

Латоніна М. В.

Дрозд А. О.

ORCID ID: 0000-0002-1751-2673

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОБУДОВА ЕКОНОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ КРИМІНОГЕННОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ

ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИМИНОГЕННОЙ СИТУАЦИИ В УКРАИНЕ

DEVELOPMENT OF AN ECONOMETRIC MODEL OF CRIME RATE IN UKRAINE

У статті проаналізована залежність кількості зареєстрованих правопорушень в Україні від низки факторів. Дослідження було проведено на основі офіційної державної статистики. Фактори для моделі були виокремлені, базуючись на вітчизняних та зарубіжних дослідженнях. За допомогою економетричних методів виявлена наявність зв'язку між криміногенною ситуацією в країні та кількістю молоді, безробітних та людей, чії доходи нижче прожиткового мінімуму. В масиві даних була виявлена мультиколінеарність, від якої необхідно було позбавитись для отримання більш точних результатів. Після цього методом найменших квадратів побудована лінійна економетрична модель та проведено порівняння реальних даних та даних, отриманих за допомогою моделі. На підставі отриманого рівняння регресії гіпотеза щодо негативного впливу підвищення кількості молоді на криміногенну ситуацію в Україні була спростована, а гіпотеза щодо прямого зв'язку між кількістю безробітних, людей з доходами нижче межі бідності та кількості правопорушень була підтверджена.

Ключові слова: криміногенна ситуація, економетрична модель, мультиколінеарність, метод найменших квадратів.

В статье проанализирована зависимость количества зарегистрированных правонарушений в Украине от ряда факторов. Исследование было проведено на основании официальной государственной статистики. Факторы для модели были выделены на основании отечественных и зарубежных исследований. С помощью эконометрических методов было установлено наличие связи между криминальной ситуацией и количеством молодых людей, безработных, а также людей, чьи доходы ниже прожиточного минимума. В массиве данных была обнаружена мультиколлинеарность, от которой было не обходимо избавиться для получения более точных результатов. После этого методом наименьших квадратов была построена линейная эконометрическая модель и проведено сравнение реальных данных и данных, полученных с помощью модели. На основании полученного уравнения регрессии гипотеза насчет отрицательного влияния количества молодых людей на криминальную ситуацию в Украине была опровергнута, а гипотеза насчет прямой связи между количеством безработных, людей с уровнем доходов ниже среднего и количеством правонарушений была подтверждена.

Ключевые слова: криминальная ситуация, эконометрическая модель, мультиколлинеарность, метод наименьших квадратов.

The article analyses the influence of a range of factors on the quantity of registered crime in Ukraine. The study was carried out with the help of the official data provided by state bodies. The factors for the regression model were chosen, taking into consideration scientific works of Ukrainian and foreign scientist. Using the methods of econometrics the connection between the crime rate and the quantities of young people, the unemployed, and people whose income is less than minimum has been studied. Multicollinearity was found in the data massive, which had to be eliminated in order to get more accurate data. An econometric model has been built with the help of the method of least squares. The real data and the data suggested by the model were compared. On the base of the model the initial hypothesis that large quantities of young people cause more crimes was disproven, and the direct connection between quantities of the unemployed and those whose income is less than minimum was proven.

Keywords: crime rate, econometric model, multicollinearity, method of least squares.

Вступ. На даний момент українці занепокоєні погіршенням криміногенної ситуації в країні. З кожним роком фіксується більше й більше правопорушень. Серед основних причин виділяють зростання кількості вогнепальної зброї у власності громадян, збільшення кількості трудових мігрантів у промислових центрах, гостра соціальна напруженість в країні, а також нові норми, за якими співробітники міліції зобов'язані фіксувати навіть найменші правопорушення, що само собою не є поганим, але також впливає на статистику. Після виокремлення факторів, що потенційно можуть впливати на даний процес, була побудована економетрична модель та встановлена наявність взаємозв'язку.

Постановка завдання. На підставі наукової літератури та практичних розрахунків виокремити фактори, що впливають на криміногенну ситуацію в Україні, позбавитись від мультиколінеарності у масиві у разі потреби та, спираючись на актуальні дані, побудувати економетричну модель методом найменших квадратів.

Методологія. Дослідження базується на підході, в якому застосовані методи економіко-математичного моделювання, наукового узагальнення, статистичного аналізу, системного аналізу, математичного програмування. Теоретичну і методологічну базу становлять досягнення і напрацювання вітчизняних та зарубіжних вчених в області економічної теорії, лінійної оптимізації, методики створення моделей для планування та управління економічною системою.

