



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.4.181>

УДК 351.751

В. О. Казаченко,

*аспірант кафедри менеджменту, Київський національний економічний
університет імені Вадима Гетьмана*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6756-6031>

**ЕКОНОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
КОМУНІКАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ОРГАНАХ ДОСУДОВОГО
РОЗСЛІДУВАННЯ В УКРАЇНІ НА ПРИКЛАДІ СБУ**

V. Kazachenko,

*Postgraduate Student, Department of Management, Kyiv National Economic
University named after Vadym Hetman*

**ECONOMETRICAL MODELING OF COMMUNICATIONAL
INTERACTION PROCESS IN PRE-TRIAL INVESTIGATION
ENTITIES IN UKRAINE USING THE EXAMPLE OF THE SECURITY
SERVICE OF UKRAINE**

У статті розглядаються теоретичні та практичні проблеми здійснення оцінювання ефективності комунікаційної взаємодії органів досудового розслідування в Україні. На основі практичних аспектів

здійснення комунікації органів досудового розслідування авторами розроблено економіко-математичну модель поліпшення управління та вдосконалення таких комунікацій. Основними проблемами комунікації, що виникають в органах досудового розслідування, було визначено: 1) відсутність єдиного підходу до діловодства. Не всі установи послуговуються системою електронного документообігу (СЕД): в деяких вона запроваджена повністю, дець відсутня, а в інших відбувається дублювання паперового й електронного форматів документів; 2) відсутність системи оцінювання ефективності здійснення комунікаційної взаємодії; 3) розмите формулювання та практичне втілення концепції стратегічних комунікацій. Стратегічні комунікації як метод повинні супроводжувати діяльність органів досудового розслідування на всіх етапах їх діяльності та комунікування, адже це критично важливо для збереження та примноження державності й ефективного виконання їх функціональних обов'язків і поставлених завдань, особливо за умов повномасштабного вторгнення та дії правового режиму воєнного стану.

У статті проведено дослідження ефективності процесу комунікаційної взаємодії в органах досудового розслідування в Україні за допомогою методів економіко-математичного моделювання. Прикладом було обрано Службу безпеки України, де було запроваджено систему електронного документообігу та Систему електронної взаємодії органів виконавчої влади в процес діловодства.

Особливу увагу зосереджено на дослідженні факторів, що впливають на успішну реалізацію Національної програми інформатизації в Службі безпеки України. Автором було побудовано модель комунікаційного процесу, а також побудовано прогнозну модель для виявлення впливу зміни обраних факторів на покращення ефективності процесу комунікаційної взаємодії в Службі безпеки України. За допомогою методів економіко-математичного моделювання було досліджено як та які фактори підвищили ефективність здійснення комунікаційної взаємодії у

системі діловодства та зроблено висновки для подальшого впровадження запропонованих заходів в інших органах досудового розслідування в Україні.

The article examines the theoretical and practical problems of assessing the effectiveness of communication interaction of pre-trial investigation entities in Ukraine. Based on the practical aspects of communication of pre-trial investigation entities, the authors have developed an economic and mathematical model for improving the management and improvement of such communications. The main communication problems that arise in pre-trial investigation bodies were identified as: 1) the lack of a unified approach to office management. Not all institutions use the electronic document management system (EDM): in some it is fully implemented, in some it is absent, and in others there is duplication of paper and electronic document formats; 2) the lack of a system for assessing the effectiveness of communication interaction; 3) the vague formulation and practical implementation of the concept of strategic communications. Strategic communications as a method should accompany the activities of pre-trial investigation bodies at all stages of their activities and communication, as this is critically important for preserving and increasing statehood and effectively fulfilling their functional duties and assigned tasks, especially in conditions of full-scale invasion and the operation of the legal regime of martial law.

That article focuses on studies the effectiveness of the communication interaction process in pre-trial investigation entities in Ukraine using economic and mathematical modeling methods. The Security Service of Ukraine was chosen as an example, where an electronic document management system and the System of Electronic Interaction of Executive Authorities were introduced into the process of office work.

Particular attention is paid to the study of factors that influence the successful implementation of the National Informatization Program in the Security Service of Ukraine. The author built a model of the communication process, and also built a predictive model to identify the impact of changes in

selected factors on improving the effectiveness of the communication interaction process in the Security Service of Ukraine. Using economic and mathematical modeling methods, it was investigated how and which factors increased the effectiveness of communication interaction in the office work system and conclusions were drawn for the further implementation of the proposed measures in other pre-trial investigation entities in Ukraine.

Ключові слова: комунікаційна взаємодія; цифровізація; органи досудового розслідування, СЕД, СЕВ ОБВ; Національна програма інформатизації; економетрика.

Keywords: *communicational interaction; digitalization; pre-trial investigation entities, Electronic office management system; The System of electronic interaction of executive authorities; The National Informatization Program; econometrics.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Питання покращення комунікаційної взаємодії в органах досудового розслідування в Україні постає особливо гостро в сучасних умовах війни та подальшої європейської інтеграції, адже це питання не просто ефективного використання дефіцитних ресурсів, а й у деяких питаннях і виживання української нації та держави.

