

Problems of identification in information systems

UDC 004.932.72+528.8(043.3)

doi: 10.20998/2522-9052.2020.1.01

A. Berezhnyi, A. Trystan, O. Lavrov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY OF AUTOMATIC DETECTION AND IDENTIFICATION OF STATIONARY OBJECTS WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The **subject matter** of the article is the process of developing information technology for the automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles arises. The **goal** of the study is to development of the main points for information technology of automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles. The **tasks** to be solved are: the structural diagram of the preparatory stage of information technology for automated detection and identification of stationary objects is constructed; the structural diagram of the basic, additional and final stages of information technology automated detection and identification of fixed objects is constructed. General scientific and special **methods** of scientific knowledge are used. One of the most effective approaches to the recognition and identification of objects is an approach based on the use of deep learning methods. A new model of UAV motion is proposed based on image recognition methods. The methods of pattern recognition with application of neural networks are considered in detail in this work too. The following **results** are obtained. The developed information technology is implemented in four stages: preparatory, basic, additional and final. Each stage consists of separate procedures aimed at collecting, processing, storing and transmitting information during the flight UAV. **Conclusions.** Information technology for the automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles is based on the knowledge-oriented representation of the stages of image processing of objects on digital aerial photographs on board the UAV. This allows to provide intelligent real-time data processing, changing UAV flight routes depending on the objects detected to improve the effectiveness of the search tasks. Further development of this information technology lies in the development of automated methods of planning UAV routes, automatic change of route parameters in flight processes (performance of a flight task), based on knowledge-oriented technologies. Information technology for the automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles can become an element of intelligent decision support systems for the use of UAVs (teams of UAVs) to search for both stationary and dynamic objects.

Keywords: unmanned aerial vehicle; information technology; recognition and identification; route planning; stationary object; decision support system.

Introduction

Formulation of the problem and research tasks.

The modern development of unmanned aerial vehicles suggests that unmanned aerial vehicles (UAVs) can be used to perform extremely complex monitoring tasks, both stationary and dynamic objects, which can allow: changing the purpose of the UAV mission in flight, making optimal decisions about the choice of flight routes UAVs, adaptation of the flight task to various factors of the UAV state and the environment, implementation of these tasks with high promptness and accuracy. That is, the transfer of part of the intellectual functions of the human operator to the intellectual information technology. The problem with monitoring stationary and dynamic objects is that there is a conflict between the size of the search area and the size of the objects. The solution of this contradiction is possible through the autonomous operation of the UAV, changing the route of its flight (flight task) by the results of automatic object recognition. Modern UAVs include an autopilot and a powerful on-board complex that can perform these tasks provided it is equipped with the appropriate information technologies. Thus, the relevant task of developing information technology for the

automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles arises.

Analysis of recent research and publications on the above issues shows the relevance of this one. The analysis of domestic and foreign publications on the topic of the article made it possible to conclude that there is considerable interest in these research. A number of works that were used in the writing of the article should be highlighted. In [1], an adaptive image background subtraction method was used to automatically detect dynamic objects. In [2], a new model of UAV motion is proposed based on image recognition methods. Articles [3, 7] address the problem of development goal functions for autonomous search and tracking UAV targets, but does not bind to pattern recognition models. Models and methods of pattern recognition with application of neural networks are considered in detail in [4]. The basis of developed information technology became the methods which were considered in [5]. An important source for this research is the monograph [6], which sufficiently describes the development of information technology to solve the problems of navigation and control.

The **goal** of this work is to development of the main points for information technology of automated

detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles. General scientific and special **methods** of scientific knowledge are used. One of the most effective approaches to the identification and recognition of objects is an approach based on the use of deep learning methods. A new model of UAV motion is proposed based on image recognition methods. The methods of pattern recognition with application of neural networks are considered in detail in this work too. An adaptive image background subtraction method was used to automatically detect dynamic objects.

Main material

To form a training sample, a simulation of the process of identifying the parameters shown in table 1 is performed. The class alphabet includes all the object classes that you want to identify and classify. Each class excludes several subclasses (types). Fig. 1 shows the simulation results of the detection process. Fig. 1, a and 1, b are elements of the tank class, and Fig. 1, c and 1, d

are elements of the APC class. Each image is annotated with a text file that describes the coordinates of the center of the object and its linear dimensions in pixels.

