

УДК 5433

Г. А. Дробаха, В. В. Обрядін, Г. М. Мірошніченко, П. В. Пістряк, Р. О. Гончар, Л. В. Розанова

МОДЕЛЮВАННЯ СЛУЖБОВО-БОЙОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УГРУПОВАННЯ СИЛ ОХОРОНИ ПРАВОПОРЯДКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ СТОХАСТИЧНИХ МЕРЕЖ ВІДКРИТОГО ТИПУ

Запропоновано використання математичного апарату стохастичних мереж відкритого типу для визначення показника ефективності службово-бойового застосування об'єднаного угруповання сил охорони правопорядку. Надано методiku визначення значень елементів матриці ймовірностей передач щільностей потоку подій (протиправних актів) по вузлах (військових частинах) стохастичної мережі (району проведення антитерористичної операції).

Ключові слова: об'єднане угруповання сил охорони правопорядку, антитерористична операція (АТО), стохастичні мережі відкритого типу.

Постановка проблеми. У багатьох публікаціях закордонних видань та журналу "Честь і закон" простежується думка щодо участі внутрішніх військ (ВВ) у складі об'єднаного угруповання сил охорони правопорядку (УСОП) для боротьби з незаконними збройними формуваннями (НЗФ) під час проведення антитерористичної операції (АТО), а також участі у складі миротворчих сил у конфліктних районах [1].

Автори констатують, що ще й досі залишаються актуальними питання стосовно вибору і дослідження показників бойових можливостей внутрішніх військ під час виконання завдань у збройному конфлікті як особисто, так і у складі УСОП. Висловлюються рекомендації користуватися відомими показниками бойових можливостей загальновійськових формувань, ураховуючи особливості участі ВВ у складі миротворчих сил у конфліктних районах.

Утім аналіз конфліктних ситуацій у вибухонебезпечних з позиції політичної та соціальної нестабільності районах світу взагалі і в Україні зокрема свідчить про те, що вони набувають характеру непередбачуваного (автори не беруть до уваги вплив зовнішніх та внутрішніх чинників) масового соціального процесу. Тобто з позиції математичної теорії конфліктні ситуації характеризуються як випадкові процеси [2].

Особливо яскраво ця тенденція проявила себе у ході лівійського та сирійського конфліктів. Лише хронологія подій останнього на інтервалі часу в один місяць, починаючи з червня 2011 р. по липень 2013 р., налічує від 20 до 30 конфліктних ситуацій, які супроводжувалися силовими сутичками протидіючих сторін [3].

Для опису процесу боротьби з НЗФ під час проведення АТО, а також участі у складі миротворчих сил у конфліктних районах, що

несуть у собі ознаки випадкових процесів, авторами запропоновано математичний апарат стохастичних мереж [3; 6]. Поряд з існуючими і застосовуваними у дисертаціях моделями та методиками наведена нижче модель містить низку особливостей, що дозволяють відбивати у собі як ознаки сучасної теорії мережецентричних війн, так і особливості досягнення синергетичного ефекту від поєднання у єдину систему підрозділів різного функціонального призначення та можливостей [9]. Останні у загальному випадку визначаються ймовірно-часовими показниками і залежать як від рівня професійної виучки особового складу, так і від розмірів району проведення АТО.

Метою статті є визначення показника ефективності службово-бойового застосування об'єднаного УСОП, до складу якого входять різні типи підрозділи Національної гвардії України (НГУ), під час опису процесу збройної боротьби (проведення АТО та підтримання правового стану) за допомогою математичного апарату теорії стохастичних мереж відкритого типу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що для формалізації процесу збройної боротьби протидіючих угруповань багатьма авторами застосовується математичний апарат, який ґрунтується на використанні мереж Маркова.

Основна складність розглянутої задачі полягає у розрахунках максимально можливої кількості вдалих операцій (дій), які може провести угруповання у складі різнітипних підрозділів сил охорони правопорядку. Подібні задачі певною мірою розглядалися в літературі [5; 6; 8]. Однак у процесі їхнього розв'язування у наведених працях припускалися деякі спрощення, головні з яких полягали у тому, що задіяні в операції підрозділи були однаковими

щодо організаційно-штатної структури та бойових можливостей. Аналіз функціонування угруповання підрозділів силових структур, що складається навіть із двох різнотипних підрозділів із різними за розмірами районами проведення АТО та службово-бойовими можливостями, відомими методами теорії масового обслуговування достатньо складний [4]. Розрахунки показників якості роботи такого угруповання набувають вигляду нескінченного ітераційного обчислювального процесу і навіть із використанням ПЕОМ потребують для одержання результатів великих витрат часу.

