

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В данном исследовании предложена модель нейронной сети для прогнозирования обобщённого показателя устойчивого развития предприятия по обширным исходным данным, характеризующим различные аспекты экономической, социальной и экологической эффективности его деятельности, а также параметры внешней среды. В результате научно-технического прогресса XX ст. население планеты возросло почти вдвое, чему сопутствовало опустошение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и возникновение угрозы существованию будущих поколений. Данная ситуация послужила причиной возникновения концепции устойчивого развития как такого развития, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности [1]. При этом проблема устойчивого развития рассматривается преимущественно на макроуровне, в частности для экономических систем, в то время как необходимо определение, анализ динамики и прогноз устойчивости отдельных предприятий как структурных единиц в её основе.

Впервые идея устойчивого развития возникла в 1984г., когда Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций приняла решение о создании международной комиссии по окружающей среде и развитию. Эта комиссия под председательством Г. Х. Брунтланд (Норвегия) подготовила доклад "Наше общее будущее", где впервые была выдвинута концепция устойчивого развития (sustainable development) как такого развития, «которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [2]. В настоящее время понятие устойчивого развития получило широкое распространение и множество трактовок таких авторов, как Р. Норгаард [3] и В. Фролькис [4], однако наиболее концентрированным остаётся представленное выше определение Г. Х. Брунтланд. Устойчивость отдельного предприятия – как составляющая устойчивости экономической системы в целом - остаётся практически не исследованной, хотя в последние годы отдельные предприятия ведут самостоятельный поиск инструментария её оценки в различных сферах, составляя отчёты по устойчивому развитию [5].

Целью статьи является моделирование искусственной нейронной сети для прогнозирования обобщённого показателя устойчивого развития предприятия по обширным исходным данным об эффективности его экономической, социальной и экологической деятельности и состоянии внешней среды.

Устойчивость (или уровень устойчивого развития) предприятия можно рассматривать как его способность обеспечить в долгосрочной перспективе относительно постоянный уровень эффективности деятельности, определяемый набором агрегированных показателей эффективности финансово-экономической, социальной и экологической деятельности, вне зависимости от изменений среды. На рис. 1 показан пример динамики агрегированного показателя эффективности  $u_1$  во времени.

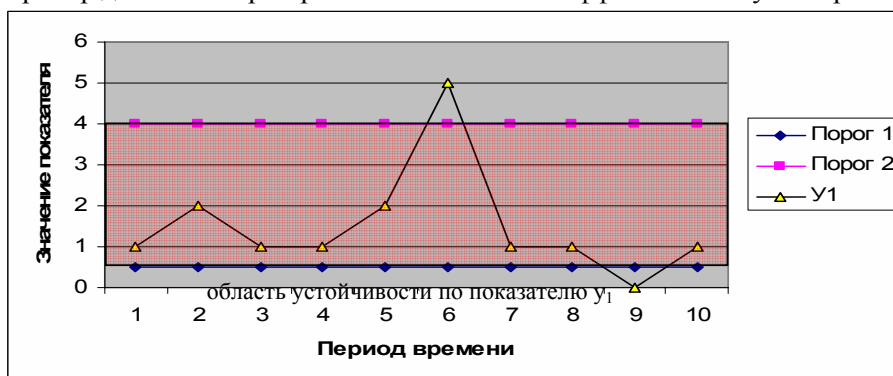


Рис. 1. Динамика агрегированного показателя эффективности  $u_1$

Для данного показателя характерны два пороговых значения  $\alpha = 0,5$  (нижний предел) и  $\beta = 4$  (верхний предел). Предприятие остаётся устойчивым по показателю  $u_1$ , только если изменение его значения находится в указанных пределах  $\delta_1 \in [\alpha, \beta]$ . Традиционно любое увеличение показателя эффективности рассматривается как позитивное, что справедливо для анализа в краткосрочном периоде.

