



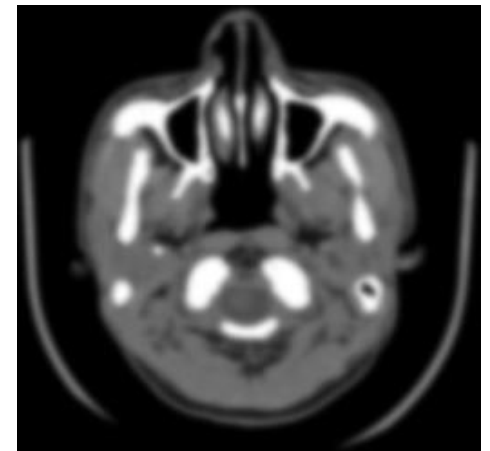
Система покращення якості зображень

Виконав: Ляхевич Олександр Володимирович, КА-51м

Керівник: к.т.н., доцент Дідковська Марина Віталіївна

Актуальність

- Астрономія (зображення з телескопів)
- Супутникові зображення
- Криміналістика (відновлення автомобільних номерів, тощо)
- Медицина (знімки МРТ, КТ)



Мета, об'єкт та предмет дослідження

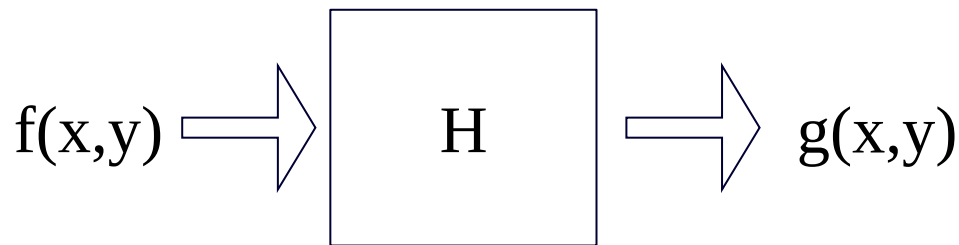
- **Метою роботи** є розробка системи покращення якості зображень
- **Об'єктом дослідження** є методи покращення якості зображень
- **Предметом дослідження** є методи відновлення розмитих зображень

Постановка задачі

- Дослідити методи покращення розмитого зображення
- Дослідити методи покращення зображення на основі серії знімків
- Запропонувати модифікований/комбінований метод відновлення зображення
- Розробити систему покращення якості знімків

Функція розподілу точки (PSF)

Функція розподілу точки, Point Spread Function (PSF) — реакція лінійної стаціонарної системи на точкове джерело світла, тобто імпульсна перехідна функція системи.

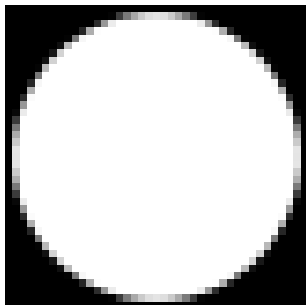


$f(x,y)$ — неспотворене
зображення,
 H — спотворюючий
оператор,
 $g(x,y)$ — спотворене
зображення

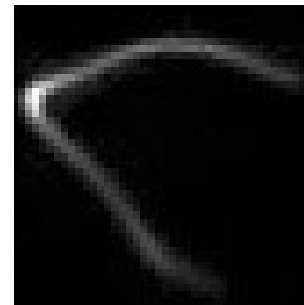
Іншими словами, PSF — те, у що перетворюється кожна точка початкового (неспотвореного) зображення.

