

Фізико-математичні науки

УДК 519.21

Крикун Іван Григорович

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри прикладної математики,
Донецький національний університет імені Василя Стуса*

Крыкун Иван Григорьевич

*кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры прикладной математики,
Донецкий национальный университет имени Василя Стуса*

Krykun Ivan

*PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor of Department of Applied Mathematics
Vasyl' Stus Donetsk National University
ORCID 0000-0001-5468-512X*

Кірілюк Максим Андрійович

*магістрант кафедри прикладної математики
Донецького національного університету імені Василя Стуса*

Кирилюк Максим Андреевич

*магистрант кафедры прикладной математики
Донецкого национального университета имени Василя Стуса*

Kiriliuk Maksym

*Master's Student of the Department of Applied Mathematics
Vasyl' Stus Donetsk National University*

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВТРАТ УКРАЇНИ ВІД РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩИХ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ УКРАИНЫ ОТ РОССИЙСКОЙ
АГРЕССИИ
STATISTICAL MODELING OF TOTAL ECONOMIC LOSSES OF
UKRAINE FROM RUSSIAN AGGRESSION**

***Анотація.** Проведено моделювання обсягу ВВП України в 2014-2020 роках згідно з динамікою 2009-2013 років та зроблено статистичну оцінку економічних втрат України від російської агресії.*

***Ключові слова:** статистичне моделювання, метод найменших квадратів, кореляційно-регресійний аналіз, російсько-українська війна.*

***Аннотация.** Проведено моделирование объема ВВП Украины в 2014-2020 годах согласно с динамикой 2009-2013 годов и сделана статистическая оценка экономических потерь Украины от российской агрессии.*

***Ключевые слова:** статистическое моделирование, метод наименьших квадратов, корреляционно-регрессионный анализ, российско-украинская война.*

***Summary.** The model of Ukraine's GDP in 2014-2020 is modeled according to the dynamics of 2009-2013 and a statistical assessment of Ukraine's economic losses from Russian aggression is made.*

***Key words:** statistical modeling, the method of least squares, correlation-regression analysis, the Russian-Ukrainian war.*

Актуальність та постановка проблеми. Російське вторгнення, яке розпочалося у відкритій формі в лютому 2014 року та призвело до загибелі десятків тисяч людей та незліченних інших втрат, на превеликий жаль триває і досі. Ця агресія вже стала найбільшим конфліктом в Європі з часу

закінчення другої світової війни і досі залишається надзвичайно болючим питанням для України. Тому актуальним є питання про оцінку зокрема економічних втрат України від російської агресії.

Огляд публікацій. Оскільки російське вторгнення ще не закінчилось, то жодних підсумкових публікацій щодо економічних збитків саме від цієї війни ще не з'явилося, а в силу безпрецедентності цього вторгнення оцінки економічних втрат від інших війн є малопоказовими. Наявні в літературі оцінки втрат переважно стосуються лише збитків від бойових дій та окупації частини Донецької та Луганської областей або прогнозованих витрат на відновлення і майже не розглядають питання про загальні економічні втрати України. Серед публікацій, присвяченим оцінкам збитків від цієї агресії, виділимо публікації [1, с. 125-167, 203-230; 2, с. 60-62; 3, с. 38-53; 4, с. 9-13; 5, с. 38-63].

Основна частина. Для оцінки загальних втрат України від російської агресії, що почалась у 2014 році, використаємо дані про обсяг валового внутрішнього продукту (ВВП) України за даними авторитетної міжнародної установи – Світового Банку [6]. Отже, згідно даних Світового Банку, ВВП України в 2008-2020 роках складав:

Таблиця 1

ВВП України у 2008 – 2020 роках, млрд. дол., за даними Світового банку [7]

Рік	ВВП, млрд.дол.
2008	179,817
2009	117,113
2010	136,013
2011	163,160
2012	175,781
2013	183,310
2014	133,503
2015	91,031
2016	93,356
2017	112,190
2018	130,902
2019	153,930
2020	155,582

