

УДК 339.72

Сльозко О. О.,

к.е.н., провідний науковий співробітник,

Інститут економіки та прогнозування НАН України, м. Київ

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ

В статті аналізуються основні принципи моделювання фінансових ринків, які є локомотивом сучасної економіки. Підкреслюється, що для сучасних фінансових ринків, навіть в розвинених економіках, характерні висока волатильність і різкі переходи в динаміці, як цін на окремі активи, так і узагальнюючих ринкових індексів і індикаторів. Важко передбачувани різкі падіння цін, які призводять до масштабних негативних наслідків для всіх учасників ринку. Фінансовий ринок є складною та важко прогнозованою системою.

Ключові слова: фінансовий ринок, волатильність, агенти, ринкові індекси, моделі фінансових ринків

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

Слезко Е. А.

В статье проанализированы основные принципы моделирования финансовых рынков, которые являются локомотивами современной экономики. Подчеркивается, что для современных финансовых рынков, даже в развитых экономиках, характерны высокая волатильность и резкие переходы в динамике как цен на отдельные активы, так и обобщающие рыночные индексы и индикаторы. Сложно предвидеть резкие падения цен, которые приводят к масштабным негативным последствиям для всех участников рынка. Финансовый рынок является сложной и тяжело прогнозируемой системой.

Ключевые слова: финансовый рынок, волатильность, агенты, рыночные индексы, модели финансовых рынков.

BASIC PRINCIPLES OF MODELING OF FINANCIAL MARKETS

Slozko O.

The article analyzes the basic principles of modeling of financial markets, which are the engines of a modern economy. It is stressed that modern financial markets, even in developed economies, characterized by high volatility and sharp transitions in the dynamics of how the prices of individual assets, and summarizing market indices and indicators. It is difficult to foresee the sharp fall in prices, which lead to large scale negative consequences for all market participants. The financial market is very complex and difficult to predict the mechanism which

combines a plurality of mutually dependent processes. It can be considered from the point of view of the theory of complex systems as a system with extreme or exceptional events. This is just one of the possible examples among many other systems that show a complex organization and dynamics of such behavior. Systems with large multistage parts are often open to the environment and self-organize its internal structure and its dynamics, often accompanied by surprising macroeconomic displays.

Keywords: *financial market volatility, agents, market indices, models of financial markets.*

Постановка проблеми. Фінансовий ринок є дуже складним та важко прогнозованим механізмом, який поєднує в собі безліч залежних один від одного процесів. Його можна розглядати з точки зору теорії складних систем як систему з екстремальними або надзвичайними подіями. Під цим кутом він представляє лише один з можливих прикладів серед безлічі інших систем, що показують складну організацію і динаміку з подібною поведінкою. Системи з великими багатокаскадними частинами, часто відкриті для навколишнього середовища і самоорганізують свою внутрішню структуру і свою динаміку, що супроводжується часто дивовижними макроекономічними проявами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний прогрес в розумінні фінансових ринків був досягнутий Марковицем [1], якій висунув теорію портфелю з середнім відхиленням, Шарпом [2], з його моделлю оцінки основних фондів, Лінтнером [3], що розвинув теорію Шарпа, Мертоном, Блеком і Шоулзом [4], з теорією оцінки опціонів і хеджування, Россом з теорією оцінки арбітражних операцій, Коксом, і Россом [5] з теорією процентної ставки, і це лише найбільш значні віхи у розвитку теорії фінансових ринків. Економічні моделі відрізняються від моделей, що використовуються в природничих науках, оскільки економічні агенти повинні передбачити майбутнє.

Більшість дослідників цих явищ на ринках працюють в рамках двох підходів. Перший полягає в аналізі емпірики і пошуку чисельних методів попереднього виявлення і передбачення розвитку бульбашок. Інший підхід заснований на побудові моделей штучних ринків і виявлення чинників поведінки окремих учасників ринку, ринкового середовища в цілому і навіть екзогенних по відношенню до ринку, взаємодія яких може призвести до появи бульбашок і подальших крахів.

Мета статті. Аналіз основних особливостей існуючих підходів до моделювання фінансових ринків, на основі існуючих моделей.

Основні результати дослідження. Головна особливість складних систем полягає в можливості когерентної і широкомасштабної колективної поведінки з дуже багатою структурою, що виявляється в результаті повторюваних нелінійних взаємодій з яких складаються елементи: складна система не є лінійною сумою її компонентів. Найбільш складні системи в природних і соціальних науках демонструють рідкісне раптові переходи або екстремальні події, які відбуваються через такі інтервали часу, які є дуже малими,

порівняно з характерними масштабами часу їх подальшої еволюції. Такі надзвичайні і рідкісні події більше, ніж що-небудь інше, забезпечують можливості для кращого наукового розуміння складних систем і прихованих механізмів, керують їх динамікою. Ці переходи мають фундаментальний соціальний вплив і варіюють від великих природних катастроф, типу землетрусів, вулканічних вивержень, ураганів і торнадо, зсувів, лавин, розрядів блискавок, до збоїв інженерних структур, і нарешті, до катастроф на фінансових ринках і соціальних заворушень, що ведуть до великомасштабних зрушень та переворотів.

