

В.В. Глушевський, канд. екон. наук, доцент,
О.М. Ісаєнко, канд. техн. наук, доцент,
О.О. Ісаєнко, магістрант спеціальності економічна
кібернетика,
Запорізька державна інженерна академія

КОНЦЕПЦІЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФІНАНСОВИХ АКТИВІВ

АНОТАЦІЯ. Запропоновано новий підхід до аналізу фінансових інструментів, який полягає у тому, що урахування їх динамічних властивостей та взаємозв'язок основних показників торгів здійснюється на основі диференціальних рівнянь руху активів та нерозривності фінансових потоків торгів, і який відкриває нові перспективи у моделюванні на їх основі системних характеристик активів та побудові системи динамічних і статичних індикаторів якості фінансових інструментів з метою обґрунтування інвестиційних рішень.

ABSTRACT. The new going is offered near the analysis of financial instruments, which consists in that account of them dynamic properties and intercommunication of basic indexes of auctions is carried out on the basis of differential equations of motion of assets and unbreak of financial streams of auctions; a design on their basis of system descriptions of assets and construction of the system of dynamic and static indicators of quality of financial instruments is with the purpose of ground of investment decisions.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Системні характеристики, ефективність, надійність, еластичність, інерційність, фондовий ринок, фінансовий актив, рівняння руху та нерозривності, прогнозування, прийняття рішень.

Сучасний фондовий ринок є складною соціально-економічною системою, якій притаманні динамічність, значний вплив зовнішнього оточення та антропогенного фактору, неповнота і асиметричність одержуваної його суб'єктами інформації.

Фінансовий актив (цінний папір — ЦП) як елемент фондового ринку і економічна категорія має три фундаментальні властивості: здатність до віддачі вкладених коштів, мінливість та інерційність. Мінливість та інерційність активу породжується багатьма факторами фондового ринку, зокрема, структурою та поведінкою учасників ринку, неоднорідністю їх очікувань, кон'юнктурою ринку, фінансово-економічним станом фірм-емітентів та їх інвестиційною привабливістю тощо. Мінливість в умовах невизначеності призводить до виникнення і збільшення економічного ризику, інерційність, навпаки, знижує ризик. У таких умовах оцінка якості фінансових інструментів, прийняття рішень про інвестування в них є складним завданням.

На сьогоднішній день існують, принаймні, два альтернативних підходи до аналізу фінансових інструментів — фундаментальний та технічний аналіз, що визначають сутність класичної парадигми прийняття рішень про розміщення фінансових активів [1, 2].

Фундаментальний аналіз передбачає аналіз макроекономічних і мікроекономічних факторів з метою виявлення недооцінених ринком ЦП. Вважається, що ринкова ціна активу не залежить від змін на фондовому ринку і буде у подальшому прямувати до фундаментальної, яка визначається економічними факторами. В основі цього підходу лежить положення про абсолютну інерційність фінансового інструменту по відношенню до збурень фондового ринку [3].

Об'єктом вивчення технічного аналізу є курсова динаміка різноманітних характеристик фінансового активу, тобто вивчення його мінливості. Технічний аналіз виходить з припущення, що курсова динаміка враховує все, що може на неї впливати, і ґрунтується на виявленні та дослідженні закономірностей зміни курсу. В основі цього підходу лежить положення про абсолютну неінерційність фінансового інструменту, тобто курсова динаміка миттєво реагує на будь-які зміни інформації на фондовому ринку [4].

Таким чином, можна виділити основні недоліки традиційного підходу до інвестування, що базується на фундаментальному та технічному аналізі:

1. Фундаментальний та технічний аналіз відрізняються підходами до оцінки властивостей фінансового інструменту і, як наслідок, результати фундаментального і технічного аналізу, як правило, відрізняються.

2. Технічний аналіз вивчає динаміку окремих характеристик фінансового активу без урахування їх взаємозв'язку, тобто, по суті, він є одномірним.

3. Фундаментальний аналіз не враховує загальноекономічних принципів встановлення рівноваги на фондовому ринку. Тобто не враховує те положення, що рух числових характеристик фінансових активів відбувається під впливом надлишкового попиту трейдерів фінансового ринку.

