

С.І. Березіна, М.В. Борцова, О.І.Солонець

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННИХ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ НА ОСНОВІ ОПЕРАЦІЙ АЛГЕБРИ ЛОГІКИ ТА НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ АПРІОРНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ РОЗВІДКИ НА АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ

Анотація. Для вирішення задачі апріорного оцінювання ймовірності виявлення об'єктів розвідки на аерокосмічних знімках за умови недостатності апріорної інформації про умови зйомки та характеристики знімальної апаратури запропоновано використання теоретико-множинних моделей прийняття рішення на основі операцій алгебри логіки та нечітких множин. Побудовано систему нечіткого висновку, яка дозволяє визначати апріорну ймовірність виявлення об'єкта на основі експертних знань стосовно різниці кольорних характеристик та яскравості об'єкта та фону. Наводиться приклад розрахунку апріорної ймовірності виявлення ракети на асфальтовому полотні на знімках з роздільною здатністю 0,5 м.

Ключові слова: аерокосмічний знімок, озброєння та військова техніка, апріорна ймовірність виявлення, система нечіткого логічного висновку, роздільна здатність, яскравість, контраст.

Abstract. To solve the task of a priori estimation of the detection probability of surveillance objects in aerial images for the case of unknown a priori information about surveillance conditions and characteristics of the surveying equipment it is suggested using the set-theoretic models of decision-making based on operations of logic algebra and fuzzy sets. A new fuzzy inference system is built. It allows determining the a priori probability of object detection on the basis of expert knowledge regarding the differences in color characteristics and brightness of the object and the background. An example of calculating the a priori probability of detecting a missile on an asphalt surface in images with a resolution of 0.5 m is given.

Keywords: aerospace image, arms and military equipment, a priori probability of detection, fuzzy inference system, resolution, brightness, contrast.

Задачі, які пов'язані з розрахунком ймовірності виявлення об'єкта розвідки на знімку, перед усім, засновані на системному аналізі співвідношення спектральних характеристик об'єкта розвідки та підстилаючої поверхні, характеристик знімальної апаратури та умов зйомки. Недостатність апріорних даних про спектральні та радіометричні характеристики знімальної апаратури, спектральні характеристики об'єкта розвідки та підстилаючої поверхні викликає труднощі використання класичних методів визначення математичної ймовірності. В роботі запропоновано для отримання інтервальних оцінок в умовах невизначеності використання теоретико-множинних моделей на основі операцій алгебри логіки та нечітких множин для розрахунку ймовірності виявлення об'єкта на знімку. Найбільш важливим етапом при побудові системи є розробка та уточнення критеріїв, що визначають можливість виявлення об'єкта розвідки на знімку. Однак створення моделі, що найбільш повно відображає цю ситуацію, досить складно. Причиною цього є складні взаємозв'язки ймовірності виявлення об'єкта розвідки на знімку від характеристик знімальної апаратури, умов зйомки.

Структура методики розрахунку ймовірності виявлення об'єкта розвідки на знімку та алгоритм її реалізації представлений на рис. 1.

Різниця під час побудови таких моделей визначається лише набором вхідних даних. Відповідно до алгоритму побудови продукційних правил (рис. 1) та виходячи з формального подання емпіричних знань залежно від обраних факторів, було побудовано правила нечіткого висновку.



Рисунок 1 Структура методики розрахунку ймовірності виявлення об'єкта розвідки на знімку

Поперед усім, ймовірність виявлення об'єкта розвідки на знімку залежить від різниці спектральних характеристик об'єкта розвідки та підстилаючої поверхні. Чим більша відмінність яскравості та/або спектра, що відбивається, фону та об'єкта, тим більша ймовірність виявлення об'єкта на знімку. Ці параметри залежать не тільки від спектральних характеристик фона та об'єкта, але і від спектральної і радіометричної чутливості знімальної апаратури. У зв'язку з недостатньою інформацією про ці характеристики, при розрахунку ймовірності виявлення об'єкта розвідки на знімку використовується метод експертних оцінок, значення яких лежать в межах від 0 до 10. Де 0 яскравість (колір) фона-об'єкта не відрізняється, 10 – значна різниця яскравості (кольору). Для зменшення кількості продукційних правил в моделі, фактори які впливають на контраст зображення об'єкта розвідки на фоні підстилаючої поверхні (яскравості та спектральних характеристик фона та об'єкта) було об'єднано в окрему групу, яка відповідає за контрастність зображення об'єкта на знімку.

