



Атестаційна робота  
Другий (магістерський) рівень

Моделі підвищення різкості  
зображення для віддаленої  
комп'ютерної системи технічного зору

Роговель Ірина Сергіївна, СПЗм-18-2

Науковий керівник: д.т.н., проф. Смеляков К. С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Актуальність теми  
роботи зумовлена

- ▶ зростанням можливостей сучасних технічних засобів отримання цифрових зображень та необхідністю підвищення ефективності їх обробки для подальшої роботи з ними.

2

**Мета** – аналіз сучасного стану проблеми, дослідження моделей та алгоритмів підвищення різкості цифрового зображення, розробка відповідних алгоритмів й програмного забезпечення.

**Завдання роботи:**

- Аналіз теоретичних аспектів та проведення аналізу ефективності існуючих моделей та алгоритмів підвищення різкості зображення. Просторові та частотні фільтри.
- Модифікація фільтру нерізкого маскування для забезпечення ефективності підвищення різкості цифрового зображення.

## Модифікація фільтру нерізкого маскуванню

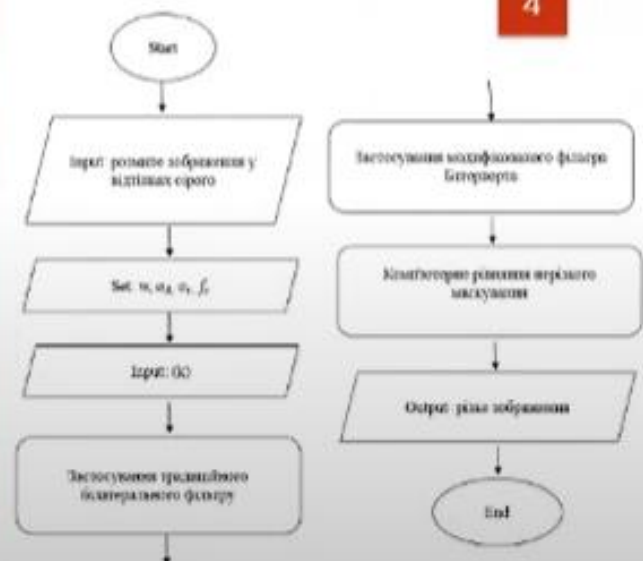
3

Запропонований фільтр починається з отримання розмитого зображення та параметрів для подальшої процедури обробки. Задаються такі параметри  $w=5$ ,  $\sigma_d=3$ ,  $\sigma_r=0,1$  і  $f_c=120$ . Важливо відзначити, що  $\sigma_d$  - це те ж, що і  $\sigma_s$  у наступних рівняннях. Далі, білатеральний фільтр реалізований для згладжування зображення і ослаблення його високочастотних компонентів.

Таким чином, зображення, отримане двостороннім фільтром, далі розмивається модифікованим фільтром нижніх частот Батерворта щоб уникнути появи такого небажаного наслідку.

Після цього результат цього кроку передається в якості вхідних даних для фільтру нерізкого маскуванню для отримання остаточного результуючого зображення.

## Алгоритм функціонування запропонований фільтру



## Білатеральний фільтр

5

- Коли зображення  $I$  оброблюється за допомогою білатерального фільтра  $I^{BF}(x, y)$  для пікселя  $(i, j)$  можна визначити за наступною формулою:

$$I^{BF}(x, y) = \frac{\sum w(i, j)I(i, j)}{\sum w(i, j)}$$

- де, вага маски  $w(i, j)$  визначаються шляхом обчислення добутку інтенсивності двох різнорідних масок  $w_r(i, j)$  у визначеній області  $w_s(i, j)$  обчислюється за наступним рівнянням:

$$w_s(i, j) = \exp\left\{-\frac{(i-x)^2 + (j-y)^2}{2\sigma_s^2}\right\}$$

$$w_r(i, j) = \exp\left\{-\frac{|I(i-x)^2 + (j-y)^2|}{2\sigma_r^2}\right\}$$

$$w(i, j) = w_s(i, j) * w_r(i, j)$$

- Фільтр тримає частоти всередині радіуса  $D_0$  і області значення поза ними, щоб забезпечити поступову зміну від 0 до 1. Передавальна функція низькочастотного фільтра Баттерворта (BLP) порядку  $n$  з частотою зрізу на відстані  $D_0$  від початку координат задається формулою:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left(\frac{D(u, v)}{D_0}\right)^{2n}}$$

- За формулою такою точкою є  $D(u, v) = D_0$ , коли  $H(u, v)$  стає менше 50% максимального значення, рівного 1.

