

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СВОЄЧАСНОСТІ МАНЕВРУ ТА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ МАНЕВРЕНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДРОЗДІЛІВ ОРГАНІВ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ В УМОВАХ ПЕРЕШКОД

*У статті наведено методику вибору раціональних умов реалізації маневрених можливостей прикордонних підрозділів, яка ґрунтується на використанні методу динамічного програмування. Методика, на відміну від існуючих, враховує очікуваний час маневру по розрахункових ділянках мережі шляхів руху та надає можливості визначити ймовірність здійснення своєчасного маневру й кількісні показники реалізації маневрених можливостей прикордонних підрозділів.*

*Ключові слова: ймовірність, маневр, методика, перешкоди, протидія.*

*В статті приведена методика вибору раціональних умов реалізації маневрених можливостей пограничних підрозділів, ґрунтована на використанні методу динамічного програмування. Методика, в отличие от существующих, учитывает ожидаемое время маневра по расчетных участках сети путей движения и предоставляет возможность определить вероятность осуществления своевременного маневра и количественные показатели реализации маневрених возможностей пограничных подразделений.*

*Ключевые слова: вероятность, маневр, методика, препятствия, противодействие.*

*The article describes the methods of selection the rational conditions for the implementation of border units maneuver capabilities, based on the use of dynamic programming. These methods, unlike existing take into account the expected time for maneuvers on the traffic routes and makes possible to determine the probability of the realization maneuvering and quantitative indexes of implementation the maneuver capabilities of border units.*

*Keywords: probability, maneuver, methods, obstacles, counteraction.*

**Актуальність роботи.** У районі, контрольованому органами ДПС, як у мирний час так, і в загрозовий період можуть діяти сили спеціального призначення противника, незаконні збройні формування та порушники законодавства України з прикордонних питань (далі порушники кордону). Пошук порушників державного кордону як система узгоджених і взаємопов'язаних по цілям, задачам, місцем і часом військових дій та оперативно-розшукових і режимних заходів, може бути як складовою частиною прикордонних і спільних операцій так і виступати у вигляді самостійної операції. Необхідною умовою ефективності пошукових дій є повнота, достовірність та своєчасність одержання інформації про ймовірних порушників кордону.

Питання оцінки тактики та способів дій порушників кордону та вибору раціональних способів дій прикордонних підрозділів розглядалися у працях [1-5]. **Метою даної роботи** є розробка методики визначення своєчасності маневру та вибору раціональних маневрених можливостей підрозділів органів охорони державного кордону в умовах перешкод.

**Результати дослідження.** Своєчасність маневру пропонується визначати як ймовірність того, що у прикордонних підрозділів буде достатньо часу для здійснення силами і засобами маневру до району виявлення порушників кордону. Та визначатиметься за формулою:

$$P_i = 1 - e^{-\frac{t_i}{t_m}}, \quad (1)$$

де  $t_i$  - потрібний час маневру, год. (визначається як очікуваний сумарний час дій законодавства з прикордонних питань у контрольованому прикордонному районі, год.);  $t_m$  - оцінка тривалості маневру, год.

Оцінка тривалості маневру по маршруту мережі шляхів руху у смузі дій прикордонного підрозділу визначається як

$$t_i = \frac{l}{V} + \sum_{k=1}^K t_k, \quad (2)$$

де  $l$  – протяжність ділянки шляху, км (визначається з карти);  $V$  – допустима швидкість руху до  $j$ -ої ділянки, км/год.;  $t_k$  – час затримки під час подолання перешкод  $k$ -го типу на ділянці мережі шляхів руху, год.

