Проведення військових місій та операцій з врегулювання кризових ситуацій

УДК 004.94

DOI: 10.30748/nitps.2020.39.13

О.В. Боровик¹, О.В. Андрушко¹, А.В. Качур², Д.О. Боровик²

¹ Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, Хмельницький

² Хмельницький національний університет, Хмельницький

УДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ СИТУАЦІЙ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ КОРДОНУ

У роботі представлено авторський підхід щодо підвищення ефективності розв'язування задачі покращення достовірності визначення допустимого періоду часу на формування і реалізацію рішення, для якого ймовірність переходу певної ситуації в критичну, надзвичайну або катастрофічну не перевищуватиме заданого значення, опис задачі класифікації та розпізнавання рівня небезпеки ситуацій, програмно-алгоритмічне забезпечення його реалізації та варіант застосування до прикладу аналізу функціонування системи охорони державного кордону у випадку впливів диверсійно-розвідувальної групи у межах контрольованого прикордонного району.

Ключові слова: математична модель, критична ситуація, інформованість, достовірність, фактори, причини, алгоритм, програмне забезпечення, система охорони кордону, диверсійно-розвідувальна група.

Вступ

Необхідність дослідження системних задач розпізнавання і запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складних системах різного призначення (технічних, організаційних тощо) безпосередньо впливає з тенденцій та особливостей їх розвитку. Адже часткове або повне руйнування таких систем спричиняє не лише катастрофічні наслідки для них самих, а й призводить до суттєвих збитків, які часто перевищують вартість самих систем. Такі збитки можуть бути як матеріальними, так і не матеріальними (наприклад, іміджевими, політичними, безпековими). Аналіз ряду катастроф у різних галузях людської діяльності, що проведений авторами, свідчить про те, що масштаби втрат можуть бути значно меншими, якщо в позаштатній ситуації вчасно сформулювати і реалізувати раціональні рішення.

Постановка проблеми. На даний час у системному аналізі існують методи, які дозволяють з певною точністю розв'язувати ці задачі. Вони базуються на застосуванні показників інформованості особи, яка приймає рішення (ОПР) [1]. Такі показники в межах дослідження приймаються заданими. Однак результати розв'язків у ряді випадків свідчать про їх незадовільний рівень. Саме тому актуальним

є завдання пошуку підходів до розв'язання задач розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складних системах різного призначення, які б забезпечували достатній рівень об'єктивності розв'язків.

Таким чином, проблемну задачу, яка потребує вирішення, можна сформулювати так.

У процесі функціонування певної системи під впливом множини неконтрольованих факторів ризику деяка штатна ситуація може перейти в критичну, надзвичайну або катастрофічну. Такий перехід може відбуватися упродовж деякого періоду часу, тривалість якого априорі невідома, і який залежить від кількості, властивостей і тривалості впливу факторів. Потрібно визначити такий допустимий період часу на формування і реалізацію рішення, для якого ймовірність переходу ситуації в критичну, надзвичайну або катастрофічну не перевищуватиме задане значення, і який би забезпечував достатній рівень об'єктивності розв'язків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зважаючи на підхід, який пропонується для розв'язання визначеної задачі, актуальним є проведення аналізу існуючих підходів щодо оцінювання інформації у контексті задачі формування рішень.

Одним із найбільш поширених підходів є підхід, що базується на застосуванні показників оціню-

вання кількості інформації. Він описаний у працях Шеннона [2], Колмогорова [3], Кульбака [4]. Подальший розвиток цього підходу пов'язується з роботою основоположника кібернетики Н. Вінера [5]. Поставлені кібернетикою якісно нові проблеми пред'явили нові вимоги до формування вихідної інформації. Одним із основних результатів робіт [2–5] стали запропоновані А. Н. Колмогоровим нові ідеї визначення кількості інформації, на основі яких були розроблені нові підходи: комбінаторний і алгоритмічний.

Однак у працях [2–5] не оцінювалися такі показники якості інформації, як повнота, достовірність, своєчасність. Зважаючи ж на те, що вирішення ряду прикладних системних задач потребувало урахування не лише кількості інформації, а й її якісних характеристик, у наступних роботах науковці почали приділяти увагу цьому аспекту. Саме цим пояснюється той факт, що окремі дослідники пропонували методи перетворення якісних характеристик в кількісні, та подальшу обробку отриманих характеристик звичними для математиків методами. Такий підхід мав місце для фінансової галузі та відповідних прикладних задач.

У сучасній теорії інформаційного аналізу застосовують на увагу методи та підходи, які відображені в роботі Річарда Грінольда та Рональда Кана з Каліфорнійського університету в Берклі [1], яка містить цікаві ідеї щодо формалізації процесу відбору корисної фінансової інформації для формування інвестиційного портфелю. В роботі наведені не тільки теоретичні відомості та загальна математична постановка задачі, а й результати досліджень та застосування запропонованих методів в американських фінансових компаніях. Також автори навели основні переваги й недоліки запропонованих ними методологій, описали основні принципи вибору правильних джерел інформації та методів оцінки їх релевантності.

Розвиток цих ідей знайшов відображення в роботах [6–11], які стосувалися економічних аспектів діяльності, та у працях [12–16], в яких були досліджені інформаційні аспекти забезпечення прийняття рішень в інших галузях людської діяльності.

Незважаючи на достатньо великий перелік наукових праць, які стосуються досліджуваної задачі, на сьогодні ще не до кінця сформовано універсальний підхід, який би дозволяв розв'язувати її, забезпечуючи при цьому достатній рівень об'єктивності рішення.

Метою статті є удосконалення моделі розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складній системі та її апробація на конкретному прикладі.

Виклад основного матеріалу

Здійснимо насамперед математичну постановку задачі, яка досліджуватиметься у роботі.

Математична постановка задачі.