6

## Фільтри низьких частот Баттерворта

Базова модель фільтрації заданого зображення досягається за допомогою перетворення отриманого зображення в частотну область  $I(u, v)$ , потім помножимо його на  $H(u, v)$ , використовуючи наступне рівняння:

$$B(x, y) = \text{ifft}[I(u, v) * H(u, v)]$$

де  $B(x, y)$  - результуюче зображення.

Визначається модифікований білатерального фільтру за допомогою наступного рівняння:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left(\frac{D(u, v)}{D_0}\right)^2}$$

$$T(x, y) = \text{ifft} [I^{BF}(u, v) * H(u, v)]$$

де  $D(u, v)$  обчислюється за зображенням  $I^{BF}(x, y)$  після перетворення його в частотну область.  $H(u, v)$  - це розмиття маски генерується з результуючого зображення об'єкта білатерального фільтру;  $T(x, y)$  - розмитий результат за допомогою BLP.

$$U(x, y) = I(x, y) + k [I(x, y) - G(x, y)]$$

де  $U(x, y)$  є результатом різкого зображення;  $I(x, y)$  є спочатку розмите зображення;  $G(x, y)$  – образ  $I(x, y)$ , який фільтрується фільтром Гауса нижніх частот;  $k$  – масштабування констант, в яких вона повинна виконуватися ( $k > 0$ ), більше значення збільшує кількість виробленої різкості.

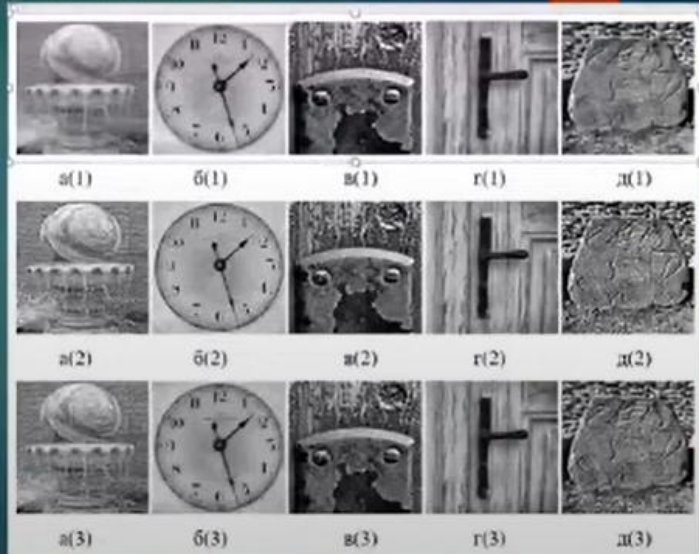
В роботі зображення згладжується білатеральним фільтром, потім розмитим модифікованим BLP фільтром використовується в межах фільтру нерізкого маскування для отримання результуючого зображення  $Q(x, y)$ , як у наступному рівнянні:

$$Q(x, y) = I(x, y) + k [I(x, y) - T(x, y)]$$

## Фільтр нерізкого маскування

## Результати дослідження

Обробка реальних деградованих зображень традиційно та за допомогою запропонованого фільтру нерізкого маскування: (a1-d1) є оригінальними напівстертих; (a2-d2) зображень, оброблених TUSM фільтром з відповідним значення  $k$  (3, 2.5, 2.5, 2, 3); (a3-d3) кілька зображень, оброблених за допомогою запропонованого фільтра з відповідним значення (3, 2.5, 2.5, 2, 3).



Click to add title

11



- Обробка штучно деградованого зображення запропонованими і порівнянними фільтрами: (а) еталонне зображення; (б) еталонне зображення, деградоване розмиванням фільтром Гауса з  $\sigma$ , рівним 1; інші зображення обробляються: (в) TUSM з  $k = 1.5$ ; (г) LF; (д) GUSM; (е) запропонований фільтр з  $k = 1.5$ .

