

УДК 004.942

Сергій Анатолійович Гайдук,  
Ігор Ігорович Сєряков

## АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПРЗ ВМС ЗС УКРАЇНИ В МИРНИЙ ЧАС ТА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

Вимоги щодо реформування Збройних Сил України в повному обсязі належать до однієї з важливих складових Військово-Морських Сил України системи пошуково-рятувального забезпечення. На наш погляд, у зв'язку з тим що, система пошуково-рятувального забезпечення (ПРЗ) ВМС ЗС України функціонує в умовах дії зовнішніх та внутрішніх чинників, багатьох додаткових факторів і подій, а в особливий період та під впливом противника, основним показником ефективності функціонування системи найбільш доцільно обрати ймовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у стані, який відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду. Цей показник дає змогу здійснювати порівняльну оцінку різних варіантів організації системи ПРЗ ВМС ЗС України, судити про ступінь досконалості того або іншого варіанта за ступенем його впливу на кінцевий результат.

*Мета статті* — розглянути алгоритм оцінки ефективності функціонування системи пошуково-рятувального забезпечення (ПРЗ) ВМС Збройних Сил України у мирний час та особливий період.

Процес оцінки ефективності функціонування системи ПРЗ ВМС ЗС України — складний необхідний етап як під час вибору вдосконалення системи, так і під час прийняття якісних рішень. На цей час існує кортеж показників ефективності цієї системи: часових, просторових, імовірнісних, економічних та інших. Дослідження підходів щодо вибору математичної моделі процесу функціонування системи дало можливість зробити висновок про те, що найбільш доцільно використати математичний

апарат марковських процесів. Аналіз процесу функціонування системи та необхідність її удосконалення для забезпечення сучасних вимог дали змогу формалізувати стани, у яких може бути система ПРЗ ВМС ЗС України:

**A1** — стан системи ПРЗ ВМС ЗС України, у якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

**A2** — стан системи ПРЗ ВМС ЗС України, у якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

**A3** — стан системи ПРЗ ВМС ЗС України, у якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду;

**A4** — стан системи ПРЗ ВМС ЗС України, у якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

**A5** — стан системи ПРЗ ВМС ЗС України, у якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється).

Позначимо  $P_{A_i}(t)$  — імовірність того, що в момент  $t$  система ПРЗ ВМС ЗС України буде перебувати у стані  $A_i$  ( $i=1, \dots, n$ ):

$P_{A1}(t)$  — імовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України в стані A1;

$P_{A2}(t)$  — імовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України в стані A2;

$P_{A3}(t)$  — імовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України в стані A3;

$P_{A4}(t)$  — імовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України в стані A4;

$P_{A5}(t)$  — імовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України в стані A5.

Очевидно, для будь-якого моменту  $t$  сума ймовірностей станів дорівнює одиниці

$$P_{A1}(t) + P_{A2}(t) + P_{A3}(t) + P_{A4}(t) + P_{A5}(t) = 1.$$

Таким чином, події, які відбуваються, коли в момент  $t$  система ПРЗ ВМС ЗС України перебуває у станах **A1, A2, A3, A4, A5**, несумісні та утворюють повну групу.

Поставимо задачу визначити для будь-якого моменту часу  $t$  імовірності станів системи ПРЗ ВМС ЗС України:  $P_{A1}(t)$ ,  $P_{A2}(t)$ ,  $P_{A3}(t)$ ,  $P_{A4}(t)$ ,  $P_{A5}(t)$ . Для того, щоб знайти ці ймовірності, необхідно знати характеристики процесу, аналогічні перехідним ймовірностям для марковського ланцюга. Замість перехідних ймовірностей уведемо в розгляд інтенсивності ймовірностей переходу  $\beta$ :

$\beta_{A1A2}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, може перейти до стану, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

$\beta_{A1A3}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, може перейти до стану, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду;

$\beta_{A3A2}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, може перейти до стану, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

$\beta_{A3A5}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, може перейти до стану, в якому вона відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

$\beta_{A2A4}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, може перейти до стану, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється);

$\beta_{A4A1}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється), може перейти до стану, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

$\beta_{A5A1}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду, але модернізується (удосконалюється), може перейти до стану, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду;

$\beta_{A4A3}$  — система ПРЗ ВМС ЗС України, яка не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, але модернізується (удосконалюється), може перейти до стану, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та не відповідає вимогам особливого періоду.

