

В. В. Коваль, Є. В. Левіщенко

Воєнно-наукове управління Генерального штабу Збройних Сил України, Київ, Україна

ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Анотація. Формування цільової функції системи моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах є важливим аспектом при здійсненні оцінки складу системи. Оскільки система моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах є складаною організаційно-технічною системою, то формування цільової функції має бути здійснено на основі оцінок вимог до неї. Об'єктом дослідження є процес дослідження складної системи моніторингу та попередження військ про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах. В статті розроблено підхід визначення цільової функції системи моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах, який дозволяє здійснювати оцінку варіантів формування даної системи та оцінити рекомендації направлених на підвищення ефективності її функціонування. Розробка цільової функції системи моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах дозволяє проводити порівняння варіантів формування даної системи, а також здійснювати оцінювання відповідних рекомендацій щодо підвищення ефективності її функціонування.

Ключові слова: система моніторингу, система попередження, цільова функція, ефективність, ресурс, потенційно небезпечні об'єкти, надзвичайні ситуації.

Постановка проблеми

Система моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації (СМПВНС) на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) є складаною організаційно-технічною системою з притаманними їй відповідними системними ознаками (наявності призначення, мети застосування, ефекту, матеріального і інформаційного ресурсу, структури, процесу перетворення ресурсу в ефект, управління), системними властивостями (емерджентність, сталість, адаптивність, керуємість) та системними характеристиками (продуктивність ресурсів, потенціал здатності, ефективність) [1-7]. При цьому складність СМПВНС полягає у тому, що вона є композицією взаємодіючих підсистем управління силами та технічними засобами моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на ПНО, сил та технічних засобів моніторингу надзвичайних ситуацій на ПНО, сил та технічних засобів попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на ПНО, ресурсного забезпечення функціонування СМПВНС на ПНО, з різними функціями, що утворює загальносистемну функцію. Мета пізнання складної СМПВНС на ПНО математично формулюється через цільову функцію системи. Цільова функція СМПВНС на ПНО є математичним описом мети, досягнення якої вимагається під час розв'язання реальної задачі. При цьому потрібно враховувати, що неправильно сформована цільова функція призводить до утруднень або навіть зриву оцінювання ефективності вирішення поставлених перед системою завдань. У таких умовах правильний вибір і формулювання цільової функції СМПВНС на ПНО є однією з основних умов успішного дослідження

даної складаної системи, що і обумовлює актуальність даної тематики.

Метою статті є розробка цільової функції системи моніторингу та попередження військ (сил) про надзвичайні ситуації на потенційно небезпечних об'єктах, що дозволяє здійснювати її оцінку як складної організаційно-технічної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінювання ефективності виконання СМПВНС на ПНО окремих завдань розкрито у низці наукових праць [8-10]. Проте у даних працях не в повній мірі відображено питання формування цільової функції СМПВНС на ПНО. Це не дозволяє проводити об'єктивне порівняння варіантів формування даної системи, а також здійснювати оцінювання відповідних рекомендацій щодо підвищення ефективності її функціонування.

Виклад основного матеріалу

Проблема вибору цільової функції СМПВНС на ПНО полягає у необхідності встановлення ознак (або сукупності ознак), по якій (яких) визначається перевага того чи іншого варіанту системи. З урахуванням того, що СМПВНС на ПНО є складною системою під час порівняння варіантів даної системи необхідно оперувати показниками, які характеризують різноманітні властивості, особливості та ознаки системи [11]:

оперативність функціонування системи – α_1 ;
повнота забезпечення військ (сил) інформацією про надзвичайні ситуації на ПНО – α_2 ;
стійкість функціонування системи – α_3 ;
якість організації взаємодії – α_4 ;
витрати ресурсу на розгортання та функціонування системи – α_5 ;

достовірність отриманих даних про надзвичайну ситуацію на ПНО – α_6 ;

стан збереження спроможностей військ (сил) в умовах виникнення надзвичайної ситуації на ПНО – α_7 .

У таких умовах виникає задача формування цільової функції по сукупності ознак, тобто з'являється проблема багатокритеріальності, яка є найбільш загальною в теорії складних систем.

Тому для правильного формування цільової функції СМПВНС на ПНО необхідно оцінити вимоги, яким вона повинна відповідати [4-7]:

цільова функція повинна формуватися з урахуванням теорії пізнання, тобто вона повинна бути об'єктивною, відносною, конкретною, мати якісний фізичний зміст і об'єктивно відображати процес функціонування системи;

цільова функція повинна бути представницькою на всіх рівнях ієрархії системи, тобто відтворювати фізичний зміст цілей системи, й у той же час має бути прийнята за цільову функцію на будь-якому рівні ієрархії;

цільова функція повинна бути критичною (чутливою) до структури і параметрів підсистем будь-якого рівня ієрархії в необхідному обсязі, тобто, вона повинна бути виражена через такі узагальнені параметри системи, що є чутливими до будь-яких параметрів складових підсистем;

цільова функція повинна враховувати розмір цілі системи і витрати на її досягнення;

цільова функція повинна враховувати тривалість процесу функціонування системи;

цільова функція повинна враховувати випадковий характер процесів, які представляють функціонування даної системи.

Виходячи з даних вимог цільова функція СМПВНС на ПНО повинна базуватися на тріаді функцій: “ефективність” – “вартість” – “час”.

Тому під час реалізації цих вимог для вибору і формування цільової функції СМПВНС на ПНО необхідно вирішувати такі специфічні задачі [4]:

встановлення коректного жорсткого формалізованого взаємозв'язку між метою даної системи і потрібними ресурсами для її забезпечення (взаємозв'язок між ефективністю СМПВНС на ПНО та вартістю витраченого для досягнення її заданого рівня ресурсу);

пошук формульних виразів цільової функції, які з однаковою достовірністю дозволили б проводити оцінку ефективності функціонування СМПВНС на ПНО на всіх рівнях ієрархії;

пошуку такої форми запису цільової функції, яка дозволяє проводити дослідження СМПВНС на ПНО для отримання її глобального екстремуму.

Цільова функція СМПВНС на ПНО як критеріальна функція і функції дисциплінуючих умов (обмеження) залежать від значної кількості параметрів системи. Як правило, під час вирішення багатокритеріальної задачі одна з функцій з визначеної тріади функцій (“ефективність”, E – “вартість”, C – “час”, T) вибирається у якості головної, а дві інші переводяться в розряд дисциплінуючих.

З урахуванням визначеної мети функціонування організаційно-технічної СМПВНС на потенційно небезпечних об'єктах, яка полягає в формуванні складу сил і технічних засобів моніторингу та оповіщення військ про НС на потенційно небезпечних об'єктах, спроможних забезпечити необхідний рівень ефективності функціонування даної системи, у якості цільової функції доцільно прийняти такий критерій ефективності:

$$ES = (ES_i \geq ES_{необ}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$C \leq C_{пр}, T \leq T_{зад},$$

де ES – узагальнений показник ефективності функціонування СМПВНС на ПНО; ES_i – узагальнений показник ефективності функціонування СМПВНС на ПНО у i -й період; $ES_{необ}$ – узагальнений показник ефективності функціонування СМПВНС на ПНО при якому система відповідає своєму призначенню; C – вартість витрат ресурсу на розгортання та функціонування системи СМПВНС на ПНО *тис. грн.*; $C_{пр}$ – прийнята на визначений період операції (бойових дій) вартість витрат ресурсу на розгортання та функціонування системи СМПВНС на ПНО, *тис. грн.*; T – час розгортання системи СМПВНС на ПНО, *год.*; $T_{зад}$ – заданий час розгортання системи СМПВНС на ПНО *год.*

Ефективна точка в процесі вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації визначається в області компромісів [11]. Для визначення екстремуму в області компромісів необхідно перейти від задачі векторної оптимізації до задачі нелінійної оптимізації із спеціально сконструйованою скалярною цільовою функцією [4]. Тому для оцінювання ступеню відповідності СМПВНС на ПНО цільовому призначенню доцільно застосувати прийнятий на основі концепції придатності критерій середнього результату [7, 11].

З урахуванням цього, з метою визначення узагальненого показника ефективності функціонування СМПВНС на ПНО можна використати метод, сутність якого полягає у побудові узагальненого показника за допомогою адитивного перетворення (згортання) сукупності часткових показників, що характеризують різноманітні властивості даної системи [11].

Для застосування даного методу необхідно визначити коефіцієнти їх відносної важливості (ваги), що здійснюється за допомогою експертного оцінювання. Зрозуміло, що така процедура вносить суб'єктивний фактор у вибір раціонального варіанту СМПВНС на ПНО за наявності показників, які отримані об'єктивними методами. Крім того, застосування адитивного перетворення для побудови узагальненого показника допускає необмежену можливість компенсації часткових показників. Тому застосування адитивного перетворення можливе тільки за умови зміни часткових показників у вузькому діапазоні [11]:

$$ES = \sum_{j=1}^R x_j \alpha_j; \sum_{j=1}^R x_j = 1, \quad (2)$$

де x_1, x_2, \dots, x_R – коефіцієнти відносної важливості (вага) показників α_j .

