

УДК 355.4

І.О. Кириченко, В.М. Клішин

Академія внутрішніх військ МВС України, Харків

СТОХАСТИЧНА СІТЬОВА МОДЕЛЬ ОПОВІЩЕННЯ І ЗБОРУ КОМАНДНОГО СКЛАДУ ПРИ ПРИВЕДЕННІ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ У ПІДВИЩЕНІ СТУПЕНІ БОЙОВОЇ ГОТОВНОСТІ

Обґрунтовано використання стохастичної сітьової моделі з випадковою тривалістю робіт і детермінованими умовними переходами до виконання наступної роботи для побудови моделі оповіщення і збору командного складу військової частини внутрішніх військ.

Ключові слова: ступінь бойової готовності, стохастична сітьова модель військової частини внутрішніх військ.

Вступ

Ступінь бойової готовності це встановлений відповідними документами стан військ (сил), з якого вони можуть підготуватися до виконання бойового завдання у потрібні терміни [1].

Приведення військової частини ВВ у підвищений ступінь готовності здійснюється за спеціальним сигналом і включає:

- 1) оповіщення і збір особового складу;
- 2) підготовку та оформлення рішення командира (начальника) на марш;
- 3) переміщення підрозділів частини в район виконання бойового (службово-бойового) завдання.

Найбільш складною частиною цього процесу є оповіщення і збір командного складу.

Процес оповіщення і збору офіцерів частини можна розділити на 3 етапи:

- 1) оповіщення офіцерів по телефону;
- 2) оповіщення офіцерів посильними на службовому транспорті;
- 3) переміщення офіцерів з місця перебування до частини.

При одержанні відповідного сигналу на збір особового складу оператори-телефоністи оповіщають по телефону офіцерів і прапорщиків. Черговий вузла зв'язку за результатами телефонного оповіщення готує список офіцерів і прапорщиків, які не були оповіщені по телефону і передає його оперативному черговому військової частини.

Оперативний черговий видає скореговані картки оповіщення посильним та шляхові листи водіям службового транспорту і відправляє посильних на транспорті на маршрути. Кожний посильний оповіщає офіцерів та прапорщиків, які не були оповіщені по телефону і повертається в частину і доповідає помічнику оперативного чергового про результати оповіщення, або доставляє в частину тим же службовим транспортом всіх оповіщених офіцерів.

Кожен із способів оповіщення має свої переваги і недоліки.

Телефонне оповіщення має високу оперативність, але невисоку скритність. Оповіщення посильними на службовому транспорті більш надійне, але вимагає значно більше сил, засобів і, головне, часу. Найбільш ефективним слід вважати спосіб оповіщення-збору, коли посильний, переміщаючись на службовому транспорті за вказаними адресами по визначеному маршруту, не тільки передає офіцеру сигнал збору, але і здійснює доставку в частину всіх оповіщених офіцерів.

При великій чисельності особового складу, значна частина якого може виконувати спеціальні завдання поза межами пункту постійної дислокації, некомпактному проживанні офіцерів, прапорщиків, військовослужбовців контрактної служби, що характерно для такої складної службово-бойової системи, як частина (з'єднання) ВВ, ця задача стає не тривіальною і для її розв'язання потрібно застосовувати спеціальні математичні методи.

Оскільки оповіщення по телефону кожного офіцера є випадковою подією, то і час прибуття офіцера в частину є випадковим і може суттєво змінюватися в залежності від результатів телефонного оповіщення. Найбільш адекватною моделлю даного процесу є стохастична сітьова модель.

Основний матеріал

Сітьова модель [2] – це інформаційна модель комплексу взаємозв'язаних робіт, задана в специфічній формі сіті, що відображає частково природний порядок виконання цих робіт в часі; вона може містити також деякі додаткові характеристики (напрямок, час, вартість, ресурси тощо), що відносяться до окремих робіт і (або) до комплексу робіт в цілому. Сіть комплексу робіт розглядається як орієнтований кінцевий граф без контурів; вона відображає відносини передування між роботами, яким можна поставити у відповідність дуги або вершини графа.

Стохастична сітьова модель включає характеристики, що містять випадкові параметри [3]. У

цьому випадку апарат аналізу і розрахунку параметрів сітвових моделей суттєво ускладнюється.

Для побудови моделі оповіщення і збору командного складу при приведенні військової частини у підвищені ступені бойової готовності використаємо найбільш просту сітвову модель з детермінованими умовними переходами до виконання наступної роботи.

