

УДК 004.93'1

К.С. Смеляков

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПОБУДОВА МОДЕЛІ СПОТВОРЕНЬ ФУНКЦІЇ ЯСКРАВОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ В УМОВАХ ЗАШУМЛЕННЯ В ПРОСТОРОВІЙ ОБЛАСТІ

З метою забезпечення адекватної фільтрації зображень об'єктів за їх аерофотознімками в роботі будується система статистичних моделей спотворень функції яскравості зображення, що враховують локальну неоднорідність поверхні об'єктів, наслідки оцифрування і дію просторово некорельованого шуму.

Ключові слова: фільтрація, моделювання, шум, гістограма, закон розподілу.

Постановка проблеми

Будь-яке цифрове зображення реальної сцени завжди зашумлено, хоча типи і параметри шумів можуть варіюватися від знімка до знімка, залежно від умов отримання знімків, зокрема, від умов експлуатації АЦП пристрою реєстрації. Основними джерелами зашумлення цифрового зображення є процеси його отримання з використанням АЦП і передачі по каналах зв'язку. Іншими словами умови функціонування ПЗС матриці (наприклад, перегрів сенсорів) і умови функціонування каналів зв'язку (наприклад, атмосферні обурення при використанні безпроводного зв'язку) роблять безпосередній вплив на рівень зашумлення зображення [1].

При вирішенні задач машинного зору наявність шуму головним чином негативно впливає на стійкість сегментації (розпізнавання), що і визначає актуальність фільтрації шуму для забезпечення стійкості сегментації до зашумлення.

Фільтрація шуму (згладжування) – орієнтована на усунення шуму на зображенні – одна з основних операцій, що виконуються на етапі передобробки вхідного зображення, тому для цілей фільтрації шуму в даний час розроблено величезне число різноманітних фільтрів, критеріїв і методів фільтрації [1 – 3], які підрозділяються на методи в частотній і просторовій області [4, 5]. Далі в роботі вважатимемо, що зображення спотворюється лише просторово некорельованим шумом, завжди властивим знімкам реальних об'єктів і сцен.

Побудова моделей шуму в просторовій області заснована на використанні статистичних моделей. Основні з них – це розподіли Гауса, Релея, Ерланга, а також експоненціальний, рівномірний і імпульсний розподіл. Всі ці розподіли є набором засобів, призначених для моделювання спотворень, пов'язаних з широким діапазоном типів шумів, що зустрічаються на практиці. При цьому одним з найважливіших є гаусів шум, який виникає в результаті дії шуму в електронних ланцюгах, перегріву сенсорів і у ряді інших ситуацій [1].

Разом з тим, проведений аналіз знімків широкого спектру реальних об'єктів і сцен показує, що в тому або іншому ступені для кожного об'єкту на такому знімку характерним є ефект биття яскравості щодо якогось середнього положення. Виникає такий ефект биття яскравості, в першу чергу, із-за локальної неоднорідності поверхні об'єктів і, крім того, доповнюється наслідками оцифрування, а також дією шуму [6].

З цієї причини модель шуму сама по собі немає достатній для адекватного опису спотворень функції яскравості зображень.

Основна задача роботи, таким чином, полягає в тому, щоб для цілей адекватної фільтрації шуму побудувати систему моделей спотворень функції яскравості зображення, що враховують локальну неоднорідність поверхні об'єктів, наслідки оцифрування і дію просторово некорельованого шуму.

Значення яскравості зображення при цьому розглядатимемо як стохастичну величину, що характеризується сумою істинною і випадковою компонент; друга з них характеризує спотворення.

Побудова системної моделі спотворень функції яскравості зображення

Локальна неоднорідність розподілу яскравості для внутрішності об'єктів (яка виражена ефектом биття яскравості щодо якогось середнього положення) з фізичної точки зору пояснюється по-різному (рис. 1 – 3).

Наприклад, фрагмент лісистого місцевості, який представлено на рис. 1 характеризується повністю не згладженими елементами структури місцевості.

У той же самий час фрагмент сім'я має локальну неоднорідність поверхні з різною просторовою відбивною здатністю, як і фрагмент водної поверхні.

