



Усунення шуму на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Усунення шуму на зображеннях

дослідження, розроблення алгоритмів та програмного забезпечення

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н. ст. викл. Роман Кутельмах

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра ПЗ

14 грудня 2015 р.



Зміст

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Задача усунення шуму на зображеннях

Завдання магістерського дослідження

Розроблений алгоритм

Використані технології

Дослідження розробленого алгоритму

Результати

Висновки



Задача усунення шуму на зображеннях

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Шум

випадкові, відсутні на реальному зображенні
відхилення інтенсивності





Задача усунення шуму на зображеннях

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

- поширина проблема для цифрових зображень у багатьох галузях
- виникає при недостатньому освітленні та високій ISO камери

Формальний опис

$v(i) = u(i) + n(i)$, де i - піксель зображення
 $v(i)$ - спостережене значення, $u(i)$ - справжнє значення
 $n(i)$ - значення шуму



Параметри оцінки алгоритмів

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

1 автоматичні: Peak Signal-to-Noise Ratio

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [f(m,n) - f'(m,n)]^2$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE}$$

2 візуальна оцінка: вирішальний критерій вибору
алгоритму

Існуючі методи усунення шуму

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

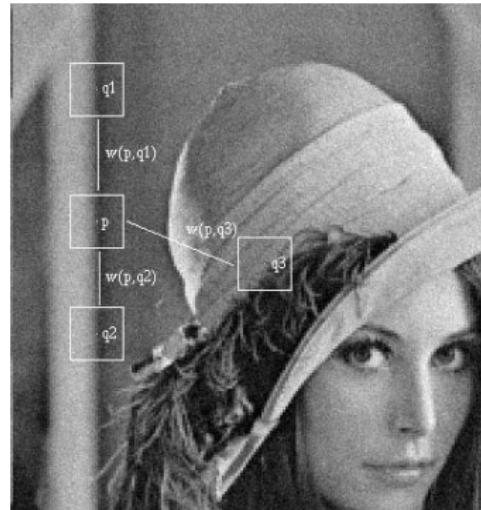
Використані
технології

Дослідження
роздіблениго
алгоритму

Результати

Висновки

алгоритми з патчами $O(n^2)$



алгоритми з вейвлетами $O(n * \log n)$



Існуючі методи усунення шуму

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

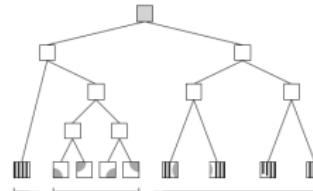
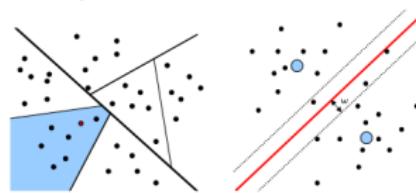
Використані
технології

Дослідження
роздобленого
алгоритму

Результати

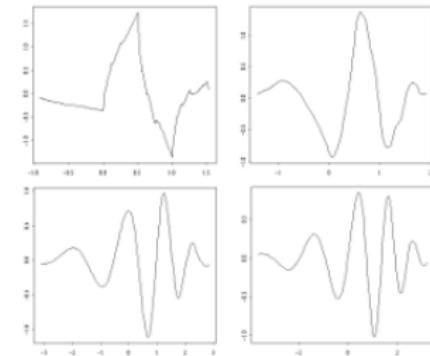
Висновки

алгоритми з патчами



дерево кластерів: нижча
складність, нижча якість

алгоритми з вейвлетами



базові функції вейвлета:
різна роздільна здатність

Вейвлет-алгоритми

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

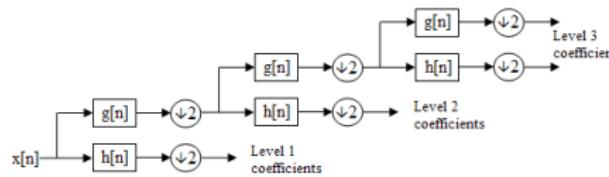
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

- 1 виконується рекурсивна декомпозиція сигналу до заданого рівня



- 2 коефіцієнти аналізуються "знизу вверх"
- 3 застосовується порогове відсікання (thresholding):

$$w(x) = \begin{cases} w(x), & \text{if } |w(x)| \geq \text{threshold} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

- 4 до отриманих коефіцієнтів застосовується зворотнє перетворення



Завдання магістерського дослідження

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Об'єкт

процес усунення шуму на зображеннях

Предмет

методи, алгоритми та програмне забезпечення для
усунення шуму на зображеннях

Мета

розроблення алгоритмів та програмного забезпечення
для усунення шуму на зображеннях



