

СИНТЕЗ ЗОБРАЖЕНЬ У ВІДЕОРЕЯДАХ СИСТЕМ ВІДЕО-СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Запропоновано метод синтезу цифрових зображень у цифрових відеореядах. Основою методу синтезу у наборах однотипних зображень є використання матриці несиметричних мір конвергенції, отриманої внаслідок використання операції кросингвера над вхідними наборами даних. Вхідні дані отримуються з відповідних рядків чи стовпців зображень, які є послідовними у відеореядах. Використання матриць несиметричних мір та елементів теорії генетичних алгоритмів дало змогу зменшити обчислювальні витрати у процесах синтезу цифрових зображень у відеореядах систем технічного зору.

Ключові слова: відеоряд, цифрове зображення, синтез зображень, операція кросингвера, матриця несиметричних мір конвергенції, власний вектор, метрика.

Вступ. На сьогодні є багато різноманітних методів синтезу зображень [1, 3-5], які ґрунтуються на різних теоретичних засадах. Це пояснюється тим, що інтенсивний розвиток комп'ютеризованих засобів зумовив широке застосування засобів штучного інтелекту в різних галузях науки і техніки. Серед цих засобів, завдяки широкому розповсюдженню та великій інформативності візуальних цифрових образів є системи технічного зору, які базуються на опрацюванні візуальної інформації.

Сучасні системи технічного зору вирішують багато різноманітних задач – від попереднього оброблення (фільтрації, масштабування й ін.) до задач інтелектуального аналізу (розпізнавання, прогнозування й ін.) [6]. Окремою категорією серед цих задач є синтез зображення, призначений, насамперед, для підвищення інформативності відеопотоку даних. Якщо в разі окремого зображення у задачах інтелектуального аналізу оперують інформативністю одиничного зображення, то в разі послідовності зображення, внаслідок переміщення камери або об'єкта спостереження (моделі руху), існує додаткова інформація, яка може і повинна використовуватись в задачах DataMining.

На сьогодні можна виділити два підходи до синтезу зображень [1]. Перший підхід – це синтез на основі зразка, який реалізується за допомогою таких методів: синтезу цілими фрагментами, попиксельними і комбінованими методами. Їхнім недоліком є великі обсяги пам'яті для зберігання фрагментів зображень. Другий підхід – процедурний, який є дуже поширеним останнім часом, ґрунтується на таких методах: фрактальних, на основі діаграм Вороного і клітинних зразків, та з використанням випадкових полів Маркова та Гіббса. Однак цей процедурний підхід характеризується великою обчислювальною складністю алгоритмів і відповідно зростанням часу синтезу.

Постановка задачі. Нехай задано відеоряд

$$P = \{P_k | k = 1..N\}, \quad (1)$$

однотипних зображень P_k розмірністю $l \times h$ пікселів. Тут N – розмірність набору

Завдання синтезу полягає у розширенні відеореяду

$$P' = P \cup P'', P'' = \{P'_k | k = 1..M\}, \quad (2)$$

так, щоб

$$\forall i \in [1; N] \exists j \in [1; M]: \mu(P_i, P'_j) \leq \varepsilon, \varepsilon \geq 0, \quad (3)$$

де $\mu(P_i, P'_j)$ – наперед визначена метрика, яка визначає відстань між зображеннями P_i і P'_j .

Синтез зображень у відеореяді. Побудова матричного оператора несиметричних мір конвергенції. Представимо зображення P_k набору P у вигляді матриці значень функції інтенсивності $p^k_{(i,j)}$, тобто піксельної матриці

$$P_k = \begin{pmatrix} p^k_{(1,1)} & \dots & p^k_{(1,l)} \\ \dots & \dots & \dots \\ p^k_{(l,1)} & \dots & p^k_{(l,h)} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де (i, j) – визначають координати пікселя на зображенні P_k .