Проте застосування математичного апарату теорії стохастичних мереж дозволяє: по-перше, через різнотипність роботи вузлів мережі врахувати особливості організаційно-штатної структури та бойових можливостей підрозділів НГУ; по-друге, з метою підтримки прийняття рішення командиром та оперативності одержання результатів оцінювання сторін скоротити загальну кількість диференційних рівнянь стану процесу до кількості станів однотипних груп підрозділів НГУ у межах району проведення АТО.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що методи розрахунків стохастичних мереж також засновані на теорії марковських процесів. Для її застосування необхідно, щоб потоки замовлень (протиправні акти), що надходять на обслуговування, і зустрічні потоки подій, які обслуговують замовлення (функціонування підрозділів НГУ у складі об'єднаного УСОП для боротьби з НЗФ під час проведення АТО), були найпростішими.

Досліджувати поведінку стохастичної мережі можна як на основі розрахунків її показників ефективності в цілому, так і на основі розрахунків часткових показників для кожного вузла мережі, представленого групою (військовою частиною) однотипних підрозділів НГУ. У цьому випадку більш доцільний другий спосіб, теоретичною основою якого є теорема розбиття Джексона [4], на підставі якої розімкнуту стохастичну мережу можна розглядати як сукупність незалежних (ізолюваних вузлів мережі) повнодоступних систем масового обслуговування під час виконання певних умов (достатніх умов теореми Джексона), головними з яких є:

1) усі вхідні потоки подій (протиправні акти) для мережі (УСОП) у цілому, а також для її вузлів (однотипних підрозділів НГУ) повинні бути пуасонівськими;

2) терміни часу обслуговування вхідного потоку протиправних актів (час на виконання завдання підрозділом) мають експоненціальний розподіл (у [4] доведено, що теорема Джексона залишається справедливою навіть при довільних законах розподілу тривалості обслуговування замовлень);

3) вхідні потоки подій для окремих систем масового обслуговування, що є вузлами розімкненої експоненціальної стохастичної мережі, повинні бути певним чином пов'язані із вхідними потоками подій для всієї мережі у цілому за допомогою коефіцієнтів передач P_{ji} , які розраховуються на основі матриць імовірностей передач потоку подій по вузлах мережі;

4) дисципліна вибору замовлень (протиправних актів) із черги в кожному вузлі мережі не залежить від тривалості обслуговування і маршрутів циркуляції замовлень у мережі;

5) маршрути переходів замовлень між вузлами окремої мережі (однотипними підрозділами НГУ) визначаються матрицею ймовірностей передач потоку замовлень.

Аналіз умов теореми дозволяє зробити висновок про те, що запропонований математичний апарат дослідження можна застосувати, якщо потоки протиправних актів, які вчиняються у \mathcal{G} -му районі, – пуасонівські; тривалість їх ліквідації підрозділами, які контролюють ці райони, розподіляється за показниковим законом; залежність між кількістю терористичних актів, що планується у \mathcal{G} -му районі, і кількістю актів, яка може вчинитися у всій зоні відповідальності УСОП, визначається через коефіцієнти важливості $\alpha_{\mathcal{G}}$ \mathcal{G} -х районів.

Аналіз сучасних військових конфліктів із залученням сил міжнародного тероризму дає змогу з урахуванням витрачених коштів та собівартості одного найманця визначити приблизну кількість протиправних актів N , яку може вчинити це терористичне угруповання у процесі дестабілізації обстановки у всій зоні відповідальності.

Дійсно, з погляду керівництва терористичного центру, об'єкти інфраструктури нерівнозначні. Із цих позицій вони характеризуються коефіцієнтами важливості, які пропорційні кількості протиправних актів, що плануються керівництвом центру для дестабілізації обстановки \mathcal{G} -го району.

Тому терористичний центр, плануючи схему

проведення протиправних актів та їх тривалість, повинен виходити з компромісного рішення, можливі варіанти якого полягають у виборі кількісного складу протиправних актів та їх тривалості. Зважаючи на те, що тривалість протиправних актів T_g на g -й район пропорційна кількості протиправних актів на цей район (тобто пропорційна важливості району), можна прийняти, що

$$T_g = T \left[1 - (\alpha_{g\max} - \alpha_g) \right]. \quad (1)$$

Тоді

$$\begin{aligned} \frac{N_g}{T_g} = \lambda_g &= \frac{\alpha_g N}{T \left[1 - (\alpha_{g\max} - \alpha_g) \right]} \\ &= \lambda \frac{\alpha_g}{\left[1 - (\alpha_{g\max} - \alpha_g) \right]}, \end{aligned} \quad (2)$$

де T_g – тривалість протиправних актів у g -му районі; T – тривалість усього спланованого переліку протиправних актів на території проведення АТО, що визначається виходячи із задачі щодо дестабілізації обстановки у найбільш важливому районі; λ_g – щільність протиправних актів у g -му районі АТО; N – загальна кількість спланованих протиправних актів у районі проведення АТО; λ – загальна щільність спланованих протиправних актів у районі проведення АТО; $\alpha_{g\max}$ – найбільше значення коефіцієнта важливості g -го району із усіх районів, у яких вчиняються протиправні акти.