Нехай задана сітлова модель комплексу взаємопов'язаних робіт (С-модель) у вигляді орієнтованого графа без контурів

$$\Gamma = (\mathbf{X}, \mathbf{T}, \mathbf{V}),$$

де $\mathbf{V} = \{v_q\}$, $q \in \mathbf{Q} = \{1, 2, \dots, n\}$, – множина робіт, $\mathbf{X} = \{x_i\}$, $i \in \mathbf{I} = \{0, 1, 2, \dots, m\}$, – множина подій, $x_0 \in \mathbf{X}$ – вихідна подія (початок комплексу робіт), $x_m \in \mathbf{X}$ – завершальна подія (закінчення комплексу робіт).

Поряд з позначенням робіт множиною $\mathbf{V} = \{v_q\}$, $q \in \mathbf{Q} = \{1, 2, \dots, n\}$, будемо використовувати їх двох індексне позначення. Для цього зв'яжемо з кожною роботою v_q дві події: початок роботи $x_i \in \mathbf{X}$ і закінчення роботи $x_j \in \mathbf{X}$, тобто $(x_i \rightarrow v_q \rightarrow x_j)$, $i \neq j$. Це дає підстави поряд із одноіндексним позначенням роботи v_q використовувати двох індексне: w_{ij} , тобто ввести взаємно однозначну відповідність $q \leftrightarrow (i, j)$, $q \in \mathbf{Q}$, $j \in \mathbf{I}$, $i \in \mathbf{I}$ і вважати еквівалентними позначення

$$\mathbf{V} = \{v_q\} \leftrightarrow \mathbf{W} = \{w_{ij}\}.$$

Тривалості робіт комплексу позначаються множиною

$$\mathbf{T} = \{t_{ij}\},$$

де $t_{ij} \in \mathbf{T}_{ij} = \{t_{ij1}, \dots, t_{ij\delta}, \dots, t_{ijd_{ij}}\}$, $\delta \in \mathbf{D}_{ij} = \{1, 2, \dots, d_{ij}\}$ – дискретна випадкова величина із законом розподілу:

$$\mathbf{P}_{ij} = \{P_{ij1}, P_{ij2}, \dots, P_{ij\delta}, \dots, P_{ijd_{ij}}\}, \sum_{\delta=1}^{d_{ij}} P_{ij\delta} = 1,$$

$$j \in \mathbf{I} = \{1, 2, \dots, m\}, i \in \mathbf{I} = \{1, 2, \dots, m\}.$$

В одноіндексній нумерації тривалості робіт комплексу позначаються множиною

$$\mathbf{T} = \{t_q\},$$

де $t_q \in \mathbf{T}_q = \{t_{q1}, \dots, t_{q\delta}, \dots, t_{qd_q}\}$, $\delta \in \mathbf{D}_q = \{1, 2, \dots, d_{ij}\}$ – дискретна випадкова величина із законом розподілу:

$$\mathbf{P}_q = \{P_{q1}, P_{q2}, \dots, P_{q\delta}, \dots, P_{qd_q}\}, \sum_{\delta=1}^{d_q} P_{q\delta} = 1,$$

$$q \in \mathbf{Q} = \{1, 2, \dots, n\}.$$

Оскільки тривалості робіт суть випадкові величини, то С-модель набуває стохастичної невизначеності і по суті є випадковою структурою з певним, але потребує визначення, законом розподілу,

тобто множиною орієнтованих графів

$$\Gamma = (\mathbf{X}, \mathbf{T}, \mathbf{V}) = \{\Gamma_k\} = \{(\mathbf{X}, \mathbf{T}_k, \mathbf{V})\},$$

кожен елемент котрої Γ_k реалізується з певною ймовірністю $b_k \in \mathbf{B} = \{b_1, b_2, \dots, b_h\}$.

Визначимо закон розподілу даної структури. Нехай $\{p_{1\delta_1}, p_{2\delta_2}, \dots, p_{n\delta_n}\}$ – набір ймовірностей реалізації тривалості $T_{q\delta_q}$ кожної роботи проекту (комплексу робіт), $q \in \mathbf{Q} = \{1, 2, \dots, n\}$, $\delta_q \in \mathbf{D}_q = \{1, 2, \dots, d_q\}$. Одна реалізація структури $\Gamma_k = (\mathbf{X}, \mathbf{T}_k, \mathbf{V}) \in \Gamma$ має ймовірність

$$b_{\delta_1\delta_2\dots\delta_n} = \prod_{q=1}^n p_{q\delta_q}, (\delta_1\delta_2\dots\delta_n) \in \mathbf{D}_1 \times \dots \times \mathbf{D}_q \times \dots \times \mathbf{D}_n.$$

