

УДК 621.39

DOI: 10.18372/2310-5461.39.13084

В. В. Бараннік, д-р техн. наук, проф.
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
orcid.org/0000-0002-2848-4524
e-mail: vvbar.off@gmail.com

Д. С. Гаврилов, аспірант
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0002-3344-7808
e-mail: havrylov_d@ukr.net

В. С. Фустій
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
orcid.org/0000-0003-4763-533X

В. В. Бараннік
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-3516-5553
e-mail: valera462000@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СЕЛЕКТИВНОЇ ОБРОБКИ АЕРОФОТОЗНІМКУ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІТАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Вступ

Значна популяризація безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у комерційних та відомчих установах останніми роками призвела до значного поширення їх функціональних задач. Тенденція змін покладених на БПЛА задач вказує на неможливість одного літального апарату виконувати завдання в повному обсязі. Отже, пропонується використовувати сенсорні мережі в рамках концепції Інтернету Речей (англ. *Internet of Things*, IoT), а саме літаючу сенсорну мережу, яка побудована на новітніх технологіях бездротового зв'язку 3G, 4G й перспективної технології 5G. При цьому, літальна мережа з використанням БПЛА має бути побудована за принципом міжмашинної комутації (англ. *Machine to Machine*, M2M), що в свою чергу призведе до збільшення об'ємів даних, що передаються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існуючі методи обробки цифрових аерофото-знімків (JPEG, JPEG2000) показали, що найбільш

важливою є інформація про контури, границі об'єктів [3–4]. З метою забезпечення оперативності та конфіденційності переданих даних використовують селективні методи обробки зображень, які на сьогодні мають показники близькі до допустимих. Отже, можна зробити висновок, що подальший розвиток літальних сенсорних мереж призведе до неможливості виконувати наявними селективними методами покладені на них завдання.

Метою статті є розробка технології багаторівневої селективної обробки аерофото-знімків з урахуванням рівня насиченості важливою інформацією для літальних сенсорних мереж в умовах перспективного збільшення об'ємів даних, що передаються.

Виклад основного матеріалу

Дослідження сфер застосування БПЛА показало, що для відомчих структур основним завданням є моніторинг об'єктів критичної інфраструктури (рис. 1).



Рис. 1. Задачі аеромоніторингу

Під об'єктами критичної інфраструктури (ОКІ) розуміють підприємства та установи таких галузей — як енергетика, промисловість, транспорт, банки та фінанси, інформаційні технології та телекомунікації (електронні комунікації), продовольство, охорона здоров'я, комунальне господарство, яке є стратегічно важливим для функціонування економіки, безпеки держави, суспільства та населення.

При цьому, добуті дані можуть містити конфіденційну інформацію, яка при потраплянні до несанкціонованого користувача призведе до представлених в таблиці негативних наслідків.

Виходячи з даних міркувань необхідним є застосування алгоритмів криптографічного захисту, що допоможе зберегти інформацію від зловмисників.

Можливі наслідки в результаті несанкціонованого доступу до інформації

Задачі аеромоніторингу	Час $T_{\text{акт}}$ актуальності інформації (активна фаза)	Відеоінформаційний ресурс містить відомості про	Володіння даними несанкціонованим користувачем призведе до
Пошук та порятунок в кризових обставинах	До 24 год	Місцезнаходження об'єкту інтересу	Заволодіння противником об'єкту інтересу
Контроль та ліквідація наслідків аварії на АЕС	До 24 год	Масштаб трагедії	Соціальні хвилювання (паніка, бастування тощо)
Стихійні лиха	До 24 год		
Моніторинг об'єктів під час соціальних конфліктів	До 24 год	Місцезнаходження та дії сторін конфлікту	Збільшення інтенсивності соціального конфлікту
Оцінка стану власних сил системи безпеки	До 24 год	Місцезнаходження, склад, озброєння, слабкі та сильні місця власних сил (військ)	Фізичне знищення об'єктів критичної інфраструктури
Контроль завантаженості автомагістралі	До 12 год	Рівень завантаженості автомагістралі	Розуміння маршруту руху перших осіб держави чи організації з подальшим їх фізичним знищенням

Варто відмітити, що ОКІ, як правило, займають значну територію. Тож, для постійного контролю в перспективі планується використовувати літальну сенсорну мережу (рис. 2). Нова стратегія використання БПЛА в «командній» роботі створює апаратно-програмну задачу підтримувати не лише багатоканальний зв'язок, а й підтримувати режим ретрансляції сигналу. Отже, БПЛА планується використовувати як комутатори (ретранслятори), що значно підвищить робочий радіус використання БПЛА. Наприклад, як видно з рис. 2, потужності передатчика БПЛА Л1 не вистачає для передачі даних на пункт дистанційного управління (ПДУ), але за допомогою

БПЛА Л4, в якості ретранслятора, БПЛА Л1 має змогу передати добути інформацію на ПДУ. Важливо відмітити, що при даній системі приймання-передавання даних зберігається можливість управління будь-яким БПЛА оператором з ПДУ. Слід відзначити, що використання БПЛА в якості ретранслятора (комутатора) значно підвищить об'єм даних (X), що передаються, особливо на кінцевих вузлах перед приймальною антеною ПДУ (рис. 3).

Тож, актуальною науково-прикладною задачею є відшукування технологій зменшення об'ємів даних, що передаються, з збереженням необхідного рівня захисту інформації.

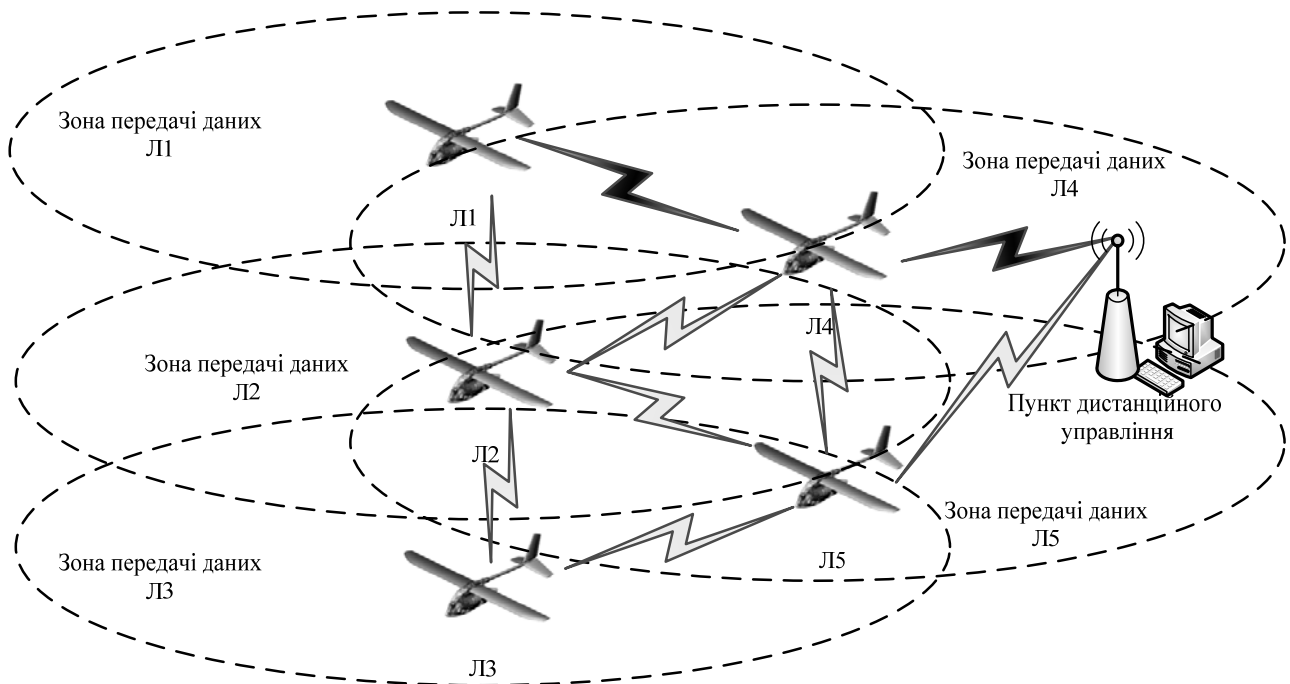


Рис. 2. Схема літальної сенсорної мережі

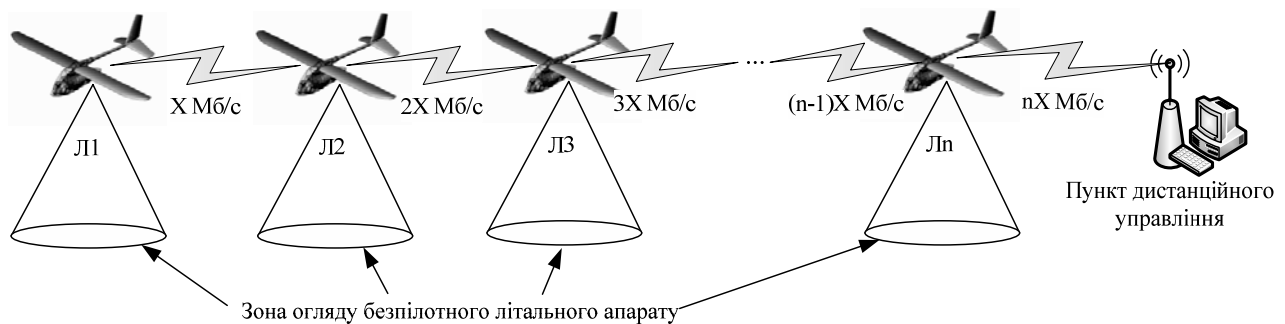


Рис. 3. Схема збільшення об'єму даних, що передаються в літальній сенсорній системі

Дослідження показали, що навіть використання технології 4G не дозволить повною мірою задовольнити потребу в оперативній доставці даних при передачі через останній мобільний вузол інформації з 4-х БПЛА. Тож, для підвищення оперативності передачі даних пропонується використовувати багаторівневий селективний метод обробки даних [5].

Більш детально представлений на рис. 4, де $A_y(v, u)$, $A_{cr}(v, u)$ та $A_{cb}(v, u)$ — складові з яскравості, червона та синя хроматична складова відповідно; $A_y(v, u)^+$ та $A_y(v, u)^-$ — складові з яскравості, які мітять та не містять ключову інформацію відповідно; $D(v, u)$ — трансформанта після дискретного косинусного перетворення

(dct); $HF(D, v, u)$ та $LF(D, v, u)$ — високочастотні та низькочастотні компоненти трансформанти відповідно; $S(v, u)$ — лінеаризована трансформанта; $E_{(v,u)}^\psi$ — закодоване зображення ψ -м методом; E_{jreg}^{cgrp} — зображення, оброблене селективним методом на основі JPEG-платформи.

Для підтвердження ефективності розробленого багаторівневого селективного методу обробки аерофотознімків проводиться дослідження у порівнянні з відомими селективними методами за критерієм оперативності для слабонасиченого (рис. 5), середньонасиченого (рис. 6) та сильнонасиченого (рис. 7) кадру.

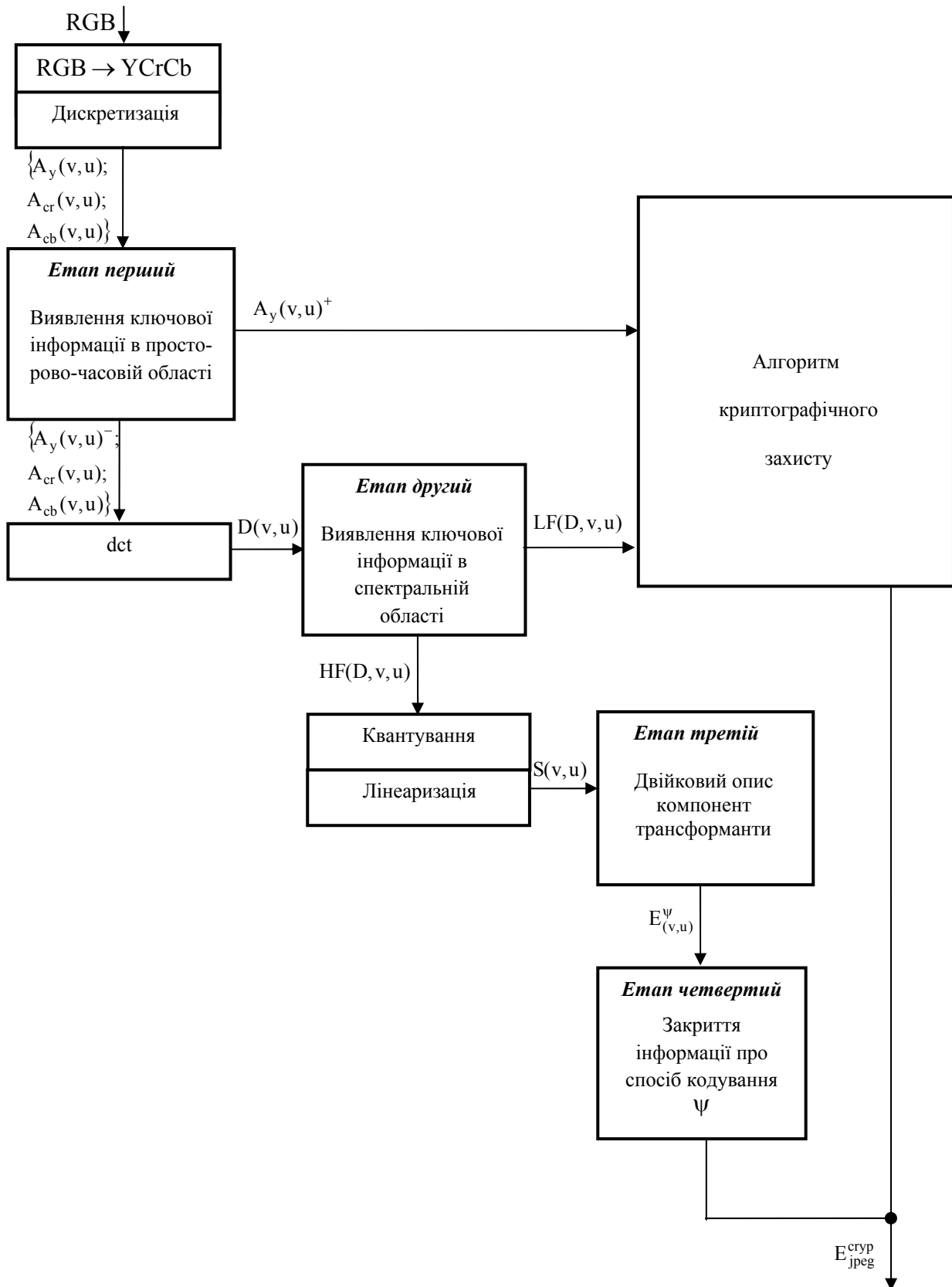


Рис. 4. Блок-схема багаторівневої селективної обробки на основі JPEG-платформи

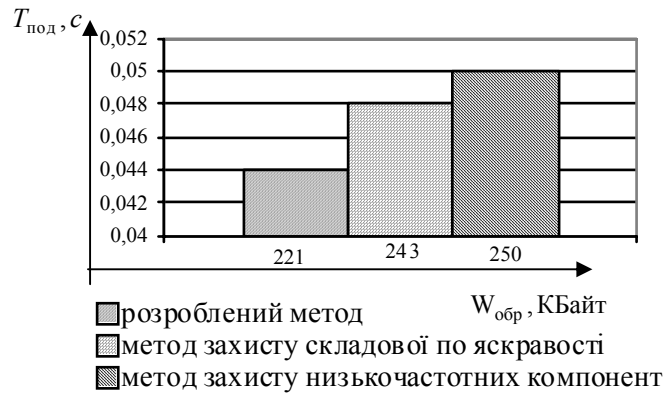


Рис. 5. Діаграма дослідження методів селективної обробки даних за критерієм оперативності доведення даних для слабонасиченого кадру



Рис. 6. Діаграма дослідження методів селективної обробки даних за критерієм оперативності доведення даних для середньонасиченого кадру



Рис. 7. Діаграма дослідження методів селективної обробки даних за критерієм оперативності доведення даних для сильнонасиченого кадру

Під оперативністю розуміється властивість інформації певного об'єму ($W_{обр}$) проходити процес обробки та передачі за час $T_{под}$, менший ніж час який вимагається системою. У досліді використовувався канал з пропускнуною спроможністю комплекту супутникового зв'язку єдиної відомчої телекомунікаційної мережі $\alpha = 5$ Мбіт/с.

Проведене дослідження вказало, що для слабонасиченого та середньонасиченого кадру спо-

стерігається підвищення оперативності доведення даних на 820 та 109 % відповідно по відношенню до ближнього конкуренту. У разі обробки сильнонасиченого кадру спостерігається незначне покращення оперативності передачі даних.

Висновки

Розглянуто перспективну стратегію використання безпілотних літальних апаратів, яка полягає у застосуванні технології літальних сенсорних мереж з підтримкою технології 3G, 4G та

перспективної технології 5G, що значно підвищить об'єм даних, що передаються по каналах зв'язку з пропускною спроможністю комплексу супутникового зв'язку єдиної відомчої телекомунікаційної мережі $\alpha = 5$ Мбіт/с.

Наукова новизна

Для забезпечення оперативності та конфіденційності даних, що передаються, пропонується використовувати багаторівневий селективний метод обробки даних, який полягає у виявленні та захисті ключових компонентів на декількох етапах обробки даних.

Проведено дослідження ефективності використання розробленого методу у порівнянні з існуючими методами, яке вказало, що для слабонасиченого та середньо-насиченого кадру спостерігається підвищення оперативності доведення даних на 820 та 109 % відповідно, по відношенню до ближнього конкуренту.

Подальший напрямок роботи полягає у відшуванні шляхів підвищення оперативності передачі даних сильно насичених кадрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник А. С. Інформаційні системи та мережі. Вісник / М. М. Голобородько НУ «Львівська політехніка». — № 673. — Львів, 2010. — С. 365-374.
2. Гонсалес Р. С., Вудс Р. Э. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Э. Вудс. — М.: Техносфера, 2006. — 1072 с.
3. Гаврилов Д. С. Метод забезпечення безпеки відеоінформаційного ресурсу на основі багаторівневої селективної обробки в телекомунікаційних / Д. С. Гаврилов, О. Г. Оксіюк, П. М. Гуржій, Б. О. Демідов // Наука і техніка. — № 26, 2017. — С. 46-48.

4. Баранник В. В. Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография / В. В. Баранник, Д. В. Баранник, А. Э. Бекиров. — Х.: Издательство «Лидер», 2017. — 256 с.

5. Yudin O., Frolov O., Ziubina R. Quantitative quality indicators of the invariant spatial method of compressing video data // Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015 Second International Scientific-Practical Conference. — IEEE, 2015. — P. 227-229, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357320 (eng).

6. Miano J. Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM / John Miano, 1999. — 264 p.

7. Barannik V., Ryabukha Yu., Barannik D., Podlesny S. The Information Integrity Enhance in Telecommunication Systems with the Binomial Coding // Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2017 4th International Scientific-Practical Conference. — IEEE, 2017. — P. 547-550, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246459 (eng).

8. Barannik V., Podlesny S., Tarasenko D., Barannik D., Kulitsa O. The video stream encoding method in infocommunication systems // on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2018 14th International Conference. — IEEE, 2018. — P. 538-541, doi: 10.1109/TCSET.2018.8336259 (eng).

9. Barannik V., Ryabukha Yu., Tverdokhlib V., Dodukh A., Suprun O., Tarasenko D. Integration the non-equilibrium position encoding into the compression technology of the transformed images // East-West Design & Test Symposium (EWDTS). — IEEE, 2017. — P. 1-4. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110030.

10. Barannik V., Alimpiev A., Bekirov A., Barannik D., Barannik N. Detections of sustainable areas for steganographic embedding // East-West Design & Test Symposium (EWDTS). — IEEE, 2017. — P. 555-558. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110028.

Бараннік В. В., Гаврилов Д. С., Фустій В. С., Бараннік В. В. ТЕХНОЛОГІЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СЕЛЕКТИВНОЇ ОБРОБКИ АЕРОФОТОЗНІМКУ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІТАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

У статті розглянуто питання, пов'язані зі збільшення об'ємів даних, що передаються за рахунок розвитку технологій безпілотних літальних апаратів та збільшення обсягів використання їх у комерційній та відомчій сфері. Пропонується метод багаторівневої селективної обробки даних, який дозволить зберігати оперативність доведення даних в умовах підвищення інтенсивності потоку даних з заданим рівнем конфіденційності. Проводиться дослідження ефективності використання розробленого багаторівневого селективного методу обробки даних у порівнянні з відомими селективними методами за критерієм оперативності для кадрів різної насиченості.

Ключові слова: літальна сенсорна мережа, об'єкти критичної інфраструктури, селективна обробка, оперативність, конфіденційність, значущі компоненти.

Barannik V. V., Havrylov D. S., Fustii V. S., Barannik V. V.

TECHNOLOGIES OF MULTILEVEL SELECTIVE PROCESSING OF AERIAL PHOTOGRAPHS FOR PERSPECTIVE FLYING SENSOR NETWORKS

The article deals with issues related to the increase in the volume of transmitted data, as a result of the development unmanned aerial vehicle technologies, and increasing their use in commercial and departmental areas. A method of multilevel selective data processing is proposed that will allow to maintain the efficiency transmission data in conditions of increasing the intensity of the data flow with a given confidentiality level. The research of the effectiveness used the developed multilevel selective data processing method in comparison with the known selective methods for the efficiency criterion for frames of different saturation is carried out.

Keywords: fly sensor network, critical infrastructure objects, selective processing, efficiency, confidentiality, meaningful components.

Баранник В. В., Гаврилов Д. С., Фустий В. С., Баранник В. В.

ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ОБРАБОТКИ АЭРОФОТОСНИМКА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с увеличением объемов передаваемых данных за счет развития технологий беспилотных летательных аппаратов и увеличения объемов использования в коммерческой и ведомственной сфере. Предлагается метод многоуровневой селективной обработки данных, который позволит сохранять оперативность доведения данных в условиях повышения интенсивности потока данных с заданным уровнем конфиденциальности. Проводится исследование эффективности использования разработанного многоуровневого селективного метода обработки данных по сравнению с известными селективными методами по критерию оперативности для кадров различной насыщенности.

Ключевые слова: летательная сенсорная сеть, объекты критической инфраструктуры, селективная обработка, оперативность, конфиденциальность, значимые компоненты.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2018 р.

Прийнято до друку 26.09.2018 р.

Рецензент – д-р техн. наук, проф. Конахович Г. Ф.