний нейронной сетью, построенной на основе выбранной на данном этапе активационной функции

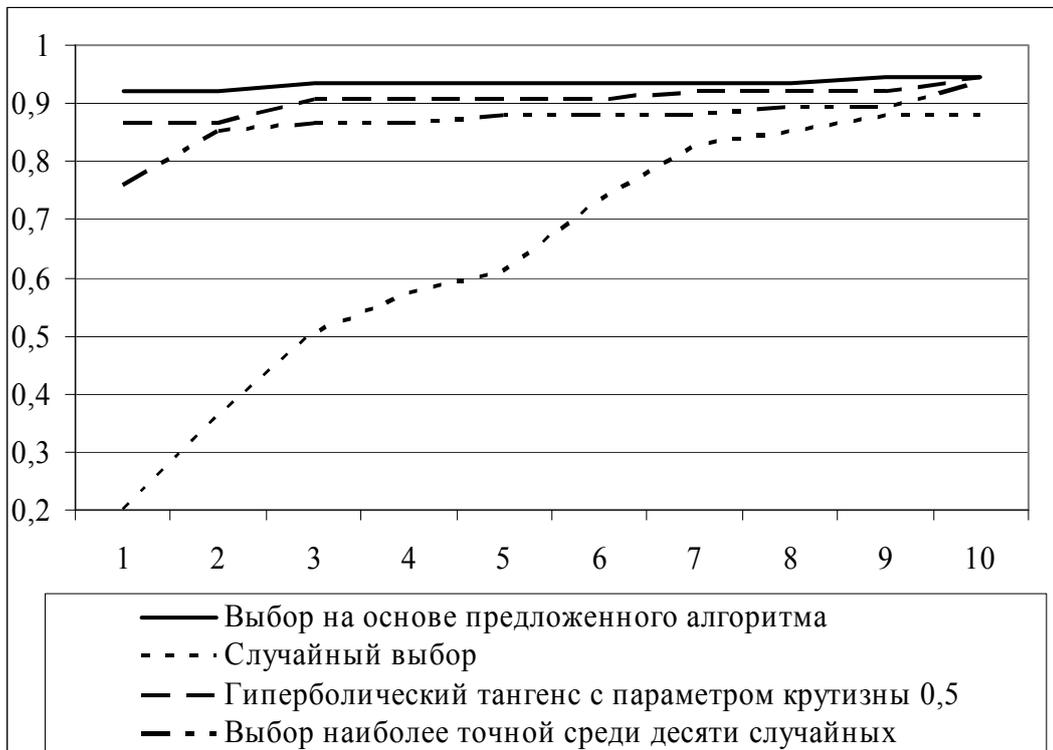


Рис. 2. Изменение процента верного распознавания состояний исследуемого объекта искусственными нейронными сетями с различными активационными функциями

С целью повышения точности распознавания разработан алгоритм выбора активационной функции (рис. 1), основанный на последовательном обучении сетей, построенных на предварительно отобранных десяти активационных функциях (см. таблицу), начиная с наиболее точной и заканчивая показавшей самые низкие результаты распознавания.

Алгоритмом предусмотрена возможность выбора наиболее точной модели из числа построенных, а также выхода из цикла в случае достижения установленного лицом, принимающим решение, нижнего порога качества распознавания.

Предложенный алгоритм позволил получить математические модели, верно распознающие в среднем 93,3 % исследуемых объектов (рис. 2). При этом аналогичный показатель для математических моделей, построенных на основе случайного выбора активационной функции составляет 53,2 %. В случае использования функции, по которой зафиксированы наиболее высокие показатели в ходе выполненного исследования (гиперболический тангенс с параметром крутизны 0,5), данный показатель составляет 90,9 % (см. таблицу). Выбор наиболее точной из десяти моделей со случайно выбранной активационной функцией позволяет достичь в среднем 87 % распознавания.

Полученная в результате математическая модель позволяет повысить эффективность принятия решения по следующим направлениям:

1. Диагностировать состояние предприятия, даже в случае отсутствия информации о наиболее очевидных признаках кризиса (дефиците денежных средств, наличии просроченных долговых обязательств, низком уровне показателей ликвидности и платежеспособности).

2. На основе расчета частных производных по каждому из входных параметров выполнять оценку чувствительности объекта управления к различным механизмам поддержания антикризисной устойчивости.

3. Оценивать перспективы изменения состояния объекта управления в результате применения различных антикризисных мер, в случае если известно, как планируемые меры изменяют состояние входных параметров построенной математической модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. М.: Финансы и статистика, 2004. 176 с.

2. Головки, В. А. Нейросетевые методы обучения и обработки информации в системах управления и прогнозирования: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. 05.13.01 / В. А. Головки. Минск. 2002. 46 с. (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации).

3. Оссовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Оссовский; пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.