Система підтримки прийняття рішень для побудови моделей та оцінок прогнозів нелінійних процесів

ВИКОНАВ:
СТУДЕНТ ГРУПИ КА-42М
ВЕРТИЛЕЦЬКИЙ ВОЛОДИМИР ГЕННАДІЙОВИЧ
НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: Д.Т.Н., ПРОФ. БІДЮК П.І.

Тематика дослідження: розробка, дослідження і практичне застосування методів адаптивного моделювання і прогнозування фінансово-економічних процесів.

Об’єкт дослідження: процеси адаптації моделей і функцій прогнозування до статистичних і експериментальних даних.

Предмет дослідження: математичні моделі, методи і множини критеріїв для побудови систем адаптивного моделювання і прогнозування часових рядів.

Мета роботи: дослідження процесів адаптації моделей і функцій прогнозування. Створення системи підтримки прийняття рішень для побудови моделей та оцінок прогнозів нелінійних процесів.

Актуальність роботи

Розвиток фінансово-економічних процесів має складний характер:

— наявність нестаціонарності

— нелінійності

Це призводить до необхідності пошуку нових структур прогнозних моделей для підвищення якості прогнозів. Вони необхідні для подальшого використання при прийнятті управлінських рішень.

Постановка задачі

1. Виконати аналіз загальної проблеми моделювання макроекономічних та нелінійних процесів.
2. Розглянути методи моделювання і прогнозування нелінійних процесів.
3. Виконати аналіз методів проектування СППР, спроектувати і реалізувати СППР для моделювання та оцінювання прогнозів нелінійних процесів.
4. Застосувати різні методи моделювання та прогнозування до досліджуваних процесів і провести порівняльний аналіз отриманих результатів.
    - 4.1. Застосувати розроблену СППР до аналізу вибраних процесів.
    - 4.2. Виконати порівняльний аналіз результатів застосування власної системи з вже існуючими.
5. Виробити рекомендації стосовно можливостей подальшого вдосконалення розробленої системи

Нестаціонарні процеси

Інтегровані процеси

- Лінійний тренд
- Нелінійний тренд
- Стохастичний тренд

Гетероскедастичні процеси

- АРУГ
- УАРУГ
- ЕУАРУГ

Поширені типи моделей фінансово-економічних процесів

- АРКС(p,q)

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

$a_0 = const$; $a_1 \dots a_p$ – коефіцієнти авторегресії; $b_1 \dots b_p$ – коефіцієнти ковзного середнього; p – порядок авторегресії; q – пордякок ковзного середнього; $\varepsilon(k)$ – випадкова величина

- АРІКС(p,d,q)

d – число одиничних коренів характеристичного рівняння;

Поширені типи моделей фінансово-економічних процесів

- Умовно гетероскедастична авторегресія

$$\hat{\varepsilon}^2(k) = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}^2(k-1) + \alpha_2 \hat{\varepsilon}^2(k-2) + \ldots + \alpha_q \hat{\varepsilon}^2(k-q) + v(k)$$

залишки $\mathcal{E}(k)$ можуть бути отримані на основі рівнянь регресії, або авторегресії з ковзним середнім

- Модель з трендом

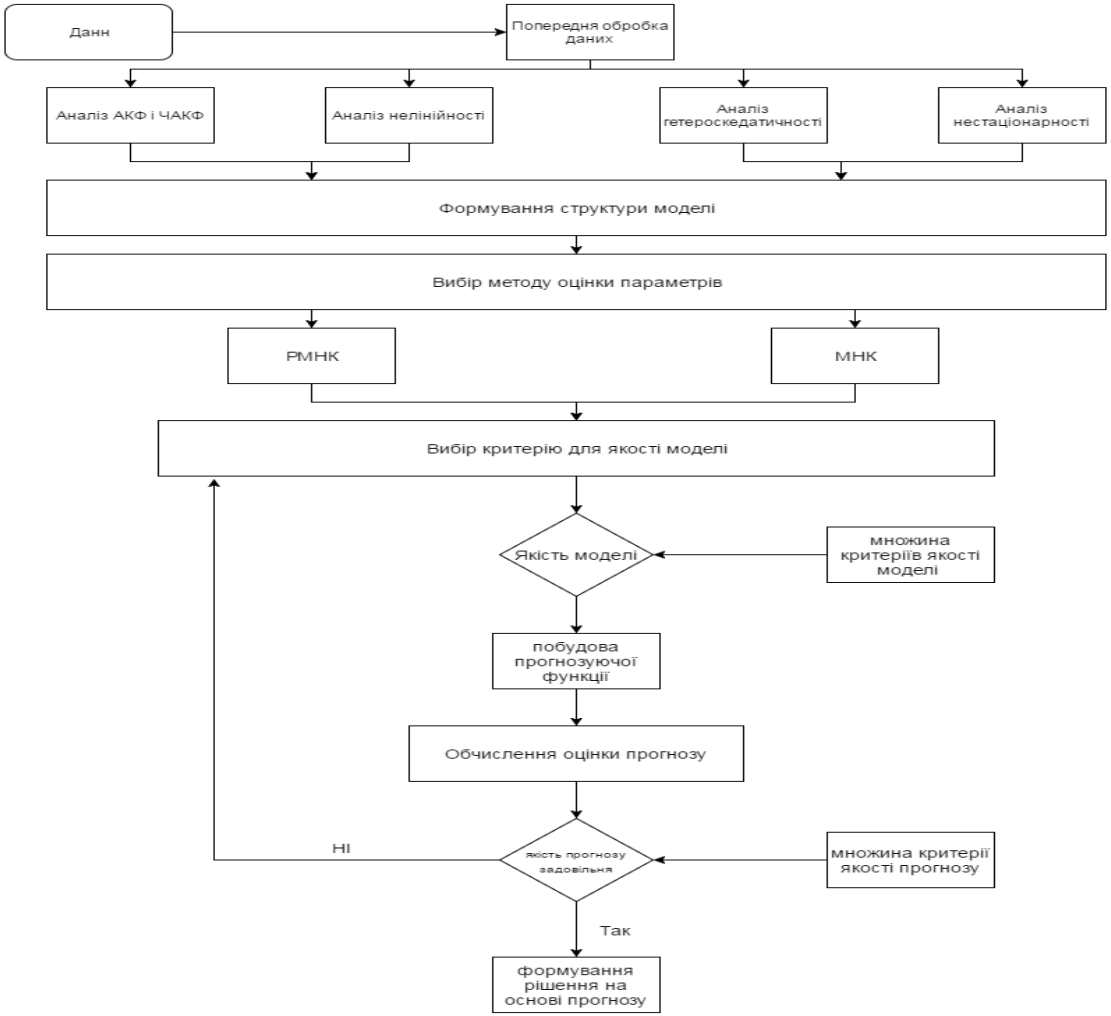
$$y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^{p} a_i y(k-i) + b_1 k + \cdots + b_m k^m$$

$b_1 k + \cdots + b_m k^m$ – тренд – поліном порядку m

- СППР — це такі системи, які ґрунтуються на використанні моделей і процедур з оброблення даних та думок, що допомагають керівникові приймати рішення

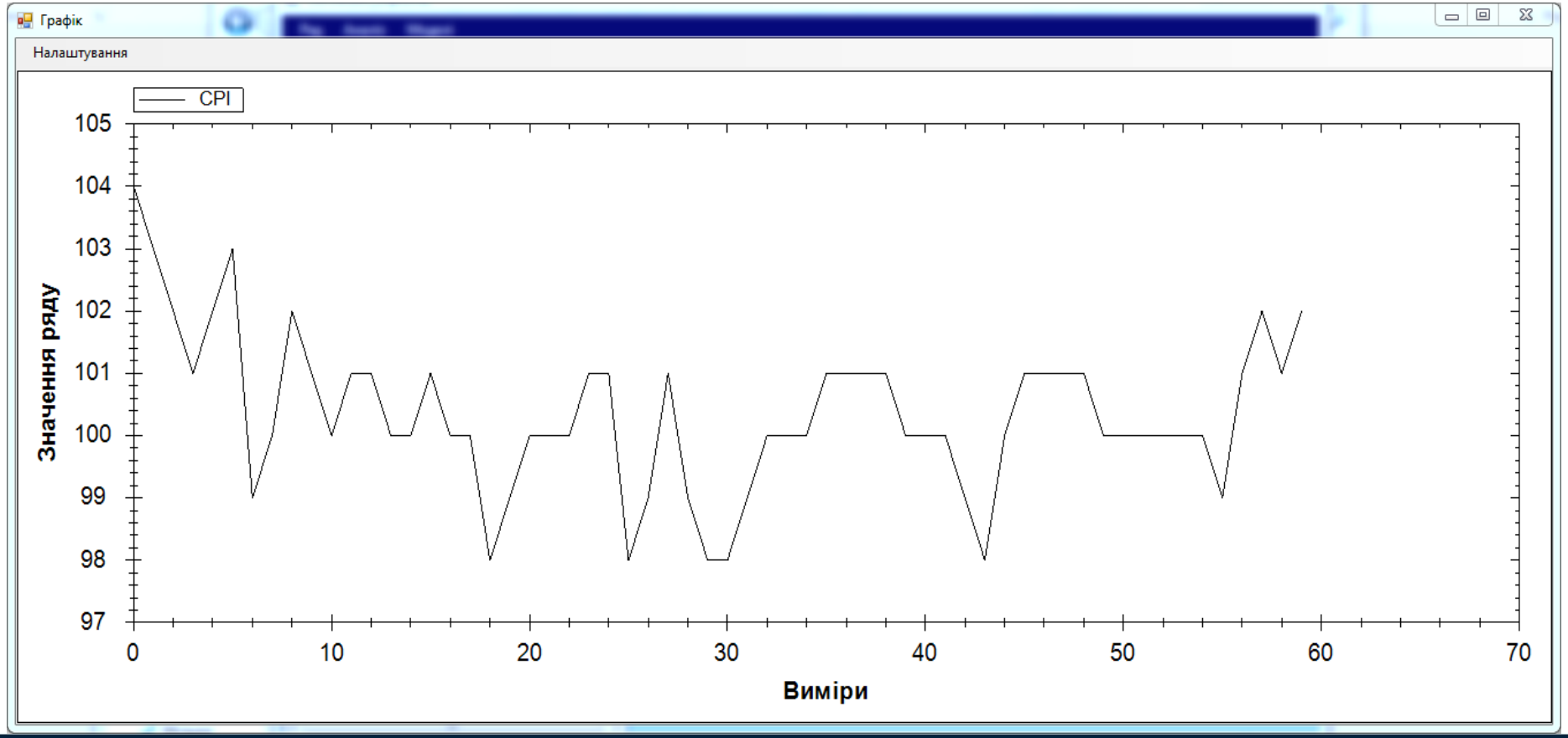
- СППР — інтерактивні автоматизовані системи, що допомагають особам, які приймають рішення, використовувати дані і моделі для розв’язання неструктурованих і слабоструктурованих проблем

