

УДК: 519.81

DOI: 10.33099/2311-7249/2025-52-1-55-62

ПЕРМЯКОВ Олександр Юрійович,

доктор технічних наук, професор,
Національний університет оборони України, Київ, Україна,
<http://orcid.org/0000-0002-2206-3761>

КОРОЛЮК Наталія Олександрівна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДУ ЩОДО СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАСОБАМИ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

У статті проаналізований процес ситуаційного управління силами (військами) із врахуванням особливостей процесу прийняття рішень під час вирішення задач протиповітряної оборони.

Метою статті є удосконалення підходу щодо автоматизованого ситуаційного управління силами (військами) та засобами протиповітряної оборони шляхом формалізації знань осіб, які приймають рішення, з урахуванням досвіду ведення бойових дій.

Методи дослідження. Під час написання статті (проведення дослідження) застосовано методи експертного опитування, представлення експертних знань, теорія графів та методи (класифікації) за експертними і статистичними правилами.

Отримані результати дослідження. Досвід ведення бойових дій показав, що на сучасному етапі головними особливостями управління військами, особливо силами протиповітряної оборони, є врахування підвищеної складності їх застосування, розмаху і швидкості зміни обстановки. Аналіз показав, що тривалість циклу прийняття рішень і формування на його основі управлінських команд (плану дій) при неавтоматизованому управлінні істотно більша ніж середньостатистичний часовий період зміни обстановки, коли може знадобитися кардинальний перегляд раніше ухваленого рішення. Запропоновано при побудові автоматизованої системи ситуаційного управління силами (військами) та засобами протиповітряної оборони використовувати підхід, який включає процес придбання, обробки та формалізації експертних знань. В результаті дослідження встановлено, що процес управління силами (військами) та засобами умовно можна розділити на два етапи (режими управління): завчасна підготовка сил (військ) і засобів до їх бойового застосування та безпосередньо ситуаційне управління під час ведення бойових дій. Встановлено, що комплекси функціональних завдань, що вирішуються під час протиповітряної оборони та є основою спеціального математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи ситуаційного управління силами (військами), мають будуватися за ієрархічним принципом із використанням математичних моделей із відповідним ступенем деталізації процесів управління.

Елементами наукової новизни є те, що при ситуаційному управлінні силами (військами) із врахуванням особливостей процесу прийняття рішень під час розв'язання задач протиповітряної оборони, пропонується використання об'єктно-орієнтованих баз знань.

Теоретична й практична значущість статті зводиться до того, що запропоновані такі етапи під час розробки спеціального математичного та програмного забезпечення автоматизованих систем ситуаційного управління силами: розробка візуальних когнітивних моделей проблемних ситуацій відповідно до запропонованого задуму застосування сил (військ); генерування альтернативних способів розв'язання проблемних ситуацій на основі асоціативного пошуку способів рішення схожих задач; розробка методів збирання і аналізу статистичних даних великого об'єму та розмірності («великих даних») з метою отримання правил класифікації ситуацій, що повторюються. Запропонований підхід щодо здійснення автоматизованого ситуаційного управління силами містить етапи підготовки бази знань до процесу застосування сил (військ) та аналізу результатів ведення бойових дій з метою коригування моделей і методів ситуаційного управління.

Ключові слова: формалізація знань, база знань, сили і засоби протиповітряної оборони, автоматизоване ситуаційне управління силами.

Вступ

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досвіду ведення бойових дій на території України свідчить, що удосконалення процесу прийняття рішень щодо застосування сил (військ) та засобів, є

актуальним та важливим завданням.

На сучасному етапі головними особливостями застосування військ, особливо сил протиповітряної оборони (далі – ППО), є врахування підвищеної складності їх застосування, розмаху операції і

швидкості зміни обстановки. Отже виникають ситуації під час управління, що пов'язані з недостатньою детальністю (продуманістю) рішень щодо визначення порядку узгодженого застосування сил, засобів ППО в умовах непередбачених швидкоплинних змін тактичної обстановки.

Тривалість циклу прийняття рішень і формування на його основі системи управлінських команд (плану дій) при використанні традиційних методів істотно більша ніж середньостатистичний часовий період зміни обстановки, коли може знадобитися кардинальний перегляд раніше ухваленого рішення. Так, для відпрацювання рішення і плану застосування оперативного угруповання сил (військ) потрібно від кількох годин до кількох діб роботи відповідних органів управління. Кардинальна зміна обстановки може вимагати нового рішення протягом декількох годин або навіть десятків хвилин з врахуванням можливостей сучасних засобів збройної боротьби. При цьому якість прийнятих рішень може знижуватися, що позначається в неузгодженому використанні можливостей підлеглих сил (військ) і засобів, так як управління здійснюється за заздалегідь складеним планом з подальшою можливістю коригування дій у відповідності до складеного плану.

