

*Моделі та методи для прогнозування  
нелінійних нестаціонарних процесів у  
фінансах*

**ВИКОНАВ:**

СТУДЕНТ ГРУПИ КА-53

---

ПАНЧЕНКО Д.В

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:**

Д.Т.Н., ПРОФ. БІДЮК П.І.

Київ - 2019

# *Об'єкт, предмет і мета дослідження*

---

**Об'єкт** дослідження: нелінійні нестационарні процеси у фінансах.

**Предмет** дослідження: методи моделювання ННП, а також оцінювання та аналізу якості прогнозів фінансових процесів.

**Методи** дослідження: теорія моделювання і прогнозування, регресійний аналіз, статистичні методи.

**Мета** роботи: описати нелінійні нестационарні процеси за допомогою відповідних математичних моделей, оцінити параметри моделей та обчислити короткостроковий прогноз на основі створених моделей. За допомогою множини статистичних критеріїв перевірити якість прогнозів.

# *Актуальність роботи*

---

Практично всі процеси, у будь-якій сфері діяльності - економічні, соціальні, екологічні, технічні, фінансові потрібно розглядати як нелінійні нестационарні.

Моделі фінансового ринку являються типовим представником нелінійних нестационарних процесів, адже вони, як правило, нестабільні, тобто мають досить складну динаміку процесу. Відповідно, для того щоб врахувати всі параметри, які впливають на розвиток нелінійного нестационарного процесу, тривіальних моделей буде недостатньо, оскільки отриманий результат буде некоректним.

Тому потрібно використовувати нові, складніші (адекватні) моделі для того щоб забезпечити високу якість прогнозу.

# *Постановка задачі (1)*

---

Вибрати історичні статистичні дані для подальшого дослідження, тобто для побудови моделі, її оцінювання та прогнозування розвитку вибраних процесів за оціненими моделями.

Дослідити вибрані процеси за наявними даними, тобто провести їх попередню обробку. Використати методику візуального дослідження даних, застосувати необхідні тести (на стаціонарність та нелінійність).

Побудувати структури моделей відповідно проаналізувавши дані на попередньому етапі.

Оцінити параметри утворених структур моделей за допомогою вибраних методів оцінювання.

# *Постановка задачі (2)*

---

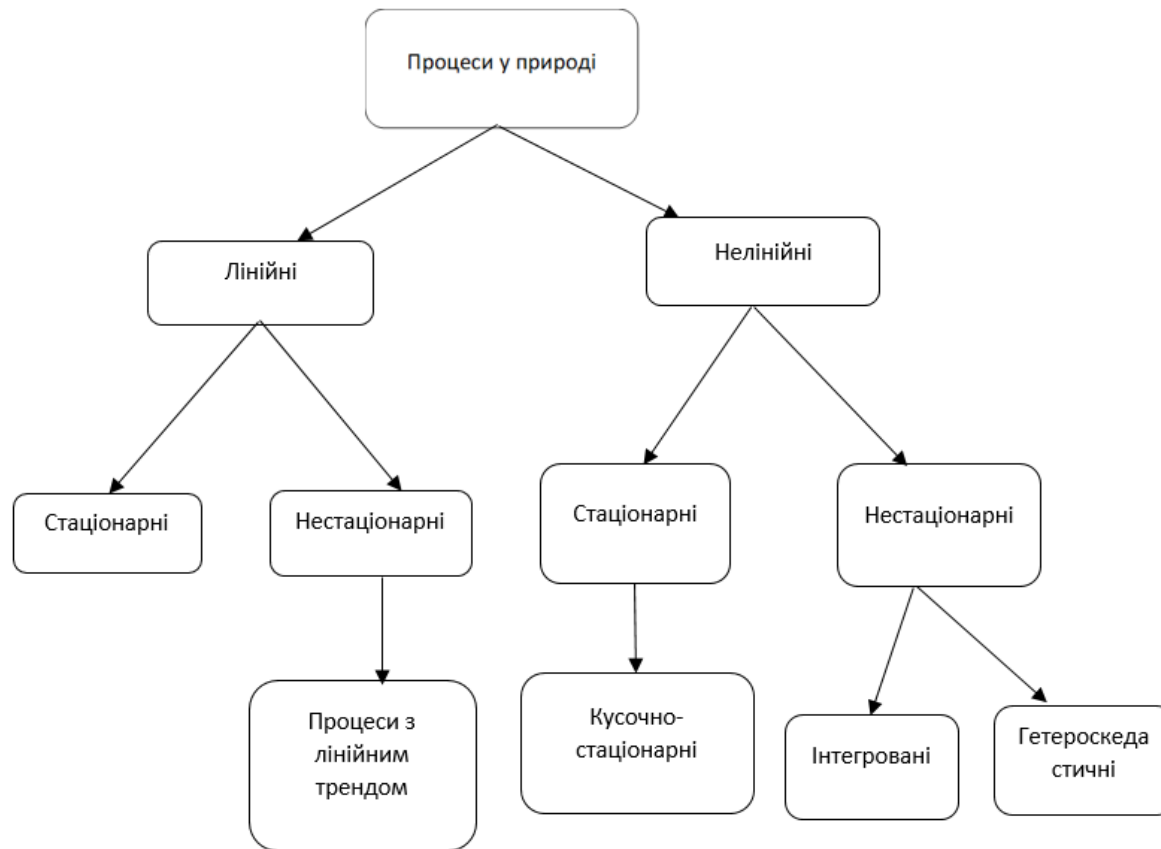
Аналіз отриманих оцінок моделей-кандидатів з метою вибору кращої для подальшого прогнозування.