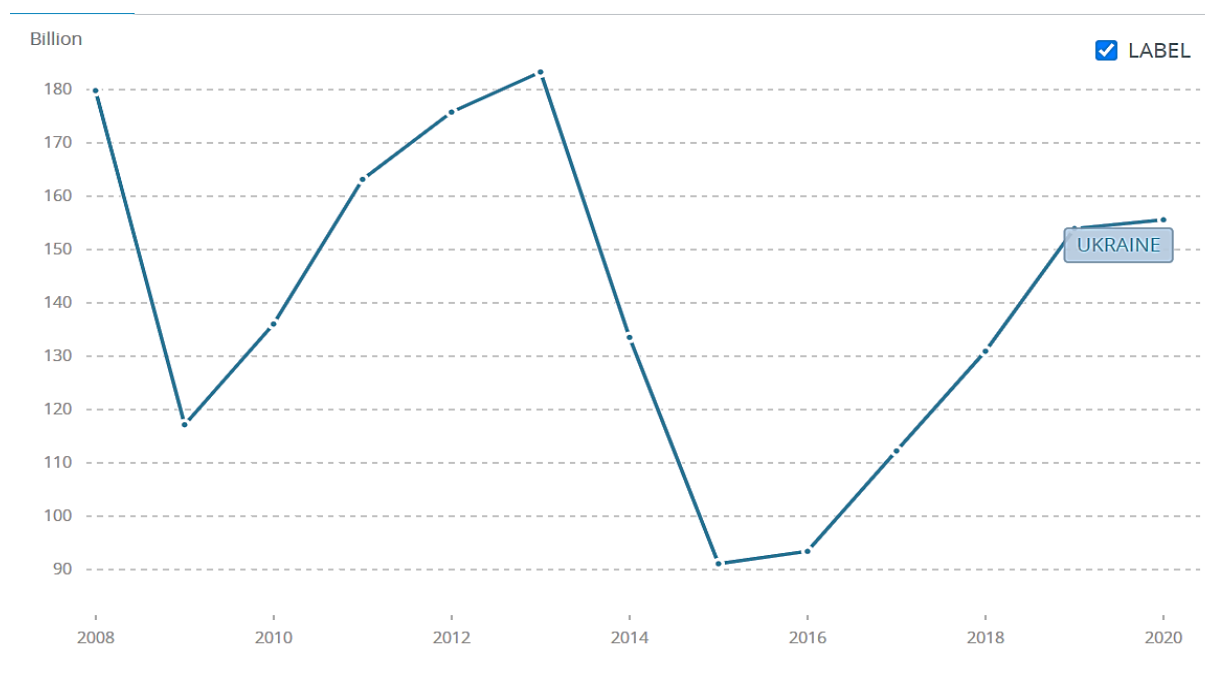


Рис. 1. ВВП України у 2008 – 2020 роках, млрд. дол., за даними Світового банку [7]

Можемо зауважити, що динаміка ВВП України в 2009-2013 роках (від завершення світової фінансової кризи 2008 року до початку російського вторгнення у 2014 року) була досить однорідною – спостерігалася тенденція до стійкого зростання:

