УДК 519.766.4

Конєв Дмитро Володимирович
Студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Конев Дмитрий Владимирович
Студент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Koniev Dmytro
Student
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕХІДНОГО ПЕРІОДУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА

MODELING AND FORECASTING OF FINANCIAL AND ECONOMIC PROCESSES IN TRANSITION

Анотація. *В роботі досліджується можливість застосування регресійних моделей для опису та прогнозування фінансових та економічних процесів в перехідний період.*

Ключові слова: *регресія, модель, прогноз, тренд, нафта.*

Аннотация. *В работе исследуется возможность использования моделей регрессии для описания и прогнозирования финансовых и экономических процессов в переходный период.*

Ключевые слова: *регрессия, модель, прогноз, тренд, нефть.*

Summary. *This paper explores the possibility of regression models using for modeling and forecasting for financial and economic processes in transition.*

Keywords: *regression, model, forecast, trend, oil.*

Вступ

Сучасні фінансово-економічні процеси характеризуються значною кількістю складностей та особливостей, що необхідно враховувати, при побудові моделі процесу та його прогнозування.

По-перше такі процеси виділяються високою нестаціонарністю. Для таких процесів властива наявність тренду або змінної дисперсії (гетероскедастичні процеси). Під трендом будемо розуміти загальний довгостроковий напрям розвитку процесу (фактично — це поточне середнє значення). Виділяють два типи тренду: детермінований та стохастичний. Процеси ж зі змінною дисперсією називають гетероскедастичними. Під час моделювання таких процесів необхідно знайти закон, за яким змінюється дисперсія. Процеси з трендами та змінною дисперсією особливо характерні для фінансово-економічних процесів (ФЕП) перехідного періоду.

Наступною проблемою, при побудові ФЕП перехідного періоду — є наявність в них нелінійностей, встановлення факту їх існування та їх типу. Нелінійність означає можливість непередбачуваних змін у напрямі розвитку процесів. Вона може проявлятись як підвищеною реакцію на зміну одних факторів, так і повною нечутливістю до інших.

Ще однією невід'ємною складовою перехідних процесів є вплив сильних економік на слабкі. Слабкість ринку, як складової економіки, проявляється у неможливості розв'язувати певні задачі ринковими механізмами. Більш розвинені економіки напряму впливають на ситуацію розвитку ФЕП. Ціни на природні ресурси, міжнародні інвестиції, експорт та імпорт товарів — все це має значний вплив на формування процесів, тому при їх моделюванні необхідно враховувати фактори впливу сильних економік.

Також, в перехідний період, процеси мають високу динаміку змін. На різних ділянках часового ряду може спостерігатись різна швидкість падіння (зростання) значень змінної [1].

Постановка задачі. Під час дослідження необхідно: вибрати клас математичних моделей для опису ФЕП, виконати їх розробку, оцінити якісні показники для побудованих моделей та прогнозів, та виконати їх порівняльний аналіз.

Авторегресія з ковзним середнім порядку (*p, q*) (АРКС). В загальному випадку рівняння авторегресії (АР) має наступний вигляд:

$$y(k)=a_0+\sum_{i=1}^{p}a_i y(k-i)+\sum_{j=1}^{q}b_j\varepsilon(k-j)+\varepsilon(k),$$

де $a_0+\sum_{i=1}^{p}a_i y(k-i)$ — авторегресійна складова;

$\sum_{j=1}^{q}b_j\varepsilon(k-j)$ — ковзне середнє;

$\varepsilon(k)$ — випадкова величина.

Модель АРКС можна побудувати двома способами, які сильно відрізняються за своєю глибинною суттю. Далі наведемо обидва підходи.

Підхід 1. Побудова АРКС(*p, q*), коли ковзне середнє будується по залишкам АР(*p*) рівняння моделі.

Крок 1. Оцінка коефіцієнтів рівняння моделі АР(*p*):

$$y(k)=a_0+\sum_{i=1}^{p}a_i y(k-i)+e\,, \tag{1}$$

де e — залишки моделі.

Крок 2. По залишкам АР(*p*) моделі формують ряд ковзного середнього (КС).

Крок 3. Визначення порядку КС(*q*). Для цього будують ЧАКФ вектора КС, та визначають *q*.

Крок 4. Оцінювання коефіцієнтів КС(*q*). Фактично, треба визначити коефіцієнти наступного рівняння:

$$e(k)=KC(k)+\sum_{j=1}^{q}b_j KC(k-j) \tag{2}$$

Використовуючи рівняння (1) та (2) здійснюється побудова АРКС(*p, q*) по частинам, тобто спочатку знаходяться коефіцієнти частини АР, а потім частини КС. Також можна оцінити всі коефіцієнти одразу з наступного рівняння:

$$y(k)=a_0+\sum_{i=1}^{p}a_i y(k-i)+KC(k)+\sum_{j=1}^{q}b_j KC(k-j)\,, \tag{3}$$

Проте, за теорією, вважається, що оцінка коефіцієнтів окремо — дає кращий результат.

