

УДК 330.115:336.76

МОДЕЛЮВАННЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ НА ФІНАНСОВОМУ РИНКУ ЗА УЧАСТІ РІЗНИХ ГРУП ТРЕЙДЕРІВ

Л. Зомчак

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79008, м. Львів, проспект Свободи, 18
E-mail: kiber@franko.lviv.ua*

У статті проведено огляд існуючих підходів до моделювання процесу ціноутворення на фінансовому ринку з урахуванням впливу різних груп інвесторів. За особливостями методів прийняття рішень трейдерів розділено на прихильників технічного та фундаментального аналізу, а їх вплив на ціну фінансового активу визначається очікуваннями трейдерів та їх часткою на ринку. У статті запропоновано модифікації моделей, котрі дозволяють врахувати поведінкові аспекти процесу ціноутворення, зокрема, так званий «ефект натовпу».

Ключові слова: фінансовий ринок, фінансовий актив, неоднорідні очікування трейдерів, ефект натовпу, ціноутворення активів.

Припущення про раціональну поведінку учасників фінансового ринку, однорідність їхніх очікувань, а також гіпотеза ефективного ринку залишаються парадигмою економічної та фінансової теорії впродовж останніх років. Однак аналіз емпіричних даних із фінансового ринку не підтверджує цих гіпотез. У реальних даних, зібраних на фінансових ринках, можна спостерігати особливості, які не мають тлумачень у межах сучасних економічних та фінансових теорій. Включення нелінійних залежностей у моделі ціноутворення на фінансових ринках сприятиме поясненню механізму утворення таких особливостей в емпіричних даних.

Фінансові ринки слід досліджувати як економічну систему, котра перебуває під впливом великої кількості агентів, що діють одночасно та дуже швидко реагують на нову інформацію. Неоднорідність їхніх очікувань може спричиняти нестабільність фінансового ринку та ускладнення його динаміки. Фінансові ринки характеризуються високою волатильністю та різкими змінами динаміки. Природно, що поява нової інформації впливає на ринок, однак, зміни фундаментальних чинників не враховують всіх змінних, що впливають на ціну активів.

Підхід, згідно з яким виділяють різні групи інвесторів, виходить із припущення, що поведінка відносно раціональних учасників ринку також має відчутний вплив на ціну фінансових активів. Зазвичай виділяють агентів двох типів: тих, котрі керують фундаментальним аналізом у прийнятті рішень щодо

купівлі продажу фінансового активу (фундаменталісти), та тих, котрі керують при цьому технічним аналізом (чартисти) [1].

Одна із перших фінансових моделей, у котрій було виділено окремо вплив чартистів та фундаменталістів на встановлення цін на фінансовий актив, належала Зімену (1974). Ця модель пояснювала переключення між зростаючим та спадним трендом залежно від поведінкових припущень чартистів та фундаменталістів. Модель Россера (2004) включає цікаві припущення та розвиток цієї моделі на основі математичної методів теорії катастроф, а Стейнкемп (2004) запропонував стохастичну версію моделі Зімена із використанням теорії випадкових динамічних систем. На початку дев'яностих такі вчені як Франкель та Фрут (1987, 1990), Шиллер (1987), Аллен та Тейлор (1980, 1992) досліджували поведінку учасників фінансового ринку з метою отримання інформації щодо очікувань інвесторів [9].

Пізніші наукові розробки у цьому напрямку запропоновані Ченгом (1999), Луї та Моулом (1998) та Менкхофом (1998). У цьому напрямку розвиваються роботи сучасних вчених В. Брока та К. Хоммеса [3], К. Хоммеса [6], М. Френкеля [5], Б. ЛеБарона, Б. Артиса, Р. Палмера [7], Т. Люкса [8], Ф. Вастерхоффа [10] та інших.

Класична теорія фінансів виходить із міркувань, що, оскільки фінансовий актив є таким самим товаром фінансового ринку, як і будь-який інший товар, то встановлення рівноваги на ньому відбувається за загальноекономічними принципами. Тому при моделюванні фінансового ринку доцільно виходити із припущення, що рух числових характеристик фінансових активів відбувається під впливом надлишкового попиту трейдерів фінансового ринку.

Виходячи з припущення про раціональність інвесторів можна запропонувати найпростішу стратегію інвестора на фінансовому ринку: купувати актив при збільшенні ціни та продавати – при зменшенні. Але якщо більшість інвесторів буде керуватись цим правилом, то це може призвести до нестабільності на ринку, необгрунтовано завищеної або заниженої оцінки активу, виникнення паніки чи навіть обвалу ринку.