Обчислення прогнозів на основі відповідних оцінених математичних моделей з використанням розробленого програмного забезпечення.

Вибір моделі найбільш придатної для прогнозування з метою подальшого використання в фінансових процесах.

# Класифікація процесів у природі

---



# Використані моделі (1)

---

Авторегресія (AR(p)):

$$y(k) = a_0 + a_1y(k-1) + \dots + a_p y(k-p) = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y(k-i) + \varepsilon(k)$$

Авторегресія з трендом (AR + тренд(p,q)):

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

Авторегресія з умовною гетероскедастичністю (ARУГ(q)):

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

залишки  $\varepsilon(k)$  можуть бути отримані на основі рівнянь регресії, або авторегресії з ковзним середнім

# *Використані моделі (2)*

---

Узагальнена авторегресія з умовною гетероскедастичністю (УАРУГ(p,q)):

$h(k) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon^2(k-i) + \sum_{j=1}^p \beta_j h(k-j)$ , де  $h(k)$  – умовна дисперсія

Експоненційна узагальнена авторегресія з умовною гетероскедастичністю (ЕУАРУГ(p,q)):

$$\log[h(k)] = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \frac{|\varepsilon(k-i)|}{\sqrt{h(k-i)}} + \sum_{i=1}^p \beta_i \frac{\varepsilon(k-i)}{\sqrt{h(k-i)}} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \log[h(k-i)] + v(k),$$



# Критерії якості моделей і прогнозів

Коефіцієнт детермінації	$R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)}$
Сума квадратів похибок моделі	$SSE = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2$
Статистика Дарбіна-Уотсона	$DW = \frac{\sum_{k=2}^N [e(k) - e(k-1)]^2}{\sum_{k=1}^N e^2(k)}$
Коефіцієнт Тейла	$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i)^2}}$
Середньо квадратична похибка	$\text{СКП} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^T (y_i - \hat{y}_i)^2}$
Абсолютна середня похибка в процентах	$\text{АСПП} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ y_i - \hat{y}_i }{ y_i } \times 100\%$

# Функціональна схема розробленої програми



# Інтерфейс програмного забезпечення (C#)

Desision Support System Panchenko Denys, IASA-2019

**Вхідний ряд**

n	Y(n)
0	273
1	273
2	267
3	274
4	279
5	264
6	275
7	284
8	294
9	294
10	307
11	305
12	312

**Модель для лінійного ряду — AP(1)**

Оберть метод наближення:

МНК

Додатково

Вивантажити

Старт ...

**Параметри моделі**

Параметр	Значення
a1	80,4819801...

Прогноз ...

