

УДК 621.384.3

В.Г. Колобродов, Д.О. Півторак

**АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО ЗОБРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БРЕКЕТИНГУ ЕКСПОЗИЦІЇ****Вступ**

У більшості випадків цифрової аерозйомки результуюче зображення формується за рахунок сукупності малоконтрастних об'єктів спостереження, що знаходяться у великому діапазоні яскравостей. Під час фотозйомки в таких умовах частина інформації може бути втрачена. Основною причиною втрати інформації є невідповідність діапазону зміни вхідного сигналу динамічному діапазону реєстратора оптичного випромінювання. Ця невідповідність пояснюється дією низки чинників. Насамперед матриці ПЗЗ, що використовуються в цифрових аерофотокамерах, мають малу фотографічну широту, яка не більша, в основному, за одну логарифмічну одиницю, у той час як діапазон яскравостей аероландшафту в межах тільки одного кадру може перевищувати кілька логарифмічних одиниць. Перепад освітленості можуть так само викликати тіні від природних утворень та штучних споруд. Великий діапазон яскравості в межах кадру можуть давати відблиски від дзеркально відображаючих поверхонь, в тому числі водних. Коефіцієнт яскравості природних об'єктів зйомки так само може змінюватися в широких межах — від 0,02 для чорнозему до 1,0 для снігу, який щойно випав [1].

Зменшити втрати інформації в цифровій фотографії дає можливість технологія HDR (High Dynamic Range — великий динамічний діапазон), при якій результуюче зображення з великим динамічним діапазоном формується з кількох LDR-зображень з малим динамічним діапазоном, отриманих у результаті зйомки одного і того самого сюжету при різних рівнях експозиції, тобто так званого брекети́нгу експозиції [2–7]. Однак HDR-зображення мають динамічний діапазон яскравостей, який значно перевищує динамічний діапазон стандартних пристроїв відображення (монітори, фотографії), який не може бути відтворений на даних пристроях без додаткового стиснення, що вимагає подальшої обробки отриманого зображення [3, 5, 8].

**Постановка задачі**

Метою даної статті є розробка алгоритму підвищення якості результуючого зображення з використанням декількох зображень, сформованих за допомогою брекети́нгу експозиції без попереднього перетворення до HDR-виду.

**Реалізація алгоритму підвищення якості результуючого зображення з використанням брекети́нгу експозиції**

Алгоритм орієнтований на обробку сюжетів, що найчастіше трапляються при аерофотозйомці і мають яскраво виражені ділянки яскравостей (наприклад, частина зображення має тінь від хмар, у той час як інша частина освітлена сонцем, або одночасно в поле зору аерофотоапарата потрапляють ділянка моря і засніжений берег).

Алгоритм полягає в наступному. Брекетингом експозиції утримується серія зображень одного і того самого об'єкта при різних рівнях експозиції, в які входить весь діапазон яскравостей. У більшості випадків реального фотографування достатньо двох знімків. На рис. 1, *a* і 2, *a* наведено зображення, отримані з різним рівнем експозиції. На фотографіях добре видно дві зони яскравостей — будівлю і небо. Фотографія, яка має найбільшу площу характерної зони яскравостей (в даному випадку будівля), вибирається як опорна.

Подальша обробка проводиться після автоматичної побудови гістограм розподілу яскравості з розрахунком щільності ймовірності яскравості в межах кадру (рис. 1, *b* і 2, *b*).

У зв'язку з випадковим характером розподілу  $\lg L$ , враховуючи дію центральної граничної теореми [9, 10], можна припустити, що новимірний закон розподілу щільності яскравості являє собою багатомодальний закон, що складається із скінченної кількості гауссоїд, і має вигляд [11]

$$f(\lg L) = \sum_{i=1}^n C_i \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\lg L - \lg L_{\text{сер}} + \lg L_i)^2}{2\sigma_i^2}\right),$$

де  $n$  — кількість мод в законі розподілу;  $C_i$  — коефіцієнт, що характеризує амплітуду  $i$ -ї моди;  $L_{\text{сер}}$  — середня яскравість ділянки аероландшафту;  $\lg L_i$  — відстані абсциси  $i$ -ї моди від значення  $\lg L_{\text{сер}}$ ;  $\sigma_i$  — параметр  $i$ -ї гауссоїди.



