

8. Волков, С. Л. Метод швидкого розрахунку взаємкореляційних властивостей числових послідовностей з використанням ізоморфних коефіцієнтів [Текст] / С. Л. Волков // Захист інформації. — 2009. — № 1(42). — С. 92–96. — ISSN 2221-5212.
9. Волков, С. Л. Оптимізація параметрів телекомунікаційної мережі методом статистичної регуляризації [Текст] / С. Л. Волков, Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. — 2012. — № 1(28). — С. 54–60.
10. Скопа, А. А. Анализ методов исследования замираний [Текст] / А. А. Скопа, Н. М. Билык // Радиотехника. — 2007. — № 151. — С. 177–180. — ISSN 0485-8972.
11. Панфилов, В. И. Синтез помехоустойчивых модемов при совместном воздействии в канале аддитивных шумов и преднамеренных помех [Текст] / В. И. Панфилов, А. А. Скопа // Наукові записки УНДІЗ. — 2008. — № 6(8). — С. 72–80. — ISSN 1729-7583.
12. Seraya, O. V. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data [Text] / O. V. Seraya, D. A. Demin // Journal of Automation and Information Sciences. — 2012. — № 44(7). — pp. 34–48.
13. Серая, О. В. Оценка представительности усеченных ортогональных подпланов плана полного факторного эксперимента [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Демин // Системні дослідження та інформаційні технології. — Київ: Інститут системних досліджень. — № 3. — 2010. — С. 84–88.
14. Серая, О. В. Оценивание параметров уравнения регрессии в условиях малой выборки [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Демин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 6/4(42). — С. 14–19.
15. Демин, Д. А. Метод обработки малой выборки нечетких результатов ортогонализованного пассивного эксперимента [Текст] / Д. А. Демин, Т. И. Каткова // Вісник Інженерної Академії. — 2010. — № 2. — С. 234–237.
16. Панфилов, В. И. Синтез частотных цифровых приемников для защищенных радиосистем [Текст] / В. И. Панфилов, А. А. Скопа // Захист інформації. — 2009. — № 7(4). — С. 361–369. — ISSN 2221-5212.

ЕМПИРИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИК КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С СОМА

Для ряда статистик, используемых при проверке гипотез относительно наблюдаемых многомерных величин, показано, что в случае законов, которые отличаются от многомерного нормального закона в широких пределах, значимого изменения предельных распределений статистик не происходит, а их эмпирические распределения описываются предельными законами, полученными в классическом корреляционном анализе в предположении о нормальности наблюдаемого вектора.

Ключевые слова: распределение, статистика, корреляционный анализ, система, измерения, сигнатура, синтез.

Волков Сергій Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна, e-mail: greyw@ukr.net.

Волков Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Одесская государственная академия технического регулирования и качества, Украина.

Volkov Sergiy, Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, Ukraine, e-mail: greyw@ukr.net

УДК 004.932.2-023.731(076.5)(075.8)

Фразе-Фразенко О. О.

СИСТЕМА ТЕКСТУРНИХ ОЗНАК, ЗАСНОВАНИХ НА ВИМІРЮВАННІ ПРОСТОРОВИХ ЧАСТОТ

Обґрунтовано інформативну значимість текстурних ознак на основі їх порівняння зі спектральними ознаками. Наведено короткий огляд текстурних ознак. Розглянуто проблему вибору інформативних ознак. Показано розподіл текстурних ознак по групах. Досліджено групу ознак, заснованих на вимірах просторових частот. Показано доцільність використання групи ознак, заснованих на використанні безперервного перетворення Фур'є та його дискретного аналога.

Ключові слова: розпізнавання, зображення, текстура, ознака, просторова частота, автокореляція.

1. Вступ

Складна структура зображень, які обробляються у системах доступу, не дозволяє з достатньою ефективністю вирішувати завдання аналізу даних по спектральних ознаках [1]. Спектральні портрети об'єктів у зазначених системах у більшості випадків є нестационарними, що пояснюється їх залежністю від багатьох факторів, наприклад, вимог щодо точного положення та розмірів об'єкту розпізнавання. З метою підвищення ймовірності прийняття розв'язків, виникає необхідність щодо використання апріорної інформації про геометрію об'єкта зйомки, з одного боку, і контекстної інформації самих зображень — з іншої.

Знання контексту завдання, тобто обмежень, що накладаються на взаємні зв'язки між компонентами зображення, підвищує ефективність вирішальних правил [2, 3]. Найпростішою формою контекстної інформації для пікселя зображення є його околиця [3]. Зважаючи на це, у [4] доведено твердження про об'єктне вирішальне правило, коли аналіз фрагмента цілком є ефективнішим, ніж піксельне вирішальне правило. Іншою формою контекстної інформації служить поняття текстури, що є функціоналом набору пікселів фрагмента. Перевага текстурних ознак полягає в потенційних можливостях агрегування контекстної інформації з певними властивостями інваріантності під конкретне завдання розпізнавання образів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Питання розробки різноманітних систем текстурних ознак досліджені в працях багатьох вчених. В першу чергу, необхідно відзначити дослідників Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, та серед них — дослідження Б. Русина, які присвячені розробці нових підходів до побудови біометричних систем аутентифікації та криптографічного захисту, розробці нової системи інформативних ознак зображень людини та методи їх ідентифікації. Ним відзначено, що актуальним завданням є знаходження нових принципів виділення текстурних ознак, а доцільним може бути такий підхід: синтез великої кількості текстурних ознак і на цій основі — дослідження всіх підмножин розширеної системи спектрально-текстурних ознак на інформативність. Деякі з питань захисту інформації, зокрема криптографічного захисту, досліджені також в роботах [5–7].

3. Результати досліджень

Визначимо поняття про текстури у тому вигляді, як воно використовується у роботі. Необхідність цього пояснюється тим, що формального підходу до їх опису та строгого визначення поки не існує, а методи розрізнення текстур, як правило, розробляються окремо для кожного конкретного випадку. Так, наприклад, у [8] ділянка вважається текстурою, якщо кількість відмічених на ній перепадів інтенсивності досить велике. В [9] текстурою називають «деяким чином організовану ділянку поверхні». У [10] під текстурою розуміється матриця або фрагмент просторових властивостей ділянок зображень деякої поверхні з однорідними статистичними характеристиками. Дамо визначення текстур, розділяючи їх у такий спосіб [8]: по походженню: штучні — графічні знаки та візерунки, розташовані на нейтральному полі; природні — пісок, вода, зрізи дерева, термограми людських зображень, космічні знімки поверхні планет і т. д.; за структурою поверхні: структури, які складаються з геометрично правильних повторюваних елементів; стохастичні структури, сформовані перетвореннями послідовності корельованих випадкових чисел відповідно до певно оброблених розмірів елементів текстури: дрібнозернисті та грубозернисті; за формою елементів текстури: хвилясті, плямисті, неправильні, лінійчаті та інші.

З наведених визначень випливає, що текстура, це окрема ділянка зображення, але не будь-яка, а тільки та, яка має однорідні статистичні характеристики. А отже, текстуру можна описати деякими ознаками. Під ознаками текстур розумітимемо характерні властивості, загальні для всіх текстур даного класу [8], які відіграють вирішальну роль для їхньої класифікації та при поділі зображень на окремі області. Доцільним було б розглянути їх докладніше, але у рамках статті приділимо увагу лише тим, які засновані на вимірі просторових частот. Втім, для більшого розуміння проблеми питання, складемо систему ознак. Для цього визначимо розмір ковзного вікна, за допомогою якого вони будуть виділятися. Вибір розмірів вікна обумовлюється тим, що текстура визначається околицею точки зображення. Від розміру ковзного вікна $(2W+1)(2W+1)$ залежить,

які властивості ландшафтних об'єктів характеризують текстурні ознаки, що обчислюються. Так, у більшому вікні відбиваються властивості текстурної однорідності більших ландшафтних об'єктів. При цьому вплив окремих пікселів вікна на величину текстурної оцінки знижується, а просторова роздільна здатність кінцевої класифікації значно погіршується. З іншого боку, у малому вікні може виявитися недостатньо статистичної інформації для опису властивостей ландшафтних об'єктів [11]. Дослідження впливу розміру вікна на інтерпретацію чисельних значень текстурних ознак показало, що у вікнах 3×3 або 5×5 пікселів статистичні текстурні заходи більше діють як індикатори перепадів яскравості, а не як вимірники текстури, хоча при цьому скорочується час обчислень [10]. Занадто великі розміри вікон можуть спотворити результати через вплив границь структур. Однак велике вікно дозволяє досягтися високої статистичної ймовірності. Як виявилось [1–3], вікна 20×20 пікселів найбільш ефективні для текстурної обробки ландшафтних аерокосмічних зображень. У [10] зазначено, що при зміні розмірів вікна від 80×80 до 20×20 пікселів чисельні значення текстурних ознак змінюються на 5...10 %. Подальша зміна розміру вікна привела до значного викривлення текстурних ознак.