Нехай у процесі функціонування складно керованої системи під впливом множини $\Phi = \{\Phi_j \mid j = \overline{1, n}\}$ неконтрольованих факторів ризи-

ку Φ_j штатна ситуація $S_i \left(i = \overline{1, m} \right)$ може перейти

в критичну, надзвичайну або катастрофічну. Такий перехід може відбуватися упродовж деякого періоду часу, тривалість якого невідома, і який залежить від кількості, властивостей і тривалості впливу (табл. 1) факторів $\Phi_j \in \Phi$.

Таблиця 1

Перехід штатної ситуації
в критичну, надзвичайну або катастрофічну

Найменування ситуації S_i	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на ситуацію			
	Φ_1	Φ_2	...	Φ_n
S_1	+ або -	+ або -	...	+ або -
S_2	+ або -	+ або -	...	+ або -
...	...	...	...	...
S_m	+ або -	+ або -	...	+ або -

У табл. 1 знак “+” означає, що за впливу відповідного фактора штатна ситуація переходить у критичну, надзвичайну або катастрофічну, а знак “-” – фактор ризику не впливає на ситуацію.

Потрібно визначити такий допустимий період часу T_0 на формування і реалізацію рішення, для якого ймовірність переходу ситуації S_i в критичну, надзвичайну або катастрофічну не перевищуватиме задане значення $\eta = \eta_{\text{доп}}$ (тобто визначити допустимий період часу на формування і реалізацію рішення, що запобігає катастрофічній ситуації), а також класифікувати та розпізнати рівень небезпеки ситуацій (тобто встановити чи є ситуація критичною, чи вона надзвичайна, чи катастрофічна).

Удосконалена модель розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складній системі.

В основу моделі пропонується покласти базовий метод, що описаний у роботі [12]. Згідно цього методу насамперед необхідно розрахувати допоміжні коефіцієнти $\alpha_{ij}, \beta_{ij}, \gamma_{ij}$, що характеризують динаміку змін показників інформованості. Ці коефіцієнти знаходяться за формулами [12]:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} e^{\hat{\alpha}_{ij}} \hat{I}_{\Pi}^{ij} 0,5, & \text{якщо } 0 < \hat{\alpha}_{ij} \leq 1, \\ 0, & \text{якщо } \hat{\alpha}_{ij} > 1; \end{cases} \quad (1)$$

$$\beta_{ij} = \begin{cases} (\hat{\alpha}_{ij} + \gamma_{ij}) \hat{I}_T^{ij} 10^{-5}, & \text{якщо } 0 < \hat{\alpha}_{ij} + \gamma_{ij} \leq 1, \\ 0, & \text{якщо } \hat{\alpha}_{ij} > 1; \end{cases} \quad (2)$$

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} e^{\hat{\gamma}_{ij}} \hat{\alpha}_{ij} 0,05, & \text{якщо } 0 < \hat{\alpha}_{ij} \leq 1, \\ 0, & \text{якщо } \hat{\alpha}_{ij} > 1. \end{cases} \quad (3)$$

У виразах (1–3) $\hat{\alpha}_{ij}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень впливу кожного з факторів $\Phi_j \in \Phi$ на властивості ситуації S_i : $\hat{\alpha}_{ij} \in [0;1]$ і визначається експертно. А $\hat{I}_{\Delta}^{ij}, \hat{I}_{\Pi}^{ij}, \hat{I}_T^{ij}$ – це попередні оцінки показників $I_{\Delta}^{ij}, I_{\Pi}^{ij}, I_T^{ij}$, які визначаються в момент виявлення позаштатного режиму функціонування системи: $\hat{I}_{\Delta}^{ij}, \hat{I}_{\Pi}^{ij}, \hat{I}_T^{ij} \in [0;1]$ і, як правило, визначаються експертно. Самі ж показники $I_{\Delta}^{ij}, I_{\Pi}^{ij}, I_T^{ij}$ – це показники, що характеризують достовірність, повноту, своєчасність інформованості ОПР про вплив факторів $\Phi_j \in \Phi$ на властивості ситуації S_i . Їх відшукання здійснюється так:

$$I_{\Delta}^{ij}(t) = \begin{cases} \hat{I}_{\Delta}^{ij}(1 + \gamma_{ij}t), & \text{якщо } 0 < \hat{I}_{\Delta}^{ij}(1 + \gamma_{ij}t) < 1, \\ 1, & \text{якщо } \hat{I}_{\Delta}^{ij}(1 + \gamma_{ij}t) \geq 1; \end{cases} \quad (4)$$

$$I_{\Pi}^{ij}(t) = \begin{cases} \hat{I}_{\Pi}^{ij}(1 + \alpha_{ij}t), & \text{якщо } 0 < \hat{I}_{\Pi}^{ij}(1 + \alpha_{ij}t) < 1, \\ 1, & \text{якщо } \hat{I}_{\Pi}^{ij}(1 + \alpha_{ij}t) \geq 1; \end{cases} \quad (5)$$

$$I_T^{ij}(t) = \begin{cases} \hat{I}_T^{ij}(1 - \beta_{ij}t^2), & \text{якщо } 0 < \beta_{ij}t^2 < 1, \\ 0, & \text{якщо } \beta_{ij}t^2 \geq 1. \end{cases} \quad (6)$$

На основі знання значень показників $I_{\Delta}^{ij}, I_{\Pi}^{ij}, I_T^{ij}$ знаходиться значення інтегрального показника інформованості у фіксований момент часу t за співвідношенням

$$I_{ij}(t) = I_{\Delta}^{ij}(t) I_{\Pi}^{ij}(t) I_T^{ij}(t). \quad (7)$$

Далі знаходиться ймовірність переходу ситуації S_i у критичну під впливом фактору $\Phi_j \in \Phi$ у вигляді

$$\eta_{ij}(t) = 1 - \lg[1 + \alpha_{ij} I_{ij}(t)]. \quad (8)$$

Після цього для визначення тривалості допустимого періоду T_0 розв'язується нерівність:

$$0 \leq 1 - \lg(1 + \alpha_{ij} I_{\Delta}^{ij} I_{\Pi}^{ij} I_T^{ij} (1 + \alpha_{ij}t)(1 + \gamma_{ij}t)(1 - \beta_{ij}t^2)) \leq \eta_{\text{доп}}. \quad (9)$$

Результатом розв'язання нерівності (9) є проміжок $[T_1; T_2]$.

