

DOI: 10.35681/1560-9189.2022.24.2.275024

УДК 004.5

**О. Г. Додонов, В. Г. Путятін, С. А. Куценко,  
В. Р. Сенченко, Є. О. Додонов**

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України  
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

## **Застосування сценарного підходу при розробці управлінських рішень (на прикладі сценарію управління корабельним з'єднанням)**

*Розглянуто проблемні питання, що пов'язані із використанням принципів і положень системного аналізу у сфері вирішення задач підготовки складних управлінських рішень на прикладі сценарію управління корабельним з'єднанням. Серед методів системного аналізу доцільним є використання сценарного підходу, адже він дозволяє побудувати та порівняти альтернативні варіанти розвитку процесів. Практична реалізація такого підходу відбувається завдяки застосуванню моделюючого комплексу, який забезпечує методологію прогону циклів імітаційного моделювання з метою оцінки реалістичності кожного із варіантів розвитку сценарію. Як математичний апарат використано Мережу Байєса, що дає можливість відобразити в моделі процесу причинно-наслідкові зв'язки між різними чинниками (подіями) процесу та змінами середовища. Кінцевою метою сценарного підходу є формування управлінських рішень, які ґрунтуються на розрахунках імовірності виникнення різних варіантів розвитку сценарію при настанні тих чи інших подій, а також кількісної оцінки ефективності будь-якого рішення. Ефективність застосування сценарного підходу продемонстровано при формуванні складних управлінських рішень на прикладі вирішення задач управління корабельним з'єднанням.*

**Ключові слова:** сценарії, сценарний підхід, метод Байєса, управлінське рішення, корабельне з'єднання, десантна операція.

### **Вступ**

Управлінське рішення для багаторівневих структур організаційного управління, таких як сучасне корабельне з'єднання (КЗ), — це продукт аналізу, прогностування, обґрунтування та вибору альтернативи, виконаних на основі моделювання ймовірних варіантів сценаріїв розвитку проблеми [14]. Безумовно таке моделювання має здійснюватися з урахуванням невизначеності для окремих подій, прив'яз-

кою до часовому інтервалу, неповнотою вхідних даних та обмежень на ресурси, які можуть бути залучені для реалізації рішень.

Сценарний підхід у сфері розробки управлінських рішень для багаторівневих військових структур полягає в проведенні сценарного дослідження, у ході якого будується кілька альтернативних варіантів сценаріїв розвитку проблеми при заданих обмеженнях. Метою такого дослідження є розробка управлінських заходів, що дозволять уникнути небезпек у майбутньому на основі розгляду якомога більшого спектра варіантів розвитку проблеми з урахуванням протилежних стратегій зацікавлених сторін [2, 3]. Основний інструмент сценарного підходу — сценарний аналіз, на основі якого формується набір детальних описів послідовності реалістичних подій, які можуть привести з прогнозованою вірогідністю до бажаного або планованого кінцевого результату, уникаючи можливих негативних наслідків [4].

У контексті сценарного підходу під сценарієм розуміється гіпотетична картина послідовного розвитку об'єкта або проблеми у фіксованому часовому інтервалі та просторі подій, що становлять у сукупності еволюцію об'єкта дослідження. У сценарії явно фіксуються причинно-наслідкові залежності, що визначають можливість в майбутньому динаміку зміни стану об'єкта і умови, в яких ці зміни відбуватимуться [7]. Сценарій допомагає оцінити, як можна і як потрібно впливати на процеси, що призводять до прийнятних і неприйнятних результатів. Сценарії дають можливість чітко формулювати та зіставляти між собою різні ймовірні чи бажані перспективи розвитку [8].

Мета статті — представити основні сучасні організаційні та методичні принципи і положення сценарного підходу при виробленні управлінських рішень для КЗ в умовах невизначеності та неповноти вхідних даних, прояву факторів ризику невиконання рішень у визначеному часовому інтервалі.

## **Постановка задачі**

Управлінське рішення має ряд характеристик, де однією із найважливіших є його якість. Останнім часом проблемам якості управлінських рішень приділяється все більше уваги у всіх сферах діяльності людства, особливо у військової сфері [6]. Не дивно, що різні школи системного аналізу застосовують різні методи розв'язання задач підготовки управлінських рішень [13, 14, 17]. Серед цих методів особливе місце належить методам і підходам, що засновані на формалізації різного рівня сценаріїв розвитку проблем. Для завдання сценаріїв розвитку проблем доцільно використовувати експертні методи прогнозування і, зокрема, метод сценаріїв. У цій статті вибрано сценарний підхід, який передбачає інтерпретацію поняття «сценарій», що базується не на статичному стані аналізу проблеми, а на динамічному досліджуваній системі та її середовища в майбутньому. Під сценарієм розуміємо не лише причинно-наслідкову послідовність події, а картину майбутньої гіпотетичної ситуації, що виникає внаслідок реалізації такої послідовності події [1].

Прикладом застосування сценарного підходу до моделювання управлінських рішень обрана реалістична модель протидії корабельної групи «Участь корабельного з'єднання в протидесантній операції» (далі — сценарій). Це є типовою задачею завдання удару по десантному угрупованню противника для унеможливлення ним захвату території.

Корабельне з'єднання — це оперативне з'єднання кораблів для вирішення широкого спектра завдань, починаючи від захисту морських сполучень і портів і закінчуючи підтримкою сухопутних військ і захисту берегових об'єктів від ударів з повітря. Зазвичай КЗ формується як тимчасове або постійне формування для виконання поставленої оперативної задачі. Для управління силами та засобами КЗ застосовуються системи організаційного управління (СОУ). Як правило, до складу СОУ КЗ входять органи управління (командні пости та пункти управління флагманського корабля та кораблів з'єднання), командна система управління, система зв'язку, система захисту інформації та інші спеціальні системи.

Проведений аналіз СОУ КЗ, як класу складних систем, дозволив виділити їхні основні особливості функціонування КЗ. Зокрема, показав що корабельне з'єднання працює в умовах інтенсивної протидії противника, територіального розподілу об'єктів управління, жорстких часових обмежень при застосуванні своїх сил і засобів ураження, а також засобів ураження противника. Крім перелічених умов, важливим фактором є високе психологічне та фізичне навантаження особового складу, що може суттєво впливати на якість управління та досягнення поставленої оперативної задачі.

Підвищення ефективності застосування сил і засобів КЗ, особливо в сучасних умовах, можливо тільки при забезпеченні високого рівня моделювання процесів управління у вигляді розгляду всіх імовірних варіантів розвитку, що досягається за рахунок впровадження новітніх комп'ютерних, інформаційних, комунікаційних технологій і створення на їхній основі автоматизованої системи організаційного управління (АСОУ) КЗ [15].

Метою моделювання сценарію дії КЗ у протидесантній операції є оцінка ймовірності виникнення різних варіантів розвитку сценарію при настанні тих чи інших подій і вироблення таких управлінських рішень, які гарантовано дозволяють виконати поставлену перед КЗ задачу.

*Задум противника.* «Сині» прагнуть розширити сферу свого впливу на «червоних» шляхом захоплення острова *N* та використання його як плацдарму для подальшої дестабілізації обстановки. Згідно з даними розвідки «сині» намагаються захопити острів *N* у ході проведення повітряно-морської десантної операції комбінованим способом («берег-берег» і «корабель-берег») двома ешелонами. З метою дезінформації «сині» планують висадку хибного загону на узбережжі «червоних». З урахуванням відстані до узбережжя червоних і технічних можливостей десантних кораблів і суден, початок руху об'єднаних сил висадки десанту можливий за 7–8 днів до початку висадки, тобто, у Ч – 7 діб (Ч — день висадки десанту).

