

УДК 336.2

І. І. Васильченко, асп.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ОПЦІОНІВ

*Автором здійснено порівняльний аналіз теоретичних підходів щодо оцінки вартості опціонів. Розглянуто основні ціноутворюючі фактори та висвітлено альтернативні концепції щодо їх моделювання.*

*Ключові слова: опціон, ціна опціону, штучні нейронні мережі.*

*Автором осуществлен сравнительный анализ теоретических подходов относительно оценки стоимости опционов. Рассмотрены основные ценообразующие факторы и отражены альтернативные концепции относительно их моделирования.*

*Ключевые слова: опцион, цена опциона, искусственные нейронные сети.*

*Author analyses and compares theoretical approaches to the estimation of options' prices. Main price determining factors are considered and alternative conceptions of their modeling are highlighted.*

*Keywords: option, cost of option, artificial neuron networks.*

В теперішній час все більш вагомого значення набуває світовий ринок фінансових деривативів у якості перерозподільного механізму фінансових потоків та ризиків. Головна небезпека полягає у тому, що операції з ними, дозволяючи використовувати порівняно невеликий обсяг ліквідних засобів, приносять не лише величезні доходи, але й немалі збитки. В даній роботі ми приділимо суттєву увагу вивченню та аналізу сучасних теоретичних підходів щодо моделювання вартості опціонних контрактів, які знайшли своє відображення у зарубіжних наукових джерелах. Справедлива оцінка вартості опціонів, як одна з можливостей мінімізації імовірних ризиків, представляє собою важке практичне завдання, оскільки на неї впливає ціла низка факторів: рівні безризикових відсоткових ставок грошового ринку, терміни дії контрактів, волатильність базових активів тощо.

Для початку дамо формальне визначення опціону. Опціон (лат. *optio* – *вибір, бажання, розсуд*) – договір, за яким потенційний покупець або потенційний продавець отримує право, але не зобов'язання, здійснити покупку або продаж активу (фінансового або товарного) за заздалегідь обумовленою ціною у визначений договором момент в майбутньому або протягом певного періоду часу. Опціон – це один із видів похідних фінансових інструментів. Розрізняють опціони на продаж (*put option*), на купівлю (*call option*) і двосторонні опціони (*double option*). Відповідно, опціон "кол" надає покупцеві опціону право купити базовий актив за фіксованою ціною, в той час як опціон "пут" надає покупцеві опціону право продати базовий актив за фіксованою ціною.

На практиці розрізняють опціони біржові та позабіржові. Біржові опціони є стандартизованими біржовими контрактами, для яких власне сама біржа встановлює відповідні специфікації. При укладанні угод учасниками торгів обумовлюється тільки величина премії за опціон, а всі інші параметри і стандарти встановлюються біржею. Опубліковане біржею котирування за опціоном є середньою величиною премії за даним опціоном протягом дня.

З точки зору біржової торгівлі опціони з різними цінами або датами виконання вважаються різними контрактами. Клірингова (або розрахункова) палата, яка обов'язково функціонує при кожній спеціалізованій біржі по торгівлі ф'ючерсами та опціонами, здійснює облік позицій учасників по кожному опціонному контракту. Іншими словами, для учасника торгів, який може купити один контракт, і одночасно з цим продати інший аналогічний контракт, відбувається взаємозалежк його позиції, тобто вона закривається. Звернемо особливу увагу на той факт, що розрахункова палата біржі є одночасно протилежною стороною угоди для кожного учасника опціонного контракту – продавця і покупця. За біржовими опціонами існує також механізм стягнення маржинальних зборів (зазвичай сплачується тільки продавцем опціону).

Вживаючи термін "ціна опціону", мають на увазі премію за опціоном. Премія біржового опціону є котируванням по ньому. Премію є певна сума грошей (зазвичай це обумовлений відсоток від обсягу угоди), що сплачується покупцем опціону продавцеві при укладанні опціонного контракту і за своєю економічною суттю премія є платою за право провести операцію в майбутньому. Величина премії, як правило, встановлюється в результаті вирівнювання попиту та пропозиції на ринку між покупцями і продавцями опціонів. Крім цього, існують математичні моделі, що дозволяють обчислити премію на основі поточної вартості базового активу та його стохастичних властивостей (волатильності, прибутковості тощо). Окремо варто виділити волатильність, адже її вплив є одним із найсуттєвіших, а характер її змін досить непередбачуваний.

При збільшенні волатильності зростає ймовірність, що ціна базового активу, приміром акцій, може бути як дуже високою, так і дуже низькою. З точки зору власника акцій, ці результати компенсують один одного. Проте по відношенню до власника опціону "кол" чи "пут" це зовсім не так. Власник опціону на купівлю акцій отримує вигоду від зростання їх ціни та ризикує понести збитки у разі її падіння. Аналогічно власник опціону на продаж акцій виграє від падіння ціни акцій, але піддається ризику програти при її зростанні.

