УДК 004 (477):351.746.1

Вячеслав Петрович ГОРОДНОВ,
доктор військових наук, професор, професор кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України, м. Харків

Володимир Анатолійович КИРИЛЕНКО,
доктор військових наук, професор, заступник ректора Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького з навчальної та наукової роботи, м. Хмельницький

Віталій Миколайович ПЕТРОВ,
ад'юнкт Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ТА УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЮ СТРУКТУРОЮ АВТОМОБІЛЬНОГО ПУНКТУ ПРОПУСКУ ЧЕРЕЗ ДЕРЖАВНИЙ КОРДОН УКРАЇНИ

У статті подано модель оцінки параметрів та управління організаційною структурою автомобільного пункту пропуску через державний кордон України та визначено алгоритм побудови схеми для формування інструментів обробки інформації, а також їх використання для легального отримання оцінок наявних і прогнозованих значень прихованих параметрів реального об'єкта – автомобільного пункту пропуску.

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

Ключові слова*: модель оцінки параметрів, алгоритм побудови схеми для формування інструментів обробки інформації, автомобільні пункти пропуску.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Метою роботи автомобільного пункту пропуску (АПП) є виконання контрольованого пропуску через державний кордон України осіб, автомобільних транспортних засобів і вантажів (об'єктів контролю), а також виявлення і припинення спроб їх незаконного переміщення через державний кордон.

Контрольовані транспортні засоби розрізняються за типами (легкові, вантажні, вантажні вантажопідйомністю більше 3,5 тонн, автобуси та ін.) і за складом операцій контролю. Тому в організаційній структурі роботи АПП для кожного типу транспортних засобів (далі – об'єкт контролю) або заявкою (вимогою) на обслуговування та час їх виїзду і в'їзду 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).

Кожен транспортний засіб надходить до каналу обслуговування (прикордонного контролю) у заздалегідь не відомий (випадковий) момент часу. Сукупність таких транспортних засобів утворює потік заявок (вимог) на обслуговування.

Для законослухняних громадян прикордонний контроль повинен відповідати європейським стандартам, що згідно з критеріями може виражатися вимогою мінімальної тривалості часу перебування об'єктів контролю в АПП і кількісно може бути оцінений тривалістю операцій контролю, довжиною і тривалістю перебування в черзі.

Тому для забезпечення відповідності процесу прикордонного контролю європейським стандартам необхідно своєчасно коригувати поточний стан оргструктури АПП залежно від інтенсивності вхідного потоку автомобілів.

За малої інтенсивності потоку об'єктів контролю окремі смуги руху можуть закриватися. У разі збільшення інтенсивності потоку об'єктів контролю старший прикордонних нарядів в АПП повинен своєчасно збільшувати кількість робочих смуг руху, а за максимального зростання інтенсивності потоку об'єктів контролю – переходити до використання методів скорочених перевірок. При цьому вимога припинення спроб незаконного переміщення об'єктів контролю через державний кордон не знімається.

Разом з тим склад кожного транспортного засобу (об'єкта контролю), заздалегідь не відомий, може включати як сам транспортний засіб і водія, так і вантаж і пасажирів з різним набором контрольованих ознак, що робить тривалість кожного контролю заздалегідь не відомою (випадковою). При цьому індикаторний параметр для прийняття рішень – інтенсивність вхідного потоку об'єктів контролю – є характеристикою статистичною (математичне очікування числа вимог в одиницю часу), для її оцінки необхідний тривалий період спостереження за роботою смуг руху, що може призводити до втрати оперативності прийняття рішень з управління роботою АПП в цілому.

Тому для оцінки поточної ефективності роботи АПП і своєчасного прийняття рішень щодо коригування його оргструктури та режиму роботи (ступеня повноти перевірок) може бути корисною розробка відповідної моделі.

Однак проблема полягає в тому, що така модель, за інформацією спостережуваних параметрів процесу роботи АПП, повинна дозволити виконувати оцінку ще "не видимих" значень інтенсивності вхідного потоку об'єктів контролю та інших статистичних характеристик роботи смуг руху та АПП, що визначають ефективність його роботи.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Зазначена проблема співзвучна з відомою в літературі проблемою легальної економічної розвідки і контррозвідки [1, 2]. За рішенням розглянутої проблеми існує значна кількість літератури з детальним описом технології підготовки і ведення візуальної, агентурної, технічної, аналітичної (засобами Інтернет) та інших видів розвідки, а також методів

інформаційно-аналітичної роботи [1–3], у тому числі методів ідентифікації прихованих параметрів і властивостей об'єктів за непрямими ознаками.