За представлення (4) можна сформулювати $l \times h$ наскрізних наборів даних, які визначатимуть у вигляді таких векторів:

$$\tilde{P}_{(i,j)} = \{p^1_{(i,j)}, \dots, p^N_{(i,j)}\}, i=1, l, j=1, h. \quad (5)$$

Надалі вектори $\tilde{P}_{(i,j)}$ "мутують" завдяки операції кросингвера [2]

$$\tilde{p}_{(i,j)} = a\tilde{P}_{(i,j)} + (1-a)\tilde{P}_{(i,j+1)}, i=1, l, j=1, h-1, \quad (6)$$

або

$$p_{(i,j)} = a\tilde{P}_{(i,j)} + (1-a)\tilde{P}_{(i+1,j)}, i=1, l-1, j=1, h. \quad (7)$$

Тут $0 < a < 1$ – коефіцієнт операції кросингвера.

Операція кросингвера (6) і (7) визначає максимально можливу кількість синтезованих зображень, за один крок, рівною N . Очевидно, що при фіксованому значенні ε з (3) не усі синтезовані зображення задовольнятимуть умову близькості (3). Тому на практиці деяка кількість зображень буде відкинута, як такі, що не задовольняють умову (3), а тому не можуть увійти у набір P'' .

У додаток до максимальної кількості синтезованих зображень операції кросингвера (6) і (7) визначають їх розрахункову розмірність. Зокрема, у разі використання кросингвера (6) для набору з N зображень розмірності $l \times h$ пікселів розмірність синтезованих зображень можна буде синтезувати $l \times (h-1)$ пікселів. У випадку кросингвера (7) розмірність синтезованих зображень буде становити $(l-1) \times h$ пікселів. Для вирівнювання синтезованих зображень до вхідних перші доповнюються останніми стовпцями чи рядками значень функції інтенсивності взятим із оригінальних зображень.

Для кожного вектора $\tilde{P}_{(i,j)}$ або $p_{(i,j)}$ будемо матрицю несиметричних мір конвергенції у вигляді [7]:

$$\tilde{\nabla}_{(i,j)} = \left\{ \tilde{\delta}_{(i,j)} = \frac{P^n_{(i,j)}}{P^m_{(i,j)}} \mid n = \overline{1, N}, m = \overline{1, N}, P^n_{(i,j)}, P^m_{(i,j)} \in \tilde{P}_{(i,j)} \right\}; \quad (8)$$

$$\nabla_{(i,j)} = \left\{ \delta_{(i,j)} = \frac{P^n_{(i,j)}}{P^m_{(i,j)}} \mid n = \overline{1, N}, m = \overline{1, N}, P^n_{(i,j)}, P^m_{(i,j)} \in p_{(i,j)} \right\}. \quad (9)$$

Синтез зображень через пошук власного підпростору матриці несиметричних мір конвергенції. Надалі розглядатимемо тільки матрицю $\tilde{\nabla}_{(i,j)}$. Усі наведені обчислення мають місце і у випадку використання матриці $\nabla_{(i,j)}$.

Оскільки оператор $\bar{V}_{(i,j)}$ є квадратною додатно визначеною матрицею, то за Т. Фробеніуса-Перона його усі власні значення $\bar{\lambda}_{(i,j)z}$ є дійсними і додатно визначеними.

Нехай $S = \{ \bar{\lambda}_{(i,j)z} \mid z = 1..N \}$ є спектром оператора $\bar{V}_{(i,j)}$. Тут $\bar{\lambda}_{(i,j)z}$ – його z – є власне значення, якому відповідає власний вектор $\bar{e}_{(i,j)z}$. За власним значенням $\bar{\lambda}_{(i,j)z}$ можна отримати $E_{\bar{\lambda}_{(i,j)z}}$ – власний підпростір оператора $\bar{V}_{(i,j)}$

$$E_{\bar{\lambda}_{(i,j)z}} = \ker(\bar{V}_{(i,j)} - \bar{\lambda}_{(i,j)z} I), z \in [1; N], \quad (10)$$

де I – одинична діагональна матриця. Очевидно, що

$$\frac{\dim \bar{V}_{(i,j)}}{N} = \sum_z \dim E_{\bar{\lambda}_{(i,j)z}}. \quad (11)$$