Підхід 2. Побудова АРКС(*p, q*), коли КС будується по сигналу *y*.

Крок 1. По вихідному сигналу *y* будується вектор КС.

Крок 2. Визначається порядок КС(*q*). Для цього будують ЧАКФ вектора КС та визначають *q*. Треба зауважити, що на практиці (з використанням даного підходу) часто *p*=*q*.

Крок 3. Оцінювання коефіцієнтів АРКС(*p, q*), дивись рівняння (3). При цьому, бажано, здійснити проміжне перетворення і перенести КС в ліву частину рівняння (3). Інакше, це відобразиться на якості оцінки коефіцієнтів.

За теорією обчислені коефіцієнти мають бути:

$$\sum_{i=1}^{p}a_i<1;\ \sum_{j=1}^{q}b_j\to 1\,.$$

Але на практиці ці умови не завжди виконуються. Навіть, якщо дані умови не виконуються, то варто проаналізувати результати прогнозування. Адже якщо результати прогнозування прийнятні, то на невиконання умов можна закрити очі [2].

Моделі процесів з трендами. У випадку, коли математичне сподівання змінюється в часі, процес називають процесом із трендом, або інтегрованим процесом, або процесом з одиничними коренями. Загалом тренд може бути спадаючим або зростаючим, а за характером зміни в часі: детермінованим або стохастичним.

Детермінований тренд. Зазвичай, його описують функціями: сплайн, поліном від часу, тригонометричні функції та інше. Часто використовують поліном від часу наступного вигляду:

$$y(k)=a_0+a_1k+a_2k^2+\ldots+a_mk^m+\varepsilon(k),$$

де k — дискретний час, який зв'язаний з неперервним часом t через період дискретизації даних; $\varepsilon(k)$ — випадкова змінна, яка знаходиться з рівняння:

$$\varepsilon(k)=e(k),$$

де $e(k)$ — похибка моделі. Бачимо, що після оцінювання моделі, послідовність Ф буде містити в собі всі коливання, які накладаються на тренд.

Стохастичний тренд. Моделі стохастичних трендів застосовують, якщо тренд швидко змінює свій напрям розвитку. Для його опису та прогнозування можна скористатись, наприклад, наступним рівнянням:

$$y(k)=a_0+y(k-1)+\varepsilon(k)$$

Розв'язок цього рівняння виглядає наступним чином:

$$y(k)=y_0+ka_0+\sum_{i=1}^{k}\varepsilon(i)$$

Сума $\sum_{i=1}^{k}\varepsilon(i)$ в правій частині останнього рівняння описує випадкову складову тренду [3].

Моделювання та прогнозування цін на нафту. За останні 20 років ціни на нафту встигли зрости більш ніж у 6 разів, та впасти в ціні навіть нижче ніж вона була 20 років тому. Адже, не дивлячись на значний прогрес у розробці та впровадженні технологій «вільних» від споживання нафти, економіка більшості країн все ж дуже сильно залежить від цього ресурсу. Тому даний економічний показник добре підходить для побудови моделей. Для побудови моделі взято ряд щомісячних цін за барель нафти з 2004 по 2016 рік. Графік зміни цін зображено на рисунку 1.

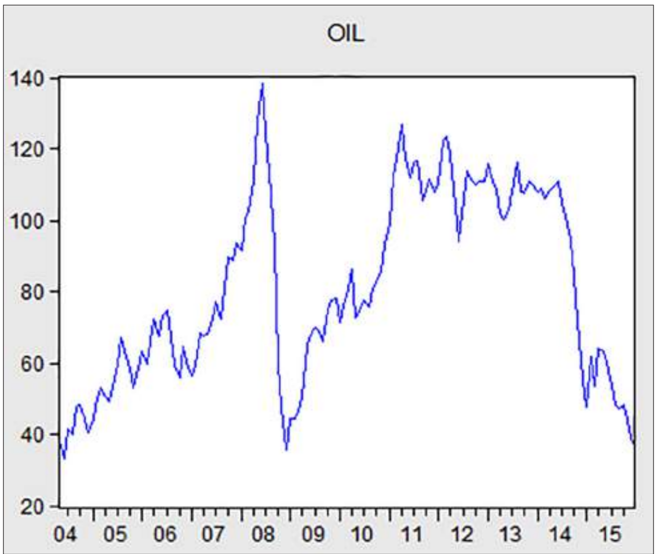

Рисунок 1. Графік коливань цін на нафту

Виконуємо побудову рівнянь авторегресії. Після другого порядку статистичні показники погіршуються, тож не має сенсу ускладнювати модель. На рисунку 2 — модель авторегресії другого порядку.