Значення функції яскравості пікселів об'єкту (рис. 1 – 3), таким чином, слід визнати стохастичними величинами, при формуванні яких беруть участь дві компоненти: функціональна і дії випадкових чинників. Стосовно зображень функціональний зв'яз-

зок відображає закон розподілу яскравості зображення, а дії випадкових чинників (із-за яких і виникає биття яскравості) характеризують вплив локальної неоднорідності поверхні, наслідків оцифрування і шумів.

Таким чином, для побудови системної моделі спотворень функції яскравості зображення, слід спо-

чатку будувати модель шуму, а потім модель биття, що спотворює функцію яскравості зображення (що включає дію шумів). Перша з цих задач в даний час вирішена [1]; для вирішення другої задачі (побудови моделі биття функції яскравості) будемо також використовуватимемо підхід, заснований на використанні статистичних моделей.

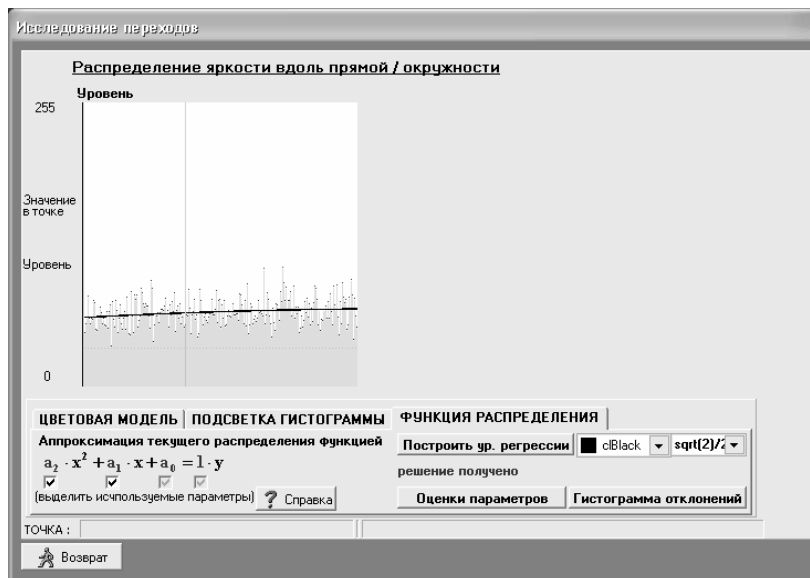
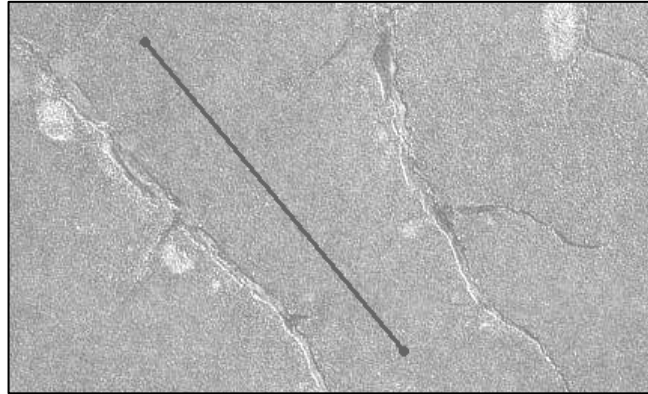


Рис. 1. Супутниковий знімок лісового масиву (google.earth), гистограма яскравості (червоний) ділянки місцевості уздовж відрізка і її полиномиальная регресія, статистичні оцінки розподілу залишків