**Вихідний ряд**

n	Y(n)
0	21971,5805735
1	21971,5805735
2	21488,6886928
3	22052,0625537
4	22454,4724543
5	21247,2427524
6	22132,5445338
7	22856,8823549
8	23661,7021561
9	23661,7021561
10	24707,9678977
11	24547,0039375
12	25110,3777983

# Результати роботи програми

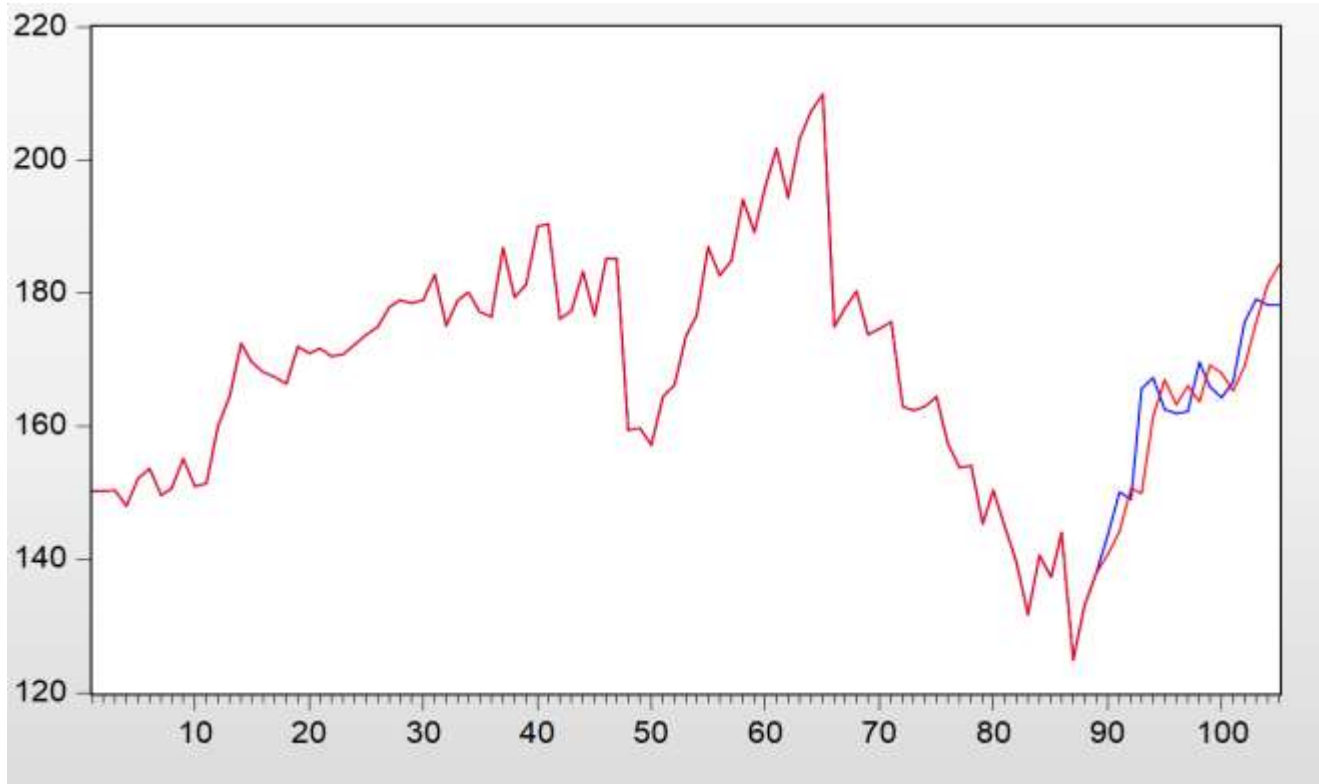
Результати моделювання процесів цін на акції Facebook

