

НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИНТЕЗ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕГИОНЕ

В. Г. Щетинин⁽¹⁾, М. К. Смолякова⁽²⁾, А. И. Бражников⁽¹⁾

⁽¹⁾Пензенский государственный университет;

⁽²⁾Ярославский государственный технический университет

Предложен метод синтеза стратегий развития регионального производства в условиях не-представительной статистики макроэкономических показателей. Для представления данных использованы нечеткие переменные, а для синтеза управляющих воздействий в условиях неполной априорной информации применены булевы нейронные сети, структура и параметры которых определяются на обучающей выборке. Метод успешно применен для синтеза краткосрочных стратегий роста промышленного производства в Мордовии и Пензенской области в 1995—2000 гг.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегии управления региональной экономикой и, в частности, промышленным производством не могут быть эффективными, если они не учитывают зависимости объема созданного промышленного продукта от технологических, экономических и социальных показателей. Как правило, в доступных для сбора и регистрации данных такие зависимости существуют в скрытой (неявной) форме. Поэтому для выработки рациональных научно обоснованных стратегий развития промышленности региона необходимо изучать факторы промышленного продукта. Исследуя факторы роста, аналитики применяют разнообразные подходы и методы, известные из опыта реформ в странах с переходной экономикой [1—3]. Адекватность этих методов проверяется временем, для чего обычно требуется несколько лет. Во избежание непредвиденных ошибок предпочтение часто отдается моделям краткосрочного развития, воздействие которых на региональное производство может проявиться уже через несколько месяцев.

Известные стратегии промышленного роста, в той или иной степени реализуемые в настоящее время на макроэкономическом уровне, предполагают применение системы предпочтений, в соответствии с которой предполагается:

- выделение льготных кредитов предприятиям, выпускающим пользующуюся спросом продукцию;
- предоставление этим предприятиям налоговых льгот;

- продажи на внутренних рынках их продукции дешевле аналогичной импортной продукции (ценовой демпинг).

Внешние инвестиции, направляемые в производство, бесспорно, создают условия его роста. Однако, в соответствии с экономическими законами, инвестиции направляются туда, где они могут принести максимальную прибыль и откуда они могут быть возвращены с минимальным риском потерь.

Кредитование под залог основных средств предприятий не всегда повышает эффективность производства, поскольку финансируется не тот, кто лучше работает, а кто больше имеет на своем балансе. В данной ситуации инвестиции доступны немногим производителям, которые могут рассчитывать на сбыт своей продукции по более высокой цене. Льготное кредитование способствует расширению числа производителей. Однако оно требует ввести критерии и механизм отбора претендентов, а также контролировать целевое использование выделенных льготных кредитов, что непросто реализовать в условиях переходной экономики.

Макроэкономическая стратегия развития производства свободна от перечисленных недостатков. Трудность ее реализации обычно связывают с недостаточной длиной интервала эмпирических наблюдений, свойственной переходному периоду [1].

Теоретическое обоснование макроэкономической стратегии опирается на семейство производственных функций, представляющих собой показательные функции от двух-трех факторов, представляющих в обобщенной количественной форме труд и капитал, затраченные на создание агрегированного продукта. Коэффициенты

этих функций оцениваются по данным временных рядов из десятков и более годовых лагов. Производственные функции позволяют определить, хотя и в обобщенной форме, влияние факторов труда и капитала на объем и прирост продукции, а также найти оптимальное соотношение между затратами труда и капитала.

Одним из первых, кто пытался создать систему рационального управления экономикой, был английский ученый С. Бир [2]. Он предложил ставшие широко известными новые принципы управления и окончательного выбора решений, в основе которых лежат механизмы функционирования центральной нервной системы и мозга. Модели производственных систем рассматривались им как очень сложные отношения между их входами (потоками ресурсов), внутренними, невидимыми элементами и выходами продукта. Входами моделей служили достаточно обобщенные индексы, основные из которых оперативно отражали объем выработки конкретного производства, испытываемую потребность в ресурсах и производительность. Решения менеджеров, направленные на выживание и эффективное функционирование такого рода систем, принимались после того, как ими были найдены и обсуждены все возможные в данной ситуации варианты. Наилучшее решение принималось большинством голосов участвующих в обсуждении менеджеров и экспертов. С этой целью в системе была предусмотрена ситуационная комната, оснащенная соответствующими техническими средствами.