Однако, согласно предложенному определению устойчивости предприятия такое увеличение может свидетельствовать о наличии долгосрочного тренда величины  $y_1$ , характер которого затруднительно или невозможно определить, что допускает возможность снижения данного показателя в долгосрочной перспективе. Т.о. для обеспечения устойчивости предприятия по  $y_1$  данный показатель должен находиться на относительно постоянном достаточном для предприятия уровне в долгосрочном периоде.

К финансово-экономическим показателям эффективности, характеризующим оптимальность использования и наличие материальных, трудовых и финансовых ресурсов, а также эффективность деятельности компании на рынке можно отнести следующие индивидуальные показатели:

- коэффициент финансовой автономии (независимости) или удельный вес собственного капитала в общей сумме капитала;
- коэффициент соотношения собственных и привлеченных средств;
- коэффициент платёжеспособности предприятия;
- коэффициент текущей ликвидности;
- период окупаемости собственного капитала;
- сумма хозяйственных средств;
- величина совокупных активов;
- выручка от реализации продукции;
- чистая прибыль;
- рентабельность собственного капитала;
- рентабельность основной деятельности;
- доля рынка;
- удовлетворённость потребителя;
- конкурентное преимущество предприятия как сумма взвешенных величин конкурентного преимущества его отдельных товаров и т.д.

Показатели социальной эффективности характеризуют качество отношений с персоналом (степень удовлетворённости персонала, величина заработной платы, число конфликтов и т.д.), а также отношения с общественностью, например, благотворительные взносы и организация благотворительных мероприятий.

Показатели экологической эффективности деятельности определяют влияние предприятия на экосистему, например, величина загрязняющих выбросов в окружающую среду, экологичность продукта и возможность его вторичной переработки.

В каждой группе показателей можно выделить определённые подгруппы для их интегрирования, в частности, в финансово-экономической группе можно выделить показатели, характеризующие:

- рентабельность предприятия (рентабельность продаж, рентабельность капитала, общая рентабельность, фондорентабельность и т.д.),
- платёжеспособность (величина собственных оборотных средств, коэффициент текущей ликвидности, показатель чистого оборотного капитала и т.д.),
- финансовую устойчивость предприятия (коэффициент маневренности собственного капитала, коэффициент финансовой устойчивости, коэффициент финансовой независимости и т.д.),
- имущественное положение предприятия (сумма хозяйственных средств, доля активной части основных средств, коэффициент обновления и т.д.)
- рыночную эффективность (доля рынка, удовлетворённость потребителя) и т.д.

Очевидно, что общий уровень устойчивого развития предприятия ( $Y$ ) будет зависеть от всей совокупности перечисленных выше показателей эффективности, а также от множества качественных и количественных параметров внешней среды, таких как появление новых конкурентов, динамика спроса и т.д.

В связи с большим числом вышеперечисленных входных показателей и сложностью зависимости традиционные методы моделирования, например, процедуры множественной регрессии в данном случае не применимы и не дадут адекватных результатов. Т.о. возникает необходимость использования метода нейронных сетей для приближённого представления (восстановления) данной неизвестной функциональной зависимости по известным входным показателям ( $X$ ) и также известному значению функции ( $Y$ ). Т.е. необходимо сопоставление набора рассчитанных показателей эффективности предприятия и влияний среды ( $X$ ) с соответствующими экспертными оценками уровня устойчивости ( $Y$ ) для нескольких предприятий.

Модель нейронной сети для прогнозирования уровня устойчивости предприятия (рис. 2) включает в качестве входных сигналов индивидуальные показатели эффективности: для первого

нейрона формируется набор финансовых показателей  $x_{11} \dots x_{n1}$ , которые могут быть сгруппированы в агрегированный показатель  $y_1$ , обобщённо оценивающий финансовую эффективность.

X11 - Чистая прибыль;

X21 - Рентабельность продаж;

X31 - Доля собственного капитала;

X41 – Выручка;

X51 - Совокупные активы;

Xn1 - n-й показатель финансовой эффективности.

Каждому сигналу соответствует определённый вес – его значимость при оценке финансовой эффективности и формировании обобщённого показателя  $y_1$ .