Тип моделі	Адекватність моделі			Точність прогнозу		
	$R^2$	SSE	DW	СКП	САПП	Тейла
AR(1)	0.8316	4878.418	2.207 4	16.0146	16.01%	0.047
AR(10)	0.8301	4423.756	2.013 1	14.4016	7.53%	0.048
AR(10) + $t^2$	0.8301	4371.606	2.0119	5.93	3.00%	0.018
AR(10) + $t^5$	0.8484	3946.687	2.033 7	5.72	2.82%	0.017

$$y(k) = 54.5635 + 0.6569*y(k-1) + 0.0328*y(k-2) + 0.0891*y(k-3) + 0.0800*y(k-4) - 0.0848*y(k-5) + 0.0825*y(k-6) - 0.0428*y(k-7) - 0.1628*y(k-8) + 0.0191*y(k-9) - 0.0732*y(k-10) + 1.5464*k - 0.0751*k^2 + 0.0019*k^3 - 0.0000243*k^4 + 0.00000105*k^5$$

# *Графічне зображення часового ряду «Facebook» та результату прогнозу*

---



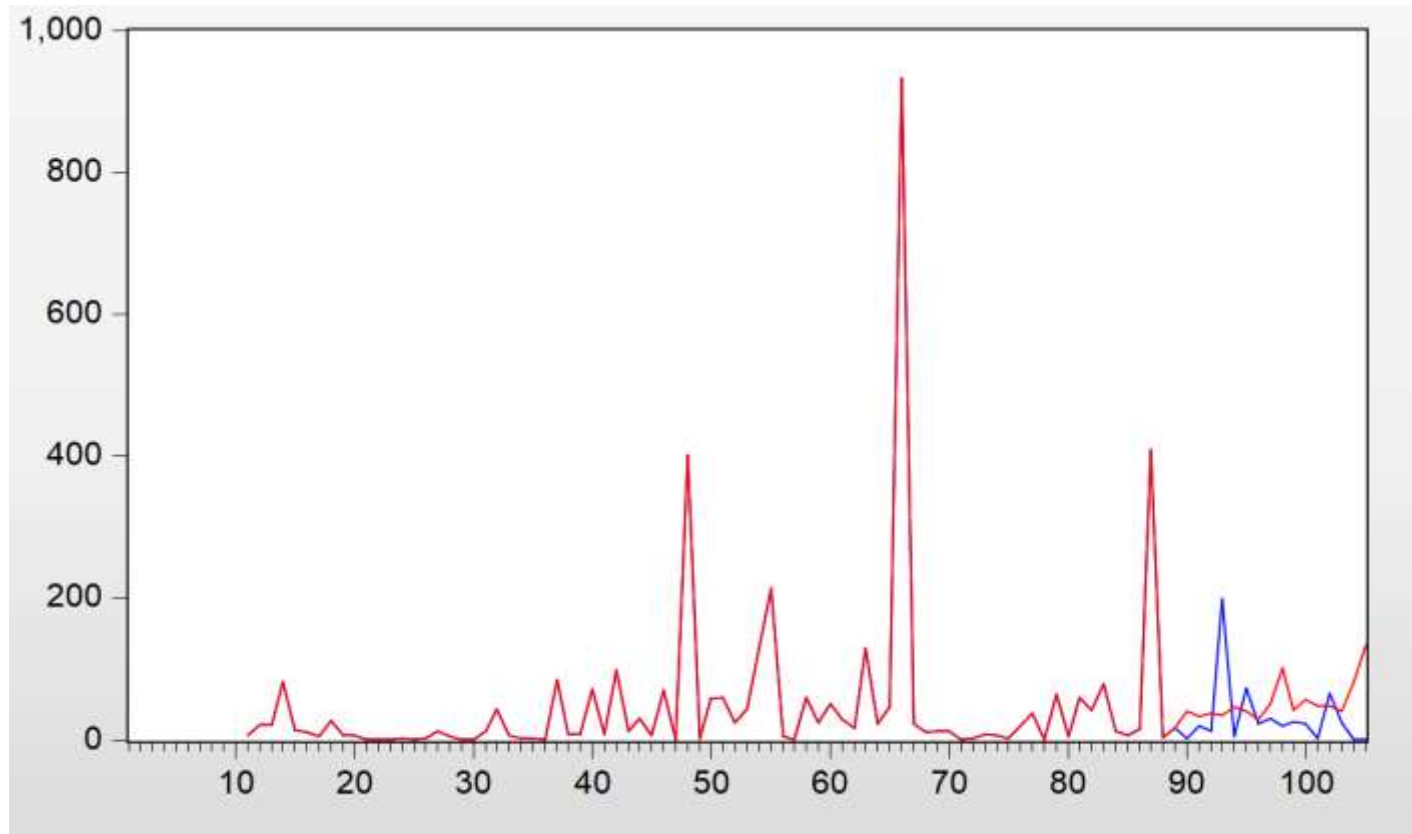
