

О.І. Рибачук, Ю.В. Рєзніков

ПІДХІД ДО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ПРОТИВНИКОМ АВІАЦІЙНИХ УДАРІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ВИДОВОЇ РОЗВІДКИ

***Анотація.** Проаналізовані основні ознаки підготовки засобів повітряного нападу противника до нанесення авіаційного удару, що можуть бути виявлені космічними системами спостереження. Викладений підхід до рішення задачі виявлення підготовки противником авіаційних ударів за даними космічної видової розвідки на основі теорії нечітких множин і нечіткого логічного виведення. Сформульовані основні вимоги до відповідного програмного додатку.*

Ключові слова: аеродром базування, виявлення, космічний апарат, космічний знімок, авіаційний удар, теорія нечітких множин, нечітка логіка.

***Abstract.** The main unmasking preparation signs of enemy air attack means for an air strike, which can be detected by space surveillance systems, are analyzed. The approach based on the theory of fuzzy sets and fuzzy inference to solving the problem of detecting enemy preparation for an air strike according to space reconnaissance data are presented. The basic requirements for the relevant software application are formulated.*

Keywords: base airfield, detection, spacecraft, space image, air strike, fuzzy set theory, fuzzy logics.

Через те, що більшість аеродромів базування ударної авіації противника розташовані на достатньо великій відстані від лінії зіткнення, матеріали космічного знімання (КсЗ), що отримані засобами космічних систем спостереження (КсСС) подвійного призначення та комерційних КсСС, виглядають чи не єдиною доступною альтернативою надійних та достовірних джерел інформації про поточну обстановку в районі військових аеродромів противника.

В умовах сучасних бойових дій, які характеризуються масштабністю та динамічністю, виникає необхідність оперативної спільної обробки значних обсягів матеріалів КсЗ. У цих обставинах задовольнити вимоги щодо надійності та оперативності виявлення фактів підготовки засобів повітряного нападу (ЗПН) противника до завдання авіаційних ударів (АУ) можна лише за умови розробки та впровадження програмно-апаратних засобів автоматизації цього процесу, створених на основі спеціалізованих методик, що забезпечують виконання завдань із необхідною ефективністю. Тому постає актуальна задача розробки відповідної ефективної методики, яка може бути покладена в основу програмно-апаратних рішень виявлення АУ, що можуть бути інтегровані в автоматизовану систему управління військами.

Основна складність у вирішенні цієї задачі полягає в тому, що процес дешифрування космічних знімків вкрай складно формалізується, оскільки він багатовимірний і залежить від великої кількості зовнішніх випадкових факторів, у тому числі від суб'єктивних оцінок та особистих якостей персоналу, залученого до прийняття рішень.

На протязі останніх років вітчизняні та закордонні науковці активно розробляють та досліджують системи підтримки прийняття рішень з використанням методів нечіткого логічного виведення. Відмічається, що такі системи здатні ефективно функціонувати в погано формалізованих умовах, неповної та неточної вхідної інформації та суттєвого впливу на остаточні рішення суб'єктивних факторів, що в значній мірі відповідає умовам прийняття рішень по результатам обробки матеріалів КсЗ [1-6]. Тому пропонується розробити методику вирішення задачі виявлення факту підготовки ЗПН противника до АУ із застосуванням методів математичної теорії нечітких множин і нечіткої логіки.

У якості демаскуючих ознак підготовки ЗПН противника до нанесення АУ, що можуть бути виявлені засобами КсСС, можуть бути:

- кількість та тип літальних апаратів на аеродромі;
- розташування літаків на злітно-посадковій смугі або в укриттях, на стоянках;

– ознаки проведення на аеродромі технологічних операцій з обслуговування літаків тощо.

Кількісний аналіз літаків полягає в спостереженні наявності (динамічних змін у кількості) літаків тактичної авіації на аеродромі базування, що постійно використовується авіаційною частиною. Якісний аналіз визначає появу на аеродромі літаків військово-транспортної авіації зі складу інших авіаційних частин.

Також важливе значення для аналізу обстановки має місце розташування літаків (на стоянках в зонах авіаційних ескадрилій, на стоянках довготривалого зберігання, перебування літаків на центральній заправній позиції, або на технічній позиції підготовки літаків, в техніко-експлуатаційній частині, на руліжній доріжці, на магістральній руліжній доріжці або на злітно-посадковій смузі).

Одним з найважливіших джерел демаскуючих ознак підготовки ЗПН до АУ, які реєструються КсСС, є технічні заходи підготовки літаків до бойових вилетів – технологічні операції, пов'язані з заправкою літаків паливом та іншими необхідними рідинами й газами, а також з їх оснащенням авіаційними засобами ураження. Те, що робить ці заходи настільки важливими для виявлення АУ – це, по-перше, їх чітка визначеність у часі по відношенню до початку АУ й, по-друге, присутність поряд з літаками при їх проведенні тих або інших засобів аеродромно-технічного забезпечення, за якими їх легко ідентифікувати на космічних знімках.

В межах підходу, що пропонується, вирішення задачі виявлення факту підготовки ЗПН противника до нанесення АУ передбачає формування на основі відомих демаскуючих ознак підготовки АУ логічної моделі системи прийняття рішень у вигляді бази продукційних правил системи логічного виведення (бази знань), яка ставить у відповідність сформованій експертом протягом дешифрування та аналізу матеріалів КсЗ сукупності елементарних нечітких висловлювань X щодо характеристик об'єктів, виявлених на космічних знімках, сукупність лінгвістичних констант Y , за допомогою яких у максимально зручному для користувача вигляді формулюються заключення про ймовірну підготовку противником АУ.