Допустима швидкість руху на  $j$ -ої ділянці шляху

$$V = V_n \cdot \prod_{s=1}^4 K_s, \quad (3)$$

де  $V_n$  – нормативна швидкість руху, км/год. (для колон з колісною технікою дорівнює 20-25 км/год.; для змішаних колон або колон з гусеничною технікою – 10-15 км/год.);  $\prod_{s=1}^4 K_s$  – добуток корегувальних коефіцієнтів (табл. 1), які враховують характеристики місцевості:  $k_{\Pi}$  – пересіченість рельєфу місцевості;  $k_{\text{ДП}}$  – якість дорожнього покриття;  $k_{\text{ю}}$  – ширину проїжджої частини; та  $k_{\text{ГК}}$  – коефіцієнт, який враховує зміну швидкості руху глибини колони.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів врахування характеристик шляхів

Значення коефіцієнта $k_{\Pi}$								
Відносний ухил місцевості ( $i_r$ )	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Значення $k_{\Pi}$	1	0,92	0,84	0,76	0,65	0,56	0,45	0,34
Значення коефіцієнта $k_{\text{ДП}}$								
Частка шляхів з ґрунтовим покриттям ( $m_{\text{гр}}$ )	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Значення $k_{\text{ДП}}$	1	0,99	0,96	0,93	0,9	0,89	0,86	0,83
Значення коефіцієнту $k_{\text{пр}}$								
Ширина проїжджої частини ( $b_{\text{пр}}$ , м)	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5			
Значення $k_{\text{пр}}$	0,6	0,7	1,0	1,05	1,2			
Значення коефіцієнта $k_{\text{ГК}}$								
Склад колони	взвод		рота		батальйон		бригада	
Значення $k_{\text{ГК}}$	1,2		1		0,95		0,88	

Час затримки під час подолання перешкод та руйнувань  $k$ -го типу на  $j$ -й ділянці мережі шляхів руху визначається за формулою

$$t_k = \frac{Q_k}{V_k}, \quad (4)$$

де  $Q_k$  – очікуваний обсяг завдань із подолання перешкод і руйнувань  $k$ -го типу на ділянці мережі шляхів руху, км;  $V_k$  – розрахунковий темп подолання перешкод та руйнувань  $k$ -го типу на  $j$ -й ділянці мережі шляхів руху, км/год.

Очікуваний обсяг завдань із подолання перешкод і руйнувань  $k$ -го типу на маршруті маневру, км:

$$Q_k = N_k \cdot l_k \cdot P_k \cdot \varepsilon_k, \quad (5)$$

де  $N_k$  – наявна кількість об'єктів  $k$ -го типу на ділянці мережі шляхів руху;  $l_k$  – розрахункова протяжність об'єктів  $k$ -го типу, км (табл. 2);  $P_k$  – ймовірність вибору  $k$ -го типу об'єктів для зруйнування;  $\varepsilon_{kji}$  – умовна ймовірність зруйнування об'єктів  $k$ -го типу на ділянці мережі шляхів руху.

Таблиця 2

Розрахункова протяжність руйнувань об'єктів різного типу

Найменування об'єкта	Середня довжина руйнувань об'єкта ( $l_k$ )	
	$m_{p1}, m_{p2}$	$m_{p3}, m_{p4}$
Міст (шляхопровід, дамба гідротехнічної споруди)	визначається з карти	
Водопрпускна труба	0,01	0,015
Підпірна стіна	–	0,15
Насип	0,05	0,05
Виїмка	0,05	0,05
Вузька ділянка дороги (лісовий завал)	0,25	0,15

де:  $m_{p1}$  – рівнинна місцевість;  $m_{p2}$  – горбкувата місцевість;  $m_{p3}$  – низькогірська місцевість;  $m_{p4}$  – середньогірська та високогірська місцевість.

У якості показника, за яким обирається послідовність руйнування противником об'єктів, приймаються відносні трудовитрати на їх руйнування та відновлення

$$K_{wk} = \frac{t_{bk}}{t_{pk}}, \quad (6)$$

де  $t_{bk}, t_{pk}$  – відповідно, потрібні витрати на відновлення об'єкта  $k$ -го типу та його руйнування. Такий параметр використовується для аналізу доцільності дій диверсійних груп.

У табл. 3 наведені значення  $k_{wk}$  (у дужках вказаний умовний номер у черзі доцільності руйнування об'єктів), розраховані у залежності від типу місцевості.

