



Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Алгоритми та ПЗ для усунення шуму на зображеннях

магістерська кваліфікаційна робота, керівник -
Роман Кутельмах

Ольга Павлюк

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра ПЗ

1 грудня 2015 р.



Зміст

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

- 1 Проблема шуму в зображеннях
 - Визначення
 - Характеристики
 - Існуючі алгоритми усунення шуму
- 2 Завдання магістерського дослідження
- 3 Алгоритм Curvelet Transform
- 4 Використані технології
- 5 Поточні результати
- 6 Висновки



Проблема шуму на зображеннях

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення

Характеристики
існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Шум

випадкові, відсутні на реальному зображенні
відхилення інтенсивності



Проблема шуму на зображеннях

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Шум

випадкові, відсутні на реальному зображенні
відхилення інтенсивності

Поширена проблема для цифрових зображень у
багатьох галузях.

Виникає при недостатньому освітленні та високій ISO
камери.



Проблема шуму на зображеннях

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Шум

випадкові, відсутні на реальному зображенні
відхилення інтенсивності

Поширена 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

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення

Характеристики

Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

- 1 автоматичні: Peak Signal-to-Noise Ratio

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

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

- 2 візуальна оцінка: вирішальний критерій вибору алгоритму



Існуючі методи усунення шуму

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

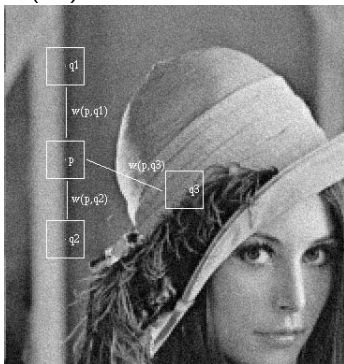
Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

different image domains

алгоритми з патчами
 $O(n^2)$



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





Існуючі методи усунення шуму

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

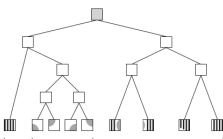
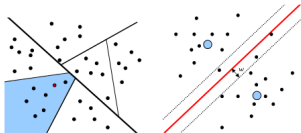
Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

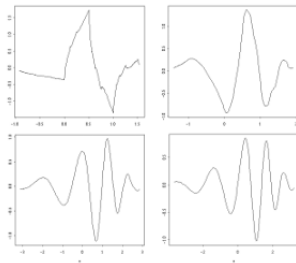
different image domains

алгоритми з патчами



дерево кластерів: нижча
складність, нижча якість

алгоритми з вейвлетами



базові функції вейвлета:
різна роздільна здатність



Вейвлет-алгоритми

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

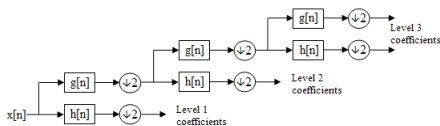
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
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

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Об'єкт

шум на зображеннях

Предмет

розробка алгоритму для усунення шуму, що працює в частотній області

Мета

розробити алгоритм з лінійно-логарифмічною складністю, який покращує існуючі методи усунення шуму (час роботи + візуальна оцінка)



Алгоритм Curvelet Transform

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

- 1 один з видів вейвлет-перетворення
- 2 усуває шум вздовж кривих
- 3 працює у частотній області
- 4 складається з кількох незалежних перетворень



Перетворення Фур'є (Fourier Transform)

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
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)

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

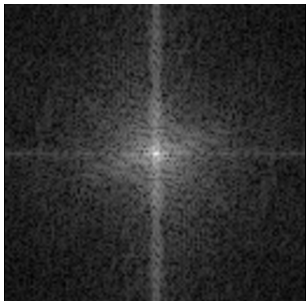
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

операція згортки (convolution) сигналу з фільтром довільної довжини виконується за лінійний час



вейвлет-фільтри теж можуть бути представлені у частотній області за допомогою комплексних вейвлетів



Перетворення Радона (Radon Transform)

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

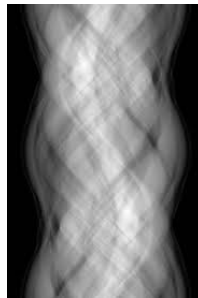
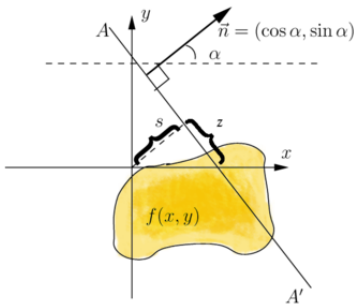
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

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





Projection-Slice Theorem

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

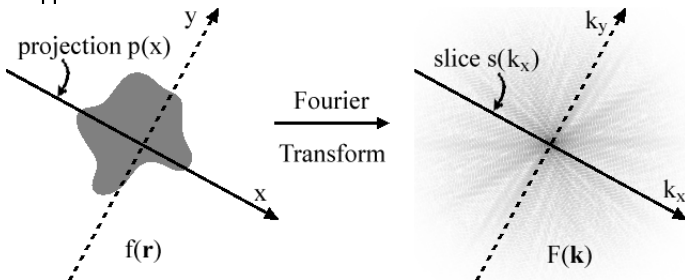
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Зв'язок між перетворенням Фур'є та перетворенням Радона