Внаслідок пошуку будь-яким способом власних просторів для кожного оператора $\bar{V}_{(i,j)}$ можна сформулювати матрицю перших власних векторів

$$\bar{P}_e = \begin{pmatrix} \bar{e}_{(1,1)1} & \dots & \bar{e}_{(1,1)1} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{e}_{(1,h-1)1} & \dots & \bar{e}_{(1,h-1)1} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Кожен елемент матриці \bar{P}_e є вектором. Тому насправді маємо тривимірну матрицю, де третій вимір – це N координат вектора $\bar{e}_{(i,j)1} = (\bar{e}_{(i,j)1,1}, \dots, \bar{e}_{(i,j)1,N})$. Покоординатні за вектором $\bar{e}_{(i,j)1}$ зрізи матриці \bar{P}_e дадуть матриці, які будуть подібним (4) представлення синтезованих зображень

$$\bar{P}_k' = \begin{pmatrix} \bar{e}_{(1,1)1,k} & \dots & \bar{e}_{(1,1)1,k} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{e}_{(1,h-1)1,k} & \dots & \bar{e}_{(1,h-1)1,k} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Тут треба пам'ятати про розмірність синтезованих зображень і її розширення подібно до (2).

Визначення критеріальної оцінки належності. Зображення \bar{P}_k' утворюють набір $\bar{P}' = \{ \bar{P}'_k \}$. Цей набір складається з усіх синтезованих за один крок зображень. Проте для формування набору P'' треба сформулювати критеріальну оцінку і відібрати у нього з набору \bar{P}' тільки ті зображення, які їй задовольняють.

Для визначення критеріальної оцінки через метрику (3) для кожного зображення $P_k^3 P_k'$ наборів з (5) розглянемо діагональні матриці

$$D_k = \text{diag} \{ \lambda_1, \dots, \lambda_N \}, \quad \bar{D}_k = \text{diag} \{ \bar{\lambda}_1, \dots, \bar{\lambda}_N \}. \quad (14)$$

Тоді в просторі елементів $P_k^3 P_k'$ можна породити метричний простір за допомогою спектральної метрики

$$\forall i, j \in [1; N]: \mu(P_i, P_j) = \sqrt{\lambda_{A_{(i,j)}} \max(A_{(i,j)}^* A_{(i,j)})}, \quad (15)$$

де: $A_{(i,j)} = D_i - \bar{D}_j$; $A_{(i,j)}^*$ – матриця, спряжена до $A_{(i,j)}$; $\lambda_{A_{(i,j)}} \max$ – максимальне власне число додатньо напіввизначеної за розкладом Холецкого матриці $A_{(i,j)}^* A_{(i,j)}$. Оскільки матриця $A_{(i,j)}^* A_{(i,j)}$ є додатною, то її усі власні значення $\{ \lambda_{A_{(i,j)z}} \mid z = 1..N \}$ є додатними, а тому метрика (15) є визначеною.

Результати практичних експериментів. Розглянемо приклад практичного вирішення задачі ЗРЗ за описаним методом. На рис. 1 наведено вхідний набір суміщених у межах пікселя зображень (НРОЗ). Параметри набору такі: розмірність набору – $N = 4$ зображень; зображення у градаціях сірого; розмірність кожного зображення – $l = 72 \times 54$ пікселів.

На рис. 2 наведено результати вирішення задачі синтезу зображень описаним методом з ітераційним пошуком власних векторів [7] матриць-операторів (8) з (9). Зображення, наведені на рис. 2, синтезовані за значення коефіцієнта кросингвера $a = 0,78$.

