УДК 519.866

Г.В. ГЛАДКІВСЬКА, фахівець 1-ї категорії Науково-дослідного центру правової інформатики Національної академії правових наук України,
О.В. СТЕЦЬ, *кандидат фізико-математичних наук, доцент* Національного технічного університету України “КПІ”

ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНОГО РИЗИКУ

Анотація. *Розроблено модель прогнозу ризику методом імітаційного моделювання з використанням нейронної мережі на прикладі акцій Першої фондової торговельної системи.*

Аннотация. *Разработано модель прогноза риска методом имитационного моделирования с использованием нейронной сети на примере акций Первой фондовой торговой системы.*

Summary. *It’s developed the risk forecast model by the example of the First Stock Trading System shares by means of simulation using neural network.*

Ключові слова: інвестиційний ризик, імітаційне моделювання, прогнозування, котирування, нейронна мережа.

В умовах сучасної ринкової економіки діяльність на інвестиційному ринку 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, чи зазнати збитків.

Оцінювання ризиків інвестиційних проектів та їх вплив на ризик підприємства в цілому є одним з найважливіших елементів при обґрунтуванні доцільності інвестицій. 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 оптимальних стратегій інвестування.

Ризики можна вимірювати різними способами, зокрема використовують такі методи оцінки ризику як Value at Risk (VaR), Capital Asset Pricing Model, Теорія арбітражного ціноутворення APT, The Standard Portfolio Analysis of Risk (SPAN), Shortfall та ін.

Одним з найбільш поширених методів оцінки ризику вважають Value at Risk (VaR) [1]. 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 [2]. Значний внесок у розвиток ідеї використання VaR-методики зробили такі економісти, як Пірсон, Бассак, Шапіро, Мертон, Морган, Бедер та ін. [3-5].

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 [5].

Value at Risk (VaR) – це виражена в грошових одиницях оцінка величини, яку не перевищать очікувані для заданого інтервалу часу втрати із заданою вірогідністю [6].

© Г.В. Гладківська, О.В. Стець, 2010

Для заданого рівня достовірності і часового проміжку t міра ризику VaR визначається як:

$$VaR_a := \inf\{u | P[\Delta P(\Delta x, \Delta t) \le u] > \alpha\},$$

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 α.

В даний час основними, класичними підходами до оцінки VaR вважають [7]:

- 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. Для цього формуємо траєкторію цін за допомогою ретроспективних даних, порядковий номер яких обраний випадковим чином, і за допомогою нейронної мережі знаходимо прогнозовану ціну по даній траєкторії.

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 підсумовують. 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:

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

Архітектура розробленої нейронної мережі наведена на рис 1.

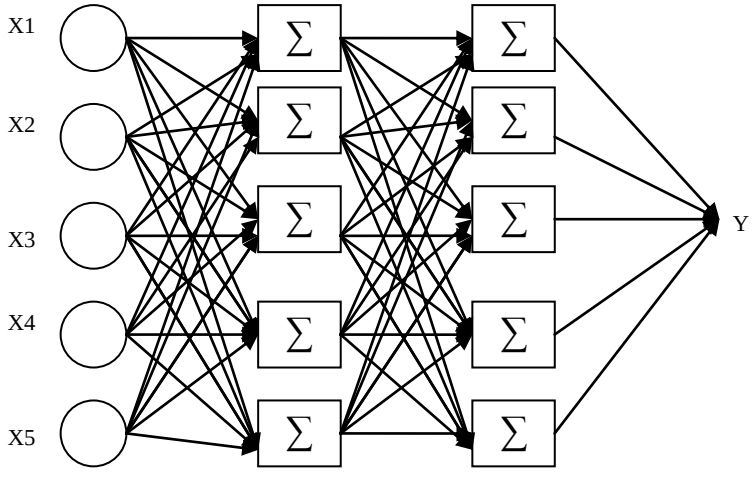

Рис.1. Архітектура нейронної мережі

Навчання мережі зворотного розповсюдження вимагає виконання наступних операцій [8]:

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 навчальної пари).

4. Відкоригувати ваги мережі так, щоб мінімізувати помилку:

$$\delta = OUT(1-OUT)(TARGET-OUT),$$
$$\Delta w_{pq,k} = \eta \cdot \delta_{q,k} \cdot OUT,$$
$$w_{pq,k}(n+1) = w_{pq,k}(n) + \Delta w_{pq,k},$$

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

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

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

$OUT_{p,j}$ – 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 прийнятного рівня.

За допомогою побудованої системи на основі нейронних мереж є можливість будувати короткострокові і середньострокові прогнози. Для прикладу на рис. 2 наведено прогноз ціни акцій компанії “Азовсталь” з 16.12.2008 р. по 12.05.2009 р.

Позитивно на якість прогнозу можуть вплинути інформація про зовнішнє середовище (курс долара, рекламна підтримка і т.д.), 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.