Ridglet Transform

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

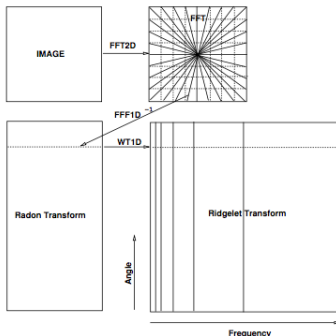
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Це вейвлет-перетворення, застосоване до ліній у



просторі Радона



Ridglet Transform

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Застосовано вейвлет Добеші $D4 = [0.482962, 0.836516, 0.224143, -0.129409]$, висока та низька

частота обчислюються за формулами:

$$\text{high}[v] = y[2*v]*D4[0] + y[2*v+1]*D4[1] + y[2*v+2]*D4[2] + y[2*v+3]*D4[3]$$

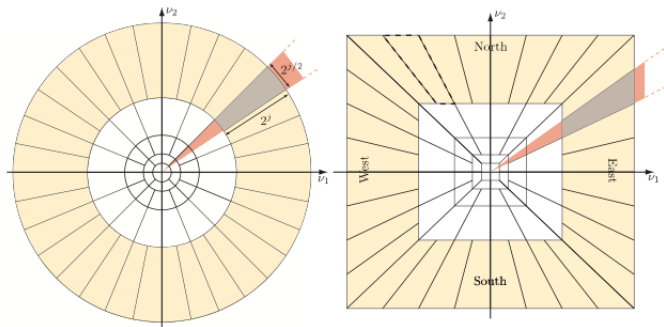
$$\text{low}[v] = y[2*v]*D4[3] - y[2*v+1]*D4[2] + y[2*v+2]*D4[1] - y[2*v+3]*D4[0].$$

Вейвлет-коефіцієнти з абсолютним значенням меншим за заданий поріг встановлюються в 0, потім застосовується обернене перетворення.



Frequency Grid Tiling

Ridgelet-перетворення до областей у полярній системі координат



Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки



Використані технології: C++ та OpenGL

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
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     gl_FragColor = color;
40 }
41 }
```



Діаграма класів Curvelet Transform

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

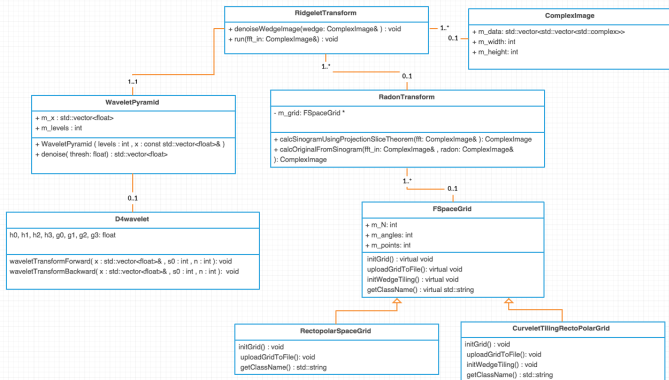
Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки





Поточні результати

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях
Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

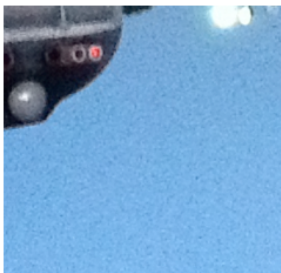
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Зашумлене зображення(зліва) та результат роботи
алгоритму(справа)





Поточні результати

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

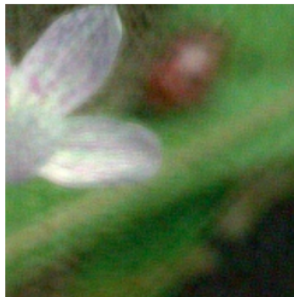
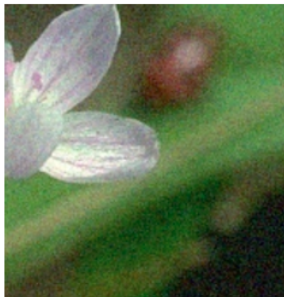
Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Зашумлене зображення(зліва) та результат роботи
алгоритму(справа)





Висновки

Алгоритми та
ПЗ для
усунення шуму
на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

- 1 розроблено базову версію алгоритму Curvelet Transform
- 2 буде покращено схему інтерполяції та обрано інший тип вейвлета
- 3 це допоможе досягнути вищої візуальної якості



Алгоритми та ПЗ для усунення шуму на зображеннях

Ольга Павлюк

Проблема шуму
в зображеннях

Визначення
Характеристики
Існуючі
алгоритми
усунення шуму

Завдання
магістерського
дослідження

Алгоритм
Curvelet
Transform

Використані
технології

Поточні
результати

Висновки

Дякую за увагу!