Проте методи легальної економічної розвідки значень параметрів об'єктів, для яких не існує інформації про їх поточні та/або майбутні значення, у відомій літературі поки не розглянуті.

Невирішені проблеми і мета роботи. Розглянута задача ідентифікації прихованих параметрів роботи об'єкта та управління організаційною структурою АПП повинна вирішуватися за поточною інформацією спостережуваних, у даному випадку – випадкових значень параметрів.

У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення проблеми визначення способу (методу) і алгоритму побудови схеми для формування інструментів обробки інформації, а також їх використання для легального отримання оцінок дійсних і прогнозованих значень прихованих параметрів реального об'єкта – АПП. Рішення сформульованої проблеми є метою даної роботи.

Виклад основного матеріалу. 1. Алгоритм рішення задачі отримання оцінок існуючих і прогнозованих значень прихованих параметрів реального об'єкта – АПП.

Для отримання оцінок прогнозованих значень прихованих параметрів об'єктів і процесів на практиці використовують деякий аналог реальної дійсності, так звану "модель", що дозволяє реалізувати можливість передбачення. З цією метою скористаємося відомим визначенням.

Поняття "модель", утворене від лат. modulus – міра, зразок, у широкому сенсі слова містить будь-який образ якого-небудь об'єкта, процесу або явища, який служить оригіналом моделі [4, с. 828, п. 5]. З прагматичної точки зору, модель є інструментом обробки інформації з метою передбачення розвитку об'єктів (процесів і явищ) у ході формування даних для прийняття рішень щодо об'єкта моделювання.

Безпосереднім завданням моделювання є завдання щодо побудови моделі реального об'єкта (процесу) з метою прогнозу можливих майбутніх значень шуканих параметрів і показників в умовах

наявності доступу до будь-яких відомих і актуальних параметрів реального об'єкта (процесу).

Зворотною задачею моделювання є задача побудови (та/або перетворення) моделі з метою відновлення попередніх або теперішніх значень прихованих параметрів реального об'єкта (процесу) за інформацією про параметри, доступні для спостереження.

Алгоритм розв'язання оберненої задачі моделювання, який можна використовувати як алгоритм отримання оцінок дійсних і прогнозованих значень прихованих параметрів АПП, запропонуємо у такому вигляді:

1) вирішити пряму задачу моделювання, тобто побудувати модель реального об'єкта, вважаючи можливим отримання значень будь-яких актуальних параметрів реального об'єкта. Скласти формульну схему взаємозв'язку параметрів і показників об'єкта, який моделюється;

2) визначити склад параметрів, які доступні для спостереження в реальному об'єкті. За необхідності скоригувати отриману модель так, щоб параметри, доступні для спостереження, були безпосередньо враховані в моделі. Установити перелік шуканих параметрів;

3) перетворити вихідну модель і отримати залежність шуканих параметрів і показників від значень параметрів, за якими спостерігають, сформувати формульну схему й алгоритм розрахунків прихованих шуканих параметрів і показників.

2. Розв'яжемо пряму задачу – побудуємо модель роботи однієї групи з n смуг руху в АПП.

Доступна для спостереження частина роботи АПП містить смуги руху з автомобілями, місця розташування прикордонних нарядів з перевірки документів, місця розташування прикордонних нарядів з огляду транспортних засобів.

На кожній смузі контроль автомобіля здійснюється шляхом перевірки документів та в подальшому – огляду транспортного засобу. Тому обидва зазначених прикордонних наряди працюють послідовно і забезпечують єдиний комплекс необхідних перевірок кожного транспортного засобу, утворюючи канал обслуговування парціального потоку автомобілів інтенсивності $\boldsymbol{I}_1$ (рис. 1).

