

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

*Мощенок В.В., соискатель*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

Рассмотрена проблема корреляционной связи факторов инвестиционных проектов. Показано, что применение классических статистических методов при наличии связи между четырьмя и более факторами неэффективно. Предложено применение нейросетевых моделей для моделирования зависимостей. Создан модуль для пакета Microsoft Excel 2007, который позволяет применять нейронные сети в моделях инвестиционных проектов.

**Ключевые слова:** инвестиционный проект, корреляционная зависимость, нейронные сети, экспертная оценка.

**Постановка проблемы.** При составлении моделей инвестиционных проектов менеджмент очень часто сталкивается с проблемой выявления корреляционных зависимостей среди факторов, определяющих конечный результат реализации проекта. Применяемые на практике методики анализа проектов предполагают, что между параметрами проекта отсутствуют связи или ж влиянием этих связей можно пренебречь [1]. Однако если связь существует и пренебрежение недопустимо, то необходимо подобрать соответствующую регрессионную модель и вычислить параметры этой модели на основании имеющихся статистических данных. При рассмотрении зависимостей между двумя или тремя переменными, менеджер с определенным опытом анализа данных может это осуществить без особых проблем. Это объясняется тем, что двух мерные и трех мерные зависимости имеют наглядное графическое представление и по виду кривой или поверхности функции можно легко определить, к какому классу она принадлежит. Ситуация осложняется, когда необходимо рассмотреть нелинейную зависимость между четырьмя переменными (один параметр зависит от 3-х остальных) и более. Исключение составляют только линейные n-мерные функции, для которых построение регрессионной модели не представляет трудностей. Например: изучить зависимость колебания стоимости бензина (в проекте инвестирования средств в новую АЗС) от цены нефти и индекса потребительских цен проще, чем стоимости автомобиля (в проекте инвестирования в новый автозавод) от цен на металл, автомобильную электронику, рабочую силу и множества других факторов. Для моделирования цен на бензин можно воспользоваться линейными регрессионными моделями, а для цены автомобиля регрессионные модели приобретают слишком сложный вид.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Решение проблемы с поиском сложных зависимостей между переменными было предложено специалистами в области нейронных сетей. Нейронные сети представляют собой новую и весьма перспективную вычислительную технологию, дающую новые подходы к исследованию динамических задач в экономической области. Первоначально нейронные сети открыли новые возможности в области распознавания образов, затем к этому прибавились статистические и основанные на методах искусственного интеллекта средства поддержки принятия решений и решения задач в сфере экономики [2; 3]. Способность к моделированию нелинейных процессов и работе с зашумленными данными, адаптивность дают возможность применять нейронные сети для решения широкого класса задач. В последние несколько лет на основе нейронных сетей было разработано много программных систем для применения в таких вопросах, как операции на товарном рынке, оценка вероятности банкротства банка, оценка кредитоспособности, контроль за инвестициями, размещение займов. Приложения нейронных сетей охватывают самые разнообразные сферы интересов: распознавание образов, обработка зашумленных данных, дополнение образов, ассоциативный поиск, классификация, оптимизация, прогноз, диагностика, обработка сигналов, абстрагирование, управление процессами, сегментация данных, сжатие информации, сложные отображения, моделирование сложных процессов, машинное зрение, распознавание речи. Смысл использования нейронных сетей в экономике заключается вовсе не в том, чтобы вытеснить традиционные методы. Это лишь еще одно возможное средство для решения задач. Для более детального ознакомления с теорией и историей нейронных сетей, а также их применением рекомендуется обратиться к литературе [4; 5; 6; 7].

**Цели статьи.** Целью данной статьи является применение нейросетевых моделей для моделирования зависимостей между параметрами инвестиционного проекта. Основное преимущество такого подхода заключается в универсальности. Нейронные сети не требуют четкого знания о виде и силе зависимости: если зависимость существует, то её сможет смоделировать нейронная сеть.

**Изложение основного материала.** Для применения нейронных сетей менеджерами и инвесторами на практике необходим простой и понятный инструментарий для работы с ними. Так как большинству специалистов в области экономики знакома, и широко используются в своей практике такие пакеты как Microsoft Excel и STATISTICA, то логично в качестве пакета, для построения и обучения сетей использовать STATISTICA Neural Networks. Для составления моделей проектов будем применять Microsoft Excel. Альтернативой предложенным пакетам могут служить математические пакеты (Mathlab, MathCAD).