Постає питання як правильно оцінити таку некінетичну галузь як комунікація (оцінити як економічну категорію) та її підвищити її ефективність. Саме це питання автор намагається вирішити за допомогою математичного апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями комунікацій займаються і займалися багато зарубіжних та вітчизняних учених, серед них: О. Чебан розглядає застосування діалогової парадигми комунікації, а також оцінює зовнішні комунікації публічних органів в Україні [1]. К. Полторак, О. Зозульов, О. Жданова [3] пропонують систему кількісних і якісних

показників оцінювання комунікацій, а також запропонували модель такого процесу. М. Меа, А. Newton, М.С. Uyarra, С. Alonso оцінюють ефективність комунікацій через мережу інтернет, пропонуючи власні показники і підходи до оцінювання [2]. Інші вітчизняні автори описують схожі принципи вже на практиці сучасних органів публічної сфери, наприклад, В. Казаченко та Д. Ліфінцев [4] розглядають теоретичні і практичні проблеми здійснення комунікаційної взаємодії органів досудового розслідування в Україні, вперше було визначено поняття комунікаційної взаємодії, її суть і складові, розроблено методики покращення управління та вдосконалення комунікацій органів досудового розслідування, тобто поштовх до подальшого дослідження цього напрямку присутній.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Не зважаючи на достатню кількість наукових праць у сфері комунікацій, існує прогалина у формулюванні кількісних показників та методів оцінювання ефективності комунікацій у державних органах, оскільки увага вчених переважно зосереджена на маркетингових та PR-комунікаціях.

Тому основним завданням статті є виявлення основних факторів підвищення ефективності комунікацій після запровадження СЕД на основі побудови математичної моделі процесу комунікаційної взаємодії та прогнозової моделі в органах досудового розслідування в Україні та її економічна інтерпретація для ухвалення подальших рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінювання ефективності здійснення комунікаційної взаємодії здійснено на прикладі СБУ, як представника органів досудового розслідування в Україні.

Оцінювання здійснимо за допомогою побудови математичної моделі методом 1МНК, оцінимо адекватність моделі, визначимо фактори, що найбільше впливають на комунікаційну взаємодію, а також побудуємо прогнозну модель подальшого розвитку тенденції зростання ефективності комунікаційного процесу. Основні показники, що використовуватимуться для побудови моделі наведено у табл. 1.

**Таблиця 1. Основні показники для оцінювання та побудови
економетричної моделі комунікаційної взаємодії на прикладі СБУ**

Роки	Бюджетні асигнування	Витрати на виконання бюджетних програм	Інші витрати	Витрати на оплату праці
	Y	X ₁	X ₂	X ₃
2018	2 652 752 122	2 567 635 168	38 901 767	2 156 472 303
2019	3 268 357 878	3 168 213 227	32 433 584	2 669 707 373
2020	4 172 696 461	4 092 457 785	27 612 223	3 459 019 957
2021	4 811 024 914	4 685 320 021	36 079 666	3 737 555 816
2022	9 533 013 771	8 867 760 811	316 366 496	7 305 418 552
2023	13 486 512 624	12 466 397 223	136 907 122	10 278 922 081
2024	17 187 122 637	14 790 801 992	161 226 563	11 886 121 575

Джерело: <https://ssu.gov.ua/finansova-zvitnist>

Перейдемо до оцінювання параметрів та побудови ЕММ-моделі комунікаційної взаємодії СБУ.

I. Оцінювання рівняння регресії. Визначимо вектор оцінок коефіцієнтів регресії за 1МНК.

До матриці зі змінними X_j додаємо одиничний стовпець:

1	2567635168	38901767	2156472303
1	3168213227	32433584	2669707373
1	4092457785	27612223	3459019957
1	4685320021	36079666	3737555816
1	8867760811	316366496	7305418552
1	12466397223	136907122	10278922081
1	14790801992	161226563	11886121575

Матриця Y

2652752122
3268357878
4172696461
4811024914
9533013771
13486512624
17187122637

Матриця X^T

1	1	1	1	1	1	1
2567635168	3168213227	4092457785	4685320021	8867760811	12466397223	14790801992
38901767	32433584	27612223	36079666	316366496	136907122	161226563
2156472303	2669707373	3459019957	3737555816	7305418552	10278922081	11886121575

Множимо матриці $(X^T X)$

7	50638586227	749527421	41493217657
50638586227	5.0814682491816E+20	7.3815598431483E+18	4.1439187527922E+20
749527421	7.3815598431483E+18	1.4945478646691E+17	6.0356455947416E+18
41493217657	4.1439187527922E+20	6.0356455947416E+18	3.3801711825455E+20

У матриці $(X^T X)$ число 7, що лежить на перетині 1-го рядка і 1-го стовпця, отримано як сума похідної елементів 1-го рядка матриці X^T і 1-го стовпця матриці X .

Множимо матриці $(X^T Y)$

55111480407
5.6365996695651E+20
8.1313454047867E+18
4.5941875733713E+20

Знаходимо обернену матрицю $(X^T X)^{-1}$

$(X^T X)^{-1} =$

0.6839	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Вектор

оцінок

коефіцієнтів регресії дорівнює

$Y(X) =$

-326572418.1715
2.8608
-0.4369
-2.1002

Рівняння

регресії

(оцінка рівняння регресії)

матиме вигляд:

$$Y = -326572418.1715 + 2.8608X_1 - 0.4369X_2 - 2.1002X_3 \quad (1)$$

Інтерпретація коефіцієнтів регресії. Константа оцінює агрегований вплив інших (крім врахованих у моделі x_i) факторів на результат Y і означає, що Y за відсутності x_i склала б -326572418.1715. Коефіцієнт b_1 показує, що зі збільшенням x_1 на 1 Y збільшується на 2.8608. Коефіцієнт b_2 показує, що зі збільшенням x_2 на 1 Y знижується на 0.4369. Коефіцієнт b_3 вказує, що зі збільшенням x_3 на 1 Y знижується на 2.1002.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції R. Матриця A, складена з Y та X.