Click to add title

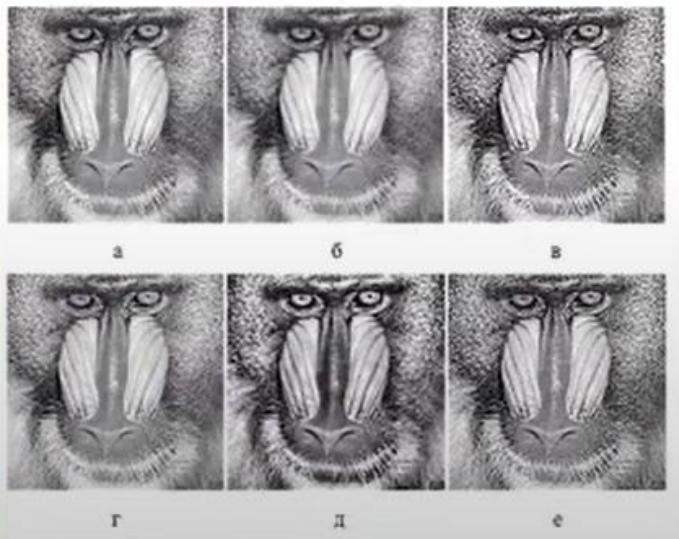
12

- Обробка штучно деградованого зображення запропонованими і порівнянними фільтрами: (а) еталонне зображення; (б) еталонне зображення, деградоване розмиванням фільтром Гауса з  $\sigma$ , рівним 1,5; інші зображення обробляються: (в) TUSM з  $k = 2$ ; (г) LF; (д) GUSM; (е) запропонований фільтр з  $k = 2$ .



Click to add title

13



► Обробка штучно деградованого зображення пропонуваними і порівнянними фільтрами: (а) еталонне зображення; (б) еталонне зображення, деградоване розмиванням за допомогою фільтру Гауса з  $\sigma$ , рівним 2; інші зображення обробляються: (в) TUSM з  $k = 2,5$ ; (г) LF; (д) GUSM; (е) запропонованим фільтром з  $k = 2,5$

#	Фільтри	Рисунок	SSIM	VIFP
1	Деградоване зображення	Рис. 3.3	0.8192	0.8639
		Рис. 3.4	0.6583	0.8100
		Рис. 3.5	0.5791	0.7122
		Середнє	0.6855	0.8053
2	TUSM	Рис. 3.3	0.8288	0.7364
		Рис. 3.4	0.6862	0.7778
		Рис. 3.5	0.7250	0.7289
		Середнє	0.7466	0.7543
3	LF	Рис. 3.3	0.7812	0.7658
		Рис. 3.4	0.6539	0.8136
		Рис. 3.5	0.6751	0.7710
		Середнє	0.7034	0.7834
4	GUSM	Рис. 3.3	0.7755	0.9409
		Рис. 3.4	0.6567	0.8102
		Рис. 3.5	0.6766	0.7472
		Середнє	0.7029	0.8327
5	Пропонований фільтр	Рис. 3.3	0.8347	0.8741
		Рис. 3.4	0.6921	0.8476
		Рис. 3.5	0.7231	0.7570
		Середнє	0.7499	0.8262

14

Метричні порівняння проведених порівнянь

## Висновки

15

- ▶ Проведений аналіз теоретичних аспектів та аналіз ефективності існуючих моделей та алгоритмів підвищення різкості зображення. Приведені просторові та частотні фільтри підвищення різкості зображення, методи їх обчислення та приклади їх використання.
- ▶ У роботі представлений модифікований фільтр підвищення різкості цифрових зображень. Запропонований фільтр використовує традиційний білатеральний фільтр і модифікований Фільтр Батерворта для пом'якшення зображення замість використання фільтр Гауса низьких частот (тільки для фільтру TUSM). Цей підхід дуже допоміг уникнути появи нового покоління ефекту перевищення при одночасному забезпеченні отриманих результатів.
- ▶ Пропонований фільтр має порівняльний аналіз з штучно та реально-деградованими зображеннями і порівнюється з трьома відомими фільтрами для підвищення різкості зображень. Крім того, точність отриманих результатів вимірюється за допомогою двох методів (метрики SSIM і VIFP).
- ▶ Із отриманих результатів можна побачити, що запропонований фільтр доказав свою ефективність використання і перевершив порівняні фільтри, в яких він дуже добре працював з точки зору візуальної якості та метрики IQA. Відповідно, запропонований фільтр забезпечив результати, які мають природній зовнішній вигляд і відсутність видимих недоліків. Такі прийнятні результати можуть підтримати популярність розробленого фільтру.
- ▶ Використання методів низької складності для підвищення різкості зображення, бажана в багатьох існуючих системах, особливо в тих, хто має в своєму розпорядженні мінімальні ресурси.