Отже, під час управління силами (військами) та засобами ППО використовуються комплекси засобів автоматизації, що на думку провідного американського фахівця в галузі управління силами (засобами) Дж. Бойда, дає змогу перейти до управління в реальному масштабі часу [1]. Тобто реалізується концепція ситуаційного управління, коли управлінські рішення формуються на основі накопичених знань. У сучасній літературі присутній двоякий підхід до побудови бази знань для ситуаційного управління, а саме: статистичне навчання штучного інтелекту (далі – ШІ) на основі технологій «великих даних» (Big Data (BD)) та «інтернету речей» (Internet of Things (IoT)); вилучення експертних знань, їх обробка, формалізація та використання в автоматизованих проблемно-орієнтованих системах управління.

Методи статистичного навчання ШІ, на думку В. Майєра-Шенбергера і К. Кук'єра [2–4], використовують переваги сучасних ЕОМ щодо зберігання і переробки великих обсягів даних. Проблемаю для застосування подібних підходів для розв'язання задач управління є необхідність використання великих обсягів статистичних даних для створення ефективних правил класифікації (розпізнавання) ситуацій. Однак, це можливо при розв'язанні завдань, які повторюються. У випадках, коли мають місце унікальні ситуації, що не мають аналогів у минулому, використання систем ШІ, що статистично навчаються, не дає належного ефекту. Також для навчання ШІ необхідні кількісні дані, які вимірюються в абсолютних шкалах або шкалах порядку. У разі використання якісної інформації самонавчання ШІ неможливе. Необхідна участь людини, яка вносить елемент упорядкованості в навчальну вибірку.

Альтернативою статистичному навчанню ШІ є

методи вилучення експертних знань [5–9]. Перевагою проблемно-орієнтованих експертних баз знань є можливість ефективної побудови правил при відсутності великого обсягу навчальної статистики, працездатність підходу для випадків унікальних (мало повторюваних) управлінських ситуацій та можливість використання якісної інформації при прийнятті рішень. Проведений аналіз показав, що доцільним при побудові автоматизованої системи ситуаційного управління силами (військами) та засобами ППО є використання підходу вилучення експертних знань [9; 10–13].

Постановка проблеми. Під загальною моделлю автоматизованого процесу ситуаційного управління силами (військами) та засобами розуміють деякий контур, який містить основні елементи процесу, що розглядається, і зв'язки між ними (рис. 1).

Процес управління силами (військами) та засобами умовно можна розділити на два етапи або режими управління. Перший етап пов'язаний із завчасною підготовкою сил (військ) та засобів до їх застосування. Другий етап – власне є ситуаційним управлінням силами (військами) та засобами під час їх застосування.

На першому етапі, в результаті узгодженої роботи ієрархії штабів, відбувається формування безлічі альтернативних варіантів тактичних дій сил з метою вирішення поставлених перед ними завдань (досягнення метаціль). При використанні звичайної технології управління результатом роботи штабів є план застосування сил. При використанні технології автоматизованого ситуаційного управління – це є база проблемно-орієнтованих даних, де містяться відомості про дії та порядок застосування сил (військ) і засобів для тактичних ситуацій, а також правила їх розпізнавання. Тактичні ситуації формуються на підставі задуму застосування сил (військ), що описується в їх ознаках. У просторі ознак задаються межі області гіпотетичних станів процесу застосування сил (військ) – це тривимірний простір $P_1 \times P_2 \times P_3$ (рис. 1).

Інформаційно-аналітична робота штабів щодо визначення параметрів порядку застосування сил (військ) і засобів, упорядковується за рахунок використання простору гіпотетичних станів. Правила класифікації (розпізнавання) тактичних ситуацій представляють собою певні співвідношення між ознаками ($P_1 \times P_2 \times P_3$) та кількістю можливих тактичних ситуацій. У формалізованому вигляді правила розпізнавання ситуацій мають вигляд деякого графа (фрейма) вузлів у просторі ознак. Дані ознаки, як правило, є якісними і вимірюються за допомогою шкали порядку $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$, де n – кількість градацій якісної ознаки i , що розглядається. Ці співвідношення створюються в рамках розглянутого задуму в процесі завчасної підготовки сил (військ) безпосередньо командиром, особами, що приймають рішення (ОПР). Методи і моделі, за допомогою яких формуються правила розпізнавання тактичних ситуацій, належать до галузі придбання експертних знань [9; 10].