1	2652752122	2567635168	38901767	2156472303
1	3268357878	3168213227	32433584	2669707373
1	4172696461	4092457785	27612223	3459019957
1	4811024914	4685320021	36079666	3737555816
1	9533013771	8867760811	316366496	7305418552
1	13486512624	12466397223	136907122	10278922081
1	17187122637	14790801992	161226563	11886121575

Транспонована матриця

1	1	1	1	1	1	1
2652752122	3268357878	4172696461	4811024914	9533013771	13486512624	17187122637
2567635168	3168213227	4092457785	4685320021	8867760811	12466397223	14790801992
38901767	32433584	27612223	36079666	316366496	136907122	161226563
2156472303	2669707373	3459019957	3737555816	7305418552	10278922081	11886121575

Матриця $X^T X$

7	55111480407	50638586227	749527421	41493217657
5511148040	6.264381723729E+20	5.6365996695651E+2	8.1313454047867E+1	4.5941875733713E+2
7		0	8	0
5063858622	5.6365996695651E+2	5.0814682491816E+2	7.3815598431483E+1	4.1439187527922E+2
7	0	0	8	0
749527421	8.1313454047867E+1	7.3815598431483E+1	1.4945478646691E+1	6.0356455947416E+1
	8	8	7	8
4149321765	4.5941875733713E+2	4.1439187527922E+2	6.0356455947416E+1	3.3801711825455E+2
7	0	0	8	0

Знайдемо парні коефіцієнти кореляції.

$$r_{yx1}=0,988 \quad (2)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про дуже сильний лінійний зв'язок між x_1 та y .

$$r_{yx2}=0,611 \quad (3)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про помірний лінійний зв'язок між x_2 та y .

$$r_{yx3}=0,977 \quad (4)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про дуже сильний лінійний зв'язок між x_3 та y .

$$r_{x1x2}=0,625 \quad (5)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про помірний лінійний зв'язок між x_2 та x_1 .

$$r_{x_1x_3} = 1 \quad (6)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про дуже сильний лінійний зв'язок між x_3 і x_1 .

$$r_{x_2x_3} = 0,631 \quad (7)$$

Значення парного коефіцієнта кореляції свідчить про помірний лінійний зв'язок між x_3 та x_2 .

Таблиця 2. Дисперсія та середньоквадратичні відхилення

Ознаки x і y	$D(x)$	$D(y)$	$s(x)$	$s(y)$
Для y і x_1	2.0260435905261E+19	2.7505957835901E+19	4501159395.674	5244612267.451
Для y і x_2	9.885554090561E+15	2.7505957835901E+19	99426123.783	5244612267.451
Для y і x_3	1.3151688086749E+19	2.7505957835901E+19	3626525621.962	5244612267.451
Для x_1 та x_2	9.885554090561E+15	2.0260435905261E+19	99426123.783	4501159395.674
Для x_1 та x_3	1.3151688086749E+19	2.0260435905261E+19	3626525621.962	4501159395.674
Для x_2 та x_3	1.3151688086749E+19	9.885554090561E+15	3626525621.962	99426123.783

Таблиця 3. Матриця парних коефіцієнтів кореляції R

	y	X_1	X_2	X_3
y	1	0.9984	0.611	0.997
X_1	0.9984	1	0.6255	0.9997
X_2	0.611	0.6255	1	0.631
X_3	0.997	0.9997	0.631	1

$$t_{\text{спостереження}} = 0.9984 * \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.9984}} = 39.14 \quad (8)$$

За таблицею Стюдента знаходимо $t_{\text{табл}}$:

$$t_{\text{кр}}(n-m-1; \alpha/2) = (5; 0.025) = 3.163 \quad (9)$$

Оскільки $t_{\text{спостереження}} > t_{\text{кр}}$, то відхиляємо гіпотезу про рівність нулю коефіцієнта кореляції. Інакше кажучи, коефіцієнт кореляції статистично значимий.

Розрахуємо значення t-статистики для r_{x_2} за формулою:

$$t_{\text{спостереження}} = 0.611 * \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.611^2}} = 1.73 \quad (10)$$

Оскільки $t_{\text{спост}} < t_{\text{кр}}$, то приймаємо гіпотезу про рівність 0 коефіцієнта кореляції. Іншими словами, коефіцієнт кореляції статистично не значимий. Розрахуємо значення t-статистики для r_{x3} за формулою:

$$t_{\text{спостереження}} = 0.9997 * \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.9997^2}} = 28.85 \quad (11)$$

Оскільки $t_{\text{спост}} > t_{\text{кр}}$, то відхиляємо гіпотезу про рівність 0 коефіцієнта кореляції. Інакше кажучи, коефіцієнт кореляції статистично значимий.

Аналіз мультиколінеарності. У нашому випадку $r(x_1x_3)$ мають $|r|>0.7$, що говорить про мультиколінеарність факторів і необхідність виключення одного з них з подальшого аналізу. Перевіримо значущість одержаних парних коефіцієнтів кореляції за допомогою t-критерію Стюдента. Коефіцієнти, котрим значення t-статистики по модулю більше знайденого критичного значення, вважаються значущими. Таким чином, зв'язок між є суттєвим.

Найбільший вплив на результативну ознаку має фактор $x_1(r=0.9984)$, отже, при побудові моделі він увійде до регресійного рівняння першим.

Ридж-регресія. Найбільш детальним показником наявності проблем, пов'язаних з мультиколінеарністю, є коефіцієнт збільшення дисперсії, який визначається для кожної змінної як:

$$VIF(b_{1,2}) = \frac{1}{1-0.6255^2} = 1.6426 \quad (12)$$

$$VIF(b_{1,3}) = \frac{1}{1-0.9997^2} = 1483.236 \quad (13)$$

$$VIF(b_{2,3}) = \frac{1}{1-0.631^2} = 1.6617 \quad (14)$$

Оскільки $VIF \geq 4$, що говорить про мультиколінеарність факторів x_1 , x_3 та необхідність відкидання одного з них з подальшого аналізу.

Тестування та усунення мультиколінеарності. Перевіримо змінні на мультиколінеарність методом Фаррара-Глобера на перший вид статистичних критеріїв (критерій "хі-квадрат"). Формула для розрахунку значення статистики Фаррара-Глобера:

$$\chi^2 = -[n-1-(2m+5)/6]\ln(\det[R]) = -[7-1-(2*3+5)/6]\ln(1.0E-6) = 59.54, \quad (15)$$

де $m = 3$ – кількість факторів, $n = 7$ – кількість спостережень, $\det[R]$ – визначник матриці парних коефіцієнтів кореляції R .