Запровадження коефіцієнтів важливості районів проведення АТО дозволяє незалежно розглядати функціонування сукупностей груп однотипних підрозділів НГУ, які забезпечують підтримання правопорядку у межах території g -го району. Своєю чергою, кожен таку сукупність груп однотипних підрозділів НГУ можна буде подати у вигляді експоненціальної розімкнутої стохастичної мережі. З метою проведення оцінювання ефективності цих, у загальному випадку різнотипних груп (n_g) підрозділів (військових нарядів), які утворюють мережу, необхідно зробити декомпозицію кожної g -ї стохастичної мережі до рівня груп однотипних підрозділів n_{jg} , що є її вузлами [4]. У цьому випадку кожен n_{jg} -ту групу підрозділів НГУ у межах g -го району можна досліджувати як незалежну повнодоступну систему масового обслуговування з використанням відомого апарату теорії

масового обслуговування. Така декомпозиція можлива за певного алгоритму передачі потоку подій (протиправних актів) від одного вузла мережі до іншого (від однієї групи однотипних підрозділів НГУ до іншої).

Доцільно розширити поняття стохастичної мережі, яке наведене у [4], і розглянути так звану стохастичну мережу із втратами замовлень, яка відрізняється від звичайної мережі тим, що частина потоку замовлень (подій), яка потрапила в якийсь її вузол, з різних причин може не брати участі далі в циркуляції по інших вузлах мережі [наприклад, унаслідок успішних дій військових нарядів частина протиправних актів (подій) може бути припинена, отже, ймовірність того, що залишки деструктивних елементів будуть спроможні вчинити протиправні дії в іншому районі, зменшується].

У цьому випадку доцільним є наступний алгоритм розподілу потоку протиправних актів усередині стохастичної мережі, що відповідає, в основному, характеру процесу функціонування системи, яку створюють різнотипні групи підрозділів НГУ.

У зв'язку з тим, що розглянута мережа розімкнута, щільність потоку протиправних актів $\lambda_{0g} = \lambda_g$, яка є для неї вхідним потоком подій, визначається замислом терористичного центру, тобто кількістю актів, що плануються на g -й території, і тривалістю їх проведення. Вхідний потік актів не залежить від стану мережі.

Отже, щільність вхідного потоку λ_{0g} із так званого “нульового” вузла S_{0g} певним чином розподілиться по “ненульових” вузлах ($S_{1g}, S_{2g}, \dots, S_{jg}, \dots, S_{Jg}$) стохастичної мережі.

Потік протиправних актів, опинившись у зоні відповідальності jg -ї групи підрозділів, з певних причин (наприклад, унаслідок оточення або знищення бойовиків j -ю однотипною групою підрозділів НГУ) може з імовірністю $P_{jg,jg}$ виключитися з потоків подій, що циркулюють між вузлами мережі (“нульовими” і “ненульовими”). Далі групи деструктивних елементів, що утворюють потік протиправних актів у jg -му вузлі, можуть потрапити з імовірністю $P_{jg,ig}$ у район відповідальності іншої ig -ї групи однотипних за функціональним призначенням і можливостями підрозділів. І нарешті, цей же потік протиправних актів у jg -му вузлі може не відчувати впливу як jg -х, так і ig -х однотипних груп підрозділів НГУ (вузлів). Імовірність такої події – $P_{jg,0g}$.

Отже, результуючу щільність протиправних

актів $\lambda_{j\vartheta}(\lambda_{i\vartheta})$, що утворюється у ϑ -х районах відповідальності j -х (i -х) однотипних груп підрозділів НГУ, можна подати у вигляді алгебраїчної суми, яка зважена ймовірностями передачі подій від вузла до вузла, потоку від “нульового” ($\lambda_{0\vartheta}$) джерела для всієї мережі та потоків від сусідніх груп підрозділів j -го типу.

Викладена вище закономірність переходу потоку подій (протиправних актів) із зони відповідальності підрозділів $j\vartheta$ -го типу у зону відповідальності підрозділів $i\vartheta$ -го типу і навпаки, у межах ϑ -го району проведення АТО, може бути відображена, у загальному випадку, напрямленим графом імовірностей передачі щільностей потоків протиправних актів у ϑ -й мережі, поданим на рис. 1.

Аналіз такого графа в стаціонарному режимі дозволяє одержати систему алгебраїчних рівнянь, які пов’язують між собою щільності потоків протиправних актів у “нульовому” і “ненульових” вузлах мережі [4].

У матричній формі рівняння набирають вигляду

$$\|\lambda_{i\vartheta}\| = \|P_{j\vartheta i\vartheta}\|^T \cdot \|\lambda_{j\vartheta}\|, \quad (3)$$

де $\|P_{j\vartheta i\vartheta}\|^T$ і $\|\lambda_{j\vartheta}\|$ – відповідно транспонована матриця ймовірностей проведення (передачі потоку подій) протиправних актів і матриця-стовпець щільностей протиправних актів у межах ϑ -го району проведення АТО.

З огляду на те, що кожному $j\vartheta$ -ту однотипну групу підрозділів НГУ подано у моделі повнодоступною системою масового обслуговування, сукупність імовірностей $P_{j\vartheta i\vartheta}$ для певного значення $\lambda_{j\vartheta}(\lambda_{i\vartheta})$ утворює повну групу подій, сума яких дорівнює одиниці.

Розв’язок системи (3) при прийнятому алгоритмі функціонування ϑ -ї стохастичної мережі однозначно визначає зв’язок щільностей протиправних актів $\lambda_{j\vartheta}$, що створюються у $j\vartheta$ -х вузлах мережі, із щільністю протиправних актів $\lambda_{0\vartheta}$, яка виникає на вході ϑ -ї мережі (ϑ -го району проведення АТО):

$$\lambda_{j\vartheta} = K_{j\vartheta} \cdot \lambda_{0\vartheta} = K_{j\vartheta} \cdot \frac{\alpha_{\vartheta} \cdot \lambda}{[1 - (\alpha_{\vartheta\max} - \alpha_{\vartheta})]}, \quad (4)$$

де $K_{j\vartheta}$ – коефіцієнт передачі потоку протиправних актів j -й групі однотипних

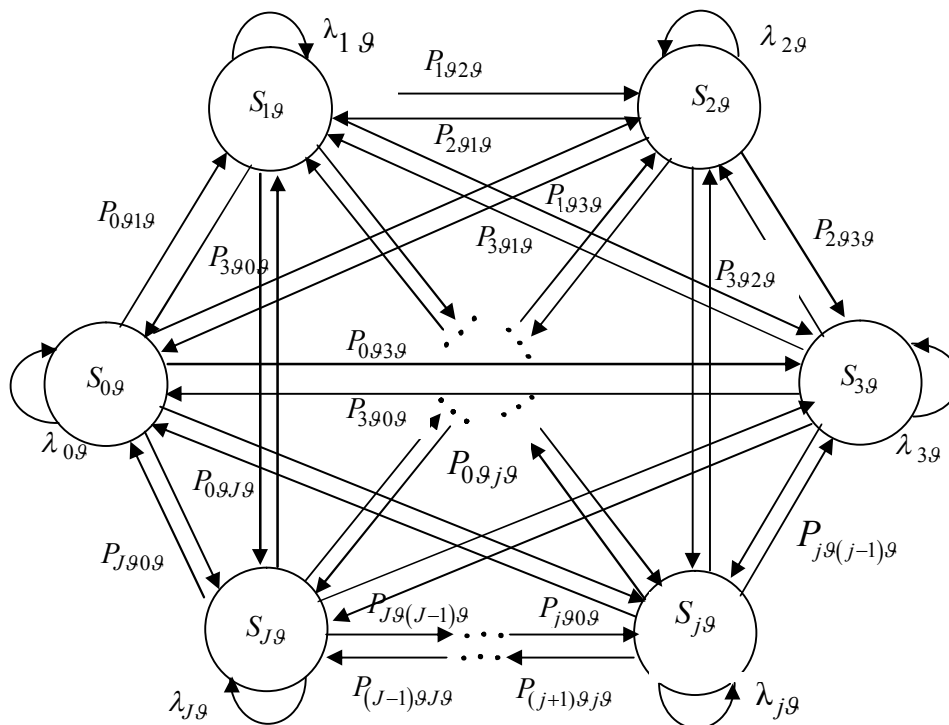


Рис. 1. Направлений граф імовірностей передачі потоку подій (протиправних актів) по вузлах мережі

підрозділів НГУ. Їх значення визначається також шляхом розв'язування системи рівнянь (3).

У визначеному районі проведення АТО може взяти участь у підтриманні правопорядку деяка кількість n_{jg} підрозділів НГУ j -х типів, причому така, що

$$n_g = \sum_{j=1}^J n_{jg} \quad (5)$$

З урахуванням виразів (3) і (4) визначається щільність потоку λ_{jg} протиправних актів, які можуть вчинитися у g -му районі проведення АТО для групи n_{jg} підрозділів НГУ j -го типу:

$$\lambda_{jg} = K_{jg} \cdot \lambda_g, \quad (6)$$

де K_{jg} – коефіцієнт передачі потоку протиправних актів j -й групі підрозділів НГУ.

Тоді кількість N_{jg} протиправних актів, які можуть вчинитися у зоні відповідальності групи n_{jg} підрозділів НГУ j -го типу, що належить g -му району, дорівнюватиме

$$N_{jg} = N_g \cdot \frac{K_{jg}}{\sum_{j=1}^J K_{jg}} = \frac{N_g \cdot \lambda_{jg}}{\sum_{j=1}^J \lambda_{jg}}, \quad (7)$$

а тривалість їх дій T_{jg} з урахуванням виразів (6) і (7) складатиме:

$$T_{jg} = \frac{N_{jg}}{\lambda_{jg}} = \frac{N_g}{\sum_{j=1}^J \lambda_{jg}} = \frac{N_g}{\lambda_g \cdot \sum_{j=1}^J K_{jg}} = \frac{T_g}{\sum_{j=1}^J K_{jg}} \quad (8)$$

Звідси

$$T_g = \sum_{j=1}^J T_{jg} \cdot K_{jg} \quad (9)$$

У виразі (7) нормовані величини

$$\frac{K_{jg}}{\sum_{j=1}^J K_{jg}} = \frac{\lambda_{jg}}{\sum_{j=1}^J \lambda_{jg}} = \frac{N_{jg}}{N_g} = \chi_{0g,jg} \quad (10)$$

характеризують частку $\chi_{0g,jg}$ кількості протиправних актів, що можуть вчинитися у районі групи підрозділів НГУ j -го типу.

Проведена таким чином декомпозиція розімкненої стохастичної мережі (УСОП) на деякі незалежні системи масового обслуговування (однотипні групи підрозділів НГУ), що є її вузлами, зводиться до розрахунків елементів транспонованої матриці (3), виходячи із прийнятого алгоритму функціонування мережі. Для розрахунків значень елементів матриці ймовірностей передач щільностей потоку протиправних актів по вузлах різнотипних військових частин у районі проведення АТО запропоновано таку методику.

Визначається початкове значення щільності λ_g протиправних актів (щільність потоку замовлень “нульового” вузла стохастичної мережі), яке впливає на різнотипне УСОП, що розташоване у g -му районі проведення АТО. Початкове значення щільності λ_{0g} виражається через початкову щільність потоку λ_0 протиправних актів із використанням коефіцієнта відповідності $K_{\text{від}}$, що чисельно дорівнює відношенню інтегральної площі S_{Σ} відповідальності змішаного УСОП у g -му районі до загальної площі S_g усього району [10]:

$$\lambda_{0g} = \lambda_g \frac{S_{\Sigma}}{S_g} = \lambda_g \cdot K_{\text{від}} \quad (11)$$

Значення коефіцієнта відповідності обмежене масштабом і характером дій НЗФ у районі підтримання правопорядку, що є рівносильним виконанню нерівності

$$0 \leq K_{\text{від}} \leq 1. \quad (12)$$

На першому етапі участь кожної групи (військової частини) підрозділів НГУ j -го типу (кожного вузла стохастичної мережі) у боротьбі з НЗФ, що входять до складу λ_{0g} , визначається коефіцієнтом участі ξ_{0j} підрозділів даного типу в районі проведення АТО:

$$\xi_{0j} = \frac{S_j}{S_{\Sigma}}, \quad (13)$$

де S_j – інтегральна площа зони відповідальності військової частини зі складу УСОП j -го типу у межах g -го району проведення АТО.

Тоді оцінка значень частки елементів транспонованої матриці ймовірностей передач щільності потоку протиправних актів з “нульового” вузла в j -ті вузли стохастичної мережі (3) визначається у такий спосіб:

$$P_{0j} = \frac{\xi_{0j}}{\sum_{j=0}^J \xi_{0j}}. \quad (14)$$

Отримані значення справедливі у початковий період роботи мережі у момент розподілу щільностей потоку протиправних актів λ_{0j} по різномісних групах підрозділів НГУ (рис. 2).

При цьому на всі протиправні акти, що вчиняються у J -му районі, щоразу, з певною ймовірністю будуть спрямовані силові дії групи підрозділів НГУ j -го типу, які знаходяться у J -му районі. Отже, можна вважати, що $P_{0j0} = 0$.

Наступні припущення, що характеризують рух потоків протиправних актів між вузлами стохастичної мережі, відбивають, головним чином, динаміку функціонування УСОП (план проведення АТО на карті з місцями розташування і районами відповідальності військових частин), яке забезпечує правопорядок у J -му районі за можливих варіантів плану терористичного центру. Тому частина протиправних актів, що вчиняється з імовірністю P_{0ji} у зоні відповідальності i J -ї однотипної групи підрозділів НГУ, може виявитися з імовірністю P_{ijj} у зонах відповідальності j J -ї групи.

На другому етапі з метою знаходження значень імовірностей передачі потоків протиправних актів між вузлами стохастичної мережі розраховуються коефіцієнти участі ξ_{ij} груп підрозділів НГУ j -го типу, площі району відповідальності яких перекривають певну

частину ΔS_{ij} інтегральної площі району відповідальності групи підрозділів НГУ i -го типу в межах J -го району:

$$\xi_{ij} = \frac{\Delta S_{ij}}{S_i}, \quad j \neq 0, \quad j \neq i \quad \text{і} \quad 0 \leq \xi_{ij} \leq 1. \quad (15)$$

Значення обчислених коефіцієнтів участі ξ_{ij} несуть у собі інформацію про ступінь функціональної (оперативної) взаємодії різномісних груп підрозділів НГУ між собою під час проведення АТО у межах J -го району.

Подання діяльності УСОП повнодоступним графом вимагає додаткового визначення ще двох значень коефіцієнтів участі ξ_{ij} для випадків $j = 0$ і $j = i$.

При $j = i$

$$\xi_{ii} = \frac{\Delta S_{ii}}{S_i} = 1, \quad (16)$$

а при $j = 0$

$$\xi_{i0} = 1 - \frac{S_i}{S_\Sigma}. \quad (17)$$

З урахуванням цього інші значення елементів матриці ймовірностей передачі щільності потоків протиправних актів з "ненульового" i -го вузла в інші j -ті вузли стохастичної мережі знаходять у такий спосіб:

$$P_{ij} = \frac{\xi_{ij}}{\sum_{j=0}^J \xi_{ij}} \quad (j = \overline{0, J}). \quad (18)$$

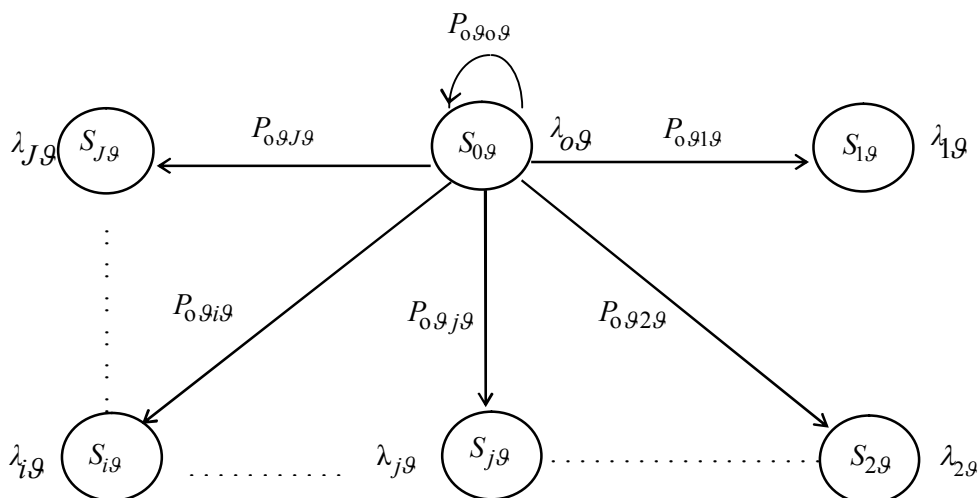


Рис. 2. Схема розподілу потоку протиправних актів по вузлах мережі у початковий період функціонування УСОП

Наведені вище вирази визначення значень імовірностей дозволяють спрогнозувати роботу мережі у наступні моменти часу і подати її графом, аналогічним графу на рис. 2.

З урахуванням обмежень, які характерні для сталого режиму мережі (недопущення зриву умов збройного контролю та захисту населення і території), коли кожний j -й вузол повинен задовольняти умові ненасичення [4] –

$$\lambda_{jg} < \mu_{jg} n_{jg} = M_{jg}, \quad (19)$$

де $\mu_{jg}(M_{jg})$ – інтенсивність протидії потоку протиправних актів одним j -м підрозділом НГУ (середня кількість подій, на які можуть оперативно вплинути протягом доби n_{jg} підрозділів НГУ зі складу j -ї військової частини), з урахуванням (6) дістаємо нерівність, якій повинна задовольняти мережа в цілому у разі роботи відповідно до системи алгебраїчних рівнянь (3):

$$\lambda_g < \min \frac{\mu_{jg} n_{jg}}{K_{jg}}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (20)$$

Отримана нерівність є необхідною умовою існування сталого режиму розімкнутої стохастичної мережі відкритого типу як системи функціонування УСОП g -го району під час проведення АТО.

З огляду на те, що g -та стохастична мережа являє собою нерозкладний ланцюг Маркова, в якому кожний його стан може бути досягнутий

з будь-якого іншого стану за допомогою певної кількості переходів, ранг системи рівнянь (3) дорівнює J . Отже, для кожного значення λ_{0g} є лише один розв'язок λ_{jg} .

Як приклад розглянемо варіант функціонування УСОП, що складається із двох військових частин, які укомплектовані різними за оперативними (бойовими) показниками підрозділами НГУ. Можна вважати, що показник оперативності t_j підрозділу залежить від розмірів району відповідальності і пов'язаний із показником інтенсивності μ_j протидії

потоку протиправних актів залежністю $\mu_j = \frac{1}{t_j}$.

Кількість k підрозділів у кожній однотипній частині дорівнює двом. Тоді для початкового значення λ_0 з урахуванням транспонованої матриці (3) імовірностей передач потоку протиправних актів по вузлах мережі дістаємо значення щільностей потоку протиправних актів (λ_1 і λ_2) для двох вузлів мережі (двох військових частин). На підставі отриманих значень λ_1 і λ_2 будують граф (рис. 3), що характеризує функціонування УСОП з урахуванням його “неповнодоступності” [5], тобто різного внеску (розміри району відповідальності, маневрені можливості) у роботу мережі кожної із двох частин.

