

РОЗПІЗНАВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИМІЗОВАНОЇ ІНВЕРСНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТЕКСТУРОВАНОГО ФОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація: Запропоновано підхід до розробки фільтрів ознак текстурних зображень. Задачу розпізнавання текстури сформульовано як обернену задачу до моделювання динаміки текстури. В основу моделювання покладено апроксимацію поверхні текстури сумою головних компонент у вигляді власних гармонік (ВГ), частоти яких пов'язані зі структурою текстури. Підхід має певні переваги, оскільки ВГ мають просту форму та інваріантність до зсуву, що є важливою якістю у випадку моделювання та фільтрації великих ландшафтів. Текстура розглядається як відгук лінійної динамічної системи на сигнал збудження відомої форми. Обернена перехідна характеристика дозволяє відновити сигнал збудження і, якщо вона відрізняється від оригіналу в заданих межах, це є ознакою розпізнавання текстури.

Ключові слова: власно-гармонійне розкладання, динамічне моделювання текстур, інверсна фільтрація, розпізнавання об'єктів.

Вступ

Розпізнавання та усунення текстурованого фону є першим кроком у комп'ютерному моніторингу об'єктів довкілля інтелектуальними системами. Проблема відстеження стану природного середовища за допомогою технічних пристроїв з камерами є актуальною на сьогоднішній день. Потік інформації, що надходить на пристрої, занадто великий, щоб його можна було проаналізувати людськими зусиллями. Обробка здійснюється за допомогою систем штучного інтелекту (СШІ). Їхнє завдання - розпізнавати об'єкти та їхній стан. Ці завдання вирішуються шляхом навчання СШІ. Процес навчання полягає в розробці алгоритмів, які розпізнають закономірності об'єктів або їх фрагментів. Природні ландшафти мають багато типів патернів, тому СШІ для цієї мети є складними. Тому необхідні методи ефективного розпізнавання, особливо для відстеження та моніторингу в реальному часі. Згорткова мережа є найбільш ефективною для вирішення цих завдань. Згортка зображення об'єкта з фільтром його ознак дає бажаний результат. Розглянуто задачу побудови фільтрів ознак із застосуванням до розпізнавання об'єктів у ландшафтному середовищі.

Природні ландшафти в навколишньому середовищі виглядають як квазіоднорідні або хаотичні текстури. Тому розпізнавання об'єктів навколишнього середовища системами штучного інтелекту можливе після виявлення об'єктів на текстурованому фоні. Проблема полягає у визначенні ознак, які відрізняють об'єкти зображення від їх фону. Це статистичні, структурні та динамічні властивості.

Фільтри повинні бути простими і придатними для реалізації в згортковій мережі. Усунення текстурованого фону дозволяє розпізнавати цільові об'єкти - забруднення, ссавців, людей тощо. Фільтри повинні бути інваріантними до просторових або часових змін текстурованого фону, що фільтрується, наприклад, лісу, хвиль водної поверхні, полів з різними видами рослин. За цієї умови він буде ефективно розпізнавати об'єкти з мінімальною кількістю помилок.

Огляд методів аналізу текстурованих зображень дозволяє зробити наступні висновки:

- Методи аналізу та синтезу текстур на основі динамічних моделей є найбільш ефективними. Ці методи можна використовувати для аналізу статичних, динамічних і квазірегулярних текстур. Моделі можуть бути створені з використанням фрагмента зображення. Решта зображення довільного розміру може бути відновлена оператором моделі за допомогою процесу генерації.

- Реалізація розпізнавання структурованих об'єктів за схемою, оберненою до схеми моделі об'єкта, дозволяє розпізнати простий процес генерації текстури за її моделлю.

