

М.В. Белоус¹, Н.М. Белоус¹, О.В. Бокій²¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут, Київ

ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ АВІАЦІЄЮ

Управління винищувачами характеризується впливом великої кількості факторів в умовах жорстких часових обмежень щодо прийняття рішення. Прийняття своєчасних і обґрунтованих рішень ускладнено великим об'ємом інформації, що обробляється. Результати проведеного в роботі аналізу процесів автоматизації управління винищувачами на пунктах управління Повітряних Сил свідчать про можливість підвищення якості управління за рахунок додаткової автоматизації вирішення задач. Існуюче СПМЗ АСУ використовує математичні моделі, системи обмежень яких не дозволяють в повній мірі використовувати існуючий потенціал доступного складу джерел інформації, формувати рекомендації на основі неповної, неточної вхідної інформації, що негативно впливає на якість управління авіацією. Одним з найбільш перспективних підходів до формалізації процесів прийняття рішень з управління авіацією є створення моделей, що передбачають формалізацію розумової діяльності особи, що приймає рішення. Необхідна розробка відповідних теоретичних положень і удосконалення засобів формалізації, які використовуються в теорії управління. Тому розробка новітніх та вдосконалення існуючих підходів щодо формалізації експертних знань осіб бойової обслуги пунктів управління Повітряних Сил щодо управління рухом літаків винищувальної авіації в умовах бойових дій є актуальною науково-практичною задачею.

Ключові слова: автоматизована система; винищувальна авіація; пункт управління; система цільових установок; підвищення якості управління.

Вступ

Постановка проблеми. На даний час винищувальна авіація є однією з найважливіших складових Повітряних Сил Збройних Сил України у війні з російською федерацією. Авіація застосовується для завоювання переваги в повітрі під час бою, знищення засобів повітряного нападу, авіаційної підтримки Сухопутних військ, Військово-Морських Сил, забезпечення даними повітряної розвідки органів управління, ураження з повітря авіаційних, сухопутних і морських угруповань противника, об'єктів системи державного та воєнного управління, об'єктів тилу та воєнно-економічного потенціалу, транспортних комунікацій, виконання інших спеціальних завдань [1]. Для забезпечення високої ефективності бойового застосування бригади тактичної (винищувальної) авіації оснащуються засобами автоматизації.

Досвід бойового застосування винищувальної авіації свідчить, що забезпечення високої ефективності управління літаками досягається за рахунок автоматизації процесів прийняття рішень, використанням сучасного СПМЗ АСУ, що базується на принципово нових підходах, перш за все використанням єдиної формальної системи для представлення знань офіцерів бойового управління (ОБУ) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1–2; 10] визначаються головні напрямки розвитку авіації та протиповітряної оборони, що

дозволяє сформулювати шляхи підвищення ефективності застосування винищувальної авіації. Так у роботах [4–5; 7–8; 11] розглянуті основні питання щодо наведення винищувальної авіації на повітряні цілі та проведено аналіз методів та процесів оцінки повітряної обстановки на пунктах управління ПС.

У статтях [6; 9; 12] описується необхідність введення системи цільових установок у систему підтримки прийняття рішень. Пропонується використовувати її у вигляді кортежу, а також застосовувати формалізований опис цілей, з'єднаних між собою логічними зв'язками з урахування невизначеності.

Мета статті. Аналіз процесів автоматизації прийняття рішень на пункті управління Повітряних Сил при управлінні авіацією.