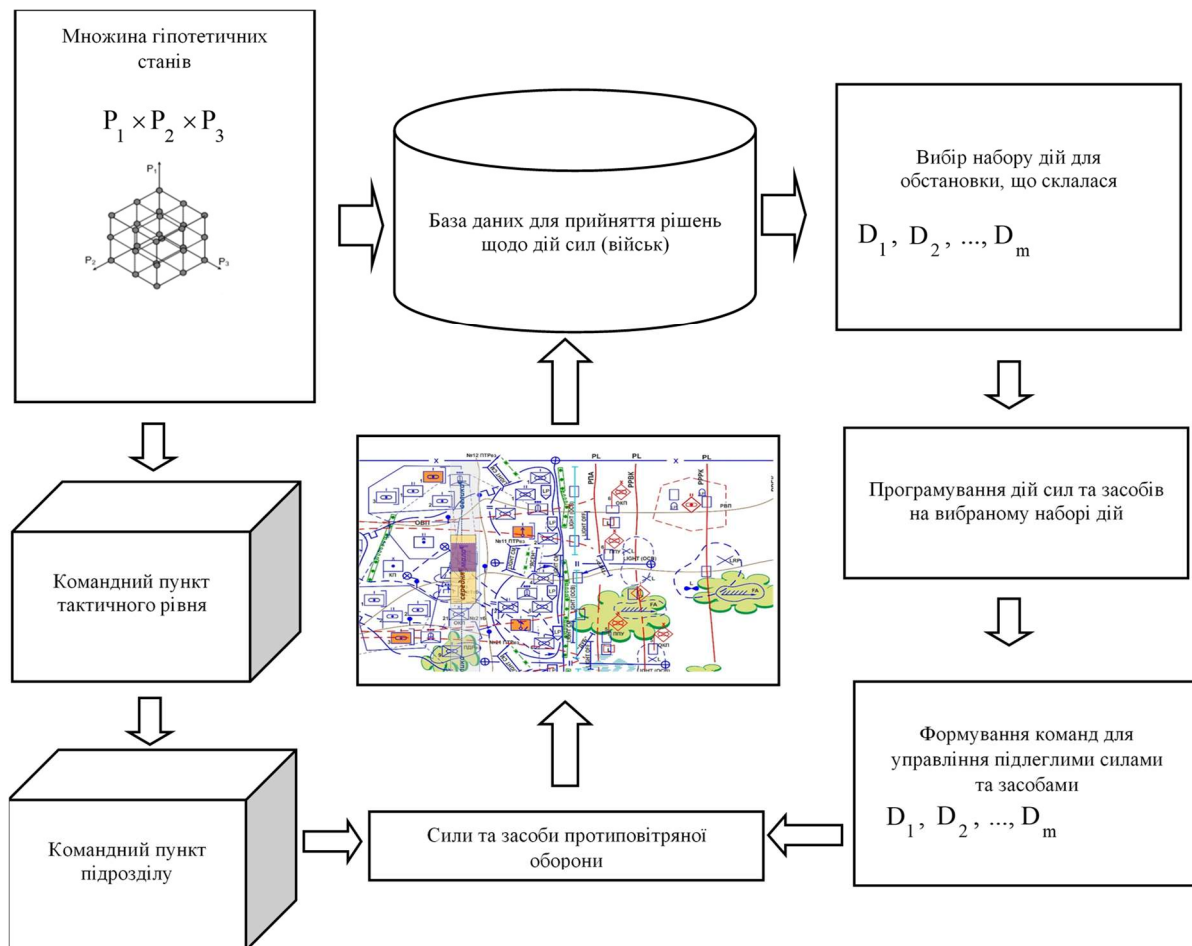


Рисунок 1 – Модель автоматизованого процесу ситуаційного управління силами (військами) та засобами

Отже, на першому етапі відбуваються придбання, обробка і формалізація знань командира, ОПР на задум застосування сил, а також заповнення бібліотеки шаблонних дій сил (реакцій системи) для характерних тактичних ситуацій, що формуються за допомогою системи формалізованих правил.

На другому етапі відбувається ситуаційне управління силами (військами) під час їх застосування. Сформована база знань, що складається з правил застосування дій, знаходиться в спеціальному математичному та програмному забезпеченні засобів автоматизації, які використовуються на командних пунктах (далі – КП) у системі управління силами. На вхід надходить координатно-об'єктна інформація про дії та стан сил і засобів противника, своїх сил (військ) і засобів, яка перетворюється на тактичну (оперативно-тактичну) обстановку, що є вихідною для прийняття рішень щодо управління своїми силами (військами) і засобами. Рішення приймаються шляхом вибору доцільної рекомендації щодо порядку застосування сил (військ) зі сформованого засобами автоматизації переліку альтернативних варіантів. Альтернативні варіанти застосування сил (військ) і засобів формуються системою шляхом розпізнавання раніше розглянутих тактичних ситуацій і синтезу послідовності дій сил із набору шаблонних дій. Оскільки тактична ситуація, яку розглядають як еталонну для встановленого класу ситуацій, може відрізнитися від ситуації, яка має місце фактично, здійснюється коригування параметрів порядку

застосування сил (військ) і засобів відповідно до фактичної обстановки [2–5]. Послідовність дій сил (військ) формується з урахуванням зроблених коригувань. У разі вибору командиром варіанта послідовності дій із переліку альтернатив, представлених засобами автоматизації, формується система команд і розпоряджень управління силами (військами) та засобами.

Таким чином, тривалість циклу прийняття рішень і формування на його основі системи управлінських команд при неавтоматизованому управлінні чи використанні традиційних методів, що базуються на гіпотезах про рівномірний рівноприскорений рух повітряної цілі, істотно більша ніж середньостатистичний часовий період зміни обстановки, коли може знадобитися кардинальний перегляд раніше ухваленого рішення. Швидка та кардинальна зміна обстановки може вимагати нового рішення протягом невеликого проміжку часу з врахуванням можливостей сучасних засобів збройної боротьби. Тому актуальним є удосконалення процесу управління силами (військами) та засобами протиповітряної оборони шляхом використання інформаційних технологій.