Таблиця 3

Значення коефіцієнта відносних трудовитрат для основних об'єктів

Назва об'єкта	Класи місцевості за рельєфом		
	$m_{p1}, m_{p2}$	$m_{p3}$	$m_{p4}$
Міст (шляхопровід, дамба)	1,6 (1)	2,4 (1)	2,4 (3)
Вузька ділянка дороги	1,6 (1)	2,4 (1)	2,4 (3)
Водопрпускна труба (підпірна стіна)	0,75 (3)	2,25 (3)	3,75 (1)
Насип (виїмка)	1,15 (2)	2,20 (3)	2,84 (2)
Лісовий завал	0,70 (4)	0,70 (4)	0,70 (4)

Ймовірність вибору для зруйнування  $k$ -го типу об'єктів (табл. 5) визначається як відношення міри відносних трудовитрат до загальних сумарних трудовитрат

$$P_k = \frac{k_{wk}}{\sum_{k=1}^K k_{wk}}, \quad k = 1 \dots K. \quad (7)$$

## Ймовірність вибору для зруйнування різних типів об'єктів

Назва об'єкта	Класи місцевості за рельєфом		
	$m_{p1}, m_{p2}$	$m_{p3}$	$m_{p4}$
Міст	0,147	0,124	0,102
Шляхопровід	0,147	0,124	0,102
Дамба гідротехнічної споруди	0,147	0,124	0,102
Вузька ділянка дороги	0,147	0,124	0,102
Водопроектна труба	0,069	0,117	0,160
Підпірна стіна	0,069	0,117	0,160
Насип	0,106	0,114	0,121
Виймка	0,106	0,119	0,121
Лісовий завал	0,064	0,036	0,030

Умовна ймовірність зруйнування об'єктів  $k$ -го типу на ділянці мережі шляхів руху визначається як

$$\varepsilon_k = \frac{N_k \cdot I_k}{\sum_{k=1}^K N_k \cdot I_k} \quad (8)$$

Запропонована методика дозволяє визначити ймовірність здійснення своєчасного маневру із врахуванням очікуваного часу маневру підрозділів під час протидії порушникам кордону, на відміну від існуючих враховує ухил перевищень місцевості, дорожні умови (наявність шляхів із ґрунтовим покриттям, ширину проїжджої частини), очікуваний обсяг завдань із подолання перешкод, визначення якого здійснюється на підґрунті використання показника відносних трудовитрат на руйнування та відновлення дорожніх об'єктів на шляхах маневру у визначеній смузі (районі).

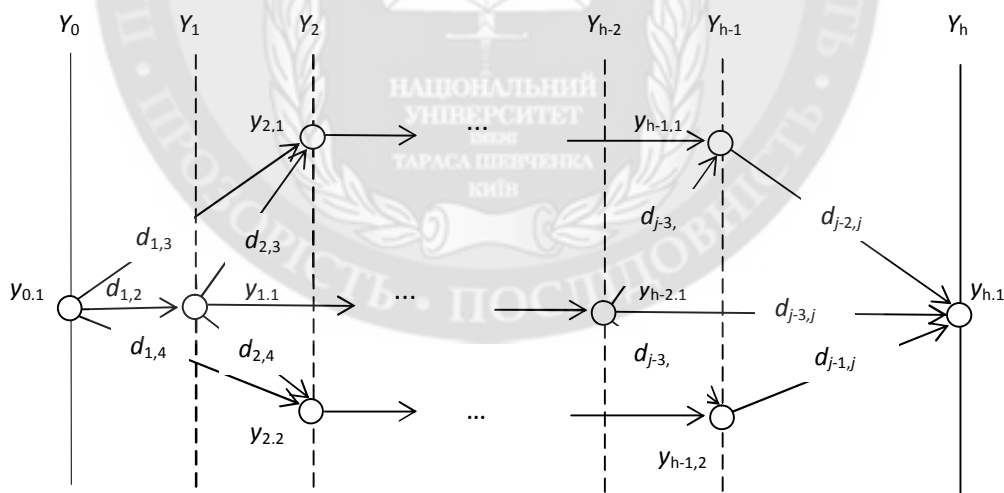


Рис. 1. Схема формалізації задачі

На наступному етапі необхідно розв'язати задачу вибору раціонального маршруту маневру зі всієї мережі шляхів руху. Для здійснення маневру визначається мережа шляхів руху у смузі дій; та значення часткових показників як умовні довжини дуг графа. Потрібно знайти такий маршрут, сумарна довжина дуг якого буде мінімальною. Формалізація задачі здійснюється за схемою, яка наведена на рис. 1.

