

УДК 519.86

**І. М. Назарага**, аспірант

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

**ПОВЕДІНКОВА МОДЕЛЬ ТА МОДЕЛЬ ПОРТФЕЛЯ АКТИВІВ  
ВИЗНАЧЕННЯ ОБМІННОГО КУРСУ В УМОВАХ ЕКОНОМІКИ  
УКРАЇНИ**

У статті розглянуто поведінкову модель та модель портфеля активів визначення обмінного курсу грн. / долар США з метою перевірки можливості їх практичного застосування в умовах української економіки. Вказані моделі були записані у прийнятному для оцінювання вигляді. Проведено оцінювання параметрів моделей та статистичну перевірку основних гіпотез за використання даних економік України та США. Ідентифікація параметрів здійснювалася методом найменших квадратів, а для перевірки гіпотез у лінійній регресії використано критерії згоди із статистиками, які мають  $F$ -розподіл чи  $t$ -розподіл Ст'юдента.

**Ключові слова:** *поведінкова модель, модель портфеля активів, обмінний курс.*

Обмінний курс є одним із основних показників, що широко використовуються в макроекономічному моделюванні та прогнозуванні (див., наприклад, [1—4]). Без надійного прогнозування валютного курсу неможливо правильно оцінювати результати зовнішньоекономічної діяльності, визначати імпорتنі та експортні ціни, планувати витратну та дохідну частини бюджету.

Для знаходження обмінного курсу існують різні моделі, в залежності від урахування факторів, які на нього впливають. Найпоширенішими моделями є наступні: модель паритету купівельної спроможності, модель паритету відсоткових ставок, монетарні моделі, модель Манделла-Флемінга, моделі портфеля активів, поведінкові моделі.

Зауважимо, що у роботах [5—6] проведено дослідження моделей паритету купівельної спроможності, моделей паритету відсоткових ставок та монетарних моделей, яке показало, що вказані моделі є неадекватними для обчислення обмінного курсу гривня/долар США в умовах української економіки. Тому у статті розглянуто поведінкову модель обчислення обмінного курсу та модель портфеля активів з метою з'ясування можливості їх використання для економіки України.

**1. Модель портфеля активів**

У моделях портфеля активів припускається, що паритет відсоткових ставок не виконується, внутрішні та іноземні активи не є абсолютними заміниками, обмінний курс впливає на ціну активів. Різні

варіанти портфельних моделей описано, наприклад, у [3, с. 194—197; 7, с. 29—36].

У загальному модель портфеля активів можна представити рівнянням [7, с. 65]:

$$\ln(e_t) = \beta_1 m_t + \beta_2 b_t + \beta_3 f_t + \beta_4 (i_{z,t,k} + (\ln e_{t+k} - \ln e_t) / \ln e_t) + \beta_5 y_t, \quad (1)$$

в якому  $\beta_1 > 1$ ,  $\beta_2 > 0$ ,  $\beta_3 < 0$ ,  $\beta_4 > 0$ ,  $\beta_5 < 0$ , — коефіцієнти,  $\ln e_t$  — логарифм номінального обмінного курсу в момент  $t$ ,  $\ln e_{t+k}$  — логарифм номінального обмінного курсу на час  $t+k$ ,  $i_{z,t,k}$  — відсоткова ставка за депозитами для іншої країни в момент часу  $t$  на період  $k$ ,  $m_t$  — логарифм грошової маси,  $b_t$  — логарифм внутрішніх активів,  $f_t$  — логарифм іноземних активів,  $y_t$  — логарифм реального вітчизняного ВВП.

## 2. Поведінкова модель

Поведінкову модель можна розглядати як деяку загальну модель, що включає ефект Balassa-Samuelson (урахування відносної ціни неторговельних товарів), модель різниці реальних відсоткових ставок [5]—[6], премію за ризик, пов'язану з державним боргом, і додатково — елемент моделі портфеля активів, який виникає при різних значеннях чистих іноземних активів. Таким чином, побудована модель є однією з домінантних для пояснення коливань обмінного курсу в середньостроковій перспективі, особливо в контексті політичних питань.