# Результати роботи програми

Результати моделювання умовної дисперсії

Тип моделі	Адекватність моделі			Точність прогнозу		
	$R^2$	SSE	DW	СКП	САПП	Тейла
АРУГ(2,1)	0.1401	974333.9	1.9995	65.07	57040.48%	0.549
УАРУГ(1,1)	0.9757	30148.33	1.8683	59.8	19.7%	0.117
ЕУАРУГ(1,1)	0.98234	30248.9	1.9495	16.97	8.31%	0.04

$$\log(h(k)) = -1.2009 + 1.9634 * \left| \frac{\varepsilon(k-1)}{\sqrt{h(k-1)}} \right| + 0.205864 * \frac{\varepsilon(k-1)}{\sqrt{h(k-1)}} + 0.8846 * \log(h(k-1))$$

# *Графічне зображення дисперсії часового ряду «Facebook» та результату прогнозу*



# Результати роботи програми

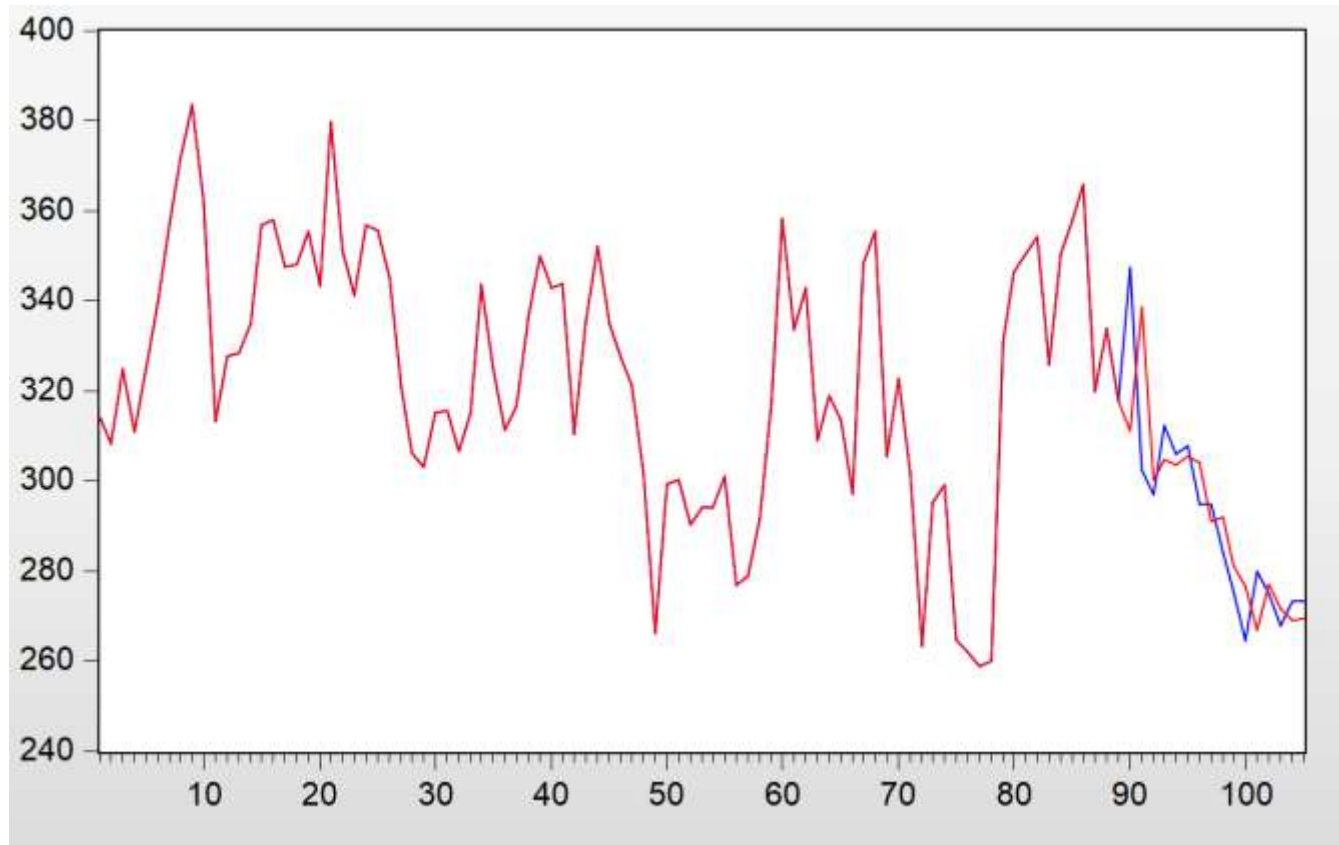
Результати моделювання процесів змін цін на акції Tesla