Граф станів системи ПРЗ ВМС ЗС України зображено на рис. 1.

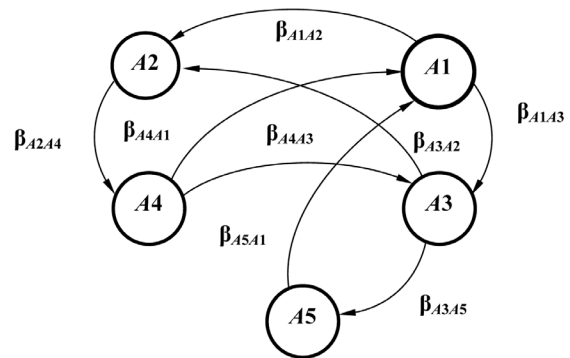


Рис. 1. Граф станів системи ПРЗ ВМС ЗС України.

Маючи граф станів, можна визначити ймовірності станів системи ПРЗ ВМС ЗС України  $P_{A1}(t)$ ,  $P_{A2}(t)$ ,  $P_{A3}(t)$ ,  $P_{A4}(t)$ ,  $P_{A5}(t)$  як функції часу, які задовольняють певного виду диференціальні рівняння, так зване рівняння Колмогорова. Рівняння для ймовірностей станів зведемо в систему

$$\begin{cases} dP_{A1}(t) / dt = -(\beta_{A1A2} + \beta_{A1A3})P_{A1}(t) + \beta_{A4A1}P_{A4}(t) + \beta_{A5A1}P_{A5}(t); \\ dP_{A2}(t) / dt = -\beta_{A2A4}P_{A2}(t) + \beta_{A1A2}P_{A1}(t) + \beta_{A3A2}P_{A3}(t); \\ dP_{A3}(t) / dt = -(\beta_{A3A2} + \beta_{A3A5})P_{A3}(t) + \beta_{A4A3}P_{A4}(t) + \beta_{A1A3}P_{A1}(t); \\ dP_{A4}(t) / dt = -(\beta_{A4A1} + \beta_{A4A3})P_{A4}(t) + \beta_{A2A4}P_{A2}(t); \\ dP_{A5}(t) / dt = -\beta_{A5A1}P_{A5}(t) + \beta_{A3A5}P_{A3}(t) \end{cases}$$

Аналіз сучасного стану показав, що в початковий момент часу  $t_0 = 0$  система ПРЗ ВМС ЗС України з найбільшою імовірністю перебуває у стані **A2**, тобто не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, тому приймаємо початкові умови:

$$P_{A2}(t) = 0,7, P_{A3}(t) = 0,01, P_{A4}(t) = 0,27, P_{A5}(t) = 0,01, P_{A1}(t) = 0,01.$$

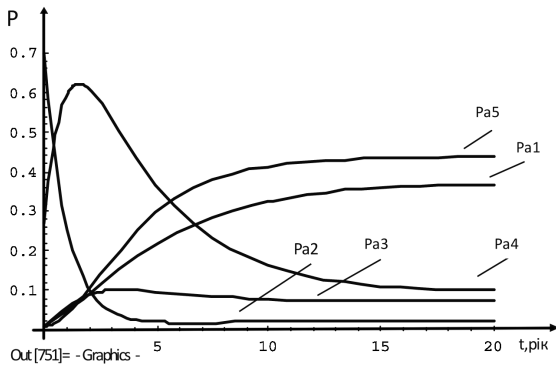
Інтегрування цієї системи рівнянь здійснимо за допомогою програмно-математичного пакета МАНЕМАТІСА 4.2, що дасть нам змогу отримати шукані ймовірності станів системи ПРЗ ВМС ЗС України як функції часу (рис. 2).

