

УДК 004(477):351.746.1

В. П. Городнов, В. А. Кириленко, В. М. Петров

## МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕЛЕКТИВНОЇ ПЕРЕВІРКИ ДОКУМЕНТІВ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ПУНКТІ ПРОПУСКУ ЧЕРЕЗ ДЕРЖАВНИЙ КОРДОН УКРАЇНИ В УМОВАХ ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОТОКУ АВТОМОБІЛІВ

*Подано розрахункові вирази для визначення моментів переходу до спрощеного прикордонного контролю, а також для розрахунку коефіцієнтів інформативності заходів контролю, що дозволяють максимально зберегти шанси виявлення порушників.*

**Ключові слова:** прикордонний контроль, модель, інформативність.

**Постановка проблеми.** Одним із основних завдань “Стратегії розвитку Державної прикордонної служби України (ДПСУ)” [1] є “удосконалення системи аналізу та оцінки інформації, ... з урахуванням реальної та прогнозованої обстановки на державному кордоні, ... впровадження європейських норм і стандартів у систему прикордонного контролю ...”, що повинно забезпечити стійку, комфортну для законослухняних громадян роботу автомобільних пунктів пропуску (АПП) через державний кордон України.

У випадках різкого збільшення інтенсивності руху, “коли час сподівання в пункті пропуску стає надмірним, посадові особи ДПСУ можуть запроваджувати спрощення прикордонного контролю” [2, п. 4.27], яке “полягає у тимчасовій відмові від виконання окремих дій і заходів прикордонного контролю ...” [2, п. 4.27.2]. Однак чіткої ідентифікації умов, що вимагають негайного введення спрощеного прикордонного контролю, а також складу “окремих дій і заходів прикордонного контролю” [2, п. 4.27.2], від яких слід тимчасово відмовитися, в існуючих документах не встановлено.

На практиці моменти прибуття автомобілів до АПП заздалегідь не відомі (випадкові) і створюють випадковий вхідний потік вимог на обслуговування, породжуючи випадкові коливання часу сподівання, що може призводити до таких самих випадкових рішень щодо скасування “окремих дій і заходів прикордонного контролю”.

Крім того, рішення щодо спрощення прикордонного контролю, прийняті з поточного (випадкового) часу сподівання, у наступний момент можуть потребувати свого скасування через непередбачуваність потоку

вимог, що спричиняє порушення ритмічності і зниження ефективності роботи АПП.

Разом з тим дії та заходи штатного прикордонного контролю мають різну тривалість та інформативність. У разі введення спрощеного прикордонного контролю зі скасуванням частини заходів урахування зазначених особливостей в існуючих документах не передбачено, що не гарантує збереження або мінімального зниження шансів виявлення порушників.

У підсумку виникає проблема між потребою оперативно реагувати на зміни інтенсивності потоку автомобілів – зміною режиму і складу заходів спрощеного прикордонного контролю, з одного боку, і відсутністю чіткої ідентифікації умов прийняття рішень про зміну режиму роботи і складу дій та заходів, які скасовуються і забезпечують мінімальне зниження шансів виявлення порушників, – з іншого боку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання оцінювання ефективності прикордонного контролю у пунктах пропуску успішно розглядалися у відомих [3–6] та деяких інших працях, щоразу з позиції цілей зазначених досліджень. Однак проблема ідентифікації змін в інтенсивності потоку автомобілів з метою оперативного переходу на спрощений прикордонний контроль і назад з одночасним визначенням складу перевірок, які скасовуються, у відомих працях не розглядалася.

Зазначена проблема повинна вирішуватися відповідно до поточної інформації спостережуваних, у цьому разі випадкових параметрів, забезпечуючи мінімальне зниження шансів виявлення порушників у випадку переходу до спрощеного прикордонного контролю.

У зв'язку з цим метою статті є побудова моделі, придатної для визначення моментів переходу до спрощеного прикордонного контролю і назад з одночасним формуванням параметрів селективної перевірки документів і транспортних засобів в автомобільному пункті пропуску через державний кордон України в умовах високої інтенсивності потоку автомобілів.

**Виклад основного матеріалу.** Метою роботи автомобільного пункту пропуску є контрольований пропуск осіб, автомобільних транспортних засобів і вантажів (вимог на обслуговування), а також виявлення і припинення спроб їх незаконного переміщення через державний кордон України.