Слід зауважити, що проміжки $[T_1; T_2]$ знаходяться для всіх активних пар $(i; j)$, що визначаються наявними факторами $\Phi_j \in \Phi$ та можливими ситуаціями S_i . Тоді величина $T_0 \in [0; \bar{T}_2]$, де $\bar{T}_2$ рівне мінімальному із значень T_2 тих проміжків $[T_1; T_2]$, які характерні для різних факторів $\Phi_j \in \Phi$ для конкретної ситуації S_i . Тобто тривалість T_0 не може перевищувати величини $\bar{T}_2$.

Початковою умовою для другої частини досліджуваної задачі є проміжок $[T^-; T^+]$, який визначає класифікацію ситуацій S_i щодо їх критичності. Так, якщо для ситуації S_i її значення T_0 таке, що $T_0 \leq T^-$, то ситуація S_i відноситься до класу катастрофічних ситуацій. Якщо $T_0 \in [T^-; T^+]$, то ситуація S_i відноситься до класу надзвичайних ситуацій. Якщо ж $T_0 > T^+$, то ситуація S_i відноситься до класу критичних ситуацій. Межі проміжку $[T^-; T^+]$ встановлюються емпірично і можуть бути нечіткими.

Вирішення другої частини досліджуваної задачі передбачає встановлення для кожної ситуації S_i такого часового проміжку $[T_{S_i}^-; T_{S_i}^+]$, в якому $T_{S_i}^- = \min T_j^-$ і $T_{S_i}^+ = \max T_j^+$, а T_j^-, T_j^+ – це значення, які знаходяться для кожного фактора $\Phi_j \in \Phi$, що є активними для фіксованої ситуації S_i , з нерівності [12]:

$$\eta^- \leq 1 - \lg_2(1 + \alpha_{ij} I_{\Delta}^{ij} I_{\Pi}^{ij} I_T^{ij} (1 + \alpha_{ij}t) \times (1 + \gamma_{ij}t)(1 - \beta_{ij}t^2)) \leq \eta^+. \quad (10)$$

У нерівності (10) η^-, η^+ – це допустимі межі ймовірності переходу кожної ситуації S_i в критичну, надзвичайну або катастрофічну за всіма факторами $\Phi_j \in \Phi$.

Далі для кожної ситуації S_i визначається місце розташування її інтервалу $[T_{S_i}^-; T_{S_i}^+]$ на інтервалі $[T^-; T^+]$. Це дозволяє класифікувати всі ситуації S_i щодо їх критичності.

Проблемними питаннями, що мають місце при застосуванні базового методу вирішення досліджуваної задачі, є наступні.

1. При розрахунку допоміжних коефіцієнтів $\alpha_{ij}, \beta_{ij}, \gamma_{ij}$, які характеризують динаміку змін показ-

ників інформованості, доводиться оперувати значеннями коефіцієнта $\hat{\alpha}_{ij}$ та показників $\hat{I}_{\Delta}^{ij}, \hat{I}_{\Pi}^{ij}, \hat{I}_T^{ij}$, що встановлюються за попередніми оцінками експертів, які можуть виявитися досить наближеними та неякісне встановлення яких може вплинути на об'єктивність розв'язків.

2. Технологія встановлення значень коефіцієнта $\hat{\alpha}_{ij}$ та показників $\hat{I}_{\Delta}^{ij}, \hat{I}_{\Pi}^{ij}, \hat{I}_T^{ij}$ може загалом впливати на збільшення періоду T_0 , що може змінити критичність ситуації.

Таким чином, наявність наведених проблемних питань обумовлюють необхідність удосконалення базового методу вирішення досліджуваної задачі.

Авторське бачення механізму удосконалення базового методу стосується удосконалення процедури встановлення значення показника $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$. Суть удосконалення полягає в наступному.

Кожен з факторів ризику $\Phi_j \in \Phi$, які можуть впливати на зміну критичності ситуації S_i , може мати місце за ряду причин P_k фізичного характеру. При цьому, перелік і кількість причин для кожного з факторів $\Phi_j \in \Phi$ може бути різним. Тому позначимо причини, що впливають на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$, як P_{jk_j} . Тут k_j – це кількість причин, які впливають на появу фактора саме $\Phi_j \in \Phi$.

Слід зауважити, що вага кожної з причин P_{jk_j} , які впливають на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$, може бути різною. Позначимо її як α_{jk_j} . Отже, α_{jk_j} – це вага причини P_{jk_j} активності фактора $\Phi_j \in \Phi$.

Слід зазначити і те, що за наявності впливу фактора $\Phi_j \in \Phi$ на різні ситуації S_i (тобто при наявності знака “+” у відповідній клітинці табл. 1) комбінація причин P_{jk_j} , які обумовлюють такий вплив на конкретну ситуацію S_i , може бути різною. Більше того, варіант впливу причини на появу фактора також може бути різним. Позначимо його так: $V_{jk_j.i}$. Отже, $V_{jk_j.i}$ – це варіант впливу причини P_{jk_j} на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$, якщо він впливає на можливість зміни ситуації S_i .

При цьому, варіанти впливу причин на фактор можуть бути такими: причина безпосередньо впливає на появу фактора (БВ); причина має суттєвий вплив на появу фактора (СВ); причина має вплив на появу фактора (В); причина має незначний вплив на появу фактора (НВ).

З урахуванням наведеного, початкову умову задачі щодо встановлення значення показника $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$

можна представити у вигляді табл. 2.

Сама ж задача полягає у тому, щоб з урахуванням даних табл. 2 знайти значення показника $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$.

З урахуванням теорії, що описана у праці [17], та стосується питань оцінки ефективності математичних моделей загалом та достовірності результатів моделювання, зокрема, з великим ступенем точності можна стверджувати, що для визначення величин $V_{jk_j.i}$ можна скористатися описаним у вказаній роботі підходом.