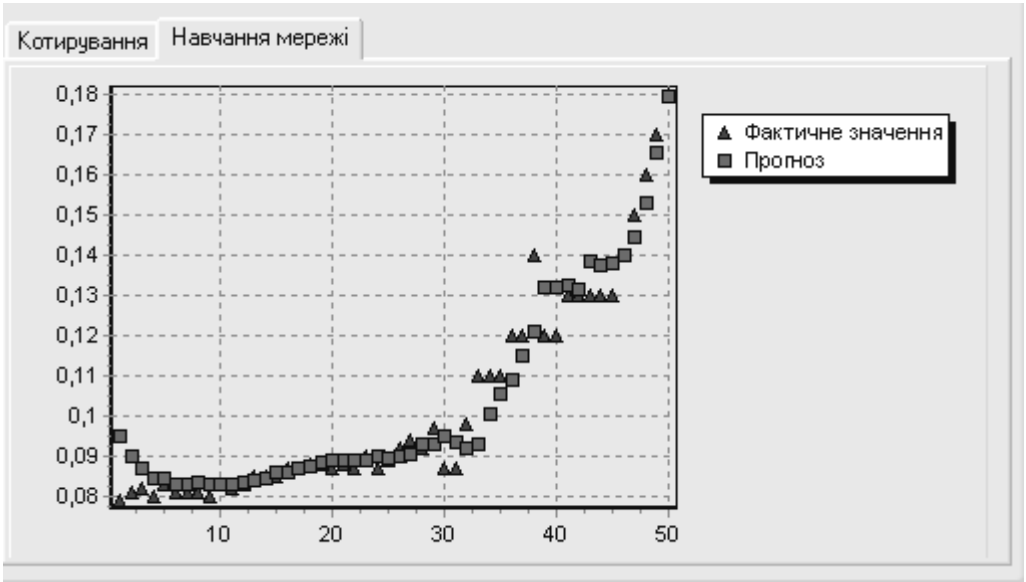

Рис. 2. Прогнозування котирування акцій

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 Першої фондової торговельної системи (ПФТС) як найбільший торговельний майданчик цінних паперів України. Інтервал часу, на якому проводився прогноз, охоплює період з 16.12.2008 р. по 12.05.2009 р. В даній роботі визначається показник VaR за станом на 13.05.2009 р. Отримані значення показника порівнюються з фактичними втратами.

Порівняльний аналіз моделей проводився на основі наступних критеріїв:

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

Для оцінки прогнозної точності моделі необхідно спочатку встановити, чи дійсно випадки перевищення фактичними збитками прогнозних 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 прогнозної величини VaR і, відповідно, фактично спостережувані довірчі інтервали моделей.

Таблиця 1

Показники ефективності моделей

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

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

Для визначення величини перевищення реально спостережуваними збитками прогнозної величини VaR для кожного методу були розраховані від’ємні відхилення ціни акції (в % від величини VaR попереднього дня). Було розраховано середнє значення по кількості перевищень для кожного методу. Середні значення перевищень наведені в табл. 1.

Відносне перевищення фактичними збитками прогнозної величини VaR для методу з використанням штучного інтелекту становить 3,67 %. Найменше відносне перевищен-

ня фактичними збитками прогнозної 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. За допомогою аналітичних технологій вирішено завдання прогнозування котирування акцій та 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 з виконаними дослідженнями розроблений метод вимірювання ризику є найточнішим та найбільш ефективним. Тому дану модель можна використовувати інвесторам на вітчизняному фондовому ринку для прогнозування котирування та оцінки ризику.

Можливе вдосконалення розробленої моделі. Дане дослідження можна розширити у напрямі використання портфельного підходу. Перспективним убачається 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.

Використана література

1. Энциклопедия финансового риск-менеджмента ; под ред. Лобанова А.А. и Чугунова А.В. – М. : Альпина Паблишер, 2003. – 786 с. – ISBN 5-94599-098-1.

2. Лукашов А. Количественное измерение рисков для нефинансовых компаний / Андрей Лукашов. – Режим доступу : //www.cfin.ru/finanalysis/risk/cfar.shtml

3. Basak S. Value-at-Risk Based Management : Optimal Policies and Asset Prices / S. Basak, A. Shapiro // Review of Financial Studies. – 2001. – V. 14. – P. 371-405.

4. Beder T, VaR: Seductive but dangerous / T. Beder // Financial Analysts Journal. – 1995. – № 51. – P. 12-24.

5. Агасандян Г. Финансовая инженерия и континуальный критерий VaR на рынке опционов / Г.А. Агасандян // Экономика и математические методы. – 2005. – № 4. – С. 80–89.

6. Маршалл Дж. Ф. Финансовая инженерия / Дж. Ф. Маршалл, В.К. Бансал. – М.: ИНФРА. – 1998. – 784 с. – ISBN 5-86225-576-1.

7. Рогов М.А. Риск-менеджмент / М.А. Рогов. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 118 с. – ISBN 5-279-02379-5.

8. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети : учеб. пособие / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с. – ISBN 5-94052-027-8.

~~~~~~~~~~~~~ * * * ~~~~~~~~~~~~~
~~~~~~~~~~~~~