У номінальному вираженні [7, с. 63—65] остаточне рівняння моделі можна записати в наступному вигляді:

$$\ln(e_t) = (p_t - p_{z,t}) + \alpha(w_t - w_{z,t}) + \beta(r_t - r_{z,t}) + \gamma(g_{-} p_t - g_{-} p_{z,t}) + \eta tot_t + \mu nfa_t, \quad (2)$$

де  $p_t$  — логарифм рівня цін,  $p_{z,t}$  — логарифм рівня цін іншої держави,  $w_t$  — відносна ціна неторговельних товарів (праця, послуги),  $w_{z,t}$  — відносна ціна неторговельних товарів іншої держави,  $r_t$  — реальна відсоткова ставка,  $r_{z,t}$  — реальна відсоткова ставка іншої держави,  $g_{-} p_t$  — відношення боргу уряду до ВВП,  $g_{-} p_{z,t}$  — відношення боргу уряду до ВВП іншої держави,  $tot_t$  — логарифм умов торгівлі (terms of trade),  $nfa_t$  — чисті іноземні активи,  $\alpha < 0$ ,  $\beta < 0$ ,  $\gamma > 0$ ,  $\eta < 0$ ,  $\mu < 0$  — коефіцієнти.

## 3. Рівняння лінійної регресії для описаних моделей

Розглянуті вище моделі (1), (2) були записані у прийнятному для оцінювання вигляді. За змістом досліджувані моделі вкладаються у схему лінійної регресії.

Зокрема, рівняння лінійної регресії для моделі портфеля активів (1):

$$\ln(e_t) = \beta_0 + \beta_1 m_t + \beta_2 b_t + \beta_3 f_t + \beta_4 (i_{z,t,k} + (\ln e_{t+k} - \ln e_t) / \ln e_t) + \beta_5 y_t + u_t, \quad (3)$$

а узагальнене рівняння для поведінкової моделі (2):

$$\ln(e_t) = \beta_0 + \beta_1 (p_t - p_{z,t}) + \beta_2 (w_t - w_{z,t}) + \beta_3 (r_t - r_{z,t}) + \beta_4 (g - p_t - g - p_{z,t}) + \beta_5 tot_t + \beta_6 nfa_t + u_t, \quad (4)$$

де  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$  — параметри,  $u_t$  — похибка, а інші змінні описано вище.

#### 4. Основні гіпотези для досліджуваних моделей та їх перевірка

У моделях (3)—(4) різним значенням коефіцієнтів  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$  відповідають різні економічні ситуації.

Зокрема, якщо у (3)  $\beta_0 = 0, \beta_1 > 1, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0, \beta_4 > 0, \beta_5 < 0$ , то отримаємо модель портфеля активів (1). Аналогічно, якщо у моделі (4) значення коефіцієнтів:  $\beta_0 = 0, \beta_1 = 1, \beta_2 < 0, \beta_3 < 0, \beta_4 > 0, \beta_5 < 0, \beta_6 < 0$ , то отримаємо поведінкову модель (2).

Тому для (3)—(4) важливо перевірити основні припущення (гіпотези) щодо значень коефіцієнтів за довірчої імовірності  $\beta_c$ , тобто:

1.  $\beta_0 = 0$ ,
2.  $\beta_1 = 1$ ,
3.  $\beta_i > 0$ ,
4.  $\beta_i < 0$ .

Задача перевірки гіпотез таких типів у лінійній регресії

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{p-1} x_{p-1} + u \quad (5)$$

здійснюється засобами математичної статистики із використанням критеріїв згоди.

Структура кожного з критеріїв згоди така:

- 1) будується статистика  $G$  критерію згоди, що за виконання припущень гіпотези має стандартний розподіл;
- 2) за довірчої імовірності  $\beta_c$  будується довірча область  $D_{\beta_c}$ ;
- 3) гіпотеза приймається, якщо  $G \in D_{\beta_c}$  і відхиляється, якщо  $G \notin D_{\beta_c}$ .

Ідентифікація параметрів для кожної із описаних моделей здійснювалася методом найменших квадратів, для перевірки гіпотез перших двох типів у лінійній регресії (5) використано критерій згоди зі статистикою, яка має  $F$ -розподіл, для перевірки гіпотез інших двох

типів застосовується критерій згоди із використанням статистики, яка має  $t$ -розподіл Ст'юдента.

