

УДК 355.1

О. В. МАЙСТРЕНКО,*кандидат військових наук, професор кафедри,***Р. В. БОНДАР,** *заступник начальника кафедри,***Р. В. БУБЕНЩИКОВ,** *викладач,***С. І. СТЕГУРА,** *старший викладач**(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)***О. Б. ПОПКОВ,** *ад'юнкт**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, м. Київ)*

Удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань з вогневого ураження противника

Стаття присвячена використанню підходів теорії масового обслуговування для удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань з вогневого ураження противника (ВУП) за рахунок уточнення параметрів системи масового обслуговування (СМО), зокрема урахування обмеженого часу очікування заявки в черзі, що дозволить врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, тип організаційного об'єднання органів управління, а також надати відповідні рекомендації щодо підвищення рівня імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП.

Ключові слова: теорія масового обслуговування, модель прийняття рішення на виконання завдань, вогневе ураження противника.

Статья посвящена использованию подходов теории массового обслуживания для усовершенствования модели принятия решения на выполнение заданий ОПП за счет уточнения параметров СМО, в частности учета ограниченного времени ожидания заявки в очереди, что позволит учесть динамику получения разведывательных сведений, тип организационного объединения органов управления, а также предоставить соответствующие рекомендации относительно повышения уровня вероятности реализации информации об объекте поражения во время ОПП.

Ключевые слова: теория массового обслуживания, модель принятия решения на выполнение заданий, огневое поражение противника.

Результати багатофакторного аналізу останніх збройних конфліктів свідчать про тенденцію до зменшення часу на цикл виявлення-ураження [1-3]. Зменшення часу дозволяє підвищити інтенсивність виконання завдань та, відповідно, і ефективність безпосереднього вогневого впливу на противника. Одним з ключових етапів циклу виявлення-ураження є етап прийняття рішення [2]. Результати аналізу останніх збройних конфліктів свідчать про недосконалість організації прийняття рішень, особливо під час вогневого ураження противника (ВУП) [3]. До основних недоліків під час прийняття рішень на виконання завдань з ВУП відносяться: неможливість врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей та, відповідно, розподілити завантаженість засобів вогневого впливу в процесі ВУП [2], досить часте неврахування актуальності відомостей про об'єкт ураження по відношенню до давності їх отримання [3]. Найбільш важливим, на думку авторів, проблемним питанням є неможливість визначити імовірність реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП [1-2].

Таким чином, у практиці прийняття рішень на виконання завдань з ВУП виникла нагальна потреба в пошуку таких шляхів удосконалення організаційних заходів, які б дозволили врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, а також підвищити рівень імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП.

Результати аналізу досліджень питань, пов'язаних з прийняттям рішень на виконання завдань ВУП [4-7], свідчать, про намагання дослідників визначити певні характеристики органів управління, що, на їхню думку, найбільше впливають на ефективність функціонування військового формування. На жаль, досить часто в дослідженнях не враховується динаміка зміни означених характеристик, іншими словами, інтенсивність зміни станів органу управління [4-5]. У той же час, існують дослідження, пов'язані з визначенням динаміки зміни певних характеристик органів управління [6-7]. Однак формалізація процесу прийняття рішення проведена без урахування терміну актуальності розвідувальних відомостей та функціональних зв'язків між органами управління, що не дозволяє адекватно визначити імовірність реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП. Певна частина робіт базується на підходах теорії масового обслуговування [6-7]. Сутність їх полягає в представленні моделі прийняття рішень як системи масового обслуговування (СМО) з відповідними властивостями. Хоча СМО дозволяє врахувати більшість зазначених проблемних питань, однак в дослідженнях не завжди параметри моделі вибираються відповідно до параметрів органів управління.

Таким чином, в теоретичному плані в питаннях, пов'язаних з прийняттям рішень на виконання завдань з ВУП, виникла нагальна потреба в удосконаленні моделі прийняття рішення за рахунок уточнення параметрів СМО.