Контрольовані транспортні засоби поділяються за типами (легкові, вантажні, вантажні вантажопідіймальністю понад 3,5 т, автобуси тощо) і за складом операцій контролю. Тому для кожного типу транспортних засобів у АПП при їх виїзді і в'їзді в Україну передбачені конкретні групи смуг руху, обладнані засобами прикордонного та митного контролю. Кількість смуг у групі може коливатися від однієї до  $n > 1$ . При цьому кожна смуга є самостійним "каналом" прикордонного контролю (каналом обслуговування). Далі розглянемо одну групу у складі  $n \geq 1$  смуг руху.

В інтересах зміни кількості працюючих смуг руху в складі групи у [7] знайдено оцінку середньої тривалості сподівання  $t_{\text{чер}}$  і довжини черги  $r_{\text{чер}}$  у кожній із смуг руху:

$$t_{\text{чер}} = \frac{T_{\text{об}} \cdot \rho}{1 - \rho}; \quad r_{\text{чер}} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}; \quad \rho = \frac{U_1}{1 + U_1}; \quad U_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i, \quad (1)$$

де  $\rho$  – коефіцієнт завантаження каналу обслуговування;  $U_1$  – спостережувана оцінка середньої кількості вимог в одному каналі обслуговування групи з  $n$  каналів у поточний момент часу;  $U_i$  – поточна кількість вимог (автомобілів) в  $i$ -му каналі обслуговування (на  $i$ -й смузі руху) групи з  $n$  каналів у поточний момент часу;  $T_{\text{об}}$  – середня тривалість обслуговування однієї вимоги.

В основі отримання розрахункового виразу (1) у [7] використано модель М/М/1/∞, для якої замість усереднення оцінок кількості вимог в

одному каналі за часом використано ідею усереднення за множиною ідентичних каналів в один момент часу, що дозволяє забезпечити своєчасність прийняття рішень з управління організаційною структурою АПП. Із виразу (1) випливає, що у разі наближення значення коефіцієнта завантаження до одиниці середній час сподівання і довжина черги необмежено збільшуються, що призводить до порушення вимог [1, 2] до роботи АПП.

Для управління моментом прийняття рішення щодо переходу до спрощеного режиму прикордонного контролю можуть використовуватися спостережувані параметри  $U_i$  (кількість автомобілів на  $i$ -й смузі руху) з подальшим оцінюванням (1) середньої кількості вимог  $U_1$  і математичних сподівань коефіцієнта завантаження  $\rho$ , часу сподівання  $t_{\text{чер}}$  і довжини черги  $r_{\text{чер}}$  в одному каналі.

Момент збільшення середнього часу сподівання  $t_{\text{чер}}$  у черзі до порогового значення  $t_{\text{пр}}$

$$t_{\text{чер}} \geq t_{\text{пр}} \quad (2)$$

стає об'єктивно необхідним моментом прийняття рішення про перехід до спрощеного прикордонного контролю. Однак далі виникає питання про вибір складу "окремих дій і заходів прикордонного контролю" [2, п. 4.27.2], від яких варто тимчасово відмовитися. Для вибору таких елементів слід урахувати інформаційну насиченість кожного з дій та заходів, які для зручності далі назовемо елементами процедури прикордонного контролю або ознаками, що відображують можливість порушення.

Так, у "Технологічній карті огляду легкового автомобіля" передбачено необхідність виконання 27 дій (елементів контролю) з огляду чотирьох частин легкового автомобіля (див. таблицю): передньої, задньої, салону та нижньої частини. Перевірка кожного  $i$ -го елемента має середню тривалість  $T_i$ .

Аналогічний перелік елементів є для прикордонного контролю інших автотранспортних засобів і для паспортного контролю громадян.

Однак, як переконує досвід роботи прикордонних нарядів, у процесі виявлення правопорушень відпрацювання різних згаданих

Технологічна карта огляду легкового автомобіля

Пор. №	Елемент контролю	Середня тривалість контролю	Коефіцієнт * інформативності
1	Радіатор з облицюванням	$T_1$	$Q_1$
2	Бампер, фари	$T_2$	$Q_2$
3	Крила	$T_3$	$Q_3$
4	Робочі передні колеса	$T_4$	$Q_4$
5	Бризкоуловлювачі	$T_5$	$Q_5$
6	Моторний відсік (багажник)	$T_6$	$Q_6$
...	...	...	...
25	Кардан	$T_{25}$	$Q_{25}$
26	Вихлопна система	$T_{26}$	$Q_{26}$
S=27	Нижня частина бензобака	$T_{27}$	$Q_{27}$

$$*Q_j \geq Q_{j+1}$$

у наведеній таблиці елементів перевірки відповідає різним шансам виявлення правопорушень. Для одних елементів перевірки ці шанси виявляються більшими, для інших – меншими, що зумовлює необхідність упорядкування елементів перевірки за змістом інформації про можливе правопорушення.