Позначаючи

$$\mathbf{D}_1 \times \mathbf{D}_2 \times \dots \times \mathbf{D}_q \times \dots \times \mathbf{D}_n = \bigcap_{q=1}^n \mathbf{D}_q = \mathbf{U}$$

і переходячи до одноіндексної нумерації

$$\bigcap_{q=1}^n \mathbf{D}_q = \mathbf{U} \rightarrow \mathbf{K} = \{1, \dots, k, \dots, h\}, (\delta_1\delta_2\dots\delta_n) \rightarrow k \in \mathbf{K},$$

одержуємо закон розподілу структури

$$\mathbf{B} \in \{b_1, b_2, \dots, b_h\}, b_k \geq 0, k \in \mathbf{K}, \sum_{k=1}^h b_k = 1.$$

Кожній реалізації Γ_k структури Γ відповідає певний критичний шлях $S_k \in \mathbf{S}$, $k = 1, 2, \dots, h$. Тому критичний шлях $S = \{S_k\}$, $k \in \mathbf{K} = \{1, 2, \dots, h\}$ стохастичної С-моделі також являє собою випадкову структуру із законом розподілу \mathbf{B} .

Аналізуючи дану модель можна розрахувати значення математичного сподівання тривалості кожної роботи

$$\bar{t}_q(\mathbf{P}_q) = \sum_{\delta=1}^{d_{ij}} t_{q\delta} P_{q\delta}, q \in \mathbf{Q}, j \in \mathbf{I}, \delta \in \mathbf{D}_{ij},$$

і, сформувавши звичайну (детерміновану) С-модель $\Gamma = (\mathbf{X}, \bar{\mathbf{T}}(\mathbf{P}), \mathbf{V})$, визначити довжину шляху $\bar{S}(i)$ із довільної вершини i_1 в довільну вершину i_2 ($i_1 \neq i_2$) та обчислити середній час $\bar{t}_0^*(i_1 i_2)$ що триває від події i_1 до настання події i_2 . Зокрема можна визначити критичний шлях $\bar{S}(m)$ із початкової вершини $i_1 = 0$ в кінцеву вершину $i_2 = m$ та обчислити середній час $\bar{t}_0^*(m) = \bar{t}_0^*(0, m)$ виконання усього комплексу робіт.

Алгоритм знаходження раннього часу $\bar{t}_0^*(i) = \bar{t}_0^*(0, i)$ настання кожної події i та відповідного критичного шляху $\bar{S}(i)$ складається з кінцевого числа кроків, на кожному з яких виконуються такі операції.

На початковому етапі кожній вершині графа поставити у відповідність деяке число g_i . Для всіх i покласти $g_i = 0$.

На кожнім кроці основного етапу алгоритму для всіх робіт (i, j) підрахувати різницю $g_j - g_i$. Якщо існує $g_j - g_i < t(i, j)$, то число g_j замінити числом $g_i + t(i, j)$. У протилежному випадку ($g_j - g_i \geq t(i, j)$) залишити число g_j без зміни. Переглядати всі роботи (i, j) і робити указані заміни чисел g_j стільки раз, поки не буде одержано такі числа g_0^*, \dots, g_m^* , при яких для всіх робіт (i, j) має місце нерівність $g_j^* - g_i^* \geq t(i, j)$. Отримане число g_i^* визначає довжину критичного шляху $\bar{S}(i)$ від вихідної вершини до події i , тобто значення $\bar{t}_0^*(i)$.

Таким чином, способом заміни випадкових параметрів моделі на їх математичні сподівання одержано критичний шлях деякої, взагалі кажучи, не існуючої С-моделі, який лише орієнтовно характеризує час виконання усього комплексу робіт. При достатньо великій розмірності і складності моделі дисперсія цієї величини може бути досить великою і також несе досить мало інформації. Ці міркування приводять до необхідності використання більш тонких імовірнісних характеристик процесу, що вивчається.

Алгоритм обчислення критичного шляху являє собою оператор Φ , що перетворює вихідні дані (X, T, V) у кінцевий результат S , тобто можна записати $S(i_1, i_2) = \Phi(i_1, i_2, X, T, V)$.

Зокрема $S(0, i) = \Phi(0, i, X, T, V)$ є критичний шлях від вихідної вершини (події) графа 0 до вершини i ; $S(i, m) = \Phi(i, m, X, T, V)$ – критичний шлях від вершини i до кінцевої вершини m ;

$S(0, m) = \Phi(0, i, X, T, V) + \Phi(i, m, X, T, V) = \Phi(0, m, X, T, V)$ – загальний критичний шлях С-моделі.