В структуре отдельного нейрона блок суммирования предназначен для преобразование входных сигналов с учётом весов по формуле 1.

$$\text{signal}_1 = \sum_1^n w_{z1} \cdot x_{z1}; \quad (1)$$

Где  $\text{signal}_1$  - суммарный входящий сигнал первого нейрона первого слоя;

$w_{z1}$  - вес i-го входного сигнала первого нейрона;

$x_{z1}$  - значение i-го входного сигнала первого нейрона.

Затем  $\text{signal}_1$  поступает в блок нелинейного преобразования первого нейрона, где модифицируется по формуле 2.

$$y_1 = f(\text{signal}_1) = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{signal}_1 \in [\alpha, \beta] \\ 0, & \text{если } \text{signal}_1 \notin [\alpha, \beta] \end{cases}, \quad (2)$$

Входные сигналы	Синаптические веса	Блок суммирования	Блок нелинейного преобразования	Выходной сигнал
-----------------	--------------------	-------------------	---------------------------------	-----------------

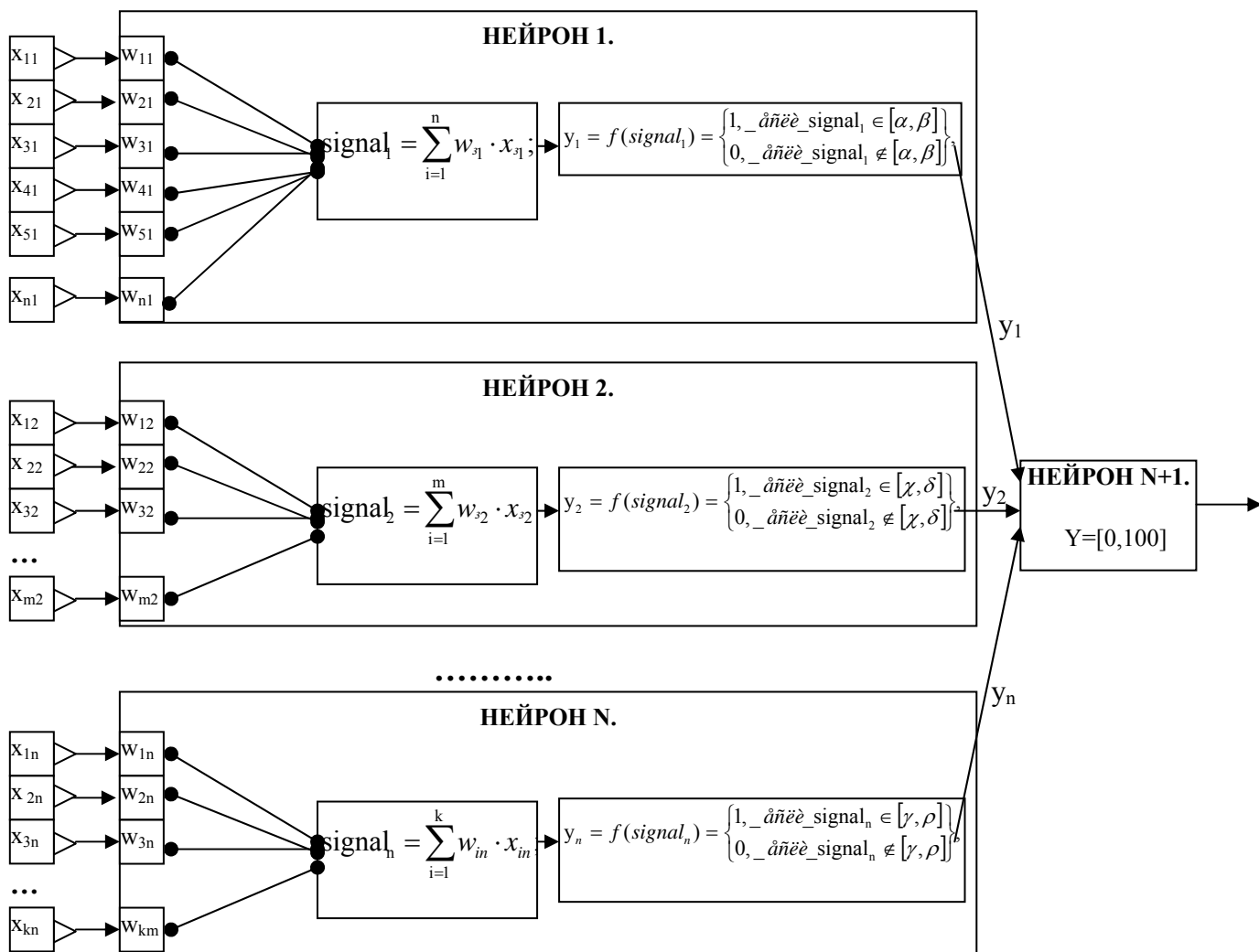


Рис. 2. Модель искусственной нейронной сети для прогнозирования уровня устойчивости предприятия

Если значение сигнала  $\text{signal}_1$  находится между рассмотренными выше пороговыми значениями  $[\alpha, \beta]$ , т.е. в зоне устойчивости по данному показателю, то нейрон активируется и выходной сигнал  $y_1$  получает значение 1, а в противном случае значение 0.

Аналогичным образом функционируют все нейроны первого слоя (1...n) с отличием лишь в характере входных сигналов, которые характеризуют различные составляющие устойчивого развития – экономическую, экологическую, социальную - или их структурные компоненты. Например, входные сигналы второго нейрона могут характеризовать рыночную эффективность предприятия (долю рынка, удовлетворённость потребителя и т.д.), а третьего – экологическую эффективность предприятия. Выходные сигналы первого слоя нейронов  $y_1 \dots y_n$  принимая значения 0 или 1 поступают в нейрон n+1 второго слоя как входящие сигналы. Данные сигналы ссуммируются с учётом определённых весов и преобразуются (по алгоритму первого слоя) в единственный выходной сигнал нейронной сети Y, который представляет собой оценку уровня устойчивости предприятия в целом и принимает значения от 1 до 100. Условием эффективности работы данной нейронной сети является её обучение на основе правильно подобранных