В данной статье рассматривается инвестиционный проект частной фирмы, занимающейся изготовлением и продажей различных присадок к

автомобильным маслам. В целях сохранения коммерческой тайны, данные были предварительно обфускированы (изменены с сохранением пропорций). Проектом было предусмотрено освоение изготовления (сложный синтез с микропроцессорным управлением) и продажи новой присадки к моторным маслам, позволяющей сохранять кинематическую вязкость моторного масла в зоне высоких температур. Критерием оценки проекта инвестор выбрал индекс доходности (ИД). Предварительный анализ чувствительности показал (было рассмотрено 5 точек варьирования параметров: -20% до +20% от базы), что наибольшее влияние на ИД оказывает стоимость материала 1 (рис. 1).

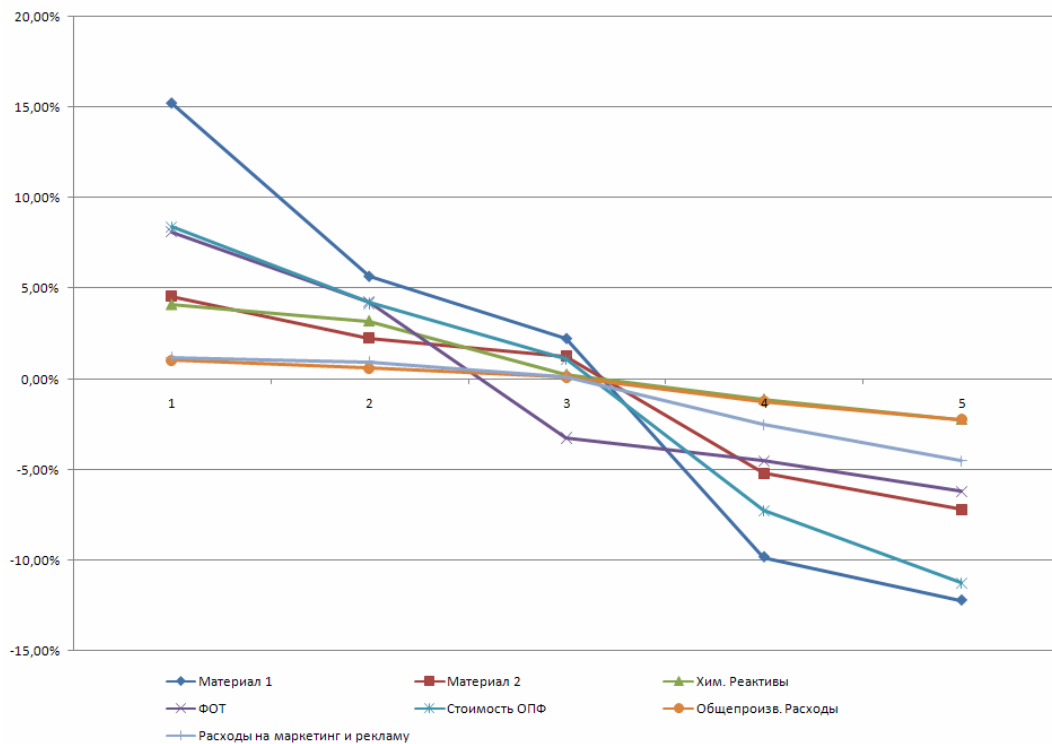


Рис. 1. Анализ чувствительности ИД проекта к ключевым параметрам

В ходе детального анализа цены материала 1 было найдено три параметра (цены на составляющие химикаты), от которых, предположительно, она зависит. Исходя из того, что влияние цены материала 1 на ИД проекта велико, было предложено более детально рассмотреть колебание цены и выяснить факторы, влияющие на ее колебание. В дальнейшем полученную информацию следует использовать вместо экспертной оценки цены на материал 1. Собранные статистические данные для исследования представлены в таблице 1 (приведена только часть данных). Данные были выбраны менеджером фирмы из прайс- листов.