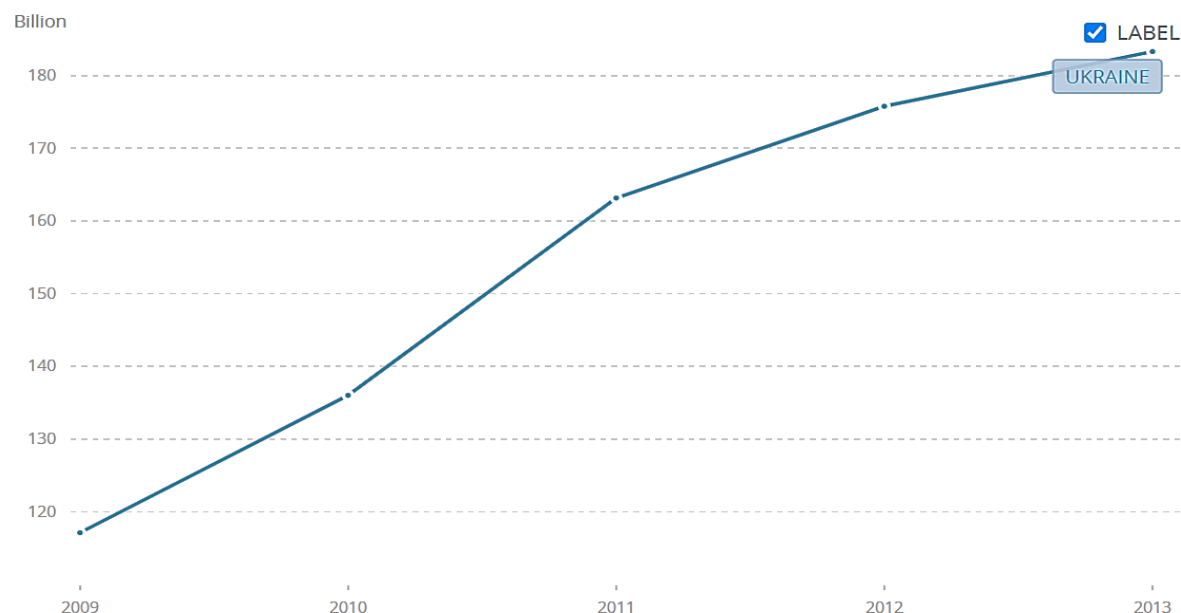


Рис. 2. ВВП України у 2009 – 2013 роках, млрд. дол., за даними Світового банку [7]

За графіком на Рис. 2 можемо припустити лінійну динаміку зростання ВВП України в 2009-2013 роках. Проте для остаточного висновку щодо характеру зростання ВВП України в 2009-2013 роках використаємо стандартний статистичний інструмент – коефіцієнт кореляції Пірсона r_{xy} [8]. Отже, обчислимо за даними з Таблиці 1 згідно формули [9, с. 115] коефіцієнт кореляції Пірсона між обсягом ВВП України в 2009-2013 роках та роком спостереження

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2 m_i} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j (y_j - \bar{y})^2 k_j}}, \quad (1)$$

де $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i m_i$, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_j y_j k_j$, $\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i,j} x_i y_j n_{ij}$.

Отже, згідно даних Таблиці 1, за формулою (1) знаходимо: $r_{xy} = 0,978$, що є значенням, дуже близьким до одиниці, а це свідчить про дуже тісний лінійний зв'язок між величинами. Таким чином, можемо зробити висновок, що протягом 2009-2013 років, за відсутності несприятливої світової економічної кон'юнктури та за відсутності російського вторгнення ВВП України зростало лінійно.

Отже, знаючи про події в світі з 2014 року до 2020 року, ми робимо висновок про стабільну економічну ситуацію в світі (аж до початку карантинних та інших обмежень, що пов'язані з пандемією та мали глобальний вплив на світову економіку), а значить правдоподібним є припущення, що динаміка ВВП України в 2014-2020 роках без вторгнення російсько-терористичних сил була б такою ж, як і в 2009-2013 роках.

Виходячи з цього, екстраполюємо обсяг ВВП України на 2014-2020 роки згідно з динамікою 2009-2013 років, порівняємо прогнозовані дані з фактичними та оцінимо таким чином втрати України протягом 2014-2020 років від російської агресії, яка триває.

Згідно зі знайденим та близьким до одиниці коефіцієнтом кореляції Пірсона, в якості прогностної моделі обсягу ВВП України візьмемо лінійну модель:

$$y(x) = Ax + B, \quad (2)$$

де $y(x)$ – обсяг ВВП України, x – рік від 2008 року (тобто 2009 року відповідає $x=1$ і т.д.), а коефіцієнти цієї моделі A, B будемо оцінювати методом найменших квадратів [10] згідно з даними за 2009-2013 роки, тобто використаємо формулу [9, с. 114]:

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 (y_i - y(x_i))^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

де y_i – фактичні дані про обсяг ВВП України у 2009-2013 роках, $y(x_i)$ – розраховані за формулою (2) дані про ВВП України у 2009-2013 роках.