Мета статті – удосконалення підходу щодо автоматизованого ситуаційного управління силами (військами) та засобами протиповітряної оборони шляхом формалізації знань осіб, які приймають рішення, з урахуванням досвіду ведення бойових дій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Описаний вище контур ситуаційного управління може бути реалізовано за допомогою математичних методів і моделей, об'єднаних у комплекси функціональних завдань спеціального математичного та програмного забезпечення автоматизованої системи управління. На етапі оцінювання обстановки та вироблення задуму застосування сил (військ) при вирішенні задач ППО доцільне використання комплексів функціональних завдань, які дають змогу:

розраховувати показники можливостей своїх сил та засобів ППО, сил противника з урахуванням особливостей району їх застосування, а також змісту розв'язуваних завдань. Перелік і рівень деталізації використовуваних показників мають відповідати ієрархічному рівню ланки управління;

формуванню візуальні когнітивні моделі проблемної ситуації в контексті задуму застосування сил (військ). Візуалізація проблемних ситуацій управління силами на оперативному та оперативно-тактичному рівнях у відкритих джерелах не зустрічається. Це вимагає проведення додаткових досліджень за даним напрямом, зокрема вдосконалення системи умовних позначень обстановки на карті в бік забезпечення їх більшої гнучкості та інформативності під час відображення порядку застосування сил (військ);

генерувати альтернативні способи розв'язання проблемних ситуацій (альтернативні варіанти задуму застосування сил (військ)).

Як основні методи тут можуть бути використані метод асоціативного пошуку способів розв'язання схожих проблемних ситуацій, а також метод випадкового конструювання задумів дій [14]. Обидва методи для своєї реалізації вимагають опису задумів застосування сил (військ) у гранично узагальнених категоріях.

На кожному ієрархічному рівні системи управління силами, для відповідного ступеня деталізації, на засобах автоматизації розв'язуються такі групи функціональних завдань із розрахунку:

потрібних нарядів сил і засобів;

маршрутів маневру сил (військ), польоту, переходу, маршруту;

параметрів порядку проведення всіх видів забезпечення сил (військ);

параметрів бойового порядку сил (військ) і засобів;

параметрів порядку проведення заходів відновлення боєздатності частин і підрозділів;

параметрів порядку здійснення управління силами (військами);

часових параметрів порядку сил (військ) і засобів.

База знань за варіантами тактичних дій в визначених ситуаціях використовується для подальшого ситуаційного управління силами (військами) під час їх застосування, а також для створення традиційного рішення і плану застосування сил (військ). Для формування рішення і плану зі сформованої множини дій обирають доцільний варіант (або кілька варіантів), що належить до найімовірнішої характерної ситуації. Для вибору варіанта дій використовують відомі показники ефективності застосування сил (військ), у відповідності задуму і змісту розглянутих дій. Для формування та

оформлення плану використовують методи мережевого планування, а також програмні додатки, що дають змогу створювати текстові та картографічні документи.

Таким чином, під час застосування сил (військ) здійснюється ситуаційне управління, що передбачає реалізацію наступних функцій за допомогою програмного забезпечення:

розпізнавання тактичних ситуацій за експертними і статистичними правилами класифікації. Експертні правила, як було зазначено вище, створюються в період підготовки сил (військ) до конкретного застосування в рамках реалізації задуму, як правило, унікального. Статистичні правила створюються на основі аналізу результатів застосування сил (військ) у минулому для типових повторюваних ситуацій;

коригування параметрів застосування сил (військ) і засобів відповідно до фактичної обстановки. Для реалізації цієї функції можуть бути використані ті самі моделі та методи, які використовуються для розрахунку параметрів порядку застосування сил (військ) з урахуванням додаткових обмежень і умов, що склалися;

програмування послідовності виконання тактичних дій (дій забезпечення) з урахуванням фактичної обстановки. Для реалізації цієї функції використовуються методи і моделі мережевого планування;

формування розпоряджень і команд управління силами (військами) під час їх застосування.

За результатами застосування сил (військ) накопичується статистика щодо результатів ведення бойових дій. До складу зібраних статистичних даних доцільно включити:

значення факторів фактичної обстановки (координатно-об'єктна інформація, оперативно-тактична (тактична) обстановка, команди та розпорядження по управлінню силами (військами)) в динаміці їх зміни;

заплановані та фактично реалізовані параметри порядку застосування сил (військ) і засобів;

ефективність реалізованих дій. Для вимірювання результативності слід використовувати не тільки показники ефекту, що досягається, а також ресурсні витрати (втррати), часові/часові цивільної інфраструктури, загибель мирного населення).

На підставі накопиченої статистики можуть бути:

сформовані правила класифікації тактичних ситуацій для повторюваних випадків. Методи формування статистичних правил класифікації широко представлені в сучасній літературі [15,16];

змінені математичні моделі та методи, які використовуються для визначення параметрів порядку застосування сил (військ) і засобів. Методи статистичного аналізу, що використовуються при розв'язанні такого роду задач (кореляційний, регресійний аналіз, оцінювання статистичних параметрів, перевірка статистичних гіпотез) доволі повно представлені в [16; 17].

