

Бондар О. П., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій
Економіко-технологічного інституту імені Роберта Ельворті
ORCID: 0000-0001-5877-5667

ПРО СТРАТЕГІЮ ВРАЖЕННЯ ВОРОЖИХ БПЛА

У статті наголошено, що наразі перед Україною гостро постала проблема захисту свого державного устрою, в зв'язку з чим Збройним Силам України доводиться відбивати атаки, зокрема, авіації супротивника, суттєвою частиною яких є використання безпілотних літальних апаратів. Зазначена необхідність підготовки кваліфікованих операторів БПЛА, яка разом з набуттям ними навичок практичного управління апаратом має включати задачі теоретичного обґрунтування стратегії і тактики застосування БПЛА. Це означає, що майбутній оператор безпілотників повинен вміти формалізувати поставлену перед ним практичну задачу, знати раціональні алгоритми її розв'язку, набути навички швидкого і оптимального її розв'язку. Проведено статистичний аналіз видів і призначення збитих за останній час ЗСУ ворожих дронів. Зазначені види бойових операцій, як елементи стратегії враження або пошкодження ворожих БПЛА. А саме, ми розглядаємо бойові операції, які направлені на враження ворожих БПЛА в першу чергу нашими БПЛА безпосередньо або в їх поєднанні з описаними засобами знищення безпілотників. Зазначено, що в бойових умовах часто мають місце задачі знищення ворога, в яких ефективність бойової операції визначається не одним, а відразу кількома показниками, одні з яких потрібно зробити більшими, інші – меншими.

Розглянуто поняття багатоцільової задачі і сформульовано алгоритм одного з методів її розв'язку – методу послідовних поступок в комбінації з методом експертних оцінок. При цьому кожен з методів може розглядатися як окремий спосіб розв'язку тих чи інших стратегічних задач. Наведено і розв'язано приклад застосування зазначених методів при плануванні стратегії враження ворожих БПЛА. Оскільки наразі статистика воєнних операцій накопичується, то наголошено, що для підготовки висококваліфікованих операторів БПЛА статистичний матеріал потрібно регулярно аналізувати. Перспективою подальших досліджень у зазначеному напрямі є подібний аналіз, що дозволить визначати динаміку і закономірності змін воєнних операцій, і, зрештою, дозволить збільшити ефективність використання БПЛА нашими військовими в умовах бойових дій.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, види дронів, ймовірність знищення БПЛА, метод послідовних поступок, експертний метод.

Bondar O. P. About the strategy of impressing enemy UAVs

The article emphasizes that Ukraine is currently faced with an acute problem of protecting its state system, in connection with which the Armed Forces of Ukraine have to repel attacks, in particular, by enemy aircraft, an essential part of which is the use of unmanned aerial vehicles. The necessity of training qualified UAV operators, which, together with their acquisition of skills in practical control of the device, should include the tasks of theoretical substantiation of the strategy and tactics of UAV use is indicated. This means that the future operator of drones must be able to formalize the practical task set before him, know rational algorithms for its solution, acquire the skills of quick and optimal solution. A statistical analysis of the types and purpose of enemy drones shot down recently by the Armed Forces of Ukraine was carried out. The specified types of combat operations, as elements of the strategy of impressing or damaging enemy UAVs. Namely, we are considering combat operations aimed at impressing enemy UAVs primarily with our UAVs directly or in combination with the described means of destroying drones. It is noted that in combat conditions there are often tasks of destroying the enemy, in which the effectiveness of the combat operation is determined not by one, but by several indicators at once, some of which should be made larger, others smaller. For example, it is necessary to plan a combat operation in such a way that as a result, a maximum of enemy drones are destroyed with the greatest possible damage to them, and at the same time, so that a minimum of our objects are hit with the least losses. Tasks in which several goals must be achieved at the same time are called multi-objective or multi-criteria tasks. In such problems, the goals are usually incompatible – a decision that maximizes one indicator usually does not minimize the other.

