

3. *Ширяев А.Н.* Основы стохастической финансовой математики. — Т. 1. Факты. Модели. Т. 2. Теория. — 1998.
4. *Божокин С.В.* Фракталы и мультифракталы // Божокин С.В. Паршин Д.А. — М.: R&C Dynamics, 2001. — 128с.
5. *Mandelbrot B. B.* // Mandelbrot B. B., Fisher A., Calvet L. A. Multi-fractal Model of Asset Returns / Cowles Foundation Discussion Paper. — September 15. 1997.-№ N1164.
6. *I. Daubechies:* Ten lectures on wavelets. — 1992.
7. *Hurst H.* Long-term storage capacity of reservoirs // Transactions of American Society of Civil Engineers. 1951. V. 116. P. 770-808.
8. *Peters E. E.* Chaos and Order in the Capital Markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility. New York: Wiley, 1991.

УДК 519.866

О. В. Стець, доцент,
Г. В. Гладківська, студентка,
Національний технічний університет України «КПІ»

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО РИЗИКУ ТА ПРОГНОЗ КОТИРУВАННЯ АКЦІЙ НА ПФТС

АНОТАЦІЯ. На основі імітаційного моделювання та систем штучного інтелекту розроблено модель оцінювання фінансових ризиків Value at Risk. Розроблено програмний продукт, який дозволяє оцінювати майбутню піну акцій та ризик інвестора за показником вартісної міри ризику Value at Risk. Аналоги приведеному методу розрахунку в літературі знайдені не були.

SUMMARY. In the presented work, on the basis of imitation design and intelligence systems, the model of evaluation of financial risks was developed. A software product was developed which allows to conduct the risk of investor is estimated after the index of Value at Risk. Analogous to the resulted method of calculation in literature were not found.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: котування, нейронна мережа, інвестиційний ризик, прогнозування.

Вступ. Під інвестиційною стратегією розуміють формування системи довготермінових цілей інвестиційної діяльності підприємства та вибір й обґрунтування найбільш ефективних шляхів їх досягнення [1].

Для формування стратегії своєї поведінки інвестору важливо оцінити ризики втрат при виборі того чи іншого активу до свого

портфелю. Одним з найбільш поширених методів оцінки ризику вважають Value at Risk (VaR) [2]. Термін «Value — at — Risk» вперше з'явився в 1993 році в доповіді, підготовленій JP Morgan на замовлення «Групи Тридцяти» (G30), некомерційної організації, що об'єднує найбільші фінансові організації США [3]. Значний внесок у розвиток ідеї використання VaR-методики зробили такі економісти, як Пірсон, Бассак, Шапіро, Мертон, Бедер та ін. [4—6].

Застосування інвестором для оцінки ризику існуючого формального апарату, що знайшов втілення в стандартному варіанті критерію VaR на високорозвинутому ринку, може спричинити небажані для нього ефекти. Це можна пояснити тим, що оцінка ризику на основі статистичних даних часто є недостатньо точною, а використання багатьох різновидів VaR, що запропоновані закордонними вченими, значно обмежене, оскільки в багатьох моделях робиться припущення про нормальний розподіл ціни акції, що не характерно для ринку, що розвивається [6].

Постановка задачі. Кожен цінний папір через зміну курсової вартості приносить власникові певний дохід або збиток. Діяльність на інвестиційному ринку в умовах сучасної ринкової економіки пов'язана з ризиком втрат, Вкладаючи свої кошти, інвестор не може мати цілковитої впевненості у результатах інвестування. Тобто будь-який інвестор ризикує отримати прибуток, менший за очікуваний, або, навіть, зазнати збитків.

Втрати неминучі, але, щоб була можливість продовжувати роботу на фондовому ринку, необхідно резервувати певний капітал на покриття витрат. Тому оцінка ризику є дуже важливою для побудови стратегій інвестування.

Методологія. В даному дослідженні при виконанні поставлених завдань застосовано метод Монте-Карло, нейронні мережі, метод зворотного розповсюдження помилки. Для порівняння запропонованого методу з іншими проаналізовано та використано метод історичного моделювання та дельта-нормальний метод. Програмна реалізація здійснена з використанням програмного продукту, який розроблено в середовищі C++ Builder.

Результати дослідження. Ризик інвестора оцінимо за допомогою показника Value at Risk.

Value at Risk (VaR) — це виражена в грошових одиницях оцінка величини, яку не перевищать очікувані для заданого інтервалу часу втрати з заданою вірогідністю [7].

Для заданого рівня достовірності і часового проміжку I міра ризику VaR визначається як $VaR_a := \inf \{u \mid P[\Delta P(\Delta x, \Delta t) \leq u] > a\}$, де P — зміна вартості портфеля, x — зміни змінних стану за період часу t .

У випадку безперервного розподілу нижня грань досягається. Це означає, що VaR є найбільшим збитком за період часу t з вірогідністю a .

В даний час основними, класичними підходами до оцінки VaR вважають [8]:

- метод історичного моделювання;
- метод параметричної оцінки, найбільш поширений у формі варіаційно-коваріаційної моделі;
- метод імітаційного моделювання, який називають методом Монте-Карло через основну вживану в його рамках модель.