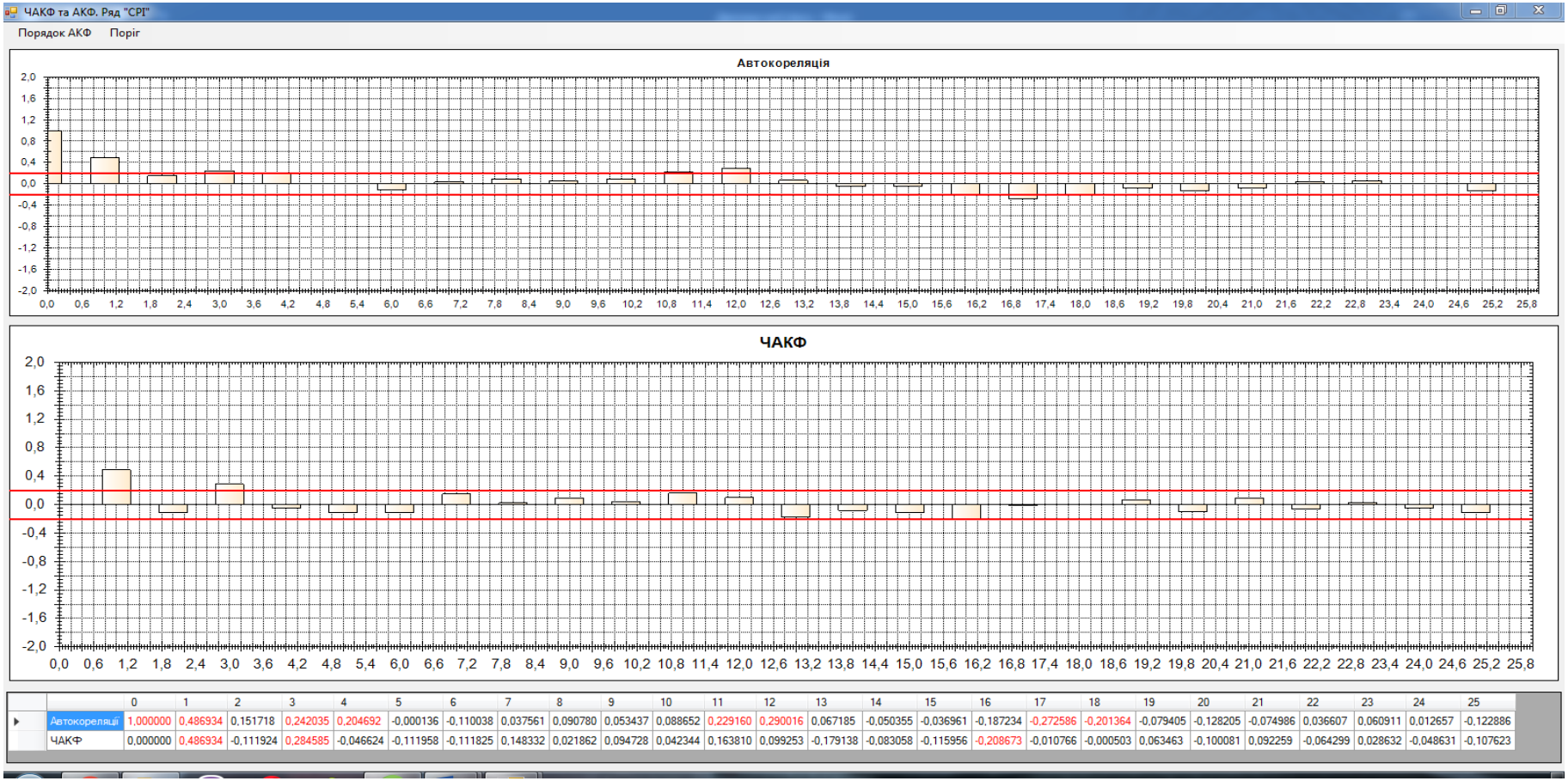
- СППР — комп’ютерна інформаційна система, використовувана для підтримки різних видів діяльності під час прийняття рішень у ситуаціях, де неможливо або небажано мати автоматичну систему, яка повністю виконує весь процес створення рішень



Функціональна схема створеної СППР

CPI (січень 2005 - серпень 2010)



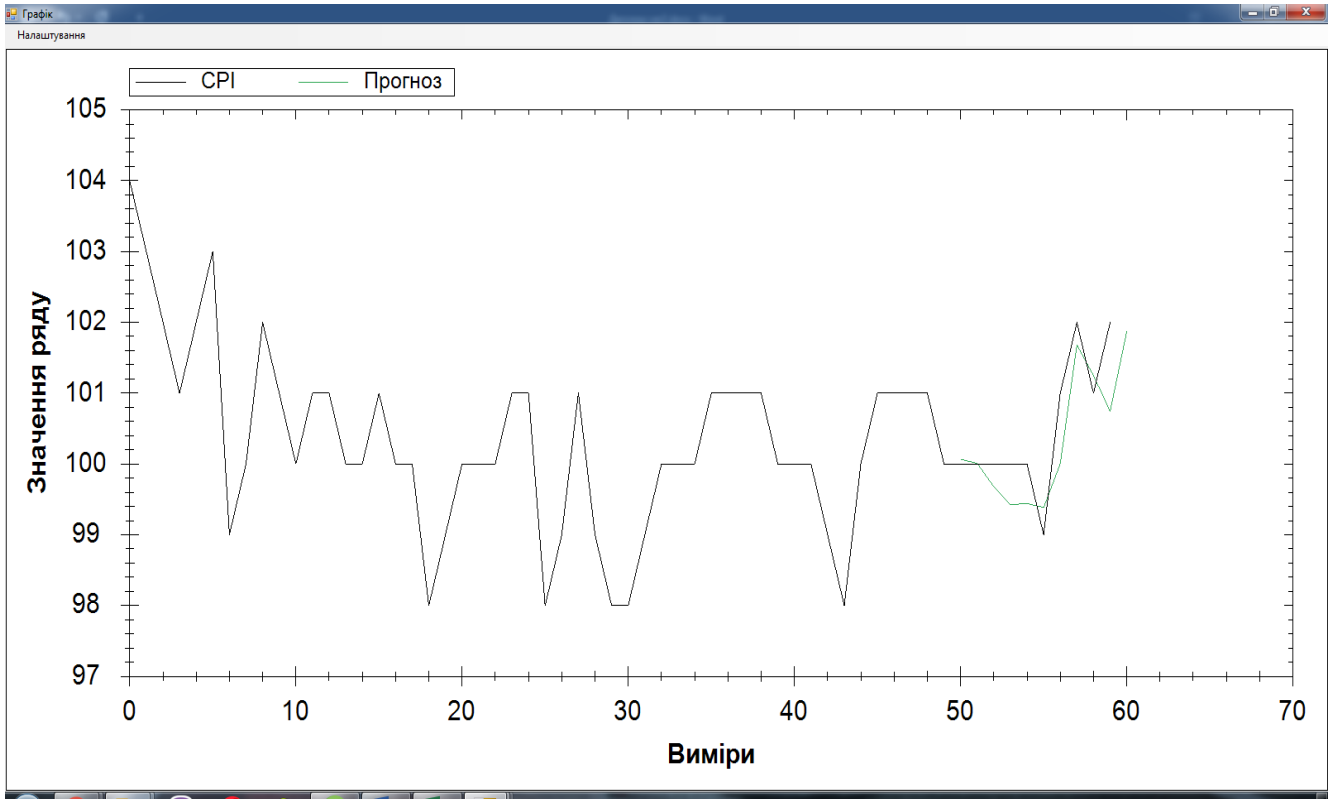


	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Автокореляції	1,000000	0,486934	0,151718	0,242035	0,204692	-0,000136	-0,110038	0,037561	0,090780	0,053437	0,088652	0,229160	0,290016	0,067185	-0,050355	-0,036961	-0,187234	-0,272586	-0,201364	-0,079405	-0,128205	-0,074986	0,036607	0,060911	0,012657	-0,122886
ЧАКФ	0,000000	0,486934	-0,111924	0,284585	-0,046624	-0,111958	-0,111825	0,148332	0,021862	0,094728	0,042344	0,163810	0,099253	-0,179138	-0,083058	-0,115956	-0,208673	-0,010766	-0,000503	0,063463	-0,100081	0,092259	-0,064299	0,028632	-0,048631	-0,107623

АКФ і ЧАКФ для CPI

Авторегресія п'ятнадцятого порядку

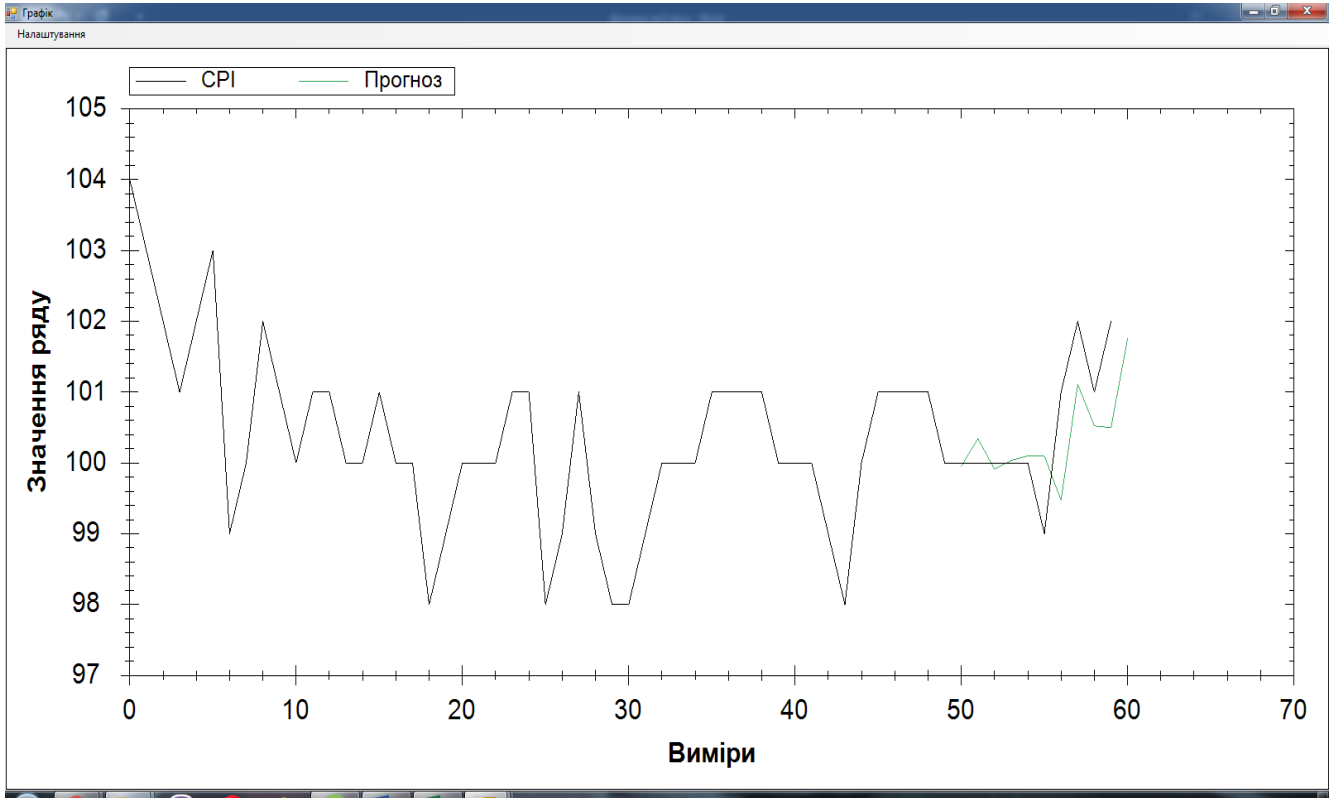
$$y(k) = 43,366 + 0,6586 * y(k-1) - 0,4392 * y(k-2) + 0,4476 * y(k-3) - 0,1289 * y(k-4) - 0,0756 * y(k-5) + 0,0068 * y(k-6) - 0,0273 * y(k-7) - -0,0604 * y(k-8) - 0,0178 * y(k-9) + 0,1186 * y(k-10) - 0,0039 * y(k-11) + 0,5283 * y(k-12) - 0,3695 * y(k-13) + 0,1725 * y(k-14) - 0,2428 * y(k-15).$$