The concept of a multi-objective problem is considered and the algorithm of one of the methods of its solution is formulated – the method of successive concessions in combination with the method of expert evaluations. At the same time, each of the methods can be considered as a separate way of solving certain strategic problems. An example of the application of these methods in planning the strategy of impressing enemy UAVs is presented and solved. Since the statistics of military operations are currently being accumulated, it is emphasized that the statistical material should be regularly analyzed in order to train highly qualified UAV operators. The prospect of further research in this direction is a similar analysis that will allow us to determine the dynamics and patterns of changes in military operations, and, ultimately, will allow us to increase the effectiveness of the use of UAVs by our military in combat operations.

Key words: unmanned aerial vehicle, types of drones, probability of destruction of UAV, method of successive concessions, expert method.

Постановка проблеми. 2014 року перед Україною гостро постала проблема захисту свого державного устрою, яка з 24 лютого 2022 року набула ще більшої гостроти. Наразі військові дії Збройних Сил України (ЗСУ) відбуваються на певній території держави і її кордонах. При цьому нашим військовим доводиться мати справу, зокрема, з атаками авіації супротивника, суттєвою частиною яких наразі стало використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Відтак, аналіз сучасних засобів протидії безпілотним літальним апаратам, особливо, засобів знищення ворожих дронів сучасними БПЛА, а також визначення стратегії їх застосування ЗСУ є актуальною задачею сьогодення.

Звідси випливає проблема підготовки кваліфікованих операторів БПЛА. «В перші ж дні війни українське командування зіткнулося з дефіцитом професійних операторів, а бійці – з необхідністю управляти дронами без підготовки» [1]. Підготовка зазвичай полягає у вивченні майбутніми операторами дронів основ пілотування, тобто набуття ними навичок практичного управління безпілотниками.

Разом з цим підготовка має включати задачі теоретичного обґрунтування стратегії і тактики застосування БПЛА, тобто уміння знаходити і застосовувати раціональні алгоритми розв'язку задач, поставлених перед оператором дронів. Оптимальні розв'язки мають збільшити ефективність використання БПЛА нашими військовими в умовах бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз відкритих джерел інформації показав, що втрати російської армії під час активної фази бойових дій змінилися не тільки за кількістю, а і за якістю.

Так, за інформацією [2] про втрати військової техніки у російсько-українській війні, в перші 50 днів війни (з 24 лютого по 15 квітня 2022 року) було зафіксовано загальні втрати російської авіації у кількості 377 одиниць. З них 294 військові літаки і вертольоти, що склало 78%. Інші 83 одиниці БПЛА склали 22%.

За період такої ж тривалості з 1 листопада по 21 грудня 2022 року загальні втрати російської авіації зафіксовано у кількості 308 одиниць. З них тільки 21 одиниця військових літаків і вертольотів, що склало 7%.

Інші 287 одиниць знищеної ворожої авіації становлять БПЛА. В таблиці 1 показано їх кількість і призначення.

Відтак, порівняно із зазначеним першим періодом війни кількість збитих нами дронів суттєво збільшилась з 22% до 93%. А звідси природно випливає висновок про суттєве збільшення кількості і направлених ворогом на фронт безпілотників. Тому теперішній період бойових дій іноді називають війною безпілотників, а «дрони – ключовою зброєю великої війни» [1].

Мета статті полягає в наданні операторам безпілотних літальних апаратів понять про теоретичне обґрунтування стратегії враження ворожих БПЛА, про методи послідовних поступок і експертних оцінок розв'язку багатоцільової задачі бойової операції для підвищення кваліфікації операторів і збільшення ефективності використання БПЛА нашими військовими в умовах бойових дій.

