

УДК 621.396.019.3:681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Л. А. ИСМАГИЛОВА

Факультет экономики, менеджмента и финансов УГАТУ

Тел: (3472) 23 06 78 E-mail: ismagilova@ugatu.ac.ru

Рассматриваются математическая модель и информационная система прогнозирования и оценки инвестиционного потенциала региона, основанные на нейронных сетях. Представлен ряд экспериментов по фактическим данным, результаты которых подтверждают адекватность и эффективность предложенного подхода к прогнозированию инвестиционного потенциала

Экономико-математическое моделирование; интеллектуальные системы; нейронные сети

ВВЕДЕНИЕ

Состояние инвестиционного климата является одним из важнейших показателей экономической ситуации и перспектив развития региона.

Снижение инвестиций относится к числу главных причин продолжающегося промышленного спада, препятствует общему оздоровлению экономики области, обостряет проблему отсталости региональной технической и технологической базы.

Только привлечение инвестиций в экономику области может предотвратить невосполнимые потери экономического потенциала.

Проведение эффективной региональной экономической политики строится на основе непрерывного наблюдения за фактическим положением дел в инвестиционной сфере и анализа происходящих в ней изменений.

Оценка и прогнозирование инвестиционного процесса являются основой при разработке и реализации целевых программ на территории региона, а также условием для активизации и повышения эффективности инвестиционной деятельности за счет расширения возможностей распространения достоверной и систематизированной информации, необходимой как соискателям инвестиций, так и потенциальным инвесторам.

Исходя из этого, особенно актуальной является задача прогнозирования инвестиционного потенциала региона. Нельзя не отметить, что подобные задачи решались и ранее с использованием традиционных методов, таких как регрессионный анализ [1] и т. д. Практика исследований показывает, что эти методы имеют ряд недостатков:

- не разработаны методы оценки состояния динамических показателей инвестиционного потенциала;
- не анализируются многозначность и взаимозависимость факторов, определяющих формирование инвестиционного потенциала;
- не учитывается неопределенность состояния социально-экономической системы как объекта исследования;
- не учитывается неоднородность и неопределенность данных, прямо и/или косвенно оценивающих потенциал.

Содержание инвестиционного потенциала составляют два компонента: объективный — совокупность трудовых, нематериальных, материальных и природных ресурсов, вовлеченных и не вовлеченных по каким-либо причинам в производство и обладающих реальной возможностью участвовать в нем; субъективный — способности работников, коллективов к использованию ресурсов и созданию макси-

мального объема материальных благ и услуг и способности управленческого аппарата предприятия, организации, отрасли, хозяйственной системы в целом к оптимальному использованию имеющихся ресурсов. Поэтому поставленная задача обладает значительным числом признаков, которые порождают необходимость применения интеллектуальных, а в частности, нейросетевых технологий:

- отсутствует строго формализованный алгоритм прогнозирования, но накоплено достаточное число примеров;

- проблема характеризуется большими объемами входной информации;

- данные неполны или избыточны, зашумлены, частично противоречивы.

Исходя из этого разрабатывается нейросетевая технология решения задач прогнозирования и оценки инвестиционного потенциала, учитывающая неопределенность состояния и неоднородность данных.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- формирование совокупности факторов инвестиционного потенциала региона, их качественной и количественной идентификации;

- построение модели оценки инвестиционного потенциала региона, ориентированной на использование искусственных нейронных сетей;

- разработка информационной системы и построение нейронной сети для прогнозирования инвестиционного потенциала;

- оценка адекватности и эффективности разработанной модели и информационной системы на примере данных по Республике Башкортостан (1991–1998).

1. ПОНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ВАЛОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

Анализ публикаций по проблеме оценки и прогнозирования потенциала выявляет множество аспектов понятия потенциала, его сущности, состава и соотношения с другими категориями [2, 3, 4]. В одних определениях делается акцент на условия и факторы, определяющие величину потенциала, в других — на характер общественно-экономических отношений, в третьих — на результаты его использования, т. е. не существует однозначного определения потенциала.