Table 1 – Training sample parameters

Parameter	The minimum value	The maximum value
Detail filming	0,07 m	0,22 m
Perspective filming	0°	30°
Rotate the object	0°	360°
Contrast object and background	0,2	0,4
Rotate the shadows	0°	360°
The corner of incidence of the sun's rays	0°	90°
Textures of painting objects	30	–
Examples to class	10 000	–
Image size	512x512 pixels	–



Fig. 1. Examples of training sample images

The training sample allows you to obtain the neural network weighting coefficients for the selected topology. The Detect Net topology was used in this article.

Information technology of automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles is realized through the use of [1-11]:

- UAV flight data inputs, characteristics of optoelectronic equipment, flight parameters, digital images of the earth's surface, a priori data about stationary detection objects;

- output data (documented information about the results of detection and classification of stationary objects);

- a preparation module for operation (training),

which includes procedures that realize the method of forming a training sample of images and training the neural network to identify and classify stationary objects [5];

- a data processing module that includes procedures for pre-processing graphic information; procedures implementing the method of automated detection and classification of stationary objects on board UAVs;

- a storage module that includes a procedure for documenting data obtained during the search process and the means for storing it;

- a data transfer module that includes a procedure for transmitting intelligence reports to consumers and means of transmitting them.

In the development of a generalized structure of information technology for the automated detection and identification of stationary objects (Fig. 2, 3), the results obtained in the article [5] are taken into account: - model of detection and classification of stationary objects;

- defined assumptions and limitations of the method of automated parallel detection and classification of stationary objects;
- topology of the wraparound fuzzy network;
- method of automated parallel detection and classification of stationary objects;
- method of forming a training sample of images

for training a wraparound fuzzy network on the detection and classification of stationary objects.

The developed information technology is implemented in four stages - preparatory, basic, additional and final. Each stage consists of separate procedures aimed at collecting, processing, storing and transmitting information during the flight.

The first (preparatory) stage of the IT functioning is performed before the flight begins. Outputs include the topology and the weights of the wraparound fuzzy network (WFN) which are transmitted to perform the main stage of IT functioning.

