

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Відновлення зображень

Тема роботи: відновлення зображень засобами системи MATLAB.

Мета роботи: реалізувати основні методи відновлення зображень в середовищі MATLAB.

Теоретичні відомості

Процес спотворення зображень можна описати наступним рівнянням:

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y),$$

де h – спотворюючий оператор; η – адитивний шум, «*» – позначає згортку.

Еквівалентне представлення в частотній області має вигляд:

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) + N(u, v),$$

де H, N – відповідні частотні образи.

Періодичний шум зручно моделювати двомірною синусоїдою, що має вигляд:

$$r(x, y) = A \sin \left[\frac{2\pi u_0(x + B_x)}{M} + \frac{2\pi v_0(y + B_y)}{N} \right],$$

де A – амплітуда, u_0 та v_0 – частоти по осям x та y відповідно, B_x та B_y – зсуви фаз відносно початку відліку по осям x та y відповідно.

Найпоширеніші моделі шуму

Серед найбільш поширених моделей шуму можна виділити наступні:

- Рівномірний шум.
- Шум із розподілом Гауса.
- Логарифмічний нормальний шум.
- Експоненційний шум.
- Шум із розподілом Релея.
- Шум із розподілом Ерланга.

В даній роботі для моделювання наведених вище типів шумів використовуватиметься функція `imnoise2` [2].

Відновлення зображень за присутності лише шумів у просторовій області

Якщо зображення спотворено виключно шумом, тобто:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y),$$

для його відновлення застосовуються методи, що зведені до табл. 4.1.

Табл. 3.1. Методи заглушення шумів в просторовій області

Назва фільтру	Формула
Арифметичне середнє	$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$
Геометричне середнє	$\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$
Гармонійне середнє	$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s, t)}}$
Контргармонійне середнє	$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^Q}$
Медіана	$\hat{f}(x, y) = \text{median}\{g(s, t)\}_{(s,t) \in S_{xy}}$
Максимум	$\hat{f}(x, y) = \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$
Мінімум	$\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$
Середня точка	$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left[\max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} + \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} \right]$
α -усічене середнє	$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - \alpha} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$

Для заглушення шумів в просторовій області також *використовується адаптивна медіанна фільтрація*, яка в порівнянні зі звичайним алгоритмом медіанної фільтрації використовує маски різного розміру. Це дозволяє в меншій мірі подавляти малі деталі на зображенні, роблячи його «розмитим», і ефективно заглушувати шуми. Алгоритм адаптивної медіанної фільтрації більш детально розглянуто на лекції, а функція яка його реалізує має назву **admedian**. Дана функція не є стандартною функцією МАТЛАВ та надається окремо, її код можна знайти також в [2].

Відновлення зображень в частотній області

Якщо спотворюючий оператор відомий, то відновити зображення можливо наступним чином:

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}.$$

На базі даного принципу працює метод *інверсної фільтрації*, який представляють наступним рівнянням:

$$\hat{F}(u, v) = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}.$$

Іншим, більш ефективним, методом відновлення зіпсованого зображення є так звана *фільтрація Вінера*:

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \times \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_{\eta}(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v)$$

де $H(u, v)$ – спотворююча функція; $|H(u, v)|^2 = H^*(u, v) \cdot H(u, v)$; $H^*(u, v)$ – комплексно-спряжена функція до $H(u, v)$; $S_{\eta}(u, v) = |N(u, v)|^2$ – енергетичний спектр шуму; $S_f(u, v) = |F(u, v)|^2$ – спектр неспотвореного зображення; частка $S_{\eta}(u, v) / S_f(u, v)$ називається енергетичним співвідношенням шум/сигнал (NSPR, Noise-to-Signal Power Ratio). При застосуванні фільтрації Вінера, замість енергетичного співвідношення шум/сигнал застосовується величина:

$$R = \frac{\eta_A}{f_A},$$

в якій $\eta_A = \frac{1}{MN} \sum_u \sum_v S_\eta(u, v)$ – середня енергія шуму, $f_A = \frac{1}{MN} \sum_u \sum_v S_f(u, v)$ – середня енергія сигналу (зображення).

Для виконання відновлення зображень за допомогою інверсної фільтрації та фільтрації Вінера передбачено функцію **deconvwnr**. Дана функція приймає два для інверсної та три для вінерівської фільтрації аргументи – спотворене зображення, спотворюючий оператор та співвідношення шум/сигнал R , відповідно.