Рішення кожного залежить від рішення інших (стратегічна взаємозалежність) і очікувань майбутнього. Послідовне моделювання фінансових ринків залишається відкритою проблемою. Щоб дістатися до суті, нам необхідний простий математичний підхід до моделювання ринку.

Одним з таких принципів є умова відсутності арбітражних можливостей. Відсутність арбітражу має на увазі, що два актива з подібними характеристиками повинні продаватися по одній ціні, і те саме стосується цього ж активу, що продається на двох різних ринках.

Якщо ціни відмінні, виникає можливість отримати прибуток від продажу даного активу там, де він продається дорожче, і покупки там, де він продається дешевше. При наявності арбітражної можливості ціни не можуть залишатися різними довго, або ж різниця між ними повинна бути непомітна. Дана умова застосовується як першорядна умова наближення до реальності [6 - 10].

Другий важливий організуючий принцип полягає в раціональності інвесторів та інших економічних агентів. Значна частина трейдерів більшу частину часу поводить раціонально, тобто намагається оптимізувати свою стратегію, виходячи з наявної інформації. Це можна назвати "обмеженою раціональністю", оскільки наявна інформація буває неповною, і крім цього, трейдери фінансового ринку також мають обмежені можливості щодо правильної оцінки навіть наявної інформації. Крім того, інвестори не впевнені в характері і перевазі інших інвесторів на ринку. Це значить, що процес прийняття рішення по суті є "гучним", і, як наслідок, неминучий імовірнісний підхід при моделюванні фондового ринку через відсутність визначеності.

Переважаання учасників з ірраціональним поведінкою може привести до "спекулятивних бульбашок". Раціональність ринку слід розуміти в тому сенсі, що ціни активів встановлені так, як якщо б всі інвестори були раціональні. Ринок стає раціональним, якщо на ньому присутня досить багато різноманітних агентів, що діють виходячи з обмеженою інформації. А надто велика обізнаність призводить до того, що інвестори починають вірити, що зможуть обіграти ринок. Це спонукає їх витратити дуже багато часу на дослідження і укладати угоди занадто швидко на основі наявної інформації, що не покриваючи прибутком транзакційні витрати.

В одній з основних сфер моделювання бульбашок і крахів на ринках Сорнетт відзначає два фундаментальних підходу до такого моделювання. Вони обидва спираються на умова

відсутності арбітражу, щоб зв'язати доходи фінансового ринку під час бульбашок з ризиком потенційних крахів. Для моделювання динаміки цін використовується обмежена раціональність. Обидві моделі визнають важливими співіснуванням і взаємодією між двома різними групами трейдерів: «шумовими» і раціональними.

Модель, керована ризиком є розширенням моделі Бланчард і моделі Бланчард і Уотсона. У даному типі моделі виникнення бульбашок пояснюється як само організований процес «зараження» серед трейдерів, який зводить до рівноважних цін, що відрізняються від фундаментальної вартості. Важливою властивістю даної моделі є те, що крах не неминучий, і є певний шанс, що міхур не вибухне, а здується м'яко.

Модель, керована ціною. Вона також заснована на взаємодії двох різних і взаємодоповнюючих один з одним груп трейдерів. 1-я група - шумові або «стадні» трейдери. Вони своєю колективною поведінкою призводять до зростання ціни по прискореній траєкторії, забезпечуючи тим самим виникнення міхура 2-га група - раціональні інвестори. Розуміючи, що міхур не підкріплений фактами, «раціоналісти» оцінюють існування пов'язаного з ним ризику краху або серйозної корекції, яка поверне ціну до фундаментальної вартості. В даній моделі довгострокова поведінка ринку складається з ряду тимчасових інтервалів, які перемежуються з інтервалами бульбашок, які закінчуються крахами, які повертають ринок до фундаментальної вартості. Таким чином, ймовірність краху низька при незначних відхиленнях ціни від фундаментальної вартості, але вона все більше зростає по мірі зростання ціни.

На відміну від моделі, керованої ризиком, в моделі, керованої ціною, швидше сама ціна управляє коефіцієнтом ризику краху. При цьому ціна управляється наслідуванням і стадністю шумових трейдерів. Динаміка цін є стохастичною, в момент реалізації краху може характеризуватися коефіцієнтом ризику, який визначається як ймовірність в одиницю часу того, що крах відбудеться в наступний момент, якщо він ще не відбувся.

Дана модель має далекосяжні наслідки з точки зору повторення і організації крахів в часі. Кожен раз, коли випадкові блукання наближаються до обраної постійної величини, ціна злітає вгору. Згідно з умовами відсутності арбітражу спільно з раціональними очікуваннями, це сигналізує про входження ринку в небезпеку з наближається крахом.