Множина

$$K \leftrightarrow U = \prod_{q=1}^n D_q, \quad |K| = |U|,$$

звичайно має велику кількість елементів: $h = \prod_{q=1}^n d_q$.

Так, наприклад, при $d_q \equiv 2, \quad n = 10$ маємо

$h = \prod_{q=1}^n d_q = 2^{10} \cong 2047$. Однак у зв'язку з тим, що

зміна тривалості докритичних робіт (робіт, які не входять до критичного шляху) може не впливати на критичний шлях, кількість різних критичних шляхів, ймовірність реалізації яких не дорівнює нулю, може бути не великою.

Нехай закони розподілу тривалості робіт

$$\begin{aligned} P_1 &\in \{p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1\delta}, \dots, p_{1d_1}\}; \\ P_2 &\in \{p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2\delta}, \dots, p_{2d_2}\}, \dots \\ P_q &\in \{p_{q1}, p_{q2}, \dots, p_{q\delta}, \dots, p_{qd_q}\}, \dots \\ P_n &\in \{p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{n\delta}, \dots, p_{nd_n}\} \end{aligned}$$

такі, що

$$t_{q1} \leq t_{q2} \leq \dots \leq t_{q\delta} \leq \dots \leq t_{qd_q}, \quad q \in Q = \{1, 2, \dots, n\}.$$

Тоді критичний шлях

$$S_l(0, m) = \Phi(0, m, X, T_l, V),$$

що реалізується з імовірністю $b_l = \prod_{q=1}^n p_{q,1}$ є найкоротшим, а критичний шлях

$$S_h(0, m) = \Phi(0, m, X, T_h, V),$$

що реалізується з імовірністю $b_h = \prod_{q=1}^n p_{q,d_q}$ є найбільш тривалим із усіх інших можливих шляхів, тобто $t_l(0, m) \leq t_h(0, m)$.

Може статися, що $t_l(0, m) = t_h(0, m)$. Це означає, що стохастична невизначеність тривалості робіт не впливає на структуру критичного шляху. В цьому сенсі можна говорити про стійкість критичного шляху до того випадкового збурювання, яке одержує С-модель.

На основі викладеного способу аналізу стохастичних сітьових моделей побудуємо модель процесу оповіщення і збору командного складу військової частини при її приведенні у підвищені ступені бойової готовності.

Прийmemo такі позначення: z – кількість офіцерів, що повинні бути оповіщені; подія 0 – початок оповіщення командного складу; подія $m=2z+2$ – завершення збору командного складу; ξ_j – подія – “Успішне оповіщення абонента j ”; $P(\xi_j) = p_j$ – ймовірність оповіщення абонента $j, \quad j \in J = \{1, 2, \dots, z\}$; $q_j=1-p_j$ – ймовірність не оповіщення абонента $j, \quad j \in J$; $\bar{t}_{j-1,j} = p_j\delta + q_j\Delta, \quad p_j + q_j = 1$ – середній час телефонного оповіщення абонента $j, \quad j \in J$, де δ – час зайнятості оператора при вдалому оповіщенні, Δ – час зайнятості оператора при невдалому оповіщенні ($\delta \leq \Delta$); $t_{z,2z+1} = t_{пз}$ – час постановки завдань посильним; $t_{2z+1,z+j} = T_{пj}$ – час руху посильного за адресою j ; $t_{z+j,2z+2} = T_j$ – час руху офіцера j з місця перебування до частини, $j \in J$.

Окрему реалізацію процесу оповіщення і збору командного складу, що визначається сукупністю подій $\xi_1 = x_1 \in \{0; 1\}; \xi_2 = x_2 \in \{0; 1\}; \dots; \xi_z = x_z \in \{0; 1\}$, позначимо $X = (x_1, x_2, \dots, x_z)$. При цьому $x_j\delta + (1-x_j)\Delta = t_{j-1,j} \in \{\delta, \Delta\}$ – окрема реалізація події “Успішне оповіщення абонента j ”.

На рис. 1 представлена схема реалізації випадкової структури $X = (x_1, x_2, \dots, x_z)$, що згідно з викладеною вище схемою відображає послідовність і взаємозв'язок операцій та дій, що виконуються в процесі оповіщення і збору командного складу частини.