Метою та завданням статті є використання підходів теорії масового обслуговування для удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань з ВУП.

Для будь-якої СМО основним чинником, що визначає процеси, які протікають в ній, є потік заявок, що надходять на вхід СМО [8]. Для умов моделі прийняття рішення на виконання завдань з ВУП потоком заявок у загальному вигляді є розвідувальна інформація. Однак, виходячи з визначення, що потоком заявок називається послідовність подій, які наступають одна за одною у випадкові моменти часу [8], необхідно детермінувати розвідувальну інформацію для перетворення її на заявки. Для умов дослідження пропонується під заявкою розуміти об'єкт для ураження, який отриманий розвідувальними органами.

Стосовно потоку заявок необхідно розглянути його характеристики для визначення типу процесу, що буде характеризувати модель СМО. До основних характеристик потоку відносяться: стаціонарність, ординарність, відсутність післядії [8-9].

Сутність стаціонарності потоку полягає в тому, що імовірність потрапляння будь-яких подій у проміжок часу не залежить від початку проміжку, а залежить тільки від його довжини [8-9]. Зважаючи на випадковий характер отримання відомостей про кожен об'єкт для ураження та враховуючи відносно невеликий проміжок часу проведення операції (бою), можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження буде стаціонарним.

Ординарність потоку характеризується імовірністю появи на елементарному проміжку часу лише однієї події (заявки) [8-9]. Відносно потоку надходження відомостей про об'єкти для ураження можна зауважити, що кількість і можливості засобів розвідки та можливості противника щодо маскування обумовлюють практичну неможливість викриття більше одного об'єкта для ураження одночасно. Тому для умов дослідження можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження буде ординарним.

Стосовно відсутності післядії необхідно зауважити, що надходження інформації про об'єкти для ураження в органи управління буде залежати в основному від кількості та характеристик сил і засобів розвідки. У той же час, кількість розвіданих об'єктів для ураження в

певний момент часу в цілому не залежить від кількості розвіданих об'єктів для ураження до цього моменту. Тому можливо припустити, що потік надходження відомостей про об'єкти для ураження має таку характеристику, як відсутність післядії.

Враховуючи означені характеристики потоку надходження відомостей про об'єкти для ураження (далі – заявки), зокрема: стаціонарність, ординарність та відсутність післядії – можливо стверджувати, що потік є найпростішим (стаціонарним пуассонівським) [8-9]. Відповідно можливо припустити, що потік команд на виконання завдання щодо ураження об'єкта (далі – оброблених заявок) є також найпростішим. Таким чином, розподіл заявок на вході та оброблених заявок на виході СМО підпорядковується експоненціальному закону розподілу.

Звичайно об'єкти для ураження мають певний час актуальності [2-3, 6-7]. Тобто через певний час об'єкт може змінити позицію, що, відповідно, призведе до його неуразнення під час виконання завдання. Таким чином, параметром моделі СМО пропонується обрати обмежений час перебування заявки в черзі. Так, якщо заявка до встановленого терміну не буде обслугована, тобто рішення на ураження не передане до засобів ураження, то вона виходить із черги та залишає систему необслугованою, тобто кожна заявка виходить із черги із середньою інтенсивністю $\nu = 1/t_{оч}$ заявок за одиницю часу [8-9].

Також необхідно врахувати той факт, що органи управління в залежності від організаційної структури будуть певним чином об'єднані в ієрархічну систему. Основними типами об'єднання прийнято вважати централізовану та мережецентричну [10]. Основною відмінністю цих об'єднань полягає в здатності потоку інформації змінювати свій напрямок у залежності від умов. Тому пропонується в моделі передбачити блок розпізнавання (визначення) типу об'єднання в ієрархічну структуру органів управління. Однак внаслідок відносно невеликого об'єму статті пропонується розглянути тип об'єднання в ієрархічну структуру органів управління як вхідний параметр.