Експертним шляхом визначено:

$$\beta_{A1A2} = 1/20; \beta_{A1A3} = 1/6; \beta_{A3A2} = 1/14; \beta_{A2A4} = 1/1;$$

$$\beta_{A3A5} = 1/1; \beta_{A4A3} = 1/6;$$

$$\beta_{A4A1} = 1/12; \beta_{A5A1} = 1/6.$$



**Рис. 2. Графіки залежності ймовірностей знаходження системи ПРЗ ВМС ЗС України в станах A1, A2, A3, A4, A5 від часу.**

Проаналізувавши графіки залежності ймовірностей перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у станах A1, A2, A3, A4, A5 від часу, можна зробити висновок, що на систему ПРЗ ВМС ЗС України діє два основних фактори: з одного боку, моральне й фізичне старіння, тобто фактор часу, та вироблення встановленого ресурсу, що зменшує ефективність функціонування системи ПРЗ ВМС ЗС України; з іншого боку, передбачається підвищення ефективності функціонування системи ПРЗ ВМС ЗС України за рахунок її модернізації (удосконалення).

Таким чином, як показують результати розрахунків (див. рис. 2), ймовірність стану системи ПРЗ ВМС ЗС України, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, залежно від часу, має вигляд нелінійної випуклої зростаючої позитивної функції; ймовірність стану системи ПРЗ ВМС ЗС України, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, залежно від часу має вигляд нелінійної спадаючої позитивної функції. На

практиці зменшення ймовірності перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у стані, в якому вона не відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду, базується на модернізації (удосконаленні) системи, що направлено на підвищення ймовірності перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у стані, в якому вона відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду. За рахунок модернізації (удосконалення) як елементів, так і системи ПРЗ ВМС ЗС України в цілому збільшується її спроможність щодо виконання завдань в умовах мирного часу та особливого періоду.

**Висновки.** Використання науково-методичного підходу на основі марковських процесів дало змогу розробити відповідну математичну модель майбутніх станів системи ПРЗ ВМС ЗС України, визначити можливості переходу із одного стану в інший, побудувати систему диференціальних рівнянь Колмогорова, інтегрування, що допомогло вирішити задачу оцінки ефективності функціонування системи ПРЗ ВМС ЗС України за рівнем обраного показника ефективності функціонування системи — ймовірність перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у стані, який відповідає вимогам мирного часу та особливого періоду. Отримані результати дають змогу виробити загальні рекомендації щодо функціонування системи ПРЗ ВМС ЗС України в мирний час та особливий період; оцінити залежність ймовірностей перебування системи ПРЗ ВМС ЗС України у визначених станах від часу.

### Література

1. Артюшин Л. М. Вероятностный анализ кибернетических систем / Л. М. Артюшин, О. А. Машков. — К. : КИ ВВС, 1994. — 376 с.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. — М. : Сов. радио, 1972. — 552 с.
3. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика / В. С. Пугачев. — М. : Наука, 1979. — 496 с.

У статті розглянуто алгоритм оцінки ефективності функціонування системи пошуково-рятувального забезпечення (ПРЗ) ВМС Збройних Сил України у мирний час та особливий період.

**Ключові слова:** математичний апарат марковських процесів; рівняння Колмогорова; система пошуково-рятувального забезпечення (ПРЗ) ВМС.

The author of the article considers the algorithm for assessment of Ukrainian Navy Search and Rescue Support System (SRSS) efficiency during peacetime and special periods.

**Key words:** Markov process mathematical apparatus; Kolmogorov equation; Navy Search and Rescue Support System (SRSS).