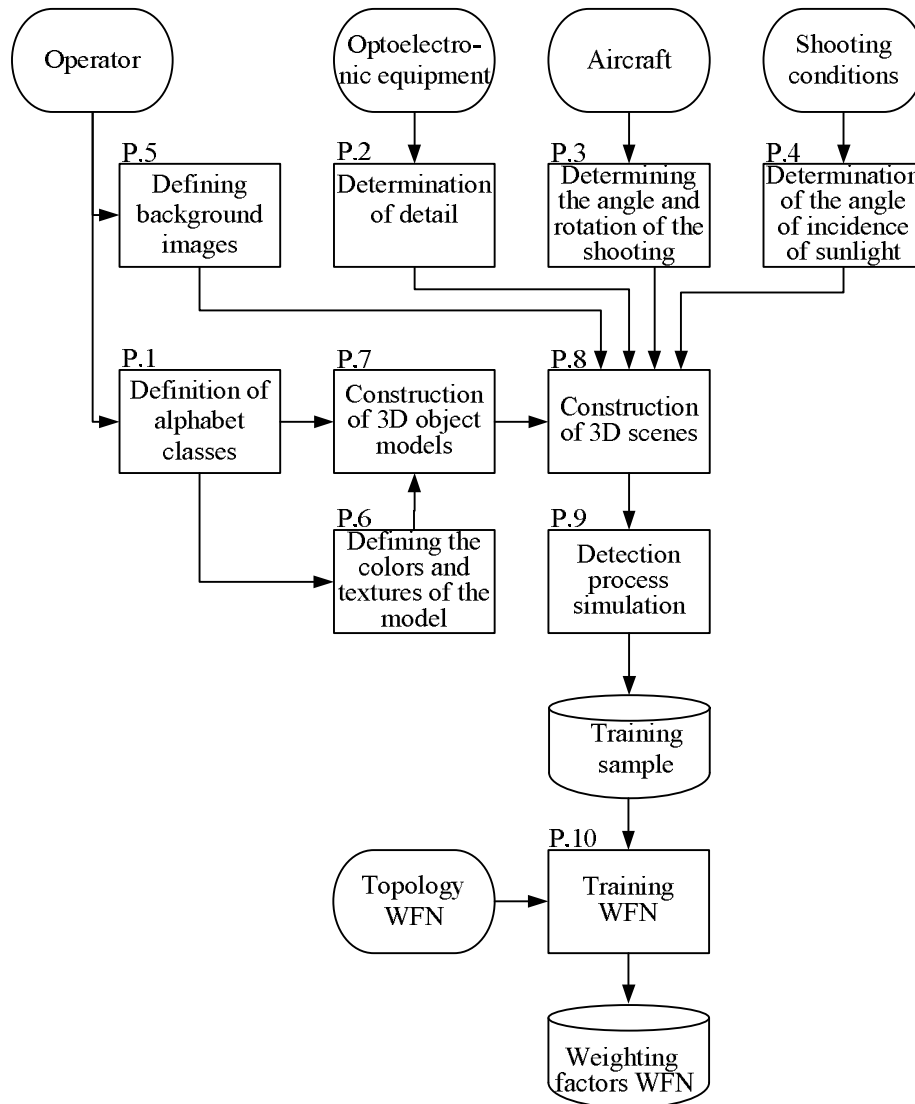


Fig. 2. Structural diagram of the preparatory stage of information technology for automated detection and identification

At the end of the preparatory stage, the files of the topology and the weights of the wraparound fuzzy network in the CAFFE format are copied from the module for preparation to operation (training) to the module of processing. The correct functioning of IT and preparation for the use of UAV for its purpose are carried out.

The basic, additional and final stages of IT operation (Fig. 2) are performed during the UAV flight. The input data for the relevant stages are the operator

commands of the beginning and ending operations, digital images of the earth's surface obtained from optoelectronic equipment of the UAVs, navigation and inertia data, as well as the topology and weighting factors of the WFN obtained during the preparatory stage.

The baseline data of the main stage of IT functioning are intelligence reports, documented data of optoelectronic equipment unmanned aerial vehicles, inertial and navigation sensors, detection and identification results.