Приклади PSF

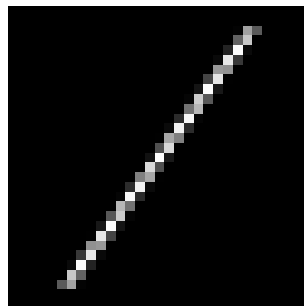
Розфокусування



Криволінійне
розмиття



Прямолінійне
розмиття



Математична модель

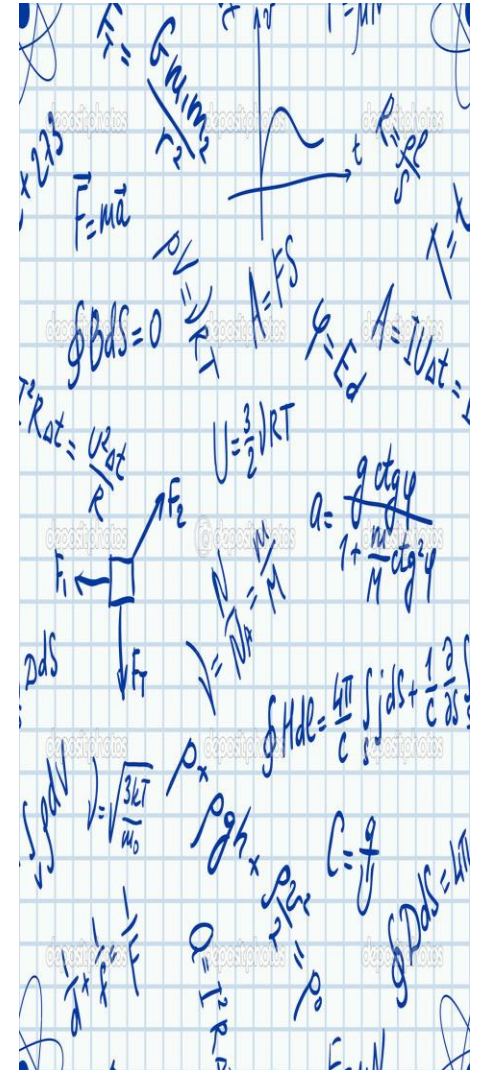
Спотворення зображення можна описати наступним чином:

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

де $g(x,y)$ — спотворене зображення,
 $h(x,y)$ — функція розподілу точки,
 $f(x,y)$ — неспотворене зображення,
 $n(x,y)$ — шум.

Використовуючи теорему про згортку, для відповідних Фур'є образів це можна записати так:

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



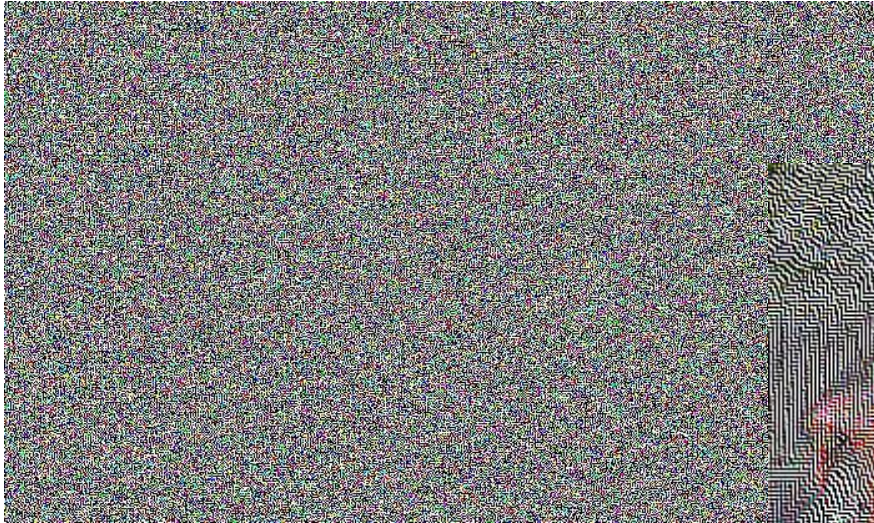
Інверсна фільтрація

Метод інверсної фільтрації для побудови оцінки неспотвореного зображення полягає в наступному:

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

На жаль, метод є зовсім не стійким до шумів, через ситуацію, коли $H(u, v)$ набуває нульових значень.

Результати інверсної фільтрації



Бачимо, що метод практично не має застосування на реальних зображеннях.

Регуляризація Тихонова

Один із способів подолання проблеми шуму полягає в регуляризації задачі, яка досягається заміною вихідної задачі на задачу знаходження мінімуму певного згладжуючого функціоналу.

В якості такого функціоналу можна використовувати квадрат норми оператора Лапласа.

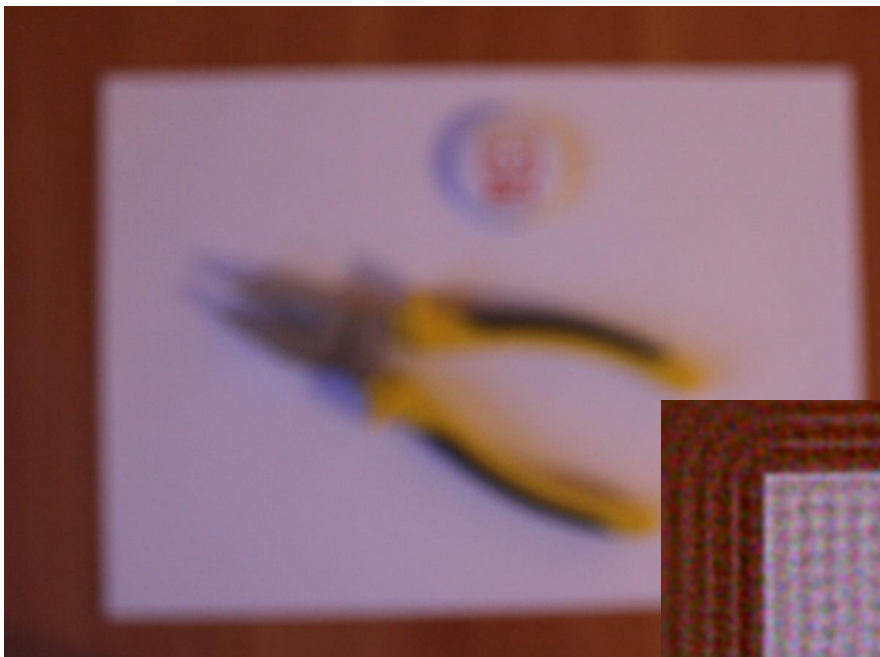
Отримана оцінка:

$$\hat{F}(u, v) = \left(\frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + \gamma |P(u, v)|^2} \right) G(u, v)$$

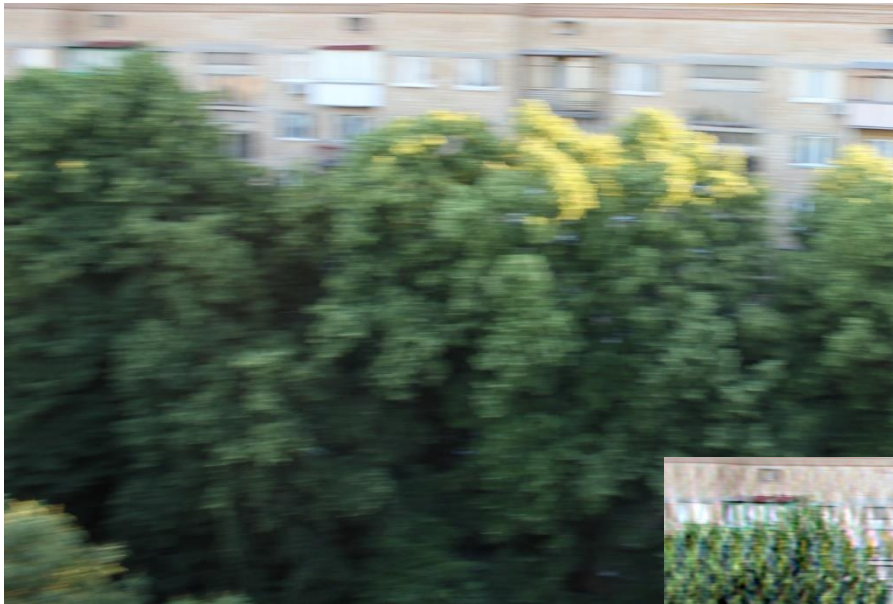
де γ — параметр регуляризації,

$P(u, v)$ — Фур'є образ дискретного оператора Лапласа

Результати регуляризації Тихонова



Результати регуляризації Тихонова



Фільтрація Вінера

Розглянемо зображення та шум як випадкові процеси і спробуємо знайти мінімум середньоквадратичного відхилення оцінки від неспотвореного зображення:



$$e^2 = E|f - \hat{f}|^2$$

Отримаємо наступну оцінку:

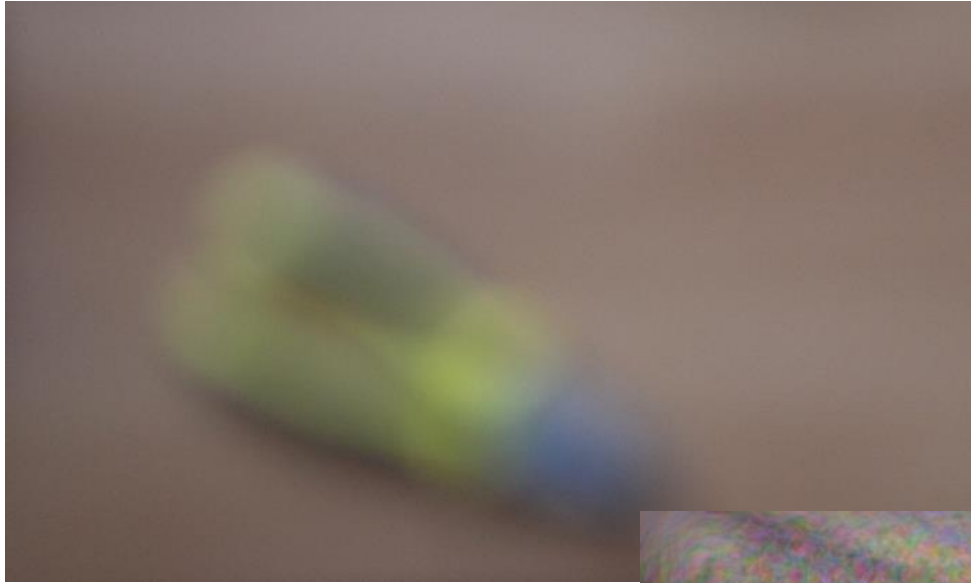
$$\hat{F}(u, v) = \left(\frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_n(u, v)/S_f(u, v)} \right) G(u, v)$$

де S_n — енергетичний спектр шуму,
 S_f — енергетичний спектр зображення.