	AP(15)
R^2	0,544
$\sum e^2(k)$	0,696
DW	2,035
СКП	1,0504
СПП	0,32796
САПП	0,328

Авторегресія п'ятого порядку

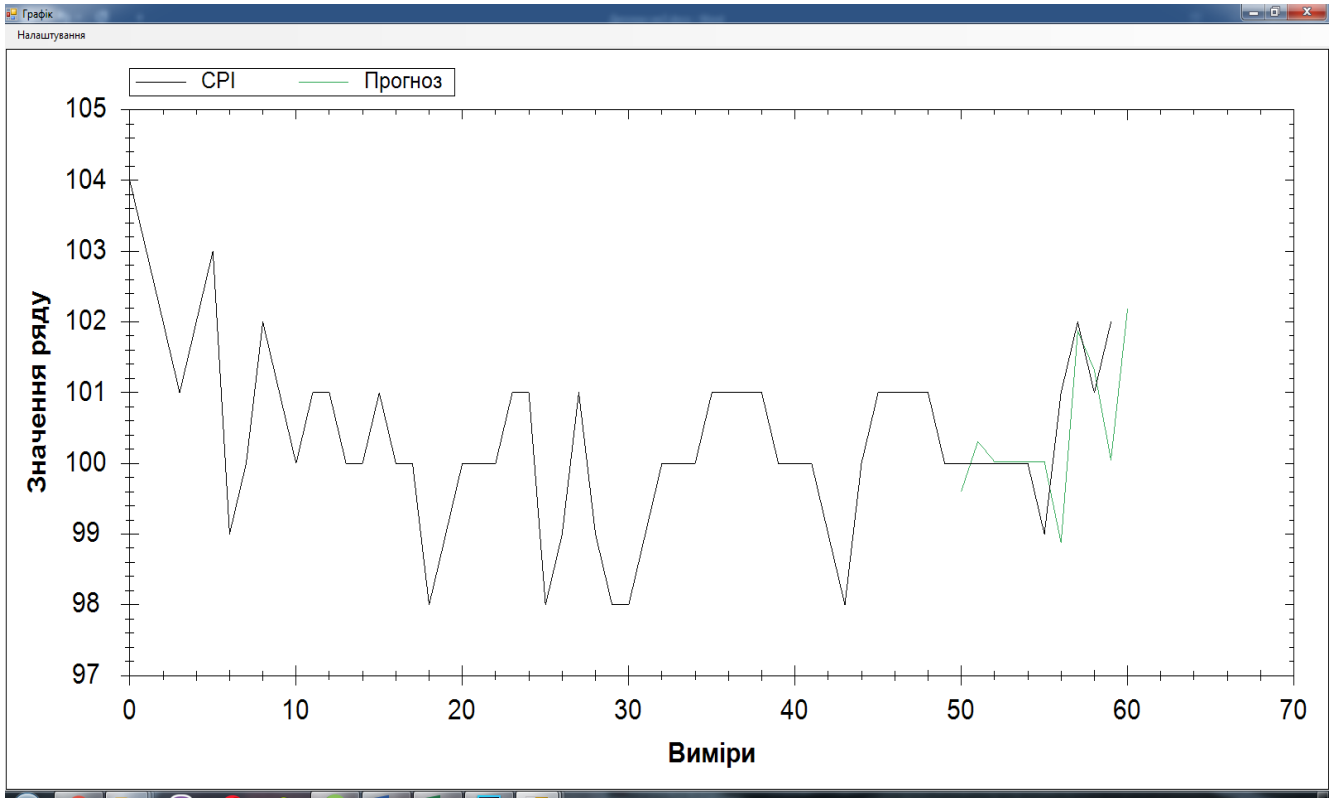
$$y(k) = 52{,}1181 + 0{,}6226 * y(k-1) - 0{,}3884 * y(k-2) + 0{,}4304 * y(k-3) - 0{,}1220 * y(k-4) - 0{,}0628 * y(k-5).$$



	AP(5)
R^2	0,3213
$\sum e^2(k)$	0,8853
DW	2,001
СКП	0,891
СПП	0,262
САПП	0,262

Авторегресія + ковзне середнє (АРКС(3,5))

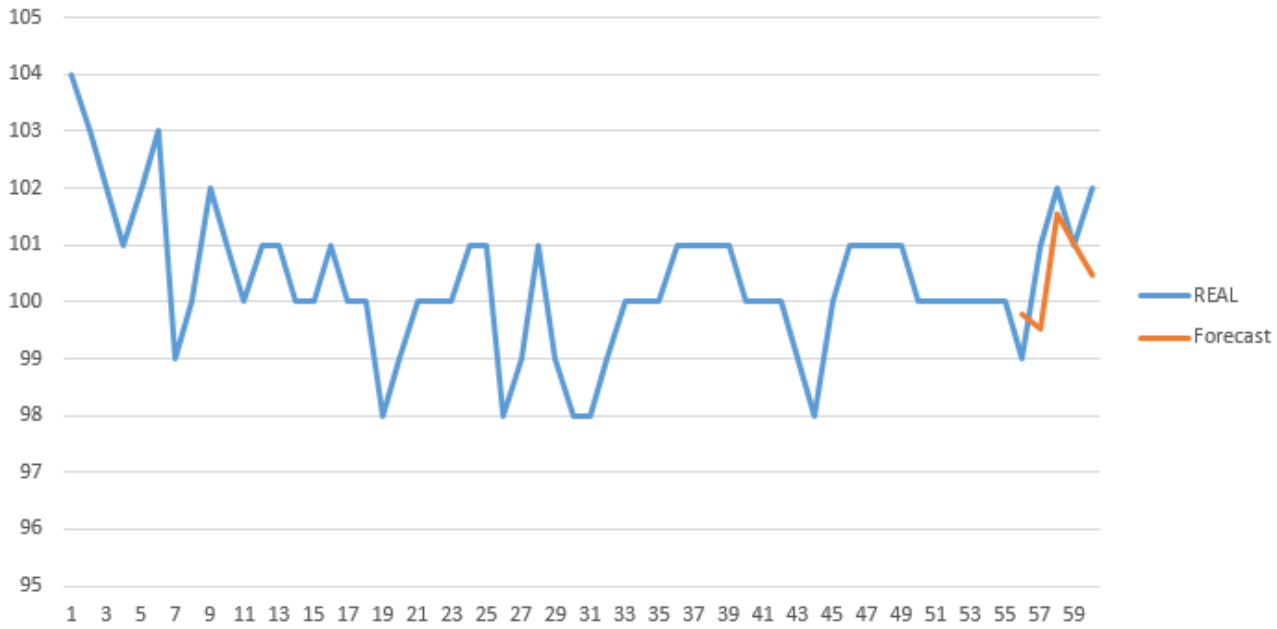
$$y(k) = 27,1206 + 1,1446 * y(k-1) - 0,7030 * y(k-2) + 0,2875 * y(k-3) - 0,4281 * v(k-1) + 0,0572 * v(k-2) + 0,2875 * v(k-3) - 0,156 * v(k-4) - 0,3263 * v(k-5).$$



	АРКС(3,5)
R^2	0,9496
$\sum e^2(k)$	1,038
DW	2,7359
СКП	0,909
СПП	0,281
САПП	0,281