Порівнюємо його з табличним значенням при $v=m/2(m-1)=3$ ступенях свободи та рівні значущості α . Якщо $\chi^2 > \chi_{\text{табл}2}$, то у вектор факторів присутня мультиколінеарність.

$$\chi^2_{\text{табл}}(3;0.05) = 7.81473 \quad (16)$$

2. Перевіримо змінні на мультиколінеарність за другим видом статистичних критеріїв (критерій Фішера).

Визначаємо зворотну матрицю $D = R^{-1}$:

$$\begin{vmatrix} 606.1974 & -1488.3985 & 5.0206 & 880.3442 \\ -1488.3985 & 5250.8014 & 1.8948 & -3766.2803 \\ 5.0206 & 1.8948 & 1.83 & -8.0546 \\ 880.3442 & -3766.2803 & -8.0546 & 2893.3822 \end{vmatrix}$$

Обчислюємо F -критерій Фішера. Розраховані значення критеріїв порівнюються з табличними при $v_1=n-m$ та $v_2=m-1$ ступенях свободи та рівні значущості α . Якщо $F_k > F_{\text{табл}}$, то k -змінна мультиколінеарна з іншими.

$$v_1=7-3 = 5; v_2=3-1 = 2. F_{\text{табл}}(5;2) = 19.2964 \quad (17)$$

$$F_1 = (606.1974 - 1) \frac{7-3}{3-1} = 1512.99 \quad (18)$$

Оскільки $F_1 > F_{\text{табл}}$, то змінна y мультиколінеарна з іншими.

$$F_2 = (5250.8014 - 1) \frac{7-3}{3-1} = 13124.5 \quad (19)$$

Оскільки $F_1 > F_{\text{табл}}$, то змінна F_1 мультиколінеарна з іншими.

$$F_3 = (1.83 - 1) \frac{7-3}{3-1} = 2.07 \quad (20)$$

Оскільки $F_3 \leq F_{\text{табл}}$, то змінна x_2 не мультиколінеарна з іншими.

$$F_4 = (2893.3822 - 1) \frac{7-3}{3-1} = 7230.96 \quad (21)$$

Оскільки $F_4 > F_{\text{табл}}$, то змінна x_3 мультиколінеарна коїться з іншими.

3. Перевіримо змінні на мультиколінеарність за третім видом статистичних критеріїв (критерій Стюдента). Для оцінки β -коефіцієнтів застосуємо МНК. При цьому система нормальних рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
0.998 &= \beta_1 + 0.625\beta_2 + 1\beta_3 \\
0.611 &= 0.625\beta_1 + \beta_2 + 0.631\beta_3 \\
0.997 &= 1\beta_1 + 0.631\beta_2 + \beta_3
\end{aligned} \tag{22}$$

Цю систему лінійних рівнянь розв'язуємо методом Гауса:

$$\beta_1 = 2.455; \beta_2 = -0.00828; \beta_3 = -1.452 \tag{23}$$

Стандартизована форма рівняння регресії має вигляд:

$$t_y = 2.455x_1 - 0.00828x_2 - 1.452x_3 \tag{24}$$

Аналіз параметрів рівняння регресії. Перейдемо до статистичного аналізу отриманого рівняння регресії: перевірки значущості рівняння та його коефіцієнтів, дослідження абсолютних та відносних помилок апроксимації

Таблиця 4. Обчислення незміщеної оцінки дисперсії

Y	Y(x)	$\varepsilon = Y - Y(x)$	ε^2	$(Y - \bar{Y})^2$	$ \varepsilon: Y $
2652752122	2473007596.432	179744525.568	3.230	2.725	0.067
3268357878	3116095933.742	152261944.258	2.318	2.120	0.046
4172696461	4104605497.817	68090963.183	4.636	1.369	0.016
4811024914	5212010845.741	-400985931.741	1.607	9.376	0.083
9533013771	9561637567.747	-28623796.747	8.193	2.755	0.003
13486512624	13690216308.118	-203703684.118	4.149	3.151	0.015
17187122637	16953906657.33	233215979.67	5.438	8.675	0.013
			3.176	1.925	0.246

Середня помилка апроксимації

$$A = \frac{0.246}{7} \cdot 100\% = 3.51\% \tag{25}$$

Оцінка дисперсії дорівнює:

$$s_e^2 = [Y - Y(X)]^T \cdot [Y - Y(X)] = 3.1762209669975E+17 \tag{26}$$

Незміщена оцінка дисперсії дорівнює:

$$s^2 = \frac{1}{n-m-1} \cdot s_e^2 = \frac{1}{7-3-1} \cdot 3.1762209669975E+17 = 1.058 \tag{27}$$

Оцінка середньоквадратичного відхилення (стандартна помилка оцінки Y):

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{1.0587403223325E+17} = 325382900.954 \tag{28}$$

Знайдемо оцінку коварійної матриці вектора $k = S^2 \cdot (X^T X)^{-1}$

$$k(x) =$$

7.2407872364891E+16	141590394.2106	45608181.2862	-183285449.3434
141590394.2106	1.1917	0.4806	-1.4869
45608181.2862	0.4806	2.7363	-0.6437
-183285449.3434	-1.4869	-0.6437	1.8572

Дисперсії властивостей моделі визначаються співвідношенням $S^2_i = K_{ii}$, тобто, це елементи, що лежать на головній діагоналі:

$$\begin{aligned} Sb0 &= 269087109.251 \\ Sb1 &= 1.092 \\ Sb2 &= 1.654 \\ Sb3 &= 1.363 \end{aligned} \quad (29)$$