Тип моделі	Адекватність моделі			Точність прогнозу		
	$R^2$	SSE	DW	СКП	САПП	Тейла
AR(1)	0.5720	39771.92	2.0034	16.68	4.71%	0.028
AR(6)	0.5856	38226.99	1.9957	17.33	4.522%	0.029
AR(6) + $t^3$	0.6201	35069.44	1.9948	14.97	3.43%	0.025
AR(6) + $t^7$	0.6335	33804.10	2.0019	14.26	3.18%	0.0244

$$y(k) = 161.2875 + 0.6352*y(k-1) - 0.0679*y(k-2) + 0.0743*y(k-3) - 0.1587*y(k-4) + 0.0601*y(k-5) - 0.0165*y(k-6) + 3.7924*k - 0.5091*k^2 + 0.0265*k^3 - 0.0007*k^4 + 0.00000986*k^5 - 0.000000688*k^6 + 0.000000188*k^7$$



# Графічне зображення часового ряду «Tesla» та результату прогнозу



# Результати роботи програми

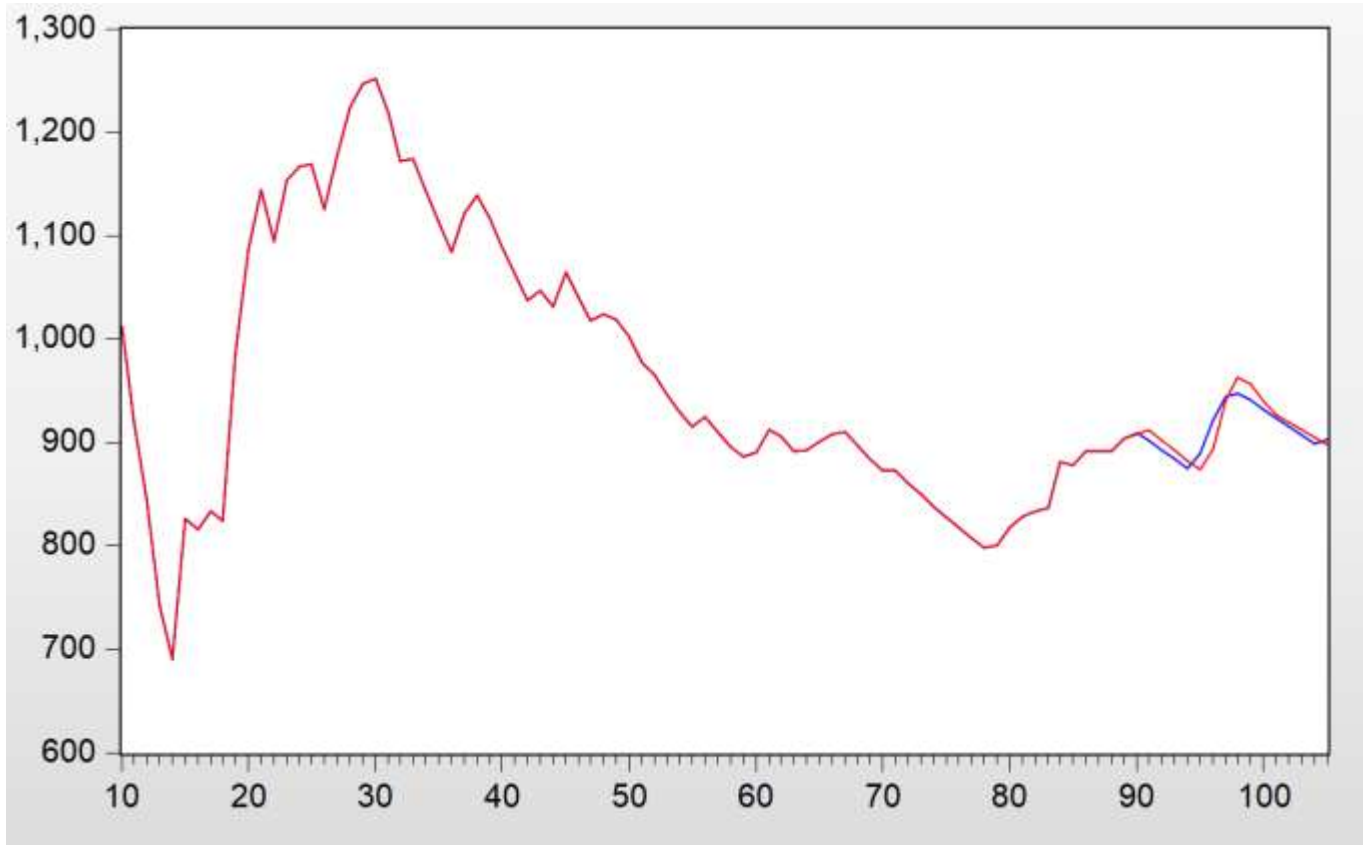
---

Результати моделювання умовної дисперсії будуть мати вигляд

Тип моделі	Адекватність моделі			Точність прогнозу		
	$R^2$	SSE	DW	СКП	САПП	Тейла
АРУГ(2,1)	0.2308	2115665.9	2.0183	431.57	1406.9%	0.3569
УАРУГ(1,1)	0.9358	94909.68	1.7061	12.48	1.17%	0.0067
ЕУАРУГ(1,1)	0.9185	395552.9	1.7658	26.55	5.76%	0.0408

$$h(k) = 50.6294 + 0.0061 * \varepsilon^2(k-1) - 0.00016 * \varepsilon^2(k-10) - 0.0070 * \varepsilon^2(k-12) + 0.9492 * h(k-1)$$

# Графічне зображення дисперсії часового ряду «Tesla» та результату прогнозу



# *Порівняльна таблиця результатів моделювання за допомогою статистичного пакету обробки даних Eviews та розробленої програми*

Ряд	Інструментарій	Тип моделі	Адекватність моделі			Точність прогнозу		