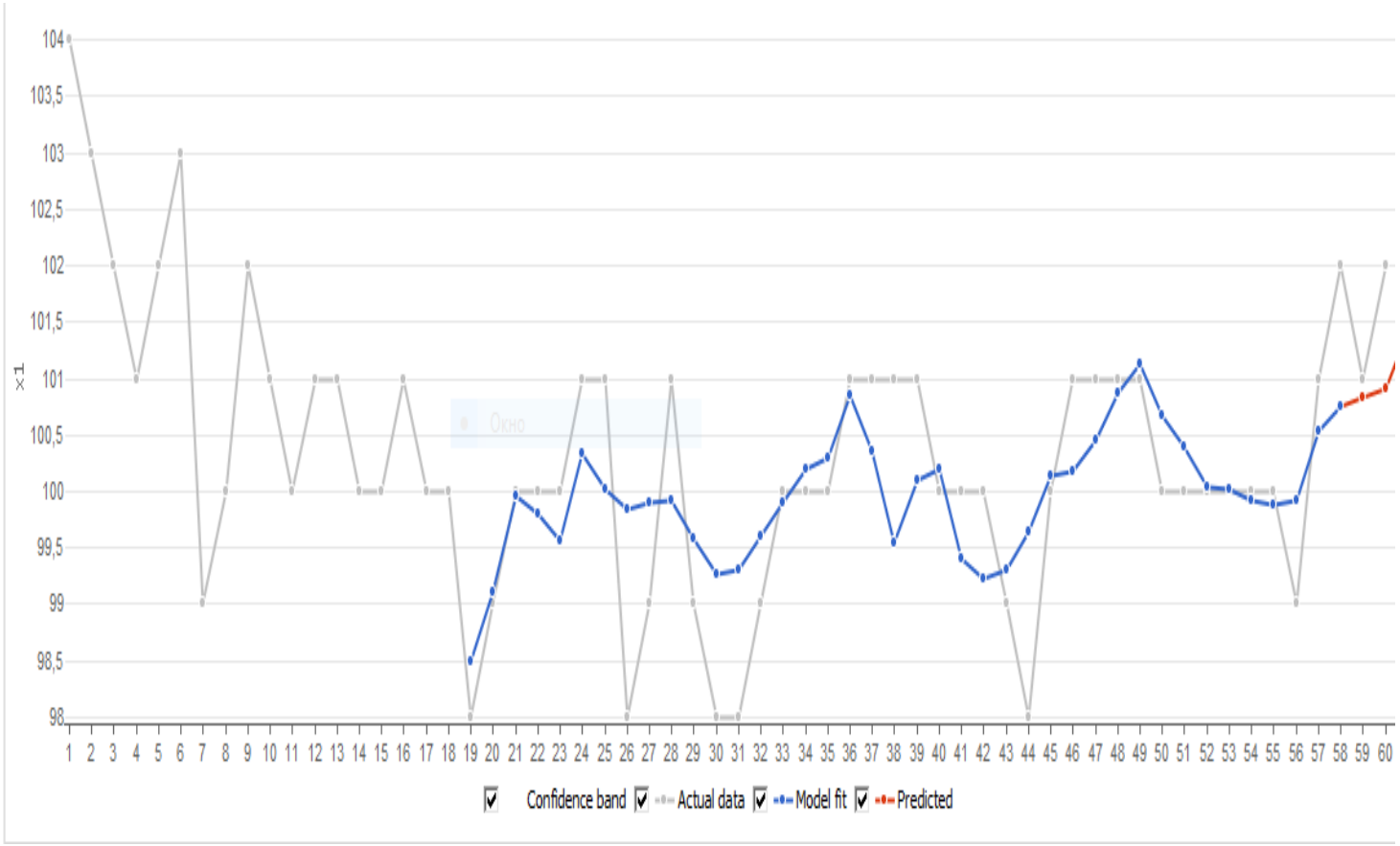
Комбінування прогнозів

$$\hat{y}_c(k) = w_1 \hat{y}_1(k) + w_2 \hat{y}_2(k) + w_3 \hat{y}_3(k)$$



	COMB
СКП	1,0316
СПП	0,2959
САПП	0,2959

МГУА

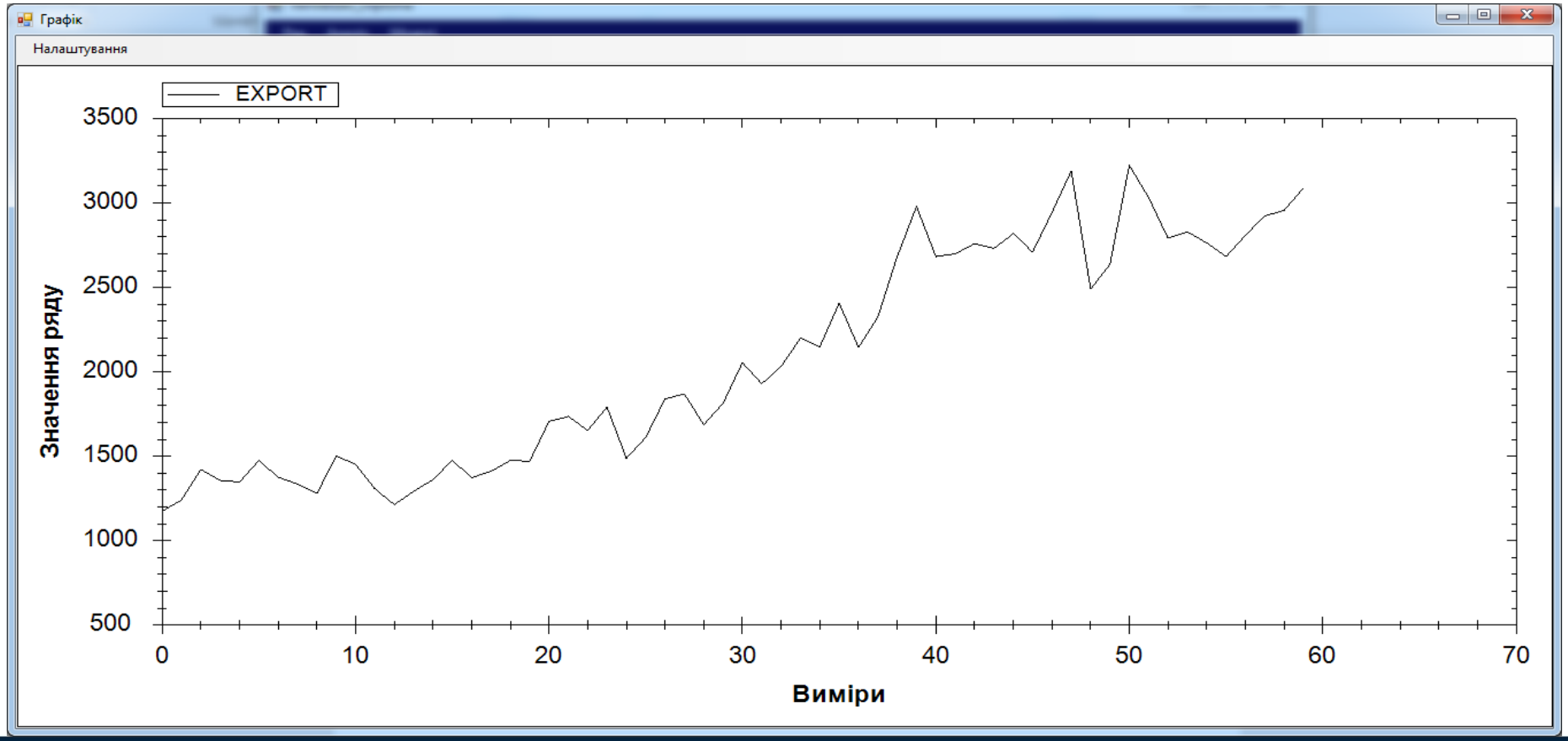


	МГУА
СКП	0,7747
СПП	0,615242
САПП	0,615242

Порівняння результатів прогнозування для часового ряду CPI

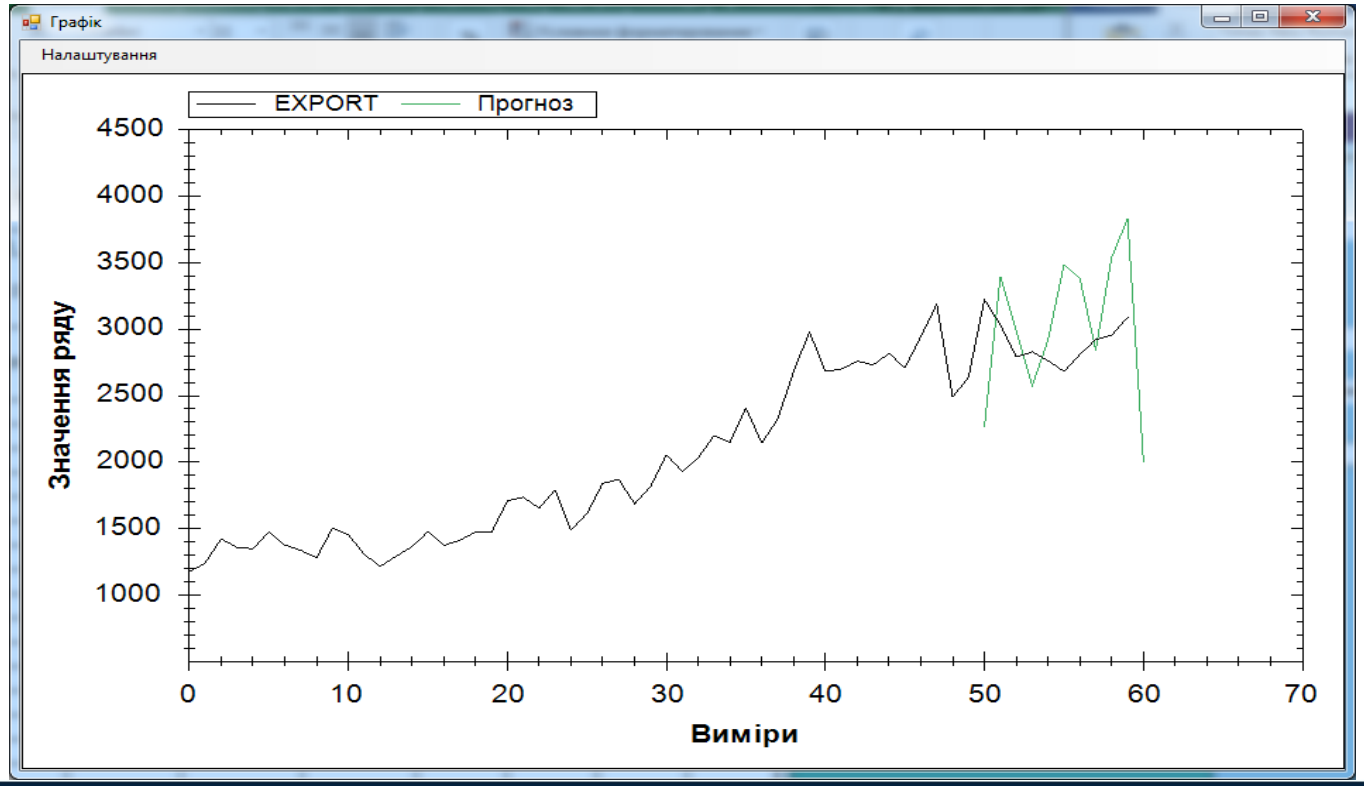
Тип моделі	Характеристики прогнозу		
	СКП	СПП	САПП
АР(15)	1,0504	0,32796	0,328
АР(5)	0,891	0,262	0,262
АРКС(3,5)	0,909	0,281	0,281
Комбінований	1,031648	0,295918	0,295918
МГУА	0,774731	0,615242	0,615242

EXPORT (січень 2005 - серпень 2010)



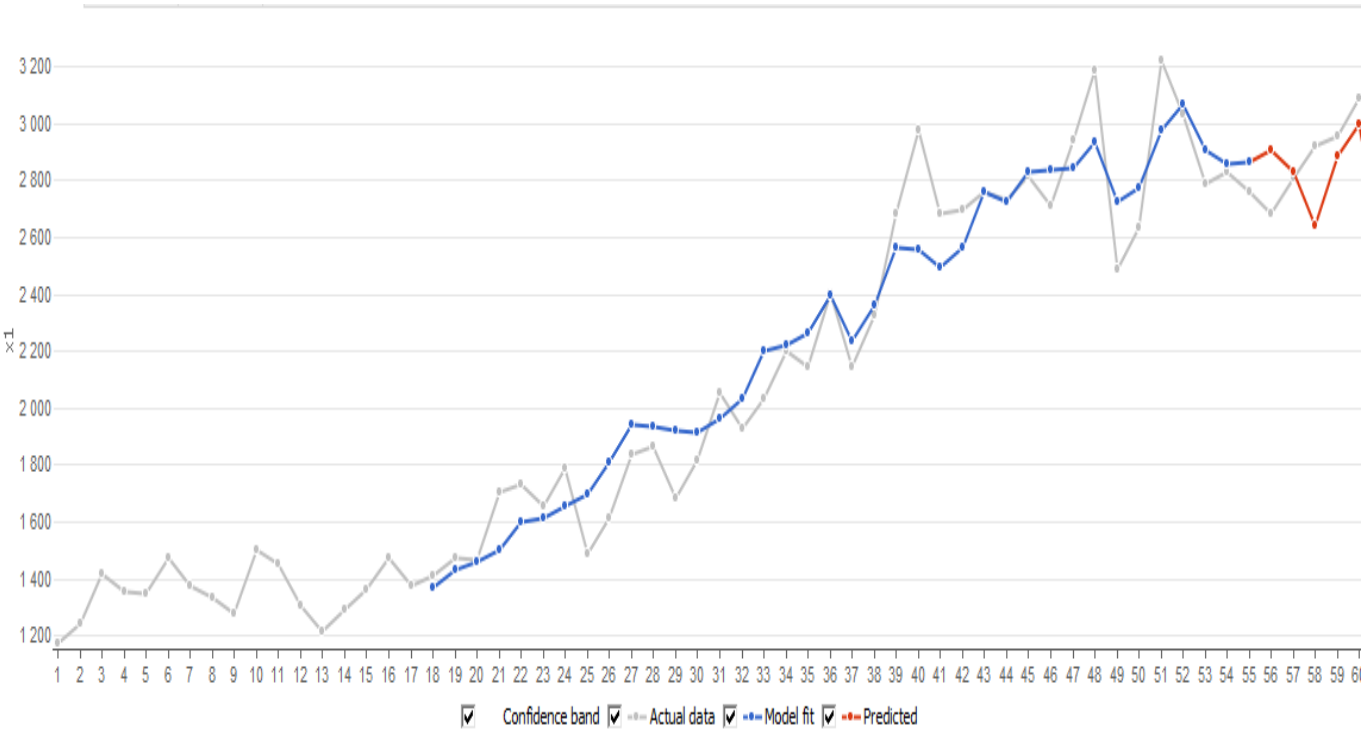
Авторегресія + ковзне середнє (АРКС(12,13))

$$y(k) = 2330,645 - 1,9364 * y(k-1) + 0,906 * y(k-2) - 2,1087 * y(k-3) + 1,1322 * y(k-4) - 0,2682 * y(k-5) + 0,9533 * y(k-6) + 0,1048 * y(k-7)$$
$$+0,8652 * y(k-8) + 0,1662 * y(k-9) - 0,3571 * y(k-10) - 0,5258 * y(k-11) + 1,3504 * y(k-12) + 2,2726 * v(k-1) + 0,3147 * v(k-2) + 2,4531 * v(k-3) +$$
$$+1,3421 * v(k-4) + 1,0153 * v(k-5) + 1,1457 * v(k-6) + 1,6963 * v(k-7) + +0,8119 * v(k-8) + 1,0713 * v(k-9) + 1,2263 * v(k-10) + 0,8976 * v(k-11) -$$
$$-0,5846 * v(k-12) + 0,221 * v(k-13).$$