Результати дослідження. Американські вчені Гарі Світен, Шон Бушвей та Реймонд Патерностер довели, що збільшення тривалості життя позитивно впливає на кількості правопорушень [1]. Співробітники міліції зазначають, що кількість правопорушень залежить від вікової групи; частіше всього порушують закон люди 17-18 років, у цьому віці кількість правопорушень швидко зростає, досягає піку, а потім стрімко знижується. Американські вчені намагалися довести цей факт. Вони дослідили долі 1300 неповнолітніх правопорушників, врахували більш як 40 змінних (шлюб, освіту, належність

до бандитських угруповань та ін). Виявилось, що дійсно більш як 2/3 правопорушень можна пояснити впливом віку між 15 і 25 роками. Щоправда, 30% правопорушень не вкладаються в ці рамки та не піддаються поясненню.

На думку соціологів та демографів, зокрема Бандурки О.М., серед правопорушників більшу частину становлять особи без постійних джерел доходу [3]. Ці явища свідчать про зниження якості життя та добробуту. Середній вік безробітних – 35 років, до тієї ж вікової групи належать і більшість безробітних.

Точний характер зв'язку між бідністю та злочинністю невизначений, проте слід зазначити, що бідність супроводжується не лише нерівністю можливостей, а дискримінацією, розпадом родини, небезпечними умовами життя та соціальною ізоляцією. Діти з бідних родин скоріш за все будуть ходити у погано оснащені школи, отримувати незакінчену освіту, ставати безробітними, зберігати вогнепальну зброю та ставати свідками насилля.

Отже, вище перелічені фактори впливають на кримінальну ситуацію в країні. Більш того, вони є зручними для побудови лінійної регресійної моделі методом найменших квадратів, адже кожний з них легко виміряти кількісно.

Дані для моделі слід брати з перевірених джерел, у даному випадку – це державні статистичні сайти [4],[5]. Отримуємо такі дані:

Таблиця 1

Вихідні дані для побудови економетричної моделі кількості правопорушників

	Рік	Кількість жителів віком від 16 до 29 (млн. осіб)	Кількість безробітних (млн.осіб)	Кількість людей з доходами нижче прожиткового мінімуму (млн.осіб)	Кількість правопорушень (тис.)
1	2001	9,96	2,44	40,40	514,60
2	2002	9,99	2,13	38,50	460,39
3	2003	10,10	1,99	31,10	566,35
4	2004	10,17	1,89	23,10	527,81
5	2005	10,20	1,60	13,00	491,75
6	2006	10,17	1,51	9,70	428,15
7	2007	10,11	1,42	5,70	408,17
8	2008	10,05	1,42	3,20	390,16
9	2009	9,93	1,96	2,60	439,46
10	2010	9,54	1,78	3,90	505,37
11	2011	9,31	1,73	3,40	520,22
12	2012	9,31	1,66	4,00	447,15
13	2013	9,08	1,58	3,70	563,56
14	2014	8,72	1,85	3,20	529,14
15	2015	7,93	1,65	3,00	530,20

Для аналізу взаємозв'язків між економічними показниками була обрана лінійна функція [2, с.89]:

$$Y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + a_3 * X_3 \quad (1)$$

У цій функції залежна змінна:

Y - кількість правопорушень (тис.);

незалежні, або пояснювальні, змінні:

X_1 – Кількість жителів віком від 16 до 29 (млн. осіб);

X_2 – Кількість безробітних (млн. осіб);

X_3 – Кількість людей з доходами нижче прожиткового мінімуму (млн. осіб).

$a_i = \overline{0,3}$ – параметри функції.

Під мультиколінеарністю розуміють лінійну залежність між двома або більше факторними змінними у регресійній моделі [2, с.125]. Це явище є негативним під час побудови моделі, адже воно спричиняє зміщення оцінок параметрів моделі, збільшення коваріації оцінок та зменшення значущості параметрів моделі

Розрахуємо кореляційну матрицю:

$$R = X^{*T} * X^* \quad (2)$$

де X^* – матриця нормалізованих незалежних (пояснювальних) змінних;

X^{*T} – матриця транспонована до матриці X^* .

Таблиця 2

Кореляційна матриця

1	0,047908	0,461822
0,047908	1	0,764525
0,461822	0,764525	1

Кожен елемент цієї матриці характеризує тісноту зв'язку однієї незалежної змінної з іншою. Оскільки діагональні елементи характеризують тісноту зв'язку кожної незалежної змінної з цією самою змінною, то вони дорівнюють одиниці.

На основі цих коефіцієнтів можна зробити висновок, що між змінними X_1, X_2, X_3 існує зв'язок.

Розрахуємо критерій χ^2 і порівняємо його значення з табличним.

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

m – кількість факторів;

n – кількість вимірів;

$\det[R]$ – визначник кореляційної матриці.