Dependent Variable: OIL
Method: Least Squares
Date: 05/11/17 Time: 16:10
Sample (adjusted): 2004M07 2015M12
Included observations: 138 after adjustments
OIL=C(1)+C(2)*OIL(-1)+C(3)*OIL(-2)

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	4.480131	1.946124	2.302079	0.0229
C(2)	1.293138	0.080879	15.98851	0.0000
C(3)	-0.348046	0.080642	-4.315956	0.0000

R-squared	0.930778	Mean dependent var	81.42058
Adjusted R-squared	0.929753	S.D. dependent var	26.08565
S.E. of regression	6.913792	Akaike info criterion	6.726413
Sum squared resid	6453.070	Schwarz criterion	6.790049
Log likelihood	-461.1225	Hannan-Quinn criter.	6.752273
F-statistic	907.6274	Durbin-Watson stat	2.013930
Prob(F-statistic)	0.000000		

Рисунок 2. Модель АР(2)

На рисунку 3 зображено графік прогнозу на основі побудованої моделі.

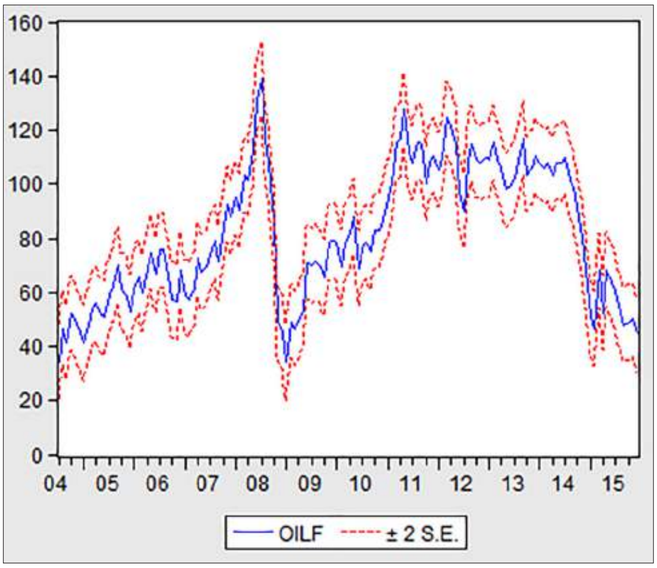

Рисунок 3. Прогноз на основі АР(2)

Далі, на основі залишків АР(2), будуємо модель АРКС(2,1) та намагаємося її ускладнити. Як і в теорії — ускладнення втратило сенс після *q=2*. На рисунку 4 зображені характеристики моделі АРКС(2,2).

Dependent Variable: OIL_MINUSOIL
Method: Least Squares
Date: 05/31/17 Time: 19:23
Sample (adjusted): 2005M01 2015M12
Included observations: 132 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.025216	2.545200	2.367286	0.0194
OIL(-1)	1.144669	0.116756	9.803956	0.0000
OIL(-2)	-0.217741	0.107639	-2.022876	0.0452
MV_R_AR1_2(-1)	-0.316719	0.439665	-0.720365	0.4726
MV_R_AR1_2(-2)	-0.232231	0.362042	-0.641448	0.5224

R-squared	0.942701	Mean dependent var	83.05663
Adjusted R-squared	0.940896	S.D. dependent var	23.18591
S.E. of regression	5.636786	Akaike info criterion	6.333648
Sum squared resid	4035.216	Schwarz criterion	6.442845
Log likelihood	-413.0208	Hannan-Quinn criter.	6.378020
F-statistic	522.3607	Durbin-Watson stat	1.981268
Prob(F-statistic)	0.000000		

Рисунок 4. Модель АРКС(2,2)

На рисунку 5 зображено графік прогнозу на основі АРКС(2,2).

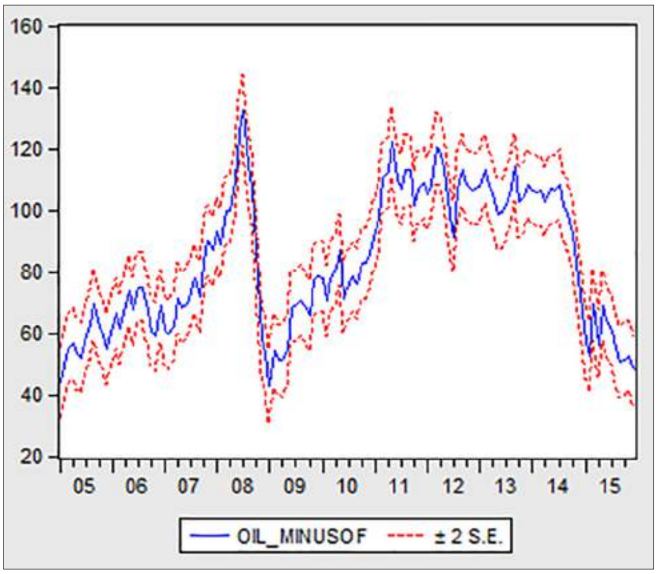

Рисунок 5. Прогноз на основі АРКС(2,2)

Також, побудуємо моделі з трендом. На рисунку 6 зображені характеристики моделі тренду для АР(2).