Таблиця 2

Початкова умову задачі
щодо встановлення значення показника $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$

Перелік причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора $\Phi_j \in \Phi$	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор $\Phi_j \in \Phi$			
		S_1	S_2	...	S_m
P_{j1}	α_{j1}	$V_{j1.1}$	$V_{j1.2}$	...	$V_{j1.m}$
P_{j2}	α_{j2}	$V_{j2.1}$	$V_{j2.2}$	...	$V_{j2.m}$
...	...	...	...	...	...
P_{jk_j}	α_{jk_j}	$V_{jk_j.1}$	$V_{jk_j.2}$	...	$V_{jk_j.m}$

Згідно цього підходу та з урахуванням системи аналогій

$$V_{jk_j.i} = \begin{cases} 0, & \text{якщо має місце БВ;} \\ 0,445, & \text{якщо має місце СВ;} \\ 0,6, & \text{якщо має місце В;} \\ 1,33, & \text{якщо має місце НВ.} \end{cases} \quad (11)$$

Оскільки основним змістом вимоги щодо достовірності результатів моделювання є достатньо точне відображення найбільш суттєвих сторін процесів, що моделюються, і притаманних їм закономірностей, то для оцінки величини $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$ слід обов'язково приймати до уваги перелік і характер впливу причин P_{jk_j} на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$, якщо він впливає на можливість зміни ситуації S_i .

За відсутності детальної моделі досліджуваної задачі значення важливості α_{jk_j} причин P_{jk_j} можуть бути оцінені експертно завчасно (до початку змін ситуації).

Тоді показник $\hat{I}_{\Delta}^{ij}$ з урахуванням впливу кожної з причин на появу фактора для фіксованої ситуації може бути визначений так:

$$\hat{I}_{\Delta}^{ij} = 1 - \sum_{k_j} (V_{jk_j.i} \cdot \alpha_{jk_j}). \quad (12)$$

У (12) коефіцієнт α_{jk_j} відображає вагу причини у відносних одиницях, визначену на основі оцінки усіх причин за стобальною шкалою експертною комісією. А значення $V_{jk_j,i}$ визначає похибку, що вноситься в розрахунки внаслідок неточного (узгальненого) врахування впливу причин.

Застосування формули (12) вирішує задачу у здійсненій постановці.

З урахуванням наведеного, удосконалений алгоритм розв'язування початкової задачі може мати наступний вигляд:

1. Формується табл. 1.
 2. Формується шаблон табл. 2.
 3. Проводиться розрахунок і встановлення даних табл. 2.
 4. Формується матриця даних показника $\hat{I}_{\mathcal{D}}^{ij}$ на основі застосування виразів (11–12).
 5. Експертно встановлюються матриці даних показників $\hat{I}_{\mathcal{H}}^{ij}, \hat{I}_{\mathcal{T}}^{ij}$ і матриці коефіцієнтів $\hat{\alpha}_{ij}$.
 6. Проводиться розрахунок матриці коефіцієнтів γ_{ij} на основі застосування формули (3).
 7. Проводиться розрахунок матриць коефіцієнтів α_{ij}, β_{ij} на основі застосування формул (1–2).
 8. На основі застосування формул (4–6) проводиться розрахунок значень показників $I_{\mathcal{D}}^{ij}, I_{\mathcal{H}}^{ij}, I_{\mathcal{T}}^{ij}$.
 9. Застосовується формула (7) для відшукування значення інтегрального показника інформованості у фіксований момент часу t .
 10. Знаходиться ймовірність переходу ситуації S_i у критичну під впливом фактору $\Phi_j \in \Phi$ на основі застосування формули (8).
 11. На основі розв'язування нерівності (9) знаходяться проміжки $[T_1; T_2]$ для кожної активної пари $(i; j)$.
 12. З урахуванням описаного вище підходу знаходиться тривалість T_0 .
- Проводиться класифікація всіх ситуацій S_i щодо їх критичності на основі застосування формули (10).

Апробація удосконаленої моделі розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складній системі.

Здійснимо апробацію удосконаленої моделі на прикладі наступної задачі.

Умова задачі.

У процесі функціонування системи охорони державного кордону (ОДК) під впливом неконтрольованих факторів ризику Φ_j з множини $\Phi = \{\Phi_j : j = \overline{1, 7}\}$ штатна ситуація S_i з множини $S = \{S_i : i = \overline{1, 4}\}$ може перейти в критичну, надзвичайну або катастрофічну, що обумовлюється диверсійно-підривною діяльністю диверсійно-розвідувальної групи (ДРГ) у контрольованому прикордонному районі (КПР). Такий перехід може відбуватися упродовж певного проміжку часу, тривалість якого априорі невідома, і який залежить від кількості, властивостей і тривалості впливу факторів $\Phi_j \in \Phi$.

В умові задачі застосовуються наступні дефініції.

Критична ситуація – ситуація, що пов'язана з наявністю інформації про перебування ДРГ у КПР. Характеризується зміною повсякденних умов ОДК, залученням додаткових сил і засобів для перевірки інформації про появу ДРГ у КПР.

Надзвичайна ситуація – ситуація, що пов'язана з підтвердженням факту функціонування ДРГ у КПР. Характеризується введенням посиленої охорони державного кордону, залученням додаткових сил і засобів підрозділу охорони державного кордону (ПОДК) для локалізації дій ДРГ у КПР.

Катастрофічна ситуація – ситуація, що пов'язана з наявністю наслідків диверсійно-підривної діяльності ДРГ у КПР (наявність жертв серед населення КПР, об'єктів, яким нанесена шкода тощо). Характеризується проведенням прикордонної операції щодо пошуку та ліквідації ДРГ.

Кількість, умовне позначення та зміст факторів ризику Φ_j і ситуацій S_i наведено у табл. 3–4.

Вплив неконтрольованих факторів ризику $\Phi_j \in \Phi$ на штатні ситуації S_i системи ОДК наведено у табл. 5.