#### 4.1. Перевірка гіпотез $\beta_0 = 0$ та $\beta_1 = 1$

1. За довірчої ймовірності  $\beta_c$  будується статистика  $G$ , яка має  $F$ -розподіл:

$$G = \frac{(RSS_H - RSS) / q}{RSS / (n - p)},$$

де  $RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_1^i - \dots - \hat{\beta}_{p-1} x_{p-1}^i)^2$  — залишкова сума квадратів,  $RSS_H$  — залишкова сума квадратів за виконання припущень гіпотези,  $p$  — кількість параметрів,  $q$  — кількість припущень у  $H_0$ ,  $n$  — кількість спостережень.

##### Зауваження:

Для перевірки  $H_0: \beta_0 = 0$

$$RSS_H = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_1 x_1^i - \dots - \hat{\beta}_{p-1} x_{p-1}^i)^2,$$

а для перевірки гіпотези  $H_0: \beta_1 = 1$

$$RSS_H = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - x_1^i - \dots - \hat{\beta}_{p-1} x_{p-1}^i)^2.$$

$$2. D_{\beta_c} = \left( \frac{1}{F_{n-p, q, \frac{1-\beta_c}{2}}}; F_{q, n-p, \frac{1-\beta_c}{2}} \right),$$

де  $\frac{1}{F_{n-p, q, \frac{1-\beta_c}{2}}}$  — нижня критична величина для  $F$ -розподілу рівня

значущості  $\frac{1-\beta_c}{2}$ ,  $F_{q, n-p, \frac{1-\beta_c}{2}}$  — верхня критична величина для  $F$ -

розподілу рівня значущості  $\frac{1-\beta_c}{2}$ .

#### 4.2 Перевірка гіпотез $\beta_i > 0$ та $\beta_i < 0$

Для перевірки гіпотези  $H_0: \beta_i > 0$ :

1. статистика критерію згоди:  $G = \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$ ,

2.  $D_{\beta_c} = (-t_{n-p, 1-\beta_c}; +\infty)$ ,

де  $-t_{n-p, 1-\beta_c}$  — нижня критична величина для  $t$ -розподілу рівня значущості  $1 - \beta_c$ ,  $\tilde{x}_{ii}$  —  $i$ -й діагональний елемент матриці  $(X^T X)^{-1}$ ,  $X$  —

матриця спостережень,  $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{RSS}{n-p}}$  — середньоквадратичне відхилення.

**Твердження:**

Якщо для перевірки гіпотези  $H_0: \beta_i > 0$  замість статистики

$G = \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$  взяти  $\tilde{G} = \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$  і  $\tilde{G} \in D_{\beta_c}$ , то і  $G \in D_{\beta_c}$ .

**Доведення:**

$$\beta_i > 0, \tilde{G} \in D_{\beta_c} \Leftrightarrow \beta_i > 0, \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}} \in (-t_{n-p, 1-\beta_c}; +\infty) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -t_{n-p, 1-\beta_c} < \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}} < \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}} \Rightarrow \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}} \in (-t_{n-p, 1-\beta_c}; +\infty) \Leftrightarrow G \in D_{\beta_c}$$

Для перевірки гіпотези  $H_0: \beta_i < 0$

1) статистика критерію згоди  $G = \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$

2)  $D_{\beta_c} = (-\infty; t_{n-p, 1-\beta_c})$

де  $t_{n-p, 1-\beta_c}$  — верхня критична величина для  $t$ -розподілу рівня значущості  $1 - \beta_c$ .

**Твердження:**

Якщо для перевірки гіпотези  $H_0: \beta_i < 0$  замість статистики

$G = \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$  взяти  $\tilde{G} = \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}}$  і  $\tilde{G} \in D_{\beta_c}$ , то і  $G \in D_{\beta_c}$ .

**Доведення:**

$$\beta_i < 0, \tilde{G} \in D_{\beta_c} \Leftrightarrow \beta_i < 0, \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma} \sqrt{\tilde{x}_{ii}}} \in (-\infty; t_{n-p, 1-\beta_c}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{-\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma}\sqrt{\hat{x}_{ii}}} < \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma}\sqrt{\hat{x}_{ii}}} < t_{n-p, 1-\beta_c} \Rightarrow \frac{\beta_i - \hat{\beta}_i}{\hat{\sigma}\sqrt{\hat{x}_{ii}}} \in (-\infty; t_{n-p, 1-\beta_c}) \Leftrightarrow G \in D_{\beta_c}$$

### 5. Результати перевірки основних гіпотез для описаних моделей

Для статистичної перевірки основних гіпотез отриманих моделей обмінних курсів (гривня / долар США) використовувалися статистичні дані економік України та США [8 - 13].