Так, у разі мережецентричного об'єднання СМО можна представити у вигляді комплексу одноканальних СМО, об'єднаних в єдину структуру з рівномірним

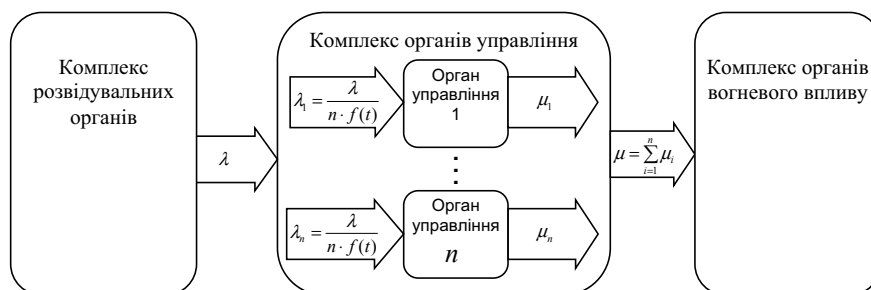


Рис. 1. Загальний вигляд підсистем ВУП структурно об'єднаних мережецентрично

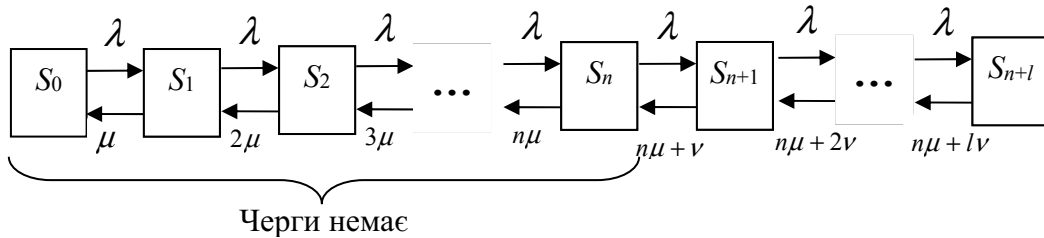


Рис. 2. Загальний вигляд графа станів багатоканальної СМО з обмеженим часом очікування

розподілом потоку заявок у залежності від рівня ієрархії (рис. 1) та часу функціонування.

Умови функціонування СМО: система складається з n однотипних каналів (кількість груп, що можуть приймати рішення на виконання завдань з ураження об'єктів), причому кількість каналів буде змінюватись (зменшуватись) під впливом певних факторів, основним з яких є вогневий вплив противника; на вхід системи надходить найпростіший потік заявок із середньою інтенсивністю λ ; обслуговані заявки створюють вихідний потік з інтенсивністю μ (для одного каналу); довжина черги l ; середня інтенсивність виходу однієї заявки з черги дорівнює ν заявок за одиницю часу; $f(t)$ – функція виходу з ладу (відмов) каналів за певний час [8–9].

Система такого типу в процесі роботи переходить з одного стану до іншого під впливом трьох якісно різних потоків подій: потоку заявок, що надходить на обслуговування λ ; потоку обслугованих заявок з інтенсивністю μ ; потоку заявок, що виходять з черги (системи) необслугованими з інтенсивністю $l\nu$ (l – число заявок, що знаходяться в черзі) [8–9].

При розгляді СМО в певний зріз часу комплекс одноканальних СМО трансформується в багатоканальну СМО з кількістю каналів $n \cdot f(t)$. Таким чином, з певним спрощенням можливо розглянути органи управління як багатоканальну СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі.

Багатоканальна СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі має такі стани: S_0 – всі канали вільні, черги немає; S_1 – зайнятий один канал, решта $n - 1$ вільні, черга відсутня; ...; S_n – зайняті всі n каналів, черга відсутня; S_{n+1} – зайняті всі n каналів, одна заявка стоїть у черзі; S_{n+2} – зайняті всі n каналів, дві заявки стоїть у черзі; ...; S_{n+l} – зайняті всі n каналів, l заявок стоять у черзі і так далі [8–9].