Імовірні дії противника є основою для формування військовими експертами «червоних» комплексного сценарію розвитку події (з урахуванням різних варіантів і заданих обмежень на наявні сили та засоби «червоних» і моделювання їхнього впливу на хід подій) з метою **вироблення управлінських рішень щодо зриву операції противника.**

Метод сценаріїв використовується для прогнозування розвитку ситуації і формування управлінських рішень, а також оцінювання наслідків прийняття з попередження прогнозованої або вирішення наявної проблемної ситуації.

## **Методологічні аспекти застосування сценарного аналізу при підготовці управлінських рішень**

Залежно від цілей дослідження, функцій сценарного підходу та способів використання отриманих результатів у термін «сценарій» фахівці різних світових шкіл вкладають різні смислові відтінки. Так, М. Мінський, виходячи зі структурно-логічних позицій, інтерпретує поняття сценарію як фрейми (структури для подання інформації про системи різного роду), що забезпечують можливість опису послідовності вчинення деяких дій у часі [19]. М. Ліндгрєн і Х. Бандхольд при вирішенні завдань стратегічного менеджменту визначають сценарій як опис порівняно передбачуваного розвитку подій сьогодення, у тому числі найбільш правдоподібних його варіантів [20]. Сценарії, як «інтегрована форма прогнозів», стали використовуватися трохи пізніше, при цьому метою побудови сценаріїв стала зосередженість не стільки на однозначному або ймовірнісному передбачення подій, скільки на встановленні логічної мережі послідовності їхнього здійснення [6–8].

Незаперечним є той факт, що висока динаміка, нестаціонарність і нелінійність, наявність як детермінованих, так і випадкових компонент у даних, суттєво ускладнюють процеси прийняття управлінських рішень у будь-якій системі, особливо це стосується військової сфери, де потрібно корелювати процеси управління ще й з часовими та просторовими обмеженнями [12]. Як свідчить досвід, найбільш універсальним методом аналізу розвитку події залишається сценарний підхід [17]. Цей метод вважається емпіричним і ґрунтується на двох категоріях: імовірнісному характері розроблюваних сценаріїв і на висновках експертів, що мають якісну основу.

Концептуальна оцінка проблеми, емпіричні припущення і експертні висновки є базовими для написання реалістичних сценаріїв розвитку проблеми. Для формування ймовірних сценаріїв розвитку процесів група експертів може застосовувати різні методи, наприклад, метод експертних оцінок Делфі, метод написання сценаріїв, мережі Байєса або інші залежно від уподобань і фахової підготовки експертної групи. Головне, щоби ймовірні сценарії розвитку враховували весь спектр суттєвих подій, які впливають на характер розвитку процесу, що досліджується і моделюється.

Після написання сценаріїв і оцінки їхньої реалістичності наступним етапом є моделювання поведінки сценарію для всього спектра альтернативних стратегій розвитку процесу, особливо це стосується військових систем [18]. Далі на підставі розрахунку ймовірнісних оцінок розвитку варіантів сценарію виконується безпосередньо формування управлінських рішень. Враховуючи специфіку предметної області, найбільш прийнятним є оформлення управлінських рішень у вигляді планів-графіків командних дій для управління силами та засобами КЗ.

Для розрахунку ймовірнісних оцінок розвитку варіантів сценарію існує багато методів, кожний з яких має свої переваги та недоліки, але в цій статті для вироблення управлінських рішень КЗ пропонується розрахунок імовірності методами Байєса. Хоча формула Байєса відома давно, але застосування цих методів набули дійсно широкого поширення лише наприкінці ХХ століття. Це пояснюється тим, що розрахунки ймовірності вимагають значних обчислювальних витрат, і вони стали можливі лише з розвитком інформаційних технологій. Мережа Байєса дає можливість відобразити в моделі процесу причинно-наслідкові зв'язки між різними

чинниками (подіями) процесу та змінами середовища [9] і, на відміну від регресійних моделей, дозволяють враховувати не лише безпосередні залежності рівня ризику від настання певних подій, а також і залежності між факторами ризику (умовними ймовірностями).

При моделюванні варіантів розвитку сценаріїв дії КЗ —  $Sn_j, j = 1, \dots, 2^N$ , із застосування методу Байєса слід дотримуватися наступних методологічних кроків.

1. Аналіз альтернативних сценаріїв розвитку здійснюється групою експертів (групою посадових осіб) з метою оцінки ймовірності перебування процесу в кожній вершині мережі, щоб визначити, наскільки реальним є настання кожного стану залежно від виникнення низки подій (або факторів впливу на хід сценарію)  $\{Ev_i\}$ . Термін «подія в контексті єдиного тактичного фону» означає дії противника «синіх», список яких наведено далі в табл. 1.

2. Метод Байєса можна розглядати як інструмент оновлення ймовірностей, які є ступенем довіри до різних варіантів розвитку сценаріїв  $Sn_j$ . Це дозволить реально та як найточніше зорієнтувати посадових осіб при дослідженні альтернативних сценаріїв розвитку, які потім використовуються як основа для формування управлінських рішень — послідовності команд і заходів для управління силами та засобами КЗ.

3. Установлення причинно-наслідкових зв'язків між подіями  $Ev_i, i = 1, \dots, N$ , та визначення ймовірності настання того чи іншого кроку сценарію  $P(Sn_j)$  на певному часовому інтервалі та з урахуванням просторових обмежень. Для виконання коректного аналізу обов'язково, щоб альтернативні сценарії розвитку були взаємовиключними, тобто виникнення одного із них унеможливило виникнення інших. Другою вимогою є реалістичність сценарію, тобто сценарії мають бути максимально повними та вичерпними.

4. Використовуючи всю наявну інформацію про можливі сценарії розвитку  $Sn_j$ , необхідно оцінити ймовірності виникнення кожного з альтернативних шляхів сценаріїв  $\{P(Sn_j), j = 1, \dots, 2^N\}$ .

5. Наступним кроком є визначення переліку найбільш суттєвих подій  $Ev_i, i = 1, \dots, N$ , які можуть відбутися за умови здійснення сформульованих імовірних сценаріїв  $P(Sn_j)$  розвитку процесу.

6. Крок уточнення ймовірності виникнення кожного з варіантів розвитку сценарію це найбільш трудомісткий процес. На підставі прогону циклів імітаційного моделювання варіантів розвитку сценарію оцінюється ймовірність

$P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right)$  виникнення кожного окремого варіанта сценарію  $Sn_j$  залежно

від умов настання низки подій  $\{Ev_i, \dots, Ev_{N_i}\}$ . Більш того, оцінюються варіанти на-

слідків настання подій —  $P^{Sn} \left( \frac{Ev_i}{Sn_j, Ev_1, \dots, Ev_{N-1}} \right)$ . Процес розрахунку ймовірностей

окремого варіанта сценарію виконується за формулою Байєса [9], яка дозволяє вра-

ховувати причино-наслідкові умови розвитку сценаріїв для КЗ. Загальна формула Байєса має вигляд:

$$P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right) = \frac{P^0(Sn_j) P^{Sn} \left( \frac{Ev_1}{Sn_j} \right) P^{Sn} \left( \frac{Ev_2}{Sn_j Ev_1} \right) \times \dots \times P^{Sn} \left( \frac{Ev_i}{Sn_j, Ev_1, \dots, Ev_{N-1}} \right)}{\sum_{i=1}^{k=2^N} P^0(Sn_i) P^{Sn} \left( \frac{Ev_1}{Sn_i} \right) P^{Sn} \left( \frac{Ev_2}{Sn_i Ev_1} \right) \times \dots \times P^{Sn} \left( \frac{Ev_N}{Sn_i, Ev_1, \dots, Ev_{N-1}} \right)},$$

де  $\{Ev_i\} = Ev_1, \dots, Ev_i, i = 1, \dots, N$  — підмножина подій, які впливають на розвиток варіантів сценарію  $Sn_j$ ;

$P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right)$  — імовірність виникнення  $j$ -го сценарію при настанні пев-

ної послідовності події  $\{Ev_i, \dots, Ev_N\}$ ;

$P^0(Sn_j)$  — апіорна ймовірність виникнення кожного окремого  $j$ -го варіанта сценарію, де  $j = 1, \dots, 2^N$ ;

$P^{Sn} \left( \frac{Ev_i}{Sn_j} \right)$  — умовна ймовірність виникнення  $j$ -го варіанта сценарію при на-

станні  $i$ -ї події (факторів впливу) при розрахунку причино-наслідкових умов;

$N$  — кількість усіх альтернативних сценаріїв.