1. Для моделі портфеля активів (дані за 2000-2006 роки) за довірчої імовірності  $\beta_c = 0,9$  результати статистичної перевірки основних гіпотез наведено у таблиці 1:

Таблиця 1

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,9}$	
$\beta_0 = 0$	11212436,2	0,006194	161,4476
$\beta_1 > 1$	2,220828	-6,313752	$+\infty$
$\beta_2 > 0$	0,521756	-6,313752	$+\infty$
$\beta_3 < 0$	0,917434	$-\infty$	6,313752
$\beta_4 > 0$	0,348642	-6,313752	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,654267	$-\infty$	6,313752

У таблиці 2 наводяться результати статистичної перевірки основних гіпотез для моделі портфеля активів за  $\beta_c = 0,95$ :

Таблиця 2

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,95}$	
$\beta_0 = 0$	11212436,2	0,0015437	647,789
$\beta_1 > 1$	2,220828	-12,7062	$+\infty$
$\beta_2 > 0$	0,521756	-12,7062	$+\infty$
$\beta_3 < 0$	0,917434	$-\infty$	12,7062
$\beta_4 > 0$	0,348642	-12,7062	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,654267	$-\infty$	12,7062

За довірчої імовірності  $\beta_c = 0,99$  для моделі портфеля активів результати статистичної перевірки основних гіпотез наведено у таблиці 3:

Таблиця 3

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,99}$	
$\beta_0 = 0$	11212436,2	0,0000617	16210,72
$\beta_1 > 1$	2,220828	-63,65674	$+\infty$
$\beta_2 > 0$	0,521756	-63,65674	$+\infty$
$\beta_3 < 0$	0,917434	$-\infty$	63,65674
$\beta_4 > 0$	0,348642	-63,65674	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,654267	$-\infty$	63,65674

2. У таблиці 4 наведено результати статистичної перевірки основних гіпотез для поведінкової моделі (дані за 2000-2006 роки) за довірчої імовірності  $\beta_c = 0,9$ :

Таблиця 4

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,9}$	
$\beta_0 = 0$	1,522698	0,006194	161,4476
$\beta_1 = 1$	-0,217343	0,006194	161,44764
$\beta_2 < 0$	0,00124	$-\infty$	6,313752
$\beta_3 < 0$	-0,00388	$-\infty$	6,313752
$\beta_4 > 0$	-0,00238	-6,313752	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,00080	$-\infty$	6,313752
$\beta_6 < 0$	0,00112	$-\infty$	6,313752

Результати статистичної перевірки основних гіпотез для поведінкової моделі за  $\beta_c = 0,95$  наведено у таблиці 5:

Таблиця 5

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,95}$	
$\beta_0 = 0$	1,522698	0,0015437	647,789
$\beta_1 = 1$	-0,217343	0,0015437	647,789
$\beta_2 < 0$	0,00124	$-\infty$	12,7062
$\beta_3 < 0$	-0,00388	$-\infty$	12,7062
$\beta_4 > 0$	-0,00238	-12,7062	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,00080	$-\infty$	12,7062
$\beta_6 < 0$	0,00112	$-\infty$	12,7062

Для поведінкової моделі у таблиці 6 наводяться результати статистичної перевірки основних гіпотез за  $\beta_c = 0,99$ :

Таблиця 6

Гіпотеза	Статистика	$D_{0,99}$	
$\beta_0 = 0$	1,522698	0,0000617	16210,72
$\beta_1 = 1$	-0,217343	0,0000617	16210,72
$\beta_2 < 0$	0,00124	$-\infty$	63,65674
$\beta_3 < 0$	-0,00388	$-\infty$	63,65674
$\beta_4 > 0$	-0,00238	-63,65674	$+\infty$
$\beta_5 < 0$	-0,00080	$-\infty$	63,65674
$\beta_6 < 0$	0,00112	$-\infty$	63,65674

**Висновки.** З таблиць (1)—(6) маємо, що за довірчих ймовірностей 0,9, 0,95 та 0,99 для моделі портфеля активів (3) гіпотеза  $\beta_0 = 0$  відхиляється, а гіпотези  $\beta_1 > 1$ ,  $\beta_2 > 0$ ,  $\beta_3 < 0$ ,  $\beta_4 > 0$ ,  $\beta_5 < 0$  приймаються. Для поведінкової моделі (4) за довірчих ймовірностей 0,9, 0,95 та 0,99 гіпотеза  $\beta_1 = 1$  відхиляється, інші ж гіпотези ( $\beta_0 = 0$ ,  $\beta_2 < 0$ ,  $\beta_3 < 0$ ,  $\beta_4 > 0$ ,  $\beta_5 < 0$ ,  $\beta_6 < 0$ ,) приймаються.