Часткові коефіцієнти еластичності. З метою розширення можливостей змістовного аналізу моделі регресії використовуються окремі коефіцієнти еластичності. Частковий коефіцієнт еластичності показує, наскільки відсотків у середньому змінюється ознака-результат у зі збільшенням ознаки-фактора x_j на 1% від свого середнього рівня при фіксованому значенні інших факторів моделі.

$$E_1 = 2.861 \cdot \frac{7234083746.714}{7873068629.57} = 2.629 \quad (30)$$

За зміни фактора x_1 на 1%, Y зміниться на 2.629%. Часткові коефіцієнти еластичності $|E_1| > 1$. Отже, він суттєво впливає на результативну ознаку Y .

$$E_2 = -0.437 \cdot \frac{107075345.857}{7873068629.57} = -0.00594 \quad (31)$$

При зміні фактора x_2 на 1% Y зміниться на -0.00594%. Частковий коефіцієнт еластичності $|E_2| < 1$. Отже, під його впливом результативна ознака Y зміниться незначно.

$$E_3 = -2.1 \cdot \frac{5927602522.429}{7873068629.57} = -1.581 \quad (32)$$

За зміни фактора x_3 на 1%, Y зміниться на -1.581%. Частковий коефіцієнт еластичності $|E_3| > 1$. Отже, він суттєво впливає на результативну ознаку Y .

Стандартизовані часткові коефіцієнти регресії. Для нашого прикладу безпосередній вплив фактора x_1 на результат Y у рівнянні регресії вимірюється β_j і становить 2.455; непрямий (опосередкований) вплив даного фактора на результат визначається як:

$$r_{x1x2}\beta_2 = 0.625 * (-0.00828) = -0.00518 \quad (33)$$

Порівняльна оцінка впливу аналізованих факторів на результативну ознаку:

- β -коефіцієнти показують, що якщо величина фактора зміниться на одне середньоквадратичне відхилення S_{xi} , то значення результативної ознаки зміниться в середньому на β свого середньоквадратичного відхилення;
- Частку кожного фактора в загальній варіації результативної ознаки визначають коефіцієнти роздільної детермінації (окремого визначення):

$$\begin{aligned}
 d^2 i &= r_{yxi} \beta_i \\
 d^2 1 &= 1 * 2.455 = 2.451 \\
 d^2 2 &= 0.61 * (-0.00828) = -0.00506 \\
 d^2 3 &= 1 * (-1.452) = -1.448
 \end{aligned} \tag{34}$$

При цьому має виконуватись рівність:

$$\sum_{i=1}^m d_i^2 = R^2 = 0.998 \tag{35}$$

Множинний коефіцієнт кореляції (Індекс множинної кореляції).

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_e^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{3.1762209669975E+17}{1.925417048513E+20}} = 0.9992 \tag{36}$$

Коефіцієнт множинної кореляції можна визначити через матрицю парних коефіцієнтів кореляції

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{r11}}} = \sqrt{1 - \frac{3.1762209669975E+17}{1.925417048513E+20}} = 0.9992 \tag{37}$$

де Δ_r – визначник матриці парних коефіцієнтів кореляції; Δ_{r11} – визначник матриці міжфакторної кореляції.

$$\begin{aligned}
 \Delta_r &= \\
 &\begin{vmatrix} 1 & 0.9984 & 0.611 & 0.997 \\ 0.9984 & 1 & 0.6255 & 0.9997 \\ 0.611 & 0.6255 & 1 & 0.631 \\ 0.997 & 0.9997 & 0.631 & 1 \end{vmatrix} \\
 &= 1.10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{r11} &= \\
 &\begin{vmatrix} 1 & 0.6255 & 0.9997 \\ 0.6255 & 1 & 0.631 \\ 0.9997 & 0.631 & 1 \end{vmatrix} \\
 &= 0.000377
 \end{aligned}$$

Коефіцієнт множинної кореляції

$$R = \sqrt{1 - \frac{1.10^{-6}}{0.000377}} = 0.9992 \quad (38)$$

Зв'язок між ознакою Y та факторами X_i дуже сильний.

Розрахунок коефіцієнта кореляції виконаємо, використовуючи відомі значення лінійних коефіцієнтів парної кореляції та β -коефіцієнтів.

$$R = \sqrt{0.998 \cdot 2.455 + 0.611 \cdot (-0.00828) + 0.997 \cdot (-1.452)} = \sqrt{0.998} \quad (39)$$

Коефіцієнт детермінації.

$$R^2 = 0.998^2 = 0.9984 \quad (40)$$

Більш об'єктивною оцінкою є скоригований коефіцієнт детермінації:

$$\overline{R^2} = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-m-1} = 1 - (1 - 0.9984) \cdot \frac{7-1}{7-3-1} = 0.997 \quad (41)$$

Що ближче цей коефіцієнт до одиниці, то більше рівняння регресії пояснює поведінку Y . Додавання в модель нових пояснюючих змінних здійснюється доти, доки зростає скоригований коефіцієнт детермінації.

II. Оцінювання значення результативної ознаки за заданих значеннях факторів (ПРОГНОЗ)

Для побудови прогнозової моделі підвищення ефективності комунікаційної взаємодії в органах досудового розслідування в Україні, на основі емпіричних спостережень та прогнозних значень, оберемо наступні значення факторів на 2025-2026 рр. (див. табл. 5).