Экономика Великобритании в 1970-х гг., а также ГДР в 1980-х гг., моделировалась с помощью метода группового учета аргументов (МГУА) советского ученого А. Г. Ивахненко [4–7]. Совместно с английскими экономистами [5], предложившими более двухсот независимых переменных, теоретически определяющих валовой доход, он выявил всего несколько главных факторов, определяющих с высокой точностью зависимую переменную.

Моделирование с помощью МГУА можно представить искусственной нейронной сетью, в которой входные сигналы проходят через нейроподобные элементы (нейроны) к выходу в одном направлении. Нейронная сеть состоит из одного и более слоев, состоящих из нейронов, соединенных между собой синаптическими связями. В условиях небольшой (непредставительной) выборки данных МГУА демонстрирует эффективную способность создания полиномиальных моделей оптимальной сложности, обеспечивающих высокую точность предсказаний. На основе таких моделей были выработаны различные варианты воздействия на экономику в целях увеличения экономического роста при различных нормах сбережений, уровнях инфляции и безработицы [5]. На основе результатов, полученных нами в работах [8–11], данный подход развивается применительно к синтезу стратегий развития регионального промышленного производства.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Стратегии развития регионального производства в переходном периоде должны учитывать неполный объем априорной информации о независимых (объясняющих) и зависимых (объясняемых) переменных и сведений о структуре и параметрах их взаимного влияния.

Выдвигаемые гипотезы о стратегиях развития нуждаются в проверке и уточнении на доступных для анализа данных, собираемых, в основном, учреждениями статистики. Однако используемые статистические данные могут быть неточными и неполными.

В данной статье мы ограничимся некоторыми социально-экономическими показателями (табл. 1) официальной статистики, определяющими в той или иной степени прирост промышленной продукции, что были предложены в ходе нашего исследования экспертами. Как следует из фундаментальной работы [1], приведенных в табл. 1 показателей обычно достаточно для создания моделей экономического роста.

В соответствии с задачей развития регионального производства определим длительность временного лага в один месяц. С таким лагом публикуются данные, учитываемые региональными учреждениями статистики.

Влияние приведенных показателей на объем промышленного производства изучается на некоторой выборке наблюдений. Длина этой выборки должна быть ограничена в связи с тем, что экономические условия на начальном и конечном интервалах времени могут заметно различаться между собой и однородность данных может быть нарушена. Во избежание искажения результатов, данные должны быть однородными, поэтому для обучения ограничимся выборкой длиной 10 мес. Два оставшихся в году месяца будем использовать для тестирования.

Для выработки стратегии развития в модель развития производства необходимо ввести запаздывание независимых переменных. Ограничимся в нашем случае минимальным запаздыванием, равным одному месяцу. Сделанных допущений достаточно, чтобы найти зависимость между приростом промышленной продукции в следующем месяце и значениями переменных за предыдущий месяц, приведенных в табл. 1.

Как видим, из-за непредставительности выборки данных для решения задачи невозможно применить традиционные статистические методы, поэтому для представления данных мы воспользовались методом нечетких переменных. В соответствии с этим методом объясняющие переменные x_1, \dots, x_9 и объясняемая переменная y (ежемесячный прирост промышленной продукции) были представлены значениями логических 0 и 1.

