

Модель прогнозування фондових ринків на основі нейронних мереж

Є. Кир'ян, студ., З.Шп ак, к.т.н., доц.

Lviv Polytechnic National University, 22/806 Bandera St., Lviv-13, 79013, Ukraine

Abstract. Options of artificial neural network architecture for the purpose of stock markets forecasting are explored by the use of MATLAB system. The software implementation of the radial basis neural network is developed. Numerous test results confirm the effectiveness of program for providing short-term securities price prediction.

Key words: stock market, forecasting, securities, neural network, perceptron.

Вступ

Необхідність у передбаченні змін на фондових ринках виникла з моменту появи цих ринків. Розвиток обчислювальної техніки уможливив практичну реалізацію задач прогнозування на базі напрацьованого математичного апарату. Кожне підвищення точності прогнозування забезпечує учасникам ринку не лише зменшення ризиків їхньої діяльності, а й отримання значних фінансових вигащів.

Сучасні обчислювальні потужності дають змогу здійснювати передбачення на основі гігантської вибірки розрізнених та слабопов'язаних даних про котирування цінних паперів на біржах. Серед ефективних технологій та підходів до прогнозування особлива увага останніми роками приділялася штучним нейронним мережам, які використовуються у багатьох сферах автоматизації багатокритеріальних задач. Завдяки своїм внутрішнім якостям, зокрема здатності до “запам'ятовування” інформації, та нелінійним властивостям обчислювальної одиниці – нейрону – такі мережі здатні розв'язувати задачі класифікації, здійснювати розпізнання образів та виконувати прогнозування.

Прогнозування на фондових ринках

Історично серед учасників фондових ринків виділилися три основні групи:

- інвестори – професійні учасники ринку, які купують у власність частини компаній, щоб отримати прибуток у довгостроковій перспективі;

- спекулянти – теж професійні учасники ринку, які отримують прибуток від коливань цін на цінні папери або інші інструменти ринку на коротких чи середньострокових періодах – від секунд до декількох місяців;

- ті, хто зберігає накопичення – непрофесійні учасники ринку, які вирішили довірити свої заощадження інвестиційним фондам, щоб отримати прибуток більший, ніж від банківських депозитів.

Ще дві категорії учасників ринку: інсайтери та випадкові учасники ринку – це малочисельні групи, які загалом впливають на стан ринків, але їхню поведінку важко або й неможливо передбачити. Інсайтери – співвласники, або працівники компаній, які знають ситуацію в компанії із середини, що дає їм перевагу над іншими учасниками ринку. Випадкові

учасники ринку – це зазвичай особи, які потрапили на ринок випадково та діють на підставі чужих порад чи інтуїтивних рішень.

Різні групи учасників неоднаково підходять до питання оцінки ринків, можливих змін на ньому та переслідують різні цілі на різних проміжках часу.

Інвесторикладають капітал на довгі строки – від року й більше, часами на десятиліття. Аналіз компанії, що проводиться інвесторами зазвичай носить фундаментальний характер та включає аналіз фінансових звітів, ринків збуту товару, розробок та напрацювань компанії, ефективності праці тощо.

Інвестиційні фонди, які керують капіталом своїх вкладників, проводять аналіз інструментів ринків з метою вибору найперспективніших для довгострокового інвестування – від шести місяців та довше. При цьому фонди враховують такі інструменти як середні показники зміни цін за минулі роки, динаміку зміни цін, показники відхилення цін відносно всього ринку та багато інших [1].

До категорії спекулянтів відносять різні підрозділи інвестиційних банків, що займаються спекулятивними операціями, дейтрейдерів, скальперів та трейдерів, які здійснюють торгівлю зі строком перебування в позиції до декількох місяців, а також різноманітних торгових роботів, які широко представлені на ринку. Мета цих учасників – отримати максимальний прибуток, який може досягати тисяч відсотків в рік. При здійсненні операцій спекулянти спираються здебільшого на графік ціни-обсягу. Цей графік може включати різноманітні фігури, багато з яких стали стандартними. Базуючись на цих фігурах та лініях трендів, спекулянти приймають рішення про купівлю або продаж інструментів. Такий аналіз графіків називають технічним аналізом.

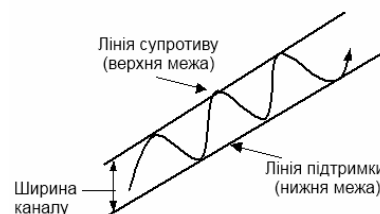


Рис. 1. Фігура технічного аналізу “висхідний канал”

На рис. 1 проілюстровано схему фігури “висхідний канал”, коли ціна інструменту коливається у межах встановленого каналу. В таких умовах дії прості – купувати треба на локальних мінімумах, а продавати на локальних максимумах. Існують також спадний (низхідний) та горизонтальний канали.

Загалом є багато різних фігур технічного аналізу. Фігура “голова та плечі” (рис. 2) є класичною моделлю розвороту тренду, яку можна побачити на графіках доволі часто. У процесах її створення відбу-

вається послаблення діючого тренду, лінія підтримки зазвичай продавлюється і стає лінією опору.