Прогнозування ризику проведемо за допомогою методу Монте-Карло за наступним алгоритмом:

1. За допомогою датчика випадкових чисел генеруються 5 випадкових чисел від 1 до 100.

2. Формується траєкторія цін за допомогою ретроспективних даних. При цьому обираємо порядкові номери цін, що відповідають випадковим, згенерованим на попередньому кроці, числам.

3. За допомогою нейронної мережі знаходимо прогнозовану ціну по даній траєкторії.

4. Проводиться переоцінка вартості активу, тобто знаходиться різниця між прогнозованою ціною і попередньою.

5. Кроки 3 і 4 виконуються 500 разів. Отримані 500 значень сортуються по спаданню (від найбільшого приросту до найбільшого збитку). Ці ранжировані величини можна пронумерувати від 1 до 500. Відповідно до бажаного рівня довіри $(1 - a)$ ризик-менеджер може визначити VaR як такий максимальний збиток, який не перевищується в $500 \cdot (1 - a)$ випадках, тобто VaR рівний абсолютному значенню величини за номером $500 \cdot (1 - a)$.

Для реалізації нейронної мережі використаємо метод зворотного розповсюдження помилки.

Розглянемо процедуру зворотного розповсюдження. Перш за все подається безліч входів, що йдуть або ззовні, або від передування шару. Кожний з них множать на вагу, і добуток підсумовуються. Ця сума, NET, повинна бути обчислена для кожного нейрона мережі. Після того, як величина NET обчислена, вона модифікується за допомогою активаційної функції і виходить сигнал OUT. В якості активаційної функції використовують сигмоїдну функцію:

$$\text{OUT} = \frac{1}{1 + e^{-\text{NET}}}.$$

Навчання мережі зворотного розповсюдження вимагає виконання наступних операцій:

1. Вибрати чергову навчальну пару з навчальної множини; подати вхідний вектор на вхід мережі.
2. Обчислити вихід мережі.
3. Обчислити різницю між виходом мережі і необхідним виходом (цільовим вектором повчальної пари).

1. Відкоригувати ваги мережі так, щоб мінімізувати помилку;

$$\delta = OUT(1 - OUT)(TARGET - OUT),$$

$$\Delta w_{pa, k} = \eta \cdot \delta_{a, k} \cdot OUT,$$

$$w_{pq, k}(n + 1) = w_{pq, k}(n) + \Delta w_{pq, k},$$

де $w_{pa, k}(n)$ — величина ваги від нейрона p в прихованому шарі до нейрона q у вихідному шарі на кроці n (до корекції),

$w_{pa, k}(n + 1)$ — величина ваги на кроці $n + 1$ (після корекції);

$\delta_{a, k}$ — величина δ для нейрона q , у вихідному шарі k ;

OUT_{pj} — величина OUT для нейрона p в прихованому шарі j ;

5. Повторювати кроки з 1 по 4 для кожного вектора навчальної множини до тих пір, поки помилка на всій множині не досягне прийняттого рівня.

За допомогою побудованої системи на основі нейронних мереж є можливість будувати короткострокові і середньострокові прогнози. Для прикладу на рис. 1 наведено прогноз ціни акцій компанії Азовсталь з 16.12.2008 по 12.05.2009.

Котирування Навчання мережі

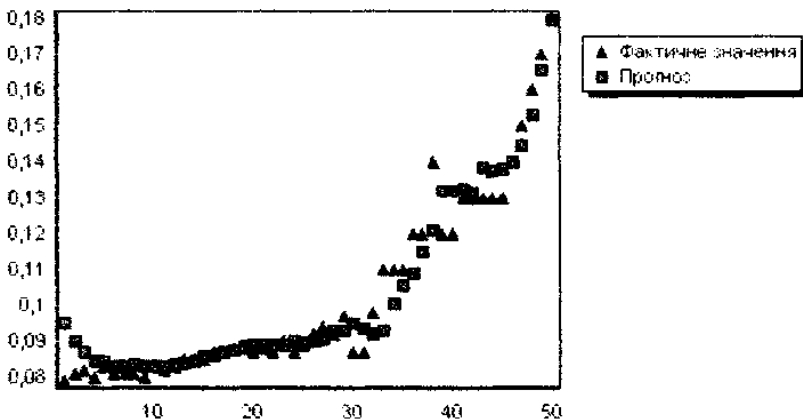


Рис. 1. Прогнозування котирування акцій

Позитивно на якості прогнозу може позначитися інформація про зовнішнє середовище (курс долара, рекламна підтримка тощо), а також категоріальна змінна, що позначає квартал або пору року. Завдяки використанню нейронних мереж при прогнозуванні, такі зміни в моделі фактично зводяться до додавання нових колонок у навчальну вибірку і перенавчання мережі.

В даній роботі розраховано показник VaR методом історичного моделювання, дельта-нормальним методом, а також за допомогою штучного інтелекту з використанням апарату стохастичного моделювання. Часовий діапазон планування в даних розрахунках — 1 день, період спостереження — 100 днів, довірчий інтервал — 95 %.