Тоді, згідно методології методу найменших квадратів, МНК-оцінки для коефіцієнтів регресії (2) мають вигляд [9, с. 117]:

$$\begin{cases} A = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{D_x X} \\ B = \bar{y} - A\bar{x} \end{cases} \quad (4)$$

Виконавши необхідні обчислення середніх величин та підставивши їх в формулу (4), маємо такі МНК-оцінки для коефіцієнтів регресії (2):

$$\begin{cases} A = 17,216 \\ B = 103,43 \end{cases} \quad (5)$$

Отже, лінійна модель (2) моделювання динаміки ВВП України за спостереженими даними за 2009-2013 роки набуває вигляду

$$y(x) = 17,216x + 103,43, \quad (6)$$

де, нагадаємо, x – рік від 2008 року (тобто 2009 року відповідає $x=1$ і т.д.)

Для оцінки адекватності отриманої моделі спостереженим даним використаємо стандартний статистичний інструмент – коефіцієнт детермінації R^2 [11], який обчислимо за формулою [9, с. 119]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^5 (y_i - f(x_i))^2}{\sum_{i=1}^5 (y_i - \bar{y})^2}, \quad (7)$$

де y_i – фактичні дані про обсяг ВВП України у 2009-2013 роках; $y(x_i)$ – розраховані за формулою (6) дані про ВВП України у 2009-2013 роках.

Підставляючи значення (5) в формулу (2), а отримані значення – в формулу (7), отримаємо значення коефіцієнту детермінації моделі (6):

$$R^2 = 0,9574.$$

Оскільки значення R^2 дуже близьке до одиниці, можемо зробити висновок, що лінійна модель (6) пояснює понад 95% варіації залежної змінної, тобто дуже добре описує спостережені значення про обсяг ВВП України у 2009-2013 роках.

Тепер за моделлю (6) зробимо прогноз обсягу ВВП України у 2014-2020 роках без російського вторгнення та оцінимо економічні втрати України від російської агресії:

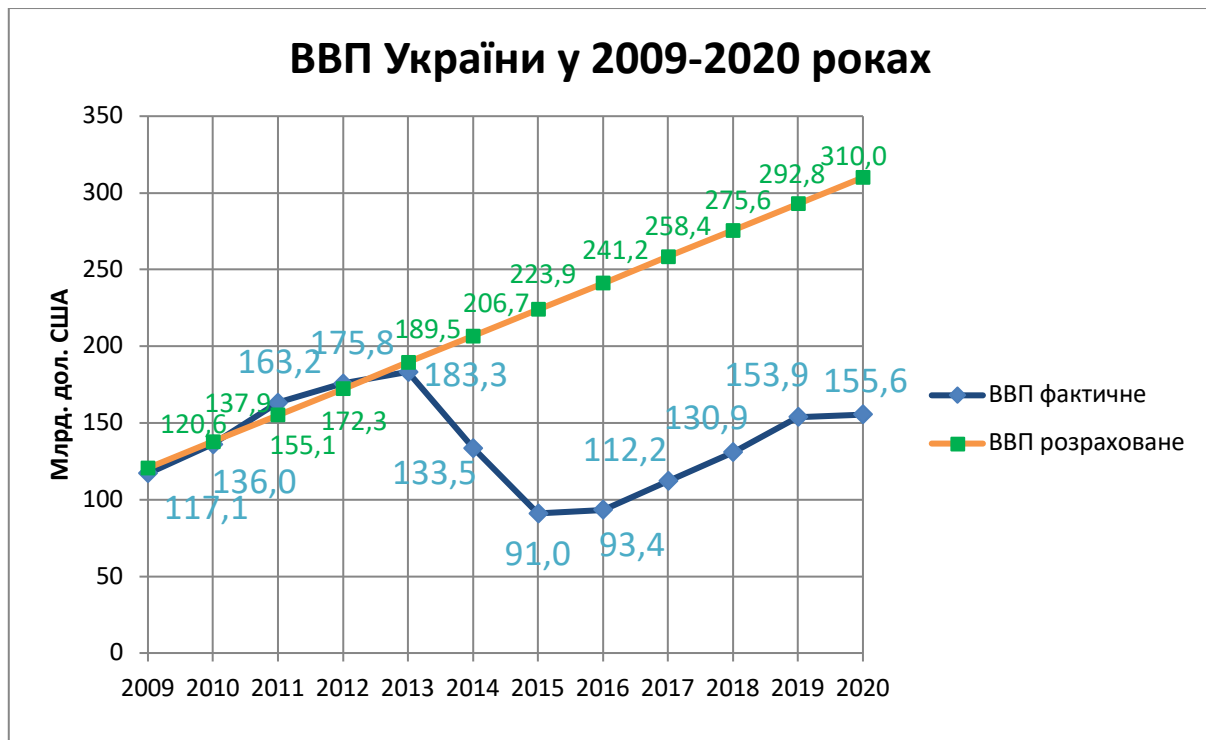


Рис. 3. ВВП України у 2009-2020 роках

Таблиця 2

**Прогноз обсягу ВВП України у 2014-2020 роках без російського
вторгнення та відхилення від спостережених даних**

Рік	х, рік від 2008	ВВП фактичне, млрд.дол.	ВВП розраховане за (6), млрд.дол.	Відхилення, млрд.дол.
2009	1	117,113	120,646	3,533
2010	2	136,013	137,862	1,849
2011	3	163,160	155,078	-8,082
2012	4	175,781	172,294	-3,487
2013	5	183,310	189,51	6,200
2014	6	133,503	206,726	73,223
2015	7	91,031	223,942	132,911
2016	8	93,356	241,158	147,802
2017	9	112,190	258,374	146,184
2018	10	130,902	275,59	144,688
2019	11	153,930	292,806	138,876
2020	12	155,582	310,022	154,440
			Втрати ВВП за 2014-2020 роки	938,124

Висновки. Отже, дані Світового Банку та наші розрахунки показують, що втрати ВВП України у 2014-2020 роках від російського вторгнення становлять понад **938 млрд. доларів США**.

Література

1. Донбас і Крим: ціна повернення : монографія / за заг. ред. В. П. Горбуліна, О. С. Власюка, Е. М. Лібанової, О. М. Ляшенко. К. : НІСД, 2015. 474 с.
2. Україна. Оцінка відновлення та розбудови миру. Аналіз впливу кризи та потреб на східній Україні. Т. І: Зведений звіт. Березень, 2015. 77 с. URL: https://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/PR/RPA_V1_Ukr_4Web_lowres.pdf

3. Відродження Донбасу: оцінка соціально-економічних втрат і пріоритетні напрями державної політики: доповідь. К., 2015. 168 с.
URL: https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografiyi/2015/2015_mono_Strategiya.pdf
4. Касперович Ю. В. Методичні підходи до оцінки фіскальних втрат України внаслідок гібридної війни РФ. *Економіка та держава*. 2018. № 12. С. 8–15. DOI: 10.32702/2306-6806.2018.12.8
5. Данилишин Б. М., Снігова О. Ю. Формування моделі економічного розвитку Донбасу в умовах становлення нової регіональної політики: монографія. К.: Вид-во «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 208 с.
6. Світовий банк – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Світовий_банк
7. GDP (current US\$) – Ukraine. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2020&locations=UA&start=2008&view=chart>
8. Коефіцієнт кореляції Пірсона – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_кореляції_Пірсона
9. Крикун І. Г. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2017. 148 с.
10. Метод найменших квадратів – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_найменших_квадратів
11. Коефіцієнт детермінації – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_детермінації