Таблица 1

Частичные статистические данные для исследования (12 из 200 строк)

Цена на материал	Цена компоненты 1	Цена компоненты 2	Цена компоненты 3
75,74	12,29	19,78	11,96
38,44	13,45	9,77	10,38
60,07	6,34	19,16	8,64
43,10	9,22	9,30	14,50
112,80	20,80	19,68	20,93
63,11	6,20	13,64	17,83
76,82	5,90	19,89	13,09
28,12	19,56	4,67	11,53
53,19	19,20	17,86	6,60
81,61	8,77	21,29	12,75
19,56	10,59	7,39	4,73
64,07	18,72	15,77	11,14

Классический анализ в пакете Excel показал достаточно хорошие результаты (рис. 2), но нейросетевая модель (рассмотренная ниже), демонстрирует еще более точное моделирование зависимости.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SUMMARY OUTPUT									
2										
3	Regression Statistics									
4	Multiple R	0,973989669								
5	R Square	0,948655876								
6	Adjusted R Square	0,947865966								
7	Standard Error	6,048219964								
8	Observations	199								
9										
10	ANOVA									
11		df	SS	MS	F	Significance F				
12	Regression	3	131797,7	43932,56	1200,968	2E-125				
13	Residual	195	7133,288	36,58096						
14	Total	198	138931							
15										
16		Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%	
17	Intercept	-27,09916321	1,53897	-17,6086	3,66E-42	-30,1343	-24,064	-30,1343	-24,064	
18	X Variable	0,481144289	0,075476	6,37479	1,3E-09	0,33229	0,629999	0,33229	0,629999	
19	X Variable	3,319244375	0,071251	46,58528	1,3E-107	3,178723	3,459766	3,178723	3,459766	
20	X Variable	2,481527789	0,075177	33,009	9,23E-82	2,333263	2,629793	2,333263	2,629793	
21										

Рис. 2. Регрессионный анализ в пакете Excel

Следует заметить, что если бы линейный анализ не дал положительного результата, то исследователю пришлось бы подбирать ориентировочный вид зависимости по данным (функция трех переменных) без графика, или выбросив одну переменную.

Далее данные были загружены в пакет ST Neural Networks и использован Intelligent Problem Solver. Intelligent Problem Solver – это автоматическая система подбора сети для моделирования зависимости по исходным данным. Problem Solver может автоматически разбить исходные данные на различные

наборы (для обучения, верификации), производить поиск сетей различной архитектуры. Более подробно о работе Problem Solver можно узнать из справочника пакета ST Neural Networks. Результатом работы Problem Solver была сеть, изображенная на рисунке 3. Problem Solver выбрал сеть архитектуры MLP (multi layer perceptron, многослойный персептрон), которая подходит для решения общих задач регрессионного анализа линейных и нелинейных зависимостей. Выбор данной архитектуры наиболее предпочтителен, т.к. мы не исключаем наличия линейной зависимости в данных.

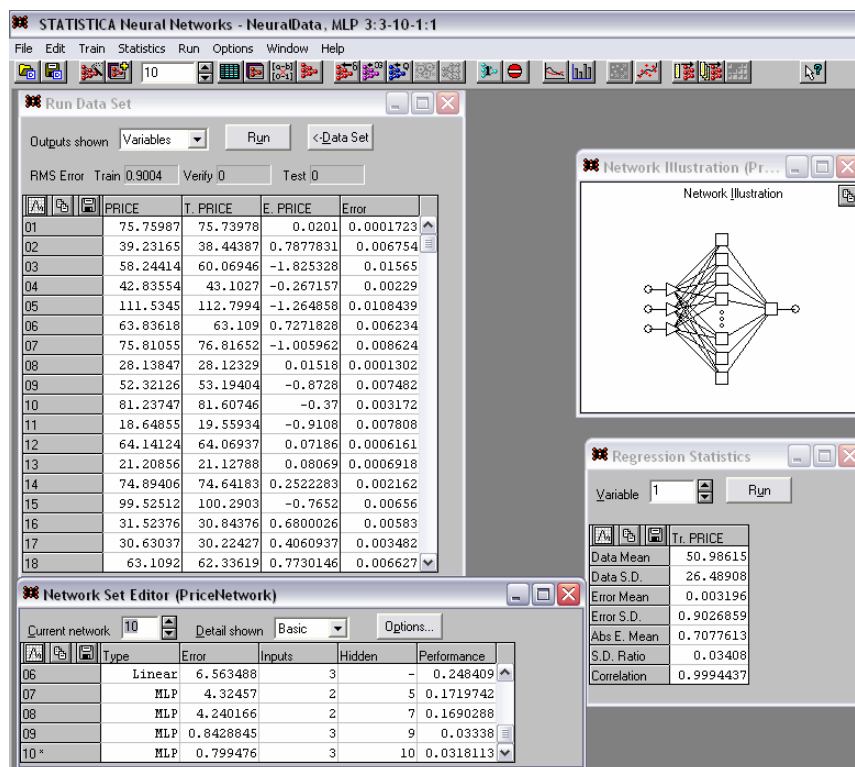


Рис. 3. Оптимальная нейронная сеть, полученная в Problem Solver

Как видно из рис. 3, сеть достаточно хорошо моделирует зависимость между переменными. Коэффициент корреляции равен 0,9994, отклонение теоретических значений цены нейронной сети от реальных значений цены незначительно.