Якщо $\chi^2_{табл} = 7,81$ та $\chi^2_{факт} = 16,23047$, тоді $\chi^2_{факт} > \chi^2_{табл}$ і можна зробити висновок, що в масиві пояснювальних змінних спостерігається явище мультиколінеарності.

Розрахуємо критерій F і порівняємо його значення з табличним. Для цього спочатку знайдемо матрицю, обернену до матриці R :

$$C = R^{-1} = (X^{*'} X^*)^{-1} \quad (4)$$

Таблиця 3

Матриця, обернена до кореляційної

1,777497	1,305491	-1,81897
1,305491	3,365553	-3,17595
-1,81897	-3,17595	4,268136

Обчислюємо F -критерій Фішера.

$$F_k = (C_{kk} - 1) * \frac{n - m_1}{m_1 - 1} \quad (5)$$

Таблиця 4

Значення F -критерію для кожного аргументу

	F
X_1	4,276234
X_2	13,01054
X_3	17,97475

При рівні значущості $\alpha = 0,05$ і ступенях свободи $\gamma_1 = 14$ і $\gamma_2 = 2$ критичне (табличне) значення критерію $F = 3,98$, і можна сказати, що в масиві незалежних змінних спостерігається мультиколінеарність.

Розрахуємо частинні коефіцієнти кореляції.

$$r = \frac{-c_{kj}}{\sqrt{c_{jj}c_{kk}}} \quad (6)$$

Таблиця 5

Частинні коефіцієнти кореляції

r_{11}	-0,53375
r_{12}	0,660392
r_{23}	0,837967

Розрахуємо значення t_{kj} критеріїв і порівняємо їх значення з табличним.

$$t_{kj} = \frac{r_{kj} \sqrt{n - m}}{\sqrt{1 - r_{kj}^2}} \quad (7)$$

де r_{kj} - частинний коефіцієнт кореляції;

n – кількість спостережень;

m – кількість елементів.

Таблиця 6

Значення t_{kj} -критеріїв

t_{11}	-2,0934
t_{12}	2,916778
t_{23}	5,092751

Порівняємо з табличним значенням $t_{табл} = 2,201$, та зробимо висновок, що між X_2 та X_3 спостерігається сильне явище мультиколінеарності (що логічно, адже такі показники, як кількість безробітних та кількість людей, чії доходи нижче прожиткового мінімуму, суттєво пов'язані). Спробуємо позбутись мультиколінеарності, замінивши X_3 на $\frac{X_3}{X_2^2}$ та отримаємо нову таблицю даних.

Таблиця 7

Масив даних, позбавлених від мультиколінеарності

	X_1	X_2	X_3	Y
1	9,961	2,44	6,784	514,6
2	9,989	2,129	18,09	460,4
3	10,1	1,994	15,6	566,4
4	10,17	1,888	12,23	527,8
5	10,2	1,595	8,149	491,8
6	10,17	1,514	6,408	428,1
7	10,11	1,417	4,023	408,2
8	10,05	1,424	2,247	390,2
9	9,928	1,957	1,329	439,5
10	9,539	1,784	2,186	505,4
11	9,31	1,732	1,963	520,2
12	9,31	1,657	2,415	447,1
13	9,079	1,576	2,347	563,6
14	8,719	1,847	1,732	529,1

Також ми отримуємо нові значення t_{kj} критеріїв.

Таблиця 8

Нові значення t_{kj} критеріїв

t_{11}	-0,88005
t_{12}	2,352138
t_{23}	1,923952

Можна пересвідчитись, що нам майже вдалось позбавитись від явища мультиколінеарності в масиві, і можна переходити до побудови економетричної моделі.

Розраховуємо оцінки параметрів моделі.

$$\hat{A} = (X^T * X)^{-1} * (X^T * Y) \quad (8)$$

Таблиця 9

Матриця коефіцієнтів \hat{A}

a_0	1137,619
a_1	-78,8073
a_2	48,77931
a_3	4,851151

Отже, з урахуванням позбавлення від мультиколінеарності, модель матиме вигляд:

$$Y = 1137,619 - 78,8073 * X_1 + 48,77931 * X_2 + 4,851151 * \frac{X_3}{X_2^2} \quad (9)$$

Обрахуємо значення \hat{Y} та побудуємо графік (рисунок), на якому позначимо реальні значення Y та \hat{Y} .