При решении задачи оценки и прогнозирования в формулировке данной категории необходимо использовать следующие методологические принципы. Экономическая категория «инвестиционный потенциал» должна выражать экономическую сущность инвестиционного процесса как обобщения экономических явлений, связанных с выполнением целевых функций накопленных инвестиционных ресурсов. Обычно потенциал определяют как совокупность имеющихся средств, возможностей в какой-либо сфере. И в то же время термин «потенциальный» обозначает скрытый, возможный. Далее необходимо учесть, что инвестиционный потенциал организационно связан с экономическими категориями «инвестиции», «инвестирование» и др.

Если рассматривать инвестиционную деятельность и собственно инвестиции как средство и инструмент достижения максимального результата функционирования региональной экономической системы, в качестве которого может быть принят валовой региональный продукт (ВРП), то инвестиционный потенциал — это способность к достижению инвестиционными средствами максимального объема ВРП. Однако в образовании ВРП участвуют факторы не только инвестиционного характера. В этой связи, говоря об инвестиционном потенциале, следует выделить ту часть ВРП, которая определяется собственно инвестиционными факторами. Исходя из этого, инвестиционный потенциал можно определить как способности к получению максимально возможного объема инвестиционной составляющей валового регионального продукта, реализуемой посредством использования инвестиционных факторов экономического роста [1].

На основании анализа научных публикаций были выявлены следующие основные показатели оценки и прогнозирования инвестиционного потенциала:

- численность трудовых ресурсов;
- основные производственные и непроизводственные фонды;
- объемы минеральных, сырьевых, водных, энергетических и других ресурсов;
- объем выпуска промышленной продукции;
- объем сельскохозяйственного производства;
- объем инвестиционных ресурсов региона;
- мощности регионального строительного комплекса;

- мощности промышленности строительных материалов;
- средний размер строительной организации по объему выполненных работ;
- средний размер предприятия промышленности строительных материалов по объему выпущенной продукции;
- объем основных фондов регионального строительного комплекса;
- объем основных фондов промышленности строительных материалов;
- износ основных фондов промышленности строительных материалов;
- численность работающих в региональном строительном комплексе и в промышленности строительных материалов;
- среднемесячная заработная плата работающих в региональном строительном комплексе и промышленности строительных материалов.

Из числа приведенных показателей формируется совокупность факторов, которые используются для прогнозирования: объем инвестиционных ресурсов региона (x_1), мощности промышленности строительных материалов (x_2), средний размер предприятия промышленности строительных материалов (x_3), среднемесячная заработная плата работающих в региональном строительном комплексе (x_4) и промышленности строительных материалов (x_5). Выбор именно этих величин обусловлен характером исследуемой категории и подтвержден результатами статистического анализа [1].

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Общая модель для решения задачи оценки и прогнозирования инвестиционного потенциала, ориентированная на использование нейронных сетей (НС), выглядит следующим образом:

$$M = \{In\{Q_{in}, Name_{in}\}, Layer\{N, Q_{neur}\}, Out\{Q_{out}, Name_{out}\}\}, \quad (1)$$

где In — вход; Out — выход; $Layer$ — слой; $Q_{in}, Name_{in}$ — количество и идентификаторы входов; N, Q_{neur} — номер скрытого слоя и количество нейронов в нем; $Q_{out}, Name_{out}$ — количество и идентификаторы выходов.

В работе используется тип нейронной сети с обратным распространением. В таких НС

связи между собой имеют только соседние слои, при этом каждый нейрон предыдущего слоя связан со всеми нейронами последующего слоя. Нейроны имеют сигмоидную функцию возбуждения. Входной слой содержит число нейронов, соответствующее размерности вектора входных величин. Выходной слой содержит столько нейронов, сколько управляющих величин необходимо рассчитать. Между входным и выходным слоями располагается один или более скрытых слоев.

