

УДК 621.39

DOI: 10.18372/2310-5461.36.12224

А. О. Красноруцький, докторант

Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. М. Кожедуба

orcid.org/0000-0001-9098-360X

e-mail: Krasnorutsky.a@ukr.net

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ЗНИЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ СЕГМЕНТІВ АЕРОФОТОЗНІМКУ, ЯКІ НЕСУТЬ ІНФОРМАЦІЮ ПРО ЛАНДШАФТ

Вступ

Успіх дій системи управління в кризових ситуаціях залежить від оперативності і правильності прийняття рішення, а отже, буде визначатися своєчасністю, повнотою і достовірністю отримання поточної інформації про обстановку. Розвиток інформаційних технологій дозволяє інтегрувати в систему своєчасного попередження та ліквідації кризових ситуацій дистанційні бортові засоби. Це надає можливість надання інформаційної відеопослідовності у вигляді аерофотознімку або потоку відеокадрів для її аналізу та дешифрування. Але динаміка дії кризових ситуацій накладає на системи управління додаткові вимоги щодо підвищення як оперативності доставки аерофотознімків так і їх достовірності. Тут існує дисбаланс між достовірністю отриманого аерофотознімка та оперативністю його доставки. Тобто існує можливість забезпечити необхідний рівень оперативності доставки аерофотознімків, але з сумнівною достовірністю інформації і навпаки: забезпечивши необхідний рівень якості аерофотознімків, втрачається його оперативність доставки, що веде до старіння інформації і ставить її під сумнів. Це пов'язано з особливістю цифрового аерофотознімку і особливістю сучасних технологій обробки зображень в системі надання відеопослуг, зокрема виконання етапу зниження інформаційної інтенсивності відеопотоку. Це є суттю науково-прикладної проблеми яка полягає у зменшенні інформаційної інтенсивності відеопотоку без втрати оперативності і достовірності отриманого зображення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз застосування існуючих технологій зниження інформаційної інтенсивності аерофотознімку показує, що доведення відеоданих у режимі реального часу по радіоканалу з борту літального апарату без руйнування семантичної складової знаходяться в недостатньому опрацюванні. Це пов'язано з класичним підходом усунення статистичної та структурної надлишковості, яка присутня на зображенні [1–5]. Існуючі методи зниження інформаційної

надмірності зображення не викривають семантичну інформацію, а отже, і не спрямовані на її збереження, що ускладнює процес дешифрування аерофотознімку [6–9]. У працях [10–11] показано, що не всі ділянки аерофотознімку потрібні для дешифрування і саме вони складають інформативну надлишковість отриманого зображення та ускладнюють процес його дешифрування. У працях [12–13] запропоновано принципово новий підхід надання аерофотознімку з борта літального апарату, який забезпечить зростання ефективності опису ключових об'єктів дешифрування аерофотознімку з збереженням їх інформативної складової і роздільної здатності, що, своєю чергою, зменшує часові витрати на ідентифікацію об'єктів, які мають зацікавленість під час управління кризовою ситуацією. Такий підхід заснований на технології дешифрованого кодування, який має два рівня бортової обробки аерофотознімку: семантичний і синтаксичний. Робота семантичного рівня спрямована на виявлення дешифрованої інформативності та усунення дешифрованої надмірності у сегментах аерофотознімку, тобто спрямований на максимальне збереження ключової інформації до дешифрування всього аерофотознімку [14–15].

Мета статті (постановка завдання). Обґрунтування перспективного підходу зниження інформативної інтенсивності сегментів, які несуть інформацію про ландшафт.

Виклад основного матеріалу

1. Напрямок зниження інформаційної надмірності аерофотознімку

Одним з напрямків зниження інформаційної надмірності аерофотознімку, отриманого з борта безпілотного авіаційного апарату, є виділення значущих і не значущих семантичних областей зображення. Отримані під час аерофотознімання зображення, як правило являють собою однорідні ділянки земної поверхні — ландшафти. Під ландшафтом тут розуміють однорідну ділянку суші, у межах якої природні елементи (гірські породи, рельєф, рослинність, ґрунт, вода) складають одну єдність [16].

Ландшафт, на локальному рівні, містить більш дрібні геосистеми: місцевості, урочища, підурочища, фації. Отже, сам ландшафт внутрішньо неоднорідний.

Місцевість найбільша морфологічна частина ландшафту. За структурою вона складається з особливого варіанту, характерного для конкретного розглянутого ландшафту, який полягає в поєднанні урочищ. У морфології ландшафту місцевість займає більш високий ранг порівняно з урочищем, які виступають як більш дрібні ділянки (болото, схил річкової долини, окремих яр, вершину гори та ін.). Як морфологічна одиниця, місцевість являє собою закономірно повторюва-

ний набір одного з варіантів основних урочищ. В урочищах розрізняють фації (пагорб, дно яру, лісова галявина) з більш однорідними природними умовами. Просторове об'єднання місцевостей, урочищ а також фацій і визначає структуру ландшафту на аерофотоознімку. Звідси випливає, що різноманітність його морфологічних частин не означає неупорядкованості цього розмаїття. Навпаки, набір фацій, урочищ і місцевостей кожного конкретного ландшафту, розташовані в певному порядку, закономірному і специфічному. Тому поняття «однорідність» ландшафту діалектично поєднується з поданням про його різноманітність (рис. 1).

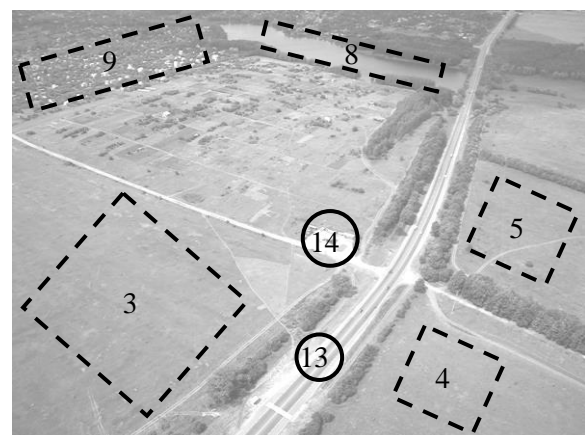
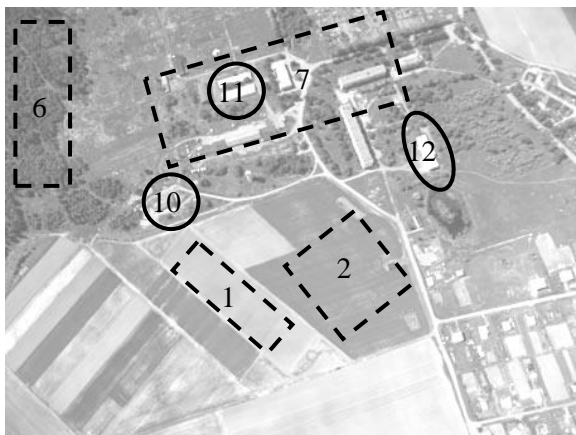


Рис. 1. Різноманітності ландшафту:

1, 2, 3, 4, 5 — відповідає сільськогосподарському ландшафту; 6, 7, 8, 9 — відповідає лісгосподарському, промислового, водогосподарському та ландшафту поселень;
10, 11, 12, 13, 14 — об'єкти місцевості, які необхідно ідентифікувати

З погляду цифрової обробки аерофотоознімок, області ландшафту характеризуються невеликими значеннями $\{\psi\}$ динамічного діапазону елементів уявлення сегментів $\{z_{i,j}\}$ вихідного зображення (значення сусідніх елементів матриці сегментів зображення будуть відрізнятися незначно), що задається умовою:

$$\begin{aligned} \psi_i &\leq l \text{ і } \psi_i = z_{i,\max} - z_{i,\min}; \\ \psi_j &\leq l \text{ і } \psi_j = z_{j,\max} - z_{j,\min}, \end{aligned} \quad (1)$$

де ψ_i та ψ_j — величина динамічного діапазону (відповідно рядки і стовпці сегменту зображення), що несе інформацію про ландшафти; l — значення порога приналежності сегменту зображення до ландшафтної області.

З точки зору семантичної насиченості, ландшафтні області є незначними. Для розробки методу ефективного синтаксичного представлення аерофотоознімку на борту БПЛА пропонується використовувати особливості сегментів зображення, які несуть інформацію про ландшафти.

Одним з напрямків зниження інформаційної інтенсивності сегментів вихідного зображення (усунення надмірності сегментів несуть інформацію про ландшафти) зі збереженням його семантичної цілісності, є використання підходів заснованих на локалізації структурно-комбінаторної надмірності [5]. Однак такі підходи зниження інформаційної інтенсивності мають ряд недоліків.

Так, з одного боку, здійснюється усунення структурно-комбінаторної надмірності, зумовленої обмеженням у динамічному діапазоні, з другого — цей підхід потребує великих обсягів двійкових розрядів, що витрачаються на уявлення службових даних (значень динамічних діапазонів елементів сегментів просторового представлення зображення).

Для розглянутого методу [6] ступінь зменшення інформаційної інтенсивності k_c сегментів зображення оцінюється з урахуванням цифрових обсягів на представлення кодограм D_k і на представлення службових даних $D_{сл}$:

$$k_c = \frac{D}{D_k + D_{сл}}, \quad (2)$$

де D — обсяг цифрового надання сегменту вихідного зображення:

$$D_{сл} = m \times n \times b, \quad (3)$$

де m, n — кількість строк і стовпців у сегменті відповідно; b — кількість розрядів на представлення одного елемента; $D_{сл}$ — обсяг двійкових розрядів на представлення службових даних, який залежить від розмірності сегменту і обчислюється виразом:

$$D_{сл} = (m + n) \times b. \quad (4)$$

З аналізу виразу (2) видно, що зі збільшенням обсягу службових даних відбувається зниження ступеня зменшення інформаційної інтенсивності.

2. Напрямок зниження питомих витрат службових даних в кодограми сегмента зображення

Розглянемо один з можливих напрямків зменшення впливу обсягу службових даних на величину ступеня зменшення інформаційної інтенсивності.

Даний підхід передбачає збільшення розмірів сегменту. Тепер проаналізуємо вплив збільшення розміру сегмента зображення на ступінь зменшення інформаційної інтенсивності. Дійсно, поділивши чисельник і знаменник співвідношення (2), отримаємо вираз для визначення ступеня зменшення інформаційної інтенсивності:

$$k_c = \frac{b}{D_k / (m \times n) + (m + n)b / (m \times n)}. \quad (5)$$

Для прикладу розглянемо два сегменти $Z^{(1)}$ і $Z^{(2)}$ з розмірами $n^{(1)} \times m^{(1)}$ та $n^{(2)} \times m^{(2)}$ відповідно, причому $n^{(1)} \times m^{(1)} < n^{(2)} \times m^{(2)}$ (рис. 2).

Із аналізу знаменника виразу (5), для елементів якого буде відповідати єдина система основ, випливає, що при збільшенні розмірності сегмента, витрати кількості розрядів службової частини кодограми, ті що припадають на один елемент сегмента, зменшуються, а ступінь зменшення інформаційної інтенсивності k_c сегментів зображення відповідно збільшується:

$$\frac{D_{сл}^{(1)}}{D_k^{(1)}} < \frac{D_{сл}^{(2)}}{D_k^{(2)}}. \quad (6)$$

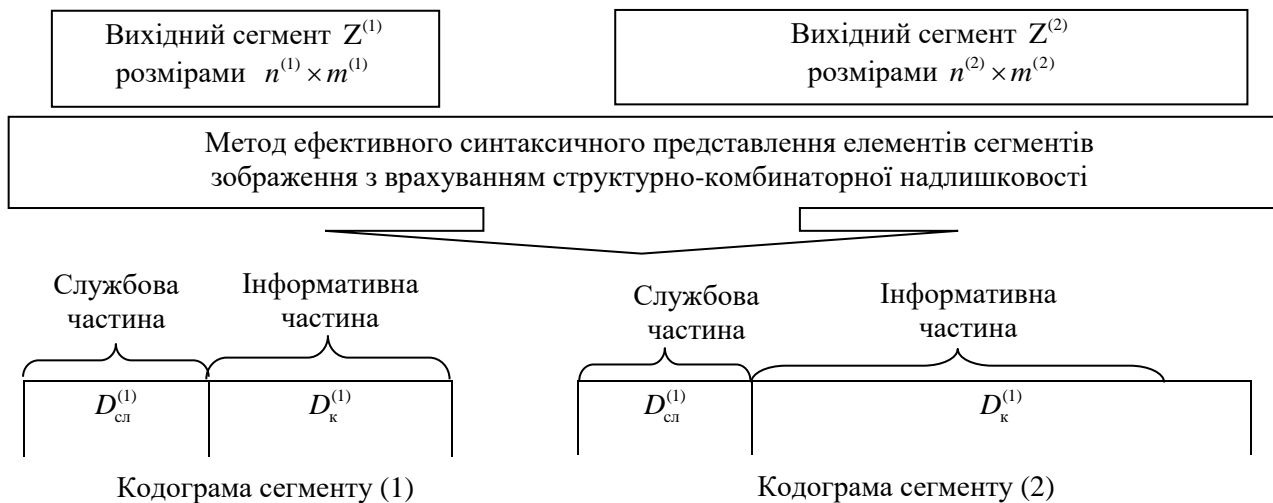


Рис. 2. Особливості методу ефективного синтаксичного представлення елементів сегментів зображення з врахуванням структурно-комбінаторної надмірності

Тут $D_{сл}^{(1)}, D_k^{(1)}$ — обсяги на представлення службових даних та кодограми сегменту $Z^{(1)}$ з розмірами $n^{(1)} \times m^{(1)}$; $D_{сл}^{(2)}, D_k^{(2)}$ — обсяги на представлення службових даних та кодограми сегменту $Z^{(2)}$ з розмірами $n^{(2)} \times m^{(2)}$

Результати розрахунку питомих витрат $\Delta_{сл}$ службових даних на один елемент представлення сегменту зображення для $n=4; 8; 128$ та $m=128$ показано в таблиці.

Питоми витрати службових даних на один елемент

n	4	8	128
$\Delta_{сл}$	0,257	0,132	0,015

Можна зробити висновок, що зростання розміру сегменту веде до зниження питомих витрат службових даних одночасно з обмеженням ступеня зменшення інформаційної інтенсивності.

Також для даного підходу характерні такі обмеження:

1) збільшення цифрового обсягу проміжних даних. Цей недолік є наслідком необхідності зберігання громіздких сегментів зображень, що несуть інформацію про ландшафти;

2) побудова ефективного синтаксичного представлення необхідно здійснювати за два проходи. Перший прохід виконується для формування єдиної системи основ, а другий — для обчислення коду;

3) зниження ступеня інформаційної інтенсивності пов'язано зі збільшенням динамічного діапазону елементів у сегментах зображення.

Напрямок удосконалення методів усунення інформативної надлишковості в сегментах, які несуть інформацію про ландшафти представлено на рис. 3.

Наслідком наведених недоліків є, як необхідність збільшення обсягу жорсткий диск, так і підвищення часу на обробку сегментів аерофотознімку.



Рис. 3. Напрямок удосконалення методів усунення інформативної надлишковості в сегментах, які несуть інформацію про ландшафт

Для усунення виявлених недоліків під час розробки методу формування ефективного синтаксичного представлення сегментів, які несуть інформацію про ландшафтах, необхідне виконання таких умов:

1) підвищення ступеня усунення інформаційної інтенсивності за рахунок зниження питомих витрат на подання службових даних;

2) зменшення обсягу проміжних даних обчислювального процесу і, як наслідок, зниження необхідних обчислювальних ресурсів;

3) зниження часу на обробку сегментів аерофотознімку, шляхом побудови кодограми сегмента за один прохід.

Висновки

1. Одним з напрямків зниження інформаційної надмірності аерофотознімку, отриманого з борта безпілотного авіаційного апарата, є виділення значущих і незначущих семантичних областей зображення.

2. Зростання обсягу сегменту веде до зниження питомих витрат службових даних одночасно з обмеженням ступеня зменшення інформаційної інтенсивності.

3. Обґрунтовано умови для розробки методу формування ефективного синтаксичного представлення сегментів, які несуть інформацію про ландшафти.

Перспективи подальших досліджень

Установлений напрям, своєю чергою, спонукає на створення науково-прикладного напрямку дослідження: зменшення часових витрат на обробку зображення з урахуванням комбінаторно-структурних особливостей зображення з метою збереження семантичної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Adams M. D.** The JPEG-2000 Still Image Compression 1 N 2412, Sept. 2001.
2. **Yudin O. K.** et al. A Method for Determining Informative Components on the Basis of Construction of a Sequence of Decision Rules // *Cybernetics and Systems Analysis*. — 2016. — Т. 52. — № 2. — С. 323. doi: 10.1007/s10559-016-9830-5.
3. **Алімпієв А. М., Баранник В. В., Белікова Т. В., Сідченко С. О.** Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам у сучасній гібридній війні // *Системи обробки інформації*. — Харьков : ХНУПС, 2017. № 4(150). — С. 113–121.
4. **Barannik V. V., Ryabukha Yu. N., Podlesny S. A.** Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams. *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 2017. № 76 (7). — P. 607.
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. — С. 227–229. doi:10.1109/INFOCOMMST.2015.7357320.
6. **Barannik V., Lytvinenko M., Okladnoy D., Suprun O.** Description of the OFDM symbol with the help of mathematical laws. Analysis of technologies that were used in this case. 2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017, Proceedings, Lviv, 2017. — P. 183. doi: 10.1109/AIACT.2017.8020095.
7. **Barannik V., Podlesny S., Krasnorutskiy A., Musienko A. and Himenko V.** The ensuring the integrity of information streams under the cyberattacks action, 2016 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Yerevan, 2016. — P. 1–5. doi: 10.1109/EWDTS.2016.7807752.

Красноруцький А. О.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ЗНИЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ СЕГМЕНТІВ АЕРОФОТОЗНІМКІВ, ЯКІ НЕСУТЬ ІНФОРМАЦІЮ ПРО ЛАНДШАФТ

Проведено обґрунтування проблеми забезпечення зниження інформаційної надмірності аерофотознімку, отриманого з борта безпілотної авіаційної апаратури, з збереженням семантичної інформації. Проведено аналіз існуючих технологій зниження інформаційної надмірності аерофотознімку. Обґрунтовано, що одним з

8. **Гонсанс Р., Вудс Р.** Цифровая обработка изображений; пер. с англ. — М. : Техносфера, 2005. — 1072 с.

9. **Barannik V. V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhlebov V. V., Barannik D. V.** Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. 2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017, Proceedings, Lviv, 2017. — P. 188. doi: 10.1109/AIACT.2017.8020096.

10. **Barannik V., Podlesny S., Yalivets K. and Bekirov A.** The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword, 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Lviv, 2016. — P. 52–54. doi: 10.1109/TCSET.2016.7451965.

11. **Barannik V., Hahanova I., Kulbakova N.** Dynamic coding of transforms of the images in two level polyadic space Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science – International Conference, TCSET 2008; Lviv-Slavsko; Ukraine; 19 February 2008, 23 February 2008. — P. 320–325.

12. **Баранник В. В., Хаханов В. И.** Сжатие видеоданных на основе кодирования трансформант // *Радиоэлектроника и информатика*. — Вып. 1, 2007. — С. 17–21.

13. **Barannik V., Krasnorutskiy A., Ryabukha Yu. N., Okladnoy D. E.** Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016, Lviv, 2016. — P. 736.

14. **Мусієнко А. П.** Технология декодирования блоков аэрофотоснимка на основе восстановления компонент трансформант / А. П. Мусієнко // *Інформаційно-управляючі системи на ЖД транспорті*. — 2016. — № 5. — С. 58–62.

15. **Подлесный С. А.** Технология обеспечения целостности двоичного информационного ресурса на основе структурно-энтропийного слотирования / С. А. Подлесный // *Радиоэлектроника и информатика*. — 2016. — № 3. — С. 13–20.

16. **Красноруцкий А. А.** Проблемные аспекты дистанционного видеосервиса в условиях кризисной ситуации // *Радиоэлектроника и информатика*. — Х. : ХНУРЕ, 2017. №1 (76). С. 61–66.

напрямоків зниження інформаційної інтенсивності сегментів вихідного зображення зі збереженням його семантичної цілісності, є використання підходів заснованих на локалізації структурно-комбінаторної надлишковості. Запропоновано напрямок удосконалення методів усунення інформативної надлишковості в сегментах, які несуть інформацію про ландшафт шляхом виділення значущих і незначущих семантичних областей зображення. Визначено науково-прикладний напрямок дослідження: зменшення часових витрат на обробку зображення з урахуванням структурно-комбінаторних особливостей сегментів аерофотознімку, що несуть інформацію про ландшафт та шляхи збереження семантичної інформативності таких сегментів. Обґрунтовано умови для розробки методу формування ефективного синтаксичного представлення сегментів, які несуть інформацію про ландшафт.

Ключові слова: аерофотознімок; ландшафт; інформаційна інтенсивність; структурно-комбінаторна надлишковість; кодограма.

Красноруцкий А. А.

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К СНИЖЕНИЮ ИНФОРМАТИВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СЕГМЕНТОВ АЭРОФОТОСНИМКА, КОТОРЫЕ НЕСУТ ИНФОРМАЦИЮ О ЛАНДШАФТЕ

В статье проведено обоснование проблемы обеспечения снижения информационной избыточности аэрофотоснимка, полученного с борта беспилотного авиационного аппарата, с сохранением семантической информации. Проведено анализ существующих технологий снижения информационной избыточности аэрофотоснимка. Обосновано, что одним из направлений снижения информационной интенсивности сегментов исходного изображения с сохранением его семантической целостности, является использование подходов основанных на локализации структурно-комбинаторной избыточности. Предложено направление совершенствования методов устранения информативной избыточности в сегментах, которые несут информацию о ландшафте путем выделения значимых и не значимых семантических областей изображения. Определены научно-прикладное направление исследования: уменьшение временных затрат на обработку изображения с учетом структурно-комбинаторных особенностей сегментов аэрофотоснимка несущие информацию о ландшафте и пути сохранения семантической информативности таких сегментов. Обоснованы условия для разработки метода формирования эффективного синтаксического представления сегментов, которые несут информацию о ландшафте.

Ключевые слова: аэрофотоснимок; ландшафт; информационная интенсивность; структурно-комбинаторная избыточность; кодограмма.

Krasnorutsky A.

JUSTIFICATION APPROACH TO REDUCING THE INTENSITY OF THE AERIAL PHOTOGRAPH INFORMATIVE SEGMENTS THAT CARRY INFORMATION ABOUT THE LANDSCAPE

In the article the problem of providing justification for reducing information redundancy aerial photos obtained from the board of unmanned aircraft systems, preserving semantic information. The analysis of existing technologies reduces information redundancy aerial photograph. It is proved that one of the ways to reduce the intensity information of the source image segments with semantic preserving its integrity is the use of approaches based on combinatorial localization structurally redundancy. It suggested the direction of improving the methods of elimination of redundancy in the informative segments that carry information about the landscape through the provision of relevant and meaningful semantic areas of the image. Identified scientific and applied research direction: reducing the time required for image processing, taking into account the structural and combinatorial features an aerial photo of segments carrying information about the landscape and the conservation of the semantic information content of such segments. Justified conditions to develop a method of forming an effective syntactic representation segments, which carry information about the landscape.

Keywords: aerial photograph; landscape; intensity information; structural and combinatorial redundancy; overhead.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2017 р.

Прийнято до друку 29.11.2017 р.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. Бараннік В. В.