Основними елементами, що визначають зміст спеціального математичного та програмного забезпечення системи ситуаційного управління, є ознаки управлінських ситуацій. Пропонується наступний перелік якісних ознак для ситуаційного

управління силами і засобами з'єднання ППО:

операційний напрямок зосередження головних зусиль противника, P^{ZP} ;

напрямки (райони) проведення противником дій забезпечення, P^{ZD} ;

цілі (об'єкти впливу) на основному та допоміжних напрямках дій противника, P^{ON} , P^{DN} ;

ступінь задіяння противником своїх сил під час здійснення нальоту, P^{SZ} ;

ступінь втягування (проникнення) противника в зону дії з'єднання ППО, P^{ZV} ;

інтенсивність (щільність) нальоту засобів повітряного нападу (ЗПН), P^{ZPN} ;

кількісно-якісний склад ЗПН, P^T ;

можливості активних засобів з'єднання ППО, наявність резервів для нарощування можливостей з'єднання, P^M ;

операційний час, P^{OCH} ;

метеорологічні умови, P^{MU} .

Перелічені ознаки класифікації визначені на множині гіпотетично можливих дискретних якісних значень. Ознака головного операційного напрямку може гіпотетично набувати значень, що відповідають одному із напрямків з переліку сформованих операційних напрямів:

$$P^{ZP} = (P_1^{ZP}, P_2^{ZP}, P_3^{ZP}, \dots, P_m^{ZP}), \quad (1)$$

де P_m^{ZP} - один із операційних напрямків (районів). Ознака напрямків (районів) проведення противником дій забезпечення може набувати значень:

$$P^{ZD} = (P_1^{ZD}, P_2^{ZD}, \dots, P_{M^{ZD}}^{ZD}), \quad (2)$$

де

$$M^{ZD} = \sum_{m=1}^{(M^Z-2)} C_{(M^Z-1)}^m, \quad (3)$$

$$C_{(M^Z-1)}^m = \frac{(M^Z-1)!}{(M^Z-1-m)!m!}, \quad (4)$$

де M^Z - число можливих варіантів сполучень операційних напрямів (районів), крім напрямку зосередження основних зусиль, які противник може використовувати як допоміжні;

M^Z - можливі операційні напрямки (райони), які противник використовує для додаткових (забезпечуючих) дій.

У разі використання неформалізованого опису дані ознаки, наприклад, звучатимуть так: «Противник як напрямок головного зосередження зусиль використовує операційний напрямок № 1; допоміжні дії здійснюються на операційних напрямках № 2 і № 3».

Аналогічним чином описуються наступні якісні ознаки для ситуаційного управління силами і засобами з'єднання ППО, що дає можливість здійснювати досить повний опис поточної обстановки під час ведення дій з'єднанням ППО. На основі ознак будуються правила класифікації (розпізнавання) тактичних ситуацій, що

обумовлюють перехід до виконання певних груп запланованих дій. Вид правил, сформованих за допомогою експертів, ОПР, подається як деякий граф, що зв'язує окремі вузли простору гіпотетичних станів

$$P^{ZP} \times P^{ZD} \times P^{ON} \times P^{DN} \times P^{SZ} \times P^{ZV} \times P^{ZPN} \times P^T \times \\ \times P^M \times P^{OCH} \times P^{MU}$$

Визначена тактична ситуація є умовою для переходу до відповідних дій. Під час роботи над задумом командир, ОПР формують такі умови для виконання обумовлених дій

$$\{P^i\}_s : \langle D_{s,k}^{(1)} \rangle, s = 1, \dots, S, k = 1, \dots, N^D, \quad (3)$$

де $\{P^i\}_s$ - множина вузлів простору гіпотетичних станів, описаних в ознаках класифікації тактичних ситуацій, що відповідають s -й ситуації при чому

i = ZP, ZD, ON, DN, SZ, ZV, ZPN, T, M, OCH, MU ;

$\langle D_{s,k}^{(1)} \rangle$ - сукупність обумовлених дій, що мають

виконуватися в разі виникнення s -й ситуації;

S - кількість розглянутих тактичних ситуацій;

N^D - кількість обумовлених дій.

До обумовлених тактичних дій можна віднести:

зосередження вогню по заданій поодинокій або груповій повітряній цілі, зосередження вогню на заданому рубежі, ешелоні, у заданому секторі;

зміна коефіцієнта вогневого впливу для

встановлених груп ЗПН;

застосування частини засобів із засідки;

зосередження зусиль на встановлених напрямках;

зміна та маскування бойового порядку;

маневр режиму функціонування засобів;

забезпечення електромагнітної сумісності під час роботи своїх радіотехнічних засобів і роботи засобів взаємодіючих частин і підрозділів радіоелектронної боротьби та радіотехнічної;

перебазування сил і засобів з'єднання ППО в новий позиційний район.

Отже, під адаптованою базою знань з тактики застосування підрозділів з'єднання ППО розуміють базу знань, де знаходяться обґрунтовані тактичні дії сил (військ) і засобів, а також правила визначення (класифікації) тактичних дій у контексті задуму застосування з'єднання ППО.

Завдяки процедурі диспетчеризації відбувається управління черговістю розв'язання функціональних задач на розподілених АРМ в автоматизованій системі планування дій сил (військ). Через цю процедуру вдається отримати єдиний інформаційний простір для операторів АРМ (офіцерів штабів, які беруть участь у плануванні застосування з'єднання ППО).