Рис. 2. Фігура технічного аналізу “голова та плечі”

Щоби зменшити ризики у торгівлі на коротких часових інтервалах торгівлі роботи в інвестиційних банках використовують короткочасове прогнозування поведінки фондового ринку. Серед методів, що застосовуються для прогнозування змін на ринку, перспективним є використання штучних нейронних мереж, про що свідчить велика кількість патентів, виданих саме інвестиційним установам, на архітектуру і застосування нейронних мереж.

Вибір архітектури нейронної мережі

Для вибору оптимальної моделі прогнозування змін на фондовому ринку проведено аналіз точності передбачення на основі різних архітектур штучної нейронної мережі:

- багат шарового перцептрона з трьома прихованими шарами нейронів;
- радіально-базисної нейронної мережі з двома прихованими шарами: перший з нейронів із радіально-базисною активуючою функцією, другий – з нейронів із лінійною функцією;
- узагальнено-регресійної нейронної мережі із двома прихованими шарами: перший з нейронів із узагальнено-регресійної активуючою функцією, другий – з нейронів із лінійною функцією;
- мережі Елмана із двома прихованими рекурентними шарами нейронів та одним шаром із сигмоїдальним нейроном;
- рекурентної мережі із двома прихованими рекурентними шарами нейронів та одним шаром із сигмоїдальним нейроном.

Дослідження точності прогнозування проводилось із використанням пакету прикладних програм математичних обчислень MATLAB 2010.

В якості вхідних даних для дослідження ефективності прогнозування були обрані дані торгів з фондових ринків США за акціями ведучих компаній. При виборі джерела даних розглядалися також українські фондові ринки [2], і Українська біржа, як найбільш активна біржа України [3]. Ознайомлення із обсягами, характером торгів та іншими показниками, а також спостереження за ходом торгових сесій показали, що Українська біржа є замалою для прогнозування, оскільки має недостатню кількість учасників та відносно невеликий обсяг торгів. Несподівана поява на ринку випадкових учасників із великою кількістю акцій на покупку або продаж має великий вплив на

результати торгів такого ринку, тому забезпечити вірогідний прогноз за подібних умов неможливо.

Навчання та тестування нейронних мереж здійснювалося за даними нормалізованих результатів торгівлі цінними паперами шести компаній: AAPL (Apple Inc.), AIG (American International Group, Inc.), BAC (Bank of America Corporation), IBM (International Business Machines Corporation), JPM (JPMorgan Chase & Co.), TASR (TASER International Inc.) за час від 3 лютого до 30 грудня 2013 року, всього 252 періоди, отриманими із відкритого джерела Yahoo! Finance [4]. Приклад даних за акціями AAPL для п'ятиденного проміжку наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Приклад п'ятиденних даних для акцій AAPL

Open	High	Low	Close	Volume	Adjusted Close
325.64	330.26	324.84	329.57	15897800	328.16
332.44	332.5	328.15	331.29	11038600	329.87
329.55	334.34	329.50	334.01	9125700	332.57
334.72	335.25	332.91	333.73	10729600	332.30
333.99	336.35	331.90	336.12	11140400	334.68
338.83	343.23	337.17	342.45	16020000	340.99

У табл. 2 зведено варіанти даних, що подавалися у процесі досліджень на входи штучних нейронних мереж. В останній колонці табл. 2 вказано кількість нейронів у шарі для моделей на основі багат шарового перцептрона, мережі Елмана та рекурентної мережі. Для радіально-базисної та узагальнено-регрес-

Таблиця 2

Вхідні дані, використані в дослідженнях

Позначення	Типи вхідних даних	Кількість нейронів
AC.W3	Дані Adjusted Close (AC), 3-денне вікно	20
AC.W5	Дані AC, 5-денне вікно	20
AC.W7	Дані AC, 7-денне вікно	20
AC.MA7.W3	Дані AC та рухомого середнього всіх цін за 7 днів, 3-денне вікно	20
AC.MA10.W5	Дані AC та рухомого середнього всіх цін за 10 днів, 5-денне вікно	20
AC.MA14.W7	Дані AC та рухомого середнього всіх цін за 14 днів, 7-денне вікно	20
W3	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін, 3-денне вікно	20
W5	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін, 5-денне вікно	20
W7	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін, 7-денне вікно	30
MA7.W3	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін та рухомого середнього за 7 днів, 3-денне вікно	60
MA10.W5	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін та рухомого середнього за 10 днів, 5-денне вікно	60
MA14.W7	Дані відкриття, закриття, найбільшої і найменшої цін та рухомого середнього за 14 днів, 7-денне вікно	60

сійної мереж кількість нейронів у шарі обиралася автоматично засобами MATLAB. Як прогнозована величина виступав параметр Adjusted Close (AC).

Результати випробувань моделей подано в табл. 3, де для кожного виду нейронної мережі вказано варіант вхідних даних, який забезпечив мінімальну усереднену помилку прогнозування. Як видно, найвищу точність передбачення показала радіально-базисна нейронна мережа, що має три входи, на які подаються нормалізовані значення Adjusted Close за три суміжні періоди: $t, t-1, t-2$.