Ймовірність реалізації даної структури визначається формулою

$$P(x_1, x_2, \dots, x_z) = p_1^{x_1} p_2^{x_2} \dots p_z^{x_z} = \prod_{j=1}^z p_j^{x_j}.$$

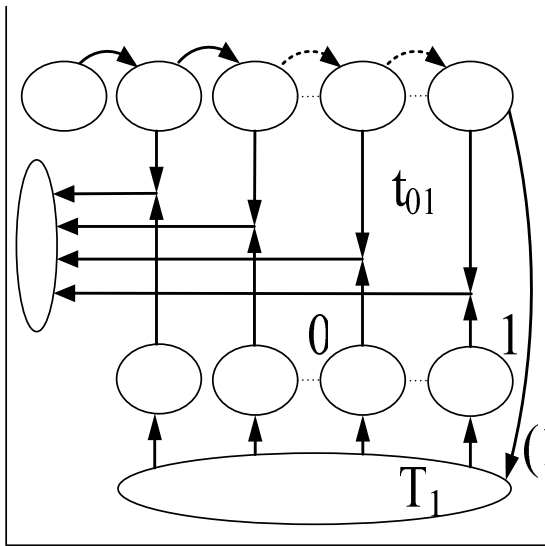


Рис. 1. Схема процесу оповіщення-збору командного складу

Безпосередньо із граф-схеми для даної структури одержуємо формулу для розрахунку часу оповіщення кожного офіцера $j \in J$:

$$T_j^0(X) = \min \{x_j T_j^{OT}(X), (1-x_j) T_j^{ON}(X)\},$$

$$\text{де } T_j^{OT}(X) = \sum_{i=1}^j t_{i-1,i} = j\Delta - (\Delta - \delta) \sum_{i=1}^j x_i + (1-x_j) T^\infty;$$

T^∞ – велике число;

$$T_j^{ON}(X) = \sum_{i=1}^z t_{i-1,i} + t_{nz} + T_{nj} = T_{n1} = z\Delta - (\Delta - \delta) \sum_{i=1}^z x_i + t_{nz} + T_{nj} + x_j T^\infty, j \in J.$$

У даній реалізації час прибуття в частину першого офіцера дорівнює $T_{\min}^n(X) = \max_{j=1}^z \{T_j^0(X) + T_j\}$, а час оповіщення і збору всього командного складу визначається так:

$$T^n(X) = \max_{j=1}^z \{T_j^0(X) + T_j\}.$$

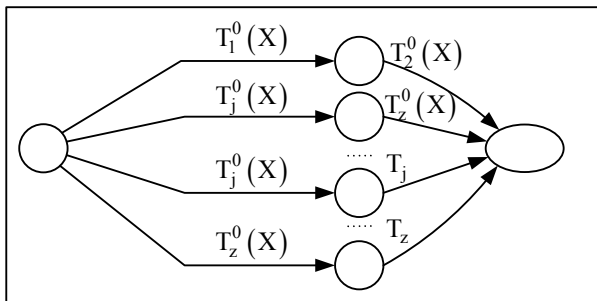


Рис. 2. Стохастична сіткова модель процесу оповіщення і збору командного складу військової частини

При цьому критичний шлях складається всього з одного елемента сіткової моделі (рис. 3):

$$j^{KP} = \arg \max_{j=1}^z \{T_j^0(X) + T_j\}.$$

Зазначимо, що випадкова величина $T_j^0(X)$ має ймовірність $P(X) = \prod_{j=1}^z p_j^{x_j}$. Це дає підстави для ви-

значення середнього часу оповіщення-збору командного складу: $T_j^0(X) = \sum_{X \in \Omega} T_j^0(X) P(X)$, де Ω – повна

множина випадкових структур, що можуть виникати в процесі функціонування стохастичної сіткової моделі $\Omega = \{(x_j) : x_j \in \{0,1\}, j \in J\}$.

Для ілюстрації розглянемо частковий випадок, коли $z = 3$ (рис. 3).