Завершающим шагом в построении модели проекта с зависимыми переменными является сопряжение пакетов Microsoft Excel и ST Neural Networks. По мнению авторов, наиболее удобной формой сопряжения для конечного использования менеджерами является создание дополнительных функций Excel для работы с ядром ST Neural Networks. Компания STATISTICA предоставляет документацию и инструментарию для вызовов функций ST Neural Networks из любого другого приложения. Чтобы создать новые функции для пакета Excel, необходимо воспользоваться VBA или написать COM компонент и подключить его в Excel. Так как в настоящее время для создания бизнес - компонент всё шире применяется платформа NET, то компонент для

Excel был создан в Visual Studio 2005 (язык C#) и через систему COM interoperating использован в Excel.

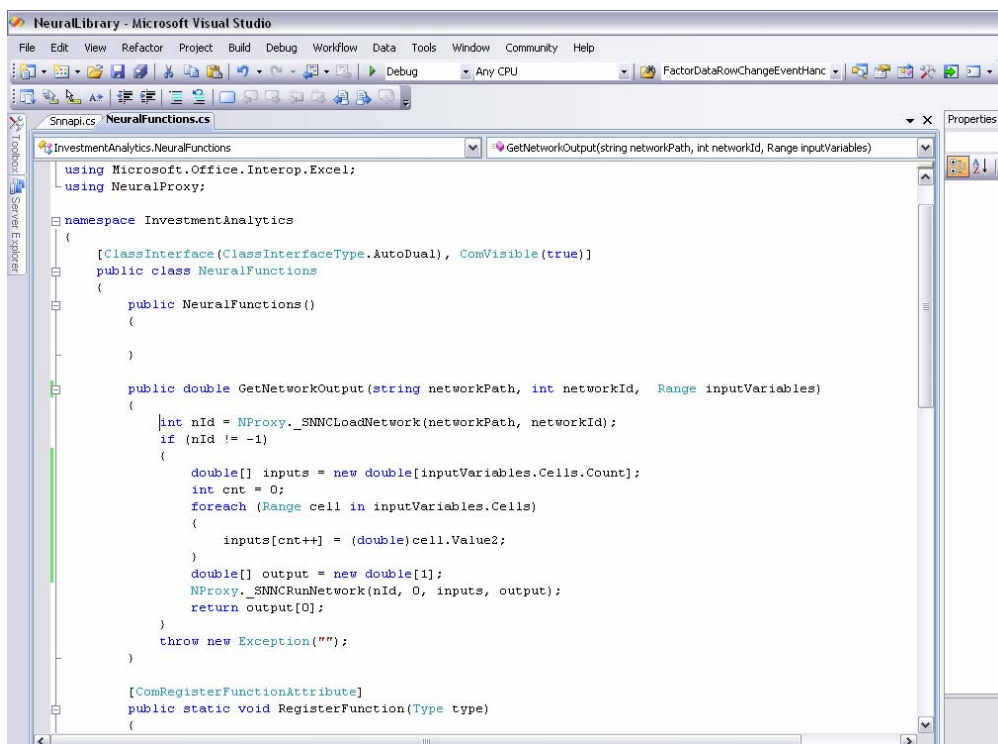


Рис. 4. Создание сборки с новыми функциями Excel в Visual Studio 2005

Далее полученная .NET сборка была зарегистрирована как COM объект при помощи утилиты regasm и подключена в Excel (рис. 5).