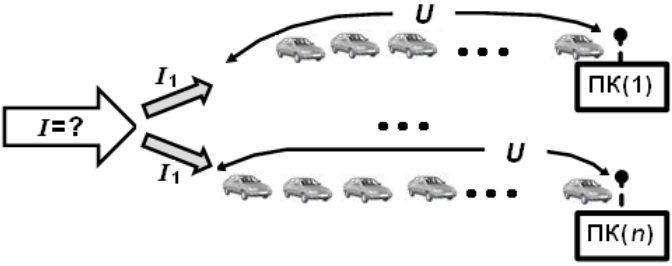

Рис. 1. Схема роботи однієї групи з n смуг руху АПП

Підсумкова тривалість обслуговування кожного автомобіля залежить від складу його елементів, заздалегідь не відома (випадкова) і добре апроксимується показовим законом розподілу [5]:

$$f(t) = \mu \cdot exp(-\mu \cdot t),$$

де $T_{обс}$ = M[Ti] – математичне очікування тривалості і-го обслуговування, m = ($T_{обс)}$–1 – продуктивність одного приладу обслуговування. Кваліфікація прикордонників задовольняє однакові вимоги, що дозволяє вважати продуктивність приладів обслуговування приблизно однаковою.

Потік автомобілів на вході кожної групи з *n* смуг руху в АПП формується з різних джерел, кожен з яких є джерелом свого приватного потоку автомобілів. Тому сумарний потік автомобілів на вході кожної групи з n смуг руху АПП, відповідно до теореми А. Я. Хинчина [6], виявляється близьким до найпростішого з інтенсивністю I автомобілів за хвилину. Водії, як правило, не хочуть витрачати зайвий час і шукають смугу з меншою чергою, що автоматично вирівнює довжину черги на смугах і дозволяє вважати загальний потік автомобілів (інтенсивності I), який розгалужується на n потоків з однаковою інтенсивністю I_1 = I /n (рис. 1).

Завдання прикордонних нарядів в АПП полягає у виконанні прикордонного контролю (обслуговування) всіх автомобілів, отже, необслуженими автомобілі з черги не йдуть. Тому моделлю, яка найкраще підходить для роботи однієї смуги руху в групі з *n* смуг в АПП, є одноканальна система масового обслуговування (СМО) з необмеженим

числом m місць для очікування (M/M/1/∝). Побудову такої моделі виконаємо спочатку для кінцевого числа m місць для очікування (модель M/M/1/m), потім граничним переходом при $m \to \propto$ знайдемо розрахункові вирази моделі M/M/1/ ∝.

Одноканальна система масового обслуговування з обмеженим числом місць для очікування (M/M/1/m). Розглянемо як приклад модель процесу роботи однієї групи з n смуг руху в АПП одноканальну (n = 1) систему з m місць для очікування з інтенсивністю обслуговування (продуктивністю каналу), рівною μ і з найпростішим вхідним потоком вимог інтенсивності I.

Вимога, що надійшла в момент, коли канал зайнятий, стає в чергу і чекає обслуговування. Якщо всі m місця у черзі вже зайняті, то вимога отримує відмову і залишає систему необслуженою.

Граф моделі одноканальної СМО з m місць для очікування зображений на рис. 2, де стан S_k відповідає наявності в системі обслуговування рівно k вимог. Переходи зліва направо виконуються під впливом вхідного потоку вимог інтенсивності I. Переходи справа наліво визначаються інтенсивністю (m) обслуговування вимог єдиним приладом обслуговування.

Для виведення формул фінальних ймовірностей P_k станів S_k процесу обслуговування використовуємо правило балансу потоків переходів [7]. Послідовно запишемо рівняння балансу потоків для кожного з укладених контурів (рис. 2). Потім перейдемо до використання безрозмірного коефіцієнта завантаження каналу ($\rho = I / \mu \neq 1$) і, підставивши кожне попереднє рівняння в подальше, отримаємо:

$$\left.\begin{array}{l} \mu \cdot P_1 = I \cdot P_0; \\ \mu \cdot P_2 = I \cdot P_1; \\ \mu \cdot P_3 = I \cdot P_2; \\ \ldots \\ \mu \cdot P_k = I \cdot P_{k-1}; \end{array}\right\} \to \left.\begin{array}{l} P_1 = \rho P_0; \\ P_2 = \rho P_1; \\ P_3 = \rho P_2; \\ \ldots \\ P_k = \rho P_{k-1}; \end{array}\right\} \to \left.\begin{array}{l} P_1 = \rho P_0; \\ P_2 = \rho P_1 = \rho \cdot \rho P_0 = \rho^2 P_0; \\ P_3 = \rho P_2 = \rho \cdot \rho^2 P_0 = \rho^3 P_0; \\ \ldots \\ P_k = \rho P_{k-1} = \rho \cdot \rho^{k-1} P_0 = \rho^k P_0. \end{array}\right\}$$