Практика фінансового ринку підтверджує, що професійні інвестори рідко користуються найпростішими стратегіями. У процесі прийняття рішень вони дуже часто звертаються до даних про динаміку активу в попередніх періодах. Ця інформація обов'язково необхідна для прийнятті рішень у короткостроковому періоді, причому її можна обробляти як за допомогою методів технічного аналізу, так і за допомогою інших методів. Однакові методи призводять до виникнення „ефекту натовпу”, тобто імітації інвесторами поведінки та очікувань один-одного. Цей ефект враховано у сукупності моделей, які описують специфічні статистичні властивості фінансових часових рядів як наслідок взаємного впливу прихильників технічного та фундаментального аналізу.

Однією із перших спроб кількісно описати сумісний вплив чартистів та фундаменталістів на формування «бульбашок» та обвалів на фінансових ринках була модель, запропонована Зіменом (1974). У цій моделі фінансовий ринок змодельовано через надлишковий попит на акції та інші фінансові активи з боку різних груп учасників ринку. Вперше зроблено припущення про кількісний вплив ринкового індексу та надлишкового попиту чартистів і фундаменталістів для пояснення циклічності розвитку фінансового ринку (зокрема етапів домінування так званих «биків» та «ведмедів»). Цей механізм пояснення динамічної поведінки трейдерів на фінансовому ринку зберігся і в сучасних моделях [10].

У моделі Зімена виділено два типи трейдерів : фундаменталістів та чартистів. Фундаменталісти керуються «справжньою» ціною активу і купують його, коли ціна опускається нижче цієї межі. Чактисти відслідковують тренд і купують актив, коли ціна зростає. Якщо позначити через C ту частку грошей на ринку, що належить чартистам і може бути мірою їхнього попиту на актив, а через F – надлишковий попит фундаменталістів, то, за припущенням Зімена, C та F реагують на зміну ціни активу значно повільніше, ніж ціна фінансового активу реагує на зміну надлишкового попиту учасників ринку. Цьому твердженню відповідає математична модель перехідного періоду в теорії катастроф із слабким зворотним зв'язком.

Однак модель Зімена не стала популярною. Першу модель нового типу запропонував К. Чіарелла (1992) [4]. Ця модель генерує флуктуації довкола рівноважної ціни за Вальрасом та виходить із припущення, що ціна змінюється через надлишковий попит чартистів та фундаменталістів, причому попит чартистів К. Чіарелла розглядає як нелінійну функцію. Така модель може генерувати три базові режими динаміки: збіжність до точки рівноваги за Вальрасом, рух граничного циклу довкола вальрасівської рівноваги та хаотичний рух довкола точки рівноваги за Вальрасом, залежно від значень параметрів моделі.

М. Френкель (1997) [4] також пропонує модель з двома типами інвесторів. Відносний попит чартистів на фінансовий актив він пропонує описувати рівнянням:

$$D_t^C = a_1(s_t - s_{t-1}) + a_2(s_t - s_{t-2}),$$

де D_t^C - попит чартистів на фінансовий актив у момент часу t ;

s_t, s_{t-1}, s_{t-2} - логарифм ціни фінансового активу у моменти часу $t, t-1, t-2$

відповідно;

a_1, a_2 – додатні коефіцієнти моделі.

Отже, згідно із наведеним вище рівнянням, відносний попит чартистів базується на лінійному тренді. Фундаменталісти припускають, що ціна активу рухається до фундаментальної ціни:

$$D_t^F = b(f - s_t),$$

де D_t^F - попит фундаменталістів на фінансовий актив у момент часу t ;

b – додатний коефіцієнти моделі.

f – фундаментальна ціна активу.

Тоді загальний попит обидвох груп трейдерів буде дорівнювати:

$$D_t = wD_t^C + (1 - w)D_t^F,$$

де w – частка чартистів на ринку.

Зауважимо, що частки чартистів та фундаменталістів у цій моделі є сталими.

М. Френкель аналітично довів, що фундаменталісти зменшують флуктуації цін фінансових активів: чим більша частка фундаменталістів на ринку, тим нижча його волатильність. Однак на практиці спостерігаємо ситуацію, коли частка прихильників технічного аналізу, як правило, є більшою.

У подальших роботах Френкеля та Фрута запропоновано виділяти уже три групи учасників ринку: фундаменталістів, чартистів та менеджерів портфелів. Згідно з припущенням авторів, останні найбільше купують чи продають іноземні активи. Менеджери портфелів формують свої очікування як зважене середнє

прогнозів прихильників як технічного, так і фундаментального аналізу. Вони збільшують вагові коефіцієнти цієї групи учасників ринку, котра краще спрогнозувала ціну активу впродовж останнього періоду [5].

