

УДК 004.93'1(045)

АНАЛІЗ НЕОДНОРІДНИХ ТЕКСТУР ПОСІВНИХ ПЛОЩ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ СУМІШІ РОЗПОДІЛІВ

П. О. Приставка, д-р техн. наук, проф., В. М. Курочкін

Національний авіаційний університет

glukoza.vr.91@gmail.com

На основі аналізу неоднорідних текстур отримано оцінку суміші розподілів інтенсивності неоднорідних текстур, що дозволяє побудову візуального представлення функції врожайності сільськогосподарської ділянки поля. Представлено алгоритм побудови такого представлення, що базується на оцінці методом моментів суміші двох нормальних розподілів та використанні двовимірного локального сплайну на основі B-сплайнів другого порядку.

Ключові слова: обробка даних, аналіз, цифрове зображення, аерофотозйомка, кластерний аналіз, розпізнавання образів, розділення сумішей, алгоритм, метод моментів, сплайн, програмне забезпечення.

Based on the analysis of heterogeneous textures the estimation of the mixture intensity distribution of heterogeneous texture that allows the construction of visual representation of harvest function for agricultural areas of the field. The algorithm of constructing such a representation, based on an estimation for mixture of two normal distributions and usage of two-dimensional local spline based on B-splines second order.

Keywords: data processing, analysis, digital images, aerial photography, cluster analysis, pattern recognition, mixture division, method of moments, spline, algorithm, software.

Вступ

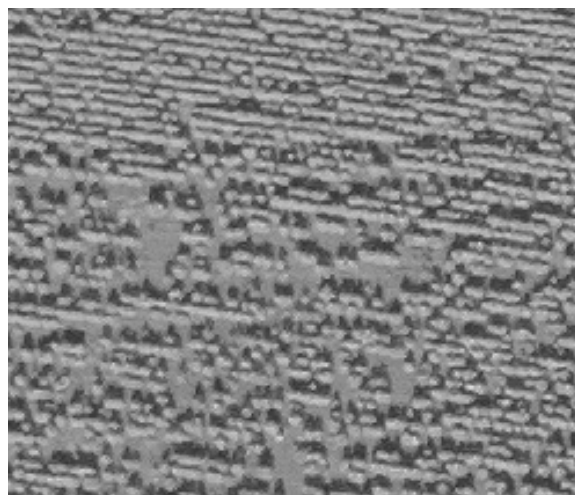
Сьогодні системи обробки даних фото- та відеоспостереження функціонують у багатьох сферах, починаючи від камер відеоспостереження на вулицях та в будинках, БПЛА (безпілотний літальний апарат) та різного типу дронів, повітряних або космічних. Зазвичай обсяги даних, що обробляються, надвеликі і тому постає завдання автоматизованого аналізу цих матеріалів, у зв'язку з чим розробляються системи, що здатні виконувати спеціалізовані задачі аналізу цифрових даних.

На базі системи «ElfinTest» [1] було реалізовано кілька підходів до розв'язання завдання виявлення текстур, що є сумішшю кількох складових на зображеннях, з подальшим розділенням та ідентифікацією цих складових. Випробувано класичний підхід до розділення сумішей [2] на основі гіпотези щодо нормального закону розподілу однорідних розподілів та застосовано кластерний аналіз [3].

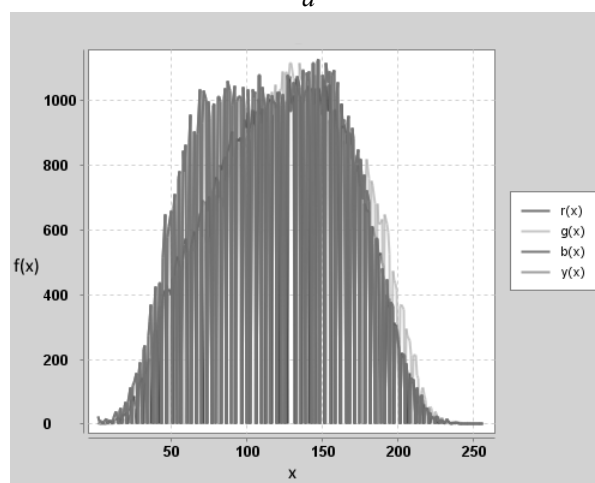
Постановка проблеми

При обробці даних аерофотозйомки та аналізу текстур зображень, трапляється ситуація, коли на певній ділянці поверхні можна ідентифікувати складні текстури, які є сумішшю кількох однорідних складових (рис. 1, а). Зараз і надалі під однорідною складовою розуміють зображення з одномодальним, за замовчуванням нормальним, розподілом інтенсивності.