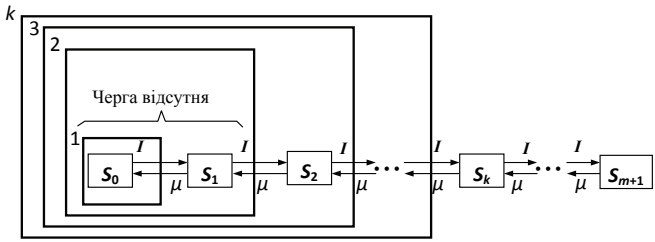

Рис. 2. Граф моделі одноканальної СМО з *m* місць для очікування

Для визначення ймовірності P_0, попередньо знайдемо суму $(m + 1)$ членів геометричної прогресії зі знаменником ρ

$$S = 1 + \rho + \rho^2 + \ldots + \rho^{m+1}; \rightarrow \; S + \rho^{m+2} = 1 + \rho + \rho^2 + \ldots + \rho^{m+1} + \rho^{m+2} =$$
$$= 1 + \rho \cdot \left(1 + \rho + \rho^2 + \ldots + \rho^{m+1}\right) = 1 + \rho S; \; \rightarrow \; S = \frac{1 - \rho^{m+2}}{1 - \rho}. \qquad (1)$$

Потім отриману рівність $(P_k = \rho^k P_0)$ підставимо в умову нормування ймовірностей і, враховуючи формулу (1), знайдемо

$$\sum_{k=0}^{m+1} P_k = P_0 \sum_{k=0}^{m+1} \rho^k = P_0 \left[1 + \rho + \rho^2 + \ldots + \rho^{m+1} \right] = P_0 \frac{1 - \rho^{m+2}}{1 - \rho} = 1.$$

Звідси остаточно знайдемо вираз для фінальних ймовірностей станів моделі одноканальної СМО з *m* місць для очікування

$$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+2}}; \qquad P_k = \rho^k \cdot P_0, \quad k = 1, 2, \ldots, m + 1. \qquad (2)$$

Середня довжина черги (*r*) в системі обслуговування може бути знайдена як математичне очікування випадкового числа вимог у черзі. Визначимо можливі значення довжини черги: у стані S_2 (з ймовірністю P_2) – у черзі стоїть 1 вимога, у стані S_k (з ймовірністю P_k) – у черзі стоїть (k-1) вимога. Отримаємо

$$r = \sum_{k=2}^{m+1} (k - 1) P_k = 1\rho^2 P_0 + 2\rho^3 P_0 + \ldots + (k - 1)\rho^k P_0 + \ldots + m\rho^{m+1} P_0 =$$
$$= \rho^2 P_0 \left[1 + 2\rho + \ldots + (k - 1)\rho^{k-2} + \ldots + m\rho^{m-1} \right] = \rho^2 P_0 \frac{1 - \rho^m (m + 1 - m\rho)}{(1 - \rho)^2}.$$

Пояснимо, як отримано кінцевий вираз для середньої довжини черги r. Сума в квадратних дужках є першою похідною по параметру ρ (см. $[\rho^m]¢ = m\rho^{m-1}$) від суми геометричної прогресії

$$S = 1 + \rho + \rho^2 + \ldots + \rho^{(k-1)} + \ldots + \rho^m = \frac{1-\rho^{m+1}}{1-\rho}. \qquad (3)$$

Нагадаємо правило диференціювання дробу [5]

$$\left(\frac{U}{V}\right)' = \frac{U'V - UV'}{V^2}$$

і далі, диференціюючи вираз (3) по змінній ρ, знаходимо дробову частину виразу середньої довжини черги (r)

$$S' = \left(\frac{1-\rho^{m+1}}{1-\rho}\right)' = \frac{\left[-(m+1)\rho^m\right](1-\rho)+1-\rho^{m+1}}{(1-\rho)^2} =$$

$$= \frac{-m\rho^m - \rho^m + m\rho^{m+1} + \rho^{m+1} + 1 - \rho^{m+1}}{(1-\rho)^2} =$$

$$= \frac{-m\rho^m - \rho^m + m\rho^{m+1} + 1}{(1-\rho)^2} = \frac{1-\rho^m(m+1-m\rho)}{(1-\rho)^2}.$$

Середня довжина черги (r) в системі обслуговування знайдеться остаточно, якщо ще врахувати вираз (2) для ймовірності P_0

$$r = \frac{\rho^2\left[1-\rho^m(m+1-m\rho)\right]}{\left(1-\rho^{m+2}\right)(1-\rho)}. \qquad (4)$$