Таблица 1

Состав предполагаемых факторов

Обозначение	Наименование фактора
x_1	Производство товаров народного потребления, млн. руб.
x_2	Инвестиции в основной капитал, млн. руб.
x_3	Перевезено грузов всеми видами транспорта, тыс. руб.
x_4	Розничный товарооборот, млн. руб.
x_5	Денежные доходы населения, млн. руб.
x_6	Прирост сбережений во вкладах и ценных бумагах, млн. руб.
x_7	Экспорт товаров, млн. долл.
x_8	Импорт товаров, млн. долл.
x_9	Покупка валюты, млн. руб.



Таблица 2

Объем промышленного производства по месяцам

№ мес.	Объем промышленного производства, млн. руб.	Ежемесячный прирост, млн. руб.	у
1	515,5	515,5	0
2	1162,2	646,7	1
3	1832,4	670,2	
4	2410,0	577,6	0
5	2889,3	479,3	
6	3377,8	488,5	
7	3858,5	480,7	
8	4341,6	483,1	1
9	4870,7	529,1	
10	5561,2	690,5	

В табл. 2 в качестве примера приведены значения переменной u для первых 10 мес. 1998 г. в Пензенской области. Видно, что минимальные значения ежемесячного прироста переменной u наблюдаются в 5-м месяце, а максимальное — в 10-м. Кроме того, в 9-м месяце наблюдается порог, выше которого переменная u представляется как 1, а ниже — как 0. Уровень порога выбирается таким, чтобы число нулей и единиц отличалось не более, чем на единицу; в данном примере он равен 529,1.

Значению нечеткой переменной $u = 1$ соответствует прирост промышленной продукции от 529,1 до 690,5 млн. руб., значению $u = 0$ соответствует прирост от 479,3 до 529,1 млн. руб.

2. МЕТОД И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для поиска зависимости объема промышленного продукта от независимых переменных, перечисленных в табл. 1, в условиях непредставительной выборки применяются булевы нейронные сети, представленные нами в работах [8–11]. Количественные переменные, подаваемые на вход такой нейронной сети, преобразуются в значения логических 0 и 1 в соответствии с предложенным ниже алгоритмом.

Каждая независимая переменная x_i представляется в виде 0 или 1 в зависимости от порога u и типа пороговой функции $F(u)$. При первом типе функции превышение порога представляется логической 1, а если значения переменной x_i не будут выше этого порога — логическим 0. При втором типе функции, наоборот, значения переменной x_i представляются соответственно 0 и 1.

Для определения порога и типа функции для каждой переменной x_1, \dots, x_m подсчитывается число ошибок — несовпадений с заданной классификацией на выборке из n наблюдений. В качестве порога выбирается такое значение переменной $x_i^{(j)}$, $j = 1, \dots, n$, для которого число ошибок будет минимальным для всех переменных $i = 1, \dots, m$. Пороги находятся для каждого типа функций, а выбирается та из них, что дает наименьшее число ошибок.

Определив значения переменных, переходят к обучению многослойной нейронной сети. Каждый нейрон в ней формально представляется булевой функцией двух переменных. Один вход такого нейрона в r -м слое связан с выходом j -го нейрона в предыдущем $(r - 1)$ -м слое.

Для каждого нейрона в сети находится такая булева функция, которая обеспечивает минимальное число ошибок μ_j . Далее к нейрону прилагается следующее правило селекции — i -й нейрон остается в сети, если для него выполняется условие:

$$\mu_i < \min(\mu_j, \mu_k), \quad (1)$$

где μ_j и μ_k — число ошибок j -го и k -го нейронов предыдущего слоя, $j \neq k = 1, \dots, L_{r-1}$. Здесь L_{r-1} — число нейронов, выращенных в предыдущем слое.

Наращивание слоев нейронной сети продолжается до тех пор, пока в некотором слое r^* условие (1) не выполняется ни для одного нейрона. Ясно, что в этом случае нейронная сеть не может быть улучшена, и обучение завершается.

Переменные, включенные обученной нейронной сетью, представлены в табл. 3.