У підсумку зазначимо, що запропонований удосконалений підхід до здійснення ситуаційного управління силами, заснований на використанні об'єктно-орієнтованої бази знань, забезпечує автоматизацію процесу застосування сил (військ) та аналіз результатів ведення бойових дій з подальшим коригуванням моделей і методів ситуаційного управління.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Досвід ведення бойових дій показав, що на сучасному етапі головними особливостями управління військами, особливо силами протиповітряної оборони, є врахування підвищеної складності їх застосування, розмаху і швидкості зміни обстановки. Аналіз показав, що тривалість циклу прийняття рішень і формування на його основі управлінських команд (плану дій) при неавтоматизованому управлінні істотно більша ніж середньостатистичний часовий період зміни обстановки, коли може знадобитися кардинальний перегляд раніше ухваленого рішення. Отже, комплекси функціональних завдань, що є основою спеціального математичного та програмного забезпечення автоматизованої системи ситуаційного управління силами (військами), мають будуватися за ієрархічним принципом з використанням на кожному ієрархічному рівні математичних моделей з відповідним ступенем деталізації керованих процесів.

Запропоновано при побудові автоматизованої системи ситуаційного управління силами (військами) та засобами протиповітряної оборони використовувати підхід, який включає процес придбання, обробки та формалізації експертних знань. В результаті дослідження встановлено, що процес управління силами (військами) та засобами умовно можна розділити на два етапи (режими управління): завчасна підготовка сил (військ) і засобів до їх бойового застосування та безпосередньо ситуаційне управління під час ведення бойових дій.

Елементами наукової новизни є те, що при ситуаційному управлінні силами (військами) із врахуванням особливостей процесу прийняття рішень під час розв'язання задач протиповітряної оборони, пропонується використання об'єктно-орієнтованих баз знань.

Теоретична і практична значущість статті зводиться до того, що запропоновані такі етапи під час

розробки спеціального математичного та програмного забезпечення автоматизованих систем ситуаційного управління силами: розробка візуальних когнітивних моделей проблемних ситуацій відповідно до запропонованого задуму застосування сил (військ); генерування альтернативних способів розв'язання проблемних ситуацій на основі асоціативного пошуку способів рішення схожих задач; розробка методів збирання і аналізу статистичних даних великого об'єму та розмірності («великих даних») з метою отримання правил класифікації ситуацій, що повторюються. Такий підхід до здійснення автоматизованого ситуаційного управління силами містить етапи підготовки бази знань до процесу застосування сил (військ) та аналізу результатів ведення бойових дій з метою коригування моделей і методів ситуаційного управління.

До перспективи подальших наукових досліджень, під час розробки спеціального математичного та програмного забезпечення автоматизованих систем ситуаційного управління силами, слід віднести:

розробку візуальних когнітивних моделей проблемних ситуацій у контексті формування задуму застосування сил (військ);

генерування альтернативних способів розв'язання проблемних ситуацій на основі асоціативного пошуку способів рішення схожих задач;

розробку методів збирання і аналізу статистичних даних великого об'єму та розмірності («великих даних») з метою отримання правил класифікації ситуацій, що повторюються.

У процесі ситуаційного управління відбувається розподілене програмування (визначення параметрів порядку) дій сил (військ) і засобів на основі сформованих для кожної тактичної ситуації відповідних дій і варіантів їх виконання. Варіативність тактичних дій в адаптованій базі знань дає змогу збільшити ступінь гнучкості ситуаційного управління стосовно фактичної обстановки, що склалася під час ведення бойових дій.

Список бібліографічних посилань

1. Brown Ian T. A New Conception of War: John Boyd, the U.S. Marines, and Maneuver Warfare. Quantico, Virginia: Marine Corps University Press, 2018. 360 p. 2. Franks B. The analytics revolution. How to improve your business with operational analytics in the era of Big Data. Wiley, 2014. 304 p. 3. Верес О., Оливко Р. Класифікація методів аналізу Великих даних. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2017. Серія: Інформаційні системи та мережі. № 872. С. 84–92. 4. Качинський А. Б., Стремєцька М. С. Операційна аналітика як інструмент моніторингу даних та управління подіями систем забезпечення кібербезпеки. Доповіді Національної академії наук України. 2021. № 1. С. 9–16. 5. Степанов Г. С., Камінський В. В. Погляди щодо проблемних питань застосування Повітряних Сил в протиповітряній обороні. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2018. № 1(30). С. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.30748/nipts.2018.30.03>. 6. Корольок Н. О., Корольов Р. В., Коршець О. А. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів: Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил.

