

УДК 519.86

В. П. Городнов, О. І. Фик, О. В. Цис

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕКТОРА ПРАВОПОРУШЕНЬ У МЕГАПОЛІСІ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ЩОДО ОХОРОНИ ГРОМАДСЬКОГО ПОРЯДКУ ЧАСТИНАМИ І ПІДРОЗДІЛАМИ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК

Розроблено методику прогнозування вектора правопорушень для забезпечення можливості раціонального розподілу сил і засобів підрозділів і частин внутрішніх військ по найбільш важливих об'єктах і районах мегаполіса під час виконання завдання з охорони громадського порядку.

Постановка проблеми. Відповідно до статей 1 і 2 Закону України [1] одним із завдань внутрішніх військ МВС України є участь в охороні громадського порядку та боротьбі із злочинністю [2].

До виконання внутрішніми військами завдань з охорони громадського порядку (ГОП) та боротьбі зі злочинністю залучаються спеціальні моторизовані військові частини міліції та військові частини спеціального призначення, які зазвичай застосовуються за місцем постійної дислокації та у порядку, який визначає Міністр внутрішніх справ України [2].

У містах України з мільйонним населенням (у мегаполісах) обсяг служби частин і підрозділів внутрішніх військ (ВВ) для виконання таких завдань певним чином залежить від кількості (U_{ij} , $i=1, \dots, p$; $j=1, \dots, n$; p – кількість типів

правапорушень; n – кількість районів міста) правопорушень – пограбувань, розбійних нападів, тяжких тілесних ушкоджень та ін. (табл. 1).

Для забезпечення виконання завдань з ОГП при обмежених ресурсах необхідно передбачати очікувану кількість правопорушень за типами та районами міста, що дозволяє надати рекомендації для раціонального розподілу сил і засобів внутрішніх військ по найбільш важливих об'єктах і районах мегаполіса. Така ж задача виникає при оцінках потрібної кількості особового складу, який необхідно залишити для несення служби у випадках виїзду певної кількості особового складу підрозділів ВВ за межі міста постійної дислокації.

Кількість правопорушень i -го типу (див. табл. 1, показники-ознаки 25 – 33) різняться для кожного j -го району мегаполіса і може бути

Таблиця 1

Показники-ознаки районів мегаполіса

Пор. №	Показник-ознака	Номери районів мегаполіса								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Площа, км ²	25	10	22,5	34	68	51	37	56	140
2	Кількість населення, тис. осіб	100	97,3	110	139	173	118	106	84,5	117
3	Густота населення, тис. осіб/км ²	4	9,7	4,9	4,1	2,5	2,3	2,9	1,5	0,8
4	Кількість безробітних, тис. осіб	3,5	3,4	3,8	4,87	6	4,13	3,69	2,95	4,09
5	Середня зарплатня, тис. грн	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Довжина вулиць, км	223	315	278	355	524	368	260	358	245
7	Кількість державних ощадбанків	5	23	17	24	8	11	15	14	9
8	Кількість стадіонів	2	3	3	2	6	2	2	1	1
9	Кількість кінотеатрів, театрів	2	8	3	6	4	3	7	4	2
10	Кількість вокзалів	0	2	1	4	0	0	0	0	0
11	Кількість магазинів	137	243	187	225	158	128	135	122	135
...
22	Кількість осіб, що засуджені з виправним терміном	88	96	299	242	677	377	406	533	126
...
25	Кількість пограбувань	64	218	117	147	35	72	14	38	7
26	Кількість розбоїв, які скоєні на вулицях	16	16	15	29	10	18	3	11	3
27	Кількість тяжких тілесних ушкоджень	5	2	3	9	2	5	1	1	1
28	Кількість крадіжок у громадських місцях	27	132	26	154	19	4	1	10	0
29	Кількість крадіжок на вулицях	2	49	59	100	14	15	4	5	1
30	Кількість вбивств, які скоєні на вулицях	3	0	2	3	3	2	0	1	0
31	Кількість хуліганств у громадських місцях	5	2	1	14	6	2	1	4	1
32	Кількість хуліганств на вулицях	12	2	10	23	16	18	7	10	6
33	Кількість згвалтувань на вулицях	0	0	0	1	0	2	1	0	1

скорочено подана у вигляді вектора-рядка \bar{y}_i .

У такому разі інформація про всі типи правопорушень (р) та про всі райони міста (n) має вигляд [3]:

$$Y = \begin{pmatrix} \bar{y}_1 \\ \bar{y}_2 \\ \dots \\ \bar{y}_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pn} \end{pmatrix} = [y_{ij}]_{pn} \quad (1)$$

Вектор правопорушень (Y) залежить від значення (u_{ij} , $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$; m – кількість типів ознак; n – кількість районів міста) різномірних ознак районів – загальної площі (u_{1j}), густоти населення (u_{3j}), загальної довжини вулиць (u_{6j}), кількості банків (u_{7j}), кількості осіб, що засуджені з виправним терміном (u_{22j}), та ін. (див. табл. 1).