Результати фільтрації Вінера



Результати фільтрації Вінера



Проблема недостачі інформації на краях зображення

Через недостачу інформації на краях зображення виникають артефакти у вигляді «дзвону».

Щоб уникнути їх, була запропонована модифікація методу обробки країв. Вона полягає в доповненні зображення рамкою шириною в радіус розмиття, яка розмивається тією ж функцією, якою було розмите вхідне зображення.



Порівняння методів

Для порівняння методів були взяті зображення, які були розмиті та був накладений адитивний шум. Було обраховане середньоквадратичне відхилення від оригіналу.

		Дисперсія шуму			
		10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	1
М е т о д	Інверсна фільтрація	184	213	3445	3675
	Інверсна фільтрація (з модифікацією обробки країв)	172	213	3324	3543
	Фільтр Вінера	75	84	101	132
	Фільтр Вінера (з модифікацією обробки країв)	69	79	87	111
	Регуляризація Тихонова	83	98	113	124
	Регуляризація Тихонова (з модифікацією обробки країв)	80	88	108	117

Покращення якості зображення з серії зображень



Завдання – знайти зображення високої роздільної здатності, маючи серію зображень низької роздільної здатності. Прикладом такої серії може бути відео з камери відеоспостереження.

Модель отриманих зображень

$$\underline{Y}_k = D_k H_k^{cam} F_k \underline{X} + V_k, \quad k=1, \dots, N$$

D_k - дискретизуючий оператор

H_k^{cam} - PSF розмиття камери

F_k - оператор руху

$\underline{X}$ - ідеальне зображення

V_k - адитивний шум



Задача мінімізації

$$\hat{\underline{X}} = \underset{\underline{X}}{\text{ArgMin}} \left[\sum_{k=1}^N \rho(\underline{Y}_k, D_k H_k F_k \underline{X}) \right]$$

Де ρ - певна відстань між матрицями.
Яка?

Розглянемо відстані на основі норм L_1 та L_2 .

$$\hat{\underline{X}} = \underset{\underline{X}}{\text{ArgMin}} \left[\sum_{k=1}^N \|D_k H_k F_k \underline{X} - \underline{Y}_k\|_2^2 \right]$$

Регуляризація

Задача Super Resolution – некоректно визначена, а тому вимагає регуляризації:

$$\hat{\underline{X}} = \underset{\underline{X}}{\text{ArgMin}} \left[\sum_{k=1}^N \rho(\underline{Y}_k, D_k H_k F_k \underline{X}) + \lambda \Upsilon(\underline{X}) \right]$$