Таблиця 3

Кількість, умовне позначення та зміст факторів ризику

№ з/п	Умовне позначення фактора ризику, що впливає на штатні ситуації системи ОДК	Зміст фактора ризику Φ_j
1	2	3
1	Φ_1	Неефективне функціонування системи кадрового забезпечення ОДК
2	Φ_2	Неефективне функціонування системи фінансового забезпечення ОДК
3	Φ_3	Неефективне функціонування системи логістичного забезпечення ОДК
4	Φ_4	Неефективне функціонування системи інженерно-технічного забезпечення ОДК

Закінчення табл. 3

1	2	3
5	Φ_5	Неефективне функціонування системи соціально-психологічного забезпечення ОДК
6	Φ_6	Неефективне функціонування системи управління
7	Φ_7	Людський фактор

Таблиця 4

Кількість, умовне позначення та зміст штатних ситуацій

№ з/п	Умовне позначення штатної ситуації системи ОДК	Зміст штатної ситуації S_i
1	S_1	Недостатня кількість персоналу ПОДК, який залучається до охорони державного кордону
2	S_2	Недостатній рівень матеріально-технічного оснащення охорони державного кордону
3	S_3	Необладнаність в інженерно-технічному відношенні державного кордону
4	S_4	Неоптимальне застосування наявних сил і засобів в охороні державного кордону

Таблиця 5

Вплив неконтрольованих факторів ризику $\Phi_j \in \Phi$ на штатні ситуації S_i системи ОДК

Штатна ситуація системи ОДК	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на штатну ситуацію системи ОДК						
	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	+	+	-	-	+	+	+
S_2	-	+	+	-	-	+	-
S_3	-	+	+	+	-	+	-
S_4	+	+	-	+	+	+	+

Кожен з факторів ризику $\Phi_j \in \Phi$, які можуть впливати на зміну критичності ситуації S_i , може мати місце за ряду причин P_k фізичного характеру. Кожна з причин P_{jk_j} , які впливають на появу фактора $\Phi_j \in \Phi$, має власну вагу α_{jk_j} і може відрізня-

тися варіантом впливу на різні ситуації S_i . Найменування причин, що впливають на активність усіх факторів ризику, їх позначення, вагу та варіант впливу на появу фактора для різних ситуацій наведено у табл. 6–12.

Таблиця 6

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_1 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_1	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_1	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_1	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_1			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Недостатній набір у ВВНЗ	$P_{1,1}$	0,28	В			БВ
Відсутність кадрового резерву	$P_{1,2}$	0,16	В			В
Неефективна робота підрозділів комплектування	$P_{1,3}$	0,36	СВ			НВ
Відсутність вузькопрофільних фахівців	$P_{1,4}$	0,2	СВ			НВ

Таблиця 7

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_2 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_2	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_2	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_2	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_2			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Обмеженість бюджету ДПСУ	$P_{2.1}$	0,37	СВ	БВ	БВ	НВ
Відсутність прямих форм фінансування	$P_{2.2}$	0,33	БВ	БВ	БВ	БВ
Низький рівень професіоналізму фахівців	$P_{2.3}$	0,18	В	В	В	В
Відсутність фінансових важелів впливу	$P_{2.4}$	0,11	НВ	СВ	СВ	НВ

Таблиця 8

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_3 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_3	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_3	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_3	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_3			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Низька ефективність розпорядчої діяльності	$P_{3.1}$	0,23		СВ	СВ	
Складна і багатофакторна система логістики	$P_{3.2}$	0,17		БВ	БВ	
Відсутність єдиного центру управління логістики	$P_{3.3}$	0,2		В	В	
Недобросовісність працівників логістики	$P_{3.4}$	0,2		В	В	
Необґрунтованість логістичних рішень	$P_{3.5}$	0,2		БВ	БВ	

Таблиця 9

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_4 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_4	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_4	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фак- тора Φ_4	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_4			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Низька ефективність управління	$P_{4.1}$	0,26			СВ	СВ
Застарілі технічні засоби охорони кордону	$P_{4.2}$	0,23			СВ	НВ
Складність післягарантійного технічного обслуговування технічних засобів	$P_{4.3}$	0,2			СВ	НВ
Відсутність програм закупівлі інженерно-технічних засобів ОДК	$P_{4.4}$	0,13			СВ	НВ
Відсутність вузькопрофільних фахівців	$P_{4.5}$	0,18			БВ	В

Таблиця 10

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_5 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_5	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_5	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_5	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_5			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Слабкі емоційно-вольові якості персоналу	$P_{5.1}$	0,15	НВ			В
Нестабільний соціально-психологічний настрій	$P_{5.2}$	0,17	В			В
Неефективна система мотивації та практики винагород	$P_{5.3}$	0,23	БВ			В
Відсутність вузькопрофільних фахівців	$P_{5.4}$	0,25	СВ			НВ
Опір змінам в процесі соціально-психологічного забезпечення	$P_{5.5}$	0,2	В			НВ

Таблиця 11

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_6 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_6	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_6	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_6	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_6			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Неможливість зміни прийнятих керівником рішень	$P_{6.1}$	0,24	СВ	СВ	СВ	БВ
Неоперативне реагування керівника на зміни зовнішнього середовища	$P_{6.2}$	0,15	СВ	СВ	СВ	БВ
Відсутність єдиного розуміння кінцевої мети керівником і підлеглими	$P_{6.4}$	0,24	В	В	В	БВ
Недостатня кількість інформації щодо певної обстановки	$P_{6.5}$	0,18	СВ	НВ	НВ	БВ

Таблиця 12

Найменування причин, що впливають на активність фактора ризику Φ_7 ,
їх позначення, вага та варіант впливу на появу фактора для ситуацій S_i

Найменування причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_7	Позначення причин P_{jk_j} , що впливають на появу фактора Φ_7	Вага α_{jk_j} причини P_{jk_j} активності фактора Φ_7	Найменування ситуації S_i , вплив на яку має фактор Φ_7			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Відсутній дієвий контроль за виконанням завдань	$P_{7.1}$	0,27	СВ			СВ
Низький моральний дух	$P_{7.2}$	0,11	НВ			НВ
Нездатність виконувати службові обов'язки	$P_{7.3}$	0,19	НВ			БВ
Деморалізований стан	$P_{7.4}$	0,19	НВ			В
Велике навантаження на персонал	$P_{7.5}$	0,24	СВ			СВ

Потрібно визначити такий допустимий період часу T_0 на формування і реалізацію рішення, для якого ймовірність переходу ситуації S_i у критичну, надзвичайну або катастрофічну не перевищуватиме задане значення $\eta = \eta_{\text{доп}}$.