Значення ознаки i-го типу є різним для кожного j-го району (елементи i-го рядка у табл. 1) мегаполіса, тому зведена інформація про всі (m) ознак районів та про всі (n) райони міста має вигляд матриці ознак:

$$U = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1j} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2j} & \dots & u_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{i1} & u_{i2} & \dots & u_{ij} & \dots & u_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{m1} & u_{m2} & \dots & u_{mj} & \dots & u_{mn} \end{pmatrix} = [u_{ij}]_{mn} \quad (2)$$

Таким чином, для надання рекомендацій щодо раціонального розподілу сил і засобів ВВ по найбільш важливих об'єктах і районах мегаполіса при обмежених ресурсах необхідно спрогнозувати елементи вектора правопорушень (Y) на основі наявної інформації про різномірні ознаки (U) районів. Необхідний прогноз елементів вектора правопорушень (Y) може бути виконаний за допомогою методів багатофакторного аналізу [4].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У [4] було проведено моделювання реальних процесів з урахуванням їх статистичного зв'язку з різномірними ознаками. Однак не було визначено методики застосування розроблених моделей для прогнозування кількості різних правопорушень (Y – вектора правопорушень) залежно від різномірних показників-ознак (U – матриці ознак) районів мегаполіса.

Тому розроблення моделі для прогнозування кількості правопорушень (Y – вектора правопорушень) за типами та за районами мегаполіса залежно від значень показників-ознак

(U – матриці ознак) цих районів за допомогою методів багатофакторного аналізу є актуальним.

Метою статті є розроблення методики прогнозування компонентів вектора правопорушень у мегаполісі при вирішенні задач щодо охорони громадського порядку частинами і підрозділами внутрішніх військ.

Виклад основного матеріалу. Прогноз вектора Y правопорушень (1) може бути виконаний за допомогою моделей [4], що дозволяють передбачати кількість злочинів (y_{ij}) за типами і районами мегаполіса на основі матриці U – наявної інформації про різномірні ознаки районів (загальна площа, густота населення, кількість вокзалів, пляжів, банків, ресторанів, стадіонів, вулиць і т. ін.). Ці ознаки непорівнянні за фізичним змістом (довжина u_{6j} вулиць j-го району і кількість осіб u_{22j} , засуджених з виправним терміном, які мешкають у j-му районі), по одиницях виміру і по абсолютній величині (площа u_{1j} j-го району [140 км²]) та кількість кінотеатрів у j-му районі [1 шт] – u_{1j}).

Для виявлення і виміру ступеня статистичного зв'язку різномірних ознак районів мегаполіса з кількістю правопорушень відповідних типів може бути використаний математичний апарат багатофакторного дисперсійного аналізу [4, 5].

Для використання дисперсійного аналізу необхідно виконати стандартизацію ознак шляхом переходу до їх нормованих значень z_{ij} :

$$z_{ij} = \frac{u_{ij} - m_{u_i}}{\sigma_{u_i}}, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad (3)$$

де m_{u_i} – оцінка математичного сподівання (МС) ознаки u_{ij} ; σ_{u_i} – оцінка середньоквадратичного відхилення (СКВ) ознаки u_{ij} :

$$m_{u_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_{ij}; \quad \sigma_{u_i} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (u_{ij} - m_{u_i})^2}. \quad (4)$$

У результаті підстановки елементів матриці U (2) за даними табл. 1 у співвідношення (4) одержуємо числові характеристики ознак (див. табл. 2).

Матриця U (1) згідно з (3) та (4) перетворюється у матрицю Z:

$$Z = \begin{pmatrix} \bar{z}_1 \\ \bar{z}_2 \\ \dots \\ \bar{z}_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Матриця $[y_{ij}]_{pn}$ у результаті розрахунків за співвідношеннями (3) та (4) перетворюється у матрицю $[x_{ij}]_{pn}$.