Виклад основного матеріалу

СПМЗ АСУ авіації та ППО, представляє собою сукупність описів і алгоритмів вирішення інформаційних, розрахункових задач, математичних моделей, необхідних в процесі управління та призначено для розв'язання розрахункових задач. Рішення логіко-аналітичних задач реалізовано в обсязі недостатнім для виконання бойових завдань, та потребує вдосконалення. Неспроможність розробки рекомендацій на основі неповної, неточної вихідної інформації негативно впливають на якість прийняття рішень [4]. Отже, СПМЗ КЗА управління

авіацією має такі недоліки: неможливість зміни принципів виробки рішень особи, що приймає рішення (ОПР); використання кількісних показників якості управління; важкість реалізації в спеціальному програмним математичним забезпеченні задач логічного типу. Усунути недоліки СПМЗ можливо шляхом створення його адаптивної структури на основі розумових моделей процесу прийняття рішень. Воно повинно бути адаптивним і дозволяти моделювати елементи діяльності людини при прийнятті рішення.

Очевидно, що розробка СПМЗ засобів автоматизації управління авіацією, що відповідає вимогам, на основі кількісних методів не можлива. Для вирішення цих задач традиційні підходи необхідно доповнити методами, що лежать в області штучного інтелекту. В класичній теорії управління на першому етапі процесу прийняття рішень визначаються функціями ОПР і відповідними задачами [5]. В зв'язку з тим ефективно управління авіацією обґрунтовує модифікацію СПМЗ АСУ на принципово нових основах. Зокрема, визначення параметрів запланованого впливу винищувачем по повітряних цілях доцільно удосконалити з урахуванням логіки процесу виробки рішення.

Задачі прийняття рішень щодо управління літаками винищувальної авіації повинні відрізнятися єдиною формальною системою для представлення всіх аспектів знань. В основі всіх методів представлення знань знаходиться логіка предикатів. Для вирішення даної задачі пропонується використовувати нечітку структуру цільових установок (СЦУ). Побудова на базі нечітких вершин і співвідношень, нечітка СЦУ дозволяє планувати і контролювати процес досягнення цілі [5].

Формалізоване представлення [6] завдань включає:

- визначення об'єму формалізованих знань і методи експертизи;
- попередню обробку отриманих експертних знань;
- додатково отримані знання від експерта;
- формалізація знань;
- уточнення формалізованих описів;
- тестування і додатковий формалізований опис повітряних об'єктів (ПО).

Для формалізації задач управління винищувачами можна використовувати комбіновані моделі – структури цільових установок (1) і обчислення предикатів (ОП) першого порядку.

Структура цільових установок задається у вигляді кортежа:

$$T_{\text{по}}^{\text{сцу}} = \langle W^{\text{сцу}}, M^{\text{сцу}} \rangle, \quad (1)$$

де $T_{\text{по}}^{\text{сцу}}$ – формалізована теорія предметної області,

побудови з використанням СЦУ;

$W^{\text{сцу}}$ – множина цілей (станів) процесу управління;

$M^{\text{сцу}}$ – множина зв'язків між елементами множини [7].

В загальному випадку формалізований опис (1) цілі може включати деякі множини формул $\Phi_a = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, з'єднаних між собою логічними зв'язками $\wedge, \vee, \neg, \equiv, \rightarrow$ (кон'юнкція, диз'юнкція, від'ємність, еквівалентність, імплікація) (2):

$$R(x_1)R(x_2)R \dots R(x_m) \rightarrow y, \quad (2)$$

де R – один з логічних зв'язків;

y – деяка ціль, досягнення якої можливо при умові виконання формул x_1, x_2, \dots, x_m .

Ціль – стан предметної області, який характеризується множиною станів (3) об'єктів фізичної реальності, множиною подій, правилами переходів, діями, які необхідно виконувати для досягнення об'єктом деякого стану [8].