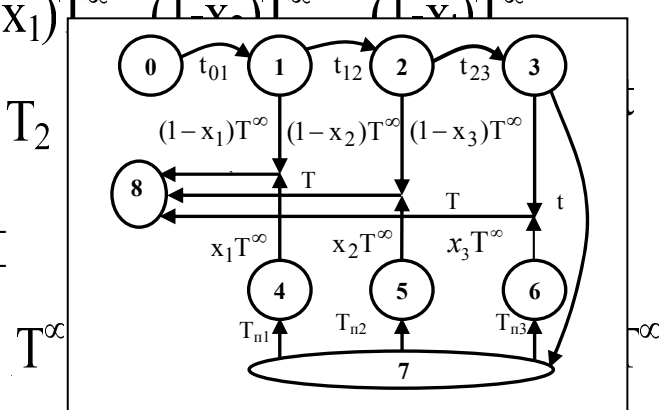


Рис. 3. Схема процесу оповіщення-збору командного складу (частковий випадок $z=3$)

Як видно з рис. 3, при $z = 3$ існує 8 можливих реалізацій випадкової структури процесу оповіщення-збору

$$X = (x_1, x_2, x_3) : X_0=(0,0,0); X_1=(0,0,1); X_2=(0,1,0); X_3=(0,1,1); X_4=(1,0,0); X_5=(1,0,1); X_6=(1,1,0); X_7=(1,1,1),$$

які показані на рис. 4.

Для кожної реалізації $X \in \Omega$ час оповіщення кожного офіцера дорівнює:

$$T_j^0(x_1, x_2, x_3) = \min \{x_j T_j^{OT}(X), (1-x_j) T_j^{ON}(X)\}, j = 1, 2, 3,$$

$$\text{де } T_1^{OT}(x_1, x_2, x_3) = \Delta - (\Delta - \delta)x_1 + (1-x_1) T^\infty;$$

$$T_1^{ON}(x_1, x_2, x_3) = 3\Delta - (\Delta - \delta)(x_1 + x_2 + x_3) + t_{nz} + T_{n1} + x_1 T^\infty;$$

$$T_2^{OT}(x_1, x_2, x_3) = 2\Delta - (\Delta - \delta)(x_1 + x_2) + (1-x_2) T^\infty;$$

$$T_2^{ON}(x_1, x_2, x_3) = 3\Delta - (\Delta - \delta)(x_1 + x_2 + x_3) + t_{nz} + T_{n2} + x_2 T^\infty;$$

$$T_3^{OT}(x_1, x_2, x_3) = 3\Delta - (\Delta - \delta)(x_1 + x_2 + x_3) + (1-x_3) T^\infty;$$

$$T_3^{ON}(x_1, x_2, x_3) = 3\Delta - (\Delta - \delta)(x_1 + x_2 + x_3) + t_{nz} + T_{n3} + x_3 T^\infty.$$

$$\text{Критичний шлях } j^{KP}(X) = \arg \max_{j=1}^z \{T_j^0(X) + T_j\}$$

визначає час оповіщення і збору всього командного складу $T^n(X) = \max_{j=1}^z \{T_j^0(X) + T_j\}$.