выборок входных сигналов и выходного сигнала сети для различных предприятий. Для процесса обучения необходимо иметь модель внешней среды, в которой функционирует нейронная сеть, правильно оцененные показатели влияния среды, эффективности предприятия и квалифицированные экспертные оценки уровня устойчивости предприятия в обучающих выборках. По каждой обучающей выборке по известным входным и выходным сигналам сети, используя алгоритм обратного распространения, определяются веса и пороговые значения нейронов так, чтобы расхождение (ошибка) между реальными и прогнозными значениями выходного сигнала сети была

минимальной. В настоящее время существует множество коммерческих программ, в той или иной степени реализующих нейросетевые методы анализа данных. Среди них можно отметить пакеты NeuroShell (Ward Systems Group, Inc.), аналитический пакет Deductor (Лаборатория BaseGroup), пакет STATISTICA Neural Networks (фирма StatSoft).

Однако, для наиболее эффективного решения вышерассмотренных задач в качестве базового нейроимитатора оптимально использование программы NeuroPro 0.25, которая является свободно распространяемым открытым (Open Source) программным обеспечением для моделирования искусственных нейронных сетей. Из вышерассмотренного можно сделать следующие выводы: по сравнению с традиционными методами моделирования использование методов нейронных сетей является наиболее эффективным для решения задачи прогнозирования обобщённого показателя уровня устойчивого развития предприятия; для реализации данных методов наиболее оптимально использование открытого программного обеспечения NeuroPro 0.25.

### **Литература**

1. Сокольская Е. Проблемы совершенствования управления региональными и муниципальными социально-экономическими системами в рыночных условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dialogvn.ru/uk/2002/n02/s02-2-08.htm>.
  2. Петрасов И. Концепция устойчивого развития применительно к мировому туризму [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geopub.narod.ru/student/petrasov/1/main.htm>.
  3. Norgaard R.: В. Sustainable Development: a Co-Evolutionary // Futures. 1988. December. Vol. 20, № 6. P. 613.
- Соломатин Ю. Что такое «устойчивое развитие» для Украины? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://n-t.ru/tp/br/uru.htm>