З вигляду гістограми ділянки (рис. 1, б) можна зробити припущення про наявність суміші двох нормально розподілених величин.



а



б

Рис. 1. Зображення:
а — ділянка посівної площі; б — гістограма розподілу інтенсивності для ділянки

Отже, постає завдання поділу суміші для відповіді на питання про співвідношення складових та аналізу з подальшою ідентифікацією.

Подібне завдання може бути актуальним під час оброблення даних про посіви культур задля визначення врожайності, вологості ґрунтів тощо.

Для визначення суміші можна скористатися методами на основі моментів, методу максимальної правдоподібності для пошуку оцінки параметрів змішаних розподілів, або методами кластеризації, наприклад, простою, максимінною кластеризацією [3].

Головними проблемами розв'язання завдання аналізу суміші є:

- 1) виявлення та ідентифікація суміші на зображенні;
- 2) велика обчислювальна складність методів;
- 3) адекватність відтворення розподілів;
- 4) визначення кількості розподілів у суміші;
- 5) інші.

При пост-обробці, коли її тривалість не є ключовим питанням, постає завдання адекватності результатів та мінімальної помилки. Суміші можуть бути як двох так і більше розподілів випадкових величин. Отже, врахування зазначених зауважень, є актуальним під час розроблення програмного забезпечення для автоматизованої обробки даних аерофотозйомки сільськогосподарського призначення.

Аналіз досліджень і публікацій

Перші роботи на тему дослідження та використання сумішей ймовірнісних розподілів з'явилися ще наприкінці XIX ст. [4]. До них можна віднести праці С. Ньюкомба [5] та К. Пірсона [6].

Розглядалася суміш нормальних розподілів, що використовувалась для моделювання. У загальному випадку, задача розділення суміші ймовірнісних розподілів уособлюється у пошуку суміші з деякого припустимого класу, яка ближче за всіх до розглядуваного розподілу. Оскільки клас припустимих сумішей частіше за все визначається класом припустимих розподілів, що змішуються та гарантують ідентифікацію моделі, задача розподілу зводиться до статистичного оцінювання розподілу. Приклад розв'язання такої задачі можна знайти в праці [7].

Традиційними статистичними методами під час розв'язання задачі розділення суміші є метод моментів та метод максимальної правдоподібності. Як правило, для оцінки розподілу, що змішується використовується метод максимальної правдоподібності. При цьому відбувається пошук точки глобального максимуму функції правдоподібності, що відповідає певному сімей-

ству допустимих сумішей, як функція параметрів. Чисельно завдання може бути розв'язане за допомогою методів оптимізації [8].

Для сумішей нормальних розподілів задача пошуку оцінок параметрів максимальної правдоподібності може бути розв'язана за допомогою EM-алгоритму [9]. EM-алгоритмом прийнято називати схему побудови процедур ітераційного типу для чисельного розв'язання задач пошуку екстремуму цільової функції в різних задачах оптимізації. Частково, в прикладній статистиці ця схема є працездатною при пошуку оцінки максимальної правдоподібності та схожих їм в ситуаціях, коли функція правдоподібності має складну структуру, через яку інші методи є неефективними або не можуть бути використані [4].

У свою чергу кластерний аналіз це процес класифікації об'єктів за класами, які мають деякий сенс у контексті конкретної задачі [3]. Основна ідея аналізу полягає в тому, щоб об'єднати подібні елементи або розподілити поміж відомих класів. Огляд методів кластеризації також був поданий у праці [1].

Мета роботи

Нехай маємо цифрове зображення, дані аерофотозйомки (рис. 2), де є 4 посівних зон, які потенційно є сумішшю двох однорідних складових — це рослинність та ґрунт (див. рис. 1).

Необхідно провести аналіз зображення, виявити зони, що містять суміш та дослідити складні текстури. Видати інформацію про склад суміші на співвідношення її складових, побудувавши певну вихідну форму, зручну для візуального аналізу. Виконати задачу на базі програмного забезпечення «ElfinTest» [1].