Таблиця 1

Втрати ворожих БПЛА з 1 листопада по 21 грудня 2022 року [2]

Назва БПЛА	Кількість	Призначення
Shahed-131/ Shahed-136 («Герань-2»)	88	Дрони-камікадзе, застосовуються по кілька одночасно або хвилями і скеровуються на одну чи різні цілі
БПЛА / UAV operational-tactical level	186	Оперативно-тактичного призначення (не деталізується у [2])
«Орлан-10» «Орлан-30»	2 (наразі збільшується)	Багатоцільовий безпілотний авіаційний комплекс, призначений для повітряної розвідки і спостереження за локальними об'єктами у важкодоступній місцевості, здатний створювати карти місцевості в 3D
«Ланцет-3»	7	Дрон-камікадзе, баражуючий боєприпас
«Форпост»	1 (6 після 24.02)	Тактичний розвідувально-ударний безпілотний авіаційний комплекс, призначений для ведення повітряної розвідки, наведення і коректування вогню артилерії, нанесення ударів малокаліберними боєприпасами
«Оріон»	1	Призначений для візуальної, радіолокаційної або радіотехнічної розвідки з можливістю тривалого патрулювання в заданому районі, можлива установка до чотирьох ракет «повітря-земля»
«Гранат-3»	2	Застосовують для виконання розвідувальних та спеціальних завдань, зокрема, виявлення та передачі координат цілей для артилерійських підрозділів, може оснащуватися обладнанням для радіомоніторингу мереж стільникового зв'язку.
Всього	287	

Виклад основного матеріалу. Стратегія враження або пошкодження ворожих БПЛА формується завдяки сучасним засобам знищення безпілотних літальних апаратів, які поділяють на два взаємно пов'язані види [3].

По-перше, це механічне пошкодження або знищення БПЛА або його частин:

- певним зенітним комплексом, призначеним для відповідного ураження;
- гарматним озброєнням з сучасними боєприпасами, включаючи лазерні гармати;

- БПЛА-перехоплювачами та БПЛА-камікадзе;
- помповими рушницями зі спеціальними набоями.

По-друге, це пошкодження комп'ютерних програм налаштування дій безпілотної з метою пошкодження або знищення зв'язку БПЛА з його оператором або з іншими зовнішніми орієнтирами, як то GPS, наземні точки прив'язки тощо:

- радіоелектронними системами (зокрема, гвинтівка DroneDefender);
- гарматами з СВЧ-випромінюванням.

Тут ми розглядаємо бойові операції, які направлені на враження ворожих БПЛА в першу чергу нашими БПЛА безпосередньо або в їх поєднанні з вище зазначеними засобами знищення безпілотної.

В бойових умовах часто зустрічаються задачі знищення БПЛА, в яких ефективність бойової операції визначається не одним, а відразу кількома показниками, одні з яких потрібно зробити більшими, інші – меншими.

Наприклад, потрібно так спланувати бойову операцію, щоб в результаті було знищено максимум ворожих безпілотної з якнайбільшими збитками для них, і разом з цим, щоб було вражено мінімум наших об'єктів з найменшими нашими втратами.

Задачі, в яких треба одночасно досягти кількох цілей, називаються багатоцільовими або багатокритеріальними. В таких задачах цілі зазвичай несумісні – рішення, що максимізує один показник, зазвичай не мінімізує інший.

Універсального методу розв'язання подібних задач не існує. Найбільш простим вважається природне або штучне виокремлення однієї цілі, досягнення якої, як правило, не є оптимальним для задачі в цілому.

Більш наближеним до практики, з нашої точки зору, є так званий метод послідовних поступок. Ми подамо алгоритм цього методу і розглянемо приклад його застосування при плануванні стратегій враження нами ворожих БПЛА.

Алгоритм методу

1. Показники ефективності розташовують у порядку зменшення їх важливості: спочатку основний показник, потім наступний і так далі в порядку зменшення їх значущості. Це спрощує розв'язок задачі, особливо коли алгоритм реалізується програмними засобами.