Невизначеність і динамічність зовнішнього середовища суттєво ускладнює процес управління інвестиціями, оскільки вимагає врахування цінності інформації, можливості реагування фінансових інструментів на різноманітні збурення і корегування інвестиційних рішень. Усе це зумовлює необхідність моделювання еко-

номічних систем на основі нових методологічних підходів, до яких, зокрема, відноситься авторська концепція системних характеристик. Моделюванню і використанню системних характеристик в умовах ринкової економіки присвячені, зокрема, роботи [5—7]. У наведених роботах досліджуються такі системні характеристики прийняття управлінських рішень, як маневреність, інерційність, еластичність, надійність, напруженість, адаптивність, життєздатність, стійкість, гнучкість та інші. У запропонованому підході системні характеристики фінансових інструментів є індикаторами їх якості.

Основна ідея запропонованого авторського підходу до аналізу фінансових інструментів полягає у тому, що урахування їх динамічних властивостей і взаємозв'язок основних показників торгів здійснюється на основі диференційних рівнянь руху активів і нерозривності фінансових потоків, моделювання на їх основі системних характеристик активів і побудови системи динамічних і статичних індикаторів якості фінансових інструментів з метою обґрунтованого прийняття інвестиційних рішень. Концепцію такого аналізу якості фінансових інструментів відображено на рис. 1 у формі концептуальної моделі. Розглянемо детальніше зміст та призначення блоків даної концептуальної моделі.

Блок формування інформації — вхідний структурний елемент концептуальної моделі, основне призначення якого збір, накопичення і структурування первинної інформації про досліджуваний об'єкт — фінансовий актив (ЦП) фондового ринку — з метою подальшого її використання в модельних процедурах.

Торги за ЦП на фондовій біржі характеризуються наступними показниками:

- x_1 — ціна котирування, грн;
- x_2 — обсяг торгівлі, одиниць;
- x_3 — серед, %;
- x_4 — обсяг заявок на купівлю, одиниць;
- x_5 — обсяг заявок на продаж, одиниць;
- x_6 — максимальна ціна покупки, грн;
- x_7 — мінімальна ціна продажу, грн.

Значення цих показників у часі формують динамічні часові ряди:

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t), x_5(t), x_6(t), x_7(t)), t \in [1, T], \quad (1)$$

де T — довжина спостережуваних часових рядів.

