

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

УДК 004.932.72'1

*О. М. Гусак*

*(ПВНЗ «Буковинський університет», м. Чернівці, Україна)*

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

У зв'язку з загостренням регіональних і глобальних екологічних проблем виникла необхідність інформаційного забезпечення сучасних екологічних програм, зокрема тих, в яких основна увага приділяється ранньому оперативному виявленню осередків лісових пожеж.

Основною проблемою прийняття рішень на основі даних космічних та аерофотознімків є те, що часто неможливо безпомилково виокремити джерело запалювання, визначити масштаб пожежі, оцінити площу вигорілих ділянок. Це пов'язано з присутністю шумів і завад, обумовлених складними умовами отримання та недосконалістю систем передачі фото- та відеоінформації.

Одним з можливих рішень вказаної проблеми може стати технологія, заснована на використанні можливостей сучасних безпілотних літальних апаратів та мобільних пристроїв зв'язку. На квадрокоптери покладаються завдання повітряної розвідки осередків лісових пожеж та перевірки стану теплових аномалій визначених заздалегідь під час планового обстеження лісу. Камери квадрокоптера знімають відео, яке надходить на вхід інформаційної системи. Результат обробки відображається на екрані мобільного пристрою. Достовірність інформації забезпечується оптимальною комбінацією методів обробки цифрових відеозображень.

**Ключові слова:** протипожежний моніторинг, осередки лісових пожеж, квадрокоптер, методи обробки цифрових зображень, підвищення достовірності інформації.

*О. М. Husak*

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR EARLY DETECTION OF FOREST FIRES

Due to exacerbation of the regional and global environmental problems there emerged the necessity of the information support of modern environmental programs, in particular those which focus on the early detection of forest fire. The topicality of the research in this area is stipulated by the fact that despite the efforts of the world's scientists-pyrologists, forest fires are one of the most influential factors of negative environmental impact and continue to cause enormous damage. Hence, creating new information technology of early detection of forest fire epicenters and improving the efficiency of existing one is quite topical.

The purpose of the study: the creation of information technology for early detection of forest fires based on the use of the capabilities of modern unmanned aerial vehicles and mobile communication devices.

**Key words:** fire monitoring, forest fire outbreaks, quadcopter, methods of digital image processing, improving the accuracy of the information.

**Постановка проблеми.** Проблема виникнення лісових пожеж в останні роки привертає до себе особливу увагу в контексті зменшення площ лісів світу, втрати біорізноманіття, змін у землекористуванні. Лісові пожежі справляють комплексний негативний вплив на екосистеми та громади, що живуть навколо лісів. Їх наслідки є нищівним як для біоти, так і для атмосфери, гідросфери, літосфери. Економічні збитки від лісових пожежі обчислюються мільярдами доларів. Тому сьогодні нагальним питанням на міжнародних переговорах з проблем зміни клімату разом з домовленостями країн щодо обмежень техногенних викидів парникових газів в атмосферу, розглядається питання боротьби з лісовими пожежами [1].

Лісовій пожежі легше запобігти, ніж її ліквідувати, оскільки вогонь у лісі розповсюджується стихійно з великою швидкістю. Так, при швидкості поширення вогню по фронту 3 м/хв., при сприятливих умовах зовнішнього середовища площа лісової пожежі через 2 години після виникнення може зрости в 10 разів, а периметр – у 1,2 раза [4].

Відсутність надійних універсальних засобів розвідки епіцентрів лісових пожеж, а також систем автоматизованої обробки оперативної інформації для вироблення стратегії і тактики боротьби з вогнем, призводять до того, що пожежі часто виявляють із запізненням, внаслідок чого вони часто виходять з-під контролю і розростаються у широкомасштабні екологічні катастрофи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанню пожежної охорони лісів сьогодні приділяється велика увага. Для виявлення і гасіння лісових пожеж в усьому світі залучаються величезні ресурси, використовуються найсучасніші технології – починаючи від супутникового моніторингу і закінчуючи найсучаснішими системами відеоспостереження з елементами комп'ютерного зору [7].