Середнє число вимог (w), що перебувають під обслуговуванням (w). Відзначимо, що з імовірністю P_0 під обслуговуванням перебуває рівно 0 (нуль) вимог, і з протилежною ймовірністю $(1 - P_0)$ канал буде зайнятий обслуговуванням рівно однієї вимоги. Беручи до уваги формулу для ймовірності P_0, математичне очікування числа вимог, що перебувають під обслуговуванням, прийме вигляд

$$w = 0 \cdot P_0 + 1 \cdot (1 - P_0) = 1 - \frac{1-\rho}{1-\rho^{m+2}} = \frac{\rho - \rho^{m+2}}{1-\rho^{m+2}}.$$

Середнє число (U) вимог у системі обслуговування можна визначити як суму довжини черги і числа вимог під обслуговуванням:

$$U = w + r.$$

Імовірність відмови в обслуговуванні збігається з імовірністю останнього $(m+1)$-го стану, оскільки вимога отримує відмову тільки у випадку зайнятих всіх m місць у черзі

$$P_{відм} = P_{m+1} = \rho^{m+1} P_0 = \frac{\rho^{m+1}(1-\rho)}{\left(1-\rho^{m+2}\right)}.$$

Імовірність обслуговування і відносна пропускна спроможність (q) матимуть вигляд:

$$P_{обс} = q = 1 - P_{відм} = 1 - \frac{\rho^{m+1}(1-\rho)}{\left(1-\rho^{m+2}\right)} = \frac{1-\rho^{m+1}}{\left(1-\rho^{m+2}\right)}.$$

Абсолютна пропускна спроможність знайдеться як добуток частки (q) вимог, які обслуговуються, на загальне число вимог (I), що надходять у систему в одиницю часу,

$$A = I \cdot q = I \cdot P_{обс}.$$

Для оцінки середнього часу очікування в черзі ($t_{чер} = M[t_{оч}]$) визначимо середні значення випадкової величини часу очікування ($t_{оч}$) для можливих ситуацій. Так, якщо в момент надходження вимоги канал:

1) вільний (ймовірність цієї події дорівнює P_0), то середній час очікування дорівнюватиме нулю $t_{оч} = 0$;

2) зайнятий, і в системі немає черги (ймовірність цієї події дорівнює P_1), то середній час очікування буде дорівнювати середньому часу обслуговування $t_{оч} = 1/\mu$.;

3) зайнятий, і в черзі вже є одна вимога (ймовірність цієї події дорівнює P_2), то середній час очікування дорівнюватиме $t_{оч} = 2/\mu$;

4) зайнятий, і в черзі вже є $(m-1)$ вимога (ймовірність цієї події дорівнює P_m), то середній час очікування дорівнюватиме $t_{оч} = m/\mu$;

5) зайнятий, і в черзі всі m місць зайняті (ймовірність цієї події дорівнює P_{m+1}), тоді нова вимога отримує відмову в обслуговуванні $t_{оч} = 0$.

Далі скористаємося відомою властивістю: "математичне сподівання суми випадкових величин, дорівнює сумі їх математичних очікувань" [5] і формулами (2). Тоді для $t_{чер}$ знаходимо

$$t_{чер} = \sum_{k=1}^{m} P_k \frac{k}{\mu} = P_1 \frac{1}{\mu} + P_2 \frac{2}{\mu} + \ldots + P_k \frac{k}{\mu} + \ldots + P_m \frac{m}{\mu} =$$

$$= \frac{\rho P_0}{\mu} \left[1 + 2\rho + \ldots + k\rho^{k-1} + \ldots + m\rho^{m-1} \right].$$

Нагадаємо, що середня довжина черги дорівнювала

$$r = \rho^2 P_0 \left[1 + 2\rho + \ldots + m\rho^{m-1} \right],$$

і знайдемо відношення ($t_{чер} / r$)

$$\frac{t_{чер}}{r} = \frac{\rho P_0}{\mu \rho^2 P_0} \frac{\left[1 + 2\rho + \ldots + m\rho^{m-1} \right]}{\left[1 + 2\rho + \ldots + m\rho^{m-1} \right]} = \frac{1}{\mu\rho}.$$

Звідси отримаємо таке співвідношення:

$$t_{чер} = \frac{r}{\rho\mu} = \frac{r}{I}. \qquad (5)$$

Тобто середній час очікування в черзі виявляється рівним середньому числу вимог у черзі, поділеній на інтенсивність вхідного потоку вимог.