Υ – регуляризуюча функція

Регуляризація

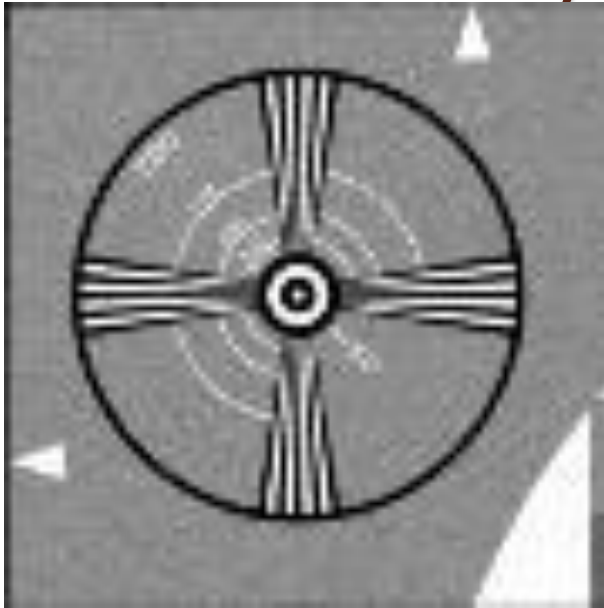
Регуляризація Тихонова

$$\Upsilon_T(\underline{X}) = \|\Gamma \underline{X}\|_2^2$$

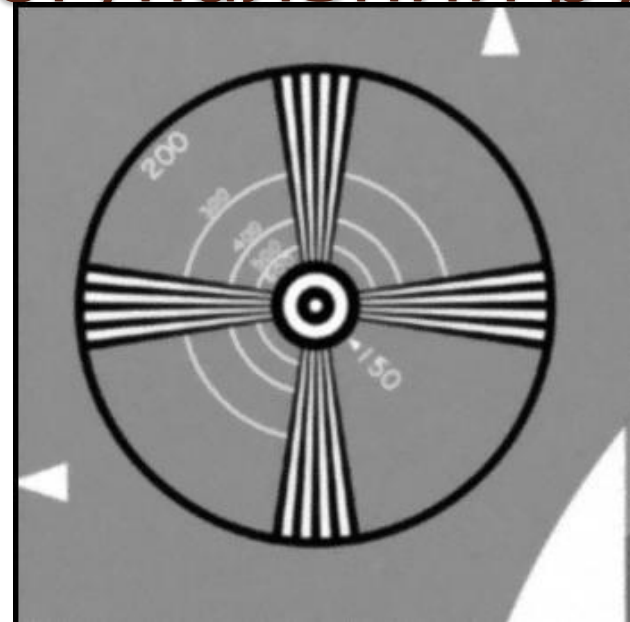
Total Variation

$$\Upsilon_{TV}(\underline{X}) = \|\nabla \underline{X}\|_1$$

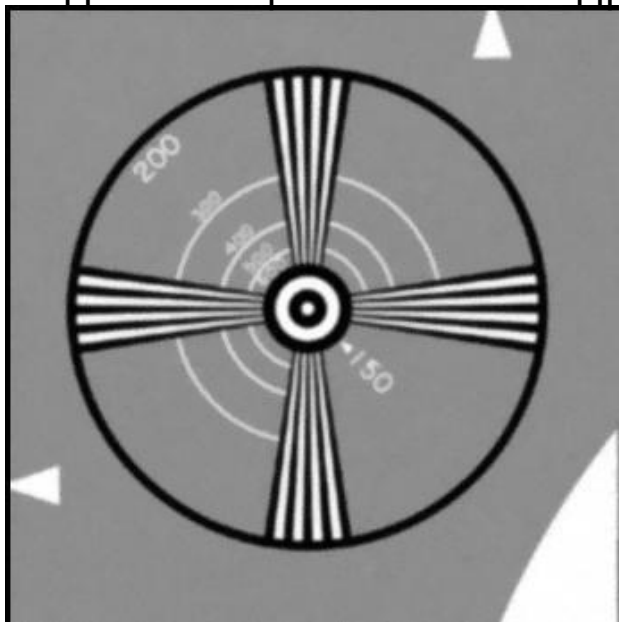
Низький шум, поступальний рух



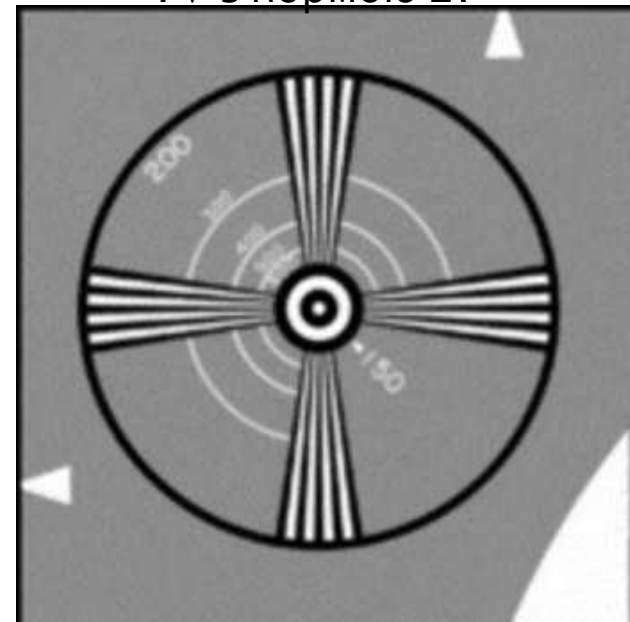
Один з 16 оригінальних кадрів



TV з нормою L1



TV з нормою L2



Регуляризація Тихонова

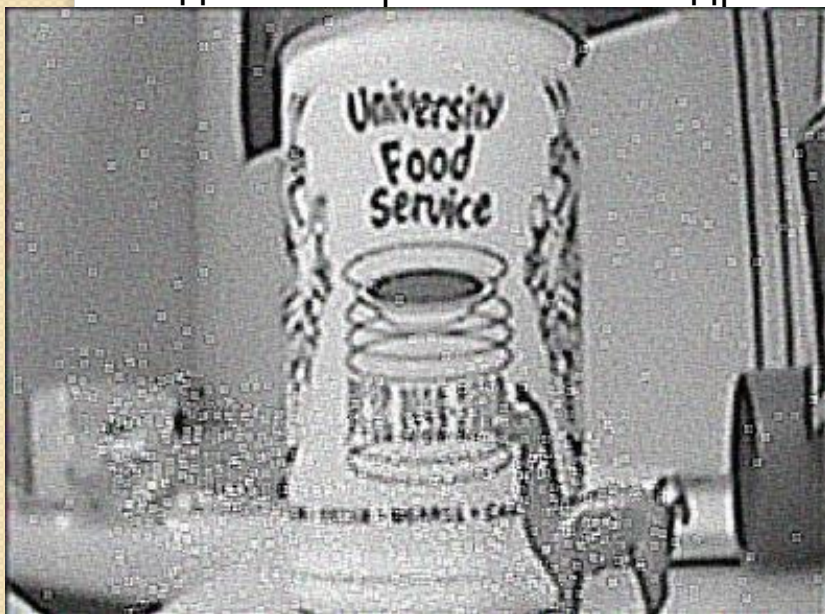
Низький шум, рухомі об'єкти



Один з 18 оригінальних кадрів