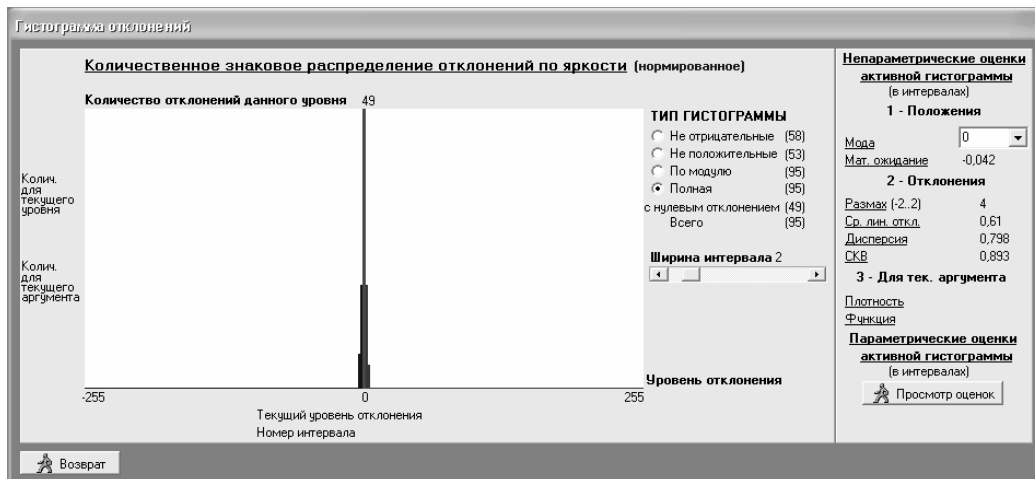
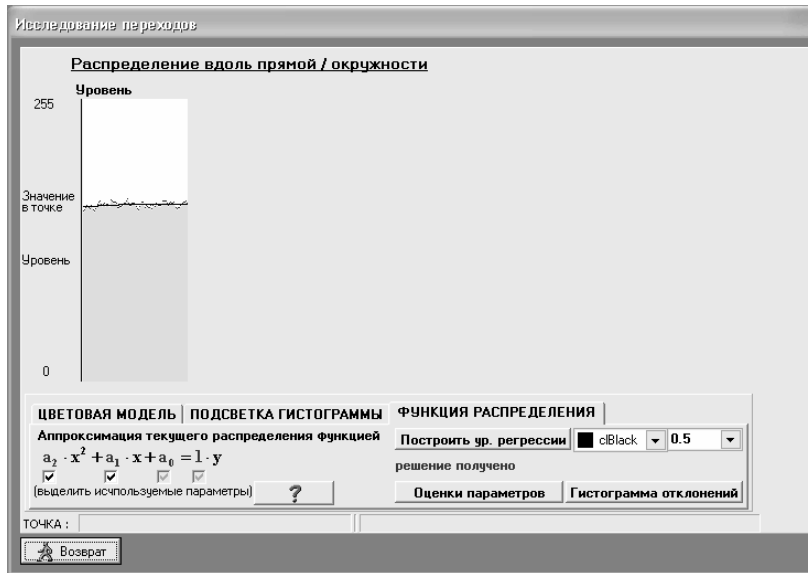
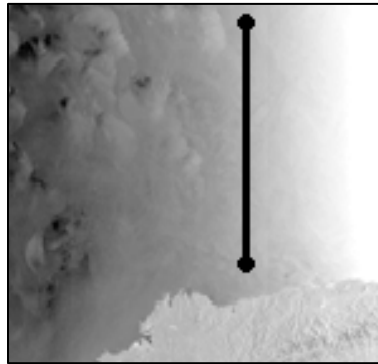


Рис. 2. Знімок водної поверхні з ділянками розливу нафти, гистограма яскравості (червоний) ділянки уздовж відрізка і її полиномиальная регресія, статистичні оцінки розподілу залишків

Першим кроком побудови статистичної моделі биття є побудова гистограми биття. Для цих цілей залежно від вимог задачі можуть використовуватися два основні підходи: використання гистограми кінцевих різниць, або гистограми залишків регресії [1, 6 – 8]. При цьому з метою отримання стійких оцінок гистограма може будуватися в інтервальному вигляді, як це показано на рис. 1 – 3 (ширина інтервалу в даному випадку складає 2).

Слід зазначити, що на вигляд гистограми надає основний вплив рівень освітлення об'єкту і масштаб його уявлення, оскільки биття яскравості характеризує неоднорідність поверхні об'єкту, тип і параметри якої міняються із зміною масштабу представлення об'єкту.