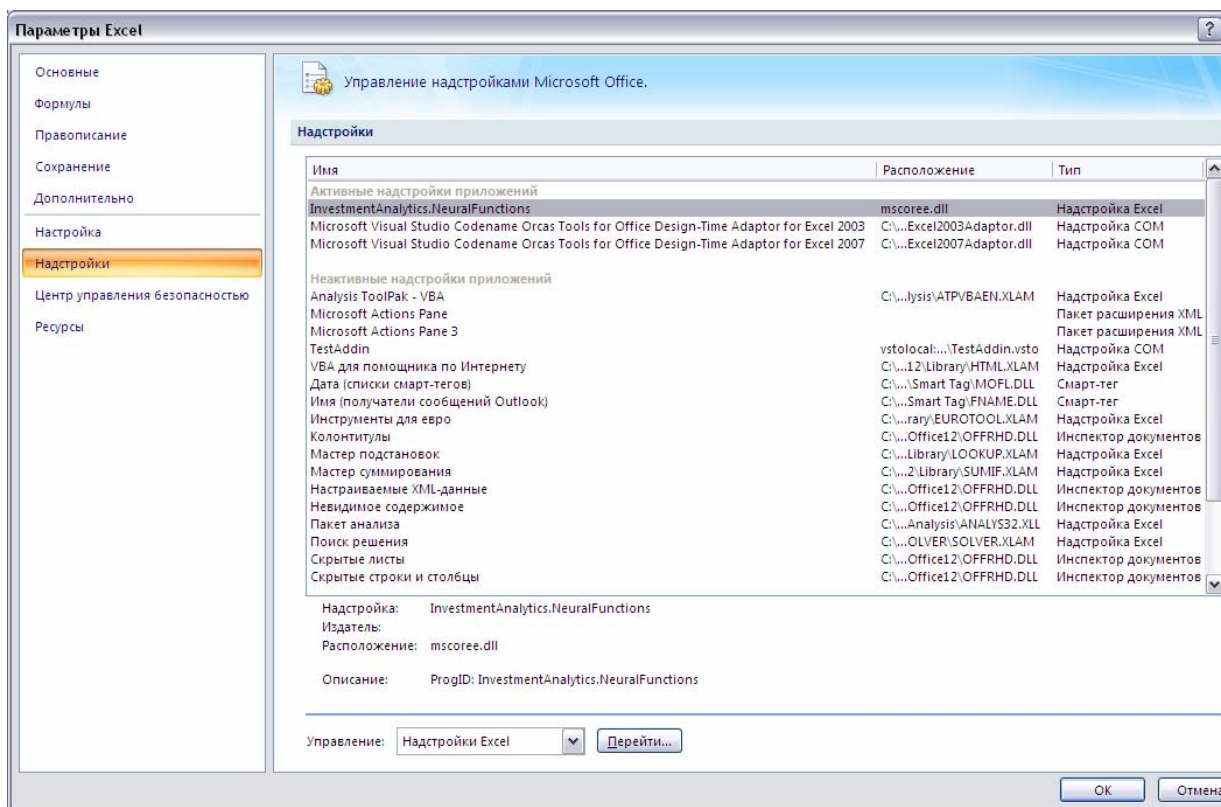


Рис. 5. InvestmentAnalytics.NeuralFunctions успешно подключен в Excel

Теперь в Excel можно вызывать новую функцию для работы с нейронными сетями – GetNetworkOutput (рис. 6). В качестве параметров ей передается путь на диске к файлу ST Neural Networks с сетями, номер сети в файле и диапазон с входными переменными.

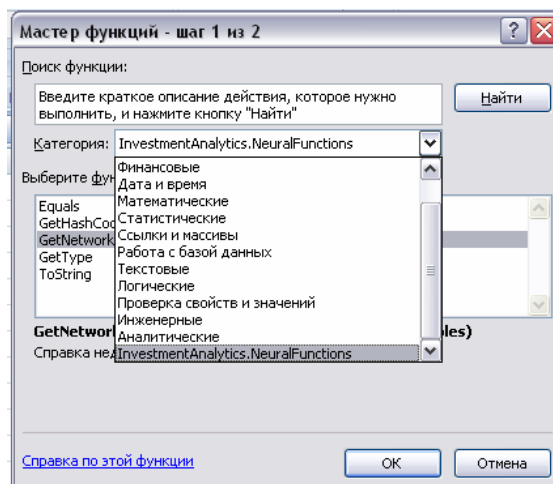


Рис. 6. Функции для работы с нейронными сетями

При использовании разработанной функции диапазон входных переменных должен содержать переменные по порядку их следования при обучении нейронной сети, иначе в нейросетевую модель данные попадут в неверном порядке и результат будет неправильным.