Визначившись з розміром вікна, сформуємо систему текстурних ознак. У [8] вони розділені на групи, а саме: ознаки, засновані на вимірі просторових частот; ознаки, засновані на статистичних характеристиках рівнів інтенсивності елементів розкладання; ознаки, засновані на описі структурних елементів. Саме перша група є предметом дослідження.

В [12] описана АКФ

$$A(\xi, \eta; j, k) = \frac{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} f(m, n) f(m - \xi, n - \eta)}{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} [f(m, n)]^2},$$

яка обчислюється у вікні розміром $(2W+1)(2W+1)$ для кожної точки зображення (j, k) та при зсуві $(\xi, \eta) = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$, де $f(m, n)$ — яскравість пікселя в точці (m, n) . При фіксованому зрушенні (ξ, η) більші значення $A(\xi, \eta, j, k)$ відповідають області грубозернистої текстури, тобто розмір зерна текстури пропорційний ширині автокореляційної функції, яка за математичним визначенням є другим моментом:

$$T(j, k) = \sum_{\xi=-T}^T \sum_{\eta=-T}^T \xi^2 \eta^2 A(\xi, \eta; j, k).$$

Це співвідношення може служити ознакою, яка характеризує зернистість текстури. Крім неї можна використати систему ознак, засновану на аналізі спектра Фур'є зображення $f(x, y)$ [8]:

$$F(u, v) = \iint_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) e^{-2\pi i(ux+vy)} dx dy.$$

Враховуючи, що радіальний розподіл спектра потужності $|F|^2$ є чутливим до зернистості зображення, систему ознак можна скласти зі значень спектра, усереднених у межах кільця, центри яких перебувають на початку координат, тобто:

$$\Phi_r = \int_0^{2\pi} |F(r, \theta)|^2 d\theta,$$

де r — радіус. Кутовий розподіл спектра потужності є чутливим до орієнтації текстури. Текстури зображення, яка містить велику кількість границь об'єктів або ліній, орієнтованих у деякому напрямку θ , відповідає більша величина спектра, що зосереджена поблизу напрямку $\theta \pm \pi/2$. У той же час текстурі, яка не має спрямованого характеру, відповідає ненаправлений спектр. У цьому випадку ознаки формуються усередненням спектра в межах секторів, які мають вершини на початку координат:

$$\Phi_\theta = \int_0^\infty |F(r, \theta)|^2 dr.$$

Для зображення, представленого в цифровій формі у вигляді матриці $n \times n$ елементів, безперервне перетворення Фур'є можна замінити його дискретним аналогом:

$$F(u, v) = \frac{1}{n^2} \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} f(k, j) e^{-2\pi i(ku + jv)}, \quad 0 \leq (u, v) \leq n-1. \quad (1)$$

У такому випадку система ознак буде мати вигляд:

$$\Phi_{r_1, r_2} = \sum |F(u, v)|^2 \left| \begin{array}{l} r_1^2 \leq u^2 + v^2 \leq r_2^2; \\ 0 \leq (u, v) \leq n-1, \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\Phi_{\theta_1, \theta_2} = \sum |F(u, v)|^2 \left| \begin{array}{l} \theta \leq \arctg\left(\frac{u}{v}\right) \leq \theta_2; \\ 0 \leq (u, v) \leq n-1. \end{array} \right.$$

Спільне використання ознак (1) та (2) дозволяє зробити систему ознак чутливою як до розмірів, так і до орієнтації елементів текстури [1–3, 8, 13].

4. Висновки

Показано, що однією з форм контекстної інформації є поняття про текстуру, яка є функціоналом набору пікселів фрагмента. Відзначено, що перевага текстурних ознак полягає в потенційних можливостях агрегування контекстної інформації з певними властивостями інваріантності під конкретне завдання розпізнавання образів. Досліджено групу ознак, заснованих на вимірах просторових частот та показано доцільність використання групи ознак, занованих на використанні безперервного перетворення Фур'є та його дискретного аналога, що дозволяє застосовувати їх у різноманітних галузях людської діяльності, пов'язаних з розпізнаванням зображень.