Граф на рис. 3 описується системою диференціальних рівнянь, що аналогічна

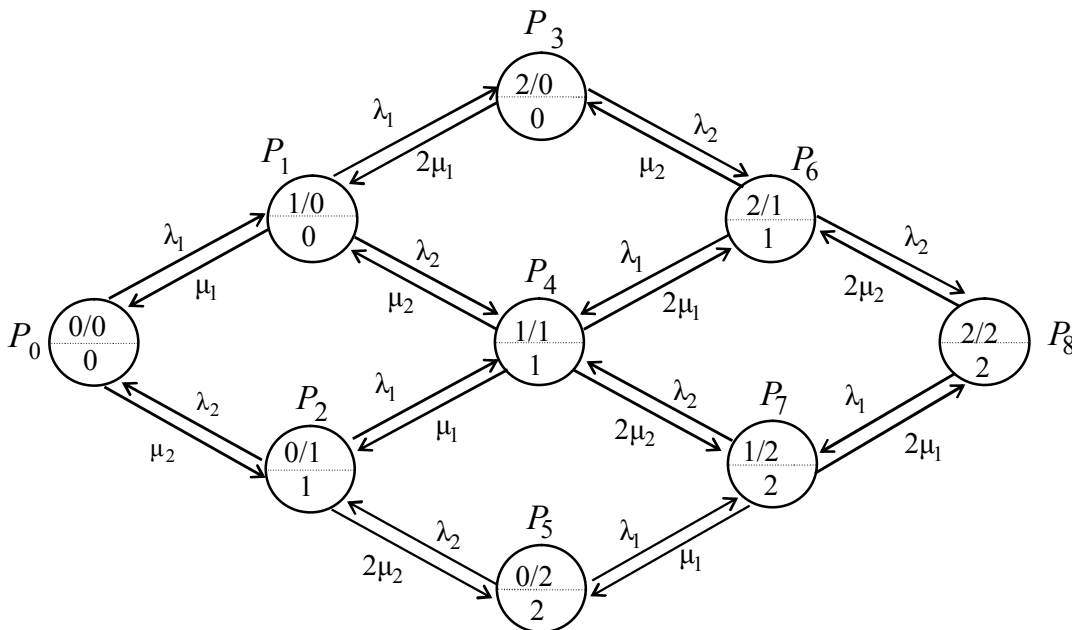


Рис. 3. Напрямлений граф функціонування УСОП, що складається із двох військових частин (по два підрозділи НГУ у кожній частині)

системі (3), яка для знайдених значень $\lambda_1 = 1$ [доба⁻¹] і $\lambda_2 = 1$ [доба⁻¹], відомих $\mu_1 = 1$ [доба⁻¹] і $\mu_2 = 2$ [доба⁻¹], а також за умови виконання нерівності (20) перетворюється у систему алгебраїчних рівнянь із нульовими лівими членами.

Розв'язок такої системи дозволяє знайти значення ймовірностей станів стохастичної мережі, яка зображена графом на рис. 3, і звести їх у таблицю.

Таблиця ймовірностей станів графа на рис. 3

P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
0,246	0,246	0,123	0,123	0,123	0,031	0,062	0,031	0,015

Значення ймовірностей обслуговування $P_{\text{обс}}$ потоків протиправних актів у першій та другій частинах УСОП відповідно до графа на рис. 3 і наведеної таблиці знаходять за допомогою виразів

$$P_{\text{обс1}} = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_1} = \frac{\mu_1 \bar{k}_1}{\lambda_1} = \frac{\mu_1}{\lambda_1} \sum_{k=1}^n k P_k = \frac{\mu_1}{\lambda_1} [1(P_1 + P_4 + P_7) + 2(P_3 + P_6 + P_8)] = 0,8, \quad (21)$$

$$P_{\text{обс2}} = \frac{\lambda_{02}}{\lambda_2} = \frac{\mu_2 \bar{k}_2}{\lambda_2} = \frac{\mu_2}{\lambda_2} [1(P_2 + P_4 + P_6) + 2(P_5 + P_7 + P_8)] = 0,924, \quad (22)$$

де \bar{k}_1, \bar{k}_2 – середня кількість залучених підрозділів НГУ відповідно у першій та другій частинах УСОП; $\lambda_{01}, \lambda_{02}$ – значення інтенсивностей протидії потоку протиправних актів відповідно з боку першої та другої частин УСОП.