Принцип обучения такой нейронной сети базируется на вычислении отклонений значений сигналов на выходных процессорных элементах от эталонных и обратном «прогоне» этих отклонений до породивших их элементов с целью коррекции ошибки.

Определение числа скрытых слоев и числа нейронов в каждом слое для конкретной сети является неформальной задачей. Было построено несколько сетей по разработанной модели с топологиями и произведено их совместное обучение. Проведено сравнение характеристик построенных сетей и получена структура сети, исходя из следующих критериев: способность сети обучаться, средняя ошибка и длительность обучения.

В результате модель представляет собой четырехслойную сеть и представлена как

$$M = \{In\{5, (x_1(t), \Delta_1(t), x_2(t), \Delta_2(t), x_3(t), \Delta_3(t), x_4(t), \Delta_4(t), x_5(t), \Delta_5(t),)\}, Layer\{(2, 10), (3, 10)\}, Out\{1, ВРП(t + 1)\}\}, \quad (2)$$

где $x_i(t)$ — факторы инвестиционного потенциала; t — дискретные моменты времени; $\Delta_i(t)$ — динамическая характеристика каждого фактора:

$$\Delta_i(t) = x_i(t) - x_i(t - 1), \quad (3)$$

которая позволяет отразить тенденцию изменения факторов.

3. РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Ядром информационной системы, реализующей нейросетевую технологию прогнозирования инвестиционного потенциала, является система проектирования нейронных сетей, представленная в виде программного продукта NetWorx [5]. С помощью NetWorx

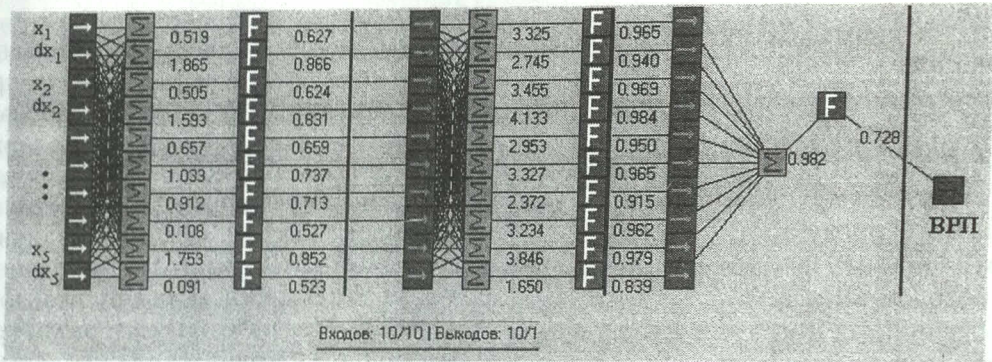


Рис. 1. Структура нейронной сети

в интерактивном режиме в ходе машинного эксперимента можно задавать структуру сети, методы обучения и условия моделирования. Программа предоставляет набор возможностей для построения и редактирования модели нейронной сети типа многослойный персептрон. Пользователь оперирует составными частями НС: входами, сумматорами, функциями и связями между этими объектами, создавая необходимую структуру и настраивая параметры.

Нейронная сеть, построенная с использованием системы NetWorx для решения задачи прогнозирования, представлена на рис. 1.

Информационная система прогнозирования содержит, кроме сконструированной сети, дополнительную интерфейсную программу (рис. 2). Это объясняется следующими причинами:

- нейронная сеть работает с вещественными числами в интервале $[0,1]$. Поэтому исходные данные и их динамические составляющие на входах и выходе сети должны быть преобразованы — масштабированы;
- в соответствии с разработанной моделью нейронная сеть принимает на входные нейроны не только измеренные данные, но и их динамические характеристики (3). При этом интерфейсная программа значительно облегчает составление обучающих выборок и входных векторов;
- интерфейсная программа обеспечивает удобство для пользователя и гарантирует безошибочную интерпретацию результата;
- интерфейсная программа позволяет автоматизировать процесс построения и модификации, а также обучения нейронной сети.