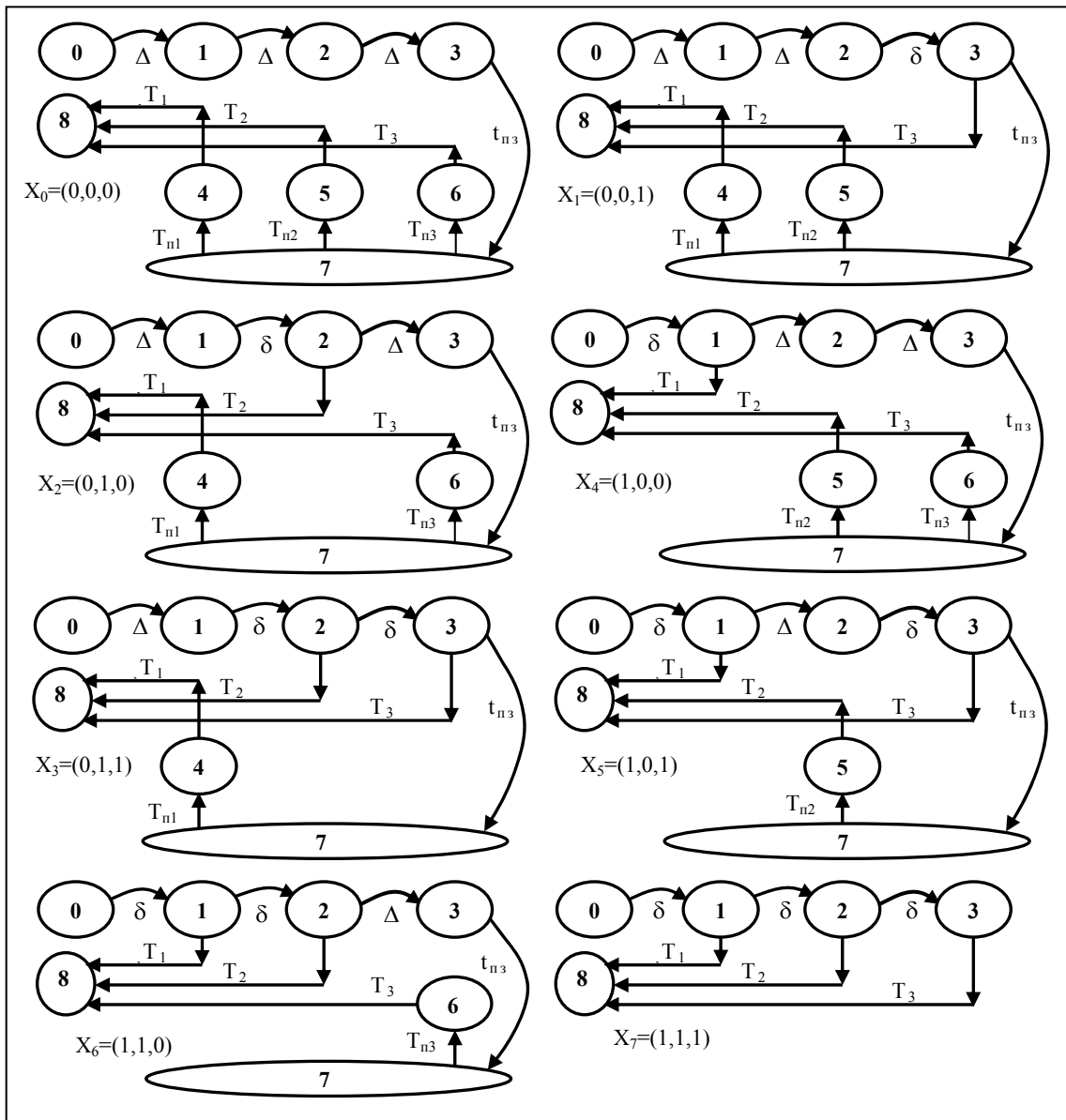


Рис. 4. Можливі реалізації випадкової структури процесу оповіщення-збору

Закон розподілу ймовірностей часу оповіщення:

$$P\{T^0(000) = 3\Delta\} = q^3;$$

$$P\{T^0(001) = \delta + 2\Delta\} = pq^2;$$

$$P\{T^0(010) = \delta + 2\Delta\} = pq^2;$$

$$P\{T^0(011) = 2\delta + \Delta\} = p^2q;$$

$$P\{T^0(100) = \delta + 2\Delta\} = pq^2;$$

$$P\{T^0(101) = 2\delta + \Delta\} = p^2q;$$

$$P\{T^0(110) = 2\delta + \Delta\} = p^2q;$$

$$P\{T^0(111) = 3\delta\} = p^3;$$

В табл. 1 представлені формули для розрахунку часу прибуття офіцерів в частину.

Таблиця 1

Розрахунок часу прибуття офіцерів в частину

| Реаліз. | Час прибуття T_1^n | Час прибуття T_2^n | Час прибуття T_3^n |
|---------|--|--|--|
| 000 | $3\Delta + t_{n3} + T_{n1} + T_1$ | $3\Delta + t_{n3} + T_{n2} + T_2$ | $3\Delta + t_{n3} + T_{n3} + T_3$ |
| 001 | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n1} + T_1$ | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n2} + T_2$ | $2\Delta + \delta + T_3$ |
| 010 | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n1} + T_1$ | $\Delta + \delta + T_2$ | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n3} + T_3$ |
| 100 | $\delta + T_1$ | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n2} + T_2$ | $2\Delta + \delta + t_{n3} + T_{n3} + T_3$ |
| 011 | $\Delta + 2\delta + t_{n3} + T_{n1} + T_1$ | $\Delta + \delta + T_2$ | $\Delta + 2\delta + T_3$ |

Закінчення табл. 1

| Реалізація | Час прибуття T_1^n | Час прибуття T_2^n | Час прибуття T_3^n |
|------------|----------------------|--|--|
| 101 | $\delta + T_1$ | $\Delta + 2\delta + t_{пз} + T_{п2} + T_2$ | $\Delta + 2\delta + T_3$ |
| 110 | $\delta + T_1$ | $2\delta + T_2$ | $\Delta + 2\delta + t_{пз} + T_{п3} + T_3$ |
| 111 | $\delta + T_1$ | $2\delta + T_2$ | $3\delta + T_3$ |