Отже, за результатами проведеного дослідження, розглянуті у статті моделі є неадекватними для обчислення обмінного курсу гривня/долар США в умовах української економіки. Отже, обмінний курс гривня/долар США варто вважати екзогенною змінною (встановленою НБУ) або застосовувати інші моделі для його визначення.

#### Список використаних джерел:

1. Харазішвілі Ю. М. Теоретичні основи системного моделювання соціально-економічного розвитку України / Ю. М. Харазішвілі — К. : Поліграф-Консалтинг, 2007. — 324 с.
2. Тарасевич Л. С. Макроэкономика : учебник. — 6-е изд., испр. и доп. / Л. С. Тарасевич, П. И. Гребенников, А. И. Леусский. — М. : Высшее образование, 2006. — 654 с.
3. Шемет Т. С. Теорія і практика валютного курсу : навч. пос. для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. / Т. С. Шемет, [ред. О. І. Рогач]. — К. : Либідь, 2006. — 358 с.
4. Гинзбург А. И. Рынки валют и ценных бумаг: Биржи. Инвестиции. Участники / А. И. Гинзбург, М. В. Михейко — СПб.; М.; Нижн. Новгород; Воронеж; Ростов на Дону : Питер, 2004. — 250 с.
5. Назарага І. М. Моделі паритету купівельної спроможності та паритету відсоткових ставок в умовах економіки України / І. М. Назарага // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: фізико-математичні науки. — К., 2008. — № 4. — С. 145—148.
6. Назарага І. М. Монетарні моделі визначення обмінного курсу в умовах економіки України./ І. М. Назарага // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: фізико-математичні науки. — К., 2009. — № 1. — С. 121—126.
7. Четвериков С. Н. Структурные модели обменных курсов рубля / С. Н. Четвериков, Г. Г. Карасев — М. : ИЭПП, 2005. — 125 с.



8. Страны и регионы. 2005. Статист. справочник Всемирного банка // пер. с англ. — М. : Весь мир, 2005. — 240 с.
9. Statistical Abstract of the United States 2008. — Washington : DC, 2007. — 127 ed.
10. Державний комітет статистики України. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>
11. Національний банк України. — Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua>
12. Міжнародний валютний фонд. — Режим доступу : <http://www.imf.org>
13. Статистичні дані міжнародного валютного фонду. — Режим доступу : <http://www.imfstatistics.org>

The behavioral model and asset portfolio model of exchange rate determination (USD/UAH) are considered. The appropriateness of their practical use for the Ukrainian economy is tested. Models are written in the evaluation convenient form. The model parameter estimation and statistical hypothesis tests are realized on the Ukraine and USA economies data basis. The identification of parameters was performed using least squares method. The fitting criterion with F-distribution and t-distribution statistics is used for linear regression hypothesis testing.

**Key words:** *behavioral equilibrium exchange rate model, portfolio-balance model, exchange rate.*

Отримано 26.06.10

УДК 004.942:621.396.969.1

**В. В. Орлов\***, канд. техн. наук,

**В. В. Галанин\*\***, ведучий інженер

\*Институт проблем моделирования в энергетике ИПМЭ

им. Г. Е. Пухова НАН Украины, г. Киев,

\*\*Одесская обсерватория Радиоастрономического института

НАН Украины, г. Одесса

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ

Предложен мультипликативный метод формирования диаграммы направленности двухэлементной антенной решетки, позволяющий существенно уменьшить ширину главного пика за счет применения нескольких несущих частот сигналов. Разработан алгоритм минимизации уровня боковых лепестков антенны.

**Ключевые слова:** *антенная решетка, мультипликативная обработка, обнаружение сигналов, оптимизация, диаграмма направленности.*

Стремление к эффективному использованию дециметрового диапазона волн в радиоастрономии, мобильных системах загоризонтной радиолокации приводит к необходимости уменьшения ширины диаграммы