В процесі дешифровки даних при недостатній контрастності зображення об'єкта збільшується роль текстурних характеристик, а отже зростають вимоги до площі зображення об'єкта, яка визначається розподільчою здатністю на знімку та геометричними розмірами об'єкта розвідки.

Метою етапу фазифікації є встановлення відповідності між конкретним значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виведення та значенням функції належного їй терму вхідної лінгвістичної змінної. Після завершення цього етапу для всіх вхідних змінних повинні бути визначені конкретні значення функцій приналежності щодо кожного з лінгвістичних термів, що використовуються в умовах бази правил системи нечіткого виведення.

Наступним етапом нечіткого виведення згідно з алгоритмом є етап агрегування. Операція агрегування, що використовується, дозволяє визначити ступінь істинності умов по кожному з правил системи нечіткого висновку.

На даному етапі слід врахувати, що оскільки кожна умова складається з декількох умов, причому лінгвістичні змінні в умовах попарно не рівні один одному, то ступінь істинності складного висловлювання визначається на основі заздалегідь визначених значень ступенів істинності кожної з умов. Виходячи з того, що у всіх правилах в якості логічного зв'язка для підумов застосовується нечітка диз'юнкція, то як метод агрегування для нечітких висновків доцільним є використання операції \max -диз'юнкції. Правила, що мають найбільший ступінь достовірності відповідним умовам, вважаються активними та використовуються для подальших розрахунків.

Для отримання кількісного значення інтегральної оцінки, що характеризує ймовірність виявлення об'єкта розвідки на знімку найбільш оптимальним методом проведення дефазифікації є метод центру тяжіння для одноточкових множин.

Запропонована методика оцінювання дозволяє отримувати значення імовірності виявлення об'єкта інтересу на знімку без використання точних даних про спектральні та радіометричні характеристики знімальної апаратури, спектральні характеристики об'єкта інтересу та підстилаючої поверхні. Недоліком запропонованої методики є її невисока точність, перевагою – простота та ефективність в умовах невизначеності апріорних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Braga-Neto U. Fundamentals of pattern recognition and machine learning / U. Braga-Neto. – Springer International Publishing, 2021. – 357 p.
2. Pang Y. Robust satellite image classification with Bayesian deep learning / Y. Pang, S. Cheng, J. Hu, Y. Liu // 2022 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference, 05–07 April 2022, Dulles, VA, USA. – P. 1–8. – DOI: 10.1109/ICNS54818.2022.9771496.
3. Ali H. Supervised classification for object identification in urban areas using satellite imagery / H. Ali, A.A. Awan, S. Khan, O. Shafique, A. ur Rahman, S. Khan // 2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies, 03–04 March 2018, Sukkur, Pakistan. – P. 1–4. – DOI: 10.1109/ICOMET.2018.8346383.
4. Wang Y. A camouflaged object detection model based on deep learning / Y. Wang, L. Li, X. Yang, X. Wang, H. Liu // 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems, 20–22 March 2020, Dalian, China. – P. 150–153. – DOI: 10.1109/ICAIS49377.2020.9194881.
5. Berezina S. An information technique for segmentation of military assets in conditions of uncertainty of initial data / S. Berezina, O. Solonets, K. Lee, M. Bortsova // Information Processing Systems. – 2021. – No. 4. – P. 6–18. – DOI: 10.30748/soi.2021.167.01.
6. Castillo O. Recent advances in intelligent information systems and applied mathematics / O. Castillo, D. Kumar Jana, D. Giri, A. Ahmed. – Springer Nature, 2020. – 903 p.

Березіна Світлана Іванівна – кандидат технічних наук старший науковий співробітник старший науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: berezina-svetlan@ukr.net

Борцова Марія Вікторівна – молодший науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: masha.v.bortsova@gmail.com

Солонець Олексій Іванович – кандидат технічних наук старший науковий співробітник провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: alex_solonez@ukr.net

Svitlana Berezina – Candidate of Technical Sciences Senior Research Senior Research Associate of scientific research department of scientific center Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: berezina-svetlan@ukr.net

Masha Bortsova – Junior Research Associate of scientific research department of scientific center Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: masha.v.bortsova@gmail.com

Oleksiy Solonets – Candidate of Technical Sciences Senior Research Leading Research Associate of scientific research department of scientific center Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: alex_solonez@ukr.net