*a*



*б*

Рис. 1. Зображення з малою експозицією (*a*) та його гістограма (*б*)

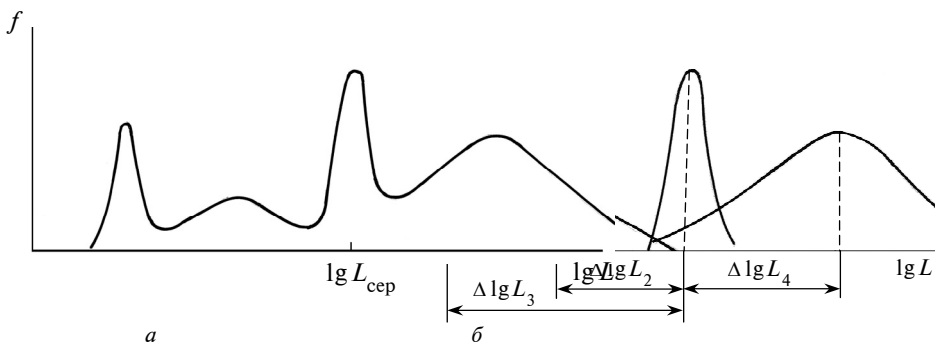


*a*



*б*

Рис. 2. Зображення з великою експозицією (*a*) та його гістограма (*б*)



*a*

*б*

Рис. 3. Графік залежності щільності ймовірності від  $\lg L$

Значення  $\sigma_i$  і  $C_i$  для різних типів аероландшафту різні і можуть бути отримані в результаті експериментальних досліджень.

Графіки, зображені на рис. 3, *a* і *б*, ілюструють залежність щільності ймовірності яскра-

вості від  $\lg L$ , розраховані за наведеною вище формулою.

Аналіз щільності ймовірності отриманих зображень дає можливість вибрати рівень експозиції, відносно якого в подальшому буде

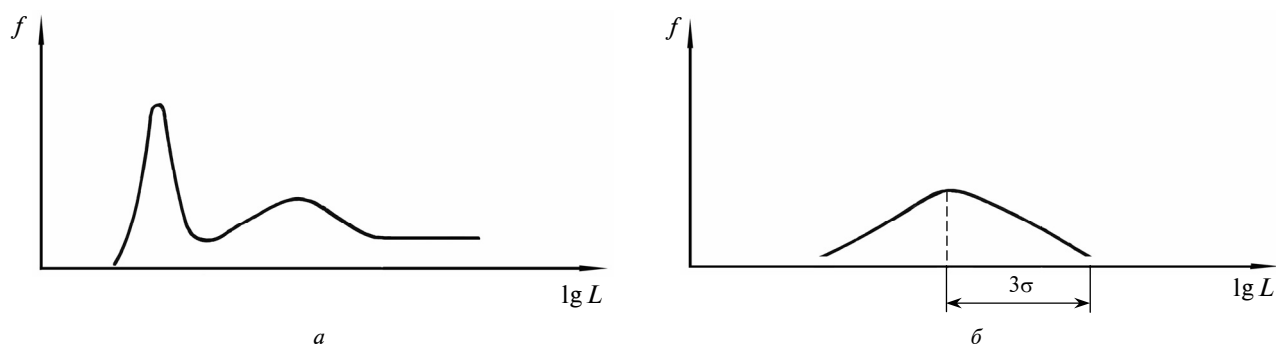


Рис. 4. Пояснення вибору порогового рівня

проводиться порогова обробка зображення з метою придушення “зайвих” ділянок зображення.

Після дослідження ряду характерних ситуацій об’єктів фотографування запропоновано вибирати як поріг рівень експозиції, яка відповідає рівню гауссоїди, що описує темну зону яскравостей зображення, яка знаходиться з боку високих експозицій та має амплітуду не менше 0,2 від максимальної амплітуди гауссоїд, що описують розподіл яскравості в зображенні (рис. 4).



Рис. 5. Результуюче зображення

Вибір даного рівня порога дає змогу мінімувати ефект “ореола” при збереженні високої якості результуючого зображення за критерієм “усереднена по полю кадру роздільна здатність”.

Пікселі, що характеризують світліше зображення, ніж вибраний пороговий рівень, автоматично заміщаються аналогічними пікселями з другого зображення. На рис. 5 ілюстровано результуюче зображення, отримане за допомогою розробленого алгоритму.