Визначити переваги одного показника порівняно з іншим іноді доволі складно. Особливо це стосується ймовірнісних показників. Наприклад, в залежності від типу ворожого дрона і місця його можливого влучання пріоритети наших цілей можуть змінюватись.

Якщо військові аналітики мають різні думки щодо упорядкування показників ефективності однотипних бойових операцій, то одним із способів упорядкування цілей є застосування експертного методу з участю аналітиків у якості експертів. Один з варіантів такого застосування показано нижче на прикладі.

2. Обирають рішення, оптимальне за першим критерієм, тобто рішення, яке забезпечує максимум (мінімум) основного показника ефективності.

3. Виходячи з практичних міркувань і точності вихідних даних призначається поступка для першого показника, яку можна допустити, щоб отримати рішення, оптимальне за другим показником.

4. Для другого показника в свою чергу призначається поступка, яку можна припустити для досягнення третьої цілі і так далі, поки не будуть розглянуті всі цілі.

Реалізація методу

Приклад. Нехай при аналізі значної кількості однотипних бойових операцій по знищенню ворожих дронів відомі показники ефективності цих операцій (табл. 2):

- ймовірність знищення або пошкодження нами ворожих БПЛА, яка має бути максимальною,
- ймовірність враження певних наших об'єктів, яка має бути мінімальною,
- наші втрати (кількість людей або кількість і вартість техніки, боєприпасів тощо), які мають бути мінімальними або відсутніми.

Таблиця 2

Показники ефективності бойових операцій (значення довільні)

Критерій ефективності/ Види однотипних бойових операцій	Ймовірність знищення ворожих БПЛА	Ймовірність враження певних наших об'єктів	Вартість нашої втраченої техніки, ум. од.
1	0,8	0,3	5
2	0,6	0,2	8
3	0,7	0,1	4
4	0,9	0,4	10
5	0,8	0,2	7
6	0,7	0,1	9
7	0,7	0,3	8
8	0,9	0,2	9

Треба обрати вид бойової операції, який забезпечує досягнення цілей в порядку їх значущості. За необхідності можна робити поступки:

- ймовірності знищення ворожих БПЛА на 0,1;
- вартості нашої втраченої техніки на 2 ум. од.

Однотипність і значна кількість бойових операцій є тут важливими, оскільки саме за цих умов є сенс використовувати поняття ймовірності.

Нехай відомо, що військові експерти не мають єдиної думки щодо пріоритету показників ефективності даних бойових операцій. Тоді їм пропонується розташувати зазначені цілі в порядку їх значущості – цифрою 1 позначити найважливішу ціль, цифрою 3 – найменш важливу серед трьох.

В таблиці 3 подано приклад позначення десятима експертами показників ефективності за цими рангами.

Таблиця 3

Експертні оцінки пріоритетів цілей однотипних бойових операцій (значення довільні)

Показники ефективності / Експерти	Ймовірність знищення ворожих БПЛА	Ймовірність враження певних наших об'єктів	Вартість нашої втраченої техніки, ум. од.
1	1	3	2
2	3	1	2
3	1	2	3
4	2	3	1
5	3	1	2
6	1	2	3
7	2	3	1
8	1	3	2
9	1	3	2
10	2	1	3

Пріоритети цілей визначимо за середнім арифметичним і медіаною їх рангів, позначених експертами.

В даному прикладі середнє арифметичне рангів ймовірності знищення ворожих БПЛА дорівнює 1,7, ймовірності враження певних наших об'єктів дорівнює 2,2, вартості нашої втраченої техніки дорівнює 2,1. Медіана рангів відповідно дорівнює 1,5, 2,5, 2.

Виявилось, що і за середнім арифметичним і за медіаною головною ціллю є максимізація ймовірності знищення ворожих БПЛА, наступною ціллю є мінімізація вартості нашої втраченої техніки, і крайньою з трьох цілей є мінімізація ймовірності враження певних наших об'єктів. Відтак, в таблиці 4 ми розташували показники ефективності в порядку зменшення їх важливості.