Ridgelet Transform

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

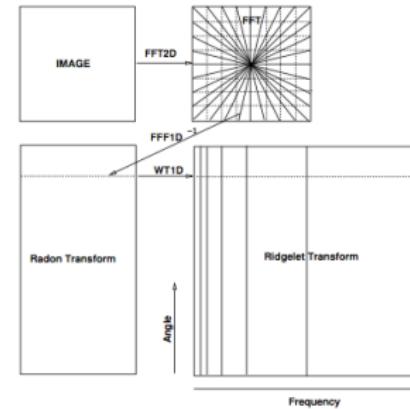
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Це вейвлет-перетворення, застосоване до ліній у



просторі Радона



Перетворення Фур'є (Fourier Transform)

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

базовий метод для всіх алгоритмів, що працюють з частотами

сигнал можна представити у вигляді суми синусоїд з різними амплітудами та зсувом

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot \left(\cos\left(-2\pi k \frac{n}{N}\right) + j \sin\left(-2\pi k \frac{n}{N}\right) \right), \quad n \in \mathbb{Z}$$



Перетворення Фур'є (Fourier Transform)

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

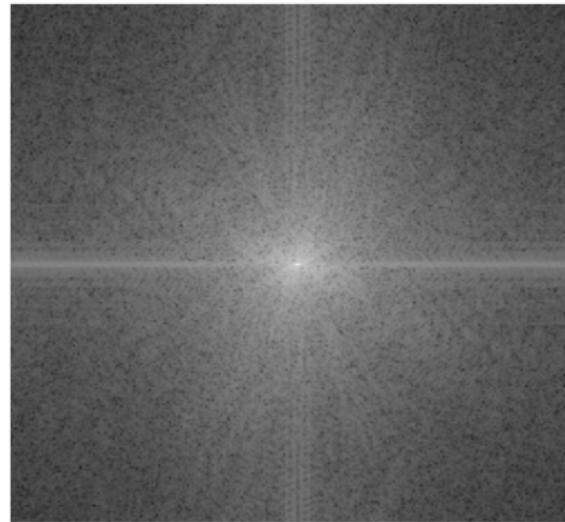
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

операція згортки сигналу з фільтром довільної
довжини виконується за лінійний час





Перетворення Радона (Radon Transform)

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

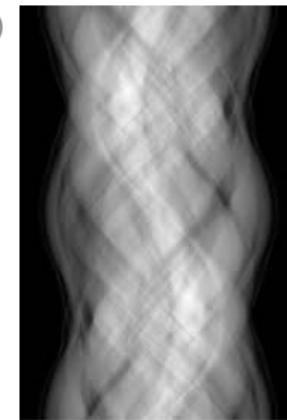
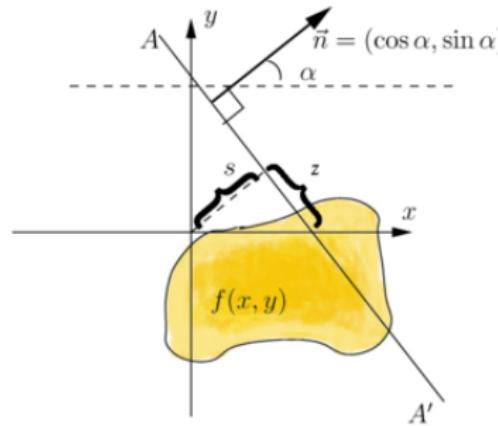
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

це інтегральне перетворення, яке для кожної прямої
на зображені ставить їй у відповідність суму пікселів
зображення на цій прямій





Projection-Slice Theorem

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

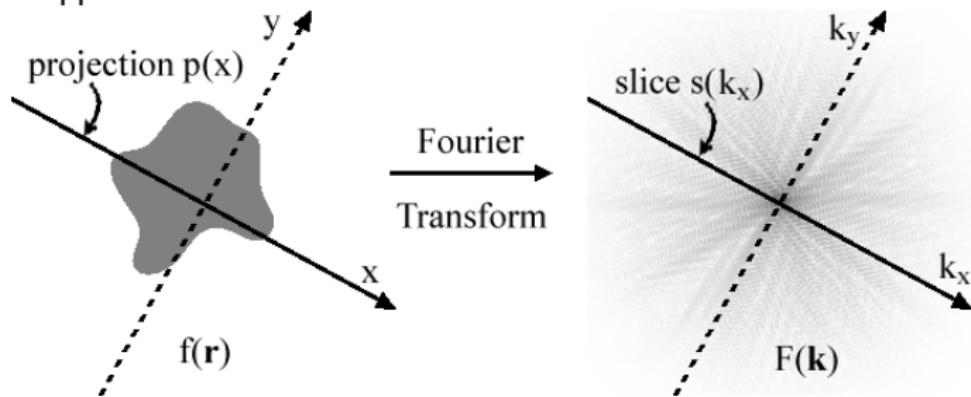
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Зв'язок між перетворенням Фур'є та перетворенням
Радона