В якості джерела даних про котирування акцій було обрано ринок українських акцій на ПФТС як найбільший торговельний майданчик цінних паперів України. Інтервал часу, на якому проводиться прогноз, охоплює період з 16.12.2008 по 12.05.2009. В даній роботі визначається показник VaR станом на 13.05.2009. Отримані значення показника порівнюються з фактичними втратами.

Порівняльний аналіз моделей проводився на основі наступних критеріїв:

- кількість перевищень фактичними збитками прогнозованої величини VaR;
- розбіжність між фактично спостережуваним і теоретичним довірчим інтервалом моделі;
- відносне перевищення фактичними збитками прогнозованої величини VaR;
- середній невикористаний ризик.

Для оцінки прогнозованої точності моделі необхідно спочатку встановити, чи дійсно випадки перевищення фактичними збитками прогнозованих значень ризикової вартості відбуваються із заданою частотою в 5 %, Тому за допомогою розробленої програми оцінимо розбіжність між фактично спостережуваним і теоретичним довірчим інтервалом моделі.

В табл. 1 наведено обчислену величину кількості перевищень фактичними збитками прогнозованої величини VaR, і відповідно, фактично спостережувані довірчі інтервали моделей.

Метод з використанням штучного інтелекту забезпечує довірчий інтервал 96 %, що є найбільш близьким до теоретичного. Фактично спостережуваний інтервал історичного методу (89 %) є найменш близьким до теоретичного.

Для визначення величини перевищення реально спостережуваними збитками прогнозованої величини VaR для кожного методу

були розраховані від'ємні відхилення ціни акції (у % від величини VaR попереднього дня). Було розраховано середнє значення по кількості перевищень для кожного методу. Середні значення перевищень наведено в табл. 1.

Таблиця 1

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ

Показник/метод	Метод історичного моделювання	Дельта-нормальний метод	За допомогою штучного інтелекту
Кількість перевищень фактичними збитками прогнозової величини VaR	11	2	4
Фактично спостережувані довірчі інтервали	89 %	98 %	96 %
Відносне перевищення фактичними збитками прогнозової величини VaR	4,31 %	1,93 %	3,67 %
Середній невикористаний ризик	1,28	1,73	1,12

Відносне перевищення фактичними збитками прогнозової величини VaR для методу з використанням штучного інтелекту складає 3,67 %. Найменше відносне перевищення фактичними збитками прогнозової величини VaR. спостерігається для дельта-нормального методу, а найбільше — для методу історичного моделювання.

Щоб оцінити середній невикористаний ризик, визначаємо середню величину невикористаного зарезервованого капіталу для покриття можливих збитків. Розрахунок цього показника є важливим, оскільки характеризує ефективність методу розрахунку VaR. Середній невикористаний ризик при застосуванні розробленого методу є найнижчим, що свідчить про його ефективність.

Висновок. Розроблено модель оцінки ризику VaR, яку можна застосовувати на нестабільному вітчизняному ринку акцій навіть під час кризи. Проведено апробацію розробленого методу та порівняння результативності моделі з класичними при застосуванні на українському ринку акцій. Згідно виконаних досліджень, розроблений метод вимірювання ризику є найточнішим та найбільш ефективним. Тому дану модель можна використовувати інвесторам на вітчизняному фондовому ринку для оцінки ризику.

Дане дослідження можна розширити у напрямку використання портфельного підходу. Перспективним вбачається порівняння

результативності розробленої моделі з іншими методами Value at Risk на закордонних ринках, а також дослідження ефективності моделі для інших довірчих інтервалів. Представляє інтерес можливе використання розробленої моделі в банківському секторі.

Література

1. *Свобода Т.* Інвестиційна стратегія підприємства / Т. І. Свобода [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://intkonf.org/svoboda-t-i-investitsiyna-strategiya-pidpriemstve/>.
2. Энциклопедия финансового риск-менеджмента [Текст] / под ред. Лобанова А. А. и Чугунова А. В. — М.: Альпина Паблишер, 2003. — 786 с.
3. *Лукашов А.* Количественное измерение рисков для нефинансовых компаний / Андрей Лукашов [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.cfin.ru/risk/cfar.shtml>.
4. *Basak S.* Value at Risk Based Management: Optimal Policies and Asset Prices / S Basak, A. Shapiro [Текст] // REVIEW of Financial Studies. — 2001. — V. 14. — P. 371—405.
5. *Beder T.* VaR: Seductive but dangerous/ T. Beder [Текст] // Financial Analysts Journal. — 1995. — № 51. — P. 12—24.
6. *Агасандян Г.* Финансовая инженерия и континуальный критерий VaR. на рынке опционов [Текст] / Г. А. Агасандян // Экономика и математические методы. — 2005. — № 4. — С. 80—89.
7. *Маршалл Дж. Ф.* Финансовая инженерия [Текст] / Дж.Ф. Маршалл, В.К. Бансал. — М.: ИНФРА, 1998. — 784 с.
8. *Рогов М. А.* Риск-менеджмент [Текст] / М. А. Рогов. М.: Финансы и статистика. — 2001. — 118 с.