	АРКС(12,13)
R^2	0,9749
$\sum e^2(k)$	818,764
DW	0,497227
СКП	642,214
СПП	-7,041
САПП	7,041

МГУА

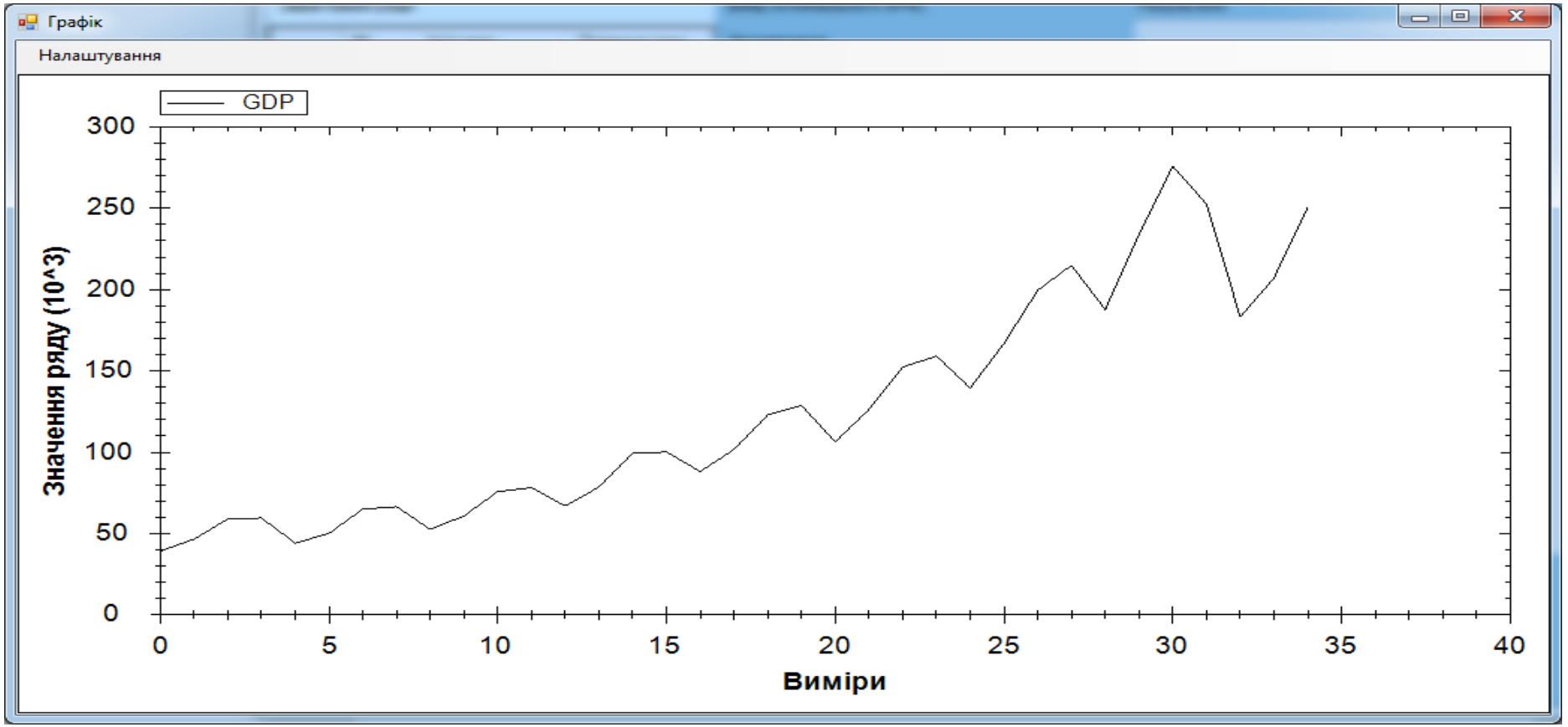


	МГУА
СКП	170,285
СПП	4,84752
САПП	4,84752

Порівняння результатів прогнозування для часового ряду EXPORT

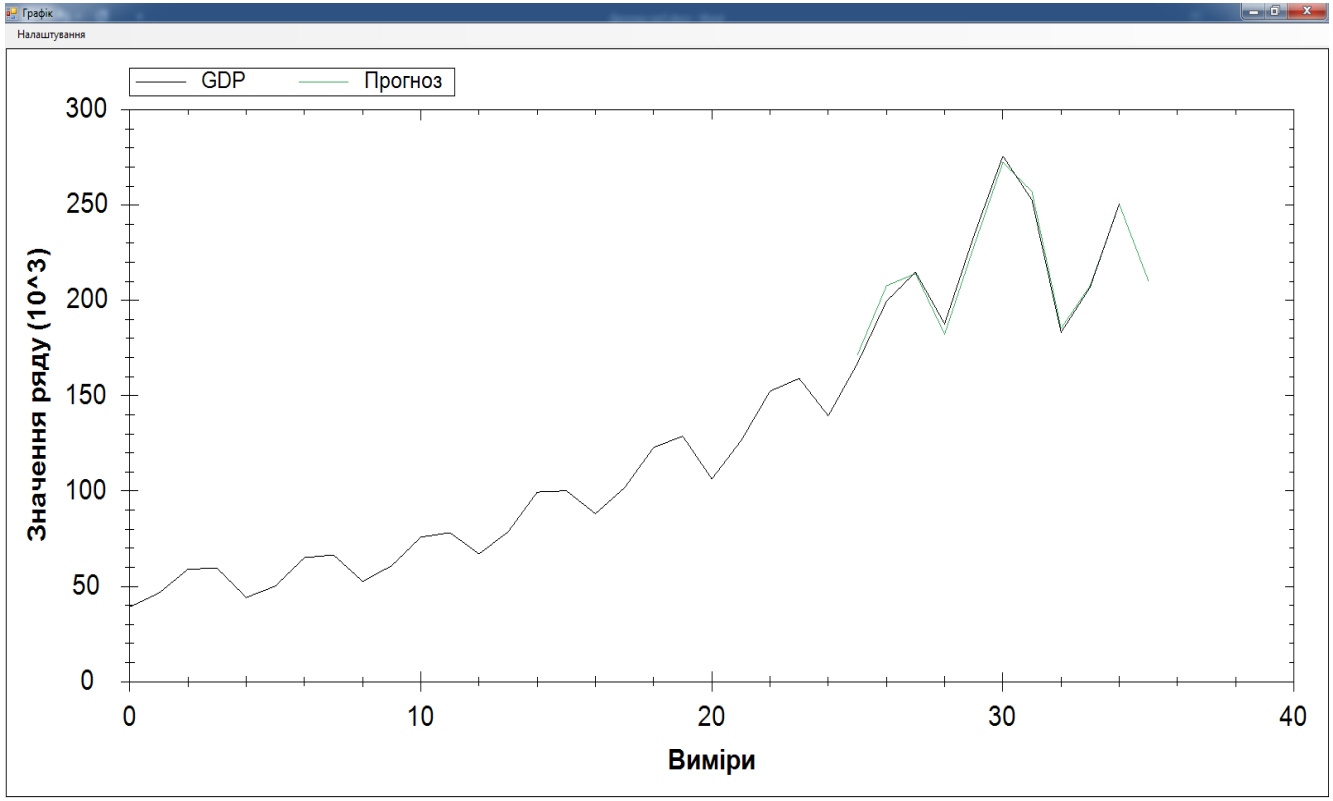
Тип моделі	Характеристики прогнозу		
	СКП	СПП	САПП
АР(15)	2,4335	-0,0943	0,0943
АРКС(12,13)	642,214	-7,041	7,041
Комбінований	127,2546	3,756613	3,756613
МГУА	170,285	4,84752	4,84752

GDP (2003 - 2012)



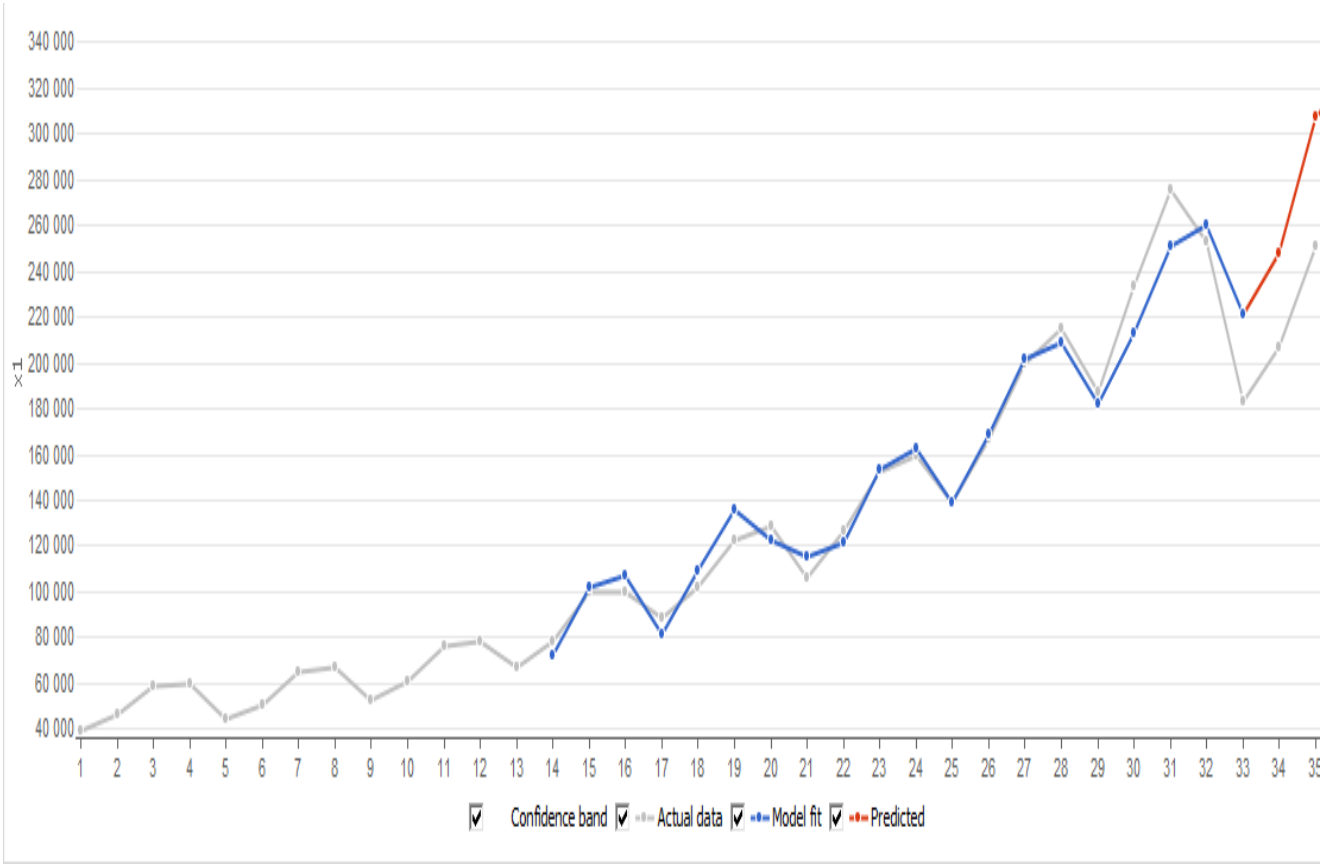
Авторегресія п'ятнадцятого порядку

$$y(k) = 32357,04 + 1,1045 * y(k-1) - 0,3131 * y(k-2) - 0,2365 * y(k-3) + 1,5582 * y(k-4) - 0,446 * y(k-5) - 1,2621 * y(k-6) - 0,2977 * y(k-7) + \\ + 0,1939 * y(k-8) - 2,2043 * y(k-9) + 2,369 * y(k-10) + 2,9515 * y(k-11) - 0,6991 * y(k-12) + 0,9174 * y(k-13) - 0,4962 * y(k-14) - 2,6814 * y(k-15).$$



	AP(15)
R^2	0,993
$\sum e^2(k)$	4666,785
DW	1,767
СКП	1425,566
СПП	-0,287
САПП	0,287

МГУА

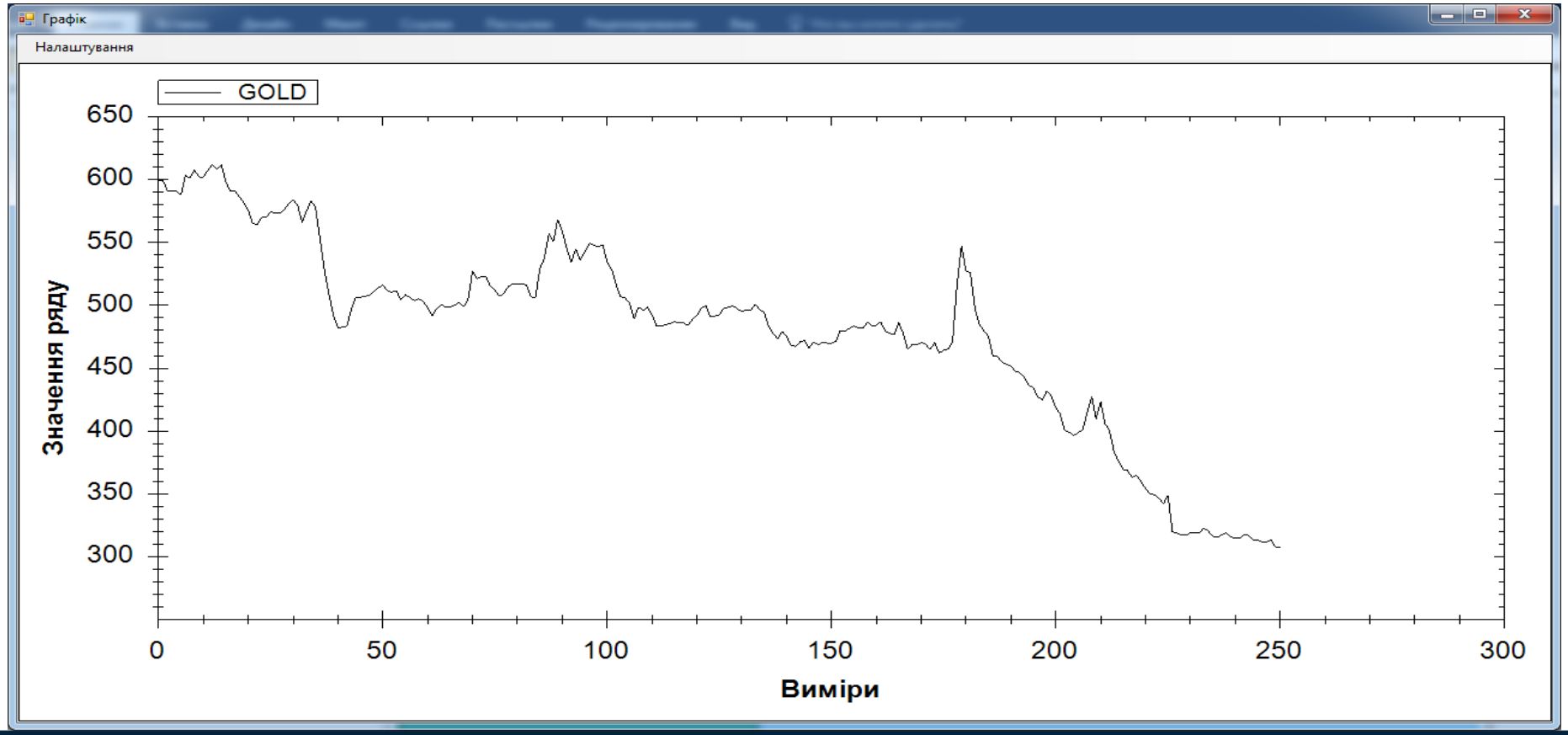


	МГУА
СКП	2456,7
СПП	0,4206
САПП	0,4206

Порівняння результатів прогнозування для часового ряду GDP

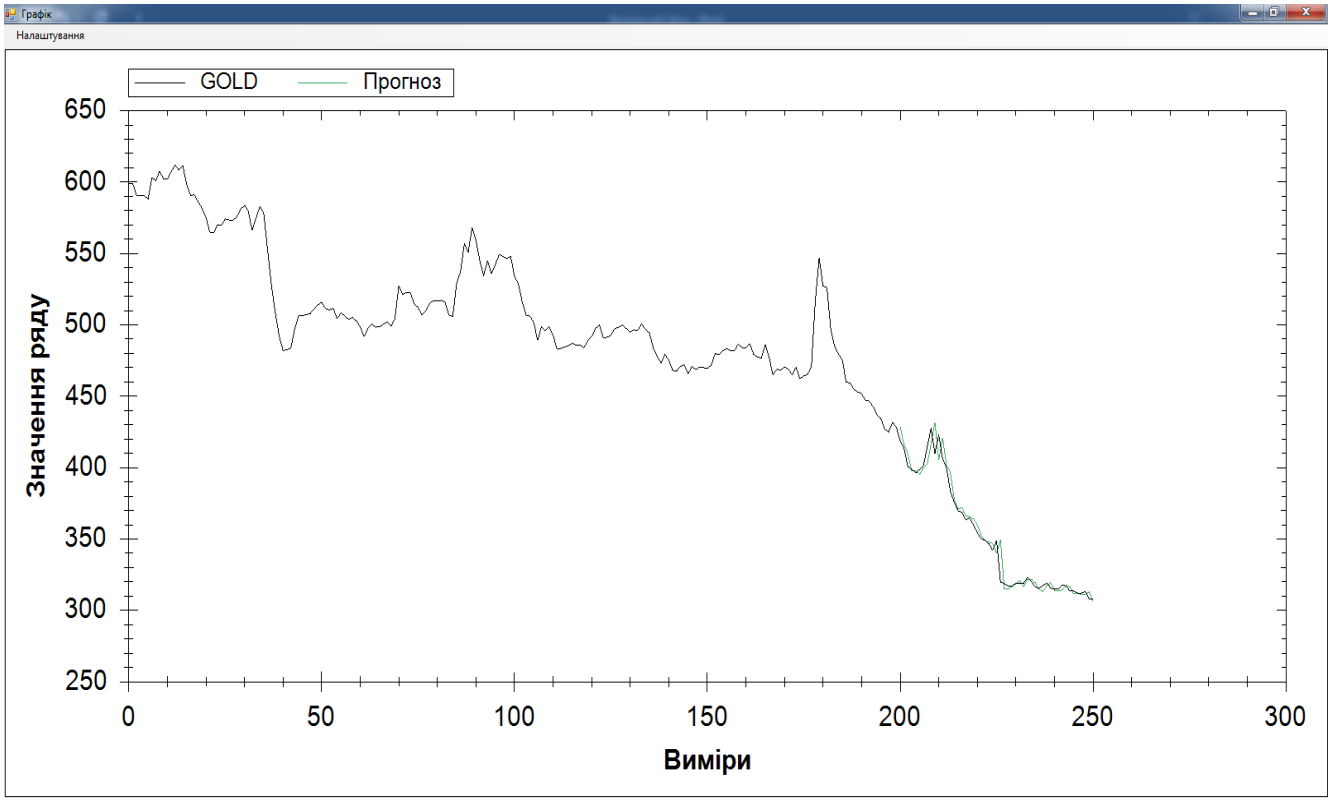
Тип моделі	Характеристики прогнозу		
	СКП	СПП	САПП
АР(15)	1425,566	-0,287	0,287
МГУА	2456,7	0,420602	0,420602

GOLD (2014 рік)



Авторегресія дев'ятого порядку

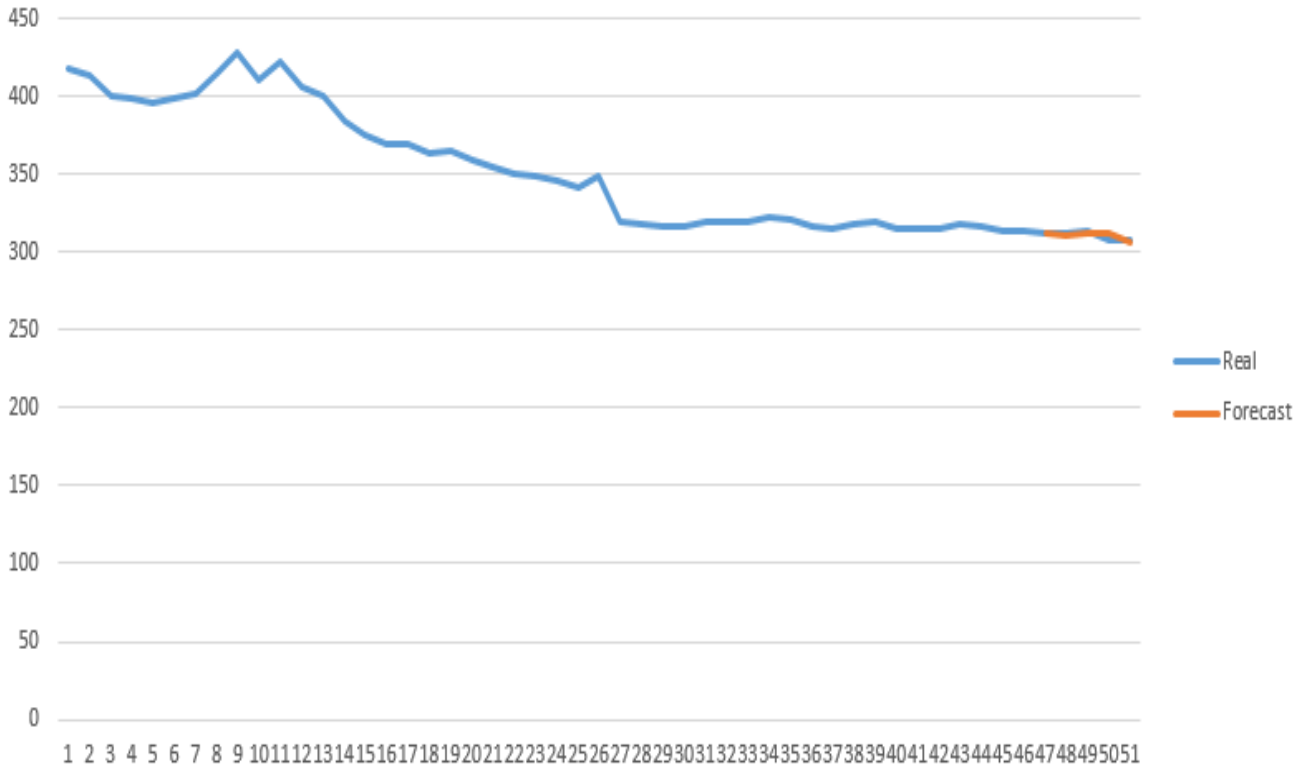
$$y(k) = -0,1452 + 1,1875 * y(k-1) - 0,0776 * y(k-2) - 0,1571 * y(k-3) - 0,0536 * y(k-4) +$$
$$+0,0478 * y(k-5) + 0,0955 * y(k-6) - 0,1623 * y(k-7) + 0,1596 * y(k-8) - 0,0417 * y(k-9).$$