Таблиця 5. Прогнозні параметри факторів на 2025-2026 рр.*

	2024	2025-2026	Δ
Бюджетні асигнування, ₴	17187122637	17187122637	0
Витрати на виконання бюджетних програм, ₴**	14790801992	15000000000	+209 198 008
Інші витрати, ₴	161226563	161226563	0
Витрати на оплату праці, ₴	11886121575	11886121575	0

* На основі емпіричних спостережень автора;

** Найбільш вагомий фактор, що чинить вплив на зростання ефективності комунікаційної взаємодії

$$Y = 326572418.17 + 2.861 \cdot 15000000 - 0.437 \cdot 161226563 - 2.1 \cdot 11886121577 \quad (42)$$

$$X_0 = \begin{vmatrix} 1 \\ 15000000000 \\ 161226563 \\ 11886121575 \end{vmatrix}$$

$$(X^T X)^{-1} = \begin{vmatrix} 0.6839 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

ПОМНОЖУЄМО МАТРИЦІ X_0^T ТА $(X^T X)^{-1}$

$$X_0^T (X^T X)^{-1} = (1 ; 15000000000 ; 161226563 ; 11886121575) *$$

$$\begin{vmatrix} 0.6839 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -19.8034 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Помножуємо отриману матрицю на X^0 , знаходимо $V = 2410.37$

$$S_y = S \cdot \sqrt{V} = 325382900.95 \cdot \sqrt{2410.37} = 15974842442.86 \quad (43)$$

Довірчі інтервали з ймовірністю 0.95 значення результативної ознаки $M(Y)$.

$$(Y-t*SY; Y+t*SY), \text{ де } t(7-3-1; 0.05/2) = 4.177 \quad (44)$$

знаходимо за таблицею Стюдента.

$$(-25317351078.87 - 4.177 * 15974842442.86; -25317351078.87 + 4.177 * 15974842442.86) (-92044267962.7; 41409565804.96) \quad (45)$$

З ймовірністю 0.95 середнє значення Y при X_{0i} знаходиться у зазначених межах. Довірчі інтервали з ймовірністю 0,95 для індивідуального значення результативної ознаки.

$$S_y = S \cdot \sqrt{1 + V} = 325382900.95 \cdot \sqrt{1 + 2410.37} = 15978155873.14 \quad (46)$$

$$(-25317351078.87 - 4.177 * 15978155873.14; -25317351078.87 + 4.177 * 15978155873.14) (-92058108160.98; 41423406003.24) \quad (47)$$

З ймовірністю 0.95 індивідуальне значення Y при X_{0i} знаходиться у зазначених межах.

Перевірка гіпотез щодо коефіцієнтів рівняння регресії (перевірка значущості параметрів множинного рівняння регресії).

1) t-статистика

$$T_{табл}(n-m-1; \alpha/2) = (3; 0.025) = 4.177 \quad (48)$$

$$t_0 = \frac{326572418.172}{269087109.251} = 1.214 < 4.77 \quad (49)$$

Статистична значущість коефіцієнта регресії b_0 не підтверджується.

$$t_1 = \frac{2.861}{1.092} = 2.621 < 4.77 \quad (50)$$

Статистична значущість коефіцієнта регресії b_1 не підтверджується.

$$t_2 = \frac{0.437}{1.654} = 0.264 < 4.77 \quad (51)$$

Статистична значущість коефіцієнта регресії b_2 не підтверджується.

$$t_3 = \frac{2.1}{1.363} = 1.541 < 4.77 \quad (52)$$

Статистична значущість коефіцієнта регресії b_3 не підтверджується.

Довірчий інтервал коефіцієнтів рівняння регресії. Визначимо довірчі інтервали коефіцієнтів регресії, які з надійністю 95% будуть такими:

$$b_0: (-326572418.172 - 4.177 * 269087109.251; -326572418.172 + 4.177 * 269087109.251) = (-1450549273.5164)79 \quad (53)$$

Оскільки знайдений інтервал включає 0, коефіцієнт b_0 не значимий.

$$b_1: (2.861 - 4.177 * 1.092; 2.861 + 4.177 * 1.092) = (-1.699; 7.421) \quad (54)$$

Оскільки знайдений інтервал включає 0, коефіцієнт b_1 не значимий.

$$b_2: (-0.437 - 4.177 * 1.654; -0.437 + 4.177 * 1.654) = (-7.346; 6.473) \quad (55)$$

Оскільки знайдений інтервал включає 0, коефіцієнт b_2 не значимий.

$$b_3: (-2.1 - 4.177 * 1.363; -2.1 + 4.177 * 1.363) = (-7.793; 3.592) \quad (56)$$

Оскільки знайдений інтервал включає 0, коефіцієнт b_3 не значимий.

III. Перевірка загальної якості рівняння множинної регресії.

F-статистика. Критерій Фішера:

$$R^2 = 1 - 3.1762209669975E + \frac{17}{1.925417048513E} + 20 = 0.9984 \quad (57)$$

Перевіримо гіпотезу про загальну значущість – гіпотезу про одночасну рівність нулю всіх коефіцієнтів регресії при пояснювальних змінних:

$$H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0.$$

$$H_1: R^2 \neq 0. \quad (58)$$

Перевірка цієї гіпотези здійснюється за допомогою F-статистики розподілу Фішера (правобічна перевірка).

Якщо $F < F_{\text{кр}} = F_{\alpha; n-m-1}$, то немає підстав для відхилення гіпотези H_0 .

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = \frac{0.9984}{1-0.9984} \cdot \frac{7-3-1}{3} = 605.197 \quad (59)$$

Табличне значення при ступені свободи $k_1=3$ і $k_2=n-m-1 = 7-3-1=3$, $F_{\text{кр}}(3;3) = 9.2766$. Оскільки фактичне значення $F > F_{\text{кр}}$, то коефіцієнт детермінації статистично значущий і рівняння регресії статистично надійно (тобто коефіцієнти b_i спільно значимі).