Тоді ціль представимо кортежем:

$$W^{\text{сцу}} = \langle O_{\text{оцв}}, S_{\text{оцв}}, N_{\text{пу}}, H_{\text{ну}}, D_{\text{ду}}, M_{\text{іц}}, C_{\text{іс}} \rangle, \quad (3)$$

де $O_{\text{оцв}}$ – множина об'єктів цільової взаємодії;

$S_{\text{оцв}}$ – множина станів об'єктів цільової взаємодії;

$N_{\text{пу}}$ – множина початкових умов, що визначають досягнення цілі;

$H_{\text{ну}}$ – множина необхідних умов досягнення цілей;

$D_{\text{ду}}$ – множина достатніх умов досягнення цілей;

$M_{\text{іц}}$ – множина цілей, яких можна досягнути при істинності цілі;

$C_{\text{іс}}$ – множина подій, що дозволяють здійснити розпізнавання цільової ситуації [4].

Логічна послідовність досягнення цільових станів виявляється співвідношенням між ними (4), що представляє зв'язок між цілями, які відображають властивості взаємодії між ними (слідкування, підпорядкування, просторові або часові характеристики та інше). Тоді формально множина співвідношень представляється як кортеж:

$$M^{\text{сцу}} = \langle Rs, Ns, Ps, Ts \rangle, \quad (4)$$

де $Rs = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ – множина ресурсів;

$Ns = \{Ns_i(r_j)\}$ – множина нормативних правил використання ресурсів;

Ps – множина нормативних правил витрати запасу ресурсів;

T_s – інтервал часу, що визначає тривалість дії [9].

Формальний апарат СЦУ характеризується складнощами:

- визначення усіх множин цілей $W^{сцу}$ і зв'язків між ними $M^{сцу}$;
- перевірки чи не суперечить формалізованому опису знань;
- перевірки повноти опису знань про ПО (5) [10].

Формальний апарат ОП дозволяє представляти знання про певний повітряний об'єкт (ПО) кортежем:

$$T_{по}^{оп} = \langle L^{оп}, C^{оп}, S \rangle, \quad (5)$$

де $T_{по}^{оп}$ – нормалізування представлення знань про ПО, засноване на ОП;

$L^{оп}$ – формальна мова ОП;

$C^{оп}$ – операції приєднання наслідків;

S – множина логічних аксіом, що описують властивості повітряного об'єкту, заданих з використанням $L^{оп}$ і $C^{оп}$.

Проаналізуємо опис цільових установок, їх значень істинності і зміст і формалізованого опису співвідношень у структурі цільових установок. В загальному випадку процес прийняття рішення включає:

- формулювання цілі $\bar{C} = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$;
- ієрархічні системи підцілей;
- визначення складу підцілей, що можуть бути досягнуті для даної ситуації;
- вибір альтернативних шляхів $\bar{D} = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$ для досягнення підцілей;
- пошук оптимальних в деякому сенсі шляхів досягнення цілі $\bar{D}' = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_f\}$.

Крім того, прийняття рішення характеризується переліком проблем $\bar{P} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ і обмежень розмежувань на можливих діях.

Ціль у називається кон'юнктивною, якщо існує множина формул $\{x_1, x_2, \dots, x_m, y\}$, при яких необхідність досягнення визначається $x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m$:

$$x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m \rightarrow y, \quad (6)$$

$$y \rightarrow x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m. \quad (7)$$

де $x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m$ – множина формул;

y – ціль.

Задачі прийняття рішень бувають диз'юнктивними і кон'юнктивними [11]. Перший тип задач виникає в диз'юнктивних вершинах

мережі. В цьому випадку необхідно вибрати найкращий варіант досягнення цілі. Однак результати рішень, що приймаються, можуть бути невизначеними або випадковими. Одна частина альтернативних результатів може бути віднесена до допустимих, інша – до несприятливих.

Кон'юнктивна задача відповідає кон'юнктивним вершинам мережі, коли для досягнення кожної відповідної необхідні певні затрати деякого ресурсу. При обмеженні сумарного запасу ресурса необхідно так розподілити його між складовими, щоб забезпечити досягнення всіх складових в сприятливий час [12].