Після побудови гистограми биття яскравості, наступний крок – побудова основної статистичної моделі биття яскравості – знаходження закону роз-

поділу (для цих цілей, як правило, використовується щільність розподілу). Методи рішення цієї задачі

для стандартних статистичних законів розподілу широко відомі і описані в літературі [9].

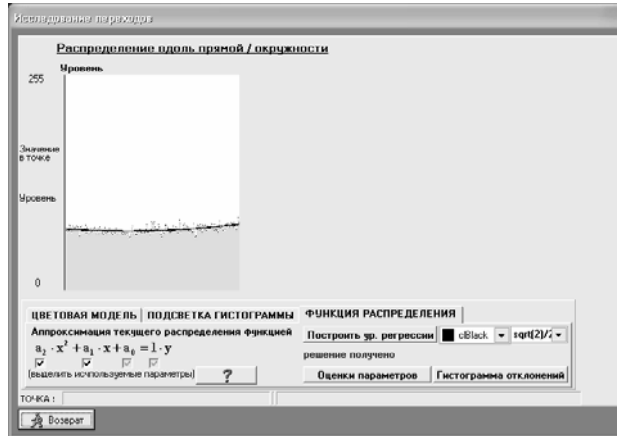
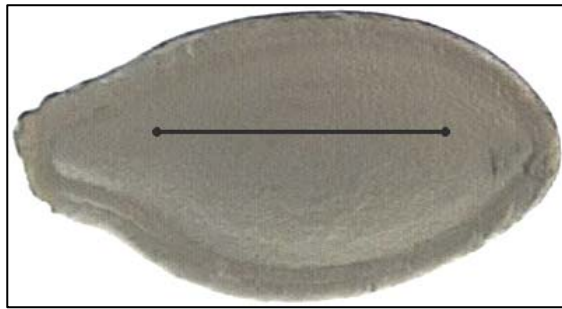


Рис. 3. Знімок сім'я, гістограма яскравості (червоний) ділянки уздовж відрізка і її поліноміальна регресія, статистичні оцінки розподілу залишків

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень для широкого круга різноманітних застосувань (див. гістограми залишків, приведені на рис. 1 – 3), можна зробити висновок про те, що як базові можна розглядати розподіли Гауса, Лапласа і Сімпсона.

Основні закони розподілу, таким чином, – це нормальний розподіл (рис. 4, а):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad m = a, \quad D = \sigma^2;$$

експоненціальний розподіл (рис. 4, б):

$$f(x) = \frac{\lambda}{2} \cdot e^{-\lambda|x-\mu|}, \quad m = \mu, \quad D = 2/\lambda^2,$$

і трикутний розподіл (рис. 4, в):

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } -\infty < x < a, \\ \frac{4(x-a)}{(b-a)^2}, & \text{if } a < x < \frac{a+b}{2}; \\ \frac{4(b-x)}{(b-a)^2}, & \text{if } \frac{a+b}{2} < x < b; \\ 0, & \text{if } b < x < \infty, \end{cases}$$

де $m = (a + b) / 2$ $D = (b - a)^2 / 24$.

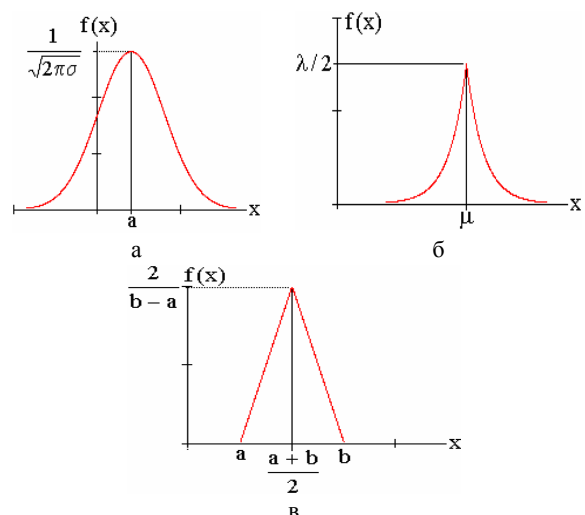


Рис. 4. Розподіл Гауса (а), розподіл Лапласа (б) і розподіл Сімпсона (в)

Для моделювання дискретних розподілів ці закони можуть представлятися в усіченому вигляді.