Марковський випадковий процес, що відбувається в СМО, також буде являти собою процес „загибелі та розмноження” [8], тому що всі потоки є найпростішими та переводять систему зі стану до стану у протилежних напрямках. Граф станів системи має такий вигляд (рис. 2).

Для спрощення пропонується прийняти такі позначення: $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ – зведена інтенсивність потоку заявок, що надходять в СМО; $\beta = \frac{\nu}{\mu}$ – зведена інтенсивність потоку виходу заявок зі СМО необслугованими [8].

Використовуючи правило визначення граничних ймовірностей станів системи, можна записати таку систему рівнянь [8–9]:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0 = \frac{\alpha}{1!} p_0; \\ p_2 = \frac{\lambda}{\mu \cdot 2\mu} p_0 = \frac{\alpha^2}{2!} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_n = \frac{\lambda^n}{n!} p_0; \\ p_{n+1} = \frac{\lambda^n}{n!} \cdot \frac{\lambda}{n\mu + \nu} p_0 = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha}{n + \beta} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_{n+l} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^l}{(n + \beta)(n + 2\beta) \dots (n + l\beta)} p_0 = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n + m\beta)} p_0. \\ \dots \dots \dots \end{cases}$$

Для знаходження p_0 необхідно ввести рівняння (умову) $p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_n + \dots + p_{n+l} = 1$. Відповідно підставивши існуючі рівняння отримаємо такий вираз:

$$p_0 + \frac{\alpha}{1!} p_0 + \frac{\alpha^2}{2!} p_0 + \dots + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 \left[\frac{\alpha}{n + \beta} + \frac{\alpha^2}{(n + \beta)(n + 2\beta)} + \dots + \frac{\alpha^l}{(n + \beta)(n + 2\beta) \dots (n + l\beta)} \right] = 1,$$

звідки

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n + m\beta)} \right]^{-1},$$

Відповідно імовірність відмови від обслуговування заявки [8–9] (термін перебування відомостей про об'єкт противника в черзі більше терміну актуальності означених відомостей)

$$P_{\text{від}} = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n + m\beta)}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (n + m\beta)}}.$$

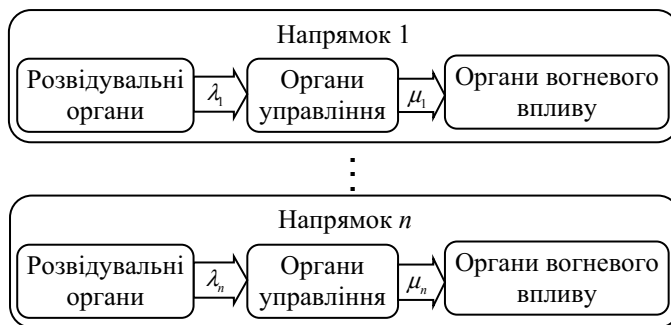


Рис. 3. Загальний вигляд підсистем ВУП структурно об'єднаних централізовано

У разі централізованого об'єднання СМО можливо представити у вигляді певного набору напрямків, в якому потік заявок розподіляється відповідно до можливостей кожного з потоків (рис. 3).

У такому випадку органи управління можливо представити як комплекс одноканальних СМО з обмеженим часом очікування та необмеженою кількістю місць у черзі, що має такі стани: S_0 – канал вільний, черги немає; S_1 – канал зайнятий, черга відсутня; S_{1+1} – канал зайнятий, одна заявка стоїть у черзі; S_{1+2} – канал зайнятий, дві заявки стоїть у черзі; ...; S_{1+l} – канал зайнятий, l заявок стоять у черзі і так далі.

Граф станів системи має такий вигляд (рис. 4).