Два попередні види фільтрації потребують знання спотворюючого оператора, однак на практиці це не є зручним. В такому випадку доцільно застосовувати методи *сліпої деконволюції*. Їх суть полягає в оцінюванні максимуму правдоподібності (MLE, Maximum-Likelihood Estimation) – стратегії оптимізації при побудові наближень величин, спотворених випадковим шумом. Коротко можна сказати, що в інтерпретації MLE зображення вважається випадково вибраним з деякою певною вірогідністю з сімейства інших можливих випадкових величин. Функція правдоподібності виражається через функції $g(x, y)$, $f(x, y)$ і $h(x, y)$, а задача полягає в знаходженні максимуму функції правдоподібності. При виконанні сліпої деконволюції процес оптимізації здійснюється ітераційно, за умови виконання відповідних обмежень та збіжності всієї процедури.

Для виконання сліпої деконволюції використовується функція **deconvblind**. Приклад її застосування розглянуто на лекції.

При виконанні обробки зображень у Python, можна скористатись функціями пакетів **skimage.restoration** та **skimage.filters**. Для створення тестового зображення у вигляді шахової дошки, можна використати функцію **checkerboard** пакету **skimage.data**.

Геометричні просторові перетворення

Геометричні спотворення зображення можна змоделювати (представити) за допомогою так званих *афінних перетворень*, які узагальнюються наступним матричним рівнянням:

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w & z & 1 \end{bmatrix} \mathbf{T} = \begin{bmatrix} w & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix},$$

де x та y – координати результуючого зображення; w та z – координати вихідного зображення; \mathbf{T} – матриця, що характеризує перетворення координат, а t_{ij} – її компоненти.

Визначаючи необхідним чином компоненти матриці \mathbf{T} можна задати поворот, перенесення, розтягнення (масштабування) та зсув зображення. Для виконання геометричних перетворень, зокрема і афінних в MATLAB наявні наступні функції:

maketform	створює по заданому типу перетворення та матриці \mathbf{T} структуру, за допомогою якої виконується просторове перетворення зображення.
cp2tform	генерує структуру для здійснення геометричних перетворень зображення на основі пар контрольних точок, які задають куди мають бути перенесені координати вихідного зображення для отримання бажаного результату.
imtransform	виконує геометричне перетворення заданого зображення, користуючись структурами, що створюються попередніми функціями.
cpselect	GUI інтерфейс для ручного вибору контрольних точок на парі зображень.

У Python для аналогічних операцій можна скористатись функціями **AffineTransform**, **ProjectiveTransform**, **warp** та **estimate** пакету **skimage.transform**.

Порядок виконання роботи

1. У відповідності до наведених нижче завдань виконати обробку зображень (зображення та необхідні для їх обробки додаткові m-файли чи ru-файли з функціями надаються окремо).
2. Дослідити вплив параметрів використовуваних процедур на результат обробки.
3. Представити процедури обробки зображень у вигляді скрипта на мові MATLAB чи Python.

Завдання

Виконати наступні операції:

1. Генерування шуму із заданим розподілом.
2. Придушення періодичного шуму (файл – pic.0.jpg).
3. Аналіз параметрів шуму (файл – pic.1.jpg).
4. Заглушення шумів за допомогою просторової фільтрації (файл – pic.2.jpg та pic.3.jpg).
5. Заглушення шумів за допомогою адаптивної медіанної фільтрації (файл – pic.4.jpg).
6. Моделювання спотворюючої функції.
7. Інверсну фільтрацію зображення.
8. Вінерівську фільтрацію зображення.
9. Сліпу деконволюцію.
10. Геометричні просторові перетворення зображення.
11. Реєстрація зображень (файл – pic.5.jpg та pic.6.jpg).

Запитання для самоконтролю

1. Як можна змоделювати процес спотворення зображення.
2. Наведіть відомі Вам моделі шуму.
3. Як виконується фільтрація/подавлення шуму.
4. В чому суть адаптивної медіанної фільтрації.

5. Які методи фільтрації використовуються для виправлення спотворень.
6. Які недоліки інверсної фільтрації.
7. В чому полягають переваги вінерівської фільтрації в порівнянні з інверсною. Який основний спільний недолік має вінерівська та інверсна фільтрації.
8. Як моделюються геометричні просторові перетворення.
9. Які типи геометричних просторових перетворень Вам відомі. Коли вони застосовуються та які типи спотворень здатні виправляти.