Кожна компонента перетвореного вектора правопорушень X (1) відповідає своєму типу правопорушень: (кількість грабежів – \bar{x}_1 ,

Т а б л и ц я 2

Числові характеристики (МС, СКВ) ознак районів міста

Характеристики	Номери показників-ознак											
	1	2	3	4	...	27	28	29	30	31	32	33
m_{u_i}	49,3	116,0	3,6	252,7	...	3,2	41,4	27,7	1,6	4	11,6	0,6
σ_{u_i}	36,3	24,8	2,5	96,1	...	2,52	55,3	32,4	1,25	3,9	6,12	0,68

Кожна ознака \bar{z}_i (5) має різний статистичний зв'язок з кількістю правопорушень відповідних типів \bar{y}_k (2). Для виявлення і виміру ступеня такого зв'язку можна використати математичний апарат багатofакторного дисперсійного аналізу [5], в основі якого лежить ідея виміру коефіцієнтів кореляції r_{ij} значень випадкових ознак z_i багатовимірних об'єктів:

$$r_{qk} = \frac{K_{qk}}{S_{z_q} \cdot S_{x_k}}, \quad (6)$$

де $K_{qk} = \sum_i \sum_j (z_i - m_{z_i}) \cdot (x_j - m_{x_j}) p_{ij}$;

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_{ij} = m_{z_i}; \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_{ij}^2 = \bar{z}_i^2; \quad S_{z_i}^2 = \bar{z}_i^2 - (m_{z_i})^2;$$

кількість розбійних нападів – \bar{x}_2 , кількість тяжких тілесних ушкоджень – \bar{x}_3 , кількість вбивств – \bar{x}_5 та ін.). Тоді кореляційна матриця R для вектора правопорушень має вигляд:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m-p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & \dots & \dots & r_{2m-p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im-p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & \dots & \dots & r_{pm-p} \end{pmatrix} = [r_{ij}]_{pm-p}. \quad (7)$$

У таблиці 3 наведені числові значення коефіцієнтів кореляції для правопорушення “пограбування, які скоєні на вулицях та в

Т а б л и ц я 3

Коефіцієнти кореляції для правопорушення “пограбування, які скоєні на вулицях та в громадських місцях” \bar{y}_1 з ознаками

Пор. №	Ознака	Коефіцієнт кореляції
1	Площа, км ²	-0,65
2	Кількість населення, тис. осіб	-0,11
3	Густина населення, тис. осіб/км ²	0,903
...
7	Кількість державних ощадбанків	0,759
8	Кількість стадіонів	0,135
9	Кількість кінотеатрів, театрів	0,528
...
11	Кількість магазинів	0,909
...
22	Кількість осіб, що засуджені з виправним терміном	-0,443

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{kj} = m_{x_k}; \quad \bar{x}_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 \cdot n_i; \quad S_{x_k}^2 = \bar{y}_k^2 - (m_{x_k})^2.$$

громадських місцях” (див. табл. 1, ознака 25).

Згідно з даними, які наведені у табл. 3, конкретний вид правопорушення має кореляційний зв'язок з одними ознаками району – сильніший (табл. 3, густина населення – ознака 3,

та кількість магазинів – ознака 11), а з іншими – дуже слабкий (табл. 3, кількість стадіонів – ознака 8).

Залежно від визначеного (7) ступеня кореляційного зв'язку кожен вид правопорушень \bar{y}_i визначається своєю ієрархічною послідовністю ознак (наприклад, для \bar{y}_1 це табл. 4).

При незначному часі прогнозу зміни значень шуканих показників (кількість грабежів, крадіжок, вбивств, розбійних нападів, тяжких тілесних ушкоджень тощо) модель вектора правопорушень, який прогнозується, подається в лінійному наближенні для кожного району мегаполіса:

$$\bar{y}_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} \bar{z}_j + b_i, \quad (8)$$

Таблиця 4

Пріоритетність ознак для показника “пограбування” \bar{y}_1

Ранг	Пор. №	Ознаки	Рейтинг
1	11	Кількість магазинів	100
2	3	Густина населення, тис. осіб/км ²	99,62
3	14	Кількість готелів	93,14
4	7	Кількість державних ощадбанків	90,56
5	10	Кількість вокзалів	90,43
6	18	Кількість промислових підприємств	87,10
7	19	Кількість закладів ігрного бізнесу	84,83
8	15	Кількість ресторанів і кафе	83,14
9	16	Кількість навчальних закладів	82,51
10	9	Кількість кінотеатрів, театрів	76,02
11	17	Кількість гуртожитків	70,86
12	12	Кількість парків, пляжів, садів	63,25
13	8	Кількість стадіонів	51,29
14	13	Кількість базарів	43,43
15	6	Довжина вулиць, км	42,80
16	2	Кількість населення, тис. осіб	35,88
17	21	Кількість осіб, що засуджені за нетяжкі злочини	25,18
18	22	Кількість осіб, що засуджені з виправним терміном	15,11
19	1	Площа, км ²	1,89
20	20	Кількість осіб, що звільнені з місць позбавлення волі	0,01