Система рівнянь граничних ймовірностей станів для одного ланцюга набуде вигляду

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0 = \frac{\alpha}{\beta} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_{1+i} = \frac{\lambda^i}{\mu + i\beta} p_0 = \frac{\alpha^i}{\beta^i} p_0; \\ \dots \dots \dots \\ p_{1+l} = \frac{\alpha^{l+1}}{(1 + \beta)(1 + 2\beta)\dots(1 + l\beta)} p_0 = \frac{\alpha^{l+1}}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)} p_0; \\ \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

Відповідно імовірність того, всі канали вільні, черги немає (для одного ланцюга) можливо визначити за формулою

$$p_0 = \left[\alpha + \alpha \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)} \right]^{-1},$$

Імовірність відмови від обслуговування заявки

$$P_{від} = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\alpha \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)}}{\alpha + \alpha \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\alpha^l}{\prod_{m=1}^l (1 + m\beta)}}.$$

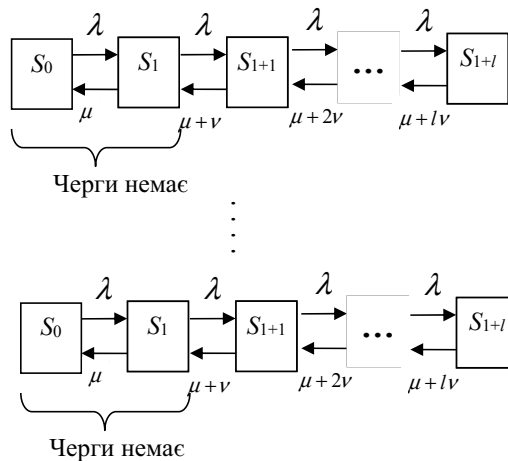


Рис. 4. Загальний вигляд графа станів комплексу одноканальних СМО з обмеженим часом очікування

Зважаючи на прийняті допущення про однорідність органів управління, можливо стверджувати, що в разі централізованого об'єднання можливо застосувати підходи динаміки середніх. Сутність підходу полягає в дослідженні одного об'єкта із всієї сукупності за умови їх однорідності та відповідно за результатами досліджень робити висновки про середні значення параметрів решти об'єктів.

Зважаючи на означені теоретичні викладки загальний вигляд моделі прийняття рішення можливо представити у вигляді блок-схеми (рис. 5).

Висновки. Таким чином, у статті розглянута удосконалена модель прийняття рішення на виконання завдань з ВУП з використанням підходів теорії масового обслуговування та за рахунок уточнення параметрів СМО, зокрема урахування обмеженого часу очікування заявки в черзі, що дозволить врахувати динаміку отримання розвідувальних відомостей, тип організаційного об'єднання органів управління, а також дозволить надати відповідні рекомендації щодо підвищення рівня імовірності реалізації інформації про об'єкт ураження під час ВУП.

Подальші дослідження пропонується присвятити обґрунтуванню методичних рекомендацій щодо підвищення ступеня реалізації спроможностей органів управління під час прийняття рішення на виконання завдань з ВУП.