Значний внесок у розробку інформаційних систем протипожежного моніторингу внесли вчені та інженери: Bouabdellah K., Noureddine H., Larbi S., Chuvieco, G. Brogi, L. Pietranera, F. Frau, T. Behnke, Уткін А, Lavrov А. та ін. Серед українських вчених, які провели дослідження з виявлення осередків лісових та інших ландшафтних пожеж можна виділити Покровського Р., Комяка В., Стародуба Ю., Урсуляка П., Шевчука В., Богомолова В. та ін. Проте, незважаючи на усі зусилля інженерів та вчених-пірологів з організації протипожежної безпеки, науково-технічна задача захисту лісів від пожеж в усьому світі до кінця не вирішена.

Діюча система моніторингу лісового господарства України та наявні інформаційні технології не задовольняють повною мірою потреби фахівців за оперативністю виявлення, коректністю та надійністю роботи. Це пов'язано з складною імовірнісною природою реальних зображень епіцентрів лісових пожеж, складністю та великою затратністю їх виявлення та аналізу відносно різного роду шумів та спотворень. Переважна кількість існуючих систем детектування пожеж призначена для ведення локального спостереження і орієнтована на виявлення джерела пожежі за шлейфом диму або за зміною температур. Такі системи використовують стаціонарні датчики, розміщені на висотних спорудах, працездатність яких залежить від пори року, погодних умов (зокрема, швидкості вітру на робочій висоті) [3,4]. До недоліків таких систем можна віднести також високу технологічність, оскільки для передачі інформації в таких системах необхідне додаткове кабельне обладнання та підсилювачі.

Перспективними є системи, засновані на використанні датчиків вимірювання концентрації диму за допомогою яких можна фіксувати наявність димового шлейфу від лісової пожежі [9]. Рівень задимленості можна зчитувати за допомогою супутника або безпілотного літального апарату, що значно підвищує оперативність виявлення задимлених ділянок лісу. Однак встановлення датчиків, що містять мікроконтролер, систему бездротової передачі даних, датчик перевищення температури, а також оптичну систему для вимірювання концентрації, пов'язане з високою технологічною складністю таких систем та значними витратами на їх експлуатацію.

Існує досвід застосування неохолоджувальних та охолоджувальних тепловізійних систем для розвідки осередків лісових пожеж. Розробками таких систем займаються французька компанія Sagem Defense Securite [12], німецька Jenoptik AG [13], американська FLIR Systems [14] та інші. Перевагою охолоджувальних систем, в яких сенсор охолоджується приблизно до 100 К, є те, що вони забезпечують набагато кращу чіткість отриманого зображення, порівняно з неохолоджувальними системами, оскільки сенсор може визначати найменші зміни в температурі аж до 0,1°C навіть на відстані до 300 метрів. Але охолоджувальні системи мають певний недолік – вони більш крихкі порівняно з неохолоджувальними аналогами. Крім того, їм необхідний або газовий балон, або двигун/насос Стірлінга для охолодження сенсора, що додає значного логістичного навантаження. До загальних для обох видів тепловізійних систем недоліків слід віднести недосконалість тепловізійного обладнання, оскільки на його роботу значний вплив справляє стороннє інфрачервоне випромінювання від нагрітих сонцем розташованих в зоні огляду об'єктів, яке здатне спотворювати інформацію про наявність незначного осередку пожежі. Густих туман також може вплинути на роботу інфрачервоних датчиків, оскільки краплі води перешкоджають проникненню інфрачервоного випромінювання.

Ці традиційні підходи не орієнтовані на оперативне визначення саме епіцентрів лісових пожеж. Вони ефективні у тих випадках, коли присутні явні ознаки лісової пожежі – високе полум'я, шлейф диму, вигорілі ділянки.

Новим і перспективним методом детектування лісових пожеж, який здатен доповнити описані вище, є використання безпілотних літальних апаратів (квадрокоптерів) Цей метод здобув високу оцінку зарубіжних та вітчизняних спеціалістів [5], [11] завдяки високій оперативності (за швидкості 56 кілометрів за годину за двадцять хвилин польоту квадрокоптер здатен охопити площу 1200 гектарів, виявляючи шлейф диму від лісової пожежі, багаття, вигорілі ділянки лісу), мобільності, високій контрольованості, стабільності, економічності, що в природно-географічних, метеорологічних та економічних умовах України виявляється оптимальним. Відеообладнання встановлене на борту безпілотного літального апарата, що рухається зі швидкістю до 72 км/год., здатне фіксувати події та передавати їх в режимі реального часу, а інфрачервоне обладнання здатне проникати навіть крізь дим. Однак через наявність нагрітих сонцем ділянок, вітру, шумів та завад у вигляді гілок дерев, листової підстилки часто виникають помилки в виявленні шуканої інформації, що знижує її достовірність.

**Мета роботи:** розробка інформаційної технології розширення інформаційно-технологічних можливостей безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для забезпечення достовірності та оперативності інформації в системах протипожежного захисту лісів.

**Виклад основного матеріалу.** Доповнити існуючі системи виявлення осередків лісових пожеж здатна запропонована в дослідженні інформаційна система раннього дистанційного виявлення лісових пожеж завдяки розширенню інформаційно-технічних можливостей сучасних безпілотних літальних апаратів в задачах виявлення осередків пожежі.

Технічні характеристики сучасних безпілотних літальних апаратів дають змогу використовувати квадрокоптери, що виконують спеціальні завдання – картографічну зйомку, інспекцію полів, іригаційних споруд тощо для співпраці з лісопожежними службами. Ми пропонуємо застосовувати їх для сумісного вирішення задач пошуку осередків займання та оцінки вигорілих ділянок лісу. Користувачі квадрокоптерів: як офіційні установи, організації, та індивідуальні оператори, можуть взяти участь у спеціальній програмі співробітництва, підібній до програми «Місцеві експерти» від Google Maps».

В рамках цієї програми, під час планових польотів, квадрокоптери паралельно виконують додаткову функцію – оповіщення про небезпеку займання лісу. Розроблена нами інформаційна технологія раннього виявлення осередків займання дає змогу у випадку потрапляння в кадр небезпечної ділянки оперативно подати сигнал у відповідні служби. Для перевірки та уточнення цієї інформації можуть бути залучені інші мультикоптери, що виконують політ в радіусі доступності.

Розширення інформаційно-функціональних можливостей безпілотних літальних апаратів, що здійснюють моніторинг в фоновому режимі, дає змогу вдосконалити інформаційну систему раннього оперативного виявлення осередків лісових пожеж. Залучення мультипроцесорної та мультимашинної архітектури до складу інформаційної технології раннього оперативного виявлення осередків лісових пожеж надає можливість без використання додаткового обладнання, завдяки розподілу ресурсів (працюють лише відеокамери, що входять до базової комплектації) здійснювати якісний протипожежний моніторинг лісів.

Досягнення мети роботи передбачає розв'язання таких задач:

1. Здійснити аналіз відомих підходів, сучасних інформаційних систем та технологій протипожежного моніторингу лісового господарства, розробити принципи організації дослідження
2. Розробити структуру інформаційної системи виявлення епіцентрів лісових пожеж та визначити її місце в комплексній системі протипожежного моніторингу лісу.
3. Розробити набір та встановити оптимальну комбінацію методів обробки цифрових зображень, отриманих за допомогою відеообладнання, встановленого на борту безпілотних літальних апаратів.

4. Розробити інформаційну технологію обробки цифрових зображень, отриманих за допомогою відеобладнання, встановленого на борту безпілотних літальних апаратів, що дасть можливість забезпечити достовірність інформації про наявність епіцентрів лісових пожеж.

5. В рамках розробленої технології удосконалити метод обробки відеоінформації, що враховує специфіку пошуку епіцентрів лісових пожеж та можливості безпілотних літальних апаратів.

6. Розробити програмні засоби обробки цифрової інформації, отриманої засобами безпілотних літальних апаратів, провести експерименти з визначення адекватності технології та верифікацію отриманих результатів

Для отримання вхідної інформації використовуються безпілотні літальні апарати, обладнані сучасними відеосистемами, що входять до їх базової комплектації, технічні характеристики яких дають змогу використовувати їх для протипожежного патрулювання лісів.

Вхідними даними (інформаційним ресурсом) для інформаційної системи є цифрові зображення, отримані з борту безпілотного літального апарата в режимі on-line. Ці зображення містять інформацію про епіцентри лісових пожеж, яку важко виокремити на фоні гілок та листової підстилки і тому епіцентри пожеж залишаються непоміченими, а інформація про їх відсутність – недостовірною.

Вхідні дані зазнають поетапної обробки у такій послідовності:

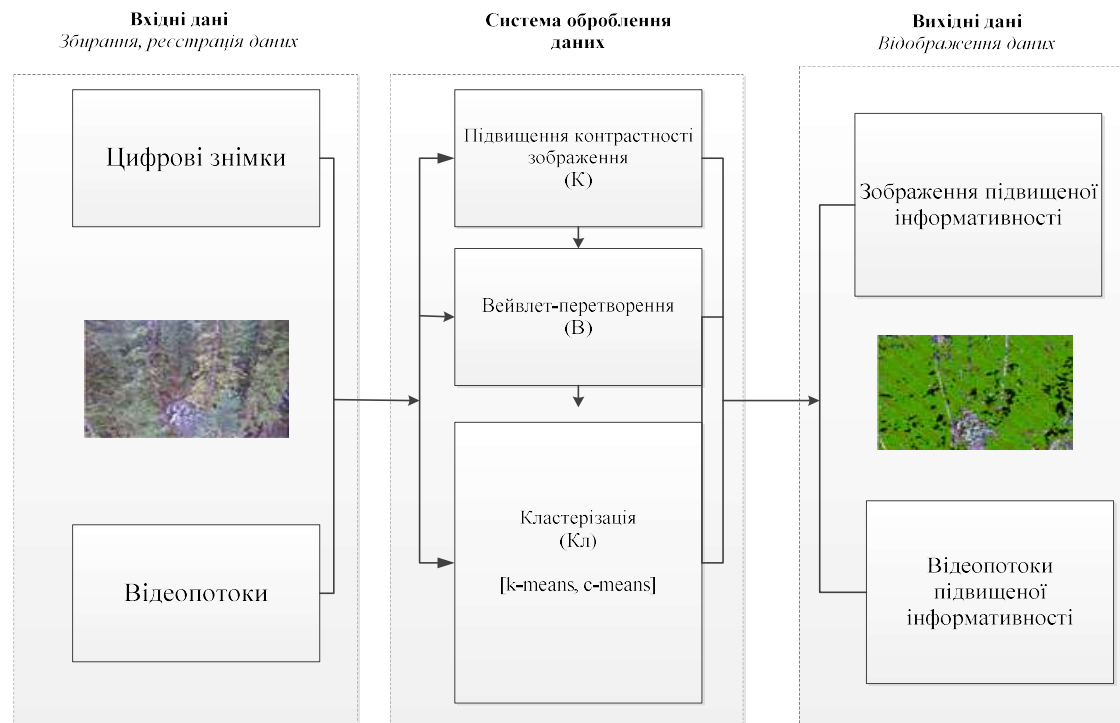
1. Попередня обробка зображень (підвищення контрастності методом вирівнювання гістограм, вейвлет-перетворення) [2, 10].

2. Кластеризація зображень, що зазнали попередньої обробки [6, 14].

В результаті на виході системи на екрані мобільних пристроїв отримуємо результат обробки (інформаційний продукт) – зображення підвищеної інформативності.

Структурна схема інформаційної системи підвищення достовірності цифрових зображень епіцентрів лісових пожеж наведена на рис. 1.

Камери квадрокоптера знімають відео, яке надходить на вхід інформаційної системи. Результат обробки відображається на екрані планшета або мобільного пристрою.



**Р**

**исунок 1** – Структурна схема інформаційної системи підвищення достовірності цифрових зображень епіцентрів лісових пожеж

При виявленні епіцентру пожежі сигнал надходить до диспетчерського пункту лісництва, де мобілізуються наявні в цьому лісництві сили боротьби з лісовою пожежею. Скорочення часу реагування відбувається завдяки вчасному виявленню епіцентру пожежі, що дає змогу не витратити час на залучення додаткових засобів пожежної охорони з районного або обласного центру.

Інтеграція інформаційної системи в сучасну комплексну систему протипожежного моніторингу лісу підвищить достовірність інформації про наявність епіцентрів пожежі, що дає змогу скоротити час та витрати на локалізацію та гасіння.

**Висновки.** Інформаційна система раннього виявлення епіцентрів лісових пожеж дає можливість:

- автоматизувати процес обробки аерофотозображень та відеопотоків даних, отриманих з бортів сучасних безпілотних літальних апаратів, що дають змогу створити мобільні автоматизовані робочі місця фахівців з можливістю миттєвого оповіщення про пожежну небезпеку (з доступом через внутрішні мережі та мережі загального користування);
- підвищити ефективність протипожежного моніторингу лісових насаджень шляхом використання сучасних безпілотних літальних апаратів, обробки та виведення інформації в on-line режимі;
- розширити інформаційно-функціональні можливості сучасних безпілотних літальних апаратів.

Перспективним напрямом подальших розвідок є створення систем підтримки прийняття рішень для оцінки поточної оперативної пожежної обстановки, прогнозування пожежної небезпеки, проведення робіт з класифікації лісів за ступенем пожежонебезпеки, розрахунку оптимізації часових, фінансових і технічних витрат для організації робіт з гасіння та ліквідації наслідків лісових пожеж, що забезпечить екологічну стійкість лісових господарств.

#### Список літератури:

1. Бутко І. М. Визначення джерел лісових пожеж за супутниковими знімками / І. М. Бутко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.3. – С.80-81.
2. Воробель Р. А. Покращання візуальної якості зображень з використанням функції простягання гистограми / Воробель Р. А., Журавель І. М. // Збірник наукових праць. – Львів, 2000. – Автоматика –2000. – Т. 1. – С. 109–115.
3. Герц Э. Ф., Санников С. П., Соловьев В. М. Использование радиочастотных устройств для мониторинга экологической ситуации в лесах // Всероссийский научный аграрный журнал. «Аграрный вестник Урала». — Екатеринбург : АВУ, № 1 (93), 2012. – С. 37—39. 2.
4. Грицюк Ю. І. Структурні компоненти задачі оптимального управління процесом боротьби з лісовими пожежами / Ю. І. Грицюк, І. О. Малець, Т. Є. Рак // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип.8.–С.171-174.[Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Nplanu/2010\\_8/171\\_Gry.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2010_8/171_Gry.pdf)
5. Денисов С. А., Домрачев А. А., Елсуков А. С. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. : Лес. Экология. Природопользование. – 2016.– №4 (32). – С. 34.
6. Дьяконов В. П. Matlab. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / Дьяконов В.П.. – СПб: Питер. – 608 с.
7. Космічна система "Січ-2": завдання та напрями використання. – К. : Вид-во ДКАУ, 2011. – 48 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.dniproskosmos.dp.ua/docs/SICH2\\_broshura\\_28.03.2011.pdf](http://www.dniproskosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf).
8. Сайт компанії Global Observatory. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest\\_fires\\_moscowmerfr\\_2010729\\_43977.jpg](http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest_fires_moscowmerfr_2010729_43977.jpg).
9. Серебренников М. Ю., Санников С. П. Возможности и перспективы использования RFID- технологии в таксационных исследованиях управления лесами // Научное творчество молодежи — лесному комплексу России. Материалы VII всероссийской науч.-техн. конф. Ч. 1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С. 58—60.

10. Фисенко В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
11. Пожарная служба Манчестера использует дроны с инфракрасной камерой [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://29y.ru/main/22073-pozharnaya-sluzhba-manchestera-ispolzuet-dronov-s-infrakrasnoy-kameroy.html>.
12. Electronics & Defense. Safidsec\_corporate\_nutshell\_en\_low [Электронный ресурс] / Electronics & Defense. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.morpho.com/>.
13. Flir Systems [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.flir.eu/home>.
14. Gonzalez, R. Digital Image Processing / R. Gonzalez, R. Woods., 2008. – 977 с.
15. Jenoptik [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.jenoptik.com>.

#### References:

1. Butko, I. M., identification of sources of forest fires from satellite imagery / I. M. Butko // Scientific Herald NLTU Ukraine. – 2012. – Vol. 22.3.-Pp. 80-81.
2. Worobel G. A. Improvement of the visual quality of the images using the histogram stretch / Worobel G. A., Crane, I. M. // Collection of scientific works. / Worobel G. A., Crane, I. M. – Lviv, 2000. – (Collection of scientific works.). – (Automatic -2000; V. 1). – P. 109-115.
3. Hertz E. F., Sannikov S. P., Soloviev V. M. the Use of radio frequency devices for monitoring the ecological situation in the forests // Russian journal of agricultural research. "Agrarian Bulletin of the Urals". — Ekaterinburg: AVU, No. 1 (93), 2012, Pp. 37-39. 2.
4. Gritsyuk, Yu. I. Structural components of the optimal process control of forest fires / Yu. I. Gritsyuk, I. O. Malets, T. Ye. Rak // Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine : ZB. Sciences. works. – Lviv : RVV NLTU Ukraine. – 2010. – Vol.8.–P. 171-174.[Electronic resource]. – Available with [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Nplanu/2010\\_8/171\\_Gry.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2010_8/171_Gry.pdf)
5. Denisov S. A., Domrachev A. A., Yelsukov A. S. the Experience of using quadcopter to monitor the renewal of wood//Bulletin of the Volga state technological University. Ser.:Forest. Ecology. The use of natural resources. 2016. No. 4 (32). P. 34.
6. VP Dyakonov Matlab. Processing signals and images. Special directory / deacons V. P.. – St. Petersburg: Peter. – 608 p
7. Space system "Sich-2": challenges and directions for use. – K. : publishing house of the state space Agency of Ukraine, 2011. – 48 p. [Electronic resource]. – Available with [http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2\\_broshura\\_28.03.2011.pdf](http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf).
8. The website of the company Global Observatory. [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest\\_fires\\_moscowmerfr\\_2010729\\_43977.jpg](http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest_fires_moscowmerfr_2010729_43977.jpg).
9. Serebrennikov N. Yu., Sannikov S. P. Opportunities and prospects of using RFID technology in taxonomic studies of forest management // Scientific creativity of the youth of the forestry complex of Russia. Proceedings of the VII all-Russian scientific.-tech. Conf. Part 1. Ekaterinburg: PLTA, 2011. P. 58-60.
10. Fisenko V. T. Computer processing and image recognition: proc. textbook / V. T. Fisenko and T. Yu. Fisenko. – St. Petersburg: SPbSU ITMO, 2008. – 192 p.
11. Fire service Manchester uses drones with infrared camera [Electronic resource] – access Mode to a resource: <http://29y.ru/main/22073-pozharnaya-sluzhba-manchestera-ispolzuet-dronov-s-infrakrasnoy-kameroy.html>.
12. Electronics & Defense. Safidsec\_corporate\_nutshell\_en\_low [Electronic resource] / Electronics & Defense. – 2017. – Access mode to a resource: <https://www.morpho.com/>.
13. Flir Systems [Electronic resource]. – 2017. – Access mode to a resource: <http://www.flir.eu/home>.
14. Gonzalez, R. Digital Image Processing / R. Gonzalez, R. Woods., 2008. – 977 с.
15. Jenoptik [Electronic resource] – access Mode to a resource: <https://www.jenoptik.com>.