	AP(9)
R^2	0,9893
$\sum e^2(k)$	7,786
DW	1,9913
СКП	9,419
СПП	-0,372
САПП	0,372

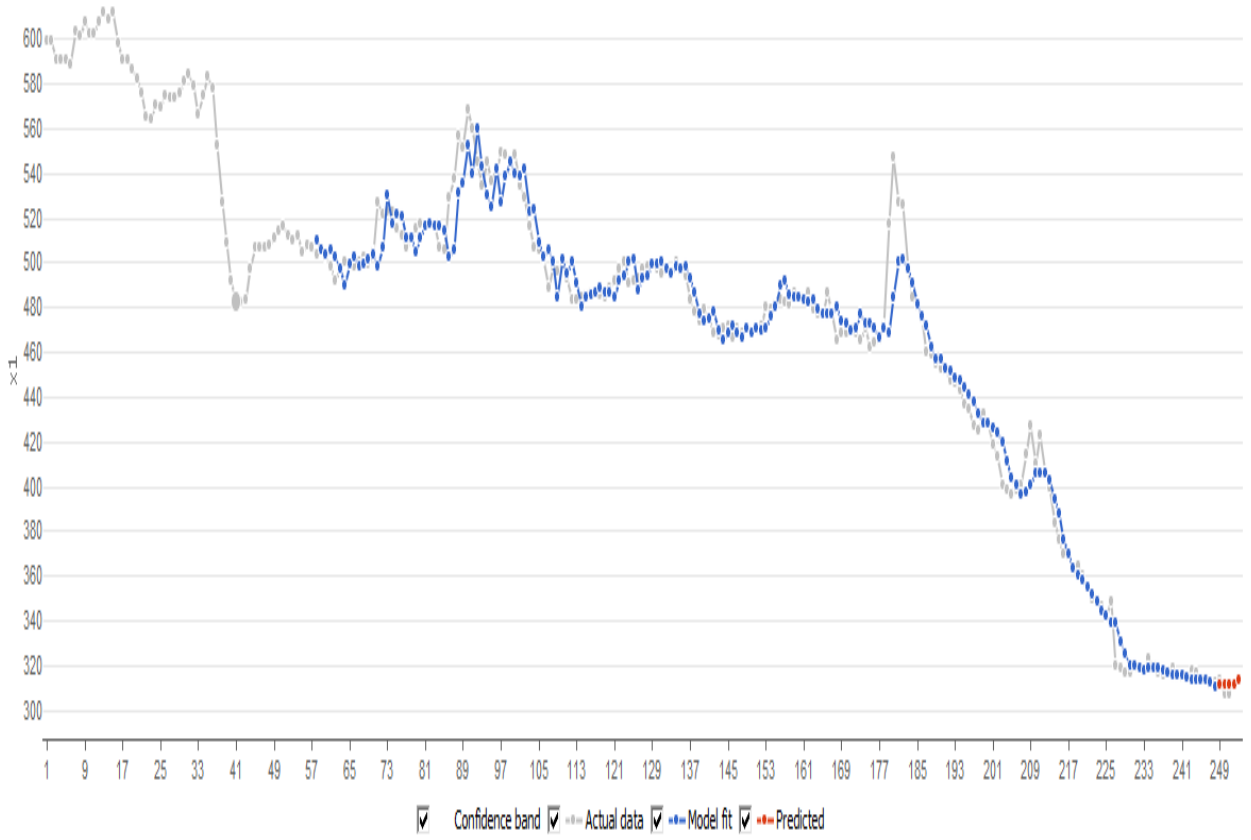
Комбінування прогнозів

$$\hat{y}_c(k) = w_1 \hat{y}_1(k) + w_2 \hat{y}_2(k) + w_3 \hat{y}_3(k)$$



	COMB
СКП	9,287689
СПП	0,360863
САПП	0,360863

МГУА

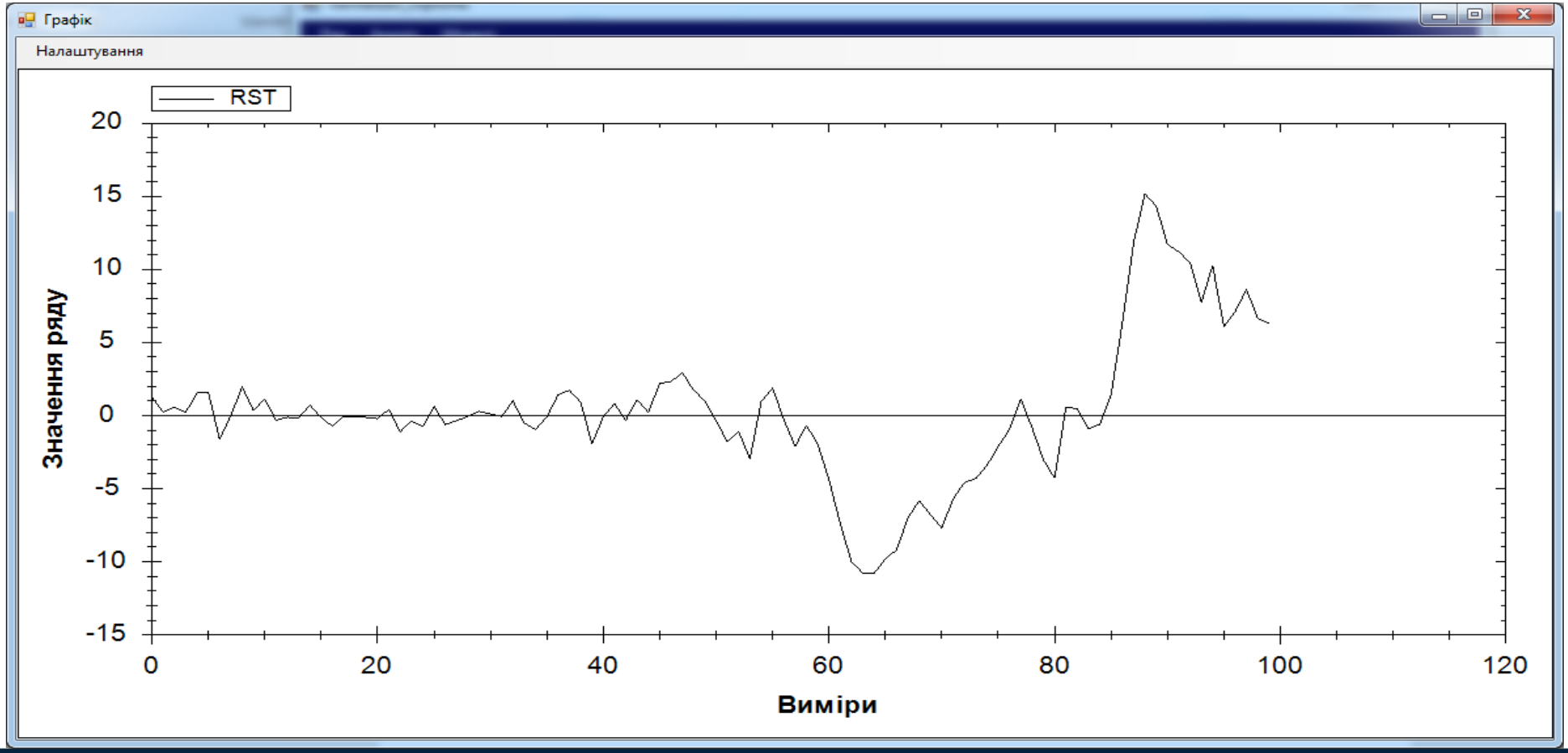


	МГУА
СКП	3,13
СПП	0,198768
САПП	0,198768

Порівняння результатів прогнозування для часового ряду GOLD

Тип моделі	Характеристики прогнозу		
	СКП	СПП	САПП
АР(9)	9,419	-0,372	0,372
АР(13)	9,904	-0,3856	0,3856
АРКС(12,4)	9,0199	-0,3494	0,3494
Комбінований	9,287689	0,360863	0,360863
МГУА	3,13	0,198768	0,198768

RST (січень 2006 – травень 2014)



Тест на гетероскедастичність

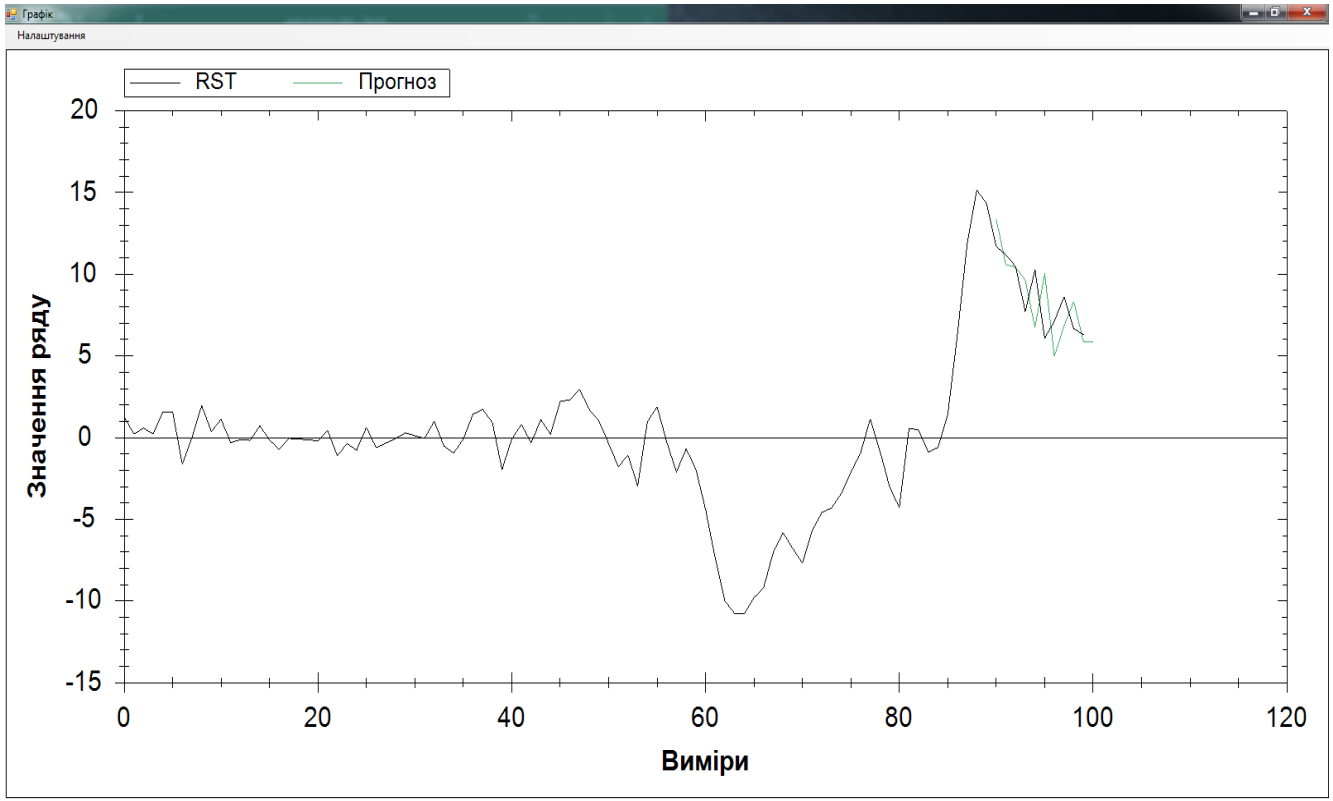
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.506521	2.299735	0.220252	0.8262
AR(1)	1.095734	0.106625	10.27654	0.0000
AR(2)	-0.161875	0.158677	-1.020158	0.3105
AR(3)	0.001372	0.161027	0.008520	0.9932
AR(4)	-0.014162	0.160659	-0.088150	0.9300
AR(5)	0.112942	0.164078	0.688347	0.4931
AR(6)	-0.114993	0.113867	-1.009888	0.3153