Середній час прибуття кожного офіцера ($j=1, 2, 3$):

$$\bar{T}_j^{nj} = T_{000}^{nj}q^3 + (T_{001}^{nj} + T_{010}^{nj} + T_{100}^{nj})pq^2 + (T_{011}^{nj} + T_{101}^{nj} + T_{110}^{nj})p^2q + T_{111}^{nj}p^3.$$

У табл. 2 наведені співвідношення для розрахунку критичного часу залежно від номера реалізації. Звідси одержуємо середній час оповіщення збору командного складу:

$$\bar{T}^n = T_{000}^nq^3 + (T_{001}^n + T_{010}^n + T_{100}^n)pq^2 + (T_{011}^n + T_{101}^n + T_{110}^n)p^2q + T_{111}^np^3.$$

Таблиця 2

Критичний час залежно від номера реалізації

| | |
|-----|--|
| 000 | $T^n(000) = \max\{T_1^n, T_2^n, T_3^n\} = 3\Delta + t_{пз} + \max\{T_{п1} + T_1, T_{п2} + T_2, T_{п3} + T_3\}$ |
| 001 | $T^n(001) = 2\Delta + \delta + \max\{t_{пз} + T_{п1} + T_1, t_{пз} + T_{п2} + T_2, T_3\}$ |
| 010 | $T^n(010) = \max\{2\Delta + \delta + t_{пз} + T_{п1} + T_1, \Delta + \delta + T_2, 2\Delta + \delta + t_{пз} + T_{п3} + T_3\}$ |
| 100 | $T^n(100) = \max\{\delta + T_1, 2\Delta + \delta + t_{пз} + T_{п2} + T_2, 2\Delta + \delta + t_{пз} + T_{п3} + T_3\}$ |
| 011 | $T^n(011) = \max\{\Delta + 2\delta + t_{пз} + T_{п1} + T_1, \Delta + \delta + T_2, \Delta + 2\delta + T_3\}$ |

СТОХАСТИЧЕСКАЯ СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ОПОВЕЩЕНИЯ И СБОРА КОМАНДНОГО СОСТАВА ПРИ ПРИВЕДЕНИИ ВОИНСКОЙ ЧАСТИ В ПОВЫШЕННЫЕ СТЕПЕНИ БОЕВОЙ ГОТОВНОСТИ

И.О. Кириченко, В.М. Клишин

Обосновано використання стохастическої мережевої моделі со случайной продолжительностью работ и детерминированными условными переходами к выполнению следующей работы для построения модели оповещения и сбора командного состава воинской части внутренних войск.

Ключевые слова: степень боевой готовности, стохастическая сетевая модель, воинская часть внутренних войск.

STOCHASTIC NETWORK MODEL OF THE NOTIFICATION AND GATHERING OF COMMAND STRUCTURE AT REDUCTION OF MILITARY UNIT THE RAISED DEGREES OF ALERTNESS

I.O. Kirichenko, V.N. Klishin

It is proved uses stochastic network models with casual duration of works and the determined conditional transitions to performance of the following work for construction of model of the notification and gathering of command structure of military unit of internal armies.

Keywords: a degree of alertness, stochastic network model, military unit of internal armies.

Закінчення табл. 2

| | |
|-----|---|
| 101 | $T^n(101) = \max\{\delta + T_1, \Delta + 2\delta + t_{пз} + T_{п2} + T_2, \Delta + 2\delta + T_1\}$ |
| 110 | $T^n(110) = \max\{\delta + T_1, 2\delta + T_2, \Delta + 2\delta + t_{пз} + T_{п3} + T_3\}$ |
| 111 | $T^n(111) = \max\{\delta + T_1, 2\delta + T_2, 3\delta + T_3\}$ |

ВИСНОВКИ

Таким чином, для побудови моделі оповіщення і збору командного складу може бути використана стохастична сітьова модель з випадковою тривалістю робіт і детермінованими умовними переходами до виконання наступної роботи. Із застосуванням такої моделі визначаються середнє значення та інтервал невизначеності критичного часу оповіщення і збору, упорядкований перелік і статистичні характеристики докритичних робіт, що дозволяє прийняти обґрунтоване рішення щодо залучення необхідних сил та засобів та визначення порядку оповіщення і збору командного складу частини для своєчасного приведення частини у необхідний ступінь бойової готовності.

Список літератури

1. Военный энциклопедический словарь: пред. гл. комисии Н.В. Огарков. – М.: Воениздат, 1984. –863 с.
2. Математический энциклопедический словарь: гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 847 с.
3. Голенко Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления / Д.И. Голенко. – М.: Наука, 1968. – 400 с.

Надійшла до редколегії 1.12.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.М. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.