Виклад основного матеріалу

Для прикладу, на рисунку (рис. 2) зображено зону земної поверхні, де можна виділити поля — ділянки 1, 2, 3, 4, ділянки лісової зони та інші.

Зони 1, 2, 3, 4 є не однорідні, на графіку (див. рис. 1, а)) приведено зображення частини ділянки зони 1 та її гістограма на графіку (див. рис. 1, б)), на якій визначено наявність двох піків, і поставити гіпотезу про суміш двох нормально розподілених величин.

Після проведення кластеризації на основі еталонних зображень [1], з деякою помилкою можемо ідентифікувати шукані зони для подальшого дослідження.

На рис. 3 подано результати кластеризації, де різними кольоровими відтінками виділені однорідні зони.



Рис. 1. Цифрові дані аерофотозйомки з ділянками, що містять дві однорідні текстури — земля і рослинність

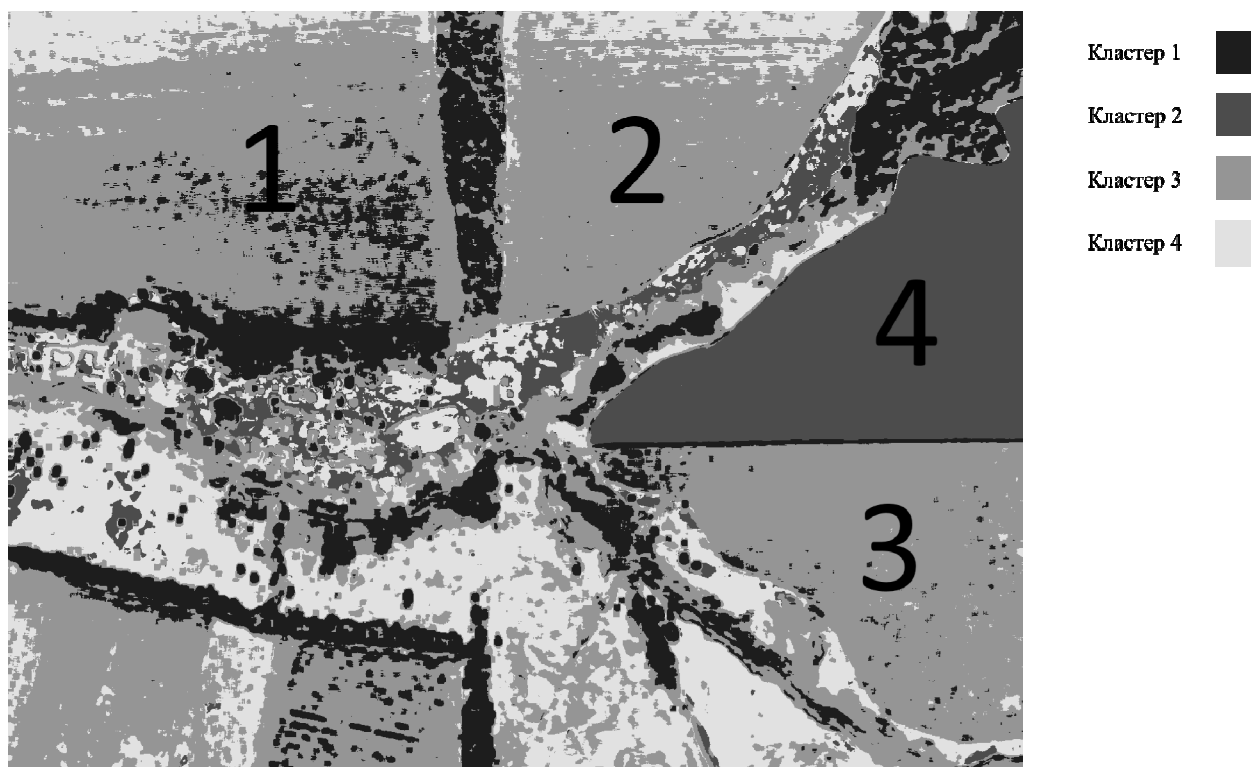


Рис. 2. Результати кластеризації на основі еталонів в системі «ElfinTest»

Отже маємо суміш двох складових — ґрунт, та рослинність (див. рис. 1).