Для каждой переменной в табл. 3 приведены правила преобразования количественных переменных в значения логических 0 и 1. Так, например, правило $F(168,3) = 0$ для переменной x_1 означает, что превышение порога 168,3 представляется 0, в противном случае 1. В этой таблице приведено также число ошибок классификации, допущенных однофакторными пороговыми моделями. Значимость каждой переменной для классификации оценивается числом нейронов в сети, использующих эту переменную.

Найденную нейросетевую модель ежемесячного роста промышленного производства компактно можно представить в виде системы из пяти булевых уравнений (автоматов):

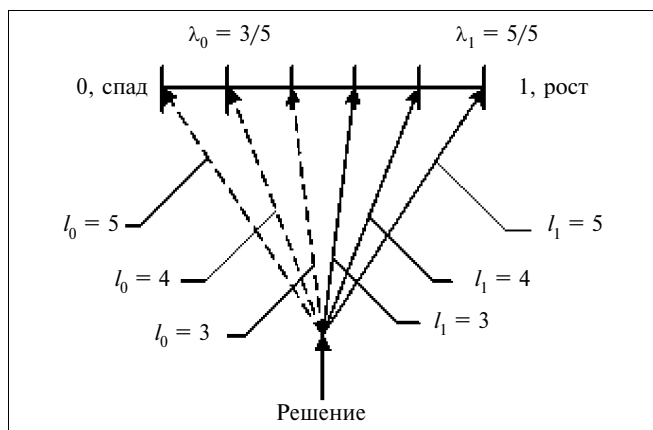
$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_3), \\ y_2 &= f_2(x_1, x_3), \\ y_3 &= f_2(x_2, x_3), \\ y_4 &= f_2(x_2, x_4), \\ y_5 &= f_2(x_3, x_4), \end{aligned}$$

где x_1, \dots, x_4 — переменные, представленные в соответствии с правилами (см. табл. 3); f_1 и f_2 — булевы функции двух аргументов, представленные в табл. 4.

Таблица 3

Состав и значимость искомых факторов

Переменная	Наименование	Правило	Число ошибок	Значимость
x_1	Производство товаров народного потребления	$F(168,3) = 0$	3	1
x_2	Инвестиции в основной капитал	$F(150,0) = 0$	1	
x_3	Экспорт товаров	$F(3,14) = 0$	2	4
x_4	Покупка валюты	$F(26,1) = 1$		2


Рис. 1. Геометрическая интерпретация выбора управляющих воздействий

Геометрическая интерпретация вырабатываемых с помощью данной системы автоматов решений показана на рис. 1. Функции принадлежности λ_0 и λ_1 указывают близость выхода модели к значениям 0 и 1, соответственно. Например, если два автомата выработали решение 1 ($l_1 = 2$), а три — решение 0 ($l_0 = 3$), функция принадлежности равна 0,6 ($\lambda_0 = 3/5$). В этом случае принимается решение о принадлежности к значению 0, поскольку три эксперта из пяти проголосовали за значение 0.

Решения принимаются на основе значений автоматных моделей вариантов, вычисленных и представленных в табл. 5. Например, если $x_1 = 0$, $x_2 = 0$, $x_3 = 0$, $x_4 = 1$, то принимается решение 0 при согласии 3 экспертов из 5, участвующих в голосовании.

В другом примере прирост промышленной продукции в ноябре определяется следующим образом.

По данным управления статистики определяются значения включенных в табл. 3 показателей за месяц, предшествующий ноябрю. Значения этих показателей в октябре даны в табл. 6. Затем они преобразуются с помощью выражений, приведенных в табл. 3.

Результаты преобразования представлены в нижней строке табл. 6. Далее эта комбинация ищется в таблице решений (см. табл. 5). Этой комбинации соответствует вариант 7, который указывает на решение 1 при единодушном согласии экспертов, $\lambda = 5/5$. Итак, прирост промышленной продукции в ноябре ожидается не менее чем на 529,1 млн. руб.

Найденные варианты развития производства позволяют сформулировать управляющие воздействия, перечисленные в табл. 7.