З метою об'єктивного визначення коефіцієнтів ієрархії (коефіцієнтів – важливості, інформативності) елементів перевірки можна використовувати ідею розв'язання двоїстої задачі таксономії [5], вважаючи, що кожен автомобіль, який перевіряється, у період перевірки є багатовимірним об'єктом, а елементи перевірки – його ознаками.

Для використання двоїстої задачі необхідний досвід виявлення правопорушень у  $m$  об'єктів контролю з фіксацією  $n$  значень ознак кожного з об'єктів з виявленими порушеннями. Результати зазначених перевірок об'єктів фіксуються у матриці спостережень  $X_{mn}$ :

$$X_{mn} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де  $m$  – кількість об'єктів контролю (багатовимірних одиниць), яка (число  $m$ ) дорівнює кількості рядків матриці;  $n$  – кількість ознак кожного об'єкта (дорівнює кількості стовпців матриці, один стовпець містить

значення однієї ознаки);  $x_{ij}$  – значення ознаки номер  $j$  для об'єкта номер  $i$ .

Попередня процедура обробки матриці  $X_{mn}$  спостережень передбачає перерахунок ознак ( $x_{ij}$ ) до нормованих, безрозмірних значень ( $z_{ij}$ ) з нульовим математичним сподіванням і одиничною дисперсією:

$$\begin{aligned} \bar{x}_j &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}; \\ \sigma_j &= \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}; \\ z_{ij} &= \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}, 1 \leq i \leq m; 1 \leq j \leq n, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\bar{x}_j$  – оцінка математичного сподівання ознаки  $x_j$ ;  $\sigma_j$  – оцінка середнього квадратичного відхилення ознаки  $x_j$ .

У підсумку матриця спостережень  $X_{mn}$  перетворюється в еквівалентну матрицю  $Z_{mn}$ :

$$Z_{mn} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Об'єктами аналізу у випадку, який розглядається, є ознаки, що визначають необхідність транспонування матриці (4):

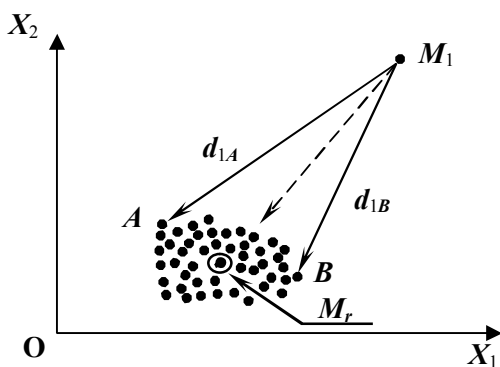
$$Z_{nm} = Z_{mn}^T = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{m1} \\ z_{12} & z_{22} & \dots & z_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{1n} & z_{2n} & \dots & z_{mn} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Тут слід звернути увагу на транспоновану індексацію елементів матриці – у кожному рядку матриці тепер знаходяться значення однієї і тієї ж ознаки, але для різних ( $m$ ) об'єктів. У такому випадку вже кожна ознака стає об'єктом порівнювання у відношенні до інших ознак. У підсумку виникає завдання порівняння між собою і впорядкування за важливістю  $n$  точок-ознак у просторі  $m$  вимірювань.

Поділ за важливістю приводить до зростання впливу значення одних ознак при одночасному зменшенні впливу інших.

Шукані коефіцієнти важливості ознак повинні відображувати інформаційну насиченість кожних дій та заходів прикордонного контролю (ознаки), спрямованого на оцінювання можливості порушення.

У такому випадку метою аналізу є порівняння багатовимірних точок-ознак. Зауважимо, що у разі збігу значень координат двох точок ці точки вважаються ідентичними, кожна з них несе всю інформацію про властивості іншої точки. Тому далі використаємо істотну для мети порівняння точок гіпотезу про відповідність інформаційного взаємозв'язку між точками-ознаками і ступеня близькості точок-ознак до центра ваги (до центра скупчення) всіх ознак (рисунок).