			$R^2$	SSE	DW	СКП	САПП	Тейла
Tesla	Eviews	AP(1)	0.5720	39771.92	2.0034	16.68	4.71%	0.028
	Власний продукт	AP(1)	0.5733	38922.92	2.0045	17.52	4.858%	0.038
FB	Eviews	AP(10)	0.830	4423.75	2.013	14.401	7.53%	0.048
	Власний продукт	AP(10)	0.810	4544.75	2.2131	16.92	8.557%	0.020

# *Висновки*

---

- Виконано огляд математичних моделей, які можуть бути використані для формального опису нелінійних нестационарних процесів у фінансах.
- Розроблено програмний продукт (на C#) для обробки статистичних даних вибраних фінансових процесів, побудови моделей та оцінювання короткострокових прогнозів.
- Для вибраних фінансових процесів побудовані регресійні моделі, які характеризуються високим ступенем адекватності і забезпечують можливість обчислення високоякісних оцінок прогнозів.

# Перспективи подальших досліджень

---

- Розробити оригінальні структури математичних моделей для опису конкретних нелінійних нестационарних процесів в економіці, фінансах та інших галузях досліджень.
- Розробити та реалізувати систему підтримки прийняття рішень для аналізу ННП на принципах системного аналізу.
- Реалізувати функції прогнозування ННП з використанням комбінування оцінок прогнозів, отриманих за допомогою різних моделей (регресійний аналіз, нейронні мережі, байєсівські мережі і т. ін.).

---

Дякую за Увагу!