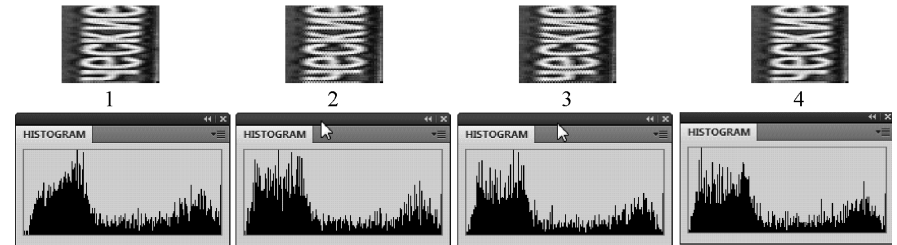


Рис. 1. Початковий набір зображень

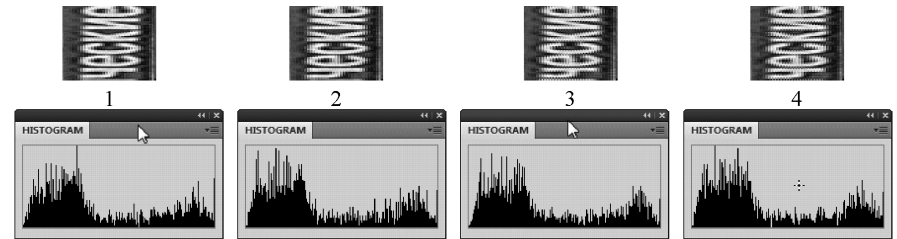


Рис. 2. Результати синтезу зображень із вхідного набору, наведеного на рис. 1

Табл. Результати порівняння за спектральною метрикою вхідних і синтезованих зображень

Зображення	Рис. 2, 1	Рис. 2, 2	Рис. 2, 3	Рис. 2, 4
Рис. 1, 1	0,60	0,54	0,45	0,50
Рис. 1, 2	0,65	0,46	0,39	0,54
Рис. 1, 3	0,66	0,44	0,36	0,54
Рис. 1, 4	0,64	0,50	0,42	0,58

Дані з табл. свідчать про те, що значення метрики є близькими, а тому вони усі задовольняють вимоги практичних задач інтелектуального аналізу.

Висновки. Використання генетичних алгоритмів у поєднанні з ітераційним способом обчислення власних векторів забезпечує ефективні результати розв'язання задачі синтезу зображень у відеорядах. При цьому, на відміну від на-

явних [7], на основі генетичних алгоритмів [2] описаний метод має такі переваги: менші витрати оперативної пам'яті; менші витрати обчислювальних ресурсів. При цьому якість синтезованих зображень у випадку побудови матриць-операторів за операцією кросингвера алгоритмами є співмірною з якістю результатів, отриманих за відомими методами.

Література

1. Березький О.М. Аналіз та синтез зображень на основі теорії алгебро-топологічних структур : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.23 – "Системи та засоби штучного інтелекту" / Березький Олег Миколайович. – Львів, 2012. – 38 с.
2. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М. : Изд-во "Физматлит", 2006. – 320 с.
3. Эгрон Ж. Синтез изображений. Базовые алгоритмы / Ж. Эгрон. – М. : Изд-во "Радио и связь", 1993. – 216 с.
4. Захаров А.А. Методы и алгоритмы синтеза визуальной обстановки для тренажеров транспортных средств : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / Алексей Александрович Захаров, Владимир. – 2004. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.dissert-cat.com/content/metody-i-algoritmy-sinteza-vizualnoi-obstanovki-dlya-trenazherov-transportnykh-sredstv>.
5. Основы синтеза фотореалистичных изображений. – 2013. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://courses.Graphics.cs.msu.ru/course/view.php?id=5>.
6. Прэрт У.К. Цифровая обработка изображений : пер. с англ. / У.К. Прэрт. – М. : Изд-во "Мир", 1982. – 790 с.
7. Рашкевич Ю.М. Зміна роздільної здатності зображень з використанням власних векторів деяких квадратних матриць / Ю.М. Рашкевич, А.М. Ковальчук, Д.Д. Пелешко // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць НАН України, Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2008. – № 49. – С. 145-153.