З урахуванням (1) сутність визначення цільової функції СМПВНС на ПНО буде полягати у пошуку таких значень ES при яких максимізується узагальнений показник, а його значення не буде гірше за необхідне.

Для визначення значень узагальненого показника ES доцільно використати вербально-числову (змішану) шкалу, що включає у себе як елементи вербальної шкали – змістовний опис градацій, так і числові характеристики – числові значення, що відповідають кожній з градацій. Така шкала дозволяє виміряти ступень вираженості показника, який має суб'єктивний характер [12, 13].

У сучасних дослідженнях пов'язаних із військовою справою широко застосовують вербальну шкалу Харрінгтона, для якої чисельні значення градації отримані на основі аналізу й обробки значного обсягу статистичних даних (табл 1.) [12, 13].

Проте під час оцінювання об'єктів за критерієм, що допускає тільки суб'єктивну оцінку фахівців експертів, доцільно використовувати спеціальну шкалу, яка відображає специфіку прийняття управ-

лінського рішення [14]. У такій шкалі (табл. 1) перелік градацій обрано таким чином, щоб їх змістовні інтерпретації забезпечували вибір рішень, при яких ступінь відповідності СМПВНС на ПНО був на рівні не нижче необхідного.

Результати проведеного аналізу даних наведених в табл. свідчать, що при значеннях $ES \geq 0,7$ СМПВНС на потенційно небезпечних об'єктах відповідає своєму призначенню.

Для прикладу розглянемо визначення цільової функції для централізованого та комбінованого варіантів формування СМПВНС на потенційно небезпечних об'єктах.

Вихідні дані для визначення цільової функції для даних варіантів формування системи наведено в табл. 2.

При цьому враховується такі обмеження: прийнята на визначений період операції (бойових дій) вартість витрат ресурсу на розгортання та функціонування системи СМПВНС на ПНО –

$$C_{пр} \leq 190\,000,00 \text{ тис. грн.};$$

заданий час розгортання системи СМПВНС на ПНО –

$$T_{зад} \leq 72 \text{ год.}$$

Таблиця 1 – Спеціальна шкала оцінювання ступеня відповідності СМПВНС на ПНО своєму призначенню

Значення показника (ES)	Характеристика показника
1,0	Повністю відповідає
0,92	Відповідає
0,84	Малий ризик невідповідності
0,77	Надійна
0,69	Є певний ризик невідповідності
0,62	Визнається можливість невідповідності
0,54	Має суттєві невідповідності
0,46	Частково не відповідає
0,39	Частково відповідає
0,30	Має суттєві невідповідності
0,23	Ненадійна
0,16	Великий ризик невідповідності
0,08	Не відповідає
0,0	Повністю не відповідає

Таблиця 2 – Вихідні дані для визначення цільової функції СМПВНС на ПНО

Варіанти формування СМПВНС на ПНО	Значення показників α_j для							Вартість витрат ресурсу – С, тис. грн.	Час розгортання та функціонування системи – Т, год.
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7		
Централізований	0,51	0,54	0,48	0,61	0,49	0,52	0,65	185 265,22	68
Комбінований	0,69	0,61	0,75	0,69	0,68	0,72	0,69	186 898,75	71
Коефіцієнти відносної важливості (ваги) показників x_j	0,18	0,09	0,11	0,12	0,11	0,19	0,2	–	–

У результаті проведених розрахунків отримуємо такі значення цільової функції СМПВНС на ПНО:

для централізованого варіанта формування системи:

$$C (185\,265,22 \text{ тис. грн.}) \leq C_{пр} (190\,000,00 \text{ тис. грн.});$$

$$T (71 \text{ год.}) \leq T_{зад} (72 \text{ год.});$$

узагальнений показник ефективності функціонування СМПВНС на ПНО $ES \geq 0,55$;

ступінь відповідності СМПВНС на ПНО своєму призначенню – “визнається можливість невідповідності СМПВНС на потенційно небезпечних об'єктах своєму призначенню”;

для комбінованого варіанта формування системи:

$C (186\ 898,75 \text{ тис. грн.}) \leq C_{np} (190\ 000,00 \text{ тис. грн.});$

$T (68 \text{ год.}) \leq T_{зад} (72 \text{ год.});$

узагальнений показник ефективності функціонування СМПВНС на ПНО $ES \geq -0,69$;

ступень відповідності СМПВНС на ПНО своєму призначенню – “є певний ризик невідповідності СМПВНС на ПНО своєму призначенню”.