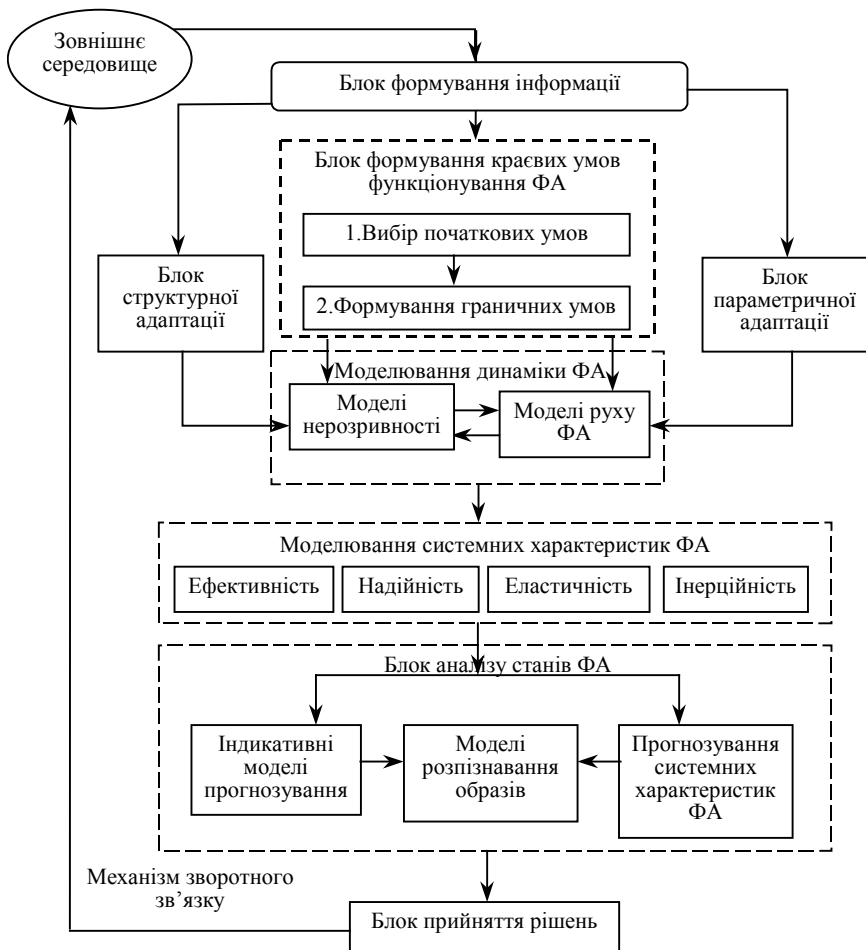


Рис. 1. Концепція моделювання системних характеристик фінансових активів

Цільова спрямованість даного блоку полягає у виділенні груп найбільш інформативних показників, які можуть бути покладені в основу моделювання. У теорії і практиці моделювання виділяють дві групи змінних: змінні, що характеризують стан об'єкта — змінні стану, і динамічні характеристики, що залежать від стану об'єкта — функції стану. Останні можуть бути визначені через змінні стану об'єкта. Кількість змінних стану визначається розмірністю задачі.

Виділення груп показників засноване на порівнянні їх інформаційної цінності та економічної інтерпретованості базового ознакового простору. Показники x_6, x_7 можуть бути виключені з аналізу, оскільки їхня інформаційна цінність не вище, ніж інформаційність показника x_3 — спреда. Тим самим знижується розмірність ознакового простору, що розглядається.

Виділення змінних стану пропонуємо здійснювати в три етапи. На першому розраховується абсолютна цінність j -го показника, характеристикою якої є коефіцієнт варіації:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{x_j}, \quad (2)$$

де σ_j — середньоквадратичне відхилення j -ї ознаки;
 $\overline{x_j}$ — середнє значення j -ї ознаки.

На другому етапі розраховується відносна інформаційна цінність, яка визначається як відношення цінності j -го показника до загальної сукупності ознак:

$$\mu_j = v_j / \sum v_j. \quad (3)$$

На третьому етапі здійснюється ранжування показників з інформаційної цінності та проводиться аналіз економічної інтерпретованості базового простору змінних. При цьому можна виділити три основні базові моделі трьохмірного фазового простору стану фінансового активу для різних видів ринків («бичачий», «ведмежий», «з боковим трендом»).

«Бичачий» ринок характеризується зростанням попиту і ціни на фінансовий актив. Інформаційна цінність цих показників найбільша. Для цього ринку показники x_1, x_3, x_4 є змінними стану, а показники $x_2(x_1, x_3, x_4)$ і $x_5(x_1, x_3, x_4)$ — функціями стану.

«Ведмежий» ринок характеризується зростанням пропозиції та зменшенням ціни на фінансовий актив. Інформаційна цінність цих показників найбільша. Для цього ринку показники x_1, x_3, x_5 є змінними стану, а показники $x_2(x_1, x_3, x_5)$ і $x_4(x_1, x_3, x_5)$ — функціями стану.

Для стабільного ринку змінними стану будуть x_1, x_2, x_3 , а функціями стану — $x_4(x_1, x_2, x_3)$ і $x_5(x_1, x_2, x_3)$.

На рис. 2 показано розташування фінансового активу А у фазовому просторі та його елементи для різних типів ринків. Економічна інтерпретація елементів простору виділених ознак базових моделей полягає у наступному.

Модель тримірного фазового простору для «бичачого ринку»:

— вісь x_1 — ціна котирування;

— вісь x_4 — обсяг заявок на купівлю;

— вісь $x_3 = \frac{(x_6 - x_7)}{x_1} \cdot 100\%$ — спред;

— площа В: $x_1 \cdot x_3 = x_6 - x_7$ — розрив у ціні активу;

— площа С: $x_3 \cdot x_4$ — ліквідність попиту;

— площа D: $x_1 \cdot x_4$ — обсяг попиту (грош. од.);

— об'єм ABCD: $x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 = (x_6 - x_7) \cdot x_4$ — маржинальний спекулятивний дохід купівлі.