- Динамічні моделі зазвичай синтезуються за допомогою перетворення Фур'є або декомпозицій, згаданих вище. Огляд попередніх досліджень показує, що використання перетворень та декомпозицій залежить від типу зображення - повноформатне чи лише типовий фрагмент (відомий як текстурне ядро або текстон). Для повноформатного зображення використовуються вейвлет-перетворення та перетворення Радона у поєднанні з перетворенням Фур'є, які дають відповідні результати. Коли використовується текстон, вейвлет-перетворення та SVD ігнорують структурну інформацію, оскільки вони є змінними зі зсувом.

- На відміну від згаданих розкладів, розкладання за власними гармоніками (ЕНД), має просте аналітичне визначення та можливість приєднання до апроксимації та інтерполяції двовимірних полів. Таким чином, ЕНД є відповідною функціональною основою для проектування лінійного інверсного фільтра

Основна частина

Отже, розглянемо проблему розпізнавання об'єктів на текстурованому фоні як лінійну зворотну фільтрацію, яка пригнічує текстуровану структуру об'єкта і перетворює її на простий для розпізнавання сигнал. При цьому флуктуації сигналу сторонніх об'єктів залишаються без зміни їхньої енергії.

Розглянемо інверсний резонансний фільтр (IRF) $\sum_{m=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{Q-1} \tilde{h}_{i+m,k+n} d_{m,n} = E + \zeta_{i,k}$ генерує зображення $G: \tilde{d}_{i,k}^{(t)} \in G; t=1,2,3$ шляхом фільтрації зображення текстури $D: d_{i,k}^{(t)} \in D$. Сторонні об'єкти можна розпізнати за допомогою наступного логічного фільтра:

$$\text{if } \bigcup_{t=1}^3 \left(\left| \tilde{d}_{i,k}^{(t)} - E \right| > 3\sigma_{\zeta}^{(t)} \right) \text{ then } g_{i,k}^{(t)} = d_{i,k}^{(t)} \text{ else } g_{i,k}^{(t)} = 0; \quad t=1,2,3, \quad (36)$$

де

$$\sigma_{\zeta}^2 = \frac{1}{n_x n_y} \sum_{i=0}^{n_x-1} \sum_{j=0}^{n_y-1} (\tilde{d}_{i,j} - E)^2$$

дисперсія похибки фільтрації. Верхні індекси в дужках вказують на колірні компоненти.

На Рис. 1. представлено фільтрацію поверхні піщаної пустелі з барханами та розпізнавання об'єктів методами авторегресії та IRF. Базові області Ξ розміром $n_x \times n_y = 80 \times 80$ для синтезу ЕНД моделей вибиралися у верхньому лівому куті кожного вихідного зображення. Порядок побудови ЕНД -моделей $P \times Q$ мав вигляд $12 \times 12 \dots 18 \times 18$. Критерієм вибору порядку є рівень похибки потужності ЕНД-апроксимації шаблонної області – він не повинен перевищувати – 40 дБ по відношенню до потужності шаблонного зображення. Це є основним обмеженням на застосування даного підходу для моделювання та фільтрації текстурованих зображень. Приклади показали, що модель та її спектральне представлення за допомогою ЕНД успішно апроксимують квазірегулярні текстури на рис. 1.

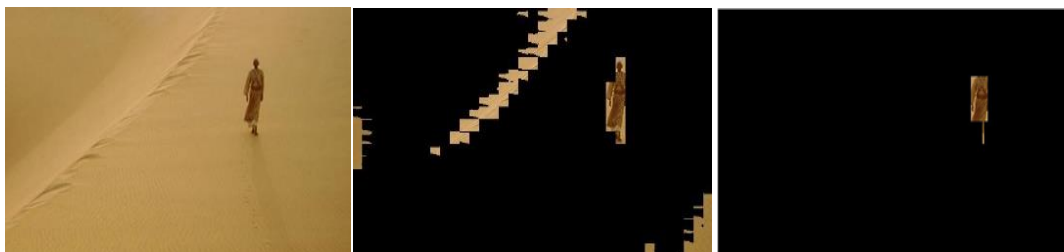


Рисунок 1 – Фільтрація поверхні піщаної пустелі з барханами та розпізнавання об'єктів методами авторегресії та IRF