Розв'язання задачі.

Програмно-алгоритмічне забезпечення реалізації авторського механізму удосконалення існуючого підходу щодо вирішення досліджуваної задачі.

Для реалізації наведеного вище алгоритму вирішення досліджуваної задачі авторами сформовано

відповідний програмний додаток. Серверна частина додатку виконана в середовищі Node.js із застосуванням бази даних MongoDB. Вибір середовища зумовлений швидкодією при операціях введення-виведення та роботи з даними [18–21].

Застосування додатку до вхідних даних задачі щодо $\hat{\alpha}_{ij}$, $\hat{I}_{II}^{ij}$, $\hat{I}_T^{ij}$ та допустимих інтервалів часу на формування і реалізацію рішення для $\eta_{\min}=0,1$ та $\eta_{\max}=0,8$, які наведені у табл. 13–16, відповідно, та до початкових умов, що наведені в табл. 6–12, можна оцінити з рис. 1–4.

Таблиця 13

Вхідні дані задачі щодо $\hat{\alpha}_{ij}$

Штатна ситуація системи ОДК	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на штатну ситуацію системи ОДК						
	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	0,5	0,6			0,5	0,7	0,6
S_2		0,5	0,6			0,5	
S_3		0,5	0,7	0,7		0,55	
S_4	0,5	0,5		0,6	0,4	0,5	0,5

Таблиця 14

Вхідні дані задачі щодо $\hat{I}_{II}^{ij}$

Штатна ситуація системи ОДК	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на штатну ситуацію системи ОДК						
	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	0,6	0,7			0,5	0,7	0,6
S_2		0,5	0,5			0,5	
S_3		0,5	0,4	0,4		0,8	
S_4	0,5	0,5		0,3	0,35	0,6	0,5

Таблиця 15

Вхідні дані задачі щодо $\hat{I}_T^{ij}$

Штатна ситуація системи ОДК	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на штатну ситуацію системи ОДК						
	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	0,6	0,7			0,5	0,7	0,6
S_2		0,5	0,5			0,5	
S_3		0,5	0,4	0,4		0,8	
S_4	0,5	0,5		0,3	0,35	0,6	0,5

Таблиця 16

Вхідні дані задачі щодо допустимих інтервалів часу на формування і реалізацію рішення для $\eta_{\min}=0,1$ та $\eta_{\max}=0,8$

Штатна ситуація системи ОДК	Неконтрольовані фактори ризику $\Phi_j \in \Phi$, що впливають на штатну ситуацію системи ОДК						
	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	[0,4; 5,1]	[1,3; 7,8]			[1,1; 7]	[0,1; 2,9]	[9,8; 29,1]
S_2		[1; 6,7]	[2,2; 10,7]			[1,9; 10,5]	
S_3		[0,6; 4,8]	[0,7; 3,8]	[1,6; 7,7]		[0; 3,5]	
S_4	[5,4; 21,1]	[6,2; 22,2]		[9; 26,6]	[40,8; 98,9]	[0,7; 6,4]	[0,9; 6,4]

Рис. 1. Інтерфейс введення вхідних даних задачі щодо $\hat{I}_{D}^{ij}, \hat{I}_{T}^{ij}$ та отримання значення величини $\hat{I}_{D}^{ij}$ з відповідними графіками

Рис. 2. Інтерфейс побудови графіків функцій інтегрального показника інформованості $I_{ij}(t)$ та ймовірностей переходу ситуацій $\eta_{ij}(t)$

Допустимі періоди на формування рішення $\eta_{\text{доп}}$ 0.8

S_i	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5	Φ_6	Φ_7
S_1	[0; 25,4]	[0; 37,2]			[0; 32,8]	[0; 16]	[0; 90,4]
S_2		[0; 40,1]	[0; 53,8]			[0; 44,4]	
S_3		[0; 32,8]	[0; 24,8]	[0; 38,8]		[0; 20,7]	
S_4	[0; 77,3]	[0; 73,9]		[0; 113,8]	[0; 392,1]	[0; 36,9]	[0; 32,2]

$T_{0,1}=16$
 $T_{0,2}=40.1$
 $T_{0,3}=20.7$
 $T_{0,4}=32.2$

Рис. 3. Інтерфейс відображення результатів визначення допустимих періодів на формування рішення

Ситуація	T ⁻	T ⁺	[T _{s⁻} , T _{s⁺}]
Недостатня кількість персоналу ПОДК, який залучається до охорони державного кордону	10	20	[0,1; 29,1]
Недостатній рівень матеріально-технічного оснащення охорони державного кордону	10	20	[1; 10,7]
Необладнаність в інженерно-технічному відношенні державного кордону	10	20	[0; 7,7]
Неоптимальне застосування наявних сил і засобів в охороні державного кордону	10	20	[0,7; 98,9]

S₁: клас майже безпечних ситуацій

S₂: клас потенційно небезпечних ситуацій

S₃: клас особливо небезпечних ситуацій

S₄: клас майже безпечних ситуацій

Рис. 4. Інтерфейс відображення результатів визначення класу ситуацій

Висновки

Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що запропонована удосконалена модель розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складній системі, яка стосується визначення показника $\hat{I}_D^{ij}$, може бути адаптована і для відшукування значень матриці коефіцієнтів $\hat{\alpha}_{ij}$, а також встановлення матриць даних

показників $\hat{I}_D^{ij}, \hat{I}_T^{ij}$. Апробація моделі на прикладі підтверджує цей висновок.