Отримані в процесі імітаційного моделювання сценаріїв розвитку ймовірнос-

ті  $P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right)$  є відкоригованими експертами з урахуванням реалістичності

настання події і оцінки ризиків виникнення негативних наслідків.

7. Після всебічної оцінки результатів моделювання група експертів може зробити остаточні висновки щодо того, які із досліджуваних сценаріїв є реальними та підлягають подальшому розгляду.

8. Найбільш реальний сценарій розвитку ситуації або група сценаріїв стає основою для формування планів дій і підготовки командних рішень для управління силами та засобами КЗ з протидії імовірному плану дій противника.

9. Для візуалізації тенденцій, які пов'язані з кожним із можливих сценаріїв розвитку  $P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right)$ , отримані результати розрахунків імовірності доцільно

відображати в графічному вигляді на картографічному фоні з прив'язкою до оперативної обстановки району бойових дій.

## **МК КСУ КЗ для реалізації сценарію моделювання управлінських рішень**

Для моделювання процесу вироблення управлінських рішень КЗ у ході підготовки та проведення протидесантної операції використовується моделюючий комплекс (МК АСУ АК), розроблений і створений в ІПІ НАН України [1–8, 12]. Моде-

люючий комплекс являє собою сукупність математичних методів (включаючи й методи та мережі Байєса), аналітичних та імітаційних моделей, алгоритмів, технічних засобів і програмних модулів, що реалізують функціональні підсистеми (ФП), комплекси задач і функціональні задачі (ФЗ) управління КЗ. Процес управління реалізований в автоматизованому режимі шляхом виконання ФЗ на автоматизованих робочих місцях (АРМ) посадових осіб (операторів) різних рівнів управління КЗ. Для формування вхідних даних, що імітують усі види обстановки та інформаційної взаємодії із зовнішніми системами в МК КСУ КЗ, створено відповідні імітатори.

Структура моделюючого комплексу КЗ включає наступні функціональні (ФП) та забезпечуючі підсистеми (ЗП):

- 1) ФП штурманського забезпечення (ШЗ);
- 2) ФП інформаційного забезпечення (ІЗ);
- 3) ФП управління ударними силами та засобами КЗ (УУСЗ);
- 4) ФП управління протиповітряною та протиракетною обороною КЗ (Пп-ПрО);
- 5) ФП управління протичовновою та протимінною обороною КЗ (ПчПмО);
- 6) ФП управління бойовим забезпеченням КЗ (БЗаб);
- 7) ЗП адміністрування і організації обчислювального процесу;
- 8) ЗП імітації обміну даними з об'єктами взаємодії.

До складу МК КСУ КЗ входять імітатори, що забезпечують введення, збереження та відтворення сценаріїв відповідно ПО, НВО та ПдВО, імітацію загальної ПО, НВО та ПдВО на основі сценаріїв, обмін даними з Автоматизованим вищим командним пунктом (АВКП), джерелами інформації, об'єктами управління та взаємодії.

Обчислювальний комплекс МК КСУ КЗ має у своєму складі:

- 1) сервер обробки інформації про обстановку, що забезпечує завантаження вхідних даних і формування обстановки у форматах єдиного тактичного фону (ЄТФ), а також виконує розрахунки ФЗ підсистеми інформаційного забезпечення;
- 2) сервер задач управління, що забезпечує рішення ФЗ управління на підставі розрахунків імовірності виникнення кожного з варіантів розвитку сценарію КЗ залежно від настання суттєвих подій;
- 3) сервер баз даних (БД), що забезпечує рішення задач збереження та модифікації даних МК;
- 4) сервер планування та моделювання діями сил і засобів КЗ відповідно до форматів і вимог ЄТФ;
- 5) комунікаційний сервер, призначений для вирішення задач обміну даними із зовнішніми абонентами в заданому протоколі обміну;
- 6) сервер документування, що забезпечує вирішення задач об'єктивного контролю та підготовки звітних документів;
- 7) сервер імітації, що забезпечує вирішення задач імітації дій противника, підлеглих, взаємодіючих сил і засобів КЗ, вищого КП.

Комунікаційне мережеве обладнання Моделюючого комплексу включає активне комутаційне мережеве обладнання (мережеві комутатори, маршрутизатори тощо) і пасивне комунікаційне мережеве обладнання.

У моделюючому комплексі реалізована концепція C4IFTW — Command, Control, Communications, Computers, Intelligence For The Warrior, коли реалізується

єдиний інформаційний і функціональний простір для розподілених пунктів (постів) управління. Базовими технологіями, які забезпечують функціонування заявленої концепції управління МК, у проекті запропоновано:

— технологію розподіленого прийняття рішень або диспетчеризації процесу вирішення ФЗ на АРМ операторів МК;

— технологію обробки та об'єднання в єдину обстановку даних, що надходять від багатьох джерел радіолокаційної, радіотехнічної і гідроакустичної інформації;

— технологію третинної обробки об'єднаної обстановки, внаслідок якої здійснюється: формування тактичної обстановки в районі дій з'єднання, оцінюється її відповідність раніше прийнятому рішенням та сформованому на його основі плану бойових дій, коригується раніше сформований план застосування КЗ при зміні обстановки;

— технологію варіативності процесів. При плануванні формується БД, де міститься множина варіантів рішень і відповідні плани застосування КЗ. У ході бойових дій здійснюється перехід до одного із базових варіантів рішення (плану застосування), який найбільше відповідає поточній обстановці, та його коригування (налаштування) відповідно до ситуації, що склалася;

— управління ходом бойових дій на основі прийнятого плану.

До складу технічних засобів (ТЗ) АРМ входять:

1) уніфіковані робочі станції (РС) АРМ операторів МК КСУ КЗ;

2) РС імітаторів обміну даними із зовнішніми абонентами (РС імітації);

3) засоби відображення інформації колективного користування (ЗВІКК) — РС з мультимедійними проекторами і екранами.

## Моделювання управлінських рішень на МК КСУ КЗ

*Задача корабельного з'єднання «червоних»* — розгром КЗ підтримки операції передового десантного загону противника «синіх» і зрив висадки морського десанту на острів *N*. Основні зусилля КЗ «червоних» мають бути зосереджені на завданні удару по передовому десантному загону та загону бойових кораблів прикриття «синіх».

Сценарій організації висадки сил десанту «синіх» передбачає настання низки подій, які включають: остаточну підготовку району висадки, авіаційну та вогневу корабельну підготовку району висадки; безпосередню вогневу підтримку сил десанту; перевантаження сил десанту з кораблів на десантно-висадкові засоби та гелікоптери; висадку сил десанту; наступальні дії сил десанту при захопленні плацдарму висадки та інші.