Пояснення до оцінювання інформативності ознак

*Гіпотеза.* Чим ближче знаходиться багатовимірна точка-ознака до центра

скупчення (тим менше відрізняються значення її координат від значень координат інших точок), тим більше така точка відображує загальні властивості всіх точок-одиниць і тим більша вага важливості відповідає цій точці.

Прикладом такої ситуації з області медицини може бути температура тіла людини (умовно точка  $M_r$  на рисунку). У випадках багатьох захворювань виникають різні симптоми-ознаки, і водночас змінюється температура тіла. Тому температура тіла людини виявляється найбільш “пов’язаною” з іншими ознаками, таксономічно знаходиться близько до центра скупчення і несе в собі інформацію про ці ознаки. Саме температуру тіла часто використовують як найбільш важливу ознаку під час первинного оцінювання наявності захворювання.

У разі використання зазначеної гіпотези про найбільш істотні властивості багатовимірних точок зникає необхідність штучної градації ознак за важливістю і з’являється можливість не експертного, а “об’єктивного” (з позиції зібраних числових даних) упорядкування за ієрархією відразу всіх наявних ознак. Відстань  $c_{jk}$  між  $j$ -ю та  $k$ -ю ознаками отримаємо з використанням теореми Піфагора:

$$c_{jk} = \sqrt{\sum_{q=1}^m (z_{jq} - z_{kq})^2} = \sqrt{\sum_{q=1}^m \Delta z_q^2}. \quad (7)$$

У підсумку отримаємо симетричну відносно головної діагоналі матрицю  $C$  таксономічних відстаней  $c_{jk}$  між одиницями досліджуваної множини ознак:

$$C_n = \begin{pmatrix} 1 & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & 1 & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_n & c_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Показником  $d_j$  ступеня близькості кожної  $j$ -ї точки-ознаки до центра скупчення всіх точок є сума відстаней  $j$ -ї точки-ознаки до всіх інших точок-ознак сукупності, що легко знаходиться за матрицею  $C$  [формула (8)] шляхом підсумовування всіх елементів рядка відповідної  $j$ -ї точки-ознаки:

$$d_j = \sum_{q=1}^n c_{jq}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (9)$$

де  $c_{jq}$  – таксономічна відстань між  $j$ -ю та  $q$ -ю точками-ознаками.

У цьому випадку найменше значення показника  $d_j$  буде відповідати точці-ознаці, яка знаходиться в центрі скупчення (див. рисунок).

Для отримання нормованих значень коефіцієнтів ієрархії (ваг важливості, коефіцієнтів інформативності  $Q_j$ ) точок-ознак досить знайти попередню (ненормовану) оцінку показника важливості ознак

$$\gamma_j = 1 - \frac{d_j}{d_0}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

де

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_j; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (d_j - \bar{d})^2}; \quad d_0 = \bar{d} + 3\sigma. \quad (11)$$

Потім можна знайти нормовані значення коефіцієнтів  $Q_j$  ієрархії (коефіцієнтів інформативності) всіх  $n$  ознак:

$$Q_j = \frac{\gamma_j}{L_0}, \quad j = \overline{1, n}; \quad L_0 = \sum_{j=1}^n \gamma_j; \quad \sum_{j=1}^n Q_j = 1. \quad (12)$$

Розрахункові вирази (3) – (12) дозволяють упорядкувати перелік елементів контролю, поданих у технологічній карті огляду легкового автомобіля, за інформативністю (див. таблицю) і при переході до спрощеного прикордонного контролю виключати найменш інформативні елементи контролю.

Необхідне нове значення часу обслуговування  $T_{об.new}$  має бути менше за початкове  $T_{об.new} < T_{об}$  і може бути знайдене з формули (2) після підставлення в неї формули (1):

$$t_{np} \leq \frac{T_{об} \cdot I \cdot T_{об}}{1 - I \cdot T_{об}}. \quad (13)$$

Числове значення нового середнього часу  $T_{об.new}$  обслуговування можна знайти з формули (13):

$$T_{об.new} \leq \frac{1}{2I} \left( \sqrt{(t_{np} I)^2 - 4t_{np} I} - t_{np} I \right). \quad (14)$$

Кількість елементів прикордонного контролю, які виключаються, починаючи з останнього з номером  $S$ , визначається шляхом

підсумовування середніх тривалостей  $T_j$  контролю з номерами  $j$ , які зменшуються (див. таблицю), до моменту виконання умови

$$T_{об} - T_{об.new} \leq \sum_{j=S}^k T_j. \quad (15)$$

У підсумку при переході до спрощеного прикордонного контролю зниження шансів виявити порушення у ході спрощеного контролю виявляється найменшим серед можливих.