Постановка задачі: між вершинами  $y_{0,1}$  та  $y_{h,1}$  необхідно обрати маршрут, який дає екстремальне значення сумарної ваги дуг, що його утворюють. Тобто, знайти найменшу

сумарну довжину дуг  $d_{ij}$  між проміжними вершинами мережі, які характеризують ефективність реалізації маневрених можливостей підрозділів охорони кордону. У якості цільової функції обрано вираз:

$$D = \sum_j d_j \rightarrow \min . \quad (9)$$

Послідовність вирішення задачі (оптимізація здійснюється у два етапи: на першому етапі від останнього кроку процесу до першого; на другому – від першого до останнього) наступна:

на першому етапі, рухаючись від наступних кроків до попередніх, на кожному кроці визначається таке управління, яке забезпечує оптимальне продовження процесу, тобто умовні оптимальні управління; це продовжується до першого кроку процесу, на якому умовне оптимальне управління втрачає свій умовний характер та стає безумовним оптимальним управлінням;

другий етап оптимізації починається з першого кроку, для якого знайдено умовне оптимальне управління стає безумовним; воно переводить систему в положення, для якого на першому етапі вже знайдено умовне оптимальне управління, і є оптимальним управлінням для другого кроку. Аналогічно цей процес продовжується до останнього кроку, що дозволяє знайти оптимальне управління для всього процесу.

Проведення розрахунків здійснюється у наступний спосіб. Мережа шляхів руху розподіляється на шари, визначаються вершини графа (вузлів мережі) та протяжності дуг (ділянок шляхів); здійснюється послідовне визначення потенціалів і вибір найменшого для кожної вершини шарів графа (етап умовної оптимізації); за сумарною протяжністю дуг обирається раціональний маршрут маневру прикордонних підрозділів.

Приклад розподілу мережі шляхів руху на шари, визначення вершини графа (вузлів мережі) та протяжності дуг наведений на рис. 2.

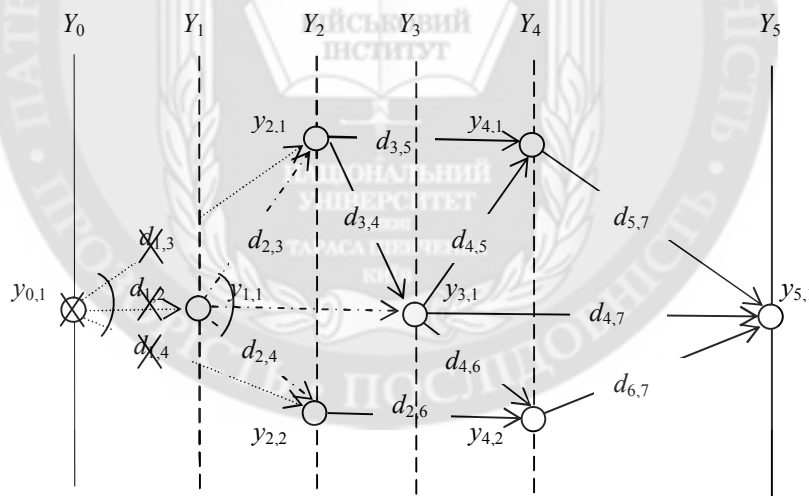


Рис. 2. Приклад розподілу спрямованого графа на шари та його розмітка

Процес розподілу графа на шари полягає в наступному. Перший шар  $Y_0$  утворює вершина  $y_{0,1}$  – початковий стан. Вершина  $y_{0,1}$  та дуги (ділянки маршрутів), які із неї виходять, викреслюються. На графі (рис. 2), який залишився, визначаються вершини, що не мають дуг, які входять до них. Ці вершини утворюють другий шар. Така процедура продовжується до моменту розподілу за шарами всіх вершин графа. Останній шар утворює вершина  $y_{5,1}$  (рис. 3.6), яка характеризує кінцевий стан.