Коректний опис закономірностей предметної області залежить від множини відношень приєднання наслідків. Всі задачі, що вирішуються, можуть відобразитися через базову нестрогу систему співвідношень. Опис закономірностей предметної області коректний при суворому частковому порядку кожного співвідношення з системи співвідношень: підпорядкування, посередництво і “початкові умови – результат”.

Таким чином, математична модель фактично визначає відношення між ознаками, по яких фіксується досягнення цілей. В цьому зв'язку необхідно однозначно визначити відповідні обмеження операції наслідків в рамках прагматичного аспекту знань. Формальна система для опису суджень про елементи предметної області включає алфавіт понять (вершин і співвідношень), правила створення доступних виразів – структуру цільових установок, логічні аксіоми і правила виводу нових виразів з відомих.

Висновки

Процес прийняття рішень характеризується об'єктивно обумовленою логічною послідовністю. Необхідною умовою цього процесу являється етап узагальнення і перетворення різномірної інформації в форму, найбільш відповідну задачам управління авіацією.

Результати проведеного у статті аналізу процесів автоматизації управління винищувачами на пунктах управління Повітряних Сил ЗС України свідчать про можливість підвищення якості управління за рахунок автоматизації вирішення задачі використання формалізованих експертних знань щодо бойового управління винищувачами, на основі досвіду отриманого в ході виконання завдань в тому числі, під час відсічі збройної агресії російської федерації.

Перспективним підходом до формалізації процесів прийняття рішень з управління авіацією є створення моделей, що передбачають формалізацію розумової діяльності особи, що приймає рішення.

В подальшому необхідна розробка відповідних

теоретичних положень і удосконалення засобів формалізації, які будуть використовуватись в моделях прийняття рішень.

Основу структури використаного у статті апарату формалізації задач прийняття рішення розглянутого класу складають мережеві моделі цільових установок, сформовані в рамках єдиного формалізму, що дозволяє встановити однозначну відповідність між процесами актуалізації і досягнення цільових установок в системі управління і фактом їх досягнення (недосягнення) в об'єктивній реальності.

Описаний у статті напрям формалізації процесів прийняття рішень при управлінні авіацією забезпечує об'єднання в рамках єдиного формалізму опису динамічних властивостей і логіко-аналітичної діяльності, описаних в різних класах формальних логік. Формалізація розумової діяльності особи, що приймає рішення дозволяє здійснювати суворий опис різноманітних аспектів знань в рамках єдиного формального апарату з можливістю його подальшого практичного використання в процесі управління авіацією.

Список літератури

1. Об'єкти управління автоматизованих систем управління Повітряних Сил. Ч. 2. Об'єкти управління автоматизованих систем управління авіації та радіоелектронної боротьби Повітряних Сил / Глебов Ю. В. та ін. Харків: ХУПС, 2015. 253 с.
2. Біла книга-2021: оборонна політика України. Київ: Міністерство оборони України. 2022. 124 с.
3. Аксьонов П. Чому авіація не відіграє великої ролі у війні росії проти України і чи може вона згодом змінити все. *BBC news Україна*: веб-сайт. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-65112620> (дата звернення: 10.09.2023).
4. Королюк Н. О., Леонов А. В., Будков М. Р., Литвин Д. А. Особливості автоматизації процесів вироблення рішень при оцінці повітряної обстановки на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України. *Системи озброєння і військова техніка*. 2020. № 1(61). С. 106–112. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.61.12>.
5. Королюк Н. О., Першин О. В., Грідньова Т. О., Шевченко С. О., Агапов М. С. 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. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>.
6. Королюк Н. О., Чекунова О. М., Черній О. П., Тютюнник Є. В., Савченко В. В. Сучасний підхід щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню винищувальною авіацією за допомогою використання системи цільових установок. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2022. № 1(46). С. 79–84. <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.46.11>.
7. Сургай В. М., Писаренко М. В., Терешин Є. В. Дослідження процесу наведення винищувачів на повітряні цілі методом наведення “Маневр”. *Системи озброєння і військова техніка*. 2021. № 1(65). С. 113–117.
8. Удосконалення алгоритму визначення методу наведення винищувача на повітряну ціль в АСУ спеціального призначення: звіт про оперативне завдання, шифр “Винищувач”. Харків: ХНУПС, 2023. № 19728. 61 с.
9. Третяк В., Голубничий Д., Коломійцев О., Мегельбей Г., Возний О., Філіпенков О. Математична модель рангового підходу. *Збірник наукових праць АГОС*. 2020. С. 116–122. <https://doi.org/10.36074/25.12.2020.v1.40>.
10. Бабенко Р. В., Ярошенко Я. В., Нікітенко А. П., Базіло С. М., Зверев О. О. Алгоритм розподілу операторів наведення для управління винищувачами під час виконання наведення на повітряні цілі. *Sciences of Europe*. 2020. № 58. С. 50–53.
11. Horbenko V., Korshet O., Korolyuk N., Nevgad S. Method for designed and adaptation of complex organization and technical systems. *Social Development and Security*. 2020. № 10(1). P. 47–55. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.1.6>.
12. Нечіткі множини. *Vuzlit.com*. веб-сайт: URL: https://vuzlit.com/905463/nechitki_mnozhini (дата звернення: 19.02.2023).