Основою для придання реалістичності сценарію є *єдиний тактичний фон* (ЄТФ), який відображає військовий аспект управлінських рішень і корелюється з концепцією автоматизованого управління як КЗ, так і силами та засобами, що його супроводжують. На підставі розвідданих, що отримані з різних джерел, та експертного аналізу замислів і цілей противника, формується інформаційне середовище для опису кроків сценарію у вигляді ймовірного плану дії противника («синіх») — табл. 1.



Таблиця 1

| № з/п | Імовірний план дії противника «синіх» (у термінах ЄТФ)  | Термін виконання   |
|-------|---|--------------------|
| 1     | <i>Вихід сил і засобів з пунктів базування в район формування десантного з'єднання</i>                    |                    |
|       | Вихід сил і засобів із пункту базування у район формування з'єднання                                      | Ч – 7 діб          |
|       | Побудова похідного ордера десантного загону   | Ч – 7 діб + 2 год. |
|       | Побудова похідного ордера засобів прикриття   | Ч – 7 діб + 2 год. |
| 2     | <i>Перехід до точки перебудови ДЕСЗ у бойовий порядок і авіаційне прикриття</i>                           |                    |
|       | Перехід морем до точки перебудови ДЕСЗ у бойовий порядок  | Ч – 7 діб + 4 год. |
|       | Авіаційне прикриття із положення чергування у зонах № 1 і № 2   | Ч – 7 діб + 4 год. |
|       | Віддалене авіаційне радіолокаційне виявлення  | Ч – 7 діб + 4 год. |
|       | Перехід ЗБК до точки перебудови на бойовий порядок  | Ч – 7 діб + 4 год. |
|       | Виконання завдань радіолокаційного дозору   | Ч – 7 діб + 4 год. |
|       | Протичовнове прикриття кораблів ДЕСЗ  | Ч – 7 діб + 4 год. |
| 3     | <i>Перехід морем передового ДЕСЗ та авіаційна підготовка району висадки</i>                               |                    |
|       | Перехід морем та маневрування в районі висадки  | Ч – 5 діб          |
|       | Нанесення противником авіаційних ударів по наземним і надводним цілям                                     | Ч – 5 діб          |
| 4     | <i>Перехід морем загону бойових кораблів до району висадки основних сил десанту</i>                       |                    |
|       | Перехід морем у складі ЗБК та заняття району тактичного маневрування                                      | Ч – 2 доби         |
|       | Перехід морем ЗБК і заняття вогневих позицій для безпосередньої артилерійської вогневої підтримки десанту | Ч – 2 доби         |
| 5     | <i>Авіаційна підготовка району висадки та протичовнове прикриття кораблів</i>                             |                    |
|       | Авіаційна підготовка району висадки силами штурмової палубної авіації                                     | Ч – 1 доба         |
|       | Завоювання панування повітря силами винищувальної палубної авіації  | Ч – 1 доба         |
|       | Протичовнове прикриття  | Ч – 1 доба         |
| 6     | <i>Висадка десанту</i>  |                    |
|       | Висунення основних сил десанту в район спуску на воду плавзасобів   | Ч – 1 доба         |
|       | Висадка I хвилі десанту на встановлених ділянках берега   | Ч – 9 год.         |
|       | Висадка десанту з гелікоптерів у встановленому районі   | Ч – 2 год.         |
|       | Авіаційна підтримка просування сухопутних сил   | Ч                  |
|       | Вогнева підтримка дій сухопутних сил  | Ч                  |
|       | Висадка II хвилі десанту з гелікоптерів у встановленому районі  | Ч + 1 год.         |
|       | Висадка II хвилі десанту на встановлених ділянках   | Ч + 2 год.         |
|       | Висадка III хвилі десанту та формування лінії оборони полку   | Ч + 5 год.         |
|       | Висадка IV хвилі десанту  | Ч + 10 год.        |
|       | Висадка V хвилі десанту та розширення захопленого плацдарму   | Ч + 15 год.        |
|       | Висадка VI хвилі десанту та розширення захопленого плацдарму  | Ч + 21 год.        |
|       | Перехід до оборони  | Ч + 24 год.        |

Вхідними даними для формування та вироблення управлінських рішень КЗ «червоних» є ймовірний план (сценарій) дій противника («синіх»). Для цього на спеціалізованих АРМах посадових осіб Моделюючого комплексу застосовується спеціалізоване функціональне забезпечення, завдяки використанню якого вирішує-

ться завдання формування управлінських рішень для КЗ у цілому. Тобто, використання функціональності МК КСУ КЗ дозволяє виконувати наступні дії.

1. Проводиться автоматизація процесу формування задуму бойових дій «червоних» з проведення протидесантної операції і представлення його в належному для формалізації даних вигляді для подальшого формування завдань на моделювання сценаріїв. Нагадаємо, що відповідно до вимог єдиного тактичного фону та специфіки інтерфейсів ФП, завдання на імітаційне моделювання (вхідні дані) оформлюються на картографічному фоні та містять:

— карту ймовірних дій противника з формалізованими умовними позначеннями щодо порядку дій при висадці десанту в основному напрямку (рис. 1);

— склад тактичних корабельних груп, які плануються до участі в протидесантній операції. Приклад складу корабельного з'єднання «червоних» з прикриття заданого району, показаний на рис. 2;

— рубежі та ймовірні зони зустрічі сил і засобів противника. Вхідні дані для формування завдань на моделювання відображають склад і розташування підводних об'єктів ПдВО у заданих секторах і зонах протичовнової і протимінної обстановки (ПчПМО) (рис. 3).

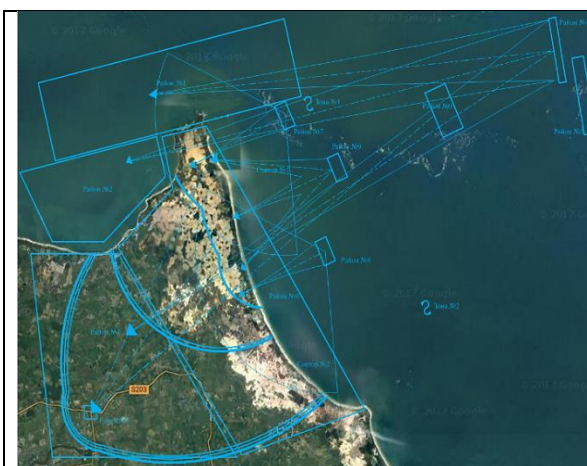


Рис. 1. Карта дій противника з формалізованими умовними позначеннями щодо порядку дій при висадці десанту в основному напрямку

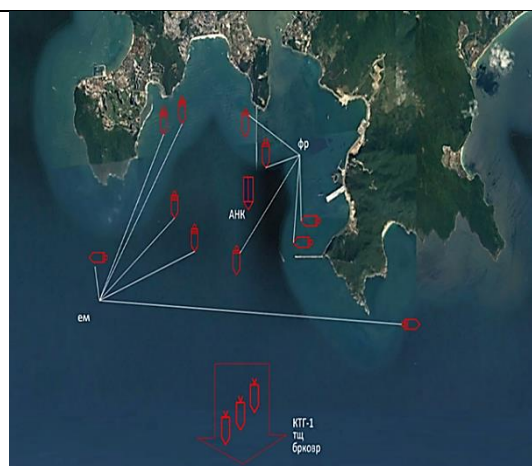


Рис. 2. Склад корабельного з'єднання «червоних» по прикриттю району

На підставі отриманих розвідданих виконується попередній розрахунок місця та часу прогнозованого контакту сил і засобів ПчПМО КЗ «червоних», а також з підводними об'єктами «синіх» (рис. 4).

Далі складається перелік тактичних завдань, що покладаються на корабельні групи як «синіх», так і «червоних». Ці дії включають деталізований перелік тактичних завдань для різних служб з різним ступенем деталізації, які формуються на підставі аналізу ймовірних дій противника, із визначенням районів дії, вогневих позицій, рубежів виконання тактичних завдань, завдань для основних сил і сил забезпечення. Так, на рис. 5 показано приклад деталізованого переліку ймовірних дій підводного човна противника «синіх» у табличному та графічному вигляді.

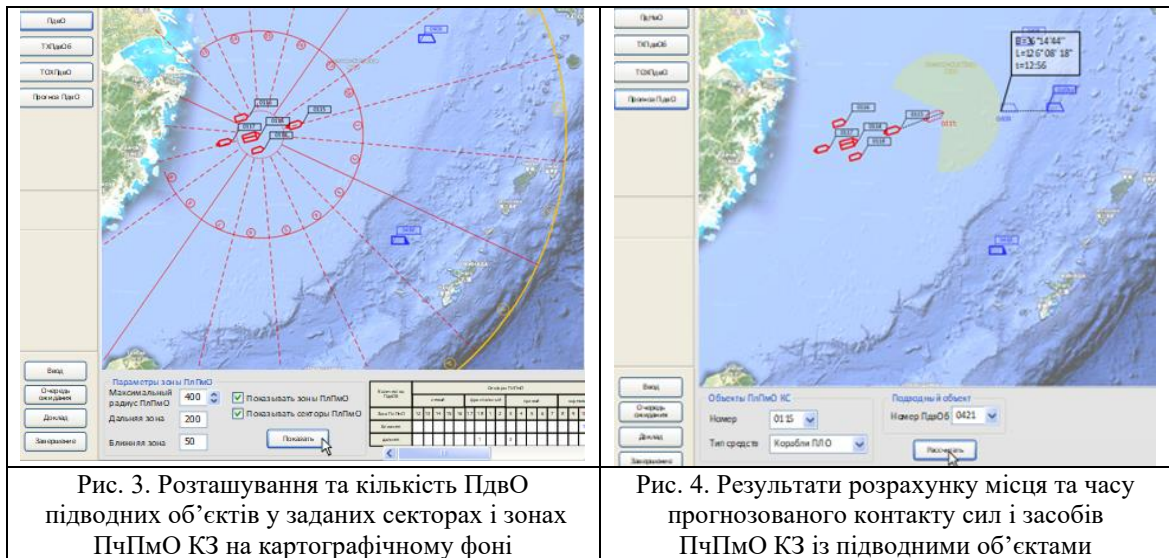


Рис. 3. Розташування та кількість ПДВО підводних об'єктів у заданих секторах і зонах ПчПМО КЗ на картографічному фоні

Рис. 4. Результати розрахунку місця та часу прогнозованого контакту сил і засобів ПчПМО КЗ із підводними об'єктами

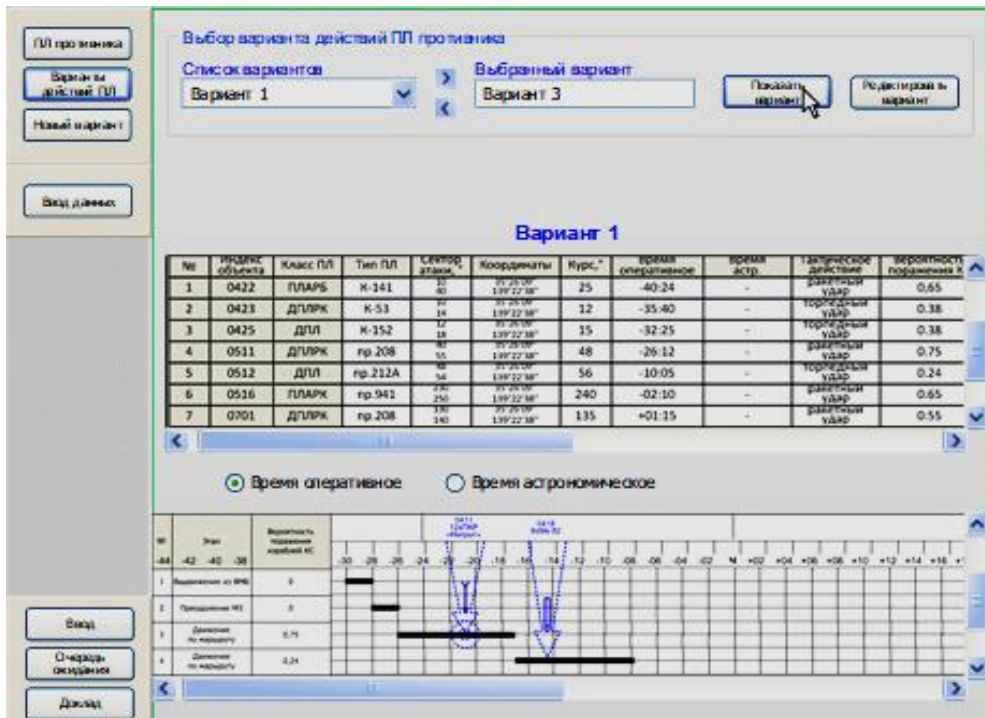


Рис. 5. Деталізований перелік варіанта ймовірних дій підводного човна противника в табличному та графічному вигляді

2. Виходячи з плану ймовірних дій противника, встановлюються причинно-наслідкові зв'язки між подіями та розраховується ймовірність виникнення різних варіантів розвитку сценаріїв «червоних»  $P_{red}^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{E_{V_1, \dots, V_N}} \right)$  залежно від настання подій «синіх»  $P_{bl}^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{E_{V_1, \dots, V_N}} \right)$  для функціональних підсистем, які входять до

складу КЗ. Враховуючи специфіку предметної області, форми вхідних даних можуть дуже відрізнятися залежно від функціонального призначення підсистеми та вимог, що висуваються до інтерфейсу користувача АРМ.

Так, на рис. 6 та 7 показано різні варіанти представлення вхідних даних для МК КСУ КЗ, які в подальшому потрібні для розрахунку ймовірності варіантів розвитку сценарію в інтересах підсистеми протичовнової і протимінної обстановки. Вхідні дані формуються на АРМах операторів планування дії ПчПМО КЗ, а розраховуються сервером задач управління МК КСУ КЗ із використанням імовірнісних методів розрахунку.

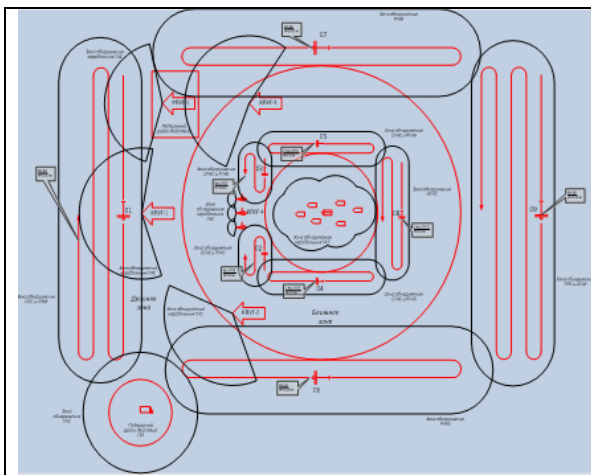


Рис. 6. Відображення графа даних на АРМ-оператора для моделювання сценарію застосування засобів протичовнової та протимінного захисту КЗ

| Сили в средствах (ВШ/С) | Вид тактичного действия | Объекты действия  | Первый этап           |    |    |    |
|-------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|----|----|----|
|                         |                         |                   | Сторонние силы (С), % | С1 | С2 | С3 |
| Кол. №...               | ГАР                     | воздушный корабль | Решение работы        |    |    |    |
| 2 Ка-27ПВ               | ГАР                     | воздушный корабль | Решение работы        |    |    |    |
| Кол. №...               | П                       | ПТ №1             |                       |    |    |    |
| Воз. №...               | П                       | ПТ №1             |                       |    |    |    |
| Мтр. №...               | ТР                      | МЗ №012           |                       |    |    |    |
| Бр. №...                | ТР                      | МЗ №012           |                       |    |    |    |
| АН Дельфин              | ГАР                     | воздушная мишень  | Решение работы        |    |    |    |
| ар. №...                | ГАР                     | воздушная мишень  | Решение работы        |    |    |    |

Рис. 7. Сформований графік застосування засобів протичовнової та протимінного захисту в інтересах КЗ

3. На наступному етапі проводиться оцінка наслідків настання для «червоних» подій, які мають максимальне значення ймовірності  $P_{red}^{Sn} \left( \frac{Ev_i}{Sn_j Ev_1, \dots, Ev_{N-1}} \right)$ , та оцінка їхньої реалістичності для розвитку сценарію. В цьому контексті ймовірності  $P_{red}^{Sn} \left( \frac{Ev_i}{Sn_j Ev_1, \dots, Ev_{N-1}} \right)$  фактично визначають ступінь довіри військових експертів до різних варіантів розвитку сценаріїв  $Sn_j$ . Якщо оцінка реалістичності розвитку сценарію вважається недостатньою, запускається наступний цикл імітаційного моделювання з іншими умовами.

4. Групою відповідальних осіб виконуються оцінки як ймовірності настання подій, так і їхньої реалістичності, що служать основою для прийняття рішень або коригування рішення, яке прийняте на попередньому кроці моделювання. Приклад, який демонструє такий підхід, показаний на рис. 8, 9. У результаті оцінки ймовірності можливого варіанта розвитку сценарію і оцінки реалістичності дій противника, початковий варіант бойового порядку кораблів КЗ (рис. 8) був змінений на новий порядок (рис. 9).



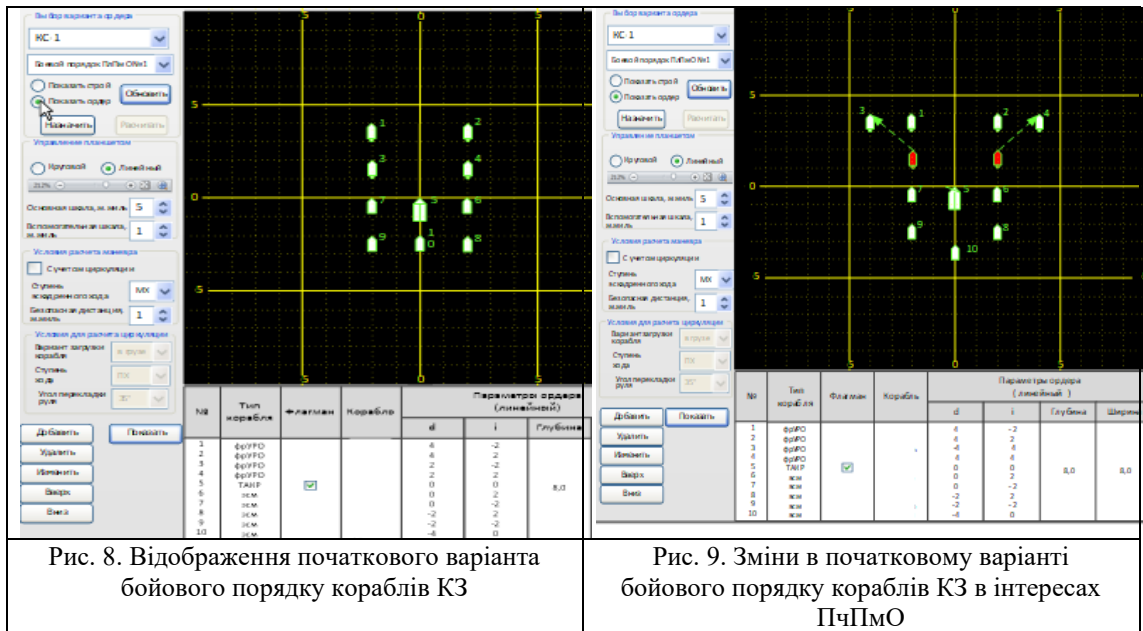


Рис. 8. Відображення початкового варіанту бойового порядку кораблів КЗ

Рис. 9. Зміни в початковому варіанті бойового порядку кораблів КЗ в інтересах ПчПМО

5. Аналогічним способом розраховується і оцінка ефективності проведення операції для всіх функціональних підсистем, які задіяні в операції. Розрахунок здійснюється теж при настанні альтернативних шляхів розвитку бойових дій для кожної підсистеми. На рис. 10 наведено приклад діаграми порівняльного аналізу показників ефективності протичовнових і протимінних дій КЗ на підставі розрахунків імовірності альтернативних шляхів розвитку бойових дій.

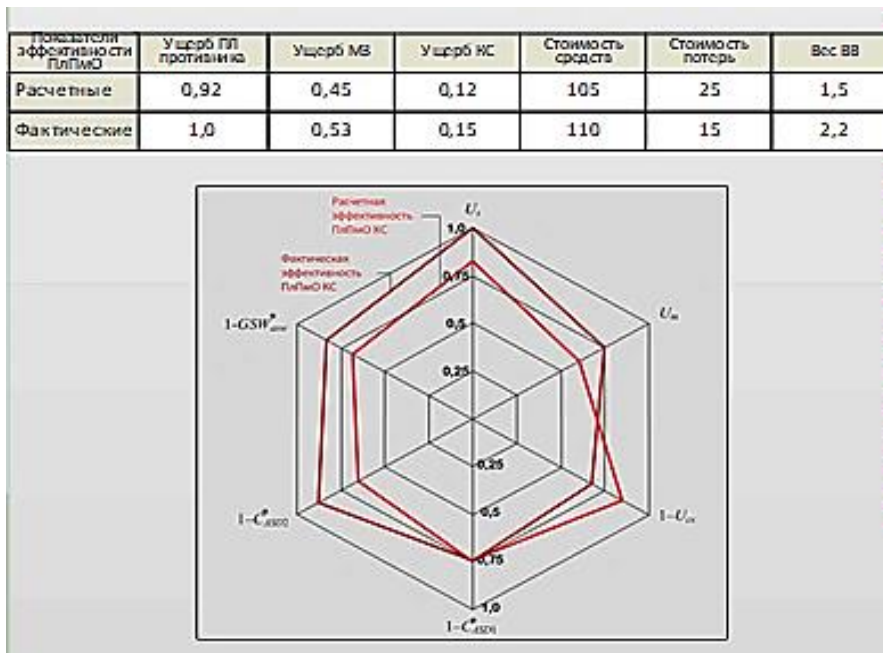


Рис. 10. Приклад відображення діаграми порівняльного аналізу показників ефективності протичовнових і протимінних дій КЗ на підставі розрахунків імовірності альтернативних шляхів розвитку бойових дій

6. Далі, враховуючи специфіку, формується план бойових дій з недопущення проведення операції противником — план-графік виконання тактичних і тактико-технічних дій, карта та текстуальний опис рішення на бойові дії на підставі розрахунків імовірності альтернативних шляхів розвитку бойових дій.

7. Формується постановка бойових завдань кораблям КЗ, а саме: план-графіки виконання тактичних дій, карта та текстуальний опис рішення на бойові дії кожному кораблю КЗ у заданому часовому інтервалі та з урахуванням просторових даних.

8. Формується сценарій розвитку різних видів обстановки відповідно до план-графіка тактико-технічних дій кораблів та авіації КЗ на підставі прогону циклів імітаційного моделювання варіантів розвитку сценарію. За результатами моделювання оцінюється ймовірність виникнення кожного окремого варіанта сценарію розвитку різних видів обстановки

$$P^{Sn} \left( \frac{Sn_j}{Ev_1, \dots, Ev_N} \right).$$

9. Формується загальне управлінське рішення з формалізованими визначеннями команд і розпоряджень щодо управління силами та засобами КЗ у ході протидесантної операції. Управлінські рішення формуються за результатами імітаційного моделювання різних варіантів розвитку сценарію з урахуванням реальних обмежень на сили, засоби та часові інтервали. Для фахівців різних рівнів управління формуються плани дій з різною мірою деталізації.

10. Формуються альтернативні варіанти зміни управлінських рішень залежно від зміни обстановки та змісту команд оперативного управління.

11. Проводиться моделювання процесу формування управлінських рішень, яке також передбачає і моделювання взаємодії ФЗ та АРМ під час виконання сценарію для всіх ФЗ та АРМ, що приймають участь у реалізації сценарію. Для прикладу на рис. 11, 12 наведено схеми взаємодії постів, АРМ і ФЗ при вирішенні задач ФП ПчПМО КЗ. На схемах ФЗ позначені згідно з кодифікацією, яка є прийнятою у проекті.

Алгоритми МК КСУ КЗ забезпечують обробку інформації з прив'язкою до довільної точки Світового океану та повітряного простору Землі. Обмін даними між МК КСУ КЗ і імітаторами здійснюється з використанням розробленого протоколу інформаційно-технічного сполучення та має інформаційну структуру повідомлень, аналогічну тій, яка використовується в мережі LINK16. Як транспортний протокол використовується мережевий протокол TCP/IP.

ФЗ вирішуються в двох режимах управління: *режимі підготовки та планування* та *режимі ведення бойових дій*. Для реалізації сценарію відповідно до ЄТФ підготовлено вхідні дані: склад, базування і оснащення сил противника; склад, базування і оснащення ударних сил і засобів КЗ; оперативно-тактична обстановка та завдання КЗ; дані для розрахунку зон досяжності літальних апаратів; тактико-технічні характеристики корабельних ударних комплексів та ін. При реалізації сценарію задіяні всі функціональні та забезпечуючі підсистеми МК КСУ КЗ.



кумента «Розпорядження на формування МК КСУ КЗ». Згідно Розпорядження адміністратор програмно-технічних засобів виконує формування МК КСУ КС необхідної конфігурації. Формування МК та організація виконання сценарію комплексної перевірки КСУ КС включає наступні операції.

1. Налаштування МК для виконання поставлених задач (реєстрація користувачів, призначення ним login/пароллю, визначення прав доступу, введення даних для моделювання, налаштування інформаційного обміну з об'єктами взаємодії, задання параметрів моделювання (початкове значення модельного часу, синхронізація часу МК).

2. Запуск комплексних імітаторів обстановки, імітаторів АВКП, КСУ АК, БІУС підлеглих кораблів та ін.

3. Запуск комплексу задач організації та управління обчислювальним процесом. Запуск і вирішення ФЗ згідно зі сценарієм.

4. Контроль у ході вирішення ФЗ: технічного стану МК, інформаційної взаємодії і мережевого обміну ТЗ МК. Перевірка правильності виконання ФЗ відповідно до тестових даних.

5. Протоколювання всіх подій у системі, ведення журналу/документування МК. Після завершення виконання сценарію — можливість відтворення і аналізу процесу моделювання.

6. Завершення моделювання.

Основні етапи моделювання сценарію наведені в табл. 2. Кожен етап забезпечується виконанням визначених ФЗ на відповідних АРМ операторів. За результатами вирішення визначених ФЗ формуються рішення, план бойових дій, команди з управління силами та засобами КЗ.

Таблиця 2

| № з/п   | Найменування етапу сценарію  |
|---|--|
| <i>Підготовка та планування бойових дій для протидії противнику</i> |  |
| 1   | Отримання бойового розпорядження та планування бойових дій з відображенням: району бойових дій, складу сил і засобів противника, ймовірного вогневого контакту з надводними силами; передбачуваного маршруту прямування надводних сил морського десанту противника, передбачуваних районів його висадки, маршрутів польотів і задач ракетноносної авіації противника |
| 2   | Оцінка обстановки  |
| 3   | Підготовка даних щодо варіантів виконання задач КЗ під час виходу з пункту постійної дислокації  |
| 4   | Формування корабельних пошуково-ударних груп, визначення параметрів ордера та маршрутів руху кораблів на виході з пункту постійної дислокації  |
| 5   | Підготовка управлінських рішень з урахуванням сформованих груп:<br>— визначення порядку використання авіації;<br>— визначення порядку взаємодії протичовнової авіації і кораблів КЗ;<br>— визначення порядку маневрування та строю кораблів КЗ   |
| 6   | Підготовка даних щодо варіантів забезпечення дій КЗ під час виходу з пункту постійної дислокації   |
| 7   | Вибір раціональних варіантів виходу із пункту постійної дислокації   |
| 8   | Підготовка даних щодо варіантів нанесення ракетно-авіаційного удару  |
| 9   | Підготовка даних щодо варіантів нанесення ракетно-авіаційного удару без урахування забезпечуючих дій   |



| № з/п                      | Найменування етапу сценарію  |
|----------------------------|--|
| 10                         | Підготовка даних щодо варіантів виконання дій забезпечення (штурманського забезпечення, інформаційного забезпечення, ПпПрО, ПлПмО, БЗб)  |
| 11                         | Вибір раціональних варіантів нанесення ракетно-авіаційних ударів з урахуванням забезпечуючих дій   |
| 12                         | Деталізація обраних варіантів нанесення ракетно-авіаційних ударів  |
| 13                         | Підготовка даних щодо переходу в район виконання бойової задачі  |
| 14                         | Підготовка даних щодо варіантів ведення ПпПрО на переході без урахування забезпечуючих дій   |
| 15                         | Підготовка даних щодо варіантів виконання дій забезпечення на переході в район виконання бойової задачі  |
| 16                         | Вибір раціональних варіантів ПпПрО з урахуванням забезпечуючих дій   |
| 17                         | Оформлення плану бойових дій КЗ. Формування об'єднаного варіанта застосування КЗ у вигляді мережевого графіка дій КЗ   |
| <i>Ведення бойових дій</i> |  |
| 18                         | <p>Приведення сил у готовність, висування, рух у складі кільватерних колон. На АРМ операторів відображається обстановка (повітряна, надводна та підводна), що сформована в результаті вирішення ФЗ на АРМ операторів ведення повітряної, надводної та підводної обстановки. Обстановка формується шляхом узагальнення різномірної координатно-об'єктної інформації, що надходить від багатьох джерел, і мультирадарної обробки даних.</p> <p>У цей час ракетноносна авіація противника виконує авіаційну підготовку району висадки десанту. Літаки противника здійснюють пуски ракет класу «повітря – поверхня» повітряного базування з визначених рубежів.</p> <p>На підставі рішення командира на АРМ начальника авіації КЗ формується потрібний наряд винищувачів, параметри для забезпечення безперервності управління авіацією, цілерозподіл і цілевказівка для винищувачів.</p> <p>На основі отриманих даних автоматично формується команда для палубної авіації. Спільними зусиллями сил ПпПрО КЗ та взаємодіючої винищувальної авіації задача авіаційної підготовки району висадки морського десанту противника зірвано.</p> |
| 19                         | <p>Перебудова у похідний порядок та проходження в район тактичного розгортання. Вирішуються ФЗ з управління КЗ на переході:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— контроль збереження кораблями місць у ордері, контроль ближньої обстановки;</li> <li>— контроль надводної та повітряної обстановки;</li> <li>— контроль підводної обстановки: оцінка загроз атак з боку підводних човнів противника, хід вирішення завдань з протичовнової оборони;</li> <li>— хід вирішення задач розвідки на користь застосування КЗ.</li> </ul>  |
| 20                         | Відбиття ракетно-авіаційного удару противника на переході  |
| 21                         | Перебудова в бойовий порядок на межі тактичного розгортання  |
| 22                         | <p>Нанесення ракетно-авіаційного удару по кораблях противника:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— розпорядження на пуск крилатих ракет і на зліт літаків штурмової авіації;</li> <li>— зліт основної тактичної групи штурмової авіації;</li> <li>— пуск крилатих ракет з кораблів;</li> <li>— вихід літаків основної тактичної групи на рубіж атаки, маневрування та застосування озброєння.</li> </ul> <p>Задачу завдання ракетно-авіаційного удару виконано. Допоміжний десантний загін кораблів розгромлений. Основними силами флоту завдано шкоди основному десанту противника.</p> <p>Противник відмовився від подальших дій щодо висадки морського десанту на острові N</p>  |

Розглянута методологія сценарного підходу до моделювання процесів формування управлінських рішень для КЗ апробована під час проведення досліджень у

сфері управління та підготовки дій кораблів і авіації КЗ відповідно до план-графіка. Запропонована методологія дозволяє відпрацювати організаційно-функціональну структуру, що забезпечує ефективність та узгодженість дій посадових осіб при виконанні завдань КЗ, змодельовати взаємодію всіх учасників сценарію як у штатному режимі, так і в режимі виникнення різних нештатних ситуацій, що вимагають прийняття адекватних та обґрунтованих управлінських рішень.

Розглянутий сценарій є одним із безлічі сценаріїв, розроблених для моделювання процесів управління КЗ, які складають набір (базу даних) сценаріїв (шаблонів), що забезпечують виконання повного циклу управління.

## **Висновки**

Запропоновано сценарний підхід до вирішення задач підготовки складних управлінських рішень на прикладі сценарію управління корабельним з'єднанням. Сценарний підхід у сфері розробки управлінських рішень для військових структур полягає в проведенні дослідження, у ході якого будується кілька альтернативних варіантів сценаріїв розвитку проблеми при заданих обмеженнях.

У ході перевірки функціонування СОУ на основі сценарію проведення протидесантної операції продемонстровано ефективність запропонованого підходу до моделювання процесів формування управлінських рішень завдяки використанню програмного забезпечення Моделюючого комплексу МК АСУ АК, який розроблений і створений в ІПРІ НАН України. В процесі вирішення ФЗ здійснено обробку і аналіз даних, що надходять з різних джерел; оперативне формування єдиної обстановки; сформовано рішення та план бойових дій, команди з управління силами та засобами КЗ.

Реалізація сценарію дозволила:

- сформувані єдине інформаційне середовище та виконати моделювання процесів управління силами та засобами корабельного з'єднання на прикладі виконання задачі участі КЗ у протидесантній операції флоту;
- перевірити можливість інформаційної взаємодії між учасниками сценарію під час вирішення комплексів ФЗ;
- перевірити повноту і якість реалізованих програмно-технічних і функціонально-структурних проектних рішень щодо створення МК КСУ КЗ.

Результати моделювання процесів управління КЗ довели, що МК КСУ КЗ може використовуватися для відпрацювання перспективних технологій автоматизованого управління морськими та повітряними силами, технологій проектування командних систем управління різного призначення, а також для підготовки та тренажу операторів — фахівців усіх рівнів управління КЗ. Сценарний підхід забезпечує можливість варіативності задач, що можуть відпрацьовуватися на моделюючому комплексі з метою підвищення якості і оперативності управління й ефективності застосування Збройних сил країни, що є особливо актуальним для України в сучасних умовах збройного протистояння.

1. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А., Юрасов А.А. Сценарний підхід к моделюванню функціональних задач на комп'ютерном моделююющем комплексі. *Математические машины и системы*. 2015. № 2. С. 113–129.

2. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А., Князь И.В. Сценарий принятия решения по организации противолодочной и противоминной обороны корабельного соединения. *Математические машины и системы*. 2015. № 3. С. 156–170.
3. Путятин В.Г., Куценко С.А. Сценарії протидії деструктивним впливам на комп'ютерні інформаційні мережі для високотехнологічних об'єктів. Информационные технологии и безопасность. Материалы XV Международной научно-практической конференции ИТБ-2015. Киев: ИПРИ НАН Украины, 2015. С. 187–195. ISBN: 978-966-2344-45-5.
4. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Буточнов А.Н. и др. Организация структуры системы обработки информации и управления. *Математичні машини і системи*. 2014. № 4. С. 18–34.
5. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А., Юрасов А.А. Управление процессом моделирования при решении функциональных задач на АРМ компьютерной модели СОУ АК. Сборник трудов пятой Международной научной конференции МОДЕЛИРОВАНИЕ-2016 (25–27 мая 2016 г., Киев). Киев: ИПМЭ НАН Украины, 2016. С. 225–228.
6. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г., Куценко С.А. Построение системы организационного управления авиационным комплексом. *Ресстрація, зберігання і оброб. даних*. 2014. Т. 16, № 1. С. 28–43. <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2014.16.1.100236>
1. Додонов О.Г., Путятин В.Г., Ландэ Д.В., Куценко С.А. Побудова узагальненої структури інформаційної системи організаційного управління. *Математические машины и системы*. 2017. № 2. С. 3–22.
2. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А. и др. Компьютерное моделирование системы организационного управления авиационным комплексом. *Ресстрація, зберігання і оброб. даних*. 2014. Т. 16, № 3. С. 25–44. <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2014.16.3.100279>
3. Згуровський М.З. Сценарний аналіз як системна методологія передбачення. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/50211/01-Zgurovsky.pdf?sequence=1>
4. Овчинников В.А. Графы в задачах анализа и синтеза структур сложных систем. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 423 с.
5. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 288 с.
6. Додонов А.Г., Литвиненко А.Е., Луцкий М.Г. Методы принятия решений в автоматизированной системе управления предполетной подготовкой летательных аппаратов/монография. Киев: НАУ, 2011. 340 с.
7. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами; под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. Москва: Либроком, 2009. 264 с.
8. Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. Москва: ИПУ РАН, 2003. 102 с.
9. Хаджинов В.В., Быков В.А., Храмова И.А., Усачев В.Г. Информационно-вычислительные системы принятия решений. АН Украины. Киев: Наук. думка, 1993. 138 с.
10. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. Київ: ВНУ, 2007. 544 с.
11. Панкратова Н.Д., Савастьянов В.В. Моделирование альтернатив сценариев процесса технологического предвидения. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2009. № 1. С. 22–35.
12. Резяпов Н., Чеснаков С., Инюхин М. Имитационная система моделирования боевых действий JWARS ВС США. *Зарубежное военное обозрение*. 2008. № 11. С. 27–32.
13. Минский М. Фреймы для представления знаний. Москва: Энергия, 1979. 151 с.
14. Линдгрэн М., Бандхольд Х. Сценарное планирование: связь между будущим и стратегией. Москва: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. 256 с.

Надійшла до редакції 18.10.2022