За результатами проведених розрахунків та отриманих значень цільової функції СМПВНС на ПНО комбінований варіант формування системи є кращим, але для його реалізації необхідно провести комплекс заходів щодо підвищення ефективності функціонування даної системи, насамперед, для підсистем, що впливають на показники з найбільшими коефіцієнтами відносної важливості:

оперативність функціонування системи, $\alpha 1$;
достовірність отриманих даних про надзвичайну ситуацію на ПНО, $\alpha 6$;

стан збереження спроможностей військ (сил) в умовах виникнення надзвичайної ситуації на ПНО, $\alpha 7$).

Висновки

Таким чином, запропонований підхід визначення цільової функції СМПВНС на ПНО дозволяє проводити порівняння варіантів формування даної системи, а також здійснювати оцінювання відповідних рекомендації щодо підвищення ефективності її функціонування. Напрямом подальшого дослідження є розроблення відповідної методики для визначення раціонального варіанту СМПВНС на ПНО.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Елементи дослідження складених систем військового призначення / О. М. Загорка, С. П. Мосов, А. І. Сбітнев та ін. – К.: НАОУ, 2005. – 100 с.
2. Жуков Г. П., Викулов С. Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций: Учебник. – М.: Воениздат, 1987. – 440 с.
3. Исследование операций. – К.: Выща шк. Головное изд-во., 1988. – 552 с.
4. Военна наука як фундаментальна основа наукових досліджень і підготовки фахівців вищих навчальних закладів Збройних Сил України / А. В. Крижний, А. В. Кучинський, С. В. Лапицький та ін., під заг. Ред. В. Б. Толубка. – К.: НАОУ, 2003. – 559 с.
5. Большие технические системы: проектирование и управление / Л. М. Артюшин, Ю. К. Зиятдинов, И. А. Попов и др. / Под ред. И. А. Попова. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
6. Тараканов К. В. Математика и вооруженная борьба. – М.: Воениздат, 1974. – 240 с.
7. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов: учебник. – Часть I. Методология, методы, модели. – М.: МО СССР, 1989. – 660 с.
8. Методика роботи командирів і штабів, форми бойових документів із забезпечення РХБ захисту: Навчальний посібник / Л. Ф. Кузьменко, О. В. Хіврич, О. В. Джежулей та ін./ Під ред. Р. М. Факадея – К.: НАОУ, 2002. – 172 с.
9. Михайлова А.В. Система моніторингу та попередження про надзвичайні ситуації в зоні проведення операції об'єднаних сил: дис.канд.тех.наук: 21.02.03. Київ, 2020. – 236 с.
10. Стрижевський В.В., Музиченко Д.П. Надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру. Участь формувань сухопутних військ збройних сил України у ліквідації наслідків надзвичайних ситуації природного та техногенного характеру: Навч. посіб. – К.: НАОУ, 2007. – 58 с.
11. Елементи дослідження складених систем військового призначення / О. М. Загорка, С. П. Мосов, А. І. Сбітнев та ін. – К.: НАОУ, 2005. – 100 с.
12. Швец А. В. Информационная система мониторинга состояний сложных объектов на основе метода вербально-числового риска : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01. Воронеж, 2017.– 124 с.
13. Харингтон Д. Управление качеством в американских корпорациях. – М.: Экономика, 1990. – 272 с.
14. Универсальная вербально-числовая шкала Харингтона. – URL// [https:// helpiks/org / 3-20657.html](https://helpiks.org/3-20657.html) (дата звернення : 15.07.2020).

Received (Надійшла) 14.11.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.01.2021

Target function of the monitoring and prevention system troops (emergency) on emergencies on potentially dangerous objects

V. Koval, E. Levishchenko

Abstract. The formation of the target function of the system for monitoring and warning troops (forces) of emergencies at potentially dangerous facilities is an important aspect in assessing the composition of the system. Since the system for monitoring and warning troops (forces) of emergencies at potentially dangerous facilities is a collapsible organizational and technical system, the formation of the target function should be carried out on the basis of assessments of the requirements for it. The object of the research is the process of researching a complex system for monitoring and warning troops about emergency situations at potentially dangerous facilities. The article developed an approach for determining the target function of the system for monitoring and warning troops (forces) of emergencies at potentially dangerous facilities, which allows assessing the options for the formation of this system and assessing recommendations aimed at improving the efficiency of its functioning. The development of the target function of the system for monitoring and warning troops (forces) of emergencies at potentially hazardous facilities makes it possible to compare the options for the formation of this system, as well as to assess the relevant recommendations to improve the efficiency of its functioning.

Keywords: monitoring system, warning system, target function, efficiency, resource, potentially dangerous objects, emergency situations.