Разом обидві ці моделі описують систему двох видів трейдерів: модель, керована ризиком - раціональних, а модель, керована ціною - шумових. Випадкове наслідувальне і стадна поведінка «шумових» трейдерів може привести до загальної кооперації і викликати крах. Обидві моделі містять в собі поняття, що ринок на тонкому самоорганізаційному і кооперативному рівні передчуває крах, залишаючи попередні процеси, які помітні на цінах досліджуваного активу. Іншими словами, мається на увазі, що ринкові ціни завжди містять в собі інформацію про наближаючи зміни.

Перехід до моделювання на рівні окремих учасників ринку - це - орієнтоване моделювання. Традиційна економічна теорія описує фінансові ринки як положення

рівноваги, що виникло у системи економічних агентів, які діють раціонально, спираючись на однакову інформацію. Ідея агентно-орієнтованих моделей передбачає кооперацію агентів при колективному вирішенні завдань. У багатоагентній системі агент, який не здатний розв'язати певну задачу самостійно, може звернутися до інших агентів.

Інший варіант, коли необхідна кооперація - це використання колективу агентів для вирішення однієї загальної складного завдання. При цьому агенти будують плани дій, ґрунтуючись вже не тільки на своїх можливостях, але і пропонують плани і наміри інших агентів. Використання ідеї колективної поведінки призводить до ряду проблем. Серед них слід виділити такі проблеми, як: формування спільних планів дій, можливість врахування інтересів компаньйонів агента, синхронізація спільних дій, наявність конфліктуючих цілей, наявність конкуренції за спільні ресурси, організацію переговорів про спільні дії, розпізнавання необхідності кооперації, вибір підходящого партнера, навчання поведінки в колективі, декомпозиція задач і поділ обов'язків, правила поведінки в колективі, спільні зобов'язання.

Моделі, що описують ринок за допомогою великого числа агентів, називаються агентно-орієнтованими моделями (agent based models). Так як механізм фінансових ринків складний і недостатньо вивчений, можна лише говорити про інтерпретацію систем, які визначаються агентно-орієнтованими моделями, в термінах фінансового ринку.

Переваги конкретної моделі визначаються не схожістю їх правил на реальний механізм, а проявом статистичних закономірностей.

Модель Кіма і Марковіца розроблена в 1989 році вважається однією з перших сучасних агентних моделей фінансового ринку. Мотивація для створення цієї моделі з'явилася після краху фондового ринку в 1987 році. Основна увага в дослідженні приділялася вивченню взаємозв'язку між стратегіями інвестиційного портфеля і волатильністю ринку.

Висновок. Переваги конкретної моделі визначаються не схожістю їх правил на реальний механізм, а проявом статистичних закономірностей. Збалансовані агенти є всього лише споживчої масою на фінансовому ринку. Виникнення фінансових бульбашок і наступних крахів, може бути спровоковано лише значною часткою портфельних інвесторів на ринку і їх згубної обраної стратегії. Штучний ринок можна порівняти з величезним механізмом, який невпинно проводить голосування серед агентів. У світлі роботи такої системи, «інвестори-одинаки» вірять в справедливість поточної ціни. У реальному житті, наприклад в США, функції регулятора валютного ринку виконує «Комісія з ф'ючерсної торгівлі товарами». На вітчизняних «Форекс просторах» не існує офіційного регулюючого пристрою.

1. Markowitz H.M. *Portfolio Selection* / H.M. Markowitz // *Journal of Finance*. – 1952. – № 1.

2. Sharpe W.F. *Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk* / W.F. Sharpe // *Journal of Finance*. – 1964. – 19 (3).

3. Lintner J. *The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets* / J. Lintner // *Review of Economics and Statistics*. – 1965. – 47 (1).
4. Fisher B. *The Pricing of Options and Corporate Liabilities* / B. Fisher, S. Myron // *The Journal of Political Economy*. – 1973. – Volume 81, Issue 3.
5. Cox J. C. *A Theory of the Term Structure of Interest Rates* / J. C. Cox, J. E. Ingersoll, S. A. Ross, 1985.
6. Johansen A. *Critical crashes* / A. Johansen, D. Sornette // *Risk*. – 1999. – 12 (1).
7. Johansen A. *Crashes as critical points* / A. Johansen, O. Ledoit, D. Sornette // *International Journal of Theoretical and Applied Finance*. – 2000. – № 3.
8. Johansen A. *Predicting financial crashes using discrete scale invariance* / A. Johansen, D. Sornette, O. Ledoit // *Journal of Risk*. – 1999. – № 1.
9. Sornette D. *Significance of log-periodic precursors to financial crashes* / D. Sornette, A. Johansen // *Quantitative Finance*. – 2001. - № 1.
10. Sornette D. *Why Stock Markets Crash* / D. Sornette. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.

Стаття надійшла до редколегії 04.09.2016 р.