Література

1. Казакова, Н. Ф. Синтез методу виділення контурів у системах ідентифікації на основі усереднення перепадів яскравості [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Фразе-Фразенко // Інформаційна безпека. — 2013. — № 2(10). — С. 48–57. — ISSN 2224-9613.
2. Безпека банківської діяльності [Текст]: монографія / Н. Ф. Казакова, В. І. Панфілов, Л. М. Скачек, О. О. Скопа, В. О. Хорошко; за ред. проф. В. О. Хорошко. — К.: ПВП «Задруга», 2013. — 282 с. — ISBN 978-966-2970-82-1.
3. Скопа, О. О. Анізотропна фільтрація зображень у системах аутентифікації [Текст]: тези доповіді II Міжнар. наук.-техн. конф., 30 травня – 01 червня 2013 р. / О. О. Скопа, О. О. Фразе-Фразенко // Захист інформації і безпека інформаційних систем. — Львів, 2013. — С. 156–158.

4. Протасов, К. Т. Непараметрический алгоритм распознавания объектов подстилающей поверхности Земли по данным аэрокосмической съемки [Текст] / К. Т. Протасов, А. И. Рюмкин // Вестник Томского государственного университета. — 2002. — № 275. — С. 41–46. — ISSN 1998-6645.
5. Скопа, О. О. Принципи вибору формальних параметрів при побудові профілей захисту інфорресурсів [Текст] / Ю. В. Щербина, С. Л. Волков, О. О. Скопа // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — Т. 5, № 2(59). — С. 31–33.
6. Скопа, О. О. Статистичне тестування симетричних криптографічних перетворень [Текст] / О. О. Скопа // Східно-Европейський журнал передових технологій. — 2011. — Т. 4, № 9(52). — С. 15–18.
7. Казакова, Н. Ф. Аналіз розвитку сучасних напрямів інформаційної безпеки автоматизованих систем [Текст] / О. О. Скопа, Н. Ф. Казакова // Системи обробки інформації: Безпека та захист інформації в інформаційних системах. — Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба. — 2009. — № 7(79). — С. 48–54.
8. Андреев, Г. А. Анализ и синтез случайных пространственных текстур [Текст] / Г. А. Андреев, О. В. Базарский, А. С. Глауберман и др. // Зарубежная радиоэлектроника. — 1984. — № 2. — С. 3–33. — ISSN 0373-2428.
9. Харалик, Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур [Текст] / Р. М. Харалик // ТИИЭР. — 1979. — Т. 67. — № 5. — С. 45–53. — ISSN 2307-6011.
10. Потапов, А. А. Новые информационные технологии на основе вероятностных текстурных и фрактальных признаков в радиолокационном обнаружении малоконтрастных целей [Текст] / А. А. Потапов // Радиотехника и электроника. — 2003. — Т. 48. — № 9. — С. 1101–1119. — ISSN 0033-8494.
11. Напряшкин, А. А. Алгоритмическое и программное обеспечение системы интерпретации аэрокосмических изображений для решения задач картирования ландшафтных объектов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А. А. Напряшкин. — Томск, 2002. — 183 с.
12. Яне, Б. Цифровая обработка изображений [Текст] / Б. Яне. — М.: Техносфера, 2007. — 584 с. — ISBN 978-5-94836-122-2.
13. Севко, О. А. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве [Текст]: курс лекций / О. А. Севко. — Минск: БГТУ, 2005. — 170 с. — ISBN 985-434-437-1.

СИСТЕМА ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ, ОСНОВАННЫХ НА ИЗМЕРЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ

Обоснована інформативна значимість текстурних признаков на основі їх порівняння з спектральними признаками. Приведен короткий обзор текстурних признаков. Рассмотрена проблема выбора информативных признаков. Показано разделение текстурных признаков по группам. Исследована группа признаков, основанных на измерениях пространственных частот. Показана целесообразность использования группы признаков, основанных на использовании непрерывного преобразования Фурье и его дискретного аналога.

Ключевые слова: распознавание, изображение, текстура, признак, пространственная частота, автокорреляция.

Фразе-Фразенко Олексій Олексійович, аспірант кафедри інформатики, Одеський державний екологічний університет, Україна, e-mail: fraze@ukr.net.

Фразе-Фразенко Алексей Алексеевич, аспирант кафедры информатики, Одесский государственный экологический университет, Украина.

Fraze-Frazenko Olexiy, Odessa State Environmental University, Ukraine, e-mail: fraze@ukr.net