Поточні дані про виявлені порушення можуть поповнити матрицю (3), сприяючи більш точному визначенню ваг важливості (інформативності) ознак (12). При цьому ваги важливості (інформативності) ознак (елементів контролю) можуть розрізнятися для виїзду і в'їзду в Україну, а також змінюватися залежно від регіону України, пори року і доби.

## Висновки

Виконання поставлених завдань [1] з упровадження “європейських норм і стандартів у систему прикордонного контролю” в автомобільних пунктах пропуску через державний кордон України періодично зумовлює необхідність переходу до спрощеного режиму контролю у разі різкого збільшення інтенсивності потоку автомобілів.

Для підвищення продуктивності АПП у такому випадку необхідно вирішити три проблеми – визначення моменту зміни кількості смуг руху, моменту переходу до спрощеного контролю та визначення складу заходів прикордонного контролю, які скасовуються, мінімально знижуючи шанси виявлення порушників. Вирішення першої проблеми запропоновано у [7] і було використано для розв'язання другої проблеми [формули (1), (2)].

Для вирішення третьої проблеми побудовано модель селективної перевірки транспортних засобів та документів в АПП [формули (3)–(15)], яка дозволяє використовувати статистику виявлених правопорушень стосовно до умов кожного АПП і без застосування експертних оцінок визначити коефіцієнти ієрархії (важливості, інформативності) кожного заходу прикордонного контролю. У підсумку зниження тривалості контролю може бути виконано шляхом виключення найменш інформативних заходів контролю, що

забезпечує мінімальне зниження шансів виявлення порушників. За допомогою зазначених моделей можливо своєчасно і з мінімальними втратами ефективності управляти організаційною структурою і процесом прикордонного контролю в АПП.

Однак і в цьому випадку залишається проблема кількісного оцінювання ризиків наявності та виявлення порушень у ході виконання перевірок, що може бути напрямом подальших досліджень.

#### **Список використаних джерел**

1. Стратегія розвитку Державної прикордонної служби України [Текст] / (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2015 р. № 1189-р. – 18 с.

2. Про затвердження технологічної схеми пропуску через державний кордон осіб, автомобільних транспортних засобів перевізників і товарів, що переміщуються ними, у міжнародному пункті пропуску для автомобільного сполучення “Чоп: Чопський прикордонний загін” [Текст] : наказ від 18.05.2015 р. № 172. – Чоп : ЗхРУ, 2015. – 49 с.

3. Назаренко, В. О. Теорія і практика організації та здійснення прикордонного контролю в контексті забезпечення національної безпеки України в прикордонній сфері [Текст] : монографія / В. О. Назаренко, В. М. Серватюк, О. М. Ставицький. – Хмельницький : НАДПСУ, 2013. – 360 с.

4. Городнов, В. П. Спосіб розрахунку ступеня важливості основних ознак протиправної діяльності в пунктах пропуску через державний кордон [Текст] / В. П. Городнов, О. А. Бінковський, В. А. Кириленко // Честь і закон. – 2008. – № 2. – С. 35–39.

5. Городнов, В. П. Таксономічна процедура формування системи ознак для виявлення правопорушень при перетинанні громадянами державного кордону поза пунктами пропуску [Текст] / В. П. Городнов, О. А. Бінковський, І. В. Кукін // Честь і закон. – 2008. – № 1. – С. 40–44.

6. Лейда, Б. В. Методика оцінки ефективності прикордонного контролю [Текст] / Б. В. Лейда // Науковий вісник Державної прикордонної служби України. – Хмельницький : Нац. акад. ДПСУ, 2004. – № 2. – 72 с.

7. Городнов, В. П. Модель оцінки параметрів та управління організаційною структурою автомобільного пункту пропуску через державний кордон України [Текст] / В. П. Городнов, В. А. Кириленко, В. М. Петров // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України / гол. ред. Б. М. Олексієнко. – Хмельницький : НАДПСУ, 2015. – № 3 (65). – С. 247–258. – Серія “Військові та технічні науки”.

*Стаття надійшла до редакції 20.12.2015 р.*