Постає завдання розділення суміші, з подальшим аналізом, який може включати в себе розпізнавання складових, та визначення основної складової, та вмісту іншої (ділянка рослинності,

в яку замішана частина ґрунту, що може свідчити про пошкодження, або вади врожаю).

На рис. 4 зображено згладжену функцію щільності розподілу для червоної складової цифрового зображення.

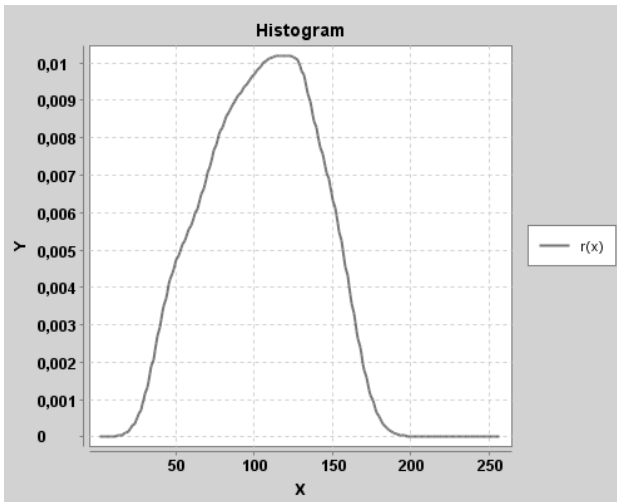


Рис. 3. Гістограма для червоної складової зображення на рис. 1, *a*

Для розв'язання поставленого завдання відтворення функцій розподілу будемо використовувати метод знаходження оцінок параметрів суміші двох нормальних розподілів з функцією щільності розподілу ймовірностей [9]:

$$f(x; \bar{\theta}) = p \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1}} \exp\left(-\frac{(x-m_1)^2}{2\sigma_1}\right) + (1-p) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2}} \exp\left(-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2}\right) \quad (1)$$

та з функцією розподілу ймовірностей

$$F(x; \bar{\theta}) = p \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(y-m_1)^2}{2\sigma_1}\right) dy + (1-p) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(y-m_2)^2}{2\sigma_2}\right) dy,$$

де $\bar{\theta} = \{m_1, m_2, \sigma_1, \sigma_2, p\}$ — вектор параметрів суміші двох нормальних розподілів.

Для знаходження вектору оцінок параметрів $\bar{\theta}$ будемо пошаровий метод моментів, який ґрунтується на «розщепленні» статистичних характеристик вибірки з послідовним порівняльним аналізом з теоретичним початковими або центральними моментами [2].

У результаті маємо результат — відтворено суміш двох нормальних розподілів з оцінками параметрів

$$\hat{m}_1 = 66, \hat{m}_2 = 126, \hat{\sigma}_1 = 34, \hat{\sigma}_2 = 63, \hat{p} = 0,4.$$

Отже, складова ґрунту займає 40 % загальної площі ділянки і лише 60 % припадає на рослинність.

Використовуючи даний підхід можна побудувати систему для аналізу певних ділянок

земної поверхні, що являють собою суміш двох розподілів, та побудову мапи співвідношення складових текстури, що буде шуканою вихідною формою.

Отже, однією з ідей для практичного використання цієї технології може бути побудова мапи для посівних площ з метою оцінки врожайності.

За таких умов маємо справу з сумішшю двох складових — ґрунту та рослинності. Таким чином, введемо поняття функції врожайності, значення якої є співвідношення цих складових на кожній окремій ділянці площі.

Запропонований наступний алгоритм побудови вихідної форми для результату аналізу текстур.

Нехай задано зображення $M \times N$.

Побудуємо розбиття з кроком

$$h_i = \left\lceil \frac{M}{m} \right\rceil, \quad h_j = \left\lceil \frac{N}{n} \right\rceil,$$

де m, n — кількість елементів розбиття за вертикаллю та горизонталлю відповідно.

Не зменшуючи загальності, нехай m та n кратні M та N відповідно.

Для кожної (i, j) — ділянки утвореного розбиття, де $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, визначимо за методом моментів оцінку параметра суміші (1) \hat{p} , тобто відсоток зеленої маси на (i, j) -ому фрагменті зображення.

У результаті отримаємо послідовність $P = \{p_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}}$, що є дискретною оцінкою деякої неперервної функції $p(t, q)$, де $t = \overline{0, M-1}$, $q = \overline{0, N-1}$, що визначає відсоток зеленої маси по всій ділянці поля.