Ректополярна решітка

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

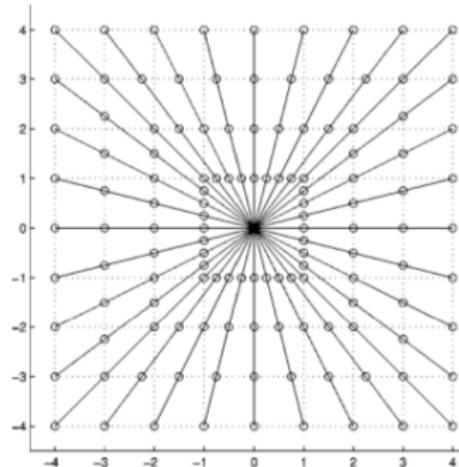
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

2^n прямих





Зворотнє перетворення Радона

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

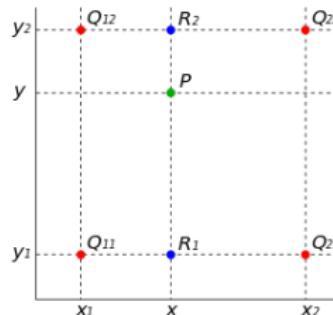
Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки



$$P = ax + by + cx_1y_1 + d$$

$$ax_1 + by_1 + cx_1y_1 + d = Q_{11}$$

$$ax_1 + by_2 + cx_1y_2 + d = Q_{21}$$

$$ax_2 + by_1 + cx_1y_1 + d = Q_{12}$$

$$ax_2 + by_2 + cx_2y_2 + d = Q_{22}$$



Усунення шуму в просторі Радона

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Застосовано вейвлет Добеші $D_4 = [0.482962, 0.836516, 0.224143, -0.129409]$, висока та низька частота обчислюються за формулами:

$$v_{high} = y[2v] * D_4[0] + y[2v + 1] * D_4[1] + y[2v + 2] * D_4[2] + y[2v + 3] * D_4[3]$$

$$v_{low} = y[2v] * D_4[3] - y[2v + 1] * D_4[2] + y[2v + 2] * D_4[1] - y[2v + 3] * D_4[0]$$



Використані технології: C++ та OpenGL

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Переваги:

- 1 C++: швидкість обчислень + гнучка архітектура
- 2 GLSL: обчислення на GPU в десятки разів
швидше

Недоліки:

- 1 GLSL: труднощі у відлагодженні програм

Приклад коду шейдера:

```
26     float sum = cpx.x * sign_sum, dif = cpx.y * sign_dif;
27     float re = (sum + dif)/2.0;
28     float im = sum - re;
29     return vec2(re, im);
30 }
31
32 void main()
33 {
34     float x = v_tex_coord.x, y = v_tex_coord.y;
35     vec2 div_mod_256 = floor(texture2D(s_texture2, vec2(x, 0)).xy * 255.5);
36     x = ((div_mod_256.y*256.0 + div_mod_256.x) + 0.5)/tex_width;
37
38     vec4 color = texture2D(s_texture, decode(encode(vec2(x, y))));
39
40     gl_FragColor = color;
41 }
```



Візуалізація перетворення Радона

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

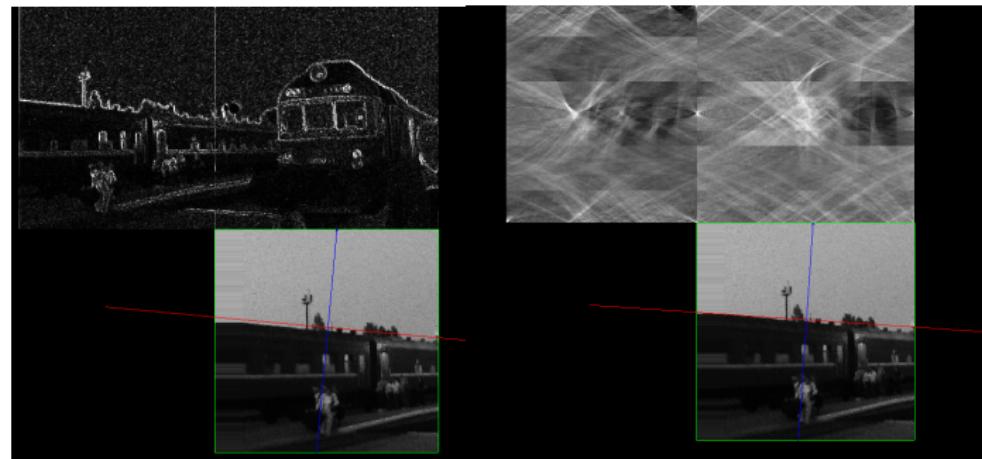
Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки





Порівняння з NLM(час роботи)