Середній час очікування в черзі в дійсному вигляді знайдемо, підставивши формулу (4) в (5). Він дорівнюватиме:

$$t_{чер} = \frac{\rho \left[1 - \rho^m (m + 1 - m\rho) \right]}{\mu \left(1 - \rho^{m+2} \right) (1 - \rho)}. \qquad (6)$$

Середній час обслуговування вимоги знайдемо як математичне очікування ($t_{обс}$) випадкової величини ($t_о$) часу обслуговування. За відмови в обслуговуванні $t_о = 0$ під час виконання обслуговування

$M[t_о] = 1/m$ математичне очікування часу обслуговування вимоги ($t_{обс}$) буде мати вигляд:

$$t_{обс} = 0 \cdot P_{відм} + \frac{1}{\mu} \cdot P_{обс} = \frac{1}{\mu} \cdot P_{обс}.$$

Загальний час знаходження вимоги в системі обслуговування ($t_{сист}$) виявиться рівним

$$t_{сист} = t_{чер} + t_{обс} = \frac{r}{I} + \frac{P_{обс}}{\mu}.$$

Одноканальна система масового обслуговування з необмеженим числом місць для очікування ($M/M/1/\infty$). Для моделі процесу роботи однієї смуги з групи смуг руху в АПП граничним переходом при $m \to \infty$ знайдемо аналітичні залежності: фінальних ймовірностей P_k станів S_k, для яких в системі є рівно k вимог; ймовірності обслуговування ($P_{обс}$); імовірності відмови ($P_{відм}$) в обслуговуванні; абсолютної пропускної здатності (A) системи обслуговування; середньої довжини черги (r) у системі; середнього числа вимог під обслуговуванням (w) і в системі (U); математичного очікування числа обслужених вимог на одній ($N_{обс.1}$) і на всіх (n) смугах ($N_{обс}$) групи смуг руху в АПП; коефіцієнта завантаження (ρ) каналу:

$$P_0 = 1 - \rho; \quad P_k = \rho^k P_0; \quad P_{відм} = 0; \quad P_{обс} = q = 1; \quad A = I_1; \quad N_{обс.1} = \boldsymbol{I}_1 \cdot t;$$

$$I_1 = \frac{I}{n}; \mu = \frac{1}{T_{>1c}}; r = \frac{\rho^2}{1-\rho}; w = \rho = \frac{I_1}{\mu}; \; U = r + w = \frac{\rho}{1-\rho}; \; N_{обс} = n\, N_{обс.1};$$

$$t_{чер} = \frac{\rho}{\mu\,(1-\rho)}.$$

3. Визначаємо склад параметрів, які доступні для спостереження. За технологією роботи в АПП у кожний поточний момент часу t доступні для спостереження: кількість працюючих смуг руху (n), сумарна кількість автомобілів (U_1) у черзі і під обслуговуванням на одній смузі, час (T_i), що витрачається прикордонним нарядом на обслуговування одного автомобіля.

Математичні очікування: кількості виконаних обслуговувань ($N_{обс.1}$) за час t; довжини черги на кожній смузі; часу очікування в черзі визначається невідомою інтенсивністю потоку автомобілів I_1 на одній смузі і на всій групі смуг руху в АПП. Відшукання прихованого значення зазначених інтенсивностей слід виконати і потім знайти значення зазначених показників роботи для групи смуг руху в цілому.

4. Перетворимо вихідну модель і отримаємо залежність шуканого параметра – інтенсивності потоку автомобілів I_1 і показників (математичних очікувань довжини черги, тривалості очікування в черзі) від значень спостережуваних параметрів. Знайдемо вираз для розрахунку поточної інтенсивності потоку автомобілів I_1 на одній смузі руху. З цією метою перетворимо формулу середнього числа вимог в одноканальній системі масового обслуговування так, щоб знайти вираз для оцінки прихованого значення інтенсивності I_1 вхідного потоку вимог за інформацією спостережуваних середніх значень довжини черги:

$$U_1 = \frac{\rho}{1-\rho}; \rightarrow \rho = \frac{U_1}{1+U_1} = \frac{I_1}{\mu}; \rightarrow I_1 = \mu \cdot \frac{U_1}{1+U_1} = \frac{U_1}{T_{обс} \cdot (1+U_1)}. \qquad (7)$$

Отже, для визначення поточного значення інтенсивності вхідного потоку автомобілів на одну смугу руху досить оцінити математичні очікування (середнє спостережуване значення) кількості (U_1) автомобілів на одній смузі (рис. 1) у групі смуг руху та часу обслуговування ($T_{обс}$) одного автомобіля.