Алгоритм може працювати з кількома зображеннями, отриманими в результаті брекетингу експозиції. У цьому випадку обробка здійснюється послідовно.

За алгоритмом можна розмістити в результуючому зображенні зображення практично всіх елементарних ділянок кадру в області оптимальних експозицій характеристичної кривої матриці ПЗЗ, що дає змогу максимізувати усереднену по полю кадру роздільну здатність і підвищити тим самим ймовірність розпізнавання об’єктів зйомки, що становлять потенційний інтерес.

Алгоритм розроблявся для вирішення завдань цифрової аерофотозйомки, але він може знайти своє застосування і в художній фотографії, поряд з алгоритмами обробки HDR-зображень, що було проілюстровано на прикладі фотографії Дрездена (див. рис. 5).

### Висновки

Розроблений алгоритм дає можливість підвищити якість результуючих цифрових зображень із використанням кількох первинних зображень, сформованих за допомогою брекетингу експозиції.

Подальші дослідження будуть присвячені розробкам алгоритмів отримання зображень з широким діапазоном яскравостей.

В.Г. Колобродов, Д.А. Пивторак

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БРЕКЕТИНГА ЭКСПОЗИЦИИ

Предложен алгоритм повышения качества результирующего изображения с использованием нескольких изображений, сформированных с помощью брекетинга экспозиции без предварительного преобразования к изображению с большим динамическим диапазоном (HDR).

V.G. Kolobrodov, D.O. Pivtorak

AN ALGORITHM OF QUALITY ENHANCEMENT OF THE RESULTING IMAGE BY USING EXPOSURE BRACKETING

Relying on multiple images formed by exposure bracketing without a prior conversion to the image with a high dynamic range (HDR), we propose an algorithm for improving the quality of the resulting image.

1. *Подольн А.П., Пудрий С.В.* Экспонетрические системы аэрофотоаппаратов. – К.: КИ ВВС, 1994. – 164 с.
2. *Вестон К.* Экспозиция в цифровой фотосъемке: Осваиваем новое поколение цифровых камер. – М.: АРТ-Родник, 2008. – 292 с.
3. *Dicarlo J. and Wandell B.* Rendering high dynamic range images // Proc. of the SPIE: Image Sensors. – 2000. – 3965. – P. 392–401.
4. *Патрик Хук.* Цифровая фотография. – М.: Аст. Астрель, 2007. – 192 с.
5. *Reinhard E., Ward G., Pattanaik S., Debevec P.* High Dynamic Range Imaging: Acquisition, Display and Image-Based Lighting. – San-Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2005. – 496 p.
6. *Пивторак Д.А.* Алгоритм обработки LDR-изображений, полученных при различных уровнях экспозиции // Новые направления развития приборостроения: Матер. 3-й Междунар. студенческой науч.-техн. конф. (21–23 апреля 2010 г.). – Минск: БНТУ, 2010. – С. 203.
7. *Пивторак Д.А., Колобродов В.Г.* Алгоритм получения изображения с использованием брекетинга экспозиции // Погляд у майбутнє приладобудування: Зб. тез доповідей III Всеукр. наук.-техн. конф. студентів та аспірантів (27–29 квітня 2010 р.). – К.: НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 81.
8. *Пивторак Д.А., Колобродов В.Г.* Операторы сжатия динамического диапазона яркостей в изображениях, полученные в результате дистанционного зондирования Земли // Людина і космос: Зб. тез доп. XII Міжнар. наук.-практ. конф. (7–9 квітня 2010 р.). – Дніпропетровськ: Нац. центр аерокосмічної освіти молоді ім. О.М. Макарова, 2010. – С. 518.
9. *Феллер В.* Введение в теорию вероятности и ее приложения. Т. 1. – М.: Мир, 1967. – 498 с.
10. *Феллер В.* Введение в теорию вероятности и ее приложения. Т. 2. – М.: Мир, 1967. – 752 с.
11. *Подольн А.П., Пудрий С.В.* О некоторых статистических характеристиках аэроландшафта // Некоторые вопросы получения и обработки данных воздушной разведки. – К.: КИ ВВС, 1993. – С. 18–21.

Рекомендована Радою  
приладобудівного факультету  
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
18 травня 2010 року