Результаты полученной регрессионной модели, нейросетевая и экспертная оценка, были сведены в общую таблицу 2 для сравнения (искажение ИД исчислялось из приблизительного соотношения: 1% увеличения цены на материал 1 приводит к падению ИД на 0,86%; соотношение получено методом численного определения производной по функции чувствительности).

Таблица 2

Сравнительная таблица значений цены материала, полученных различными.

	Цена компоненты 1	Цена компоненты 2	Цена компоненты 3	Реальная цена материала 1	линейной модели	нейронной сети	экспертной оценка
Прогноз цен, грн.	15,5	22,4	8,25	63,5	75,18	64,13	60,00
Отклонение от реальной цены, грн.					-11,68	-0,63	3,50
Отклонение в процентах от реальной цены					-18,40%	-0,98%	5,51%
Искажение ИД					-15,76%	-0,84%	4,72%

**Выводы.** По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- При построении моделей зависимостей между четырьмя и более параметрами инвестиционных проектов целесообразно использовать нейронные сети вместо традиционных методов, если нет четкого знания о типе зависимости. Нейронные сети также можно рассматривать как альтернативу стандартным регрессионным моделям при поиске сложных зависимостей между тремя или двумя переменными.
- Используя подход, описанный в данной статье, можно создавать произвольные новые функции для Excel, расширяя его возможности для целей инвестиционного анализа. Данная методика не ограничена только пакетом ST Neural Networks, можно также использовать проекты Open Source Community (<http://sourceforge.net/>, <http://codeplex.com/>, и др.) для нейросетевого моделирования и существенно экономить средства компаний на лицензионное ПО, что позволит этим увеличивать эффективность работы проектного менеджмента.
- Полученная нейронная сеть позволила заменить менее точную экспертную оценку цены материала (60 грн.), на цену, полученную с учетом нейросетевой зависимости цены от определяющих её факторов. Такая замена позволит получить более точное значение цены материала (64,13 грн.), к которому чувствительность проекта достаточно высока. Отсюда следует, что оценка проекта будет более точной (абсолютное искажение ИД составило всего -0,84%). Рекомендуется проводить более детальный анализ параметров, к которым чувствителен проект, и строить для них нейросетевые зависимости.

### **Литература:**

1. Марголин А.М. Экономическая оценка инвестиционных проектов/ А.М. Марголин.- М.: Экономика, 2007. – 255 с.
2. Гольштейн Е.Г. Математический аппарат экономического моделирования/ Е.Г. Гольштейн.- М.: Мир, 1983. – 183 с.
3. Поспелов И.Г. Моделирование экономических структур / И.Г. Поспелов.- М.: Логос, 2003. – 319 с.
4. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А.Н. Горбань., Д.А. Россиев. - М.: Альтаир, 1996. – 214 с.
5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская , М. Пилиньский, Л. Рутковский Л. - М.: Прогресс, 2007. – 412 с.
6. Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. / Д.А. Тархов. - М.: Прогресс, 2005. – 231 с.



7. Ширяев В.И. Модели финансовых рынков: Нейросетевые методы в анализе финансовых рынков / В.И. Ширяев - М.: Инфра, 2007. – 322 с.

### **Анотація**

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ**

*Мощенок В.В., здобувач*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Розглянуті проблеми кореляційного зв'язку між факторами інвестиційних проектів. Показано, що застосування класичних статистичних методів при наявності зв'язку між чотирма й більш факторами неефективно. Запропоноване застосування нейромережових моделей для моделювання залежностей. Створений модуль для пакета Microsoft Excel 2007, який дозволяє застосовувати нейронні мережі в моделях інвестиційних проектів.

**Ключові слова:** інвестиційний проект, кореляційна залежність, нейронні мережі, експертна оцінка.

### **Summary**

## **APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR MODELING DEPENDENCES BETWEEN PARAMETERS OF THE INVESTMENT PROJECTS**

*Moshenok V.V., competitor*

*Kharkov National Automobile-Highway University*

The problem of correlation communication between factors of investment projects is considered. Was shown, that application of classical statistical methods for situations with presence communication between four and more factors is inefficiently. Application of neural networks was proposed for purposes of modeling dependences. The module for Microsoft Excel 2007 was developed, which allows to apply neural networks in mathematical models of investment projects.

**Key words:** investment project, correlation dependence, neural networks, an expert estimation.