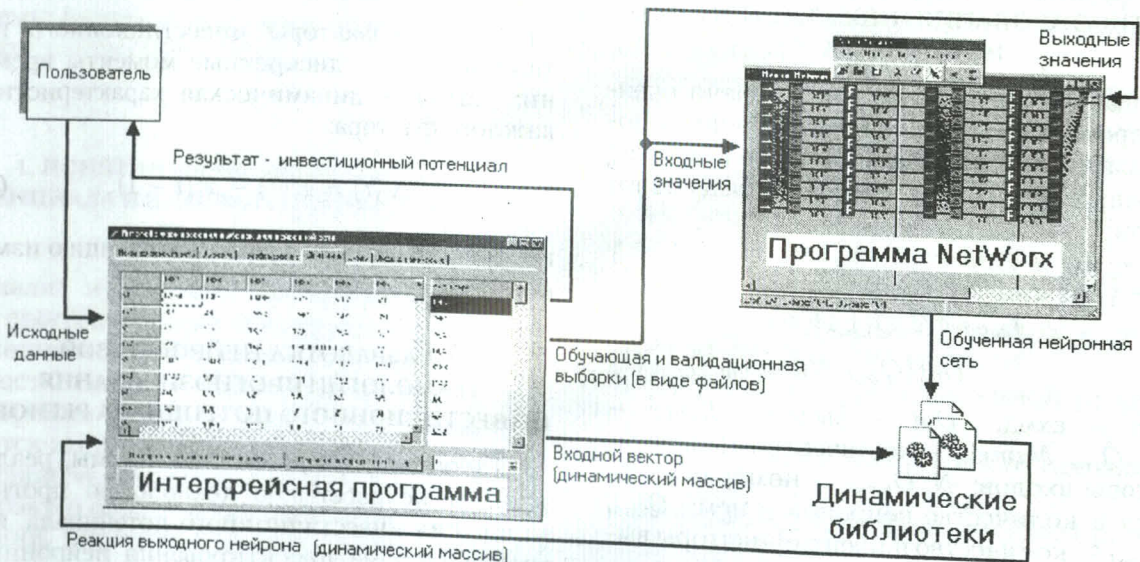


Рис. 2. Информационная система прогнозирования инвестиционного потенциала

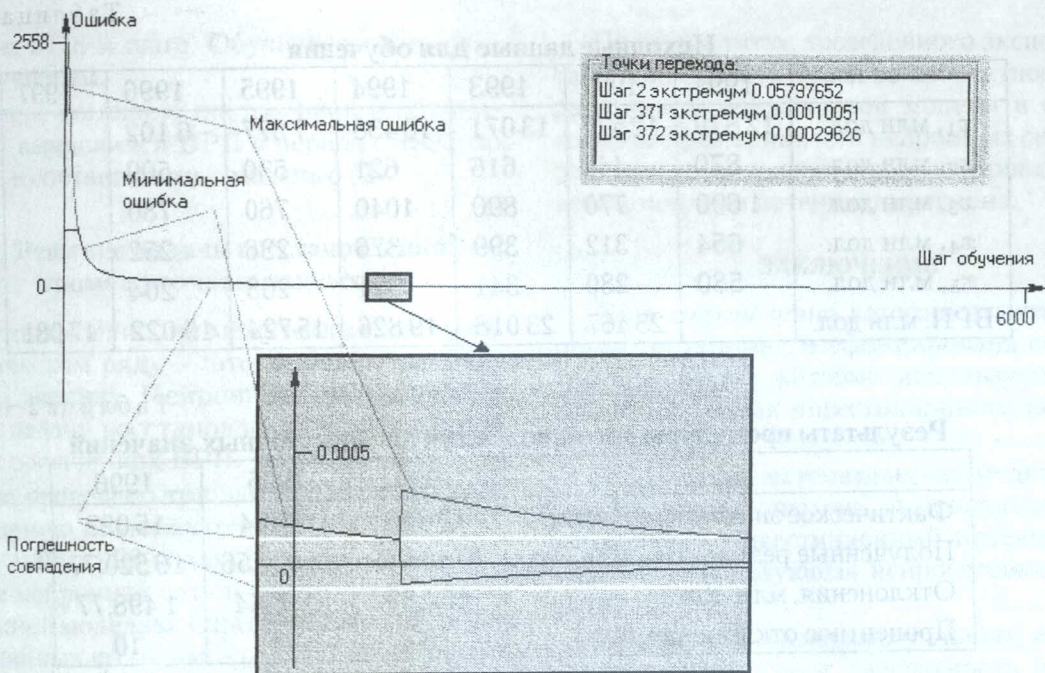


Рис. 3. График процесса обучения нейронной сети методом обратного распространения

Интерфейсная программа реализована на алгоритмическом языке Паскаль с использованием программы Delphi.

В процессе обучения интерфейсная программа масштабирует входные (факторы, формирующие инвестиционный потенциал)

$$x_t^i = \frac{x_t^i}{\max x_t^i} \quad (4)$$

и выходные данные (валовой региональный продукт)

$$ВРП_t' = \frac{ВРП_t}{\max ВРП_t},$$

вычисляя их динамические составляющие (3). Далее сохраняет обучающую выборку в файле формата, используемого системой NetWorx.

В информационной системе для проведения расчетов в блоке интерфейсной программы формируются входные векторы для каждого значения временного ряда. С использованием динамически подключаемой библиотеки в интерфейсную программу результат передается в виде реакции выходного нейрона и преобразуется в удобную для пользователя форму.

4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Разработанная модель и нейросетевая технология прогнозирования могут считаться

эффективными, если обеспечивают требуемую точность и достоверность прогнозов. Эффективность прогнозирования обеспечивается путем обучения сети. Выбор обучающей выборки и алгоритма обучения определяются постановкой задачи. При прогнозировании инвестиционного потенциала (ВРП) обучающая выборка — это данные за ряд лет, представленные в табл. 1 [1, 6].

Построенная нейронная сеть была обучена методом обратного распространения по данным 1991–1997 гг. (5 обучающих пар). Оценка качества обучения проводилась с помощью служебной информации, записываемой при обучении НС. Программой NetWorx строится график, характеризующий этот процесс (рис. 3).