Оскільки модель Франкеля-Фрута не має аналітичного розв'язку, то її досліджено кількісно і зроблено висновок, що вона дозволяє пояснити велике і тривале зростання ціни долара у вісімдесятих роках.

У моделі Брока-Хомеса (1997-1999) [3] агенти фінансового ринку адаптують свої очікування в часі, вибираючи рішення із скінченої множини можливих прогнозів. Кожен із прогнозів є функцією від попередніх спостережень. Ще однією особливістю моделі Брока-Хомеса є розгляд як ризикового, так і без ризикового активу. Коли більшість агентів ринку застосовують найпростіший прогноз, то ціни відхиляються від довгострокової рівноважної ціни. Із зростанням невизначеності на ринку деякі трейдери готові заплатити додаткову ціну за отримання кращих прогнозів, і тоді ціни повертаються до токи довгострокової рівноваги і залишаються там на короткий проміжок часу. За певних умов співвідношення між двома процесами спричиняє хаотичну динаміку. Пізніше було доведено, що додавання шуму в модель дозволяє імітувати характерні особливості реальних фінансових даних, наприклад, ефект кластеризації волатильності.

Т. Люкс (1998) [8] досліджував економічну та соціальну взаємодію між трейдерами. З одного боку, трейдери переключаються між технічним та фундаментальним аналізом при прийнятті рішень через особисті переконання, а з іншого, соціальні взаємозв'язки між трейдерами призводять до так званого «ефекту натовпу». Отже, незбалансованість попиту та пропозиції є наслідком дій так званих «маркетмейкерів». У моделі Люкса маркетмейкери абсорбують надлишковий попит чартистів та фундаменталістів і формують нову ціну:

$$s_t = s_{t-1} + a(D_t^C + D_t^F),$$

де a – параметр моделі, що показує швидкість коректування ціни активу.

Якщо надлишковий попит фундаменталістів у моделі Люкса формується за тим самим принципом, що й у моделях його попередників, то для чартистів він дещо відмінний. Причиною цього є неоднорідність групи прихильників технічного аналізу, адже вони можуть працювати при зростаючому або спадаючому тренді. Динаміка моделі залежить від змін поведінки агентів ринку та від руху ціни як результату торгів.

Отже, ключовими у моделі Люкса є два моменти. По-перше, переключання між грою на зростання та спадання у межах групи прихильників технічного аналізу. Воно відбувається, як правило, під впливом думки більшості («ефект натовпу») По-друге, переключання агентів між технічним та фундаментальним аналізом. Воно відбувається під впливом порівняння прибутків, отриманих агентами ринку при застосуванні різних стратегій прийняття рішень.

Одна із останніх моделей – модель Ф.Вастерхоффа [10], який презентує дослідження мультиактивних ринків. Ця модель генерує процес у відповідності до головних так званих „стилізованих фактів”, а саме, із „важкими хвостами” розподілу, довгою пам'яттю та некорельованими між собою значеннями. Розглядається три типи інвесторів: гравці ринку (market makers), фундаменталісти (fundamentalists) та чартисти (chartists). Надлишковий попит спекуляторів задається як сума попиту чартистів та фундаменталістів, тобто:

$$E_t = N(D_t^F + D_t^C),$$

де E_t - надлишковий попит у момент часу t ,

D_t^F - попит фундаменталістів на фінансовий актив у момент часу t ,

D_t^C - попит чартистів на фінансовий актив у момент часу t ,

N - додатний параметр, який показує агресивність спекулянтів.

Відповідно попит кожної із груп подається такими співвідношеннями:

$$D_t^F = \alpha(F - P_t),$$

$$D_t^C = \beta(P_t - P_{t-1}),$$

де F - фундаментальна ціна активу,

α, β - параметри моделі.

Рекурентне співвідношення, яке описує динаміку ціни фінансового активу на такому ринку, Ф. Вастерхофф пропонує подавати у наступному вигляді:

$$P_{t+1} = P_t(1 - N + 2N^2|P_{t-1}|).$$

Якщо ввести у цю модель ще один тип інвесторів, то вона дещо модифікується. Нехай на ринку діють такі спекулянти, які приймають рішення під впливом „ефекту натовпу”. Якщо більш успішною у даний момент часу є стратегія фундаменталістів, то вони ця група (назвемо їх фундаменталісто-чартистами) приймає їх сторону і навпаки. Очевидно, що попит такої групи інвесторів фінансового ринку буде залежати від того, який буде попит „чистих” фундаменталістів та чартистів. Математично це можна записати наступним чином:

$$D^{FC} = \gamma(D^F + D^C),$$

де γ - параметр моделі.