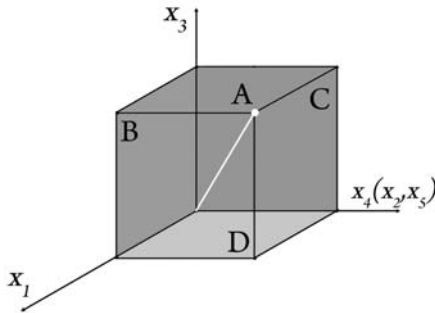


Рис. 2. Елементи фазового простору фінансового активу А

Модель тримірного фазового простору для «ведмежого ринку»:

— вісь x_1 — ціна котирування;

— вісь x_5 — обсяг заявок на продаж;

— вісь $x_3 = \frac{(x_6 - x_7)}{x_1} \cdot 100\%$ — спред;

— площа В: $x_1 \cdot x_3 = x_6 - x_7$ — розрив у ціні активу;

— площа С: $x_3 \cdot x_5$ — ліквідність продаж;

— площа D: $x_1 \cdot x_5$ — обсяг пропозиції (грош. од.);

— об'єм ABCD: $x_1 \cdot x_3 \cdot x_5 = (x_6 - x_7) \cdot x_5$ — маржинальний спекулятивний дохід продаж.

Модель тримірного фазового простору для стабільного ринку:

— вісь x_1 — ціна котирування;

— вісь x_2 — обсяг торгівлі;

— вісь $x_3 = \frac{(x_6 - x_7)}{x_1} \cdot 100\%$ — спред;

- площа В: $x_1 x_3 = x_6 - x_7$ — розрив у ціні активу;
- площа С: $x_2 \cdot x_3$ — ліквідність торгів;
- площа D: $x_1 \cdot x_2$ — обсяг торгів (грош. од.);
- об'єм ABCD: $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 = (x_6 - x_7) \cdot x_2$ — маржинальний спекулятивний дохід торгівлі.

Для здійснення прогнозу модельованих змінних стану і динамічних характеристик фінансових активів на інтервалі $[T, T + \tau]$ повинні бути задані початкові і граничні умови. Ці задачі вирішуються у блоці «Формування крайових умов функціонування фінансового активу» і визначають цільову спрямованість даного блоку.

Позначимо змінні стану через u_1, u_2, u_3 , а динамічні характеристики, віднесені до одиниці об'єму фазового простору (питомі функції стану), через $w_1(u_1, u_2, u_3, t)$, $w_2(u_1, u_2, u_3, t)$.

Динамічні характеристики стану фінансового активу $w_1(u_1, u_2, u_3, t)$ і $w_2(u_1, u_2, u_3, t)$ є багатомірними випадковими процесами. Вибір початкових умов для цих характеристик пропонуємо здійснювати в два етапи:

— відображення випадкових реалізацій $w_1(t)$, $w_2(t)$ довжиною T на фазовий простір:

$$\begin{aligned} w_1(t) &\rightarrow w_1(u_1, u_2, u_3), \\ w_2(t) &\rightarrow w_2(u_1, u_2, u_3); \end{aligned} \quad (4)$$

— осереднення багатомірних випадкових величин у кожній точці фазового простору:

$$\begin{aligned} w_1(\tau = 0) &= \langle w_1(u_1, u_2, u_3) \rangle, \\ w_2(\tau = 0) &= \langle w_2(u_1, u_2, u_3) \rangle. \end{aligned} \quad (5)$$

У даному блоці осереднені характеристики $\langle w_1(u_{1n}, u_{2m}, u_{3k}) \rangle$, $\langle w_2(u_{1n}, u_{2m}, u_{3k}) \rangle$ розраховуються у вузлах сітки фазового простору. Сітка будується в області

$U = \{u_1, u_2, u_3 | u_{1\min} \leq u_1 \leq u_{1\max}; u_{2\min} \leq u_2 \leq u_{2\max}; u_{3\min} \leq u_3 \leq u_{3\max}\}$ значень змінних стану з кроками $\Delta u_1, \Delta u_2, \Delta u_3$. Координати вузлів сітки $u_{1n} = u_{1\min} + n\Delta u_1$, $u_{2m} = u_{2\min} + m\Delta u_2$, $u_{3k} = u_{3\min} + k\Delta u_3$, де n, m, k — цілі числа. Розраховані осереднені характеристики у вигляді масивів $\langle w_1(n, m, k) \rangle$, $\langle w_2(n, m, k) \rangle$ є початковими умовами для знаходження прогнозних значень питомих функцій стану в блоці «Модельовання динаміки фінансових активів».

Граничні умови для даної задачі прогнозування тривіальні і відповідають умові відсутності фазових потоків через координатні поверхні:

$$\frac{du_j}{d\tau}(u_j = 0) = 0, j=1, 2, 3. \quad (6)$$

Блок «*Моделювання динаміки фінансових активів*» містить у собі систему взаємопов'язаних економіко-математичних моделей руху фінансових активів і нерозривності фазових потоків.