По оси абсцисс на графике откладываются шаги обучения. Осью ординат является величина ошибки. На графике показана максимальная ошибка, т.е. максимальное значение отклонения фактического выхода от желаемого, выбранное по всему выходному вектору. Двойная линия, параллельная оси абсцисс, задает интервал, в котором значение ошибки (0,01 % от фактической выходной величины) считается удовлетворительным.

Как видно из графика, величина максимальной ошибки не превышала значения погрешности примерно на 400-м шаге обучения. В результате процесс обучения остано-

Таблица 1

Исходные данные для обучения

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
x_1 , млн дол.	12 879	12 574	13 071	10 438	7 577	6 102	
x_2 , млн дол.	870	446	616	621	530	509	
x_3 , млн дол.	1 690	770	890	1 040	760	780	
x_4 , млн дол.	654	312	399	376	236	252	
x_5 , млн дол.	580	280	341	321	203	204	
ВРП, млн дол.		23 467	23 018	19 826	15 724	15 022	17 081

Таблица 2

Результаты процедуры восстановления промежуточных значений

	1994	1995	1996
Фактическое значение, млн дол.	19 826	15 724	15 022
Полученные результаты, млн дол.	20 486,69	15 605,56	16 520,77
Отклонения, млн дол.	660,69	-118,44	1 498,77
Процентное отклонение, %	3	-1	10

Таблица 3

Прогноз величины ВРП, полученный с использованием нейросетевой модели и регрессионного анализа

	1997	1998
Фактическое значение, млн дол.	17 081	18 413
<i>Прогноз с использованием нейросетевой модели</i>		
Полученные результаты, млн дол.	16 778,91	19 571,48
Отклонения, млн дол.	-302,09	-1 158,2
Процентное отклонение, %	2	6
<i>Прогноз с использованием регрессионного анализа</i>		
Полученные результаты, млн дол.	15 030,69	
Отклонения, млн дол.	-2 050,31	
Процентное отклонение, %	21	



Рис. 4. Восстановленные промежуточные и фактические значения

вился на 5778-м шаге. Обучение можно считать успешным.