Шляхом такої модифікації можна врахувати різні поведінкові аспекти учасників ринку: зміна стратегії прийняття рішень із технічного аналізу на фундаментальний чи навпаки (переключення між групами інвесторів на основі власних переконань), а також вплив інших учасників ринку на прийняття інвестиційного рішення («ефект натовпу»).

Отже, моделювання процесів ціноутворення на фінансовому ринку з урахуванням очікувань інвесторів залежно від методів прийняття рішень щодо купівлі-продажу фінансового активу дозволяє генерувати часові ряди із характеристиками, властивими емпіричним даним, наприклад з «довгими хвостами» розподілів, асиметричними розподілами, кластеризацією волатильності тощо.

1. Малюгин В.И. Рынок ценных бумаг: Количественные методы анализа / Малюгин В.И. – М.: Дело, 2003. – 320 с.
2. Сергеева Л.Н. Нелинейная экономика: модели и методы: Монография/ Сергеева Л.Н. – Запорожье: Полиграф, 2003. – 218 с.
3. Brock W. A. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model / W. A. Brock, C. H. Hommes // Journal of Economic Dynamics and Control. - 1998. - № 22. - P.1235—1274.

4. Chiarella C. The dynamics of speculative behavior / Chiarella C. // *Annals of operations research*. – 1992. - № 37. – P. 669-700.
5. Frenkel M. Exchange rate dynamics with chartists, fundamentalists and rational speculators in the foreign exchange market / Frenkel M. // *International journal of business*. – 1997. - № 2. – P. 1-24.
6. Hommes C. Financial markets as nonlinear adaptive evolutionary system / Hommes C. // *Quantative finance*. – 2001. - № 1. – P. 149-167.
7. LeBaron B. Time series properties of an artificial stock market / B. LeBaron, B. Arthurs, R. Palmer // *Journal of economic dynamics and control*. – 1999. - № 23. – P. 1487-1516.
8. Lux T. Application of statistical physics in finance and economics / Lux T. // *Warwick finance research institute, Complex market working papers*. – 2006. Режим доступа: warwick.ac.uk/fac/soc/wbs/.../applications_of_statistical_physics.pdf
9. Park C-H. The profitability of technical analysis: a review / C-H. Park, S H. Irwin // *AgMAS Project Research Report*. - University of Illinois at Urbana-Champaign. – 2004. – №4. – 102 p.
10. Westerhoff F. Heterogeneous traders, price-volume signals and complex asset price dynamics / Westerhoff F: // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. - 2005. - Vol. 2005. – P. 19-29.

ASSET PRICING MODELLING IN THE FINANCIAL MARKET WITH PARTICIPATION OF DIFFERENT GROUPS OF TRADERS

L. Zomchak

*Ivan Franko National University of L'viv
Svoboda Av., 18 UA – 79008 L'viv, Ukraine
E-mail: kiber@franko.lviv.ua*

In the article the review of existing approaches to modelling of process of pricing in the financial market taking into account influence of different groups of investors is done. Behind features of trader's decision-making methods it is divided into supporters of the technical and fundamental analysis, and their influence on the price financial actives is defined by expectations of traders and their shares on the market. The modifications of models which allow to consider behavioural aspects of pricing process, in particular, so-called «effect of crowd» is offered in the article.

Key words: financial market, financial asset, homogenous traders expectations, effect of crowd, asset pricing.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ С УЧАСТИЕМ РАЗНЫХ ГРУПП ТРЕЙДЕРОВ

Л. Зомчак

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
79008, м. Львов, проспект Свободы, 18
E-mail: kiber@franko.lviv.ua*

В статье проведен обзор существующих подходов к моделированию процесса ценообразования на финансовом рынке с учетом влияния разных групп инвесторов. За

особенностями методов принятия решений трейдеров разделено на сторонников технического и фундаментального анализа, а их влияние на цену финансового актива определяется ожиданиями трейдеров и их долей на рынке. В статье предложена модификация моделей, которые позволяют учесть поведенческие аспекты процесса ценообразования, в частности, так называемый «эффект толпы».

Ключевые слова: финансовый рынок, финансовый актив, неоднородные ожидания трейдеров, эффект толпы, ценообразование активов.