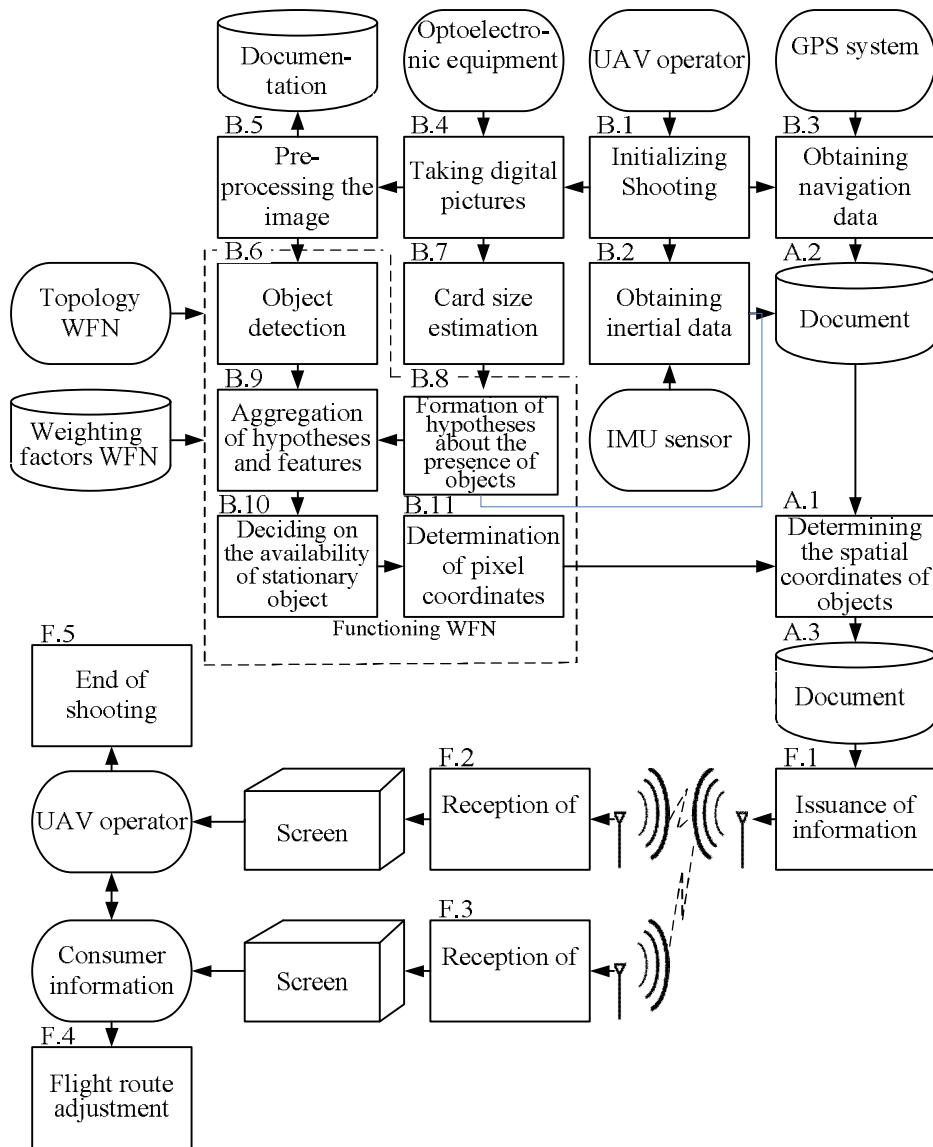


Fig. 3. Structural diagram of the basic, additional and final stages of information technology automated detection and identification of stationary objects

The key procedure for the operation of information technology is the automatic detection and classification of objects from the classes alphabet in the image.

A portion of an aerial photograph of 512x512 pixels is served at the entrance to the procedure, Fig. 4.

During the operation of the convolutional neural network, features are highlighted by filtering the input image with different convolution nuclei. The coefficients of the convolution nuclei are obtained in the learning process.

The result of filtering the input image into 64 convolution nuclei of 7x7 pixels is shown in Fig. 5.

The result of the operation of network is a vector for each element of the class, if it presents in the image. For the given image (Fig. 4), the vector takes the following form (82, 66, 135, 124, 0.89863281), where 82, 66, 135, 124 are the coordinates of the corners of the rectangle in which the object of the class "APC" is inscribed; 0.89863281 - mean Average Precision estimation of the presence of object an "APC" in a rectangle.



Fig. 4. Example of a digital shot of a simple OED object

Thus, the developed information technology of automated detection and identification of stationary

objects with the use of WFN allows to receive, process, store and transmit information on the results of detection and identification of stationary objects on board the UAV.

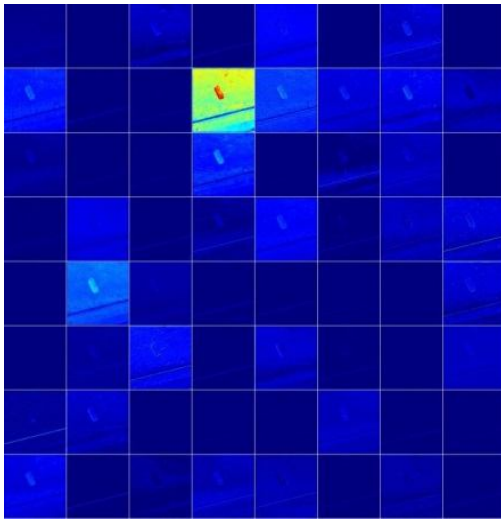


Fig. 5. Example processing result

Conclusions and prospects for further research

1. Information technology for the automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles is based on the knowledge-oriented representation of the stages of image processing of objects on digital aerial photographs on board the UAV. This allows to provide intelligent real-time data processing, changing UAV flight routes depending on the objects detected to improve the effectiveness of the search tasks.

2. Further development of this information technology lies in the development of automated methods of planning UAV routes, automatic change of route parameters in flight processes (performance of a flight task), based on knowledge-oriented technologies.