Dependent Variable: OIL
Method: Least Squares
Date: 05/31/17 Time: 19:38
Sample: 2004M05 2015M12
Included observations: 140
OIL=C(1)+C(2)*K+C(3)*K*K

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	29.81145	5.078234	5.870435	0.0000
C(2)	1.597919	0.166277	9.609986	0.0000
C(3)	-0.009344	0.001142	-8.180090	0.0000

R-squared	0.452046	Mean dependent var	80.75900
Adjusted R-squared	0.444046	S.D. dependent var	26.47904
S.E. of regression	19.74338	Akaike info criterion	8.824709
Sum squared resid	53402.75	Schwarz criterion	8.887745
Log likelihood	-614.7297	Hannan-Quinn criter.	8.850325
F-statistic	56.51042	Durbin-Watson stat	0.138259
Prob(F-statistic)	0.000000		

Рисунок 6. Модель тренду для АР(2)

На рисунку 7 зображено прогноз на основі отриманої моделі.

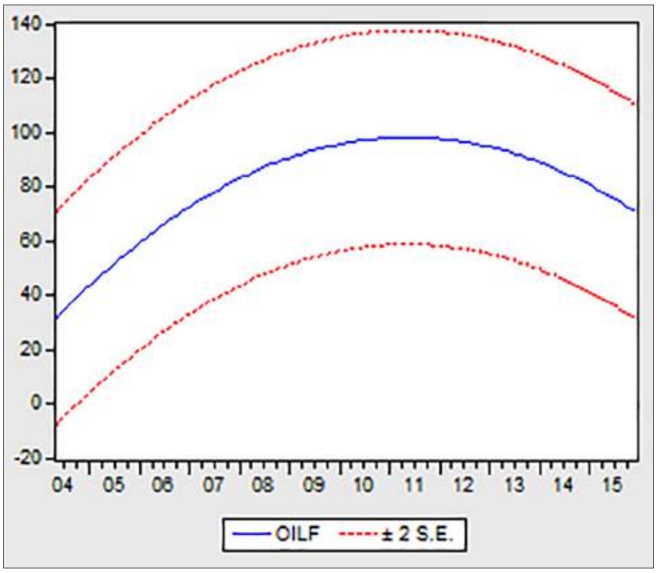

Рисунок 7. Прогноз на основі тренду для АР(2)

Результати по всім побудованим моделям зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Статистичні дані моделей та їх прогнозів

Модель	R2	DW	СКП	САПП	U
АР(1)	0.9228	1.3254	5.6555	7.8436	0.0428
АР(2)	0.9308	2.0139	5.4024	7.4398	0.0400
АРКС(2,1)	0.9436	1.9860	4.4170	5.7737	0.0322
АРКС(2,2)	0.9427	1.9813	4.3968	5.7107	0.0321
АР(1) тренд	0.1844	0.0949	18.9708	27.6702	0.1431
АР(2) тренд	0.4520	0.1383	16.0160	22.4346	0.1165

Найкращою виявилася модель АРКС(2,2) яка має наступний вигляд:

$$y = 6.0252 + 1.1447 * y(-1) - 0.2177 * y(-2) - 0.3167 * ma(-1) - 0.2322 * ma(-2)$$

Висновки. У даній роботі було розглянуто основні підходи до побудови моделей та прогнозів ФЕП в перехідний період. Побудовано моделі для опису коливань цін на нафту, та отримано результати прогнозів на основі побудованих моделей, які виявилися достатньо точними.

Література

1. Бідюк П. І. Аналіз та моделювання економічних процесів перехідного періоду. — Київ: Інститут прикладного системного аналізу при НТУУ «КПІ», 2000.

2. Бідюк П. І. Аналіз часових рядів (навчальний посібник) / Бідюк П. І., Романенко В. Д., Тимощук О. Л. — К.: Політехніка, 2010. — 317 с.

3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.

4. Молчанов И. Н. Компьютерный практикум по начальному курсу эконометрики (реализация на Eviews): Практикум / Ростовский государственный экономический университет. / Молчанов И. Н., Герасимова И. А. — Ростов-н/Д., — 2001.