Оцінка значущості додаткового введення фактора (частковий F-критерій). Мірилом оцінювання значущості поліпшення якості моделі, після введення до неї фактора x_j , служить частковий F-критерій $-F_{xj}$:

$$F_{x1} = \frac{0.9984+1.453}{1-0.9984} (7 - 3 - 1) = 4457.928 \quad (60)$$

$$R^2(x_3, x_n) = \sum \beta_j r_j = -0.00828 * 0.611 - 1.4522 * 0.997 = -1.453 \quad (61)$$

$$F_{\text{кр}} (k1=2; k2=3)=9.5521 \quad (62)$$

Порівняємо значення часткового F-критерію з критичним: $F_{x1} > 9.5521$, отже, фактор x_1 доцільно використовувати у моделі після введення факторів x_j .

$$F_{x2} = \frac{0.9984-1.003}{1-0.9984} (7 - 3 - 1) = -9.203 \quad (63)$$

$$R^2(x_3, x_n) = \sum \beta_j r_j = 2.4553 * 0.9984 - 1.4522 * 0.997 = 1.003 \quad (64)$$

Порівняємо значення часткового F-критерію з критичним: $F_{x2} < 9.5521$, отже, фактор x_2 не доцільно включати модель після введення факторів x_j .

$$F_{x2} = \frac{0.9984-2.446}{1-0.9984} (7 - 3 - 1) = -2633.133 \quad (65)$$

$$R^2(x_3, x_n) = \sum \beta_j r_j = 2.4553 * 0.9984 - 0.00828 * 0.611 = 2.446 \quad (66)$$

Порівняємо значення часткового F-критерію з критичним: $F_{x3} < 9.5521$, отже, фактор x_3 не доцільно включати модель після введення факторів x_j .

IV. Економічне трактування

У результаті розрахунків було отримано рівняння множинної регресії:

$$Y = -326572418.1715 + 2.8608X_1 - 0.4369X_2 - 2.1002X_3 \quad (67).$$

Економічна інтерпретація параметрів моделі: збільшення X_1 на 1 од. призводить до збільшення Y в середньому на 2.861 од. збільшення X_2 на 1 од. призводить до зменшення Y в середньому на 0.437 од. збільшення X_3 на 1 од. призводить до зменшення Y в середньому на 2.1 од.

За максимальним коефіцієнтом $\beta_1=2.455$ робимо висновка, що найбільший вплив на результат Y надає фактор X_1 . Статистична значущість рівняння перевірена за допомогою коефіцієнта детермінації та критерію Фішера. Встановлено, що у досліджуваній ситуації 99.84% загальної варіабельності Y пояснюється зміною факторів X_j . Встановлено також, що один або кілька параметрів моделі статистично незначні.

Найбільший вплив на результативну ознаку має фактор x_1 ($r = 0.9984$), отже, при побудові моделі він увійде до регресійного рівняння першим.

Відповідно до матриці парних коефіцієнтів кореляції $r(x_1x_3)$ мають $|r|>0.7$, що говорить про мультиколінеарність факторів і необхідність витинання одного з них з подальшого аналізу (а саме фактора X_3).

Таблиця 6. Економічна інтерпретація результатів моделювання процесу комунікаційної взаємодії органів досудового розслідування в Україні на прикладі СБУ

Кількісні характеристики взаємозв'язку	
Прогнозне значення прибутку	$\hat{Y}_p = 15974842442.86$ ₴
Середня ефективність	$\Pi_1=1.092$ $\Pi_2=1.654$ $\Pi_3=1.363$
Гранична ефективність	$\mu_1=2.451$ $\mu_2 = -0.00506$ $\mu_3 = -1.448$
Коефіцієнт еластичності	$E_1=2.629$ $E_2= -0.00594$ $E_3= -1.581$
Сумарна (загальна) еластичність	$A=3.51\%$

- Середня ефективність: при змінні витрат на виконання бюджетних програм (інвестиції) на 1 гр.од., бюджетні асигнування (витрати) зміниться в

середньому на 1.092 гр.од., якщо всі інші чинники будуть константами. Так само при змінні інших витрати на 1 гр.од. витрати зменшаться на 1.654 гр.од., якщо решта чинників – константами; при зміні витрат на оплату праці на 1 тис.л/год. прибуток зміниться на 1.363гр.од. за умови сталості всіх інших чинників.

- **Гранична ефективність:** якщо інвестиції зростуть на 1 гр.од., то витрати гранично зменшаються на 2.451 гр.од. за умови, що інші чинники будуть сталими. Аналогічно, якщо на 1 гр.од. збільшиться інші витрати та на 1 тис. л/год. – витрати на оплату праці, то прибуток зменшиться на 0.00594 та відповідно 1.448 гр.од. за умови незмінності всіх інших чинників
- **Коефіцієнт еластичності:** якщо витрати на виконання бюджетних програм збільшуються на 1%, то прибутковість підвищується на 2.629% за умови, що решта чинників сталі. Якщо ж інші витрати та витрати на оплату праці збільшуються на 1%, то витрати збільшаться відповідно на 0.00594% та 1.581% за умови сталості інших чинників.
- **Сумарна (загальна) еластичність:** якщо всі враховані нами чинники збільшаться на 1%, то прибуток зросте на 3.51%.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

На основі побудови математичної моделі можна дійти висновку, що основними показниками, що впливають на ефективність комунікаційної взаємодії в СБУ після впровадження СЕД в діловодство, як органу досудового розслідування в Україні у межах виконання Національної програми інформатизації є розмір бюджетних асигнувань та витрат на виконання бюджетної програми.

Простіше кажучи фактор Y (наша ефективність, що відповідає прибутку/зменшенню витрат) сильно залежить та зростає від фактора x_1 (інвестиції), а також менше від фактора x_2 (інші витрати, у нашому випадку, це економія резерву часу, тобто кількість працівників, що задіяні у комунікаційний процес). Тобто, основним фактором, що сприяє підвищенню ефективності комунікаційної взаємодії є інвестиції у розвиток ІКТ та

матеріальної бази (обладнання, навчання персоналу), ці ж фактори і були основними перепонами під час впровадження СЕД – необхідність додаткової закупівлі оргтехніки, залежність від бюджетних програм і необхідність навчання персоналу.