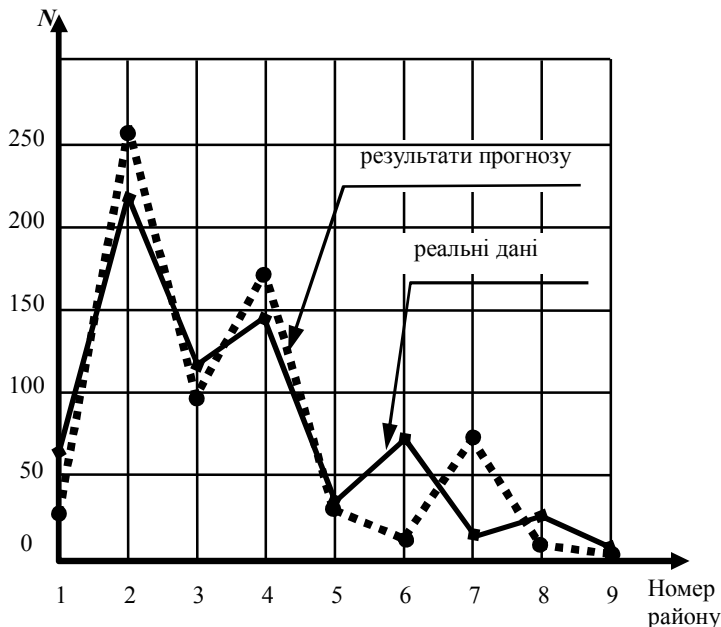


Рис. 1. Кількість пограбувань, які скоєні на вулицях та у громадських місцях районів міста

де $i = 1, \dots, p$ – номер компоненти вектора правопорушень \bar{y} у конкретному районі (грабежі – \bar{y}_1 , розбійні напади – \bar{y}_2 , тяжкі тілесні ушкодження – \bar{y}_3 , вбивства – \bar{y}_5 та ін.).

Перевірка дієвості моделі проведена з використанням реальних даних одного з мегаполісів України. Результати перевірки для показників кількості пограбувань, крадіжок, розбійних нападів, скоєних на вулицях міста для всіх районів мегаполіса, підтвердили невеликі розбіжності прогнозованих та реальних даних. На рис. 1 наведені результати перевірки для показника кількості пограбувань N.

Однак значущість знайдених зв'язків різних типів правопорушень з ознаками районів у розробленій багатofакторної моделі потребує перевірки за критерієм Фішера [5]:

$$F_{y/e} = \frac{M \left[\left(\bar{y}_i - \left(\sum_{j=1}^n r_{ij} \bar{z}_j + b_i \right) \right)^2 \right]}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{m-p} \sum_{j=1}^n e_{ij}^2} \cdot \frac{(n-m-1)}{m}, \quad (9)$$

де m – кількість компонентів моделі; n – загальна кількість точок сукупності.

Отримані значення показника $F_{y/e}$ Фішера – Снедекора знаходяться в інтервалі $[2,7; 3,5]$. Найбільша величина показника $F_{y/e} = 3,5$ перевищує табличне значення $F_{\text{табл}} = 8,86$ показника Фішера – Снедекора [5, с. 400], що взяте на рівні $\alpha = 0,01$. Тому знайдена багатofакторна модель (8) зв'язку змінних z_i та y_k вважається значущою за критерієм Фішера [5].

Висновки і напрямки подальших досліджень. Розроблена модель вектора правопорушень має значення показника Фішера – Снедекора $F_{y/e} \leq 3,5$, що дозволяє вважати модель значущою за критерієм Фішера. У цьому разі запропонована модель дозволяє прогнозувати кількість різних правопорушень залежно від

значень показників районів міста і забезпечити можливість раціонального розподілу сил та засобів підрозділів і частин внутрішніх військ по об'єктах і районах мегаполіса.

Надалі становить інтерес розроблення моделі розрахунку раціонального обсягу служби, який повинен бути в мегаполісі у випадках виїзду підрозділів внутрішніх військ за межі місця постійної дислокації.

Список використаних джерел

1. Про внутрішні війська Міністерства внутрішніх справ України: Закон України від 26.03.1992 р. № 2236-ХІІ // Відомості Верхов. Ради. – 1992. – № 29. – Ст. 398.
2. Про внутрішні війська: Закон України від 31.10.1995 р. № 407/95 // Відомості Верхов. Ради. – 1995. – № 42. – Ст. 304.
3. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами): Підруч. для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. – Х.: НУА, 2005. – 384 с.
4. Ефимова М. Р., Петрова Е. В., Румянцев В. Н. Общая теория статистики: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 416 с.
5. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 176 с.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2008 р.