У підсумку виникає можливість прогнозу значень математичного очікування довжини r черги і математичного очікування часу очікування $t_{чер}$ у черзі на кожній смузі руху

$$I_1 = \frac{U_1}{T_{обс} \cdot (1+U_1)}; \rightarrow I = n \cdot I_1; \quad \rho = \frac{I_1}{\mu}; \rightarrow r = \frac{\rho^2}{1-\rho}, \; t_{чер} = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}. \qquad (8)$$

Отримані оцінки дозволяють порівняти цю довжину черги і час очікування (8) з граничним значенням. За результатами порівняння може бути прийнято рішення про необхідність зміни поточної організаційної структури АПП за рахунок збільшення кількості

смуг руху з метою скорочення часу перебування автомобілів у черзі або про зменшення кількості діючих смуг руху без шкоди для якості обслуговування автомобілів і громадян.

При цьому щоразу слід попередньо оцінити нове значення інтенсивності $I_{1.new}$ парціального потоку для ситуації очікуваного (нового) значення кількості n_{new} смуг руху в групі, а також нові очікувані значення довжини черги і часу очікування в черзі:

$$I_{1.new} = \frac{I}{n_{new}}; \quad \rho_{new} = \frac{I_{1.new}}{\mu}; \rightarrow r = \frac{\rho_{new}^2}{1-\rho_{new}}; \quad t_{чер.new} = \frac{\rho_{new}}{\mu\,(1-\rho_{new})}. \qquad (9)$$

Якщо нові значення довжини черги і часу очікування виявляться допустимими, рішення щодо скорочення числа смуг руху в групі буде обґрунтованим і його можна приймати для виконання.

Висновки. Отримані розрахункові співвідношення для оцінки статистичної величини інтенсивності вхідного потоку автомобілів на окрему смугу і на всю групу смуг руху в АПП дозволяють вчасно виявляти необхідність зміни кількості працюючих смуг у кожній групі смуг руху автомобільного пункту пропуску.

Ці ж співвідношення дозволяють кількісно оцінювати очікувані значення довжини черги і часу очікування в черзі відповідно до варіантів прийнятих рішень за оперативною зміною складу і кількості працюючих смуг у групах смуг руху в АПП, що визначають організаційну структуру автомобільного пункту пропуску.

З розрахункових формул (9) випливає, що в разі наближення значення коефіцієнта завантаження r до одиниці ($r \rightarrow 1$) довжина черги і час очікування в черзі спрямуються до нескінченності, що може паралізувати роботу АПП. Тому поточне значення коефіцієнта завантаження є індикатором стійкості в роботі АПП і вимагає постійного контролю. Надалі для вирішення проблеми втрати стійкості в роботі АПП слід розглянути особливості переходу до скорочених наборів перевірок автомобілів в автомобільному пункті пропуску з мінімальною втратою інформативності результатів з виявлення правопорушень.

Список використаної літератури

1. Доронин А. И. Бизнес разведка / А. И. Доронин. – М.: "Ось-89", 2006. – 496 с.

2. Ромачев Р. В. Энциклопедия деловой разведки и контрразведки / Р. В. Ромачев, Ф. Г. Меркулов. – М. : Русь-Олимп, Харвест, 2007. – 432 с.

3. Ромачев Р. В. Конкурентная разведка: Практический курс / Р. В. Ромачев, И. Ю. Нежданов. – М. : Ось-89, 2007. – 272 с.

4. Советский энциклопедический словарь. – М. : Сов.энцикл, 1980. – 1600 с.

5. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами) : підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. [Текст]/ В. П. Городнов. – Харків : АВВ МВС України, 2013. – 372 с.

6. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / А. Я. Хинчин; под ред. Б. В. Гнеденко. – М. : Физматгиз, 1963. – 236 с.

7. Городнов В. П. Теорема о фундаментальных свойствах марковских процессов и ее применение в моделировании задач микроэкономики / В. П. Городнов: Міжнародна науково-практична конференція "Макроекономічна політика в Україні: проблеми науки та практики" 20–21 листопада 2007 р. // Бизнес информ. – 2007. – №10(1) – С. 79–81.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2015.