В основі більшості математичних моделей з розрахунку ціни опціону закладена ідея ефективного ринку. Передбачається, що "справедлива" премія опціону відповідає його вартості, за якої ні покупець опціону ані його продавець, в середньому не отримують прибутку.

Розробка моделі оцінки вартості опціонів, яка могла б працювати в режимі реального часу та виключала можливості арбітражу в операціях трейдерів, є однією із значних проблем сучасного фінансового світу. Така модель дозволяла би трейдерам уникати продажу недооцінених опціонів та купівлі переоцінених. Також, на її основі можна було б розрахувати більш точні коефіцієнти хеджування.

Здійснений огляд та аналіз наукової літератури з досліджуваної проблематики дозволяє ствердити, що загальноприйняті підходи до оцінювання опціонів формуються з урахуванням існуючих фінансових теорій. Для деяких типів опціонів були розроблені самодостатні закриті моделі, в той час як оцінювання інших спирається на такі чисельні процедури як метод Монте Карло, біноміальну модель. Ці моделі були виведені на основі теоретичних аргументів, що базуються на припущеннях стосовно поведінки ціни базового активу та безризикової відсоткової ставки. Як наслідок, вони є узагальненням реальності та їх ефективність залежить від здатності відслідковувати динаміку ціни базового активу. Остання в свою чергу може слідувати різним розподілам, і те, як вона впливає на ціну відповідного

опціону, може залежати від типу самого опціону: *європейський, американський, азійський, бар'єрний, бінарний, бермудський* опціон тощо. Точність та тривалість підрахунків ціни опціону варіюється від моделі до моделі. У деяких випадках (наприклад, європейський опціон) ефективність моделі є високою, в той час як в інших (для прикладу, опціонів з конвертованими бондами) проблема є більш складною, і продуктивність роботи моделей падає [2].

Альтернативним шляхом формування цін на опціони є використання штучних нейронних мереж. Цей клас алгоритмів досить часто використовується для прогнозування та класифікації. Однією з сильних їх сторін є виокремлення певного масиву знань зі складних або неточних даних шляхом встановлення взаємозв'язків та шаблонів. Основою для розроблення цієї методології стали знання властивостей біологічної нервової системи, а саме їх здатність навчатись на попередньому досвіді та узагальнювати його у майбутні ситуації.

Перевагою штучних нейронних мереж у вирішенні таких проблем як оцінка вартості опціонів є те, що вони здатні моделювати нелінійні залежності та не обмежені припущеннями, які притаманні параметричним моделям. Історичні дані являються єдиними необхідними вхідними даними і на їх основі нейронні мережі здатні встановлювати взаємозв'язки, що існують між ними, та описувати задану ситуацію.

Так, скажімо, штучні нейронні мережі не спираються на припущення стосовно процесу ціноутворення базового активу (постійна волатильність тощо), як і не залежать від жодних теорій, що прагнуть пов'язати ціну базового активу та ціну опціону, випсаного на нього. Вони є гнучкими і можуть бути використані для генерації моделей ціноутворення широкого спектру опціонів, включаючи й опціони, встановити вартість котрих складно, спираючись тільки на класичний теоретичний підхід.

Моделі на базі фінансових теорій потребують вхідних даних по кожному параметру, що входить до їх описання. Особливості цих параметрів можуть зумовити необхідність у наявності даних за цінами опціонів, проте, найчастіше потреби в них не виникає. Таким чином, розглядуваний клас моделей може оцінювати опціони, торги за якими раніше не проводились, у той час як нейромережі цього робити не можуть.

Спираючись на достовірність теоретичної моделі, що закладена в модель оцінки опціонів, останні можуть виявити стійкі зміщення у поведінці цін. Якщо попередні ринкові ціни були зміщені певним чином, створюючи можливості арбітражу, то нейромережа включити ці зміщення у ціноутворюючу модель і не розпізнає їх. Проте, оскільки ліквідні фінансові ринки загалом вільні від арбітражу, то нейромережі генеруватимуть безарбітражні ціни опціонів, і, таким чином, будуть здатні розпізнати хибне встановлення цін.

Дослідження ефективності роботи штучних нейронних мереж у питаннях оцінки вартості опціонів були висвітлені в цілій низці зарубіжних праць.