Крім того, для оцінювання модуля розподілу биття яскравості при цьому може використовуватися односторонній закон розподілу.

Отриманий закон розподілу, таким чином, описуватиме биття функції яскравості об'єкту, утворені під впливом неоднорідностей поверхні об'єктів, наслідків оцифрування і шуму. Цінність отриманого розподілу полягає в тому, що при аналізі реальних зображень на практиці ми матимемо справу саме з биттям яскравості, а не з шумами окремо. Закон розподілу шуму, якщо він відомий, має основну цінність для того, щоб оцінювати вірогідність виникнення значущих (імпульсних) шумів.

Наступний крок – оцінювання параметрів розподілу. Основними параметрами моделі є оцінки математичного очікування m і дисперсії D (або σ), а також для оцінювання значущих (імпульсних) шумів – розмах τ_{ng} варіаційного ряду яскравості, або граничне лінійне відхилення dev варіанти від положення математичного очікування m .

Методи рішення цієї задачі для стандартних статистичних законів розподілу широко відомі і описані в літературі [9].

При цьому слід відмітити, що при достатньо високому числі експериментів для положення математичного очікування часто справедлива оцінка вигляду: $m^* \approx 0$ тобто даний закон розподілу є незміщеним (що підтверджується проведеними дослідженнями: гістограми залишків на рис. 1 – 3).

Таким чином, вважаючи, що зображення характеризується лише наявністю просторово некорельованого шуму (у відсутність спотворень спеціального вигляду зв'язаних, наприклад, з впливом атмосферних явищ, або недоліків лінз оптичної системи реєстрації зображень), комплексна модель спотворень функції яскравості зображення є системою з двох основних статистичних моделей:

1) моделі шуму, і

2) моделі биття функції яскравості об'єкту, утворених під впливом неоднорідностей поверхні об'єктів, наслідків оцифрування і дії шуму.

При цьому для того, щоб запропонована модель була адекватною в умовах варіацій отримуваних даних

необхідно мати систему таких моделей, що відповідають типовим ситуаціям отримання знімків по освітленню, масштабу і, можливо, іншим чинникам впливу.

Висновки

З метою забезпечення адекватної фільтрації зображень об'єктів за їх аерофотознімками і, як наслідок, стійкої сегментації і розпізнавання зображень в роботі побудована система статистичних моделей спотворень функції яскравості зображення, що враховують локальну неоднорідність поверхні об'єктів, наслідки оцифрування і дію просторово некорельованого шуму.

Список літератури

1. Gonzalez R., *Digital Image Processing. Second Edition* / R. Gonzalez, R. Woods. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
2. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ. / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
3. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
4. Шапиро Л. Компьютерное зрение; пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
5. Sonka M. *Image processing, analysis, and machine vision* / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
6. Рубан И.В. Научно-методологические основы создания информационной технологии целенаправленного поиска объектов и обработки изображений: дис. ... д-ра техн. наук / И.В. Рубан. – Х. ХАИ, 2008. – 250 с.
7. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 1: пер. с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
8. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2: пер. с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.
9. Лямец В.И. Методы статистического анализа / В.И. Лямец. – Х.: ХВВКИУРВ, 1988. – 227 с.

Надійшла до редколегії 24.03.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИСКАЖЕНИЙ ФУНКЦИИ ЯРКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАШУМЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ

К.С. Смеляков

С целью обеспечения адекватной фильтрации изображений объектов по их аэрофотоснимкам в работе строится система статистических моделей искажений функции яркости изображения, учитывающих локальную неоднородность поверхности объектов, последствия оцифровки и воздействие пространственно некоррелированного шума.

Ключевые слова: фильтрация, моделирование, шум, гистограмма, закон распределения.

DISTORTION MODEL FOR IMAGE BRIGHTNESS FUNCTION IN CONDITION OF SPATIAL NOISINESS

K.S. Smelyakov

For providing adequate filtering of aerial images a system of statistical models of image brightness function distortion is proposed which allow for local heterogeneity of object surfaces, digitizing error and spatially uncorrelated noise.

Keywords: filtration, design, noise, histogram, distributing law.