Городнов В. П., Кириленко В. А., Петров В. Н. **Модель оценки параметров и управления организационной структурой автомобильного пункта пропуска через государственную границу Украины**

В статье представлена модель оценки параметров и управления организационной структурой автомобильного пункта пропуска через государственную границу Украины, и определен алгоритм построения схемы для формирования инструментов обработки информации, а также их использования для легального получения оценок существующих и прогнозируемых значений скрытых параметров реального объекта – автомобильного пункта пропуску.

Ключевые слова: *модель оценки параметров, алгоритм построения схемы для формирования инструментов обработки информации, автомобильные пункты пропуска.*

Gorodnov V. P., Kyrylenko V. A., Petrov V. M. ***Model parameter estimation and management organizational structure of highway border crossing point across the state border of Ukraine***

The aim of highway border crossing point (HBCP) is to perform a controlled crossing the state border of Ukraine persons, motor vehicles and cargoes (control objects), and detecting and preventing attempts of illegal movement across the border.

Controlled vehicles vary in types – cars, trucks, trucks carrying over 3.5 tones, buses, and operational control. Therefore, in the organizational structure of HBCP for each type of vehicle, call it "object of control" or application (request) for maintenance, when they departure and enter Ukraine they must go through specific groups of lanes equipped with means of border and customs control. Number of lanes in a group can vary from one to n> 1. More than this, each lane is a separate "channel" of border control (channel service).

Every vehicle entering the service channel (border control) is not known in advance (random) time. The combination of these vehicles creates flow applications (requirements) for service.

For law-abiding citizens border controls must meet European standards, in accordance with the criteria can be expressed requirement of minimum length of time stay in control objects of HBCP and quantity can be estimated duration of operations control, the length and duration of stay in the queue.

Therefore, to ensure that the process of border control European standards need time to adjust current state of organizational structure of HBCP which depends on the intensity of the input stream of cars.

At low intensity of flow of control objects separate lanes may be closed. By increasing the intensity of the flow of objects of control the senior of border guard details in HBCP should promptly increase the number of working lanes, and at an even greater increase in the intensity of the flow of

control objects – move to the use of methods reduced inspections without breaking regulations.

However, the composition of each vehicle (object of control), not known in advance, can include both the vehicle and driver, and cargo and passengers with a different set of controlled features, making the length of each control – previously unknown (random). This indicator parameter for decision-making – the intensity of input flow of control objects are characteristic statistical (mathematical expectation of the number of claims per unit of time) for its evaluation required a long period of supervision over the work of lanes, which can lead to loss of efficiency of decision-making management of HBCP in general.

Therefore, to assess the current performance of HBCP and timely decisions on adjusting its organizational structure and regime of operation (degree of completeness checks) can be useful to develop an appropriate model.

But the problem is that such a model, according to the observed process parameters of HBCP must allow to carry out an assessment is not "visible" intensity values input flow of objects of control and other statistical characteristics of the traffic lanes and HBCP, which determine its effectiveness.

Unresolved problems and the purpose of work. The task of identifying the hidden parameters of the facility and management of organizational structure of HBCP should be solved on current observable data, in this case – random values.

In this case it is necessary to solve the problem determination process (method) and algorithm construction scheme for the formation of information processing tools and their use to legally obtain estimates of current and projected values of hidden parameters of the real object of HBCP. The aim of this work is the solution of formulated problems.

Conclusions: The obtained value calculated to assess the statistical value of the intensity of the input of stream of cars on a private lane and the whole group of lanes in HBCP, allow time to identify the need for changes in the number of employees in each group of lanes in the HBCP.

These correlations allow quantifying the value expected by the length of queues and waiting time in the queue in accordance with the decisions taken options on changing the operational structure and number of employees in groups of lanes in HBCP, determining the organizational structure of HBCP.

According to calculation formulas (9) in case of approaching the meaning of the coefficient of downloads r to 1 (r →) length of the queue and waiting time rush to infinity, which can paralyze the work of HBCP. Therefore, the current value of the load factor is an indicator of stability in the HBCP and requires constant monitoring. Further, to solve the problem of instability in the HBCP should consider the characteristics of the transition to a reduced set of inspections of cars in the HBCP with minimal loss of information content of the results to detect offenses.

Keywords: *model parameter estimation, algorithm of construction scheme for the formation of information processing tools, highway border crossing point.*