3. Information technology for the automated detection and identification of stationary objects by unmanned aerial vehicles can become an element of intelligent decision support systems for the use of UAVs (teams of UAVs) to search for both stationary and dynamic objects.

REFERENCES

1. Kamate, S. and Yilmazer, N. (2015), *Application of Object Detection and Tracking Techniques for Unmanned Aerial Vehicles*, Texas A&M University – Kingsville, Kingsville, TX 78363, USA.
2. Saifuddin Saif, A. F. M., Prabuwo, Anton Satria and Mahayuddin, Zainal Rasyid (2014), "Moving Object Detection Using Dynamic Motion Modelling from UAV Aerial Images", *Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal*, Vol. 2014, Article ID 890619, 12 p., DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/890619>
3. Vesselin P. Jilkov, X. Rong Li and Donald DelBalzo (2007), "Best combination of multiple objectives for UAV search & track path optimization", *10th International Conference on Information Fusion Date of Conference: 9-12 July 2007 Date Added to IEEE Xplore: 26 December 2007 CD-ROM ISBN: 978-0-662-45804-3 INSPEC Accession Number: 9856084 DOI: [10.1109/ICIF.2007.4408202](http://dx.doi.org/10.1109/ICIF.2007.4408202)*
4. Krizhevsky, A., Sutskever, I. and Hinton, G.E. (2012), "Imagenet classification with deep convolutional neural networks", *Advances in neural information processing systems*, pp. 1097-1105.
5. Olizarenko, S.A., Lavrov, O.Yu. and Kapranov, V.A. (2016), "Methodology for creating a platform for deep learning modeling in the interests of developing systems for automated decoding of aerial photographs", *Information Processing Systems*, No. 9 (146), pp. 41-43.
6. Krasilytsikova, M.N. and Sebyrakova, G.G. (2009), *Modern information technology in the problems of navigation and guidance of unmanned maneuverable aircraft*, FIZMATLIT, Moscow, 556 p.
7. Ruban, I., Kuchuk, H. and Kovalenko A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No 1 (1), P. 75–81, doi : <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075>
8. Kuchuk G., Kovalenko A., Komari I.E., Svyrydov A. and Kharchenko V. (2019), "Improving big data centers energy efficiency: Traffic based model and method", *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 171., Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kacprzyk, J. (Eds.), Springer Nature Switzerland AG, pp. 161-183. DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4_8
9. Kuchuk, H., Kovalenko, A., Ibrahim, B.F. and Ruban, I. (2019), "Adaptive compression method for video information", *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, pp. 66-69, DOI: <http://dx.doi.org/10.30534/ijatcse/2019/1181.22019>
10. Svyrydov, A., Kuchuk, H., Tsiapa, O. (2018), "Improving efficiency of image recognition process: Approach and case study", *Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2018*, pp. 593-597, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409201>
11. Korolyuk, N.A. and Eremenko, S.N. (2015), "Intelligent decision support system for controlling unmanned aerial vehicles at a ground control point", *Information Processing Systems*, No. 8 (133), pp. 31-36.

Received (Надійшла) 03.12.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 03.02.2020

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Бережний Андрій Олександрович – начальник штабу – перший заступник начальника університету, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна;

Andrii Berezhnyi – Chief of staff, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine;
e-mail: vkadres@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7928-2201>

Тристан Андрій Вікторович – доктор технічних наук, начальник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна;

Andrii Trystan – Doctor of Technical Science, Chief of Scientific Research Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine;
e-mail: andr.tristan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2137-5112>.