2017. № 4(53). С. 103–106. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_4_23 (дата звернення: 09.08.2023). 7. Корольок Н. О., Першин О. В., Грідньова Т. О., Шевченко С. О. Обґрунтування сучасного підходу щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню авіацією. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2019. № 1(59). С. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>. 8. Пермяков О. Ю., Дудко М. В., Корольок Н. О. Метод формалізації знань про процес визначення доцільної стратегії польоту безпілотних літальних апаратів в ході підготовки до ведення повітряної розвідки на основі нечітких логічних систем. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2020. № 2(38). С. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-12-20>. 9. Korolyuk N. Hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace. Automatic Control and Computer Sciences. 2014. Vol. 48. P. 257–263. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0146411614050083>. 10. Ротштейн О. П., Ракитянська Г. Б. Діагностика на основі багатовимірних нечітких відношень. Системні

- дослідження та інформаційні технології. 2015. № 2. С. 97-111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit_2015_2_12 (дата звернення: 08.08.2023). 11. Hagra S., Wagner C. Introduction to Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers – Towards Better Uncertainty Handling in Real World Applications. IEEE eNewsletter. Systems, Man and Cybernetics Society. No. 27. 2019. URL: <https://www.ieeesmc.org/news/Hagra.html> (accessed 08.08.2023). 12. Karnik N., Mendel J. On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets. *Information Sciences*. 2019. Vol. 132. P. 195–220. DOI [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(01\)00069-X](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(01)00069-X). 13. Дудко М. В., Полонський Ю. І., Корольюк Н. О., Коршець О. А. Метод формалізації знань про процес планування маршруту польоту безпілотних літальних апаратів на основі інтервальних нечітких множин типу 2. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2020. № 3(65). С. 6–42. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.65.05>. 14. Додонов А. Г., Ландэ Д. В., Путятин В. Г. Компьютерные сети и аналитические исследования. Київ: ИПРИ НАН України, 2014. 486 с. 15. Кононюк, А. Е. Общая теория распознавания. Парадигма развития науки. Методологическое обеспечение. Книга 1: Начала. Киев: Освіта України, 2012. 586 с. 16. Певцов Г. В., Олейник М. А., Батурин Н. Г. Синтез алгоритмов многоальтернативного распознавания образов на основе количественных и качественных оценок признаков и проверки сложных гипотез по критерию максимума апостериорной вероятности. Прикладная радиоэлектроника. Тематический выпуск, посвященный актуальным проблемам радиоэлектроники, решаемым в ОАО «АО Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений». Т. 5. Харьков: АН прикладной радиоэлектроники, Министерство образования и науки Украины, ХНУРЭ, 2006. № 4. С. 515–518. 17. Бережний А. О., Сорока М. Ю. Методи рішення завдань планування поведінки агентів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2019. № 4(62). С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.62.02>.

IMPROVING THE APPROACH TO SITUATIONAL CONTROL OF AIR DEFENCE ASSETS IN COMBAT OPERATIONS

PERMYAKOV Oleksandr, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-2206-3761>

KOROLIUK Nataliia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kharkiv National Air Forces University named after I. Kozhedub, Kharkiv, Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

The article analyzes the process of situational control of forces (troops), considering the decision-making process's peculiarities when solving air defense problems.

The purpose of the article is to improve the approach to automated situational control of forces (troops) and air defense by formalizing the knowledge of decision-makers and taking into account the experience of conducting combat operations.

Research methods. During the article's writing (conducting research), the methods of expert survey, presentation of specialist knowledge, graph theory, and techniques (classification) according to expert and statistical rules were applied.

Analysis of recent research and publications. The study showed that it is expedient to extract expert knowledge when building an automated system of situational control of forces (troops) and air defense means.

Presenting the main material. The article analyzes the process of situational management of forces (troops) when using problem-oriented knowledge bases, considering the decision-making process's peculiarities when solving air defence tasks. The experience of conducting military operations has shown that at the current stage, the main features of military operations, especially air defence forces, are the increased complexity of their deployment and the scale and speed of changes in the situation. The analysis showed that the duration of the decision-making cycle and formulation of management teams (action plans) by traditional methods significantly exceeds the average period of a change in the situation, when a radical reassessment of previously made decisions may be necessary. It is proposed that developing an automated situational management system for forces (troops) and air defence assets should utilize an approach based on acquiring, processing, and formalizing expert knowledge. The study found that the management process for forces (troops) and assets can be conditionally divided into two stages (management modes): preparation of forces (troops) and assets for combat deployment, and direct situational management during combat operations. It was established that the complexes of functional tasks addressed during air defence, which form the basis of the automated situational management system's specialized mathematical and software solutions, should be structured hierarchically, using mathematical models at each level with an appropriate degree of detail for the management processes. The following stages are proposed for the development of specialized mathematical and software solutions for automated systems of situational control of troops: development of visual cognitive models of problematic situations by the proposed idea of the deployment of forces (troops); generation of alternative solutions to problem situations based on associative search for solutions of the same type of tasks; and developing methods for collecting and analyzing large-scale and multidimensional statistical data («big data») to derive classification rules for recurring situations. The proposed approach to the automated situational management of troops includes preparing a knowledge base regarding the use of forces (troops) and analyzing the results of combat operations to adjust the models and methods of situational management.

The elements of scientific novelty are that object-oriented knowledge bases are proposed in the case of situational

management of forces (troops), taking into account the peculiarities of the decision-making process when solving air defense problems.