Надійшла до редколегії 01.10.2023

Схвалена до друку 15.11.2023

Відомості про авторів:

Бєлоус Михайло Васильович
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7173-654X>

Бєлоус Наталія Михайлівна
бакалавр
студент магістратури
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0009-0002-5596-4889>

Бокій Олена Володимирівна
науковий співробітник
Військового інституту
телекомунікацій та інформатизації
ім. Героїв Крут,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0006-3459-5665>

Information about the authors:

Mykhailo Bielous
Senior Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7173-654X>

Nataliia Bielous
Bachelor
Undergraduate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0002-5596-4889>

Olena Bokii
Researcher
of Kruty Heroes Military Institute
of Telecommunications and
Information Technologies,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-3459-5665>

FORMALIZATION OF DECISION-MAKING PROCESSES IN AVIATION MANAGEMENT

M. Bielous, N. Bielous, O. Bokii

Currently, fighter aircraft is one of the most important components in the war with the Russian Federation. It is used to gain superiority in the air during combat, destroy means of air attack, air support of the Ground Forces, the Naval Forces, provision of aerial intelligence data to control bodies, aerial damage to enemy aviation, land and sea formations, objects of the state and military administration, rear facilities and military-economic potential, transport communications, performance of other special tasks. To ensure high efficiency of combat use, tactical (fighter) aviation brigades are equipped with automation equipment. The experience of the combat use of fighter aircraft during wars and local military conflicts of the last decade shows that ensuring high efficiency of aircraft control is achieved by automating control processes through the use of modern software and mathematical support of the automated control system, based on fundamentally new approaches, including the use of a single formal system for presenting the knowledge of combat control officers. However, the capabilities of aviation and air defense control systems to solve logical and analytical problems are limited. In the existing complex of automation tools, the final result of the task of determining the impact on the target is evaluated qualitatively – if it is possible for the fighter to enter a given tactically advantageous position relative to the target. The existing SPMZ ASU uses mathematical models, the systems of restrictions of which do not allow to fully use the existing potential of the available composition of information sources, to form recommendations based on incomplete, inaccurate input information, which negatively affects the quality of aviation management. Thus, the need to automate decision-making processes in aviation management using the latest information technologies is urgent. One of the promising directions of formalization of decision-making processes in aviation management is the creation of models that provide for the formalization of the mental activity of decision-makers. The purpose of the article. Automation of decision-making processes in aviation management using the latest information technologies. One of the promising directions of formalization of decision-making processes in aviation management is the creation of models that provide for the formalization of the mental activity of decision-makers.

Keywords: automated system; fighter aircraft; guidance method; system of target installations.