Пелешко М.З. Синтез изображений в видеопоследовательностях систем видеонаблюдения

Предложен метод синтеза цифровых изображений в цифровых видеорядах. Основной метод синтеза в наборах однотипных изображений является использование матрицы несимметричных мер конвергенции, полученной в результате использования операции кроссингвера над входными наборами данных. Входные данные извлекаются из соответствующих строк или столбцов изображений, которые являются последовательными в видеоряде. Использование матриц несимметричных мер и элементов теории генетических алгоритмов позволило уменьшить вычислительные затраты в процедурах синтеза цифровых изображений в видеорядах систем технического зрения.

Ключевые слова: видеоряд, цифровое изображение, синтез изображений, операция кроссингвера, матрица несимметричных мер конвергенции, собственный вектор, метрика.

Peleshko M.Z. Image Synthesis in Video Series of Video Surveillances

A method for the synthesis of digital images in digital video series is presented. The image synthesis method is based on using asymmetric measures of convergence matrix obtained from crossingover operations on input datasets. Input data are received from the relevant rows or columns of images that are consecutive in the visual stream. Using genetic algorithms in combination with an iterative method of calculating eigenvectors is proved to provide effective results for solving the problem of image synthesis in the video.

Keywords: video, digital image, image synthesis, crossing-over operation, matrix of asymmetrical convergence measures, eigenvector, the metric.

УДК 519.87

Доц. В.М. Попов, канд. техн. наук –
НУ цивільного захисту України

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЭТАПЕ ФОРМИРОВАНИЯ МИСИ ПРОГРАММЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Проанализирован этап генерирования миссии программы развития территориальной системы техногенной безопасности, включая объекты системы техногенной безопасности. Запропонована оптимизационная математическая модель структуры и параметров системы техногенной безопасности потенциально небезопасных объектов как продукта программы развития с учетом характеристик множества небезопасных влияний возможной чрезвычайной ситуации на окружающую природную среду и население региона. Такой подход дает возможность организовать итерационный алгоритм назначения базисных параметров продукта программы развития территориальной системы техногенной безопасности.

Ключевые слова: системы техногенной безопасности, миссия программы, чрезвычайная ситуация, багатокритеріальна оптимізація.

Постановка проблеми. Техногенна безпека характеризує стан захищеності населення, території, об'єктів від негативних наслідків надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру і визначається не тільки специфікою місцевих природно-географічних умов, рівнем розвитку продуктивних сил, особливостями виробничої та транспортної інфраструктури, а й характером і масштабами негативного впливу на природне середовище НС на потенційно-небезпечних об'єктах (ПНО) промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства території тощо. Рішення проблеми забезпечення прийняттого рівня техногенної безпеки регіону безпосередньо пов'язане з підвищенням ефективності територіальної системи техногенної безпеки (ТСТБ), включаючи об'єктові системи техногенної безпеки (ОСТБ).

Одним з основних стратегічно важливих етапів проектування та реалізації програми розвитку ТСТБ є етап генерування мисії програми, що реалізується на передінвестиційній фазі її життєвого циклу. Саме на цьому етапі визначаються параметри (кількісні характеристики властивостей) оптимальної структури ТСТБ, що формують відповідні частинні критерії ефективності створюваної програми розвитку. Передінвестиційна фаза також містить оцінку ресурсів, необхідних для досягнення цілей програми. Розмір і номенклатура ресурсів залежить як від поточного стану ТСТБ, якісних та кількісних характеристик територіальної виробничої системи (ТПС), так і від параметрів і трендів розвитку систем більш високого рівня (державний або світовий рівень), які формують зовнішнє середовище ТСТБ.

Найявні виклики сучасності вимагають зміни підходів до питань управління техногенною безпекою в рамках програмного підходу на основі розроблення та імплементації засобів математичного моделювання оптимальної структури і параметрів ТСТБ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виділимо такі напрямки досліджень з цієї проблематики та суміжних питань. У роботі [2] розглянуто методологічні питання профілювання мисії державної цільової соціальної програми цивільного захисту. У статті [3] запропоновано підхід до формування оптимального складу складної технічної системи на стадії її проектування. Публікація [4] присвячена побудові математичної моделі і методу рішення динамічної задачі управління обмеженими ресурсами проекту.