TV з нормою L1



TV з нормою L2

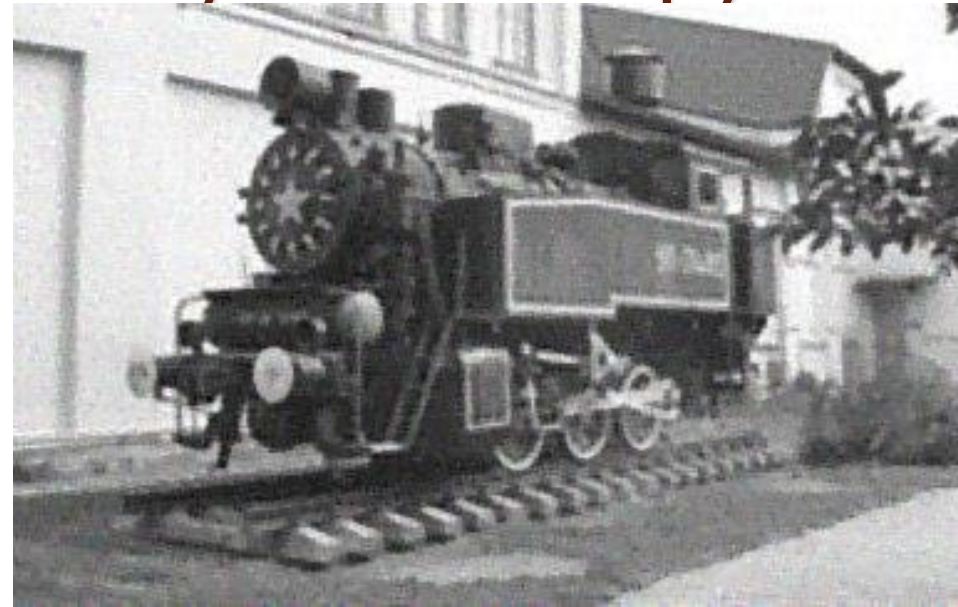


Регуляризація Тихонова

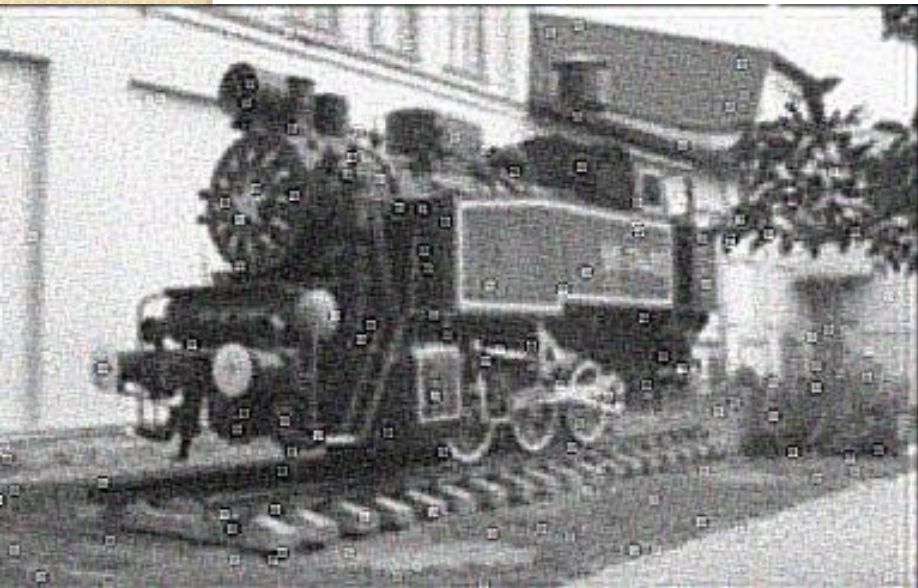
Піковий шум, поступальний рух



Один з 24 оригінальних кадрів



TV з нормою L1



TV з нормою L2



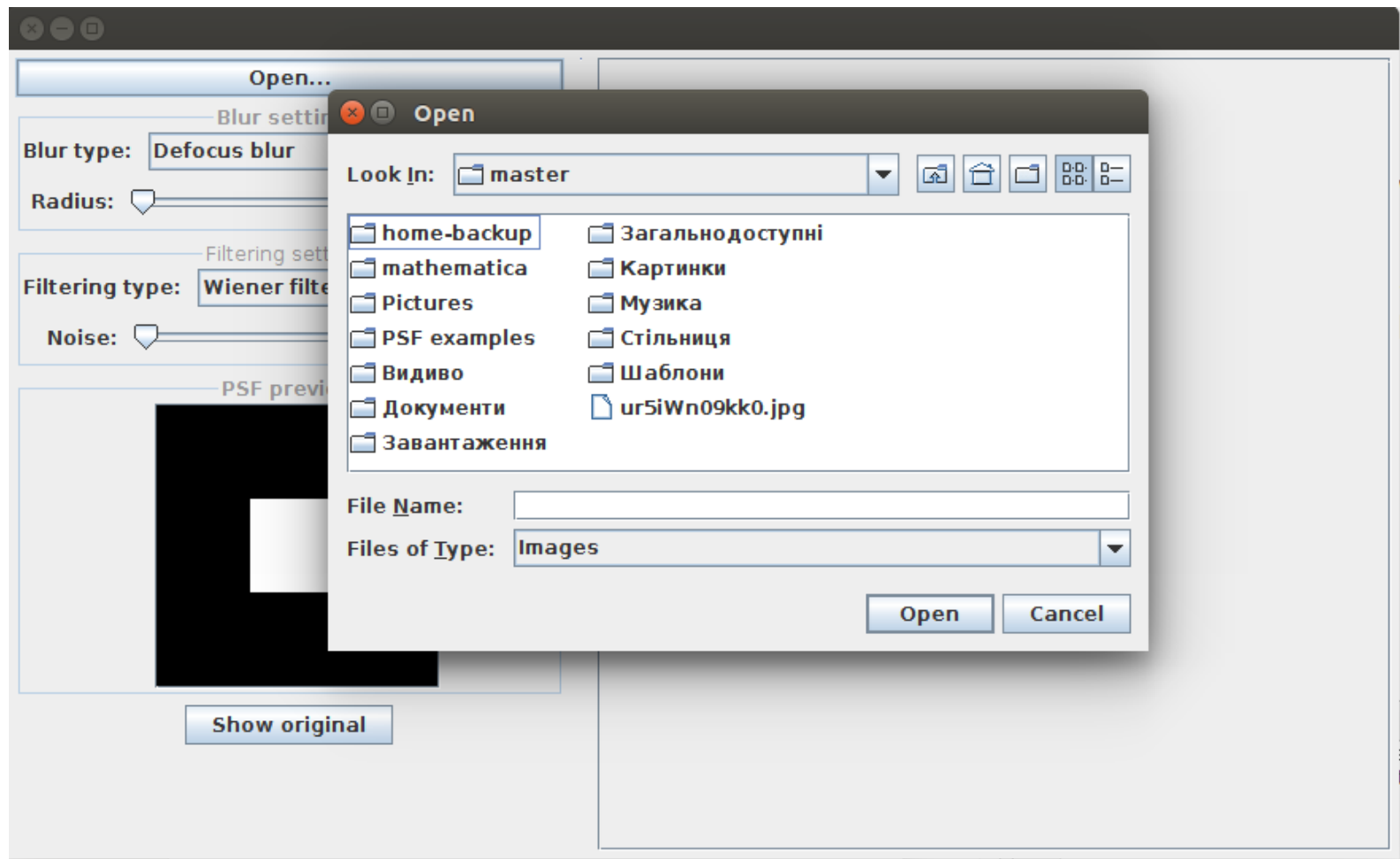
Регуляризація Тихонова

Порівняння результатів

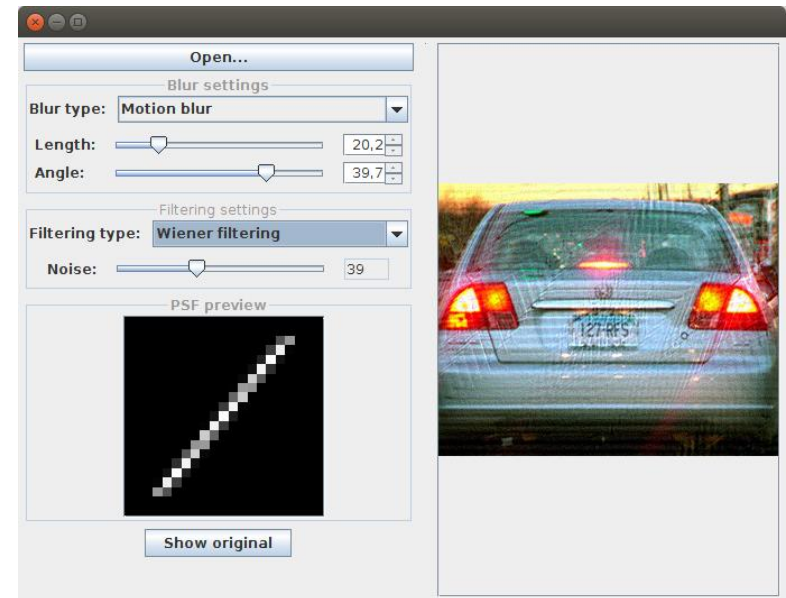
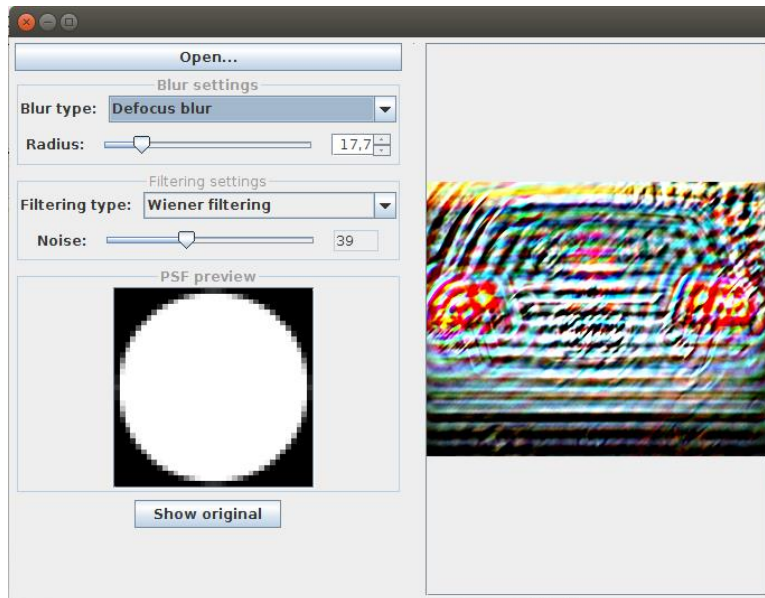
Середньоквадратичне відхилення від ідеального зображення
(менше - краще)

	TV з метрикою L1	TV з метрикою L2	Регуляризація Тихонова
Гаусівський шум, поступальний рух	341	328	536
Гаусівський шум, рухливі об'єкти	476	687	776
Гаусівський та піковий шум, поступальний рух	482	772	886

Робота системи



Робота системи



Висновки



- Були проаналізовані три методи відновлення розмитих зображень — інверсна фільтрація, фільтрація Вінера, регуляризація Тихонова.
 - Найкращий: метод фільтрації Вінера з вдосконаленою обробкою країв.
- Були проаналізовані методи для отримання більш якісного зображення з серії зображень: Total Variation (з викорисатанням метрик $L1$ та $L2$) та метод регуляризації Тихонова.
 - Найкращий: метод Total Variation з метрикою $L1$, який дозволяє отримати зображення гарної якості, та є стійким до шумів та сторонніх точок.

Висновки

- Новизна
 - Було запропоновано вдосконалення до методу обробки країв для компенсації крайових ефектів.
- Практична цінність
 - Розроблено систему покращення якості зображень яка може бути застосована в медицині, астрономії, криміналістиці тощо.



Апробація роботи

- Ляхевич О. В. Система покращення якості зображень/ О.В. Ляхевич // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2017. – К.: ННК“ІПСА” НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017.

Подальші шляхи розвитку

- Використання згорткових нейронних мереж для методу Super-resolution