

МЕТОД СИНТЕЗУ ФІЛЬТРА ДЛЯ УСУНЕННЯ РОЗМИТОСТІ ШЛЯХОМ ЗГОРТКИ СПОТВОРЕНОГО ЗОБРАЖЕННЯ З ІНВЕРСНОЮ ФУНКЦІЄЮ РОЗСІЮВАННЯ ТОЧКИ ЗОБРАЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод усунення розмитості зображення з високою роздільною здатністю шляхом згортки спотвореного зображення з інверсною функцією розсіювання точки зображення. Дану функцію знайдено на основі другої фундаментальної форми. Для зменшення впливу флуктуацій на форму функції розмиття застосовано її регуляризацію.

Ключові слова: усунення розмитості зображення, інверсна функція, друга фундаментальна форма, регуляризація, операція згортки.

Abstract

A method of high resolution image deblurring by convolution of distorted image with an inverse spread function of image point is proposed. This function is found on the basis of the second fundamental form. To reduce the influence of fluctuations on the shape of the blur function, its regularization was applied.

Key words: image deblurring, inverse function, second fundamental form, regularization, convolution operation.

Вступ

Відтворення зображення з високою роздільною здатністю відіграє важливу роль у системах відео вимірювання. В реальних умовах отримане зображення може бути спотворене розмитістю (blur), що викликана такими факторами, як рух камери або об'єкта, вібрацією, світловим проникненням середовища, розфокусуванням та іншими. Проблема відновлення розмитих зображень (деблюрінг) у реальному часі у системах відео-вимірювання і розпізнавання об'єктів потребує швидких алгоритмів, що усувають розмитість і дозволяють покращити роздільну здатність.

Модель розмитого зображення X , зазвичай, задається згорткою

$$X = H * S : X, S \in \Omega; H \in \Xi \quad (1)$$

оригінального сигналу зображення S і функції розсіювання точки зображення (point spread function – PSF) H [1,2], де Ω – простір зображення і $\Xi \subset \Omega$ – підпростір PSF. Відповідно, відновлене зображення є згорткою сигналу зображення X і інверсної PSF (IPSF) $G \in \Xi$,

$$\tilde{S} = G * X : \tilde{S} \in \Omega, \quad (2)$$

де \tilde{S} – оцінка оригінального зображення. В більшості випадків точну форму PSF невідомо. Таким чином, проблема реконструкції зображень включає в себе “сліпу” ідентифікацію PSF та її інверсію.

Постановка задачі

Відомі методи [3-7] усунення розмиття зображень шляхом загострення контурів за допомогою оберненої дифузії, фільтрів різкості та шок-фільтрів. Дані схеми базуються на основі диференціальних форм, які є чутливими до впливу шуму, характеризуються тремтінням та перерегулюванням фронтів сигналу зображення. Для усунення таких недоліків запропоновано регуляризаційні методи з використанням нелінійних диференціальних

функціоналів. Проте, ці підходи ускладнюють процес оцінювання шуканих зображень, так як потребують значного обсягу обчислень у межах всього зображення, яке може складати багато пікселів.

Метою дослідження є розробка оптимізованого лінійного фільтра для реалізації відновлення розмитого зображення. На відміну від відомих методів, що є ітеративними, нелінійними, а тому складними в реалізації, наприклад, на основі програмованої логіки, запропонований підхід дозволяє усувати розмитість за допомогою лінійної операції згортки, що дає можливість відновлювати зображення в реальному часі.

Результати дослідження

Подамо рівняння (2) у вигляді системи лінійних рівнянь з використанням лексикографічного представлення матриць \tilde{S} і G , розширеної матриці зображення $\mathbf{X}_E = [\mathbf{x}_{i+k, l+m}]_{i=1 \dots P, l=1 \dots Q}^{k=0 \dots N_x - P - 1, m=0 \dots N_y - Q - 1}$. Векторне представлення виразу (2) виглядає так.

$$\tilde{\mathbf{s}} \cong \mathbf{X}_E \mathbf{g}, \quad (3)$$

де $\mathbf{g} = \text{vec}(G)$ – лексикографічне представлення IPSF, $\tilde{\mathbf{s}} = \text{vec}(\tilde{S})$. Розв'язання рівняння (3) можна знайти за допомогою методу найменших квадратів.

$$\mathbf{g} \cong \mathbf{R}_{XX}^{-1} \mathbf{r}_{XS}, \quad (4)$$

де $\mathbf{R}_{XX} = \mathbf{X}_E^T \mathbf{X}_E$, $\mathbf{r}_{XS} = \mathbf{X}_E^T \tilde{\mathbf{s}}$, T – транспонування.

Знайти оптимальне значення \mathbf{g} можна за допомогою ітераційної схеми

$$\mathbf{g}^{(k+1)} = \left(\mathbf{R}_{XX} \mathbf{R}_{XX} + \lambda \cdot \mathbf{L}(\mathbf{g}^{(k)}) \right)^{-1} \mathbf{R}_{XX} \mathbf{r}_{XS}, \quad (5)$$

де $\mathbf{g}^{(k=0)}$ – початкова оцінка.

На рис. 1. розмите розфокусуванням зображення відновлено за допомогою фільтра (2) із оптимізованою IPSF (5). Для відновлення зображень використано фільтр порядку $P \times Q = 9 \times 9$.



а)

б)

в)

Рисунок 1 – Усунення розмитості зображення, спотвореного розфокусуванням (а), за допомогою згортки (2) з IPSF (б) та оптимізованою IPSF (в).

Висновки

Було запропоновано новий підхід до оцінки “сліпого” розмиття на основі геометричних особливостей поверхні розмитого зображення. Запропонований метод дозволяє отримувати відновлені зображення, близькі до оригінальних, базуючись на застосуванні операції згортки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zhu W. Image denoising using mean curvature of image surface / W. Zhu, T. Chan // SIAM J. Imaging Sci. – 2012. – №5(1). – P. 1-32.
2. Jiang M. Development of blind image deconvolution and its applications / M. Jiang, G. Wang // J. of X-Ray Sc. and Tech. – 2003. – №11. – P. 13–19.
3. Gilboa G. Image Enhancement and Denoising by Complex Diffusion Processes / G. Gilboa, N. Sochen, Y. Zeevi // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2004. – № 26. – P. 1020-1036.
4. Lysaker M. Noise removal using smoothed normals and surface fitting / M. Lysaker, S. Osher, X.-C. Tai // IEEE Trans. Image Process. – 2004. – № 13. – P. 1345-1357.
5. Tschumperle D. Vector-valued image regularization with PDE's: a common framework for different applications / D. Tschumperle, R. Deriche // IEEE Trans. Patt. Anal. and Machine Intel. – 2005. – № 27 (4). – P. 506–517.
6. Molina R. Blind deconvolution using a variational approach to parameter image and blur estimation / R. Molina, J. Mateos, A. Katsaggelos // IEEE Trans. Image Process. – 2006. – № 15. – P. 3715-3727.
7. Bar L. Color image deblurring with Impulsive Noise / L. Bar, A. Brook, N. Sochen // IEEE Trans. Image Proc. – 2007. – № 16. – P. 1101–1111.

Софина Ольга Юрївна – к.т.н, доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет