

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ, ЇХ ОБРОБКИ ТА ОЦІНКИ ШУМУ

Abstract. In this paper we are talking about aerospace images, methods of their obtaining and applications. Specifics of typical distortions (including noise) for this type of images are highlighted. The existing noise estimation methods are analyzed - in general and in the context of aerospace images.

Вступ

В наш час бурхливий розвиток аерокосмічної галузі з одного боку, а також комп'ютерингу та цифрової обробки зображень з іншого, створили передумови для спрощення моніторингу, оцінки стану земної поверхні, розпізнавання бажаних об'єктів, тощо. Серед сфер застосування аерокосмічних зображень - моніторинг стану довкілля і землекористування, вивчення рослинних угруповань місцевості, оцінка врожаїв, оцінка стану забруднення ґрунтів та водойм, оцінка наслідків стихійних лих.

В той же час аерокосмічні зображення типово є вразливими до спотворень, спричинених несприятливими умовами навколишнього середовища, технічними обмеженнями та несправностями. В цих умовах успіх операцій обробки зображень залежатиме від стійкості обраних методів до відповідного типу спотворень. Проведення попереднього виявлення та оцінка типу і ступеня спотворення дає змогу якнайкраще підібрати метод обробки зображень та вибрати його параметри.

Аерокосмічні зображення, сфера їх застосування та методи отримання

Серед поширених способів отримання аерокосмічних зображень - проведення оптичного дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), отримання зображень з використанням безпілотних літальних апаратів (дронів). Для космічної та аерозйомки застосовують багатоспектральну фото-, теле- і сканерну апаратуру [1]. До систем ДЗЗ відносяться наприклад MODIS / EOS AM-1 Terra, Envisat, WorldView-1, 2, 3, RapidEye та ін [2]. Спектральні канали можуть лежати як у видимих, так і в невидимих (ультрафіолетових та інфрачервоних) ділянках спектра. Число таких каналів може досягати 5-10 і більше. При візуалізації таких зображень отримують аеро- або космічне зображення в умовних кольорах.

Існує низка засобів програмного забезпечення, призначеного для обробки аерокосмічних даних, отриманих методом ДЗЗ. Серед них ERDAS IMAGINE, PCI Geomatica TNTmips (MicroImages), IDRISI (Clark Labs),

eCognition (Trimble), RemoteView (Overwatch Textron Systems), Dragon/ips. Щодо програм open-source програмного забезпечення Opticks, Orfeo toolbox, Sentinel Application Platform (SNAP) від Європейського космічного агентства та інші. Інші засоби - такі як GRASS GIS, ILWIS, QGIS, TerraLook є також геоінформаційними системами. В освітніх цілях можна використати також такі засоби як QGIS, Google Earth, StoryMaps, LeoWorks чи [BLIF](#).

Особливості зображень, отриманих методом ДЗЗ

Дані зондування приходять як правило у вигляді цифрових зображень [1]. Растрові зображення земної поверхні і хмар при дистанційному зондуванні Землі з космосу, як правило, виглядають як сукупність плям неправильної, довільної форми, що мають різну яскравість і колір. Для математичного опису таких зображень і створення їх моделей, а також для опису шуму і перешкод на зображенні, застосовується апарат двовимірних випадкових полів. Для попередньої обробки даних дистанційного зондування використовуються такі методи як геометрична корекція зображень, радіометрична та атмосферна корекція, тощо. Отримані зображення часто є малокоонтрасними, тож часто застосовують збільшення контрастності зображень.

За геометричною формою та розподілом яскравості зображення отримані при ДЗЗ сильно відрізняються між собою внаслідок різних випромінювальних характеристик об'єкту в окремих спектральних діапазонах. Зображення, які фіксуються у широкому спектральному діапазоні інтенсивності опромінення – панхромні зображення – мають суттєво вище просторове розрізнення, ніж зображення, отримані у вузьких спектральних інтервалах, сукупність яких утворює багатоспектральні зображення (БЗ). З іншого боку, останні містять спектральну інформацію, яка відсутня у панхромних знімків. Таким чином якість отриманих первинних зображень часто не відповідає потребам кінцевих користувачів. Якщо спотворюючим фактором для зображення є шум, то використовуються перш за все фільтри, що з різним успіхом усувають різні типи шумів. При виборі типу фільтра при цьому повинні враховуватись обмеження пов'язані з обчислювальною складністю та апаратними характеристиками пристрою.

Серед найбільших недоліків методу ДЗЗ є вплив хмарності (існують і радіолокаційні методи аерокосмічних досліджень, які є практично нечутливими до даного фактору і мають свої сфери застосування - моніторинг льодового покриву, рельєфу місцевості, тощо). При отриманні зображень із штучних супутників Землі, мають місце також спотворення, пов'язані з кривизною Землі - супутник рухається ніби над поверхнею циліндра [1].

Методи оцінки шуму для аерокосмічних зображень

Вибір параметрів того чи іншого типу фільтра значною мірою залежать від типу та рівня шуму [3]. Відповідно дуже важливим завданням постає

визначення типу та рівня шуму для отриманих зображень, адже не завжди їх можна знати заздалегідь. Оцінювати рівень шуму можна на базі одного та багатьох зображень. Для цього існують різні методи.

Для прикладу підхід до вимірювання рівня шуму, описаний у [4] оцінює функцію рівня шуму з єдиного зображення, встановлюється залежність дисперсії шуму від інтенсивності зображення. Даний підхід передбачає поділ зображень на невеликі квадратні ділянки і визначення того, чи є вони однорідними (гомогенними). При цьому використовують коефіцієнт кореляції рангу Кендала, що дає можливість уникнути залежності коефіцієнта невизначення від невідомого розподілу (типу) шуму за умови просторової некорельованості. При визначенні регіонів однорідності функція рівня шуму оцінюється як поліном другого порядку, що мінімізує помилку статистики для цих регіонів. Авторами зазначається, що при виконанні експериментів із застосуванням даного методу для великих наборів вхідних даних, відносна похибка при визначенні рівня шуму була в межах 10%. На рисунку 1 наведено приклад визначення рівня шуму для зображення земної поверхні із присутніми об'єктами - літаками великого та малого розміру.

Аналогічним чином можна визначати функції рівня шуму для шумів інших типів та значень PSNR для зображень.

Також можна пробувати визначити тип та рівень шуму з гістаграми яскравості зображення. У [3] акцентують на оцінюванні рівні шуму для одного окремого зображення (це передбачає формулювання припущень відносно цього зображення) і пропонують для цього зокрема кусково-гладку функцію попередньої моделі зображень та функцію відгуку камер із зарядовим зв'язком (CCD). Йдеться про застосування функції згладження для кожного регіону зображення і оцінку рівня шуму як залишку. При цьому шум для зображень, отриманих з камери, є насправді комбінацією шумів, отриманих на різних етапах утворення зображення. Такий шум розглядається як функція. Часто в літературі щодо усунення шуму припускають наявність адитивного білого Гаусіанівського шуму та використовують метод оцінки на базі середнього абсолютного відхилення. У [5] автори запропонували кілька методів оцінки рівня шуму на основі навчальних зразків і статистики природних зображень.

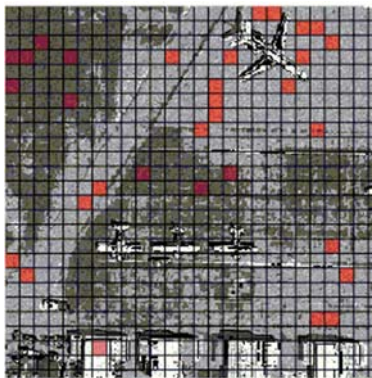
З метою підвищення інформативності первинних сканерних зображень часто використовується синергетичне злиття фотограметричних даних, що походять з кількох каналів з метою одержання в одному графічному об'єкті високих показників геометричного та спектрального розрізень. Колірні спотворення, що отримуються внаслідок такого злиття, можна усунути з допомогою так-званих вейвлет-перетворень. В [2] було встановлено, що з-поміж різних моделей представлення кольорових зображень при застосуванні таких перетворень найбільш ефективною є HSV. Для досягнення високої ефективності усунення шумів фільтрація повинна здійснюватись в блоках із застосуванням ортогональних перетворень, які добре декорелюють дані із використанням алгоритмів з відносно невеликою обчислювальною

складністю [6] - для прикладу перетворення (вейвлет) Хаара. Таке перетворення використовується зокрема у фільтрі BM3D. У [7] йдеться про оцінку рівня шуму на основі кількох зображень.

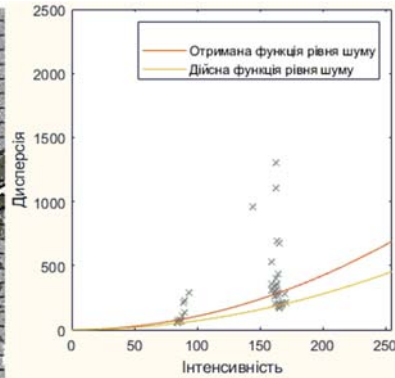


а)

б)



в)



г)

Рис.1 Застосування методу оцінки функції шуму, що базується на визначенні ділянок однорідності: а) початкове зображення з датасету DOTA, б) зашумлене Гаусівським шумом зображення (PSNR=26,6), в) визначення регіонів однорідності, г) отримана та дійсна функція рівня шуму

Існує технологія вимірювання рівня адитивного некорельованого шуму для космічних зображень земної поверхні на базі математичних співвідношень щодо залежності автокореляційної функції зображень від дисперсії адитивного шуму [8]. Адитивними є зокрема електронний шум відеодатчика, шум тракту передачі сигналу и шум квантування. Вимірювання

рівня шуму на базі вихідного зображення є ефективним для вимірювання високих рівнів шумів, а вимірювання на базі різницевого зображення - для низьких рівнів шумів.

З іншого боку якщо говорити про визначення функції погіршення якості зображення, можна виділити 3 основні підходи: спостереження, експеримент та математичне моделювання [9]. При цьому процес відновлення оригінального зображення з використанням визначеної функції спотворення називається сліпою розгорткою. Відновлення оригінального зображення методом спостереження передбачає відновлення окремих фрагментів зображення такого ж розміру як їх спотворений варіант. Експериментальний метод передбачає наявність такого ж обладнання як і те, з допомогою якого було отримане спотворене. Моделі, що використовуються при математичному моделюванні часто враховують навіть умови навколишнього середовища, що спричиняє спотворення.

Висновки

Наведено особливості та основні сфери застосування аерокосмічних зображень. Доведено актуальність задачі визначення типу та рівня шумів для зображень, зокрема аерокосмічних. Проаналізовано ряд підходів до цієї задачі. Проведено зашумлення зображення та визначення рівня шуму одним із зазначених методів.

1. *Кашкин В. Б.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Версия 1.0 [Електронний ресурс] / В. Б. Кашкин, А. И. Сухинин // ИПК СФУ. – 2008. – Режим доступу: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u_course.pdf.
2. *Каштан В. Ю.* Комп'ютерно-графічні технології вейвлет-обробки фотографічних сканерних зображень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / Каштан Віта Юріївна – Дніпро, 2016. – 24 с.
3. Noise Estimation from a Single Image [Електронний ресурс] / C.Liu, W. Freeman, R. Szeliski, S. Kang // 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06). – 2006. – Режим доступу до ресурсу: http://people.csail.mit.edu/billf/publications/Noise_Estimation_Single_Image.pdf.
4. Sutour C. Estimation of the noise level function based on a non-parametric detection of homogeneous image regions [Електронний ресурс] / C. Sutour, C. Deledalle, J. Aujol // SIAM Journal on Imaging Sciences, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2015 №8(4). – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://pdfs.semanticscholar.org/1976/7f38908e3cce460fbc413a32321a86deed1.pdf>.
5. *A. Stefano, P. White, and W. Collis.* Training methods for image noise level estimation on wavelet components. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 16:2400–2407, 2004.
6. *Stefano A.* Training Methods for Image Noise Level Estimation on Wavelet Components [Електронний ресурс] / A. De Stefano, P. R. White, W. B. Collis // EURASIP journal on advances in signal processing - 2004(16) December 2004. – 2004. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/26532314_Training_Methods_for_Image_Noise_Level_Estimation_on_Wavelet_Components/download.

7. *Кривенко С. С.* Фильтрация изображений с использованием преобразования Хаара в блоках / С. С. Кривенко, Е. О. Колганова, В. В. Лукин. // Системи обробки інформації. – 2013. – №8. – С. 63–69.
8. *Healey G.* Radiometric CCD camera calibration and noise estimation / G. Healey, R. Kondepudy. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1994. – №16(3). – С. 267–276.
9. *Еремеев В. В.* Статистическая оценка степени зашумленности космических изображений земной поверхности [Электронный ресурс] / В. В. Еремеев, В. А. Зенин, П. А. Князьков // Вестник РГРТУ № 2 (выпуск 24). – 2008. – Режим доступа до ресурсу: http://www.rsreu.ru/en/component/docman/doc_download/545-3-7.
10. *Gonzalez, R. C., Woods, R. E.* (2002). Digital image processing, (2nd ed.). Upper Saddle River, N.-J.: Prentice Hall. 793 p.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3610669>

Поступила 5.08.2019р.

УДК 004.942

В.Р. Вергун, аспірант, кафедра АСУ, ІКНІ, НУ “Львівська політехніка”,
І.М. Дронюк, к.ф.м.н., кафедра АСУ, ІКНІ, НУ “Львівська політехніка”,

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РАНЖУВАННЯ СЛУХАЧІВ ОНЛАЙН-КУРСІВ З ПРОГРАМУВАННЯ

Abstract. The article describes the mathematical models for ranking students of online IT courses. The four types of factors are investigated. Nonacademic factors are taking into account. For constructing criteria, Boolean functions are used. Criteria of success studying are extended to the studying of a group of students. On the base of mathematical model, the information technology is constructed. The schemes of information technology and construction are presented. Creating information technology prognoses the successes of online IT course students studying. The result of the application is time and others resources for accompaniment of studying minimizing.

Анотація. У статті розроблено математичну модель ранжування слухачів онлайн-курсів з програмування. Досліджено чотири типи факторів. Вперше запропоновано враховувати неакадемічні фактори, такі як креативність та зацікавленість до навчання. Для побудови критеріїв використовуються булеві функції. Представлено критерії успішності. Критерії успішності навчання поширюються на вивчення групи студентів. На основі математичної моделі побудовані представлені схеми побудови інформаційної технології. Створення інформаційних технологій прогнозує успіх студентів, які навчаються на онлайн курсах з програмування. Результатом заявки є час та інші ресурси для супроводу вивчення мінімізації.