Так, приміром, Хатчінсон, Ло і Погіо [6] порівнювали три нейромережі з моделлю Блека-Шоулза на основі оцінки американських "кол" опціонів на ф'ючерси індексу S&P500. Вони встановили, що всі три мережі дали кращі результати за модель Блека-Шоулза. Схожі результати у своїх дослідженнях отримали Геігле та Арнонсон [4]. Інші дослідники, такі як Кітамура та Ебісуда [8] встановили, що ефективність нейромереж у розрахунку цін американських "кол" опціонів S&P100 була відносно

низькою. На наш погляд, причиною таких результатів могли стати як дуже мала вибірка, так і використання тільки двох входів у структурі мережі. У своїй роботі Кі та Маддала [9] порівняли продуктивність нейромереж і моделі Блека-Шоулза в оцінюванні європейських "кол" опціонів індексу S&P500 та прийшли до висновку, що перша є ефективнішою. У вказаному ракурсі досліджень Дугас, Бенгіо, Белісле та Гарсія [3] встановили, що обмежена додатковими умовами нейромережа дає на виході точніші ціни європейських "кол" опціонів індексу S&P500, ніж необмежена. Келі [7] проводив розрахунок цін на американські "пут" опціони на базі даних чотирьох американських фірм, використовуючи нейромережі та біноміальну модель. Згідно отриманих результатів перша була значно точніша за біноміальну модель.

Такі автори, як Хілі, Діксон, Рід та Каї [5] використовували ціни на FTSE 100 "кол" опціони за 1992-1997 роки та встановили, що нейромережа досить точно відтворює ринкові ціни (у той же час, прямого порівняння одержаних результатів з можливими результатами за моделлю Блека-Шоулза не проводилось). Водночас, Яо, Лі і Тан [10] використовували нейронні мережі для розрахунку цін "кол" опціонів на Nikkei 225 ф'ючерси (які є американськими) та встановили, що результати були кращими за результати моделі Блека-Шоулза. Амілтон [1] порівнював нейромережі з моделлю Блека-Шоулза в оцінюванні європейських "кол" опціонів на індекс OMX. Він контролював саме вплив дивідендів, включаючи з вибірки дані за два місяці одразу після виплат дивідендів. Для історичної та невяної волатильностей нейромережі дали загалом більш кращий результат.

Проведений аналіз цілого ряду теоретичних положень та практичних результатів дає підстави для узагальнюючого висновку, що нейронні мережі являють собою вагомий альтернативу існуючим класичним теоретичним моделям (яскравим прикладом котрих є модель Блека-Шоулза). Ми виходимо з того, що вони є досить гнучкими та ефективним класом моделей, а тому видається досить логічним їх використання в якості дієвого інструменту для оцінки вартості опціонних контрактів у діяльності професійних учасників ринку фінансових деривативів.

1. Amilon, H. (2001) A Neural Network Versus Black-Scholes: A Comparison of Pricing and Hedging Performances, Working Paper, Department of Economics, Lund University.
2. Connolly, K.B. (1998) Pricing convertible bonds, John Wiley and Sons, Chichester.
3. Dugas, C., Bengio, Y., Bélisle, F., Nadeau, C. and Garcia, R. (2002) Incorporating Second-Order Functional Knowledge for Better Option Pricing, Working Paper 2002s-46, CIRANO, Montréal.
4. Geigle, D.S. and Aronson, J.E. (1999) An Artificial Neural Network Approach to the Valuation of Options and Forecasting of Volatility, Journal of Computational Intelligence in Finance, vol. 7, no. 6, November-December, pp. 19-25.
5. Healy, J., Dixon, M., Read, B. and Cai, F.F. (2002) A Data-Centric Approach to Understanding the Pricing of Financial Options, European Physical Journal B, vol. 27, no. 2, pp. 219-227.
6. Hutchinson, J.M., Lo, A.W. and Poggio, T. (1994) A Nonparametric Approach to Pricing and Hedging Derivative Securities Via Learning Networks, Journal of Finance, vol. 49, no.3, July, pp. 851-889.
7. Kelly, D.L. (1994) Valuing and Hedging American Put Options Using Neural Networks, Working Paper, University of California, December, 22 pages.
8. Kitamura, T. and Ebisuda, S. (1998) Pricing Options Using Neural Networks, Working Paper, Graduate School of Industrial Administration, Carnegie Mellon University, February, 11 pages.
9. Qi, M. and Maddala, G.S. (1996) Option Pricing Using Artificial Neural Networks: The Case of S&P 500 Index Call Options. In Neural Networks in Financial Engineering: Proceedings of the Third International Conference on Neural Networks in the Capital Markets, edited by A.P.N. Refenes, Y. Abu-Mostafa, J. Moody and A. Weigend, World Scientific, New York, pp. 78-91.
10. Yao, J., Li, Y. and Tan, L. (2000) Option Price Forecasting Using Neural Networks, Omega, vol. 28, no. 4, August, pp. 455-466.