Даний підхід дозволяє оцінити кількісно такий якісно визначений, на перший погляд, процес комунікаційної взаємодії. Результати цього дослідження можуть і вже використовуються іншими органами досудового розслідування в Україні, зокрема МВС (запроваджено і успішно використовується СЕД та СЕВ ОВВ) та НАБУ (СЕВ ОВВ вже використовується, упровадження СЕД планується згідно з планом Національної програми інформатизації), що підкреслює теоретичну та практичну значущість отриманих результатів.

Література

1. Чебан, О. (2016), Оцінювання виконання комунікаційної функції органів публічної влади. *Державне управління та місцеве самоврядування*. № 2. С. 59-66;
2. Mea, M., Newton, A., Uyarra, M. C., Alonso, C., & Borja, Á. (2016). From science to policy and society: Enhancing the effectiveness of communication. *Frontiers in marine science*, vol. 3, p.168.;
3. Полтораки, К. А., Зозульов, О. В., & Жданова, О. Г. (2016). Оцінювання ефективності маркетингових комунікацій в мережі інтернет засобами математичного моделювання. *Інвестиції: практика та досвід*. № 3. С. 38-43;
4. Казаченко, В.О., & Ліфінцев, Д. С. (2024). Комунікаційна взаємодія органів досудового розслідування в Україні: стан і напрями поліпшення. *Бізнес Інформ*. № 8. С. 422–432. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-422-432>;
5. Офіційний портал СБУ. Річна звітність. Режим доступу: <https://ssu.gov.ua/finansova-zvitnis> (дата звернення 28.02.2026);
6. Дрешпак, В. М. (2015). Комунікації в публічному управлінні: навч. посіб.: *ДРІДУ НАДУ*. С. 168;

7. Василенко, Н. В., Процик, І., & Воронкова, А. (2025). Цифрові інструменти моніторингу та оцінювання ефективності публічного управління в Україні. *Наукові перспективи*. № 6 (60). DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-6\(60\)-40-52](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-6(60)-40-52);
8. Бут, Ю. (2025). Стратегічне планування цифрового розвитку: змістовна оцінка проєкту стратегії електронних комунікацій України до 2030 р. *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. № 12. С. 30-39, DOI: <https://doi.org/10.31470/2786-6246-2025-12-30-39>;
9. Манжай, Д. В. (2023). *Механізм оцінювання діяльності органу публічної влади* (Doctoral dissertation, Тернопіль, ЗУНУ);
10. Кринична, І., & Катерина, Л. (2019). Шляхи вдосконалення сучасних методів комунікації в органах публічної влади та державних установах (Master's thesis, Київ, ДУТ);
11. Гриндій, В. Р. (2025). Удосконалення управління комунікаційною діяльністю організації (на прикладі Хмельницької обласної ради, м. Хмельницький) (Master's thesis, Хмельницький, ХНУ);
12. Маснічук, В. М. (2026). Цифрова трансформація державних органів: оцінка ефективності впровадження електронних сервісів у діяльність митниці (Master's thesis, Дніпро, УМСФ).

References

1. Cheban, O. (2016), "Evaluation of the communication function of public authorities", *Theory and history of Public Administration*, vol. 2, pp. 59-66;
2. Mea, M., Newton, A., Uyarra, M. C., Alonso, C., & Borja, Á. (2016), "From science to policy and society: Enhancing the effectiveness of communication", *Frontiers in marine science*, vol. 3, p.168;
3. Poltorak, K. A., Zozul'ov, O. V., & Zhdanova, O. H. (2016), "Evaluation of marketing internet communications effectiveness using mathematical modelling", *Investytsii: praktyka ta dosvid*, vol. 3, pp. 38-43;
4. Kazachenko, V.O., & Lifintsev, D. S. (2024), "Communication Interaction of Prejudicial Investigation Bodies in Ukraine: Status and Directions for Improvement", *Biznes Inform*, vol 8, p. 422–432, DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-422-432>;

5. Official page of the Security Service of Ukraine (2026), "Public reports", available at: <https://ssu.gov.ua/finansova-zvitnis> (Accessed 28 February 2026);
6. Dreshpak, V. M. (2015), *Komunikatsii v publichnomu upravlinni* [Communications in public administration], DRIDU NADU, Dnipropetrovsk, Ukraine;
7. Vasylenko, N. V., Protsyk, I., & Voronkova, A. (2025), "Digital tools for monitoring and assessing the efficiency of public administration in Ukraine", *Naukovi perspektyvy*, Vol. 6 (60), DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-6\(60\)-40-52](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-6(60)-40-52);
8. But, Yu. (2025), "Strategic planning of digital development: a substantive evaluation of Ukraine's electronic communications strategy to 2030", *Public administration: concepts, paradigm, development, improvement*, vol. 12, pp. 30-39, DOI: <https://doi.org/10.31470/2786-6246-2025-12-30-39>;
9. Manzhaj, D. V. (2023), "Mechanism for evaluating the activities of a public authority", Ph.D. dissertation, Public management and administration, ZUNU, Ternopil', Ukraine;
10. Krynychna, I., & Kateryna, L. (2019), "Ways to improve modern methods of communication in public authority bodies and state institutions", Abstract of master's thesis, Public management and administration, DUT, Kyiv, Ukraine;
11. Hryndij, V. R. (2025), "Improving the management of the organization's communication activities (using the example of the Khmelnytskyi Regional Council, Khmelnytskyi city)", Master's thesis, Public management and administration, KHNU, Khmel'nyts'kyj, Ukraine;
12. Masnichuk, V. M. (2026), "Digital transformation of government agencies: assessing the effectiveness of implementing electronic services in customs operations", Master's thesis, Public management and administration, UMSF Dnipro, Ukraine.

Отримано редакцією журналу / Received: 25.03.26

Прорецензовано / Revised: 06.04.26

Дата публікації / Published: 23.04.26