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

- NLM надто повільний
- розроблений алгоритм - норм швидкість

	0.1МП	0.5МП	1МП	5 МП	10МП	20 МП
NLM	23,712 с	32,307 с	–	–	–	–
Розроблений алгоритм	0,220 с	0,435 с	0,671 с	3,271 с	7,346 с	23,902 с



Швидкість роботи алгоритму

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

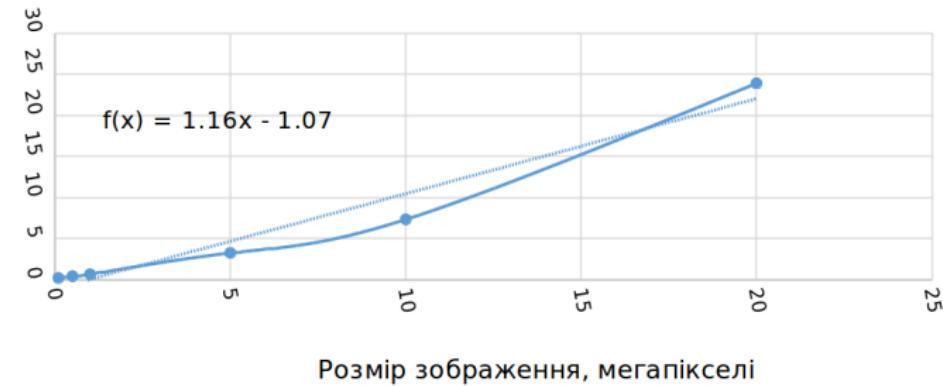
Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Залежність часу роботи від розміру зображення
для розробленого алгоритму





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

СТАТТЯ

(автори — О. Павлюк та Р. Кутельмах)

у Віснику НУЛП



Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розробленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад зашумленого зображення





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

результат роботи розробленого алгоритму





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад зашумленого зображення





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад роботи алгоритму Curvelab





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розробленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад роботи NLM





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розвробленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад роботи розробленого алгоритму





Результати

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

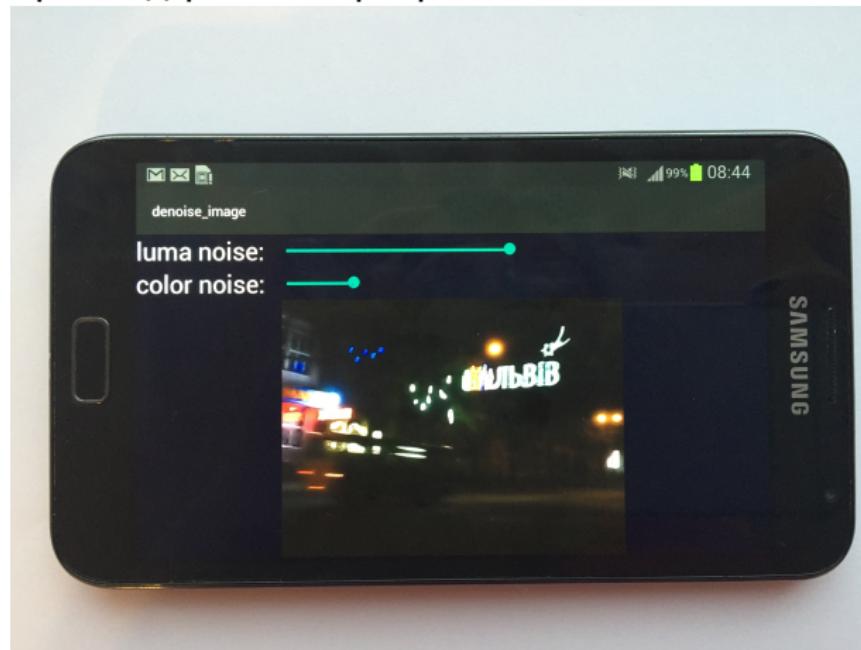
Використані
технології

Дослідження
роздобленого
алгоритму

Результати

Висновки

приклад роботи програми





Висновки

Усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.
ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
роздробленого
алгоритму

Результати

Висновки

- Запропоновано новий алгоритм усунення шуму на зображеннях, який базується на існуючому алгоритмі Ridgelet-перетворення
- Розроблено спеціалізовану версію алгоритму для виконання на графічному процесорі
- Обчислювальна складність алгоритму становить $O(n * \log(n))$, що дає змогу застосовувати його для опрацювання зображень великого розміру (20 МП і більше)



Усунення шуму на зображеннях

Ольга Павлюк
керівник: к.т.н.

ст. викл.
Роман
Кутельмах

Задача
усунення шуму
на зображеннях

Завдання
магістерського
дослідження

Розроблений
алгоритм

Використані
технології

Дослідження
розробленого
алгоритму

Результати

Висновки

Дякую за увагу!