Таблиця 3

Усереднені помилки прогнозування досліджуваних нейронних мереж

Нейронна мережа	Тип вхідних даних	Середня помилка прогнозування
Багатшаровий перцептрон	АС.МА7.W3	$4,659321 \cdot 10^{-3}$
Радіально-базисна мережа	АС.W3	$0,106527 \cdot 10^{-4}$
Узагальнено-регресійна мережа	АС.МА14.W7	$2,306722 \cdot 10^{-3}$
Мережа Елмана	АС.W3	$1,239847 \cdot 10^{-3}$
Рекурентна мережа	АС.W3	$4,658576 \cdot 10^{-3}$

Програмна реалізація моделі

Для програмної реалізації моделі поведінки фондового ринку обрано радіально-базисну нейронну мережу, яка, як підтвердили результати проведених досліджень, забезпечує найвищу точність прогнозування. Реалізована програмно мережа має тришарову архітектуру: три лінійні нейрони у вхідному шарі, 27 прихованих нейронів з активуючою функцією Гауса та один лінійний нейрон на виході – усього 108 зв'язків (рис. 3). Програма написана об'єктно-орієнтованою мовою C# для платформи .NET в середовищі розробки Microsoft Visual Studio 2012.

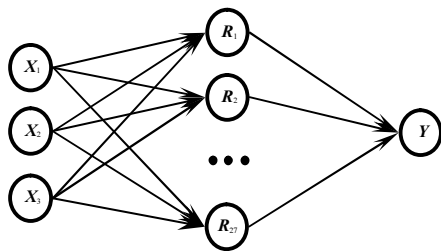


Рис. 3. Архітектура радіально-базисної мережі

Нейрони прихованого шару відтворюють функцію Гауса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

де μ – центр або вершина функції, у програмі значення μ становить 0,5; σ – ширина функції, тобто діапазон значень, у межах яких значення функції більше за 0, у програмній реалізації цей параметр дорівнює $1\frac{2}{3}$.

У програмній реалізації нейронної мережі використано ефективний метод навчання, тобто визначення ваг міжнейронних зв'язків. Навчання мережі проводиться за одну ітерацію з використанням алгоритму сингулярного розкладу матриці [5], у процесі якого набори вхідних та вихідних даних перетворюються на ваги між нейронами.

На рис. 4 наведено зображення одного з вікон програми, в якому виводиться графік цін за заданий часовий проміжок та здійснюється прогнозування для одного наступного періоду.

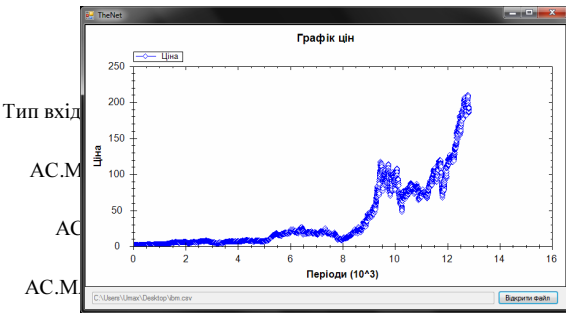


Рис. 4. Приклад графік та прогнозу цін на акції IBM

Випробування моделі здійснювалося за даними про торги акціями компаній, вказаних вище, та додатково ще чотирьох компаній: ACI, AMCC, DV, QQQ. Помилка прогнозування обчислювалась на основі нормалізованих реальних та передбачуваних значень за формулою:

$$E = 0,5(y - p)^2, \quad (2)$$

де y – реальне, а p – прогнозоване значення ціни акції.

Середня помилка прогнозування для різних компаній була такою: AAPL – $2,6109 \cdot 10^{-4}$, ACI – $4,7525 \cdot 10^{-4}$, AIG – $2,3217 \cdot 10^{-4}$, AMCC – $2,2334 \cdot 10^{-4}$, BAC – $2,0981 \cdot 10^{-4}$, DV – $1,8133 \cdot 10^{-4}$, IBM – $3,6189 \cdot 10^{-5}$, JPM – $9,9886 \cdot 10^{-5}$, QQQ – $8,1257 \cdot 10^{-5}$, TASR – $1,9569 \cdot 10^{-3}$. Отримані результати загалом є задовільними, проте вища за середнє значення ($3,1572 \cdot 10^{-4}$) похибка для акцій TASR вказує, що для деяких компаній у загальну модель треба вводити корекцію, що враховуватиме їхні особливості.

Висновки

Отримані результати підтверджують, що штучні нейронні мережі дають змогу ефективно прогнозувати зміни цін на інструменти фондових бірж. Тому дослідження, вдосконалення та використання нейронних технологій є актуальним і перспективним як для світових фондових ринків, так і для українського ринку цінних паперів, що починає активно розвиватися.

- [1]. Шарп У., Александр Г., Бэйли Дж. Инвестиции. – М.: Инфра-М, 2011. 1028 с.
- [2]. <http://www.nssmc.gov.ua/fund/>
- [3]. <http://www.ux.ua/ua/>
- [4]. <http://finance.yahoo.com/>
- [5]. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. – М.: Физматлит, 2004. – 560 с.