Из первого варианта следует, что усилия в текущем месяце следует направить на то, чтобы одновременно:

- увеличить рост производства товаров народного потребления более чем на 168,3 млн. руб.;
- увеличить рост инвестиций в основной капитал более чем на 150,0 млн. руб.;
- экспортировать товаров не более чем на 3,14 млн. руб.;
- увеличить покупку валюты более чем на 26,1 млн. руб.

Таблица 4

Функции двух аргументов

u_1	u_2	f_1	f_2
0	0	0	0
	1	1	1
1	0		
	1	0	

Таблица 5

Варианты решений

№	x_1	x_2	x_3	x_4	y	λ			
1	0	0	0	0	0	5/5			
2			1	1		3/5			
3			1	0		1	4/5		
4				1		1	5/5		
5		1	0	0	0	0	3/5		
6				1	1				
7				1	0		1	1	5/5
8					1		1		
9	1		0	0	0	0	3/5		
10				1	1		4/5		
11				1	0		1	3/5	
12					1		1	1	4/5
13		1	0	0	1	5/5			
14			1	1					
15			1	0		1	4/5		
16				1		1			

Таблица 6

Значения показателей

x_1	x_2	x_3	x_4
320,5	100	1,56	4,3
После преобразования:			
0	1	0	0

Таблица 7

Варианты развития производства

№	x_1	x_2	x_3	x_4	
1	Более 168,3	Более 150,0	Менее 3,14	Более 26,1	
2		Менее 150,0		Более 3,14	Менее 26,1
3					Более 26,1
4	Менее 168,3		Более 3,14		



Таблица 8

Состав и значимость искомых факторов

Переменная	Наименование	Правило	Число ошибок	Значимость
x_1	Инвестиции в основной капитал	$F(150) = 0$	1	2
x_2	Экспорт товаров	$F(3,14) = 0$	2	
x_3	Покупка валюты	$F(26,1) = 1$	3	

Таблица 9

Варианты решений

№	x_1	x_2	x_3	y	λ	
1	0	0	0	1	3/3	
2			1		2/3	
3		1	0		3/3	
4			1		2/3	
5	1	0	0		3/3	2/3
6			1			3/3
7		1	0			3/3
8			1			3/3

Выбор одного из четырех предложенных вариантов стабилизации остается за лицом, принимающим решение, исходя из предпочтений, отдаваемых тому или иному варианту с точки зрения его реализуемости.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Смысл применения найденных моделей развития производства состоит в том, чтобы ограниченные средства и ресурсы региона направлять на развитие отраслей (показатели которых представлены переменными x_1, \dots, x_m), способных в текущий момент времени к наибольшей отдаче инвестируемых в них средств. Легко представить себе ситуацию, изображенную на рис. 2.

На плоскости двух переменных x_1 и x_2 пороги x_1^0 и x_2^0 , найденные в процессе обучения, образуют область значений x_1 и x_2 , при достижении которых обеспечивается стабильное развитие промышленности.

Данный подход применялся нами ранее для решения рассматриваемой задачи на статистических данных, опубликованных в 1995—1996-х гг. по Пензенской области и Мордовии. Все прогнозные значения по истечении времени совпали с фактическими значениями [9—11].

Модель производства Пензенской области в 1995 г. не имеет ошибок на обучающей выборке и описывается булевой функцией $y = f_1(x_5, x_6)$. Значения модели совпали с фактическими данными в трех последующих интервалах — 10-м, 11-м и 12-м месяцах 1995 г. Переменные x_1, x_2, x_3, x_4 и x_7 не были включены в модель данного периода, поскольку их влияние оказалось несущественным.

Интересно, что модели регионов одного и того же периода отличаются друг от друга как составом независимых переменных, так и числом уравнений. Число уравнений, образующих модели, растет пропорционально разнообразию экономики региона. Интуитивно ясно, что чем больше разнообразия, тем больше вариантов развития региона. Из этого следует вывод, что рост производства осуществим с меньшими усилиями в том регионе, где больше вариантов развития.