Сумарне значення ймовірності протидії $P_{\text{обс}\Sigma}$ створеним УСОП вхідному потоку протиправних актів дорівнює:

$$P_{\text{обс}\Sigma} = \frac{\lambda_{01} + \lambda_{02}}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{\mu_1 \bar{k}_2 + \mu_2 \bar{k}_1}{\lambda_1 + \lambda_2} = 0,862. \quad (23)$$

Можна помітити, що подібні характеристики (значення ймовірності протидії) матимуть ті ж військові частини

УСОП, дії яких (кожного з них) подано графом на рис. 4 і описано більш простою системою рівнянь Чепмена–Колмогорова:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= \lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda + \mu) P_1(t) + \lambda P_0(t) + 2\mu P_2(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -2\mu P_2(t) + \lambda P_1(t). \end{aligned} \right\} (24)$$

Розрахунки, проведені за формулами (21) і (22) з використанням значень ймовірностей станів, знайдених із системи (24), показують гарну збіжність результатів і підтверджують достатність умов теореми розбиття Джексона, у разі виконання яких розімкнута мережа загального вигляду є сукупністю незалежних повнодоступних систем масового обслуговування.

Відповідно до розглянутого принципу декомпозиції мережі (УСОП) на окремі вузли (однотипні військові частини) задача зрештою зводиться до аналізу функціонування саме таких вузлів (військових частин), що являють собою стохастичну мережу (функціонування УСОП у районі АТО).

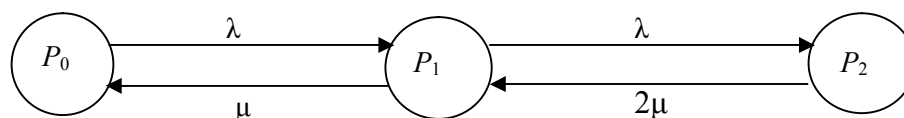


Рис. 4. Граф станів військової частини зі складу УСОП, що налічує два підрозділи НГУ

Висновки

Моделювання службово-бойової діяльності УСОП у районі АТО може бути проведено з використанням математичного апарату теорії відкритих стохастичних мереж, вузлами яких є конфліктні ситуації, до нейтралізації яких залучаються різноманітні військові частини, що формуються з однотипних підрозділів НГУ.

За допомогою математичного апарату теорії стохастичних мереж відкритого типу були визначені часткові [значення елементів матриці ймовірностей $\|P_{jg_i g}\|$ передач щільностей потоку протиправних актів по вузлах мережі (різноманітних військових частинах) у районі проведення АТО, значення елементів матриці-стовпця щільностей $\|\lambda_{jg}\|$ протиправних актів на вході кожного вузла (однотипні військові частини) у межах g -го району проведення АТО], а також загальні [значення ймовірностей обслуговування $P_{\text{обс}j}$ потоків протиправних актів у j -х вузлах (однотипні військові частини) мережі; сумарне значення ймовірності протидії $P_{\text{обс}g}$ вхідному потоку протиправних актів створеним УСОП] показники ефективності службово-бойового застосування об'єднаного УСОП, до складу якого надходять різноманітні підрозділи НГУ.

Використання математичного апарату теорії стохастичних мереж для моделювання УСОП скорочує загальну кількість диференціальних рівнянь стану процесу до кількості різноманітних військових частин, що істотно впливає на оперативність визначення показника ефективності службово-бойового застосування об'єднаного угруповання сил охорони правопорядку, необхідного під час приймання рішення командиром на проведення АТО.

Список використаних джерел

1. Шмаков, О. М. Роль внутрішніх військ у збройному конфлікті [Текст] / О. М. Шмаков, Г. М. Мірошніченко // Честь і закон. – 2010. – № 1. – С. 17–20.

2. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 4-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2007. – 479 с.

3. Гражданская война в Сирии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

4. Денисов, А. А. Теория больших систем управления [Текст] : [учеб. пособие для ВУЗов] / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 288 с.

5. Городнов, В. П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО [Текст] / В. П. Городнов. – Харьков : ВИРТА, 1987. – 380 с.

6. Овчаренко, В. В. Методика оцінювання існуючого рівня підготовленості військовослужбовців підрозділу спеціального призначення внутрішніх військ до виконання бойових завдань по знешкодженню озброєних злочинців [Текст] / В. В. Овчаренко // Честь і закон. – 2011. – № 2. – С. 45–51.

7. Дробаха, Г. А. Представление системы огня группировки ПВО в виде совокупности стохастических сетей / Г. А. Дробаха, В. В. Обрядин // Збірник наукових праць ХВУ. – Х. : ХВУ, 1999. – № 4 (26). – С. 78–81.

8. Оцінка можливих втрат особового складу підрозділів внутрішніх військ під час виконання службово-бойових завдань [Текст] / В. В. Обрядін, В. І. Тробюк, Р. Л. Решетило, П. В. Пістряк // Честь і закон. – 2008. – № 2. – С. 7–10.

9. Хамзатов, М. М. Влияние концепции сетевцентрической войны на характер современных операций [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pentagonus.ru/publ/>

10. Антоненко, В. В. Задача раціонального розміщення нарядів з охорони громадського порядку під час виконання завдань патрульно-постової служби [Текст] / В. В. Антоненко, В. В. Обрядін, П. В. Пістряк // Честь і закон. – 2012. – № 1. – С. 38–40.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2014 р.

Рецензент – доктор військових наук, професор І. О. Кириченко, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, Україна