

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

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

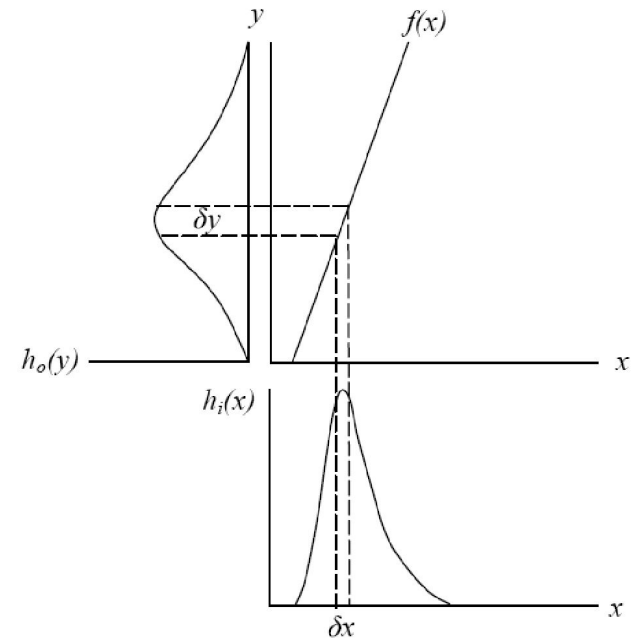
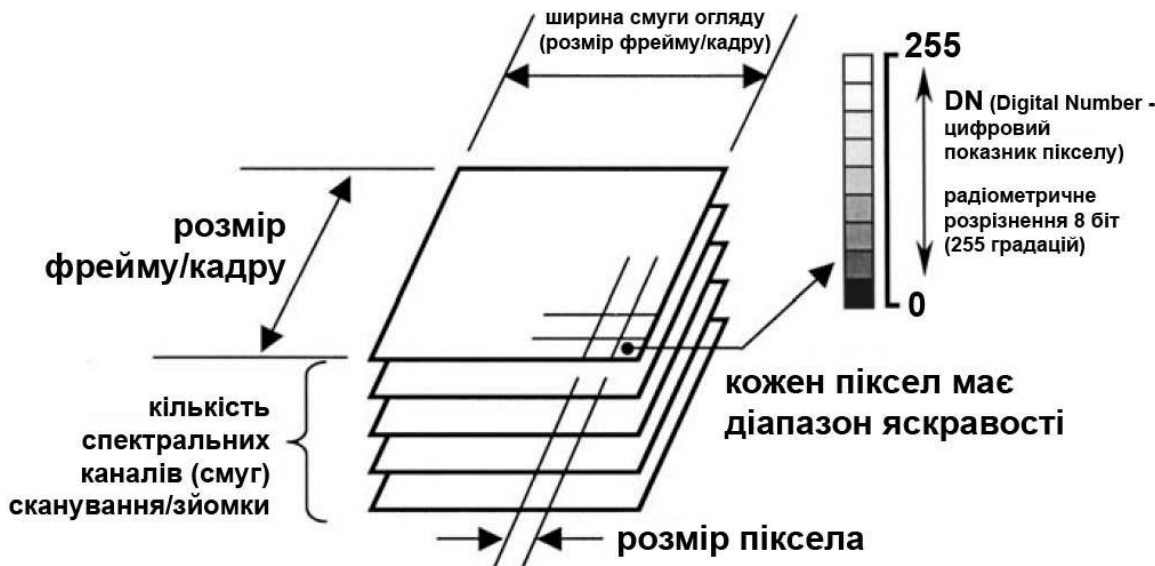
# **3. Операції із зображеннями: точкові операції**

# 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

$$y = ax + b$$

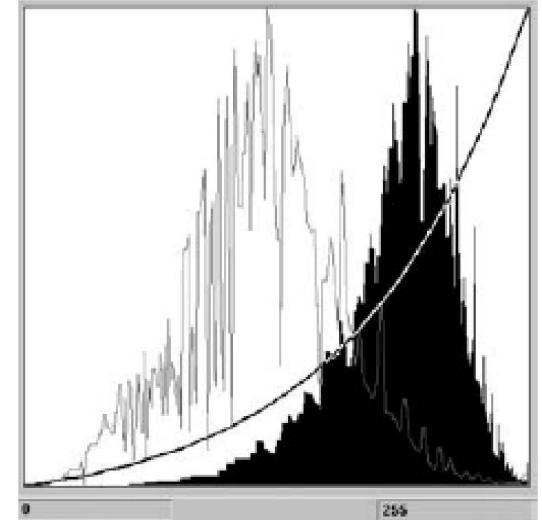
логарифмічне/експоненційне збагачення контрасту

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

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



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)