Для подтверждения этой гипотезы сравнивались фактические темпы роста промышленного производ-

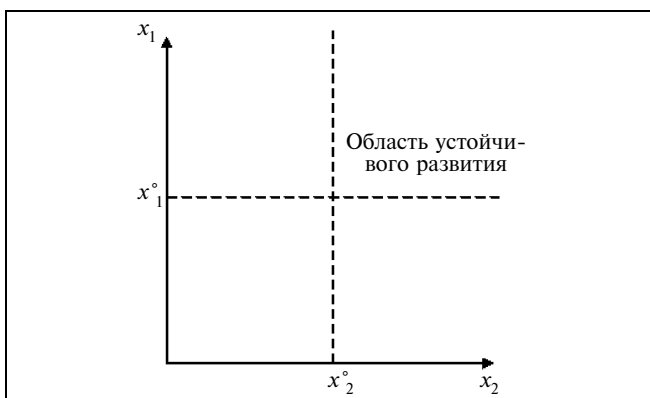


Рис. 2. Условие стабильного развития производства в пространстве двух независимых переменных

ва в этих регионах. По официальным данным на начало 1997 г. в Мордовии был зафиксирован рост на уровне 4...5 %, а в Пензенской области продолжался спад. Это подтверждает выдвинутую гипотезу о возможности оценки потенциала экономического роста региона через число вариантов его развития. В соответствии с этой оценкой первому региону присваивается более высокий индекс, равный 8, а второму — более низкий, равный 1. Преимущество такого способа состоит в объективности оценки.

Прирост промышленной продукции по Пензенской области в ноябре 1998 г. составил 756,0 млн. руб., что превысило порог и представлено как 1. Фактическое значение ноября, как видим, совпало с прогнозируемой величиной. Среди предполагаемых факторов, определяющих рост производства, наиболее значимыми оказались представленные в табл. 8.

Найденная модель ежемесячного прироста описывается системой из трех булевых функций: $y_1 = f_2(x_2, x_1)$, $y_2 = f_2(x_3, x_1)$, $y_3 = f_2(x_3, x_2)$.

Обновленная таблица вариантов решений представлена в табл. 9.

Значения этой таблицы используются для нового прогноза прироста промышленной продукции в декабре. После подстановки значений переменных x_1, x_2 и x_3 за ноябрь в табл. 8, получим следующие значения переменных, представленные в табл. 10.

Этой комбинации соответствует вариант 3 (см. табл. 9), который дает $y = 1$. Решению, принятому при согласии двух из трех экспертов, $\lambda = 2/3$, соответствует прирост промышленной продукции не менее чем на 529,1 млн. руб. в декабре.

Найденная таблица вариантов развития производства позволяет сформулировать на декабрь управляющие воздействия, представленные в табл. 11.

Первый вариант означает, что усилия в декабре следует направить на то, чтобы одновременно решить следующие задачи:

- увеличить рост инвестиций в основной капитал более чем на 150 млн. руб.;
- экспортировать товаров не более чем на 3,14 млн. руб.;
- закупить валюты не более чем на 26,1 млн. руб.

Как видно из приведенного примера, ожидаемый прирост промышленной продукции в ноябре совпал с фактической величиной. Это позволяет сделать вывод, что найденные на этом интервале времени модели отражают реальные процессы, происходящие в промышленном производстве.

Состав факторов обновленных моделей уменьшился с четырех (в октябре) до трех (в ноябре), однако их пороговые значения не изменились. Исчезло лишь влияние фактора, определяющего производство товаров народного потребления. Число ошибок и значимость этого фактора в октябре были равны 3 (максимальное значение) и 1 (минимальное значение), соответственно.