Перспективами подальших досліджень вбачається застосування запропонованої удосконаленої моделі та її програмно-алгоритмічної реалізації до комплексного вирішення задач системного аналізу, в яких розпізнавання та запобігання позаштатним, критичним і катастрофічним ситуаціям у складній системі є складовою частиною задачі.

Список літератури

1. Мазур М. Качественная теория информации / М. Мазур. – М.: Мир, 1972. – 239 с.
2. Колмогоров А.Н. Три подхода к определению понятия “количества информации” / А.Н. Колмогоров // Проблемы передачи информации. – 1965. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 3-11.
3. Кульбак С. Теория информации и статистика / С. Кульбак. – М.: Наука, 1954. – 376 с.
4. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов / А.Н. Колмогоров. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
5. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М.: Наука, 1983. – 343 с.
6. Ілляшенко С.М. Економічний ризик / С.М. Ілляшенко. – К., 2004. – 220 с.
7. Шапкин А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций: монография / А.С. Шапкин. – М.: Дашков и Ко, 2003. – 544 с.
8. Балдин К.В. Информационные системы в экономике / К.В. Балдин. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и Ко”, 2006. – 395 с.
9. Бережной О.А. Інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття ефективних управлінських рішень / О.А. Бережной // Актуальні проблеми економіки. – 2004. – № 9. – С. 26-30.
10. Бобруль Г.І. Інформація та інформаційні технології в стратегічному управлінні посередницькою організацією / Г.І. Бобруль // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 5. – С. 135-143.
11. Волков И.М. Критерии оценки проектов. – М.: Институт экономического развития Всемирного банка, 2006. – 128 с.
12. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Видавнича група BHV, 2007. – 544 с.
13. Косс В.А. Умови відповідності моделі управління системним потребам об’єкта управління / В.А. Косс // Математичні машини і системи. – 2007. – № 1. – С. 12-18.
14. Качинський А.В. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А.В. Качинський. – К.: ДП “НВК “Євроатлантикінформ”, 2006. – 336 с.
15. Gupta J.N.D. Handbook of Research on Enterprise Systems / J.N.D. Gupta, S. Sharma, M.A. Rashid. – Farmington Hills: Gale Group, 2009. – 460 p.
16. Дубницький В.Ю. Інтервальне оцінювання кількості учасників масових протестних акцій / В.Ю. Дубницький, Г.Г. Зубрицька, А.М. Кобилін // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2. – № 4. – С. 11-20.
17. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО / В.П. Городнов. – Харьков, 1987. – 383 с.
18. What is Node.js used for? [Electronic resource]. – Access mode: <https://railsware.com/blog/what-is-node-js-used-for>. (date of access: 29.02.2020).
19. Математика в JavaScript. [Electronic resource]. URL: <https://habr.com/ru/post/312880> (дата звернення 29.02.2020). Документация Node.js. UR
20. Node.js документація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nodejs.org/ru/docs/> (дата звернення 29.02.2020).
21. MongoDB Documentation. [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.mongodb.com/> (accessed 29.02.2020).

References

1. Mazur, M. (1972), "Kachestvennaya teoriya informatsii" [*Qualitative theory of information*], Peace, Moscow, 239 p.
2. Kolmogorov, A.N. (1965), "Tri podhoda k opredeleniyu ponyatiya "kolichstva informatsii"" [Three approaches to the definition of the concept of "amount of information"], *Problems of information transfer*, Vol. 1, No. 1, pp. 3-11.
3. Kulbak, S. (1954), "Teoriya informatsii i statistika" [*Information theory and statistics*], Science, Moscow, 376 p.
4. Kolmogorov, A.N. (1987), "Teoriya informatsii i teoriya algoritmov" [*Information theory and algorithms theory*], Science, Moscow, 304 p.
5. Viner, N. (1983), "Kibernetika ili upravlenie i svyaz v zhivotnom i mashine" [*Cybernetics or control and communication in animal and machine*], Science, Moscow, 343 p.
6. Illjashenko, S.M. (2004), "Ekonomichnyy ryzyk" [*Economic risk*], Suppl. republishing, Kyiv, 220 p.
7. Shapkin, A.S. (2003), "Ekonomicheskie i finansovyye riski. Otsenka, upravlenie, portfel investitsiy: monografiya" [*Economic and financial risks. Valuation, management, investment portfolio: monograph*], Dashkov & Co. Corporation, Moscow, 544 p.
8. Baldin, K.V. (2006), "Informatsionnyye sistemy v ekonomike" [*Information systems in economics*], Dashkov & Co. Corporation, Moscow, 395 p.
9. Berezhnoi, O.A. (2004), "Informacijno-analitychne zabezpechennja pryjnjattja efektyvnykh upravlynsjkykh rishenj" [Information-analytical support for making effective management decisions], *Actual problems of the economy*, No. 9, pp. 26-30.
10. Bobulj, Gh.I. (2006), "Informacija ta informacijni tekhnologhiji v strategichnomu upravlinni poserednjycjkoju orghanizacijeu" [Information and informational technologies in the strategic management of an intermediary organization], *Actual problems of the economy*, No. 5, pp. 135-143.
11. Volkov, I.M. (2006), "Kriterii otsenki proektov" [*Criteria for project evaluation*], World Bank Institute for Economic Development, Moscow, 128 p.
12. Zghurovsjkyj, M.Z. and Pankratova, N.D. (2007), "Osnovy systemnogho analizu" [*Fundamentals of system analysis*], BHV Publishing Group, Kyiv, 544 p.
13. Koss, V.A. (2007), "Umovy vidpovidnosti modeli upravlinnja systemnym potrebam ob'jekta upravlinnja" [Conditions for compliance of the management model of the system needs of the management object], *Mathematical Machines and Systems*, No. 1, pp. 12-18.
14. Kachynsjkyj, A.V. (2006), "Zasady systemnogho analizu bezpeky skladnykh system" [*Fundamentals of system analysis of security of complex systems*], SE "Euroatlantikinform", Kyiv, 336 p.
15. Gupta, J.N.D., Sharma, S. and Rashid, M.A. (2009), *Handbook of Research on Enterprise Systems*, Farmington Hills: Gale Group, 460 p.
16. Dubnytskyi, V.Y., Zubrytskaia, G.G. and Kobylin, A.M. (2018), "Intervalne ocynuvannya kilkosti uchasnykiv masovykh protestnykh akcij" [Interval estimation of the number of participants of mass protest actions], *Modern Information Systems*, Vol. 2, No. 4, pp. 11-20.
17. Gorodnov, V.P. (1987), "Modelirovanie boevyih deystviy chastey, soedineniy i ob'edineniy voysk PVO" [*Modeling of combat operations of units, formations and unions of air defense forces*], Kharkiv, 383 p.
18. Yung, Zakhar (2018), *What is Node.js used for?* available at: <https://railsware.com/blog/what-is-node-js-used-for> (accessed 29.02.2020).
19. Official site HABR.COM (2016), *Math in JavaScript*, available at: <https://habr.com/post/312880> (accessed 29.02.2020).
20. Official site NODC, *Node.js documentation*, available at: <https://nodejs.org/en/docs/> (accessed 29.02.2020).
21. Official site MongoDB, *MongoDB Documentation*, available at: <https://docs.mongodb.com/> (accessed 29.02.2020).