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

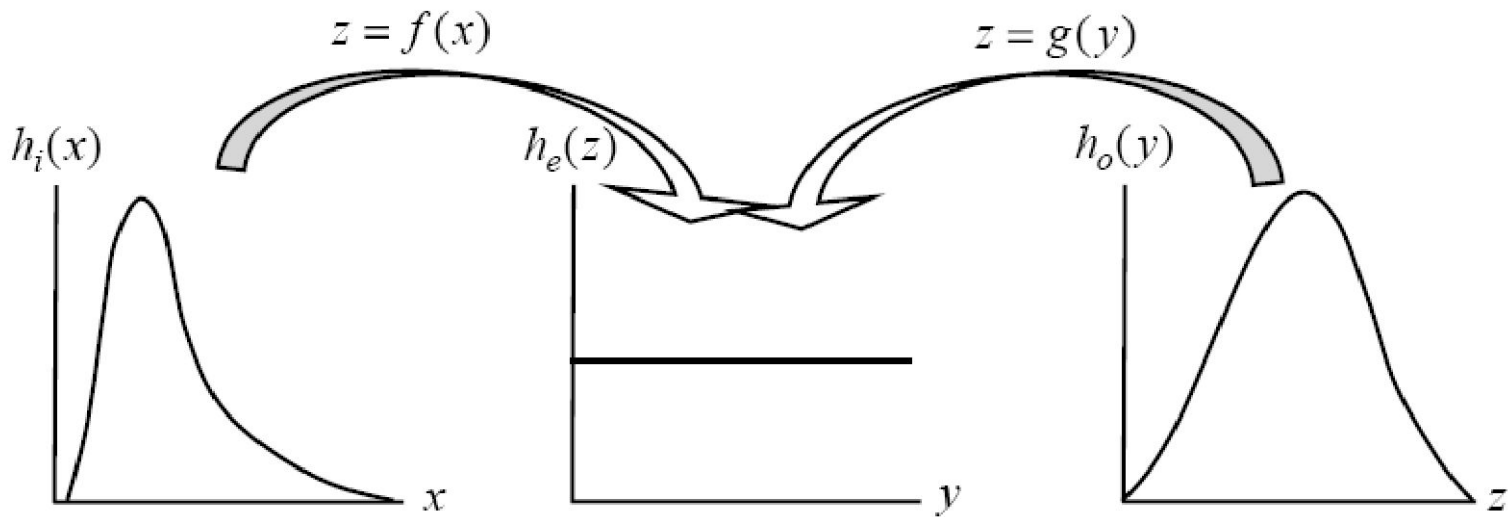
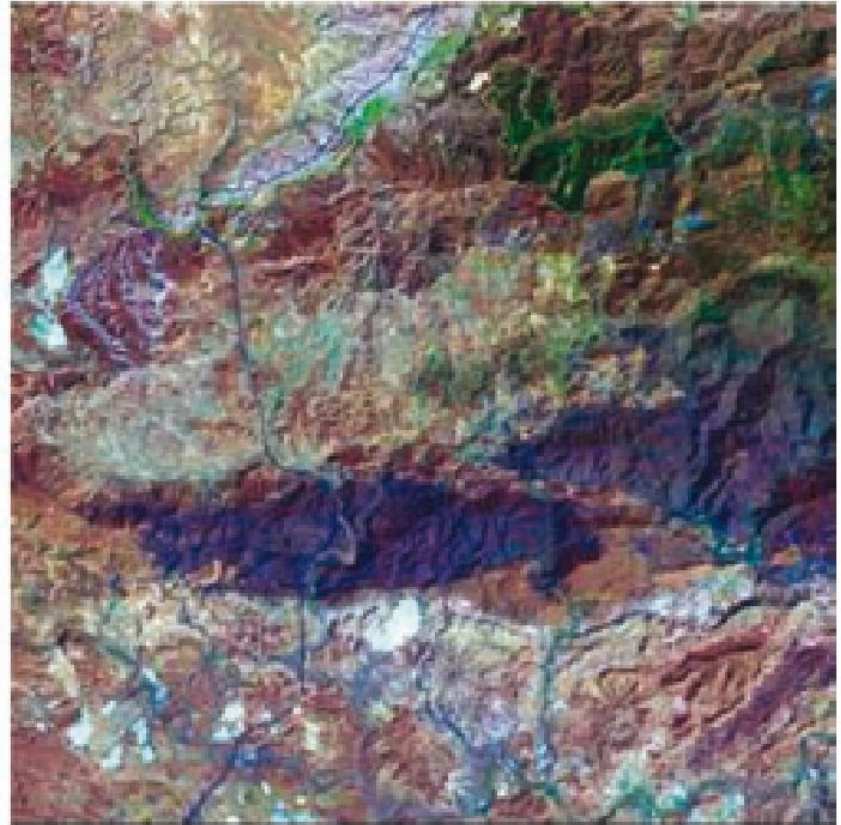


Схема процедури гаусового збагачення контрасту

# 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 - BCET)

# **3. Операції із зображеннями: алгебраїчні операції**

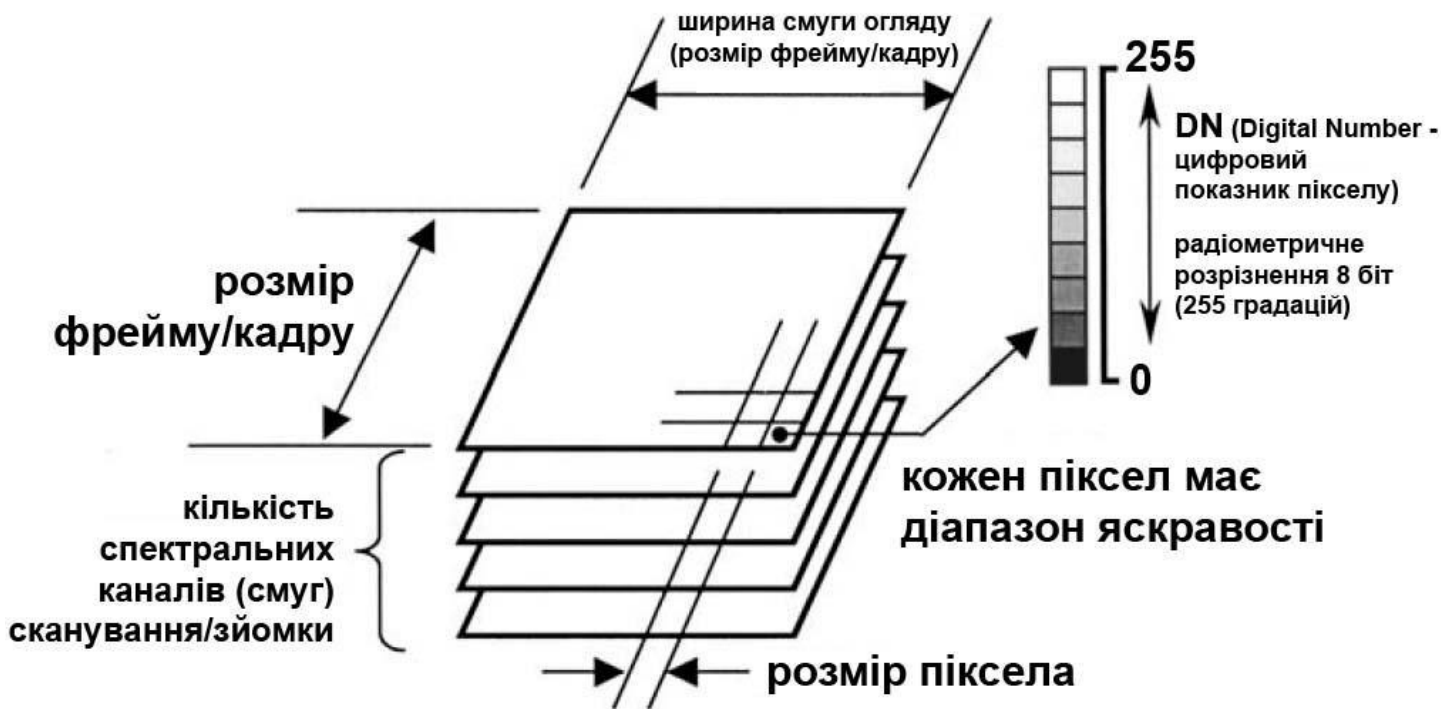


# Алгебраїчні операції із зображеннями

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

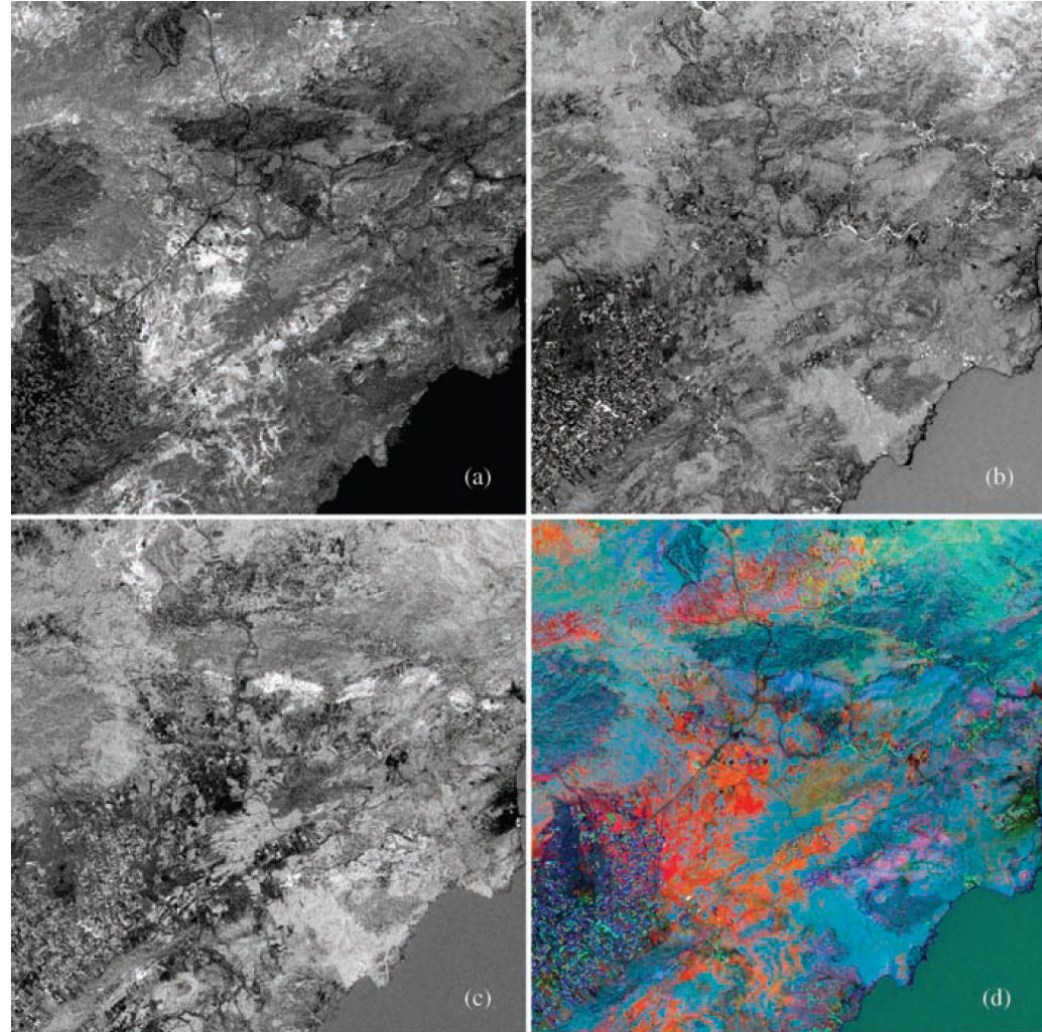
$$Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n w_i X_i$$

віднімання зображень

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

де  $w$  – вагові коефіцієнти,  
 $k$  - масштабний фактор

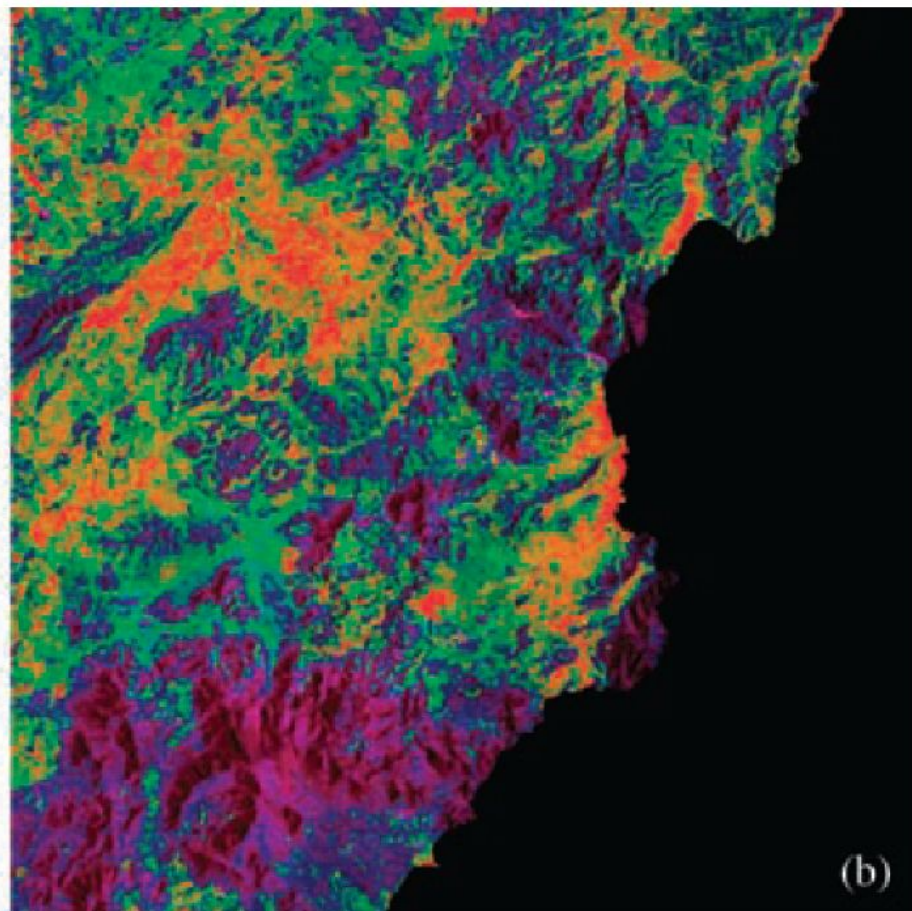
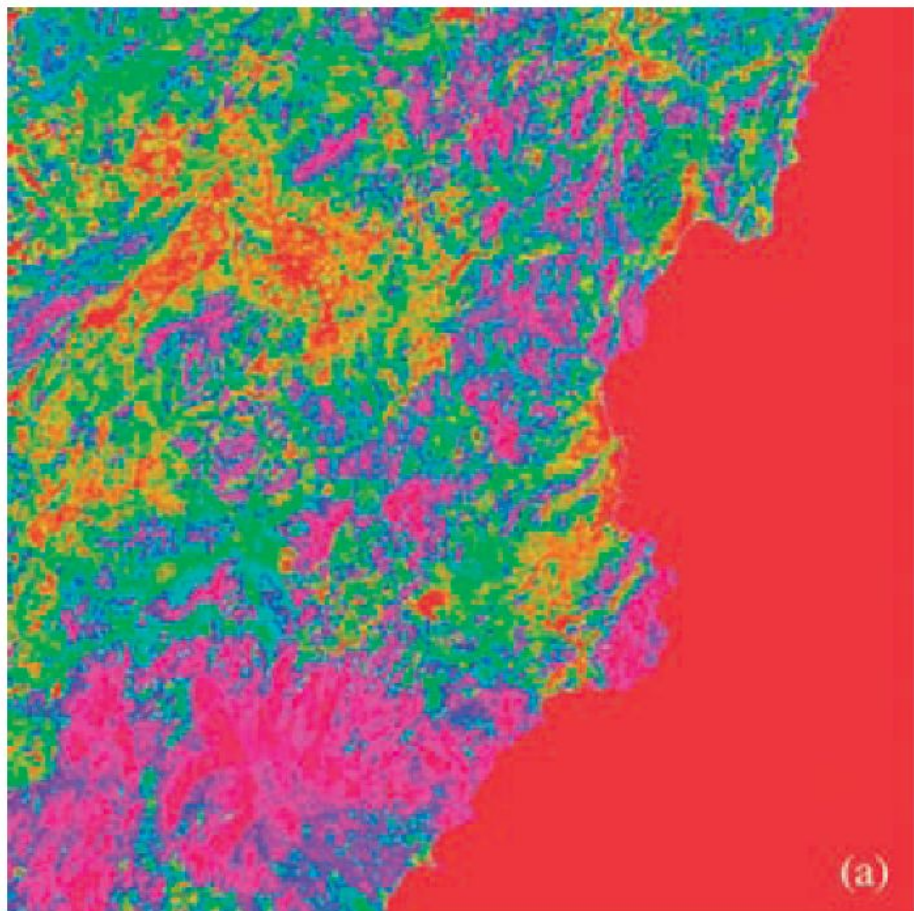
Віднімання зображень Landsat TM: a) TM3-TM1 (глина); b) TM4-TM3 (рослинність); c) TM5-TM7 (оксиди заліза); d) композиція RGB = abc



# 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



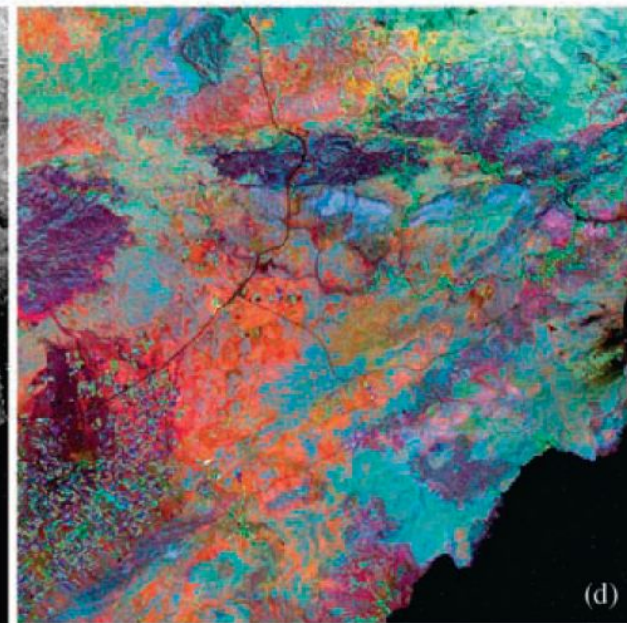
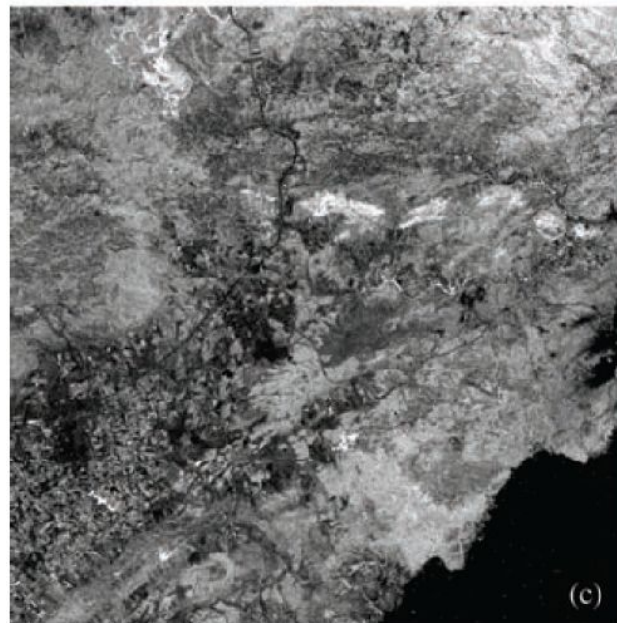
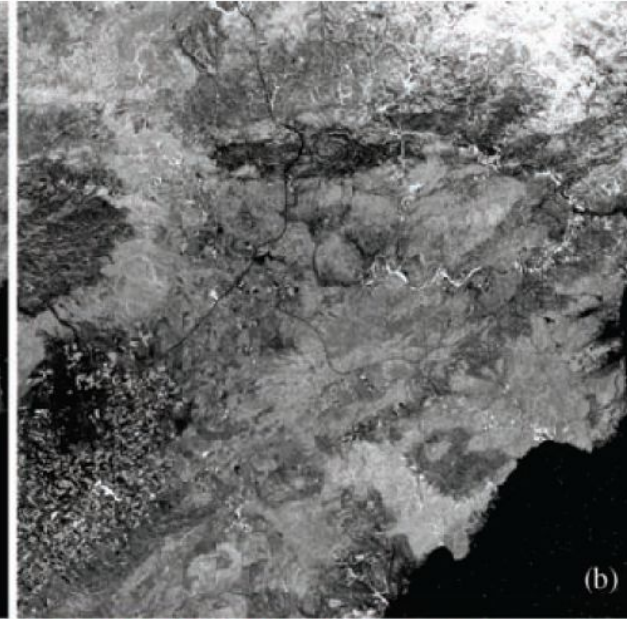
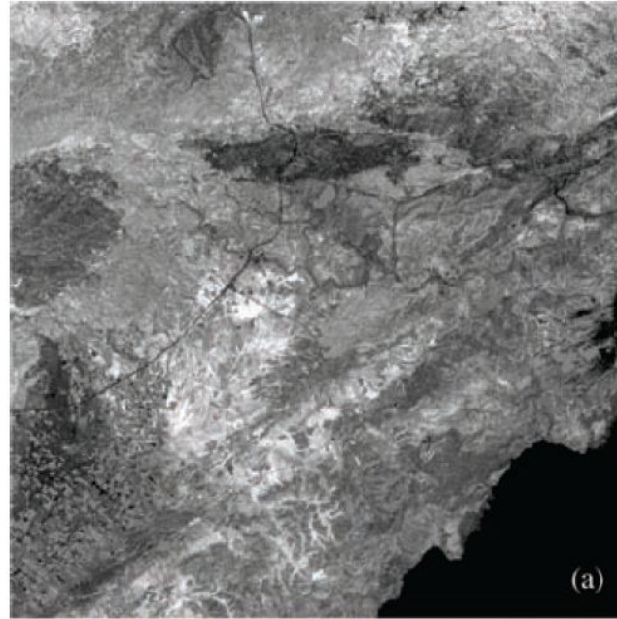


# Алгебраїчні операції із зображеннями

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

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

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

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

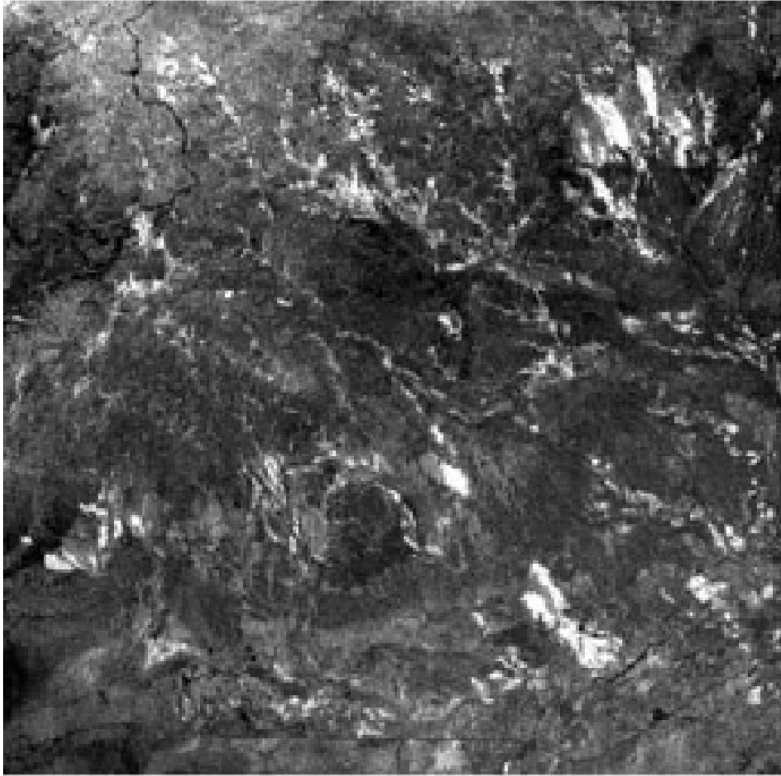
нормалізований диференційний  
вегетаційний індекс

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

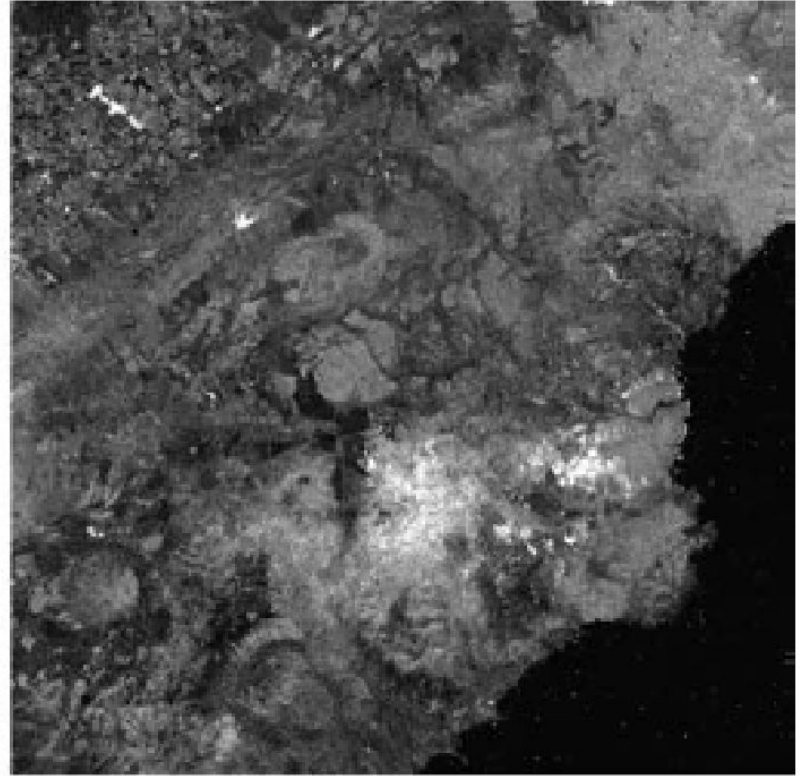
індекс відношення оксиду заліза

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



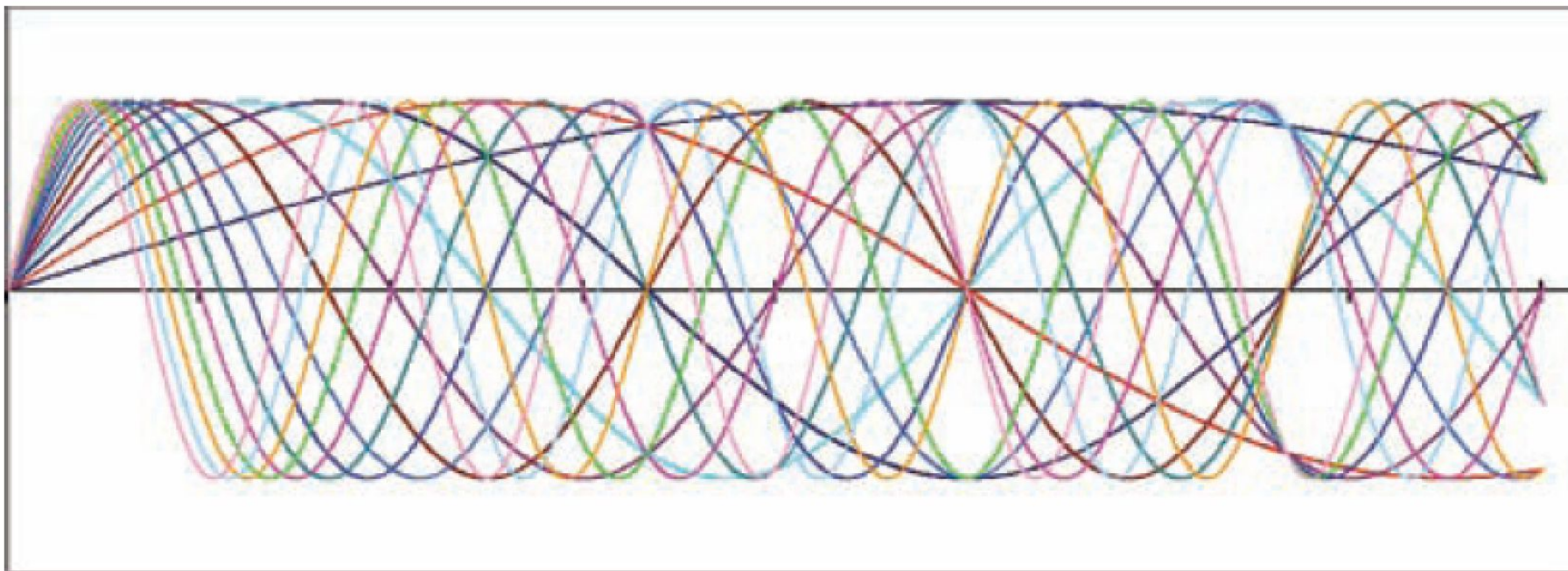
Спектральний індекс  
відношення глини за даними  
Landsat TM



**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.



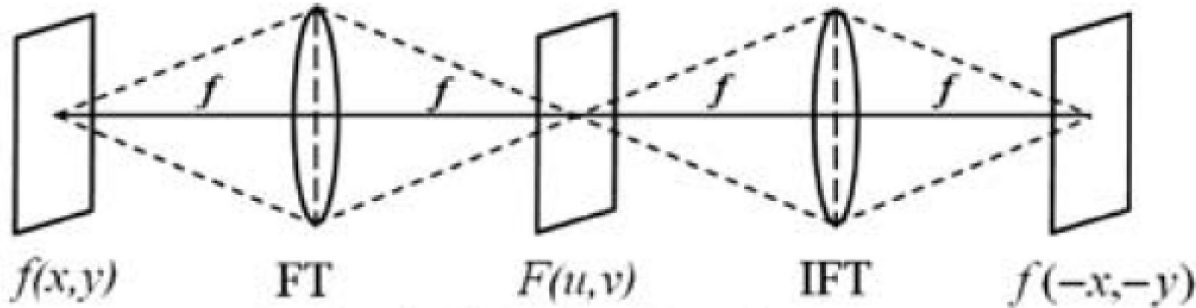
Фільтрація базується на вивченні та трансформуванні просторового скручування (перетворенні функції згортки) ансамблю різночастотних хвиль, що складають спектральний відгук від об'єктів спостереження

# Фільтрація Фур'є

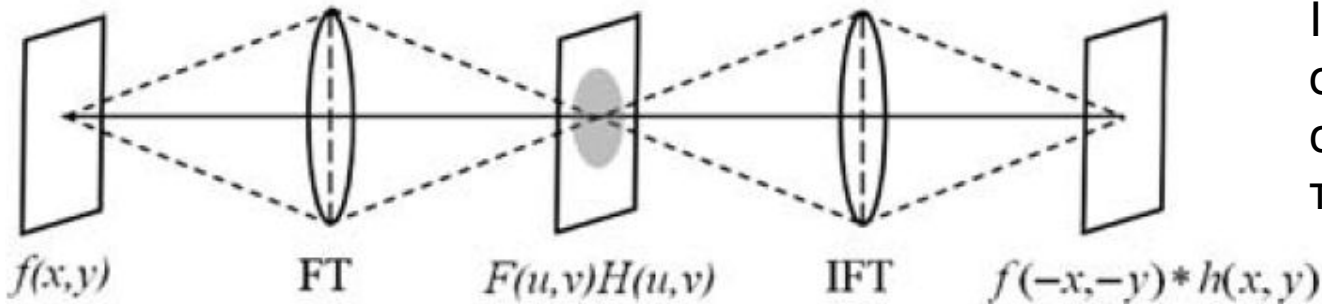
Перетворення Фур'є (Fourier Transformation - FT, Inversed Fourier Transformation - IFT) визначається:

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

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



Оптична система з  
Фур'є  
трансформацією



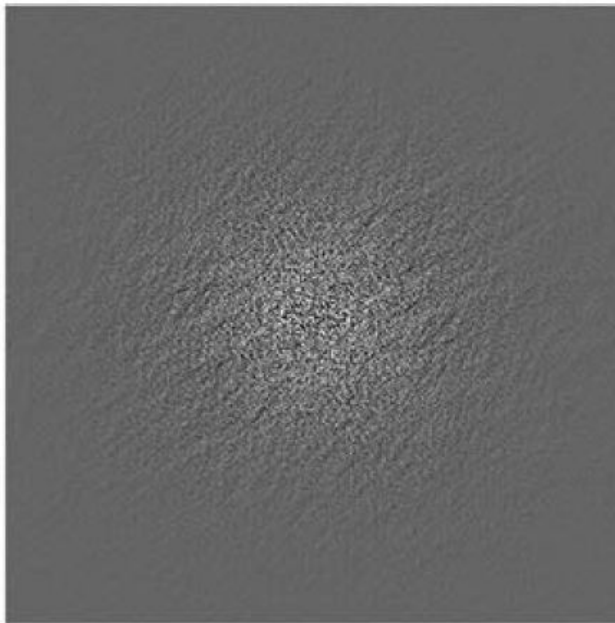
Іконічний фільтр на  
основі оптичної  
системи з Фур'є  
трансформацією

# 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

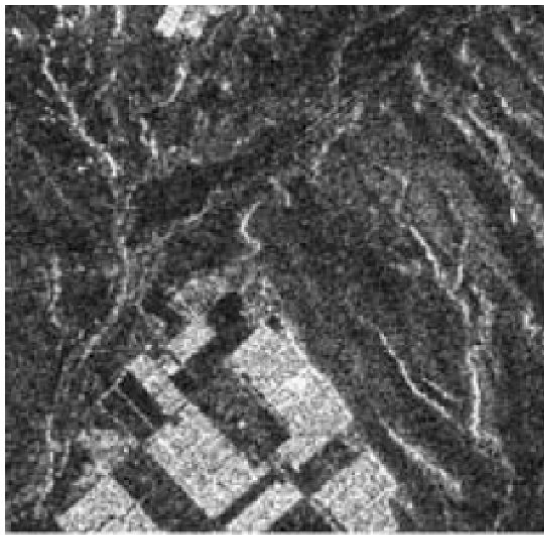
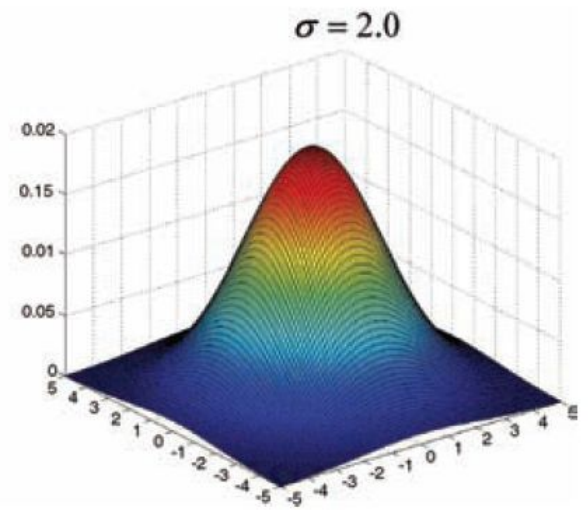
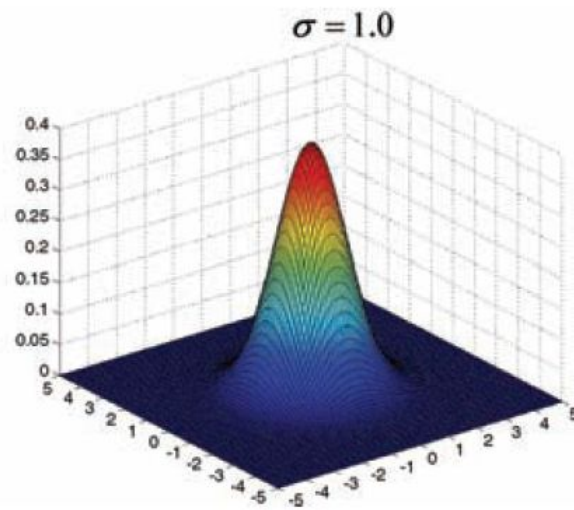
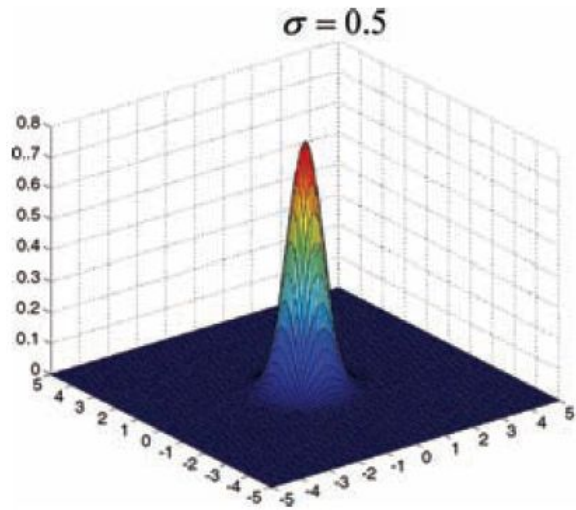
Низькочастотна фільтрація (low-pass filters / smoothing) або згладжування використовуються для видалення з цифрових зображень високочастотних компонент спектру і таким чином, видалення шуму, при цьому, однак, втрачається детальність.

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

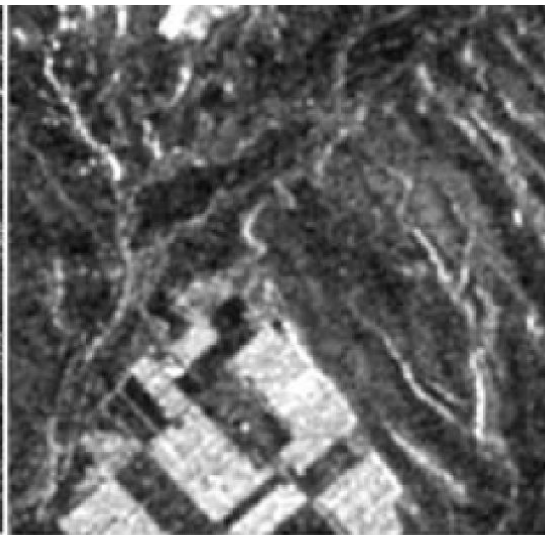
**Фільтр Гауса** визначається через стандартне відхилення розподілу фототону зображення  $\sigma$ :

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