Обираємо види бойових операцій, оптимальні за першим критерієм, тобто види, які забезпечують максимальну ймовірність

$$\max \{0, 8; 0, 6; 0, 7; 0, 9; 0, 8; 0, 7; 0, 7; 0, 9\} = 0, 9$$

знищення або пошкодження нами ворожих БПЛА. Це 4-й і 8-й види (табл. 4).

Але при цьому вартість нашої втраченої техніки є дуже великою.

Тому за умовою ми готові зменшити ймовірність на 0,1, тобто до 0,8 для того, щоб вартість нашої втраченої техніки була меншою. Тоді серед уже виділених видів за цією поступкою виділяються 1-й, 4-й, 5-й і 8-й види операцій.

З вартостей нашої втраченої техніки в цих операціях виділяємо найменшу:

$$\min \{5, 10, 7, 9\} = 5.$$

Вона стосується першого виду. За умовою ми можемо збільшити цю вартість на 2 ум. од., тобто до 7 ум. од. Серед раніше виділених видів операцій цій поступці задовольняють тільки перший та 5-тий. Тоді серед відповідних ймовірностей враження наших об'єктів мінімальною буде 0,2:

$$\min\{0,3; 0,2\} = 0,2.$$

Вона відповідає 5-му виду. Це означає, що мінімальна ймовірність 0,2 враження наших об'єктів, при заданому діапазоні максимальної ймовірності знищення ворожих БПЛА і заданому діапазоні мінімальної вартості нашої втраченої техніки може бути досягнута при проведенні 5-го виду бойової операції.

Демонстрація методу послідовних поступок

Критерій/ Види однотипних бойових операцій	Ймовірність знищення ворожих БПЛА	Вартість нашої втраченої техніки, ум. од.	Ймовірність враження певних наших об'єктів
1	0,8	min 5	0,3
2	0,6	8	0,2
3	0,7	4	0,1
4	max 0,9	10	0,4
5	0,8	7	min 0,2
6	0,7	9	0,1
7	0,7	8	0,3
8	max 0,9	9	0,2

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Нами розглянуто теоретичні методи послідовних поступок і експертних оцінок розв'язку багатоцільових задач бойових операцій з враження ворожих БПЛА з точки зору практичного застосування цих методів.

Але з кожним днем війни статистика воєнних операцій накопичується і тому для підготовки висококваліфікованих операторів БПЛА статистичний матеріал потрібно наразі регулярно аналізувати:

- систематизувати,
- відслідковувати динаміку змін,
- знаходити закономірності для ефективного прогнозування.

У військових аналітиків є можливість опрацьовувати інформацію також із закритих джерел для отримання, зокрема, суттєво наближених до реальності ймовірностей тих чи інших складових воєнних операцій.

Список використаних джерел:

1. Фролов А. Три правила перемоги. Як школи дронів готують операторів для фронту. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/09/29/691996/>
2. Втрати військової техніки у російсько-українській війні. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Втрати_військової_техніки_у_російсько-українській_війні_\(з_2014\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Втрати_військової_техніки_у_російсько-українській_війні_(з_2014))
3. Корольов Р.В., Корольок Н.О., Петров О.В., Сюлев К.В. Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів, ХНУПС. URL: <https://www.ukrmilitary.com/2017/10/zasoby-proty-bpla.html>

References:

1. Frolov A. Three rules of victory. How drone schools prepare operators for the front. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/09/29/691996/>
2. Losses of military equipment in the Russian-Ukrainian war. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Losses_of_military_technique_in_the_Russian-Ukrainian_war_\(since_2014\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Losses_of_military_technique_in_the_Russian-Ukrainian_war_(since_2014))
3. Korolev R.V., Koroliuk N.O., Petrov O.V., Syulev K.V. Analysis of modern means of destroying unmanned aerial vehicles, KhNUPS. URL: <https://www.ukrmilitary.com/2017/10/zasoby-proty-bpla.html>