Рівняння руху задаються системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{du_j}{d\tau} = f_j(\bar{a}, u_1, u_2, u_3, \tau), j=1, 2, 3, \quad (7)$$

де u_1, u_2, u_3 — осереднені значення змінних стану,
 \bar{a} — вектор параметрів системи.

У загальному випадку права частина рівнянь (7) нелінійна і нестационарна. З урахуванням початкових умов $u_1(\tau = 0)$, $u_2(\tau = 0)$, $u_3(\tau = 0)$, рівняння руху (7) дозволяють змоделювати у часі еволюцію ціни котирування, спреда, обсягу торгів або інших змінних стану фінансового стану активу.

Рівняння нерозривності є балансом фінансових потоків при торгівлі фінансовим активом і у диференціальній формі ці рівняння мають вигляд:

$$\frac{\partial w_1}{\partial \tau} = -\text{div}(w_1 \vec{V}), \quad (8)$$

$$\frac{\partial w_2}{\partial \tau} = -\text{div}(w_2 \vec{V}),$$

де div — символ дивергенції,

w_1, w_2 — питомі функції стану фінансового активу,

$\vec{V}(\frac{du_1}{d\tau}, \frac{du_2}{d\tau}, \frac{du_3}{d\tau})$ — вектор швидкості руху фінансового активу у фазовому просторі.

Економічний зміст рівнянь (8) полягає у тому, що зміни у попиті, пропозиції або інших динамічних характеристиках в одиниці об'єму фазового простору за одиницю часу дорівнює їх сумарному потоку, що проходить через замкнену довільну поверхню в околі точки (u_1, u_2, u_3) за цей час.

З урахуванням початкових умов (5) рівняння нерозривності дозволяють здійснювати прогноз питомих динамічних характе-

ристик фінансового активу у будь-якій точці області U фазового простору, у тому числі, у точці $u_1(\tau=0), u_2(\tau=0), u_3(\tau=0)$ при $\tau > 0$.

Очевидно, що зміни функцій стану фінансового активу відбуваються за рахунок зміни скалярних функцій $Vu_1 = \frac{du_1}{d\tau}$, $Vu_2 = \frac{du_2}{d\tau}$,

$Vu_3 = \frac{du_3}{d\tau}$ — швидкостей зміни ціни котирування, спреду, обсягу торгів або інших змінних стану на границі виділеного об'єму. Тому знаходження цих функцій у вигляді (7) є важливим проміжним етапом прогнозування попиту, пропозиції або інших динамічних характеристик активу на торгах. З іншого боку, згідно відомих функцій стану може бути розраховано поле швидкостей змінних стану шляхом інтегрування рівнянь (8). У цьому полягає сутність взаємозв'язку рівнянь руху і нерозривності.

Параметри $\bar{a}(a_1, a_2, \dots, a_k)$ необхідно розглядати як такі, що оптимізуються. Налаштування параметрів здійснюється внутрішнім адаптером в «Блоці параметричної адаптації» за результатами обчислювального (імітаційного) експерименту за даними з блоку формування інформації.

Зовнішній адаптер у «Блоці структурної адаптації» виконує функцію регулятора, який за результатами оцінки інформаційної цінності показників торгів у блоці «формування інформації» обирає той чи інший вид моделей (7, 8) для різних типів ринку. Тим самим здійснюється структурна адаптація моделей руху і нерозривності.

Контур «Моделювання системних характеристик фінансових активів» містить у собі чотири блока, основним призначенням яких є розрахунок характеристик, які найбільш повно відображають властивості фінансових інструментів: ефективність, надійність, еластичність, інерційність. Відкритість даного контуру дає можливість доповнення його іншими системними характеристиками.

Під ефективністю будемо розуміти очікуваний результат віддачі вкладених коштів. Показником ефективності доцільно обрати середню величину віддачі за період τ :

$$\bar{r} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} r(t) dt = \frac{1}{\tau} \ln \frac{x_1(\tau)}{x_1(0)}, \quad (9)$$

де $r(t) = \frac{1}{x_1} \frac{dx_1}{dt}$ — миттєва віддача активу;

x_1 — ціна активу;

\bar{r} — норма віддачі за період τ .