Далее, с помощью построенной и обученной НС вычислялся ВРП в период с 1992 по 1997 гг. в соответствии с моделью (2).

4.1. Решение задачи восстановления промежуточных данных

Восстановление промежуточных данных в динамическом ряду — это задача ретроспективного анализа. Нейронная сеть позволяет решить задачу восстановления на множестве данных о значениях ВРП.

Было проведено три эксперимента по восстановлению промежуточных значений ВРП в 1994, 1995, 1996 годах. Для этого была построена нейронная сеть в соответствии с разработанной моделью. Она обучалась на следующих данных по годам:

1-й эксперимент: 1992, 1994, 1995, 1996;

2-й эксперимент: 1992, 1993, 1995, 1996;

3-й эксперимент: 1992, 1993, 1994, 1996.

Восстановление ретроспективных данных производилось для трех лет (1994, 1995, 1996) в трех экспериментах соответственно. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 4.

Результаты процедуры восстановления промежуточных значений являются критерием адекватности применения разработанной модели, сконструированной нейронной сети и информационной системы в целом при анализе инвестиционного потенциала.

4.2. Прогнозирование

Разработанная математическая модель и нейросетевая технология были применены для получения прогнозной величины ВРП на 1997–1998 гг. Построенная нейронная сеть была обучена методом обратного распространения по данным 1991–1996 гг. (5 обучающих пар). Была проведена стандартная процедура нейроанализа — оценка качества обучения. После этого с помощью НС были проведены расчеты по прогнозированию. В первом случае получена величина ВРП за 1997 год и выявлена ошибка прогнозирования. Далее сеть была дообучена на базе данных за весь период 1991–1997 гг. и получено прогнозное значение на 1998 г. (табл. 3).

Для сравнения в табл. 3 приводится отклонение от фактической величины ВРП при сглаживании данных функцией, полученной в [1]:

$$y = 7867,5 + 1,254x_1.$$

По результатам проведенного эксперимента можно сделать вывод об адекватности разработанной нейросетевой модели и сравнительной эффективности нейронных сетей для решения задач оценки и прогнозирования инвестиционного потенциала региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дано определение категории инвестиционный потенциал и сформирована совокупность величин, которые используются для прогнозирования инвестиционного потенциала региона.

Разработана математическая модель и информационная система, позволяющая прогнозировать инвестиционный потенциал региона и использующая нейросетевые технологии.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают адекватность разработанной математической модели и сравнительную эффективность при прогнозировании и оценке инвестиционного потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Климова Н. И.** Инвестиционный потенциал региона. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 273 с.
2. **Проскураков В. М., Самоукин А. И.** Экономический потенциал социальной сферы: содержание, оценка, анализ. М.: Экономика, 1991. 247 с.
3. **Пльшевский Б.** Потенциал инвестирования // Экономист. 1996. № 3. С. 3–16.
4. **Лычкин Ю.** Потенциал строительного комплекса // Экономист. 1997. № 6. С. 28–34.
5. **Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г., Сергеева И. Г., Гареев А. М.** Система моделирования на нейронных сетях // Свид-во об офиц. рег. программы для ЭВМ № 990005. 1999.
6. **Фаттахов Р. В.** Инвестиционный потенциал Башкортостана. Данные по динамике ВРП. www.uic.bashedu.ru/konkurs/fattakhov/.

ОБ АВТОРЕ

Исмагилова Лариса Алексеевна, профессор кафедры технической кибернетики, декан факультета экономики, менеджмента и финансов УГАТУ. Дипл. инж.-экономист (УАИ, 1971), д-р техн. наук по автоматизированным системам управления (УГАТУ, 1998). Исследования в области экономико-математического и информационного моделирования систем.