Визначення потенціалів і вибір найменшого для кожної вершини шарів графа (етап умовної оптимізації) здійснюється за формулою

$$D = \min_j \{d_j + D_{j-1}\}, j = 1 \dots J, \quad (9)$$

де  $D$  – потенціал наступної вершини графа, год.;  $d_j$  – довжина проміжної дуги, год.;  $D_{j-1}$  – потенціал попередніх вершин графа, год.

Вибір за сумарною протяжністю дуг умовно найменшого (раціонального) маршруту маневру наведений на рис. 3.

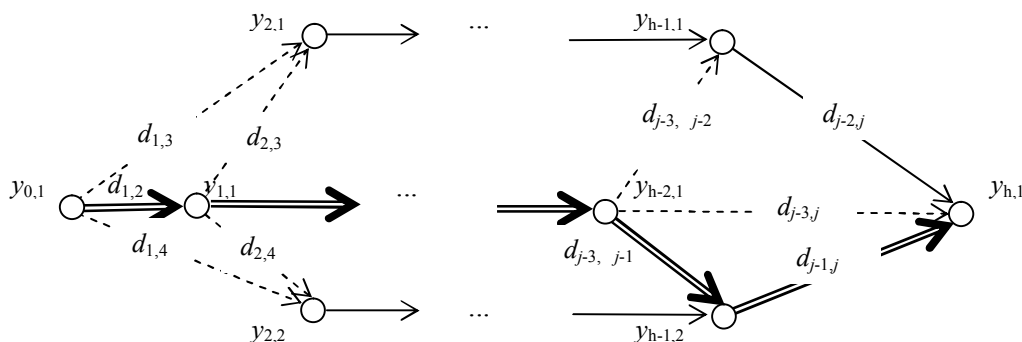


Рис. 3. Вибір за сумарною протяжністю дуг найменшого маршруту

За результатами проведення розрахунків визначається оптимальний вектор  $D \in \langle d_{0,2}, d_{2,5}, \dots, d_{j-3, j-1}, d_{j-1, j} \rangle$  дуг мережі шляхів руху, вершини якого будуть складати вузли раціонального маршруту маневру.

**Висновок.** Розроблена методика вибору раціональних умов реалізації маневрених можливостей прикордонних підрозділів ґрунтується на використанні методу динамічного програмування та, на відміну від існуючих, під час вибору раціонального маршруту, враховує очікуваний час маневру по розрахункових ділянках мережі шляхів руху та надає можливості визначити ймовірність здійснення своєчасного маневру із врахуванням очікуваного часу маневру підрозділів під час протидії порушникам кордону та кількісні показники реалізації маневрених можливостей прикордонних підрозділів.

Напрямок подальших досліджень є програмна реалізація розрахунків за розробленою методикою.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Справочник по оперативнотактическим расчетам в Пограничных войсках КГБ СССР / Под общей редакцией Калиниченко И. Я. – М.: Военное издательство, 1989. – 440 с.
2. Основы методики оперативнотактических расчетов в органах управления Пограничных войск / Под редакцией Данилова Р.В., – М.: Военное издательство, 1979. – 70 с.
3. Крыловский М.М. Метод количественного анализа вероятных маршрутов движения нарушителей государственной границы в лесной и горно-лесистой местности в интересах принятия оптимального решения по их прикрытию пограничными нарядами: Учебное пособие. – К.: Госкомитет ПВ, 1993. – 18 с.
4. Хруст Д.В. Методика розрахунку ймовірних маршрутів руху порушника кордону в контрольованому прикордонному районі // Збірник наукових праць № 11. Частина I. – Хмельницький: НАПВУ, 2002. – С. 122 – 127.
5. Широбоков. С. М. Тактика дій нелегальних мігрантів на державному кордоні. Збірник наукових праць № 7. Частина 1. – Хмельницький: НАПВУ, 1999. – С. 157-160.
6. Катеринчук І.С. До питання оцінки ефективності прикордонного пошуку / Збірник наукових робіт № 6. Частина I. – Хмельницький: АПВУ, 1999. – С. 85 – 90.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В.