Під надійністю будемо розуміти певну ступінь можливості досягнення очікуваної віддачі за період τ :

$$N = 1 - \frac{\sigma_r}{\bar{r}}, \quad (10)$$

де σ_r — середньоквадратичне відхилення віддачі.

Чутливість функції стану на зміну основних факторів (змінних стану) будемо вимірювати коефіцієнтом еластичності:

$$E_{ij} = \frac{\Delta w_i / w_i}{\Delta u_j / u_j}, \quad (11)$$

де w_i — значення функції стану;

u_j — значення змінної стану;

Δw_i — зміна функції стану;

Δu_j — зміна фактору стану.

Під інерційністю фінансового інструменту будемо розуміти ступінь спротиву змінам під впливом зовнішніх факторів. Інерційність будемо вимірювати індикаторами:

$$I_j = \frac{\Delta u_j(0) \cdot \tau}{w_i(\tau) - w_i(0)}. \quad (12)$$

Розраховані значення системних характеристик створюють інформаційний простір для стратегічного і тактичного аналізу якості фінансових інструментів на прогнозований період. Блок «Аналізу стану фінансового активу» містить у собі: комплекс економіко-математичних моделей, призначених для прогнозування системних характеристик; комплекс дискримінантних функцій для прогнозування діапазонів станів фінансового активу; індикативні моделі прогнозування.

Інформаційний потік, який генерується у блоці «Аналізу станів фінансового активу», подається на вхід у блок «Прийняття рішень», основним призначенням якого є генерація остаточної стратегії інвестора залежно від його цілей і сподівань щодо майбутніх тенденцій фондового ринку.

Висновки. Основні наукові та практичні результати, що отримані у роботі, полягають у наступному:

1. Проведено аналіз існуючих методів та моделей прогнозування динамічних характеристик фінансових активів, який підтвердив необхідність удосконалення й розвинення відомих, а та-

кож розробки нових економіко-математичних методів та моделей, які б враховували фундаментальні властивості ФА: здатність до віддачі, мінливість, еластичність та інерційність.

2. Розроблено концепцію моделювання системних характеристик фінансових інструментів фондового ринку, яка відрізняється від існуючих тим, що взаємозв'язок між головними показниками торгів досліджується на основі диференціальних рівнянь руху активу та нерозривності фінансових потоків торгів з урахуванням загальноекономічних принципів функціонування ринків. Це виступатиме теоретичним підґрунтям щодо розробки системи динамічних і статичних індикаторів якості фінансових інструментів на основі модельованих системних характеристик при прийнятті обґрунтованих інвестиційних рішень.

3. Сконструйовано три основні базові моделі тривимірного фазового простору стану ФА для різних видів ринків: «бичачого», «ведмежого», «з боковим трендом», в основу яких покладено найбільш інформативні показники торгів — змінні стану ФА.

4. Запропоновано виділяти змінні та функції стану ФА на основі розрахунків відносної інформаційної цінності показників торгів.

Література

1. Глуцевський В.В. Концепція адаптивного управління інвестиційним портфелем трейдера Першої фондової торгової системи // Моделювання та інформаційні системи в економіці: Зб. наук. праць / Відп. ред. В.К. Галіцин. — К.: КНЕУ, 2008. — Вип. 77. — С. 153—170.

2. Порохня В.М., Глуцевський В.В. Математична модель прийняття рішення щодо розміщення фінансових ресурсів на фондовому ринку України // Економіка: проблеми теорії та практики. Міжвузівський збірник наукових праць. — Вип. 19. — Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. — С. 30—39.

3. Фундаментальный анализ финансовых рынков / Под общ. ред. Кияницы А. — СПб.: Питер, 2005. — 288 с.

4. Гитман Л. Дж., Джонс М.Д. Основы инвестирования. Пер. с англ. — М.: Дело, 1997. — 1008 с.

5. Вітлінський В.В., Наконечний С.І. Ризик у менеджменті. — К.: ТОВ «Борисфен-М», 1996. — 326 с.

6. Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Шаранов О.Д. Економічний ризик і методи його вимірювання: Підручник. — К.: ІЗМН, 1996. — 400 с.

7. Полякова О.Ю., Милов А.В. Моделирование системных характеристик экономики: Учебное пособие. — Х.: Издательский Дом «ИН-ЖЕК», 2004. — 296 с.

Стаття надійшла до редакції 24.10.2011 р.