R-squared	0.883153	Mean dependent var	0.222426
Adjusted R-squared	0.875095	S.D. dependent var	5.044502
S.E. of regression	1.782825	Akaike info criterion	4.065825
Sum squared resid	26.52645	Schwarz criterion	4.255219
Log likelihood	-184.0938	Hannan-Quinn criter.	4.142326
F-statistic	109.5941	Durbin-Watson stat	1.971561
Prob(F-statistic)	0.000000		

1,2,5,6 значущі

Авторегресія п'ятого порядку

$$y(k) = 0,0504 + 1,0972 * y(k-1) - 0,1664 * y(k-2) + 0,0086 * y(k-3) + 0,0031 * y(k-4) - 0,118 * y(k-5).$$



	AP(5)
R^2	0,881
$\sum e^2(k)$	1,7161
DW	2,0003
СКП	0,193
СПП	-2,818
САПП	2,818

Моделі дисперсії АРУГ і УАРУГ

АРУГ: $\varepsilon^2(k) = 3{,}002468 + 0{,}513876\varepsilon^2(k-1) - 0{,}078863\varepsilon^2(k-2)$
$-0{,}075155\varepsilon^2(k-3) - 0{,}009276\varepsilon^2(k-4).$

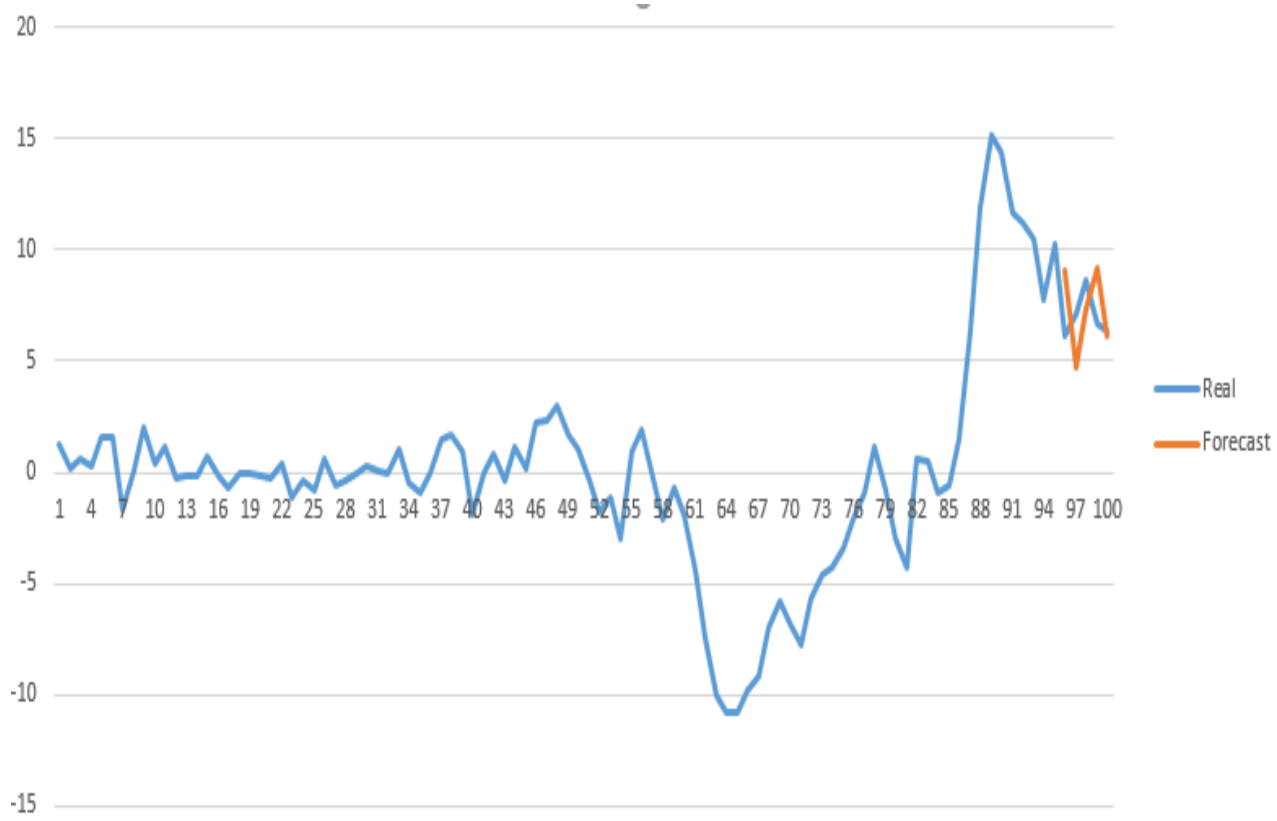
R^2	0,234914	DW	1,99441

УАРУГ: $h(k) = -0{,}078 - 22{,}847 * h(k-1) +$
$0{,}197 * \varepsilon^2(k-1) + 0{,}0104 * \varepsilon^2(k-2)$

R^2	0,8946	DW	1,9934

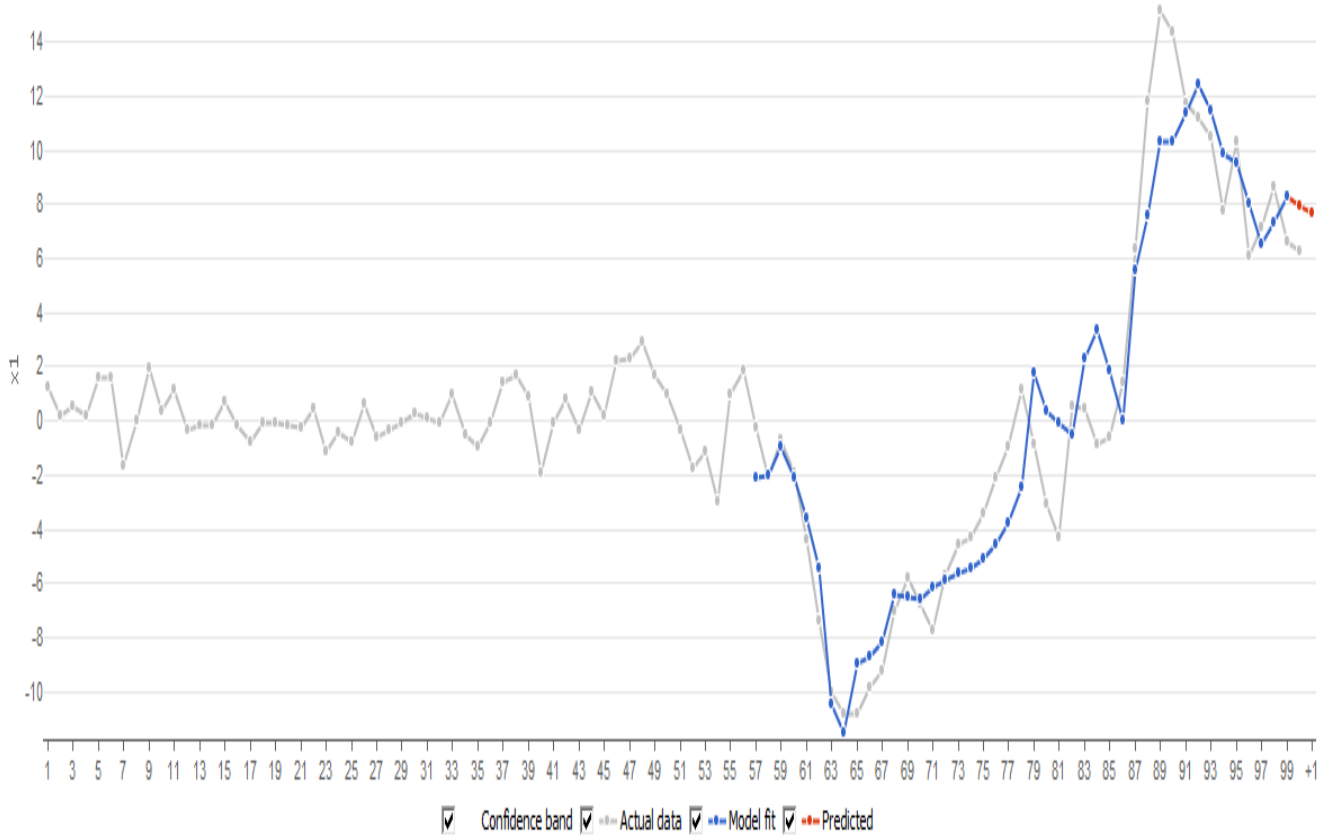
Комбінування прогнозів

$$\hat{y}_c(k) = w_1 \hat{y}_1(k) + w_2 \hat{y}_2(k) + w_3 \hat{y}_3(k)$$



	COMB
СКП	2,111
СПП	5,505
САПП	5,505

МГУА



	МГУА
СКП	1,66394
СПП	5,27816
САПП	5,27816

Порівняння результатів прогнозування для часового ряду RST

Тип моделі	Характеристики прогнозу		
	СКП	СПП	САПП
АР(14)	0,904	-4,985	4,985
АР(5)	0,193	-2,818	2,818
АРКС(14,6)	3,2845	-5,742	5,742
АР(5)+k2	3,948	6,87125	6,87125
Комбінований	2,111548	5,505594	5,505594
МГУА	1,66394	5,27816	5,27816

Висновки

1. Виконано аналіз процесу побудови регресійних моделей за статистичними даними.
2. Розглянуто і використано методи, що дають можливість моделювати нестаціонарні фінансово-економічні процеси та оцінювати прогнози нелінійних процесів.
3. Розроблена та програмно реалізована СППР для побудови регресійних моделей та оцінок прогнозів нелінійних процесів.
4. Для моделювання та прогнозування таких показників, як індекс споживчих цін, об’єм експорту, ВВП, ціна на золото, дохід від продажу авіаквитків застосовано різні методи, проведено порівняльний аналіз результатів і зроблено висновок, що майже всі моделі придатні до використання, але для кожної конкретної ситуації неможливо заздалегідь передбачити, який з методів дасть найкращий прогноз.
5. У подальших дослідженнях планується використовувати ширшу множину методів моделювання і прогнозування, які логічно доповнюють вже використані у роботі. Зокрема, будуть використані дерева рішень, байєсівські мережі, метод опорних векторів, та інші методи інтелектуального аналізу даних.

Публікації:

1. Bidyuk P.I., Vertiletskij V.G. Decision support system for adaptive forecasting of financial and economic processes // Intelligent systems for decision-making: Materials 18-th International Conference «System Analysis and Information Technologies» (May 30-June 2, 2016, Kyiv). –K.: NTUU «KPI», 2016.-440 p
2. Бідюк П.І, Вертилецький В.Г., Жирова А.О. Аналіз ризику банкрутства підприємств з використанням чітких та нечітких моделей // ECONOMIC BULLETIN OF NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE "KYIV POLYTECHNICAL INSTITUTE" — 2015. — № 12
3. Вертилецький В.Г. Аналіз (моделювання і прогнозування) фінансово економічних процесів за допомогою СППР// Університетський науковий збірник «Системні науки та кібернетика» –K.: NTUU «KPI», 2016 (прийнято до друку).

Дякую за увагу!