

**Загальний огляд основних
методів та алгоритмів
обробки даних ДЗЗ:**

**Точкові та алгебраїчні
операції із зображеннями,
просторово-частотна
фільтрація**

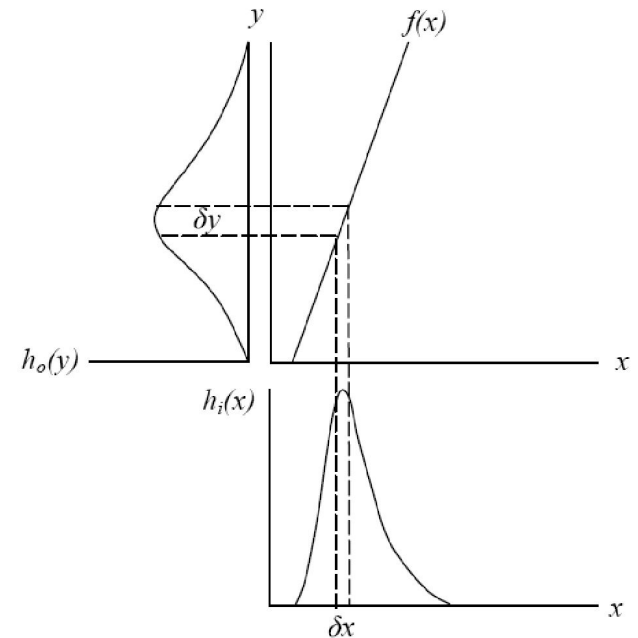
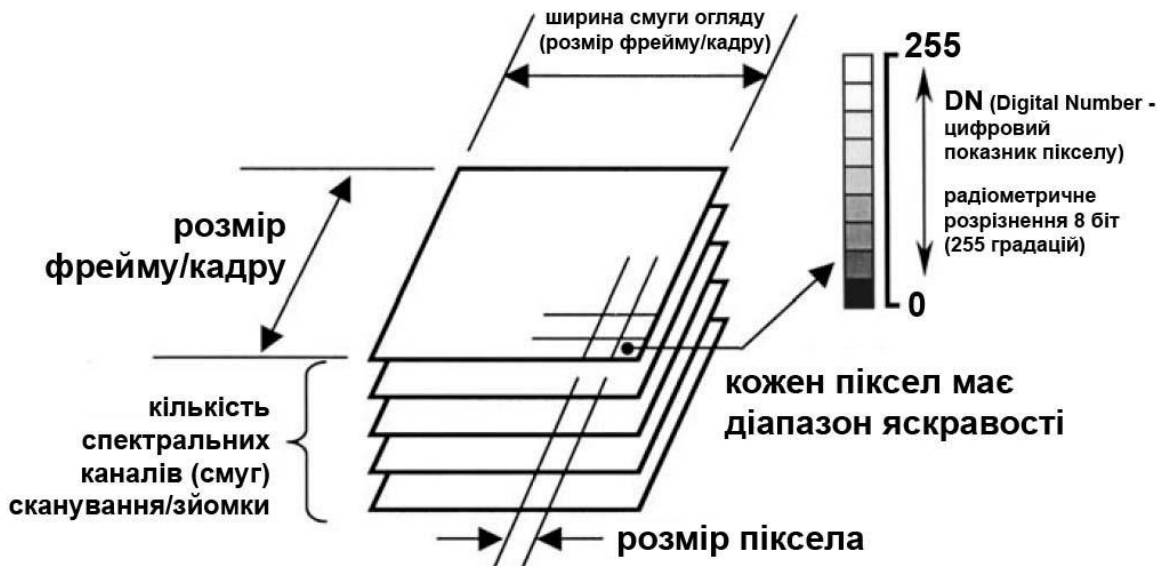
3. Операції із зображеннями: точкові операції

Розподіл щільності фототону зображення

величина зареєстрованого сигналу в пікселі x , якій знаходиться в рядку i та стовбці j (x_{ij}) дорівнює y_{ij} , тоді розподіл контрасту по площі знімку буде визначатися:

$$y_{ij} = f(x_{ij})$$

Розподіл певної кількості пікселів x з фіксованим контрастом y на рівні $h_i(x)$ має назву **гістограми зображення**



Терміни та визначення

ГІСТОГРАМА - функція, визначена на множині значень яскравості, областю значень якої є додатні цілі числа. Значенням функції $f(L)$ у деякій точці є частота появи значення, яскравості, тобто кількість елементів (пікселів) зображення, які мають значення яскравості L

Точкові операції із зображеннями

зміни гістограм зображень (розподілів щільності фототону), відповідно до певних законів – точкові операції із зображеннями:

лінійне збагачення контрасту

$$y = ax + b$$

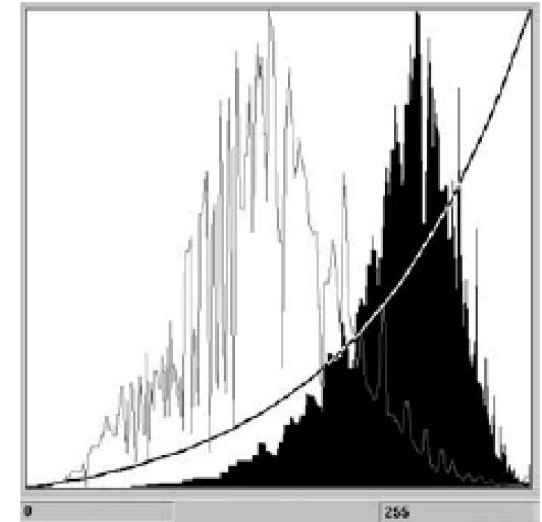
логарифмічне/експоненційне збагачення контрасту

$$y = b \cdot e^{ax+1}$$

$$y = b \cdot \ln(ax + 1)$$



Застосування процедури лінійного збагачення контрасту



Гістограма зображення після процедури експоненційного збагачення контрасту

Точкові операції із зображеннями

гаусова підгонка гістограм (виходячи із статистичних параметрів розподілу щільності фототону)

$$y = g^{-1} \{f(x)\}$$

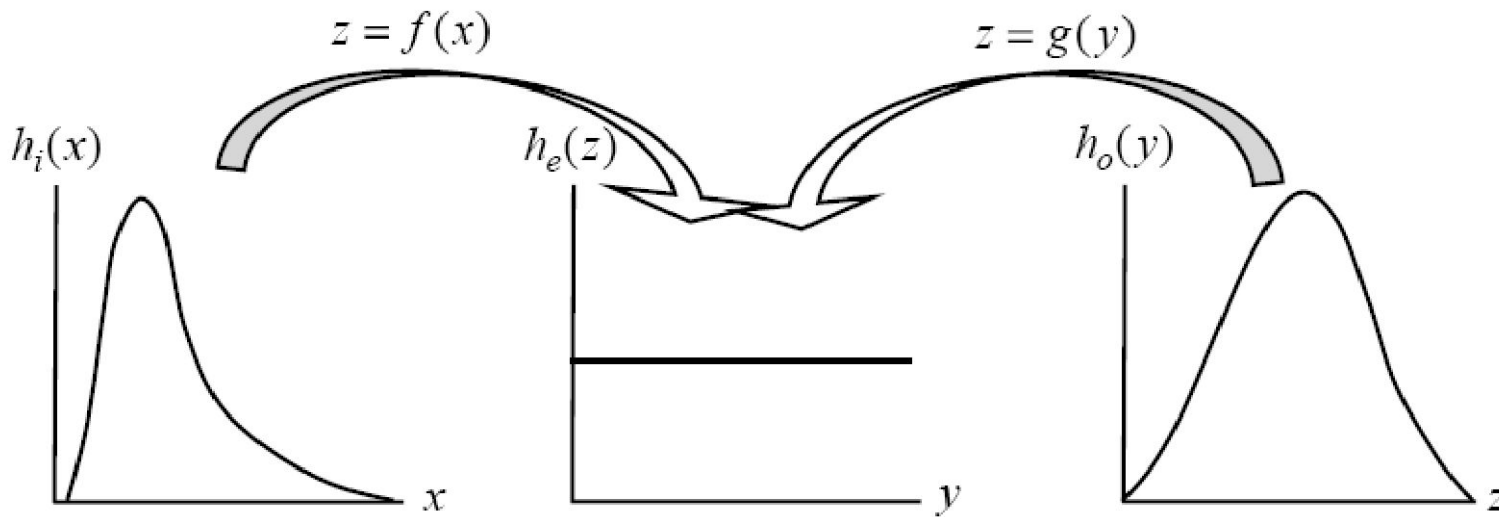


Схема процедури гаусового збагачення контрасту

Точкові операції із зображеннями

балансові методи збагачення контрасту

$$y = a(x - b)^2 + c$$



Зображення Landsat ETM після застосування процедури балансового збагачення контрасту за параболічним законом (Balance Contrast Enhancement Technique - BCETE)

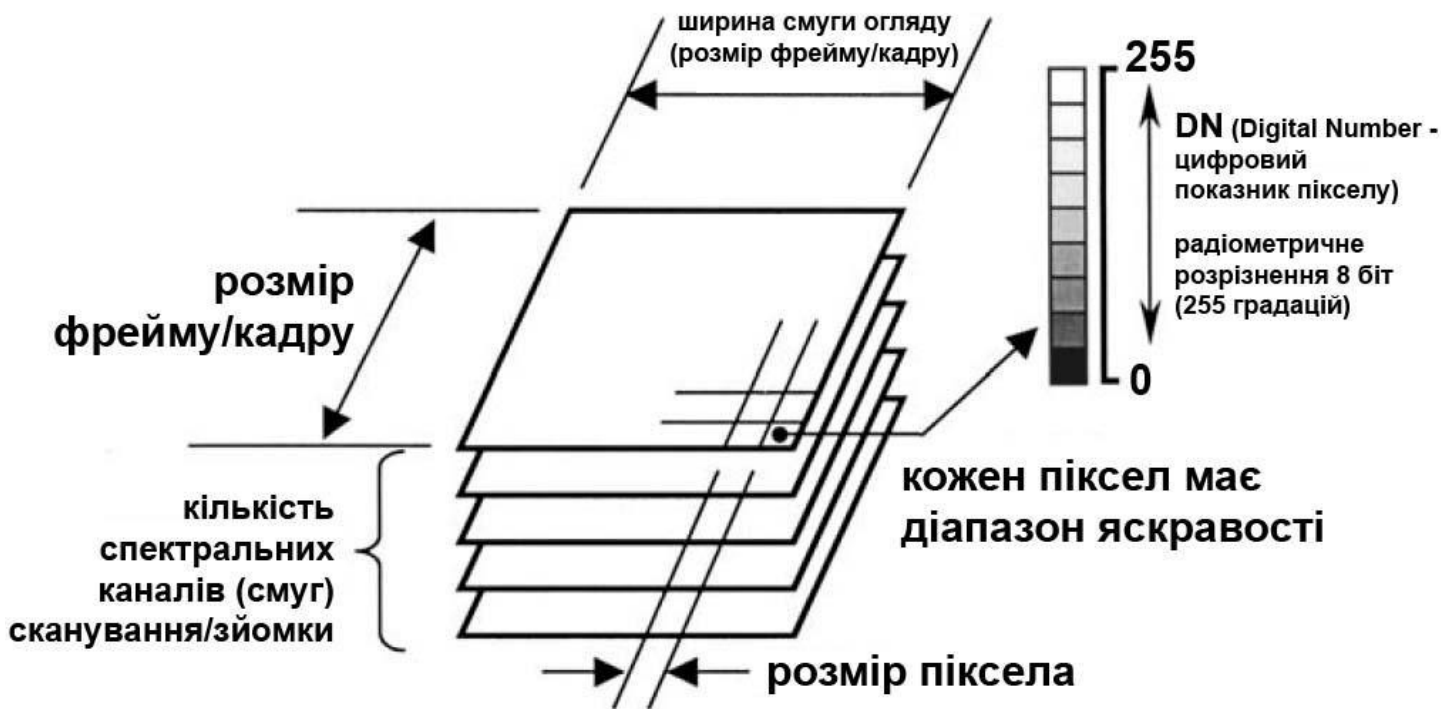
3. Операції із зображеннями: алгебраїчні операції

Алгебраїчні операції із зображеннями

Алгебраїчні операції, або точкові операції з багатьма зображеннями, це застосування арифметичних, логарифмічних, експоненційних, або тригонометричних функцій по відношенню до показників щільності фототону кожного пік селу різних шарів з утворенням нового зображення, тобто можуть бути визначені як:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

де n – кількість шарів зображення або смуг знімання



Алгебраїчні операції із зображеннями

додавання зображень

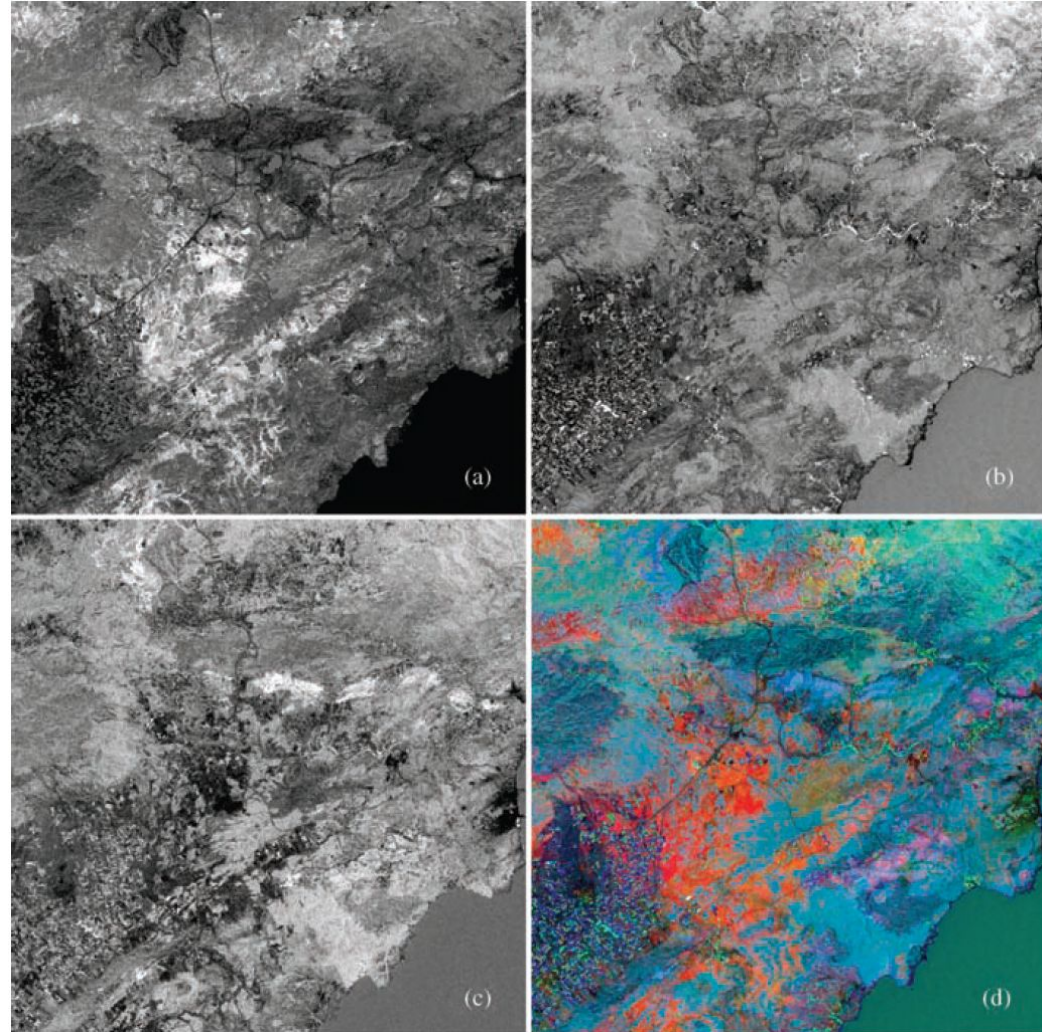
$$Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n w_i X_i$$

віднімання зображень

$$Y = \frac{1}{k} (w_i X_i - w_j X_j)$$

де w – вагові коефіцієнти,
 k - масштабний фактор

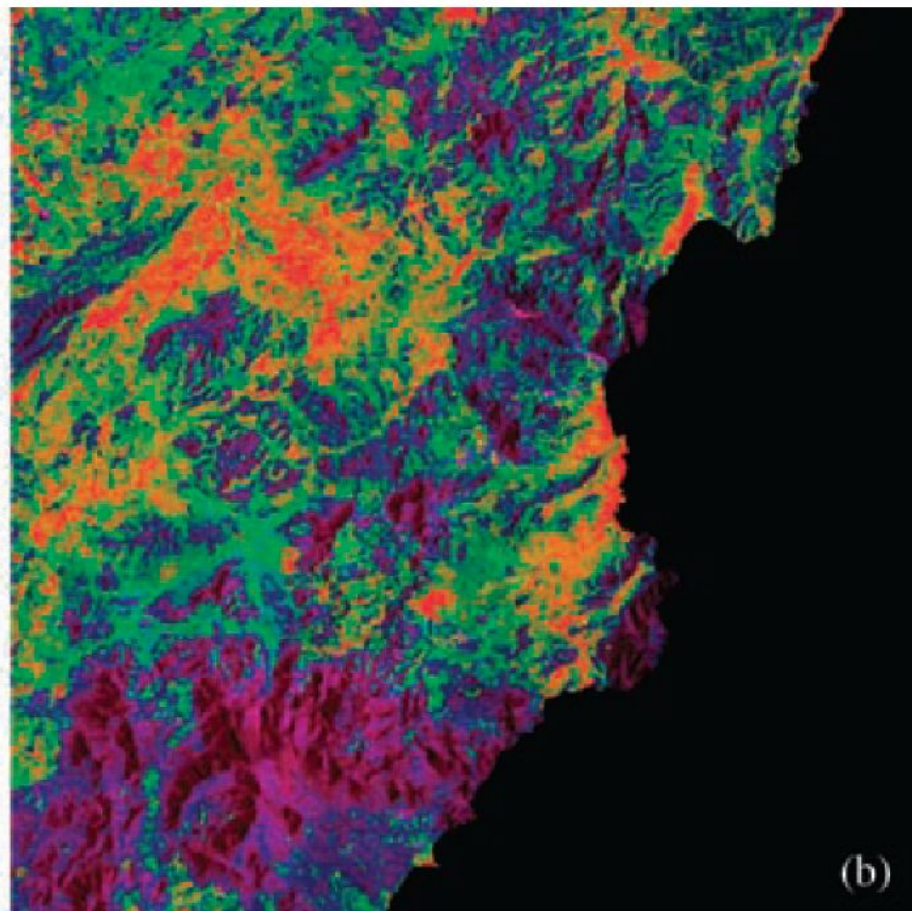
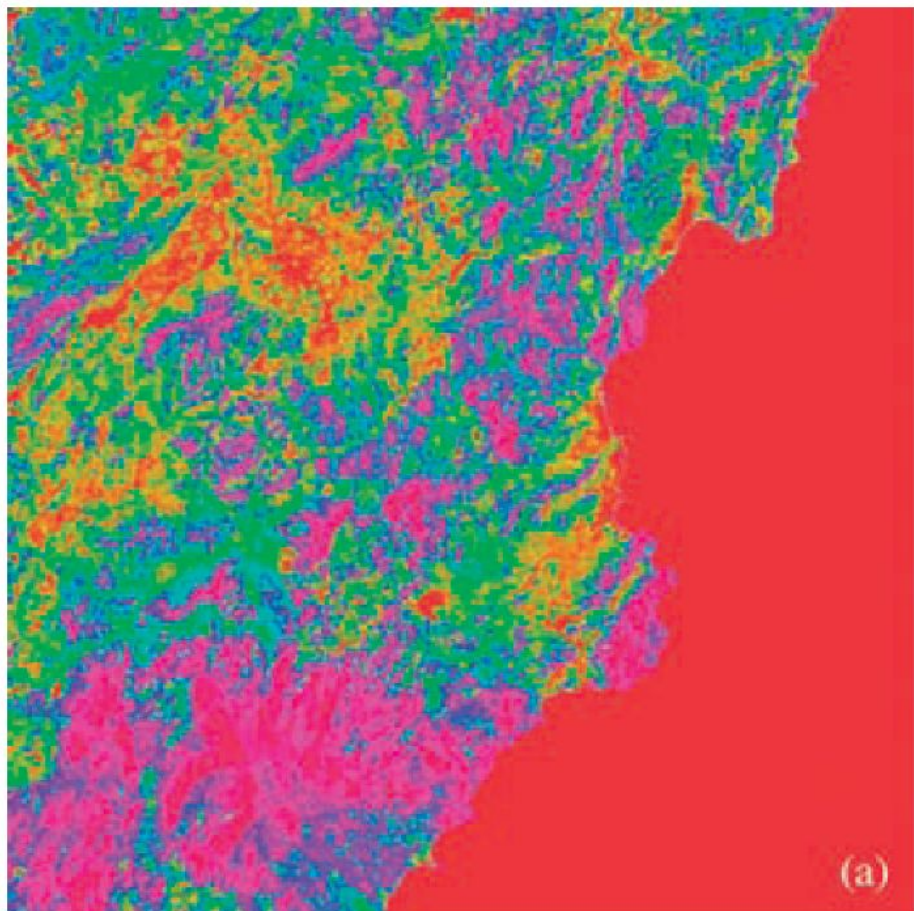
Віднімання зображень Landsat TM: a) TM3-TM1 (глина); b) TM4-TM3 (рослинність); c) TM5-TM7 (оксиди заліза); d) композиція RGB = abc



Алгебраїчні операції із зображеннями

множення зображень $Y = X_i \cdot X_j$

Множення зображень Landsat TM: а) результат класифікації вхідного зображення; б) результат множення а) на розподіл інтенсивності вхідного зображення

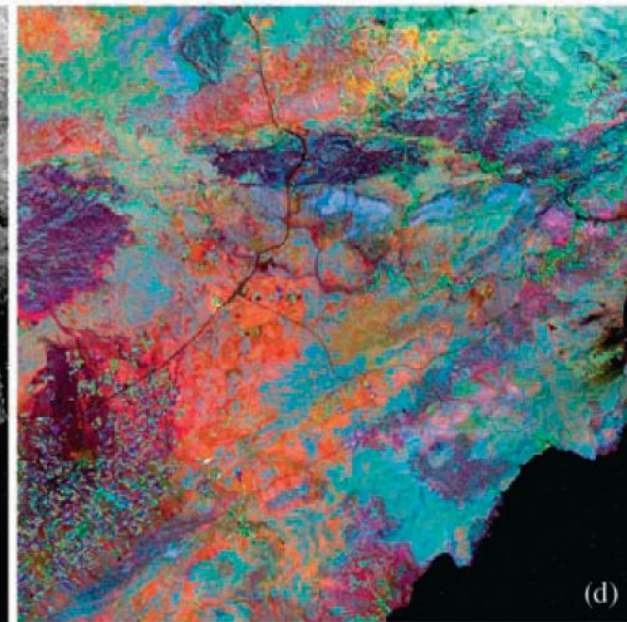
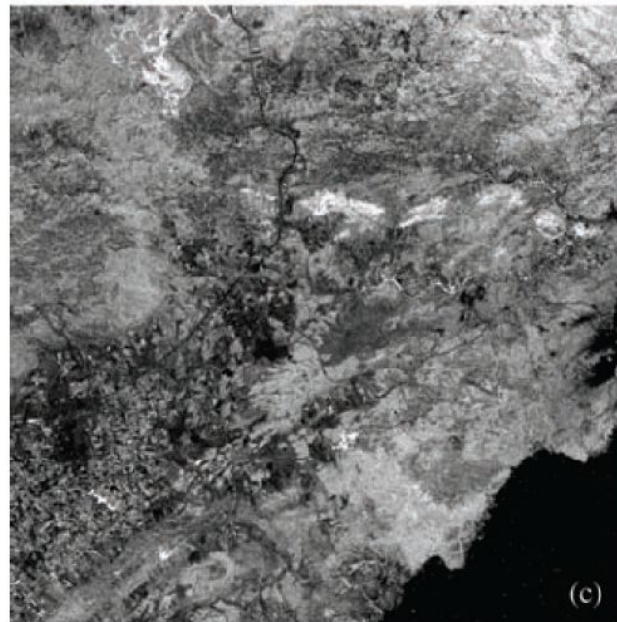
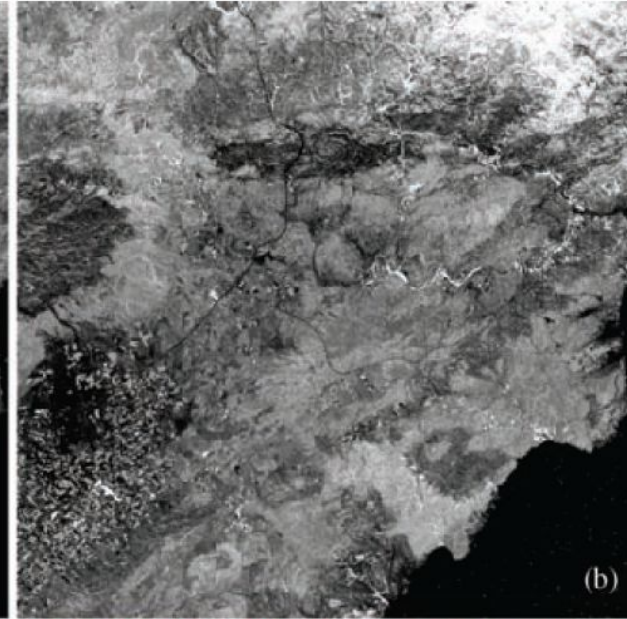
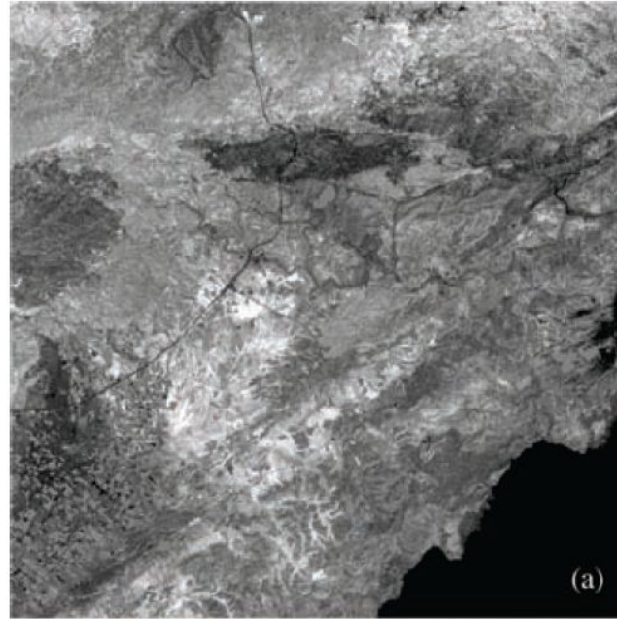


Алгебраїчні операції із зображеннями

ділення зображень

$$Y = \frac{X_i}{X_j}$$

Ділення зображень Landsat
TM: a) TM3/TM1; b)
TM4/TM3; c) TM5/TM7; d)
композиція RGB = abc



Алгебраїчні операції із зображеннями

стандартизація по спектральним каналам

$$Y_i = \frac{X_i}{\frac{1}{k} \sum_{\lambda=1}^k X_{\lambda}}$$

приведення по логарифмічній різниці

$$y_{i\lambda} = e^{\ln(R_{i\lambda})}$$

$$\ln(R_{i\lambda}) = \ln \frac{x_{i\lambda}}{\left(\prod_{\lambda=1}^k x_{i\lambda}\right)^{1/k}} + \ln \frac{\left(\prod_{i=2}^n \prod_{\lambda=1}^k x_{i\lambda}\right)^{1/kn}}{\left(\prod_{i=1}^n x_{i\lambda}\right)^{1/n}}$$

Терміни та визначення

ІНДЕКС – умовний показник, який обчислюється по емпіричній формулі; в результаті арифметичних операцій над яскравостями пікселів космічного зображення (знімку) обчислюється деякий показник (індекс), який дає числову імовірнісну оцінку наявності на поверхні Землі певних речовин, матеріалів (рослинності, мінералів і т. ін.)

Алгебраїчні операції із зображеннями

отримання спектральних індексів і керване покращення якості

$$Y_{NDVI} = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

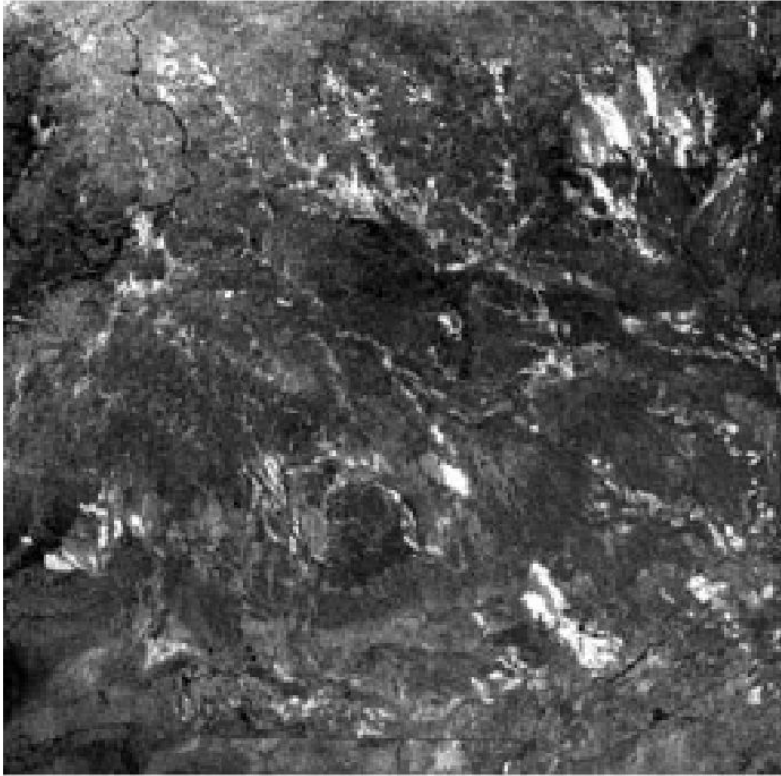
нормалізований диференційний
вегетаційний індекс

$$Y_{IORI} = \frac{Red - \min(Red)}{Blue - \min(Blue) + 1}$$

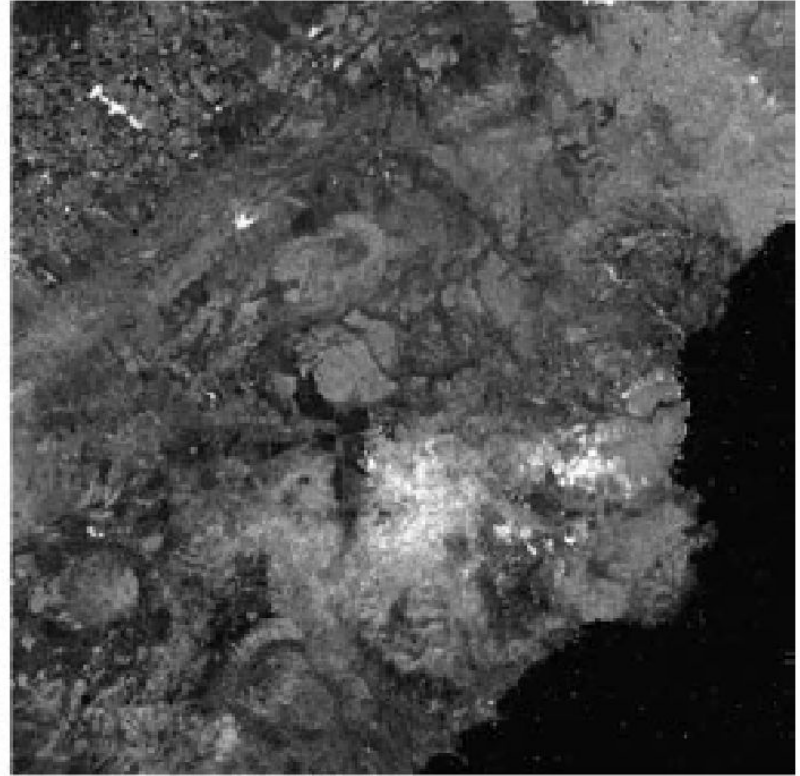
індекс відношення оксиду заліза

Крім того, вивчають розподіл сигналу на зображенні по відношенню до стандартного спектру випромінювання (сонячного чи модельних поверхонь), а також по відношенню до стандартизованих даних спостережень (наприклад, по відношенню до ETM, ASTER, MODIS тощо)

Спектральні індекси



Спектральний індекс
відношення оксиду заліза за
даними Landsat TM

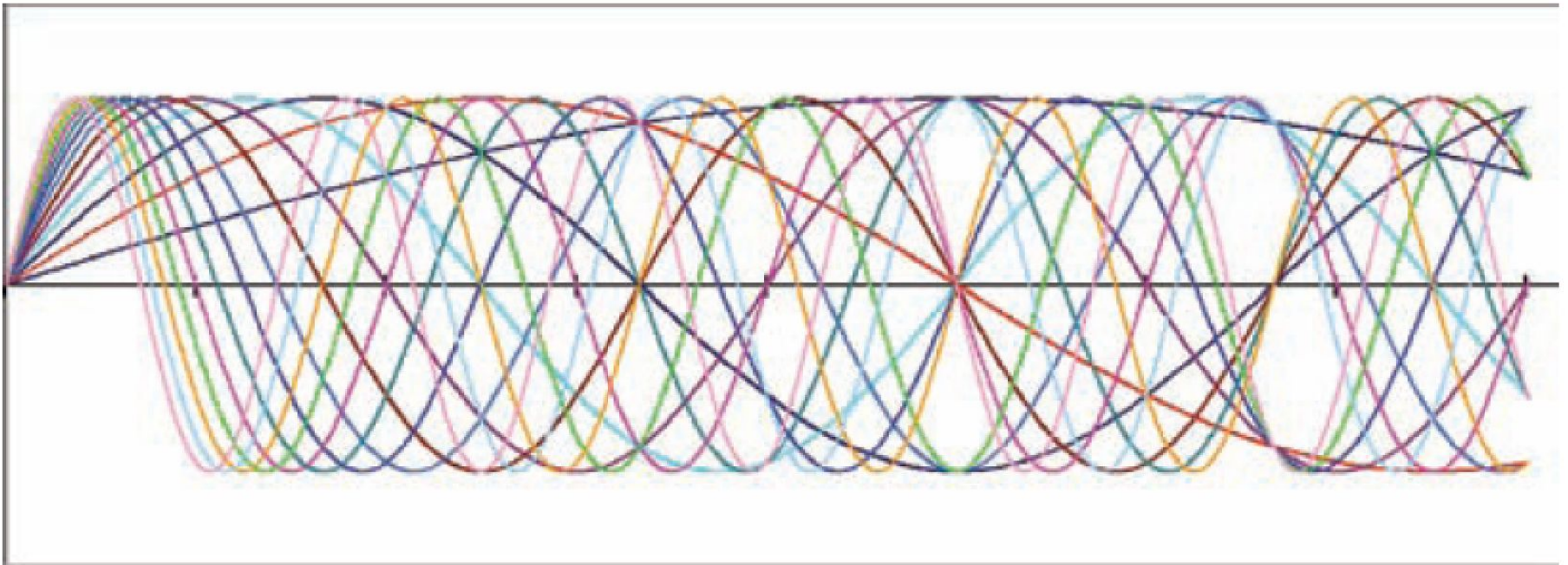


Спектральний індекс
відношення глини за даними
Landsat TM

**4. Просторово - частотні
методи обробки
зображень: фільтрація
зображень**

Фільтрація

Фільтрація є дуже важливою частиною обробки цифрових зображень. Фільтрація базується на аналізі близькості значень характеристик пікселів і тим відрізняється від простих точкових операцій.



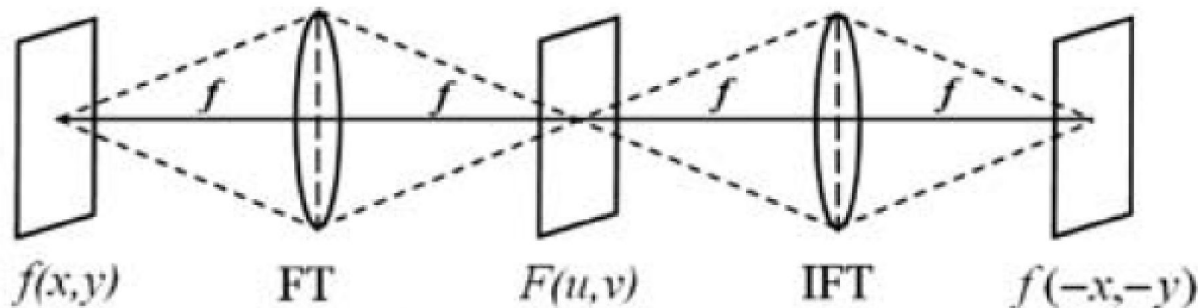
Фільтрація базується на вивченні та трансформуванні просторового скручування (перетворенні функції згортки) ансамблю різночастотних хвиль, що складають спектральний відгук від об'єктів спостереження

Фільтрація Фур'є

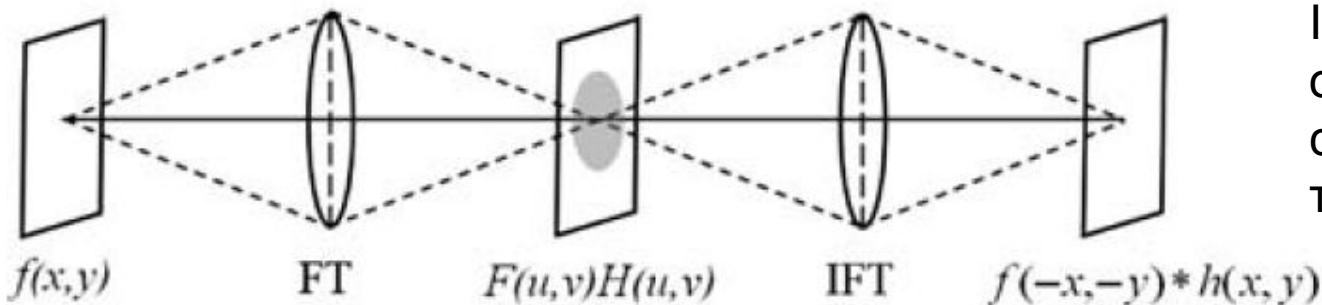
Перетворення Фур'є (Fourier Transformation - FT, Inversed Fourier Transformation - IFT) визначається:

$$FT(f * h) = FT(f)FT(h) = FH$$

обернена форма: $f * h = IFT[FT(f)FT(h)] = IFT(FH)$



Оптична система з
Фур'є
трансформацією



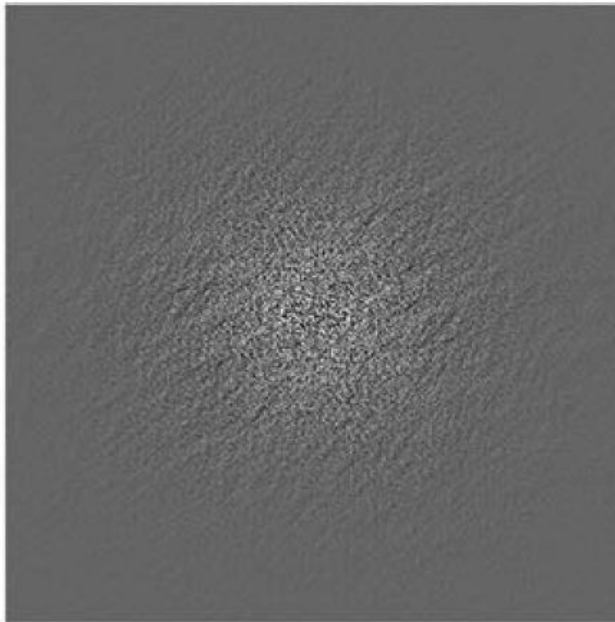
Іконічний фільтр на
основі оптичної
системи з Фур'є
трансформацією

Фільтрація Фур'є

також можна записати: $G = FH$ $g = f * h$ $G = FT(g)$

Класична фільтрація базується на теоремі згортці, яка визначає властивості Фур'є – фільтрації для оптичних систем – згортку розподілу пікселів зображення $f(x, y)$ та функцію точкового розподілу (point spread function – PSF, або гістограму) зображення $h(x, y)$ як:

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) = \iint f(u, v)h(x - u, y - v)dudv$$



Вхідне зображення $f(x, y)$

Частотний спектр Фур'є $F(u, v)$

Низькочастотна фільтрація

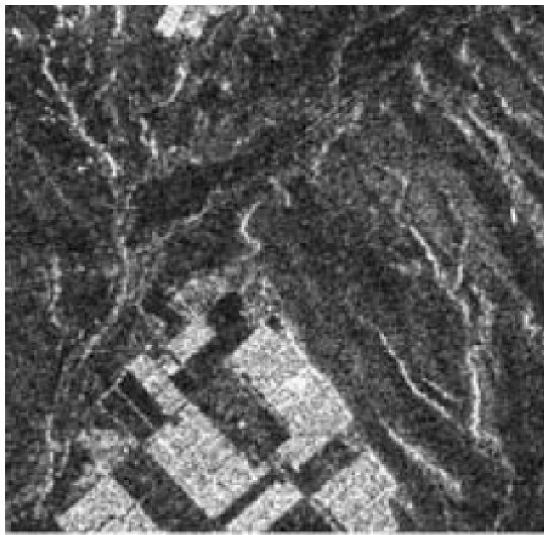
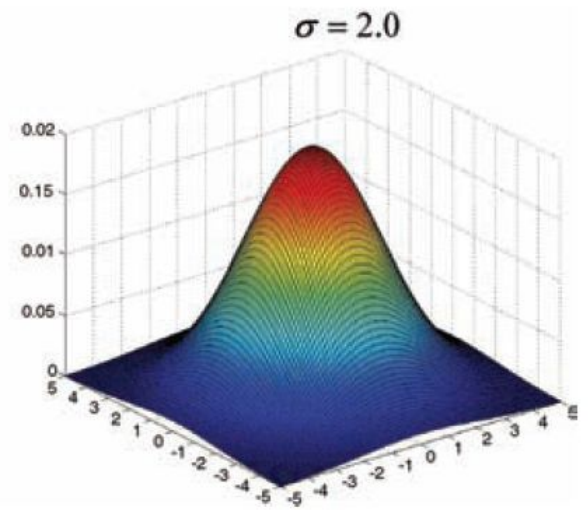
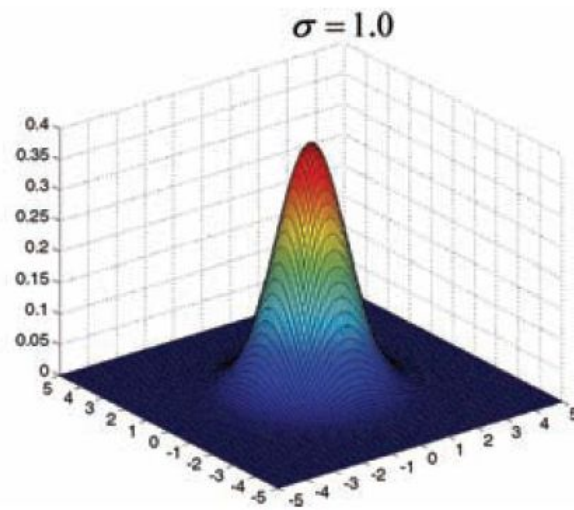
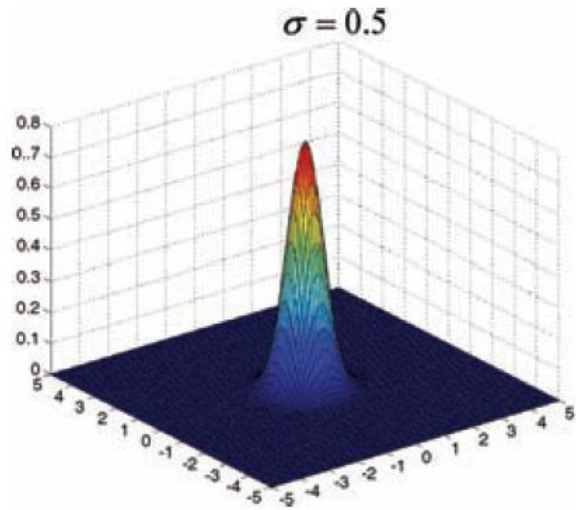
Низькочастотна фільтрація (low-pass filters / smoothing) або згладжування використовуються для видалення з цифрових зображень високочастотних компонент спектру і таким чином, видалення шуму, при цьому, однак, втрачається детальність.

Основні фільтри: фільтр Гауса, медіанний фільтр, фільтр основної модуляції, умовний згладжувальний фільтр тощо

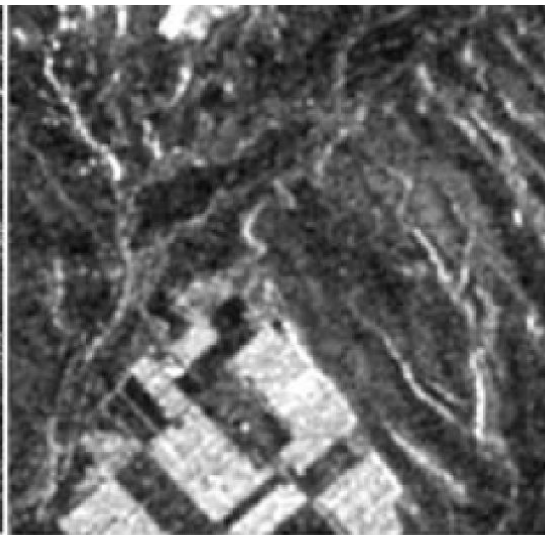
Фільтр Гауса визначається через стандартне відхилення розподілу фототону зображення σ :

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

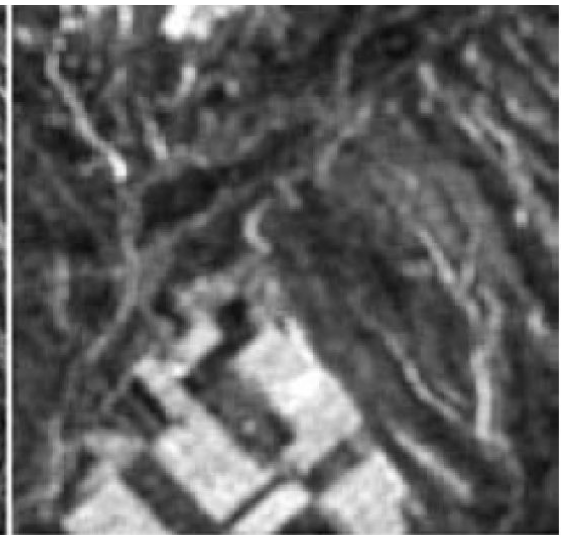
Низькочастотна фільтрація



(a)



(b)



(c)

Ступінь фільтрації залежить від σ та вікна фільтра: а) вхідне зображення; б) фільтрація з розділенням 5X5 пікселів; с) фільтрація з розділенням 9X9 пікселів

Високочастотна фільтрація

Високочастотна фільтрація (high-pass filters / edge enhancement) або підкреслювання країв використовується для видалення низькочастотної складової спектру цифрового зображення і, таким чином, підкреслювання ліній зміни контрастів.

Відповідно, цей метод базується на аналізі першої (градієнтна фільтрація) і другої (фільтр Лапласа) похідних розподілу фототону зображень.

градієнтний фільтр:
$$\nabla f = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \langle i \rangle + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \langle j \rangle$$

де $\langle i \rangle$, $\langle j \rangle$ - одиничні вектори за напрямками x та y відповідно

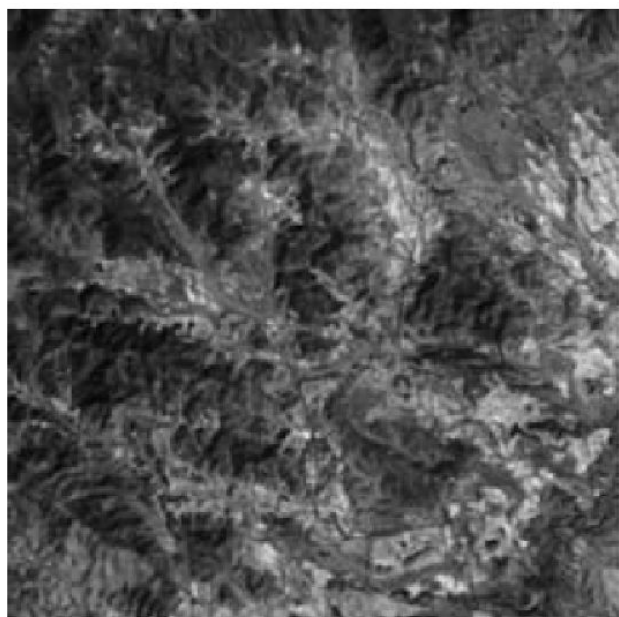
фільтр Лапласа:
$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

Високочастотна фільтрація: градієнтний фільтр

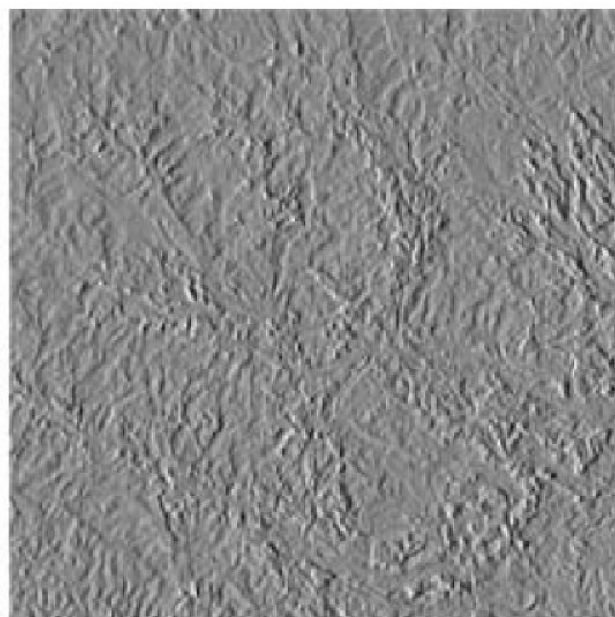
Алгоритм градієнтної фільтрації базується на розрахунку простої різниці між показниками розподілу щільності фотону розрахункового пікселю і сусідніх пікселів у вікні фільтрації, віднесеної до відстаней між ними:

$$g_x = \frac{f(x, y) - f(x + \delta x)}{\delta x}$$

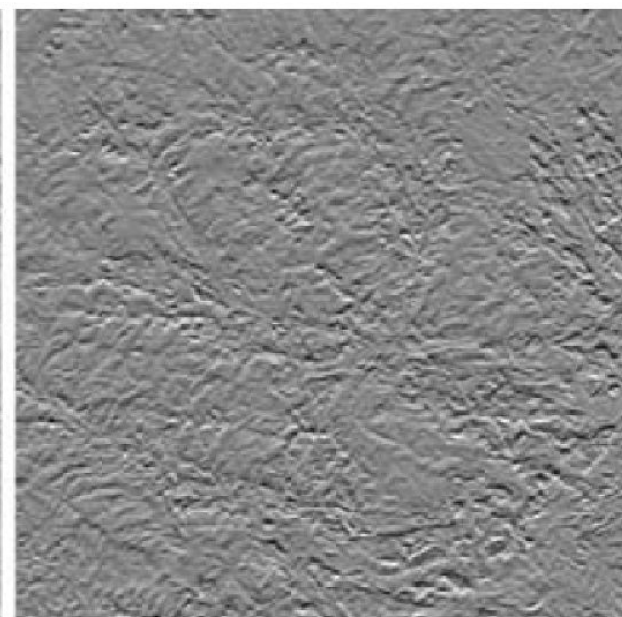
$$g_y = \frac{f(x, y) - f(x, y + \delta y)}{\delta y}$$



(a)



(b)



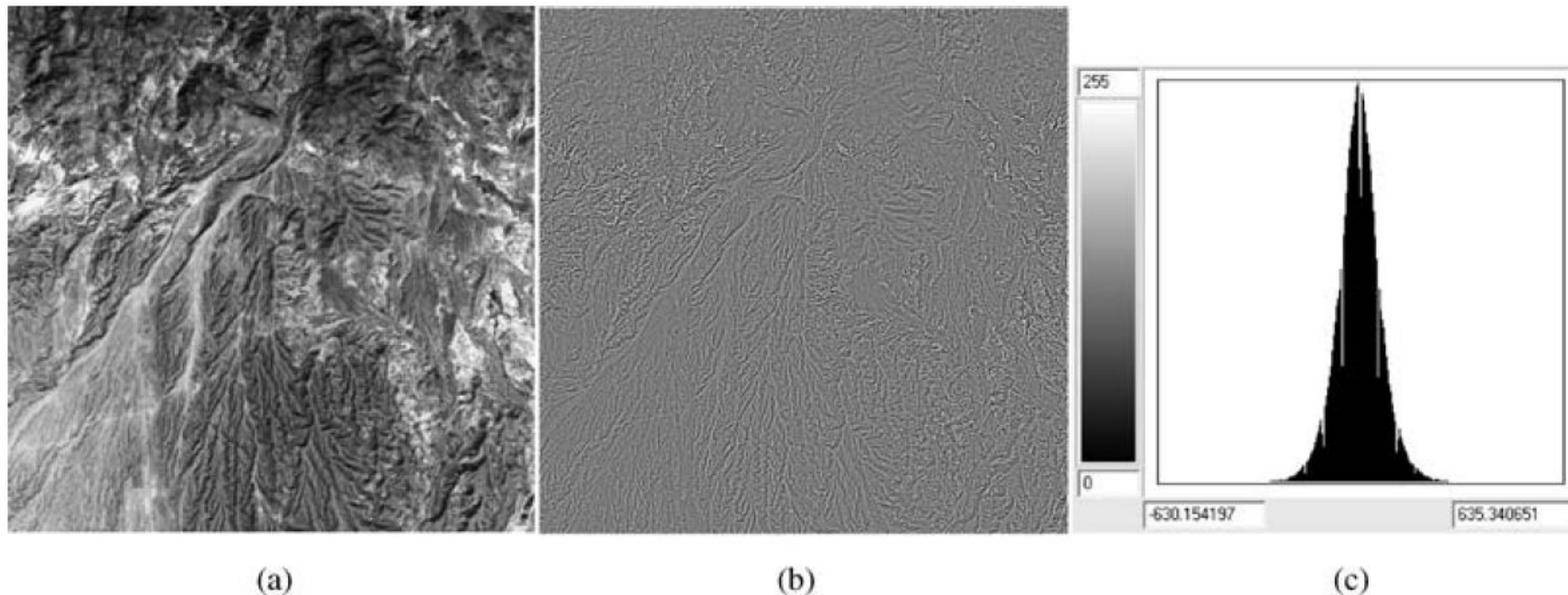
(c)

Вхідне зображення a), і результати градієнтної фільтрації: b) g_x , c) g_y

Високочастотна фільтрація: фільтр Лапласа

Фільтр Лапласа враховує всі наявні різниці між розрахунковим пікселем $f(x,y)$ та його оточенням у вікні фільтрації δx , δy :

$$\nabla^2 f = \sum_{\partial x} \sum_{\partial y} [f(x, y) - f(x + \delta x, y + \delta y)]$$



Вхідне зображення a), b) – результат застосування фільтру Лапласа, c) – гістограма фільтрованого зображення

Локальне збільшення контрасту

Ця процедура базується на значенні статистичних показників розподілів щільності фототону зображень.

В найпростішому випадку використовується середнє значення по віконцю фільтрації та загальне середнє m_0 :

$$y_{ij} = x_{ij} + m_0 - \bar{x}_{ij}$$

Існують інші алгоритми, що використовують додаткові статистичні показники (стандартне відхилення σ) та можливості параметричного контролю (параметр α):

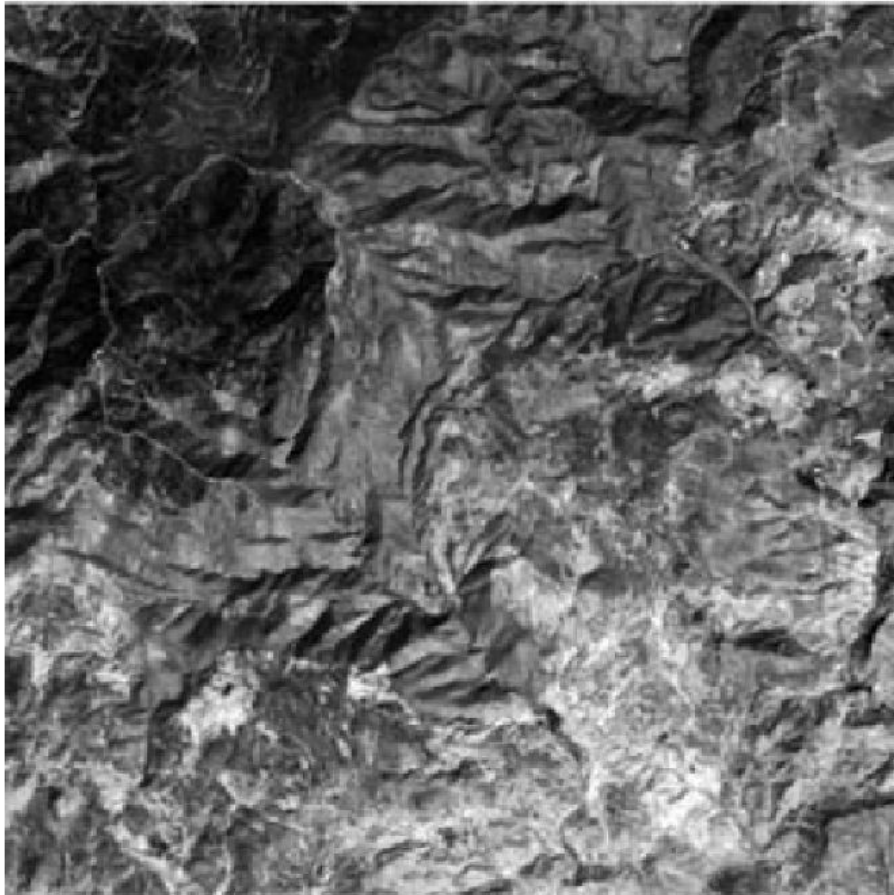
$$y_{ij} = \bar{x}_{ij} + (x - \bar{x}_{ij}) \frac{\sigma_0}{\sigma_{ij} + 1}$$

$$y_{ij} = \alpha m_0 + (1 - \alpha) \bar{x}_{ij} + (x - \bar{x}_{ij}) \frac{\sigma_0}{\sigma_{ij} + 1}$$

Локальне збільшення контрасту

Результати застосування процедури локального збільшення контрасту: а) вхідне зображення, б) результат застосування процедури, підкреслено текстуру зображення

(a)



(b)