Исчезновение одного наиболее слабого фактора говорит о преимуществах моделей, определяемых на обновленных данных, что важно с точки зрения реализуемости механизма управления производством. С другой стороны, снижение числа факторов уменьшает число решающих правил (экспертов) с пяти до трех. Согласованность экспертов, участвующих в составлении нового прогноза на декабрь, также снизилась: лишь два эксперта из трех согласны с предложенным прогнозом.

Важно, что число вариантов развития производства увеличилось с одного в 1995 г. до трех в 1998 г. В соответствии с обнаруженной закономерностью это является предвестником роста промышленного производства в Пензенской области в ближайшие несколько месяцев 1999 г. Этот прогноз, опубликованный в региональной прессе, был полностью подтвержден впоследствии значительным ростом производства.

Очевидная полезность данного метода состоит в том, что инвестиционная привлекательность региона возрастет, если потенциальным инвесторам будет доступна объективная аналитическая информация о моделях раз-

вития региона. Эта информация необходима для выбора направления инвестиций и оценки инвестиционных рисков. В последнее время для привлечения инвесторов отечественные предприятия создают информационные ресурсы. Надо полагать, что без количественных оценок стратегий развития производства не будет серьезных инвестиций в регион.

Стратегии развития создаются также на микроэкономическом уровне. Для этого достаточно использовать в качестве независимых переменных показатели, отражающие затраты и потребление внутри предприятия по группам продукции и услуг. Такие стратегии создаются, чтобы производственный план предприятия был ориентирован на выпуск наиболее рентабельной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что предложенный метод может быть применен для выработки концепций роста промышленного производства в регионе. Для реализации метода количественные показатели предварительно преобразуются в нечеткие переменные, которые затем подаются на вход булевой нейронной сети, обучаемой на выборке данных предшествующего периода. Алгоритм обучения позволяет минимизировать состав независимых переменных и найти структуру нейронной сети адекватной сложности. Представление обученной нейронной сети в виде компактной системы булевых функций позволяет сформулировать в явном виде стратегии краткосрочного развития и объективно выбрать управляющие воздействия, направленные на развитие производства в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Римлер Ю. Эконометрические методы анализа развития. — М.: Статистика, 1979.
2. Бир С. Мозг фирмы. — М.: Радио и связь, 1993.
3. Леонтьев В. Экономические эссе. — М.: Политиздат, 1989.
4. Ивахненко А. Г. Непрерывность и дискретность. — Киев: Наукова думка, 1990.
5. Parks P., et al. A Self-Organization Model of the British Economy for Control with Optimal Prediction // Int. Journal Computational and Information Science. — 1975, N 4.
6. Ivakhnenko A. G., et al. Group Method of Data Handling. Интернет-ресурс. < <http://www.gmdh.net> >.
7. Müller J. A., Lemke F. Self-Organizing Data Mining. Extracting Knowledge from Data. — Canada British Columbia. Trafford Publishing, 2003.
8. Schetin V. G., Kostunin A. W. Self-Organization of Neuron Collective of Optimal Complexity // Proc. of Int. Symposium NOLTA'96. — Japan, 1996.
9. Щетинин В. Г. Анализ факторов экономического роста региона // Вопросы статистики. — 1996. — № 3.
10. Щетинин В. Г., Костюнин А. В. Принятие решений на нейронных сетях оптимальной сложности // Автоматизация и современные технологии. — 1998. — № 4.
11. Щетинин В. Г., Столярова О. В., Костюнин А. В. Синтез решающих правил на нейронных сетях оптимальной сложности // Приборы и системы управления. — 1999. — № 1.

☎ (0852) 44-05-89

E-mail: mira-bella@yandex.ru



Таблица 10

Значения показателей

x_1	x_2	x_3
250,0	2,14	5,5
После преобразования:		
0	1	0

Таблица 11

Условия развития производства в декабре

Номер варианта	x_1	x_2	x_3
1	Более 150	Менее 3,14	Менее 26,1
2	Менее 150	Более 3,14	То же
3	То же	Менее 3,14	Более 26,1
4	— " —	То же	Менее 26,1