Тоді форма подання нечіткої продукції (бази знань) буде мати вигляд набору нечітких продукційних правил [7], кожне з яких сформоване за окремою демаскуючою ознакою підготовки противником АУ:

$$r : C \Rightarrow Y; v, \quad (1)$$

де r – ідентифікатор нечіткого продукційного правила; $C \Rightarrow Y$ – ядро нечіткого продукційного правила, у якому C – умовна частина ядра (антецедент); Y – заключення (консеквент); \Rightarrow – оператор логічного сполучення (імплікації); v – показник достовірності продукції у формі лінгвістичної константи.

Числове значення показника достовірності продукції (достовірності заключення про виявлену демаскуючу ознаку підготовки противником АУ) розраховується за числовими значеннями показників достовірності елементарних нечітких висловлювань X , на підставі яких робиться заключення, з використанням операцій нечітких кон'юнкції та диз'юнкції в залежності від змісту демаскуючої ознаки, яка лежить в основі відповідного нечіткого продукційного правила.

Викладений вище підхід до вирішення задачі виявлення факту підготовки ЗПН противника до АУ з використанням елементів теорії нечітких множин та нечіткого логічного виведення може бути покладений в основу програмного додатку з інтерфейсом, що представляє собою максимально зручну електронну форму, яку експерт з аналізу матеріалів КсЗ має поступово заповнювати під час дешифрування космічних знімків. На основі сформованої таким чином актуальної бази даних про дислокацію, технічний стан авіації противника та аеродромів її базування, а також бази нечітких продукційних правил, яка розроблена відповідно демаскуючих ознак підготовки противником АУ, даний програмний додаток буде здатний генерувати в автоматизованому режимі у зручній для користувача формі правдоподібні заключення щодо ймовірних АУ й оцінювати їх достовірність. Ці заключення у подальшому можуть бути використані для формування пропозицій щодо необхідних заходів протиповітряної оборони або у якості вхідної інформації для автоматизованої системи управління військами (АСУВ).

Основні вимоги до такого програмного додатку:

– здатність забезпечити надійне, достовірне та оперативне автоматизоване виявлення факту підготовки ЗПН противника до АУ згідно методики, розробленої на основі множини демас-

куючих АУ ознак, що добре виявляються засобами спостереження космічного базування, з урахуванням всієї сукупності пов'язаних факторів та розвідувальних даних;

- інтегрованість до АСУВ та до Системи космічної підтримки Збройних Сил України;
- забезпечення авторизованого доступу фахівців, споживачів та постачальників космічних продуктів та послуг до бази даних з матеріалами КсЗ та результатами їх дешифрування;
- інформація про виявлені факти підготовки противником АУ повинна оперативно доводитися в автоматичному режимі чітко визначеному колу посадових осіб для невідкладного здійснення заходів протидії.

Спеціалізований програмний додаток виявлення фактів підготовки ЗПН противника до АУ може розглядатися як інструмент ефективної автоматизації роботи експерта з аналізу та дешифрування матеріалів КсЗ, завдяки якому очікується суттєве покращення достовірності та оперативності прийняття рішень за рахунок реалізації процесу автоматизованого спільного аналізу та обробки великих масивів даних, зібраних на багатьох об'єктах спостереження на значному часовому інтервалі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравець П., Киркало Р. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2009. № 650. С. 115-123.
2. Кравець П.О., Проданюк О.М. Прийняття оптимальних рішень методом навчання з нечіткою логікою. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2009. № 653. С. 129-147.
3. Кветний Р.Н., Коцюбинський В.Ю., Кислиця Л.М.; Казимірова Н.В.; Кириленко Г.О. Адаптивна система підтримки прийняття рішень з використанням методів нечіткого логічного висновку. Наукові праці ВНТУ. 2011. № 3. С. 1-10.
4. G. Selvachandran et al. A New Design of Mamdani Complex Fuzzy Inference System for Multiattribute Decision Making Problems. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2021. Vol. 29. No. 4. P. 716-730. <https://doi.org/10.1109/tfuzz.2019.2961350>
5. L. T. Hong Lan et al. A New Complex Fuzzy Inference System With Fuzzy Knowledge Graph and Extensions in Decision Making. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 164899-164921. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3021097>
6. F. Scarlatache, G. Grigoras, B. Neagu, Decision making methodology based on fuzzy logic in optimal DG location. 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) : Proceedings Article. IEEE, 2016, P. 81-84. <https://doi.org/10.1109/ecai.2016.7861181>.
7. Кирик В.В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2019. 224 с.

Рибачук Олег Ігорович – кандидат технічних наук доцент старший науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: rybyoyo@gmail.com

Oleg Rybachuk – PhD in Engineering Associate Professor Senior Researcher of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: rybyoyo@gmail.com

Резніков Юрій Вячеславович – кандидат технічних наук старший науковий співробітник провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, e-mail: ura_reznikov@ukr.net

Yurii Rieznikov – PhD in Engineering Senior Researcher Leading Researcher of scientific research department of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, e-mail: ura_reznikov@ukr.net