Висновки

Розглянутий вище метод фільтрації текстурованих зображень та розпізнавання сторонніх об'єктів відрізняється від інших відомих наступними особливостями: кожна текстура

характеризується унікальним власним фільтром; реалізація фільтрів можлива в реальному часі з використанням графічних процесорів; регулювання роздільної здатності та якості забезпечується зміною порядку фільтрів; базується на розкладанні за основною власною гармонікою, яка є більш зручною, ніж EMD або EVD, оскільки має аналітичну форму і може бути адаптована до будь-якого зображення або фрагмента вибірки зображення.

Подальша перспектива запропонованого методу полягає в розширенні можливостей ІРФ розпізнавати не тільки текстуровані зображення, але й об'єкти. Складні природні об'єкти можуть бути розбиті на деякі типові фрагменти, які можна розглядати як текстури. Після розпізнавання фрагментів можна розпізнати об'єкт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Randen T., Husoy J. H. 1998. Фільтрація для класифікації текстур: Порівняльне дослідження. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21(4), 291-310. <https://doi.org/10.1109/34.761261>
2. Радке Р. Й., Андра С., Аль-Кофахі О., Ройсам Б. 2005. Алгоритми виявлення змін зображення: систематичний огляд. IEEE Trans. on Image Processing, 14(3), 294-307. DOI:[10.1109/TIP.2004.838698](https://doi.org/10.1109/TIP.2004.838698)
3. Се Сяньхуа. 2008. Огляд останніх досягнень у виявленні поверхневих дефектів з використанням методів аналізу текстур. Електронні листи з комп'ютерного зору та аналізу зображень, 7(3), 1-22. <https://raco.cat/index.php/ELCVIA/article/view/150223> [Перегляд: 12-06-2022].
4. Кветний, Р., Софина, О., Орлик, П., Wójcik, W., Оразалієва, С. Покращення якості сприйняття цифрових зображень за допомогою модифікованого методу корекції аберації ока. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2016, 10031, 1003113. DOI: [10.1117/12.2249164](https://doi.org/10.1117/12.2249164)
5. Roman Kvyetnyy, Yuriy Bunyak, Olga Sofina, Volodymyr Kotsiubynskyi Inverse correlation filters of objects features with optimized regularization for image processing // Proceedings Volume Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022, <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12476.toc?SSO=1#FrontMatterVolume12476>

Роман Наумович Кветний – д.т.н., професор кафедри АІТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rkvetny@sprava.net

Ольга Юрїївна Софина – к.т.н., доцент кафедри АІТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: olsofina@gmail.com

Котцюбинський Володимир Юрїйович – к.т.н., доцент кафедри АІТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vkotsyubinsky@sprava.net

RECOGNITION OF ENVIRONMENTAL OBJECTS USING OPTIMISED INVERSE FILTERING OF TEXTURED BACKGROUND

Abstract: An approach to the development of texture image feature filters is proposed. The texture recognition problem is formulated as an inverse problem to the modelling of texture dynamics. The modelling is based on the approximation of the texture surface by the sum of principal components in the form of natural harmonics (NH), whose frequencies are related to the texture structure. The approach has certain advantages, since the EHs have a simple form and are shift invariant, which is an important quality in the case of modelling and filtering large landscapes. The texture is considered as a response of a linear dynamic system to an excitation signal of a known shape. The inverse transient response allows us to recover the excitation signal and, if it differs from the original within the specified limits, it is a sign of texture recognition.

Keywords: eigenharmonic decomposition, dynamic texture modelling, inverse filtering, object recognition.

Roman Kvyetnyy – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rkvetny@sprava.net

Olga Sofina – PhD, Associate Professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olsofina@gmail.com

Volodymyr Kotsiubynskyi – PhD, Associate Professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vkotsyubinsky@sprava.net