Таблиця 10

Порівняння реальних даних з отриманими за допомогою моделі

	Y	\hat{Y}
2001	514,597	504,5943
2002	460,389	541,9646
2003	566,35	514,8075
2004	527,812	487,9945
2005	491,754	451,4944
2006	428,149	441,1462
2007	408,17	429,7539
2008	390,162	426,1533
2009	439,459	457,1348
2010	505,371	483,5011
2011	520,218	497,9088
2012	447,147	496,4343
2013	563,56	510,3969
2014	529,139	548,9923

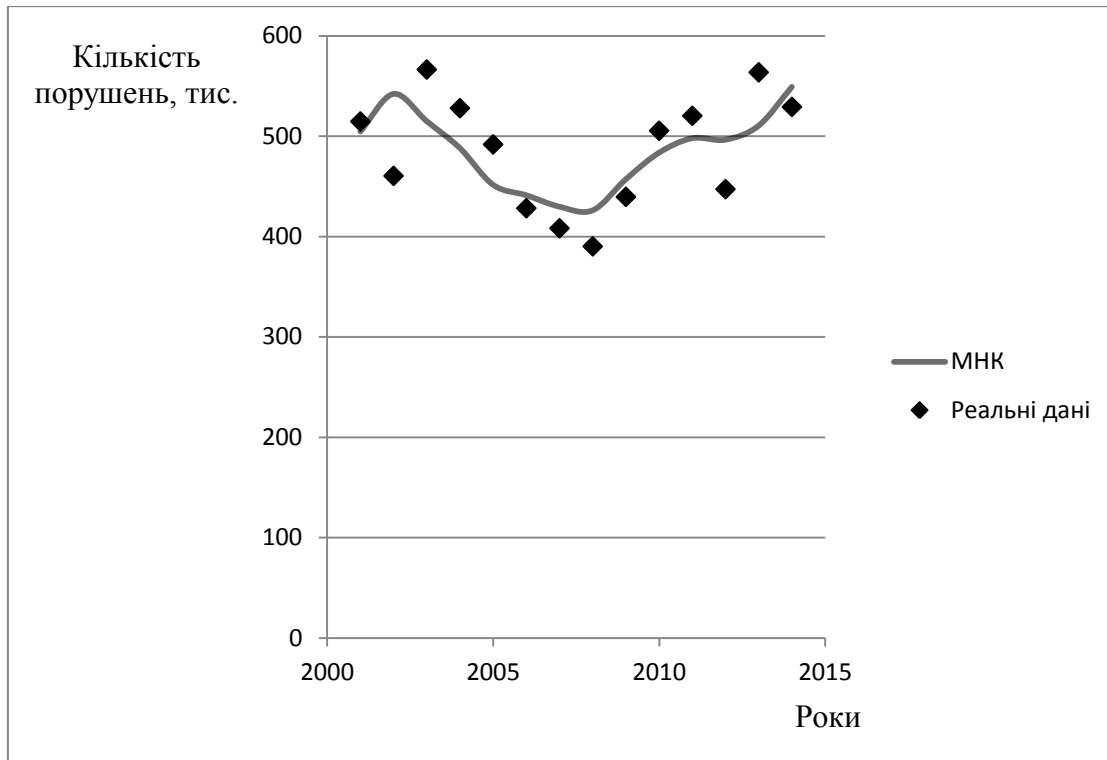


Рисунок. Відображення реальних даних та даних, отриманих за допомогою моделі на графіку

Оцінимо значимість зв'язку за допомогою коефіцієнта множинної кореляції R .

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}} \quad (10)$$

Чим ближче коефіцієнт множинної кореляції до 1, тим тісніший зв'язок отриманих даних з факторами моделі. У нашому випадку $R = 0,69345$, що є досить гарним показником.

Висновки. За попередніми гіпотезами, що висувались на початку дослідження:

- чим більше в країні молоді (людей від 18 до 28 років), тим більше здійснюється правопорушень;
- чим більше в країні безробітних, тим більше чиниться правопорушень;

- чим більше в країні людей, дохід яких нижче за прожитковий мінімум, тим більше чиниться правопорушень.

В ході дослідження ми отримали підтвердження лише двох останніх гіпотез. Можливо, це пояснюється тим, що криміногенна ситуація серед української молоді значно краще, аніж в США, де робилось дослідження, на яке ми спирались під час висування гіпотез. Іншим поясненням може бути недостатній зв'язок отриманих даних з факторами моделі, що дає поле для подальших досліджень у цьому напрямку.

Література:

1. Sweeten G. Does Dropping out of School Mean Dropping into Delinquency? / G. Sweeten, S. D. Bushway, R. Paternoster // *Criminology*. – Arizona, 2009. – Vol.47, №1. – p. 47-90.
2. Руська Р. В. Економетрика : навчальний посібник / Р. В. Руська. – Тернопіль : Тайп, 2012. – 224с.
3. Бандурка О. М. Юридична психологія / О. М. Бандурка, С. П. Бочарова, О. В. Замлянська. – Харків : Ун-т внутрішніх справ, 2001. – 740 с.
4. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua
5. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://database.ukrcensus.gov.ua>