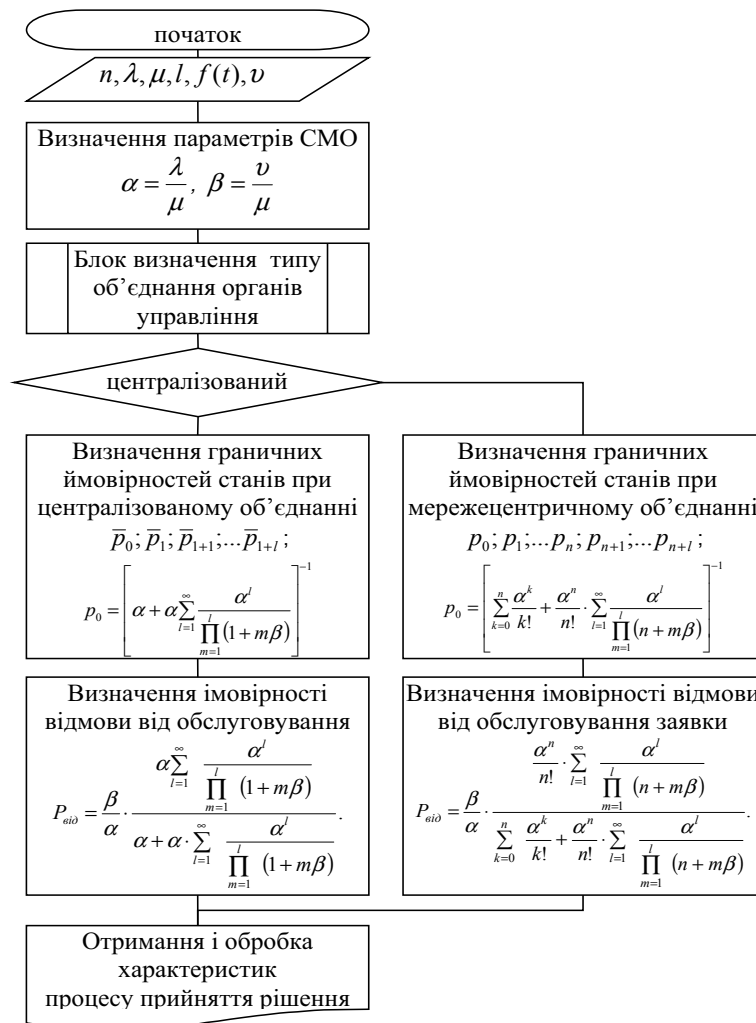


Рис. 5. Загальний вигляд блок-схеми удосконаленої моделі прийняття рішення

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Майстренко О. В. Аналіз форм і способів застосування ракетних військ і артилерії у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть // Матеріали науково-практичного семінару «Роль і місце ракетних військ і артилерії в системі вогневого ураження за досвідом їх застосування у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть». Львів : АСВ, 2013. С. 25–29.
2. Майстренко О. В. Тенденції розвитку форм і способів застосування ракетних військ і артилерії у локальних війнах та збройних конфліктах останніх десятиліть // Матеріали доповідей науково-практичного семінару кафедри ракетних військ і артилерії «Перспективи бойового застосування ракетних військ і артилерії ЗС України». Львів : АСВ, 2015. С. 8–12.
3. Майстренко О. В., Репіло Ю. Є. Підхід до визначення бойових можливостей угруповання в бою (операції) // Труды ЦВСД. № 3 (49). К. : НУОУ, 2013. С. 55–59.
4. Троценко К. А. О реализации боевых возможностей тактической группировки войск // Военная мысль. 2008. № 6. С. 70–75.
5. Калиновский О. Н. Об оценке огневых возможностей войск в операции // Военная мысль. 1996. № 5 (9-10). С. 52–56.
6. Морозов Н. А., Баков В. В. К методике параметризации модели для оценки боевых возможностей группировок войск (сил) в операциях // Научно-технический сборник МО РФ. 2003. № 1. С. 24–31.
7. Майстренко О. В., Репіло Ю. Є., Демидко Д. Л. Визначення області доцільних значень для показників точності та раптовості вогню артилерії (ударів ракет) // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони / НУОУ. 2015. № 1 (22). С. 79–83.
8. Новиков О. А., Петухов С. І. Прикладные вопросы ТМО. М. : Сов. радио, 1969. 320 с.
9. Гнеденко Б. В., Коваленко Н. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М. : Наука, 1987.
10. Майстренко О. В., Соколовський С. М., Артамощенко В. С. Удосконалення методики оцінювання ефективності ураження системи бойового управління противника НУОУ // Труды університету. 2012. № 6 (112). С. 43–46.

Стаття надійшла до редколегії 27.04.2018

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)