Надійшла до редколегії 20.03.2020

Схвалена до друку 21.04.2020

Відомості про авторів:

Боровик Олег Васильович

доктор технічних наук професор
Національної академії Державної прикордонної
служби України ім. Б. Хмельницького,
Хмельницький, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3691-662X>

Андрушко Олександр Васильович

ад'юнк
Національної академії Державної прикордонної
служби України ім. Б. Хмельницького,
Хмельницький, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5026-1653>

Information about the authors:

Oleh Borovyk

Doctor of Technical Sciences Professor
of the National Academy of the State Border Guard
Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky,
Khmelnytskyi, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3691-662X>

Oleksandr Andrushko

Doctoral Student
of the National Academy of the State Border Guard
Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky,
Khmelnytskyi, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5026-1653>

Качур Артем Вячеславович

студент

Хмельницького національного університету, Хмельницький, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-4658-2056>**Artem Kachur**

Student

of Khmelnytsky National University, Khmelnytskyi, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4658-2056>**Боровик Дмитро Олегович**

студент

Хмельницького національного університету, Хмельницький, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-4715-0658>**Dmytro Borovyk**

Student

of Khmelnytsky National University, Khmelnytskyi, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-4715-0658>

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ СИТУАЦИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ГРАНИЦЫ

О.В. Боровик, А.В. Андрушко, А.В. Качур, Д.О. Боровик

В работе представлен авторский подход к повышению эффективности решения задачи улучшения достоверности определения допустимого периода времени на формирование и реализацию решения, для которого вероятность перехода определенной ситуации в критическую, чрезвычайную или катастрофическую не превышает заданного значения, описание задачи классификации и распознавания уровня опасности ситуаций, программно-алгоритмическое обеспечение ее реализации и вариант применения к примеру анализа функционирования системы охраны государственной границы в случае воздействия диверсионно-разведывательной группы в пределах контролируемого пограничного района.

Ключевые слова: математическая модель, критическая ситуация, информированность, достоверность, факторы, причины, алгоритм, программное обеспечение, система охраны границы, диверсионно-разведывательная группа.

THE IMPROVED MODEL OF RECOGNITION OF THE DANGER LEVEL OF SITUATIONS AND ITS PROVIDING IN RESEARCH OF BORDER SYSTEM FUNCTIONING

O. Borovyk, O. Andrushko, A. Kachur, D. Borovyk

The research of systemic problems of recognizing the level of danger of situations and preventing critical situations in complex systems of various purposes is an urgent task. This is because the partial or total destruction of such systems causes not only catastrophic consequences for it, but also leads to significant losses that often exceed the cost of the systems. The analysis of a number of catastrophes in different fields of human activity shows that the magnitude of losses can be much smaller if in a freelance situation timely form and implement rational decisions. One of the possible approaches to addressing the challenges of recognizing and preventing critical situations in complex systems is an approach based on the implementation of mechanisms for adjusting the awareness of the decision maker.

The article deals with the improvement of the the model of recognition and prevention of freelance, critical and catastrophic situations in a complex system and its testing on a specific example. The paper formalizes the problem of increasing the reliability of data to determine the allowable period of time for the formation and implementation of a solution for which the probability of a certain situation in a critical, emergency or catastrophic will not exceed a given value, and a description of the problem of classification and recognition of the level of danger situations. It also presents the author's approach to improving the efficiency of solving such problems, software and algorithmic support for its implementation, and a case study on the analysis of the functioning of the state border protection system in case of impacts of a diversionary intelligence group within the controlled border area. This approach is based on establishing a list of reasons that determine the factors that may change the situation of the investigated system, their meaning, options for influencing the reasons for the appearance of the factor, and based on this refinement of the confidence indicator of the decision maker. It can also be used to improve the accuracy of assessment and other quantitative indicators of a person's awareness, including completeness and timeliness. The approach is implemented by applying methods of systematic and mathematical analysis, expert assessments and analogies.

The program and algorithmic implementation of the author's approach to solving the problem under study allows to automate the individual steps of solving the problem and improve the level of objectivity of the solutions. Approbation of the improved model on the example confirms the conclusion about the effectiveness of the proposed approach. The proposed methods may be applicable to the complex solution of system analysis problems, in which recognition and prevention of emergency, critical and catastrophic situations in a complex system is an integral part of the task.

Keywords: mathematical model, critical situation, awareness, reliability, factors, causes, algorithm, software, system of border protection, diversionary intelligence group.