За отриману послідовність $P = \{p_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}}$

знайдемо наближення функції $p(t, q)$ за використанням двовимірного сплайну близького до інтерполяційного у середньому на основі В-сплайнів 2-го порядку [10].

Для прикладу, було взято зображення з аерофотозйомки (рис. 5) та оброблено його за представленим вище алгоритмом.

Результат показано на рис. 6, де в градаціях сірого зображено частини землі на ділянках.

Результат оцінки врожайності, функції $p(t, q)$, відображено на вихідній формі (рис. 6), тобто фактичний відсоток зеленої маси, згідно методу моментів, на основі оцінки параметра p .



Рис. 4. Цифровий знімок ділянки поля



Рис. 5. Вихідна форма для відображення відсотку зеленої маси на ділянці поля, де Max — це максимальне значення відсотку зеленої маси фрагменту, а Min — мінімальне

Висновок

Проведено дослідження складних текстур, на прикладі ділянки посівної площі, введено поняття функції врожайності, значення якої відображає співвідношення ґрунту і рослинності на зображенні. Запропоновано наочну вихідну

форму, що підходить для візуального аналізу та оцінки найбільш врожайних та бідних ділянок.

Розроблене програмне забезпечення, здатне обчислювати введену функцію врожайності на основі параметру \hat{p} , що визначає частку складової суміші в моделі (1) та будувати

візуальне представлення результатів у вигляді вихідної форми — мапи значень функції врожайності, за допомогою використання B-сплайнів другого порядку.

Проведено експеримент, сутність якого у обробці даних аерофотозйомки та створення вихідної форми на основі реальних даних — цифрового зображення посівної площі, ґрунту та рослинності на ділянці поля.

Відзначимо, що точні методи розділення суміші дають якісний результат, проте потребують великих обчислювальних ресурсів, потужних обчислювальних систем і часу для виконання обробки. Подальші дослідження можуть містити пошук нових ефективних та швидкодіючих методів, розроблення автоматизованих інформаційних систем, що здатні здійснювати різнобічний аналіз даних аерофотозйомки та інших даних за різних умов. У перспективі є сенс зробити порівняльний аналіз методів відтворення сумішей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курочкін В. М. Система «Elfintest» обробки даних моніторингу довкілля на основі кластеризації / В. М. Курочкін // Наукоємні технології, № 2 (26). — К. : НАУ, 2015. — С. 127–133.
2. Назаров А. Л. «Приближенные методы разделения смесей вероятностных распределений»: дис. канд. ф.-м. наук: 01.01.05 / Алексей Леонидович Назаров. — М., 2013. — С. 111.
3. Jain K. A. Algorithms for clustering data / K. A. Jain, C. R. Dubes. — Michigan: Michigan State University, 1998. — С. 334.
4. Newcomb S. A generalized theory of the combination of observations so as to obtain the best result // American Journal of Mathematics, Vol. 8, No. 4. [Електронний ресурс] — 1886. — Р. 343–366. Режим доступу: <http://www.jstor.org/stable/2369392>
5. Pearson K. Contributions to the Mathematical Theory of Evolution // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 185. [Електронний ресурс]. — 1894. — Р. 71–110. — Режим доступу: <http://rsta.royalsocietypublishing.org>.
6. McLachlan G. Finite Mixture Models. // G. McLachlan, D. Peel // Wiley series in probability and statistics: Applied probability and statistics. — [Електронний ресурс] — Wiley, 2004. — Режим доступу: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471721182.fmatter/pdf>.
7. Васильев Ф. П. Методы оптимизации. — М. : Изд-во «Факториал Пресс», 2002. — С. 824.
8. Королёв В. Ю. EM-алгоритм, его модификации и их применение к задаче разделения смесей вероятностных распределений. — [Електронний ресурс] — 2007. — Режим доступу: <http://www.super.tka4.org/materials/lib/Articles-Books/Speech%20Recognition/EMbook.pdf>.
9. Мозговая И. В. Сравнительный анализ вычислительных схем восстановления смесей распределений / И. В. Мозговая // Придніпровський науковий вісник. — № 67 (134). — Д. : Наука і освіта, 1988. — С. 51–54.
10. Приставка П. О. Поліноміальні сплайни при обробці даних / П. О. Приставка. — Д. : Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. — С. 236.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2015