Лавров Олег Юрійович – кандидат технічних наук, науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна;

Oleh Lavrov – Candidate of Technical Sciences, Research Associate of Scientific Research Department of Scientific Center of University, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine;
e-mail: lavrov1107@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1292-5986>

Інформаційна технологія автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів безпілотними літальними апаратами

А. О. Бережний, А. В. Тристан, О. Ю. Лавров

Анотація. Предметом вивчення в статті є процес розробки інформаційної технології автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів безпілотними літальними апаратами. **Метою дослідження** є розробка основних положень інформаційної технології автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів безпілотними літальними апаратами. **Задачі:** побудова структурної схеми підготовчого етапу інформаційної технології автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів; побудова структурної схеми основного, додаткового та заключного етапів інформаційної технології автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів. Методологічною основою дослідження стали загальнонаукові та спеціальні **методи** наукового пізнання. Одним з найбільш ефективних підходів на шляху до виявлення та ідентифікації об'єктів є підхід, що базується на використанні методів глибокого навчання. На основі методів розпізнавання зображень запропонована нова модель руху. Застосовано методи розпізнавання образів із застосуванням нейронних мереж. Отримані такі **результати**. Розроблена інформаційна технологія реалізується в чотири етапи: підготовчий, основний, додатковий та заключний. Кожний етап складається з окремих процедур, направлених на збір, обробку, зберігання та передачу інформації в процесі польоту БПЛА. **Висновки.** Інформаційна технологія автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів безпілотними літальними апаратами базується на знанняорієнтованому представленні етапів обробки зображень об'єктів на цифрових аерофотознімках на борту безпілотного літального апарату. Це дозволяє забезпечити інтелектуальну обробку даних в режимі часу, наближеного до реального, змінювати маршрути польоту БПЛА в залежності від виявлених об'єктів для підвищення ефективності рішення задач пошуку. Подальший розвиток даної інформаційної технології полягає у розробці автоматизованих методів планування маршрутів руху БПЛА, автоматичної зміни параметрів маршруту в процесі польоту (виконанні польотного завдання), що засновується на знанняорієнтованих технологіях. Інформаційна технологія автоматизованого виявлення та ідентифікації стаціонарних об'єктів безпілотними літальними апаратами може стати елементом інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень на застосування БПЛА (колективів БПЛА) для пошуку як елементів стаціонарних, так і динамічних об'єктів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат; інформаційна технологія; розпізнавання та ідентифікація; планування маршруту; стаціонарний об'єкт; система підтримки прийняття рішення.

Информационная технология автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов беспилотными летательными аппаратами

А. А. Бережной, А. В. Тристан, О. Ю. Лавров

Аннотация. Предметом изучения в статье является процесс разработки информационной технологии автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов беспилотными летательными аппаратами. **Целью исследования** является разработка основных положений информационной технологии автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов беспилотными летательными аппаратами. **Задачи:** построение структурной схемы подготовительного этапа информационной технологии автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов; построение структурной схемы основного, дополнительного и заключительного этапов информационной технологии автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов. Методологической основой исследования стали общенаучные и специальные **методы** научного познания. Одним из наиболее эффективных подходов для обнаружения и идентификации объектов является подход, который базируется на использовании методов глубокого обучения. На основе методов распознавания изображений предложена новая модель движения. Используются методы распознавания образов с использованием нейронных сетей. Получены такие **результаты**. Разработанная информационная технология реализуется в четыре этапа: подготовительный, основной, дополнительный и заключительный. Каждый этап состоит из отдельных процедур, направленных на сбор, обработку, хранение и передачу информации в процессе полета БПЛА. **Выводы.** Информационная технология автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов беспилотными летательными аппаратами базируется на знаниеориентированном представлении этапов обработки изображений объектов на цифровых аэрофотоснимках на борту беспилотного летательного аппарата. Это позволяет обеспечить интеллектуальную обработку данных в режиме времени, приближенного к реальному, изменять маршруты полета БПЛА в зависимости от выявленных объектов для повышения эффективности решения задач поиска. Дальнейшее развитие этой информационной технологии состоит в разработке автоматизированных методов планирования маршрутов движения БПЛА, автоматической смены параметров маршрута в процессе полета (выполнении полетного задания), которое основывается на знаниеориентированных технологиях. Информационная технология автоматизированного обнаружения и идентификации стационарных объектов беспилотными летательными аппаратами может стать элементом интеллектуальной системы поддержки принятия решений для использования БПЛА (коллективов БПЛА) для поиска как стационарных, так и динамических объектов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; информационная технология; распознавание и идентификация; планирование маршрута; стационарный объект; система поддержки принятия решений.