The theoretical and practical significance of the article is that the following stages are proposed during the development of special mathematical and software systems for automated situational control of forces: development of visual cognitive models of problematic situations by the proposed plan for the use of forces (troops); generation of alternative ways of solving problem situations based on associative search for ways of solving similar problems; development of methods of collecting and analyzing statistical data of a large volume and size ("big data") to obtain rules for the classification of recurring situations.

Conclusion and the perspectives of future research. The proposed approach to implementing automated situational control of forces includes preparing the knowledge base for using forces (troops) and analyzing the results of combat operations to adjust the models and methods of situational control.

Keywords: formalization of knowledge, knowledge base, air defence forces and means, automated situational control of troops.

References

1. Brown, I. T., (2018). *A New Conception of War: John Boyd, the U.S. Marines, and Maneuver Warfare*. Quantico, Virginia: Marine Corps University Press.
2. Franks, B., (2014). The analytics revolution. How to improve your business with operational analytics in the era of Big Data. Wiley.
3. Veres, O., Olyvko, R., (2017). Classification of Big Data Analysis Methods. *Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic» Series: Information Systems and Networks*. 872, 84–92.
4. Kachynskiy, A. B., Stremetska, M. S., (2021). Operational Analytics as a Data Monitoring and Event Management Tool in Cybersecurity Systems. *Dopovidi Natsional'noi akademii nauk Ukrainy*. 1. 5. Stepanov, H. S., Kaminskyj, V. V., (2018). Perspectives on Problematic Issues of Air Force Employment in Air Defense. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbrojnykh Syl Ukrainy*. 1(30), 18–23. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.03>.
6. Koroliyuk, N. O., Korolov, R. V., Korshets, O. A., (2017). The Procedure for Formalizing Data Used in Describing the Air Traffic Management Process. *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitrianykh Syl*. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_4_23 [Accessed: 28 August 2024].
7. Koroliyuk, N. O., Pershyn, O. V., Hridnova, T. O., Shevchenko, S. O., (2019). Justification of the Modern Approach to Automating Decision-Making Processes in Aviation Management. *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitrianykh Syl*. 1(59), 32–39. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>.
8. Permiakov, O. Yu., Dudko, M. V., Koroliyuk, N. O., (2020). A Method for Formalizing Knowledge About Determining the Optimal Flight Strategy of Unmanned Aerial Vehicles During the Preparation for Air Reconnaissance Based on Fuzzy Logic Systems. *Suchasni informatsijni tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony*. 2(38), 12–18. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2020-38-2-12-20>.
9. Koroliyuk, N., (2014). A hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace. *Automatic Control and Computer Sciences*. 48, 257–263. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0146411614050083>.
10. Rotshtejn, O. P., Rakytianska, H. B., (2015). Diagnostics Based on Multidimensional Fuzzy Relations. *Systemni doslidzhennia ta informatsijni tekhnolohii*. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit_2015_2_12 [Accessed: 30 August 2024].
11. Hagras, H., Wagner, C., (2019). Introduction to Interval Type-2 Fuzzy Logic Controllers – Towards Better Uncertainty Handling in Real World Applications. *IEEE eNewsletter. Systems, Man and Cybernetics Society*. Available at: <https://www.ieeesmc.org/news/Hagras.html> [Accessed: 08 August 2023].
12. Karnik, N., Mendel, J., (2019). On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets. *Information Sciences*. 132, 195–220. DOI [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(01\)00069-X](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(01)00069-X).
13. Dudko, M. V., Polons'kyj, Yu. I., Koroliyuk, N. O., Korshets, O. A., (2020). A Method for Formalizing Knowledge About the Process of Flight Route Planning for Unmanned Aerial Vehicles Based on Interval Type-2 Fuzzy Sets. *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitrianykh Syl*. 3(65), 6–42. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.65.05>.
14. Dodonov A. H., Lande, D. V., Putiatyn, V. H., (2014). *Computer Networks and Analytical Research*. K.: YPRY NAN Ukrainy.
15. Kononiuk, A. E., (2012). *General Theory of Recognition. Paradigm of Scientific Development Metodolohyckoe obespechenye*. Knyha 1: Nachala. Kyiv : Osvita Ukrainy.
16. Pevtsov H. V., Olejnyk M. A., Baturyn N. H., (2006). Synthesis of Algorithms for Multi-Alternative Pattern Recognition Based on Quantitative and Qualitative Assessments of Features and Verification of Complex Hypotheses by the Criterion of Maximum A Posteriori Probability. *Applied Radioelectronics. Tematycheskyj vypusk, posviaschennyj aktual'nym problemam radyoelektroniky, reshaemym v OAO «AO Nauchno-ysledovatel'skyj ynstytut radyotekhnicheskyykh yzmerenij»*. T. 5. Kharkiv : AN prykladnoj radyoelektroniky, Mynysterstvo obrazovanyia y nauky Ukrainy, KhNUR.
17. Berezhenyj, A. O., Soroka, M. Yu., (2019). Methods for Solving Agent Behavior Planning Tasks in Intelligent Decision Support Systems. *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitrianykh Syl*. 20. 4(62), 18–24. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.62.02>.

Рукопис надійшов до редакції 30.09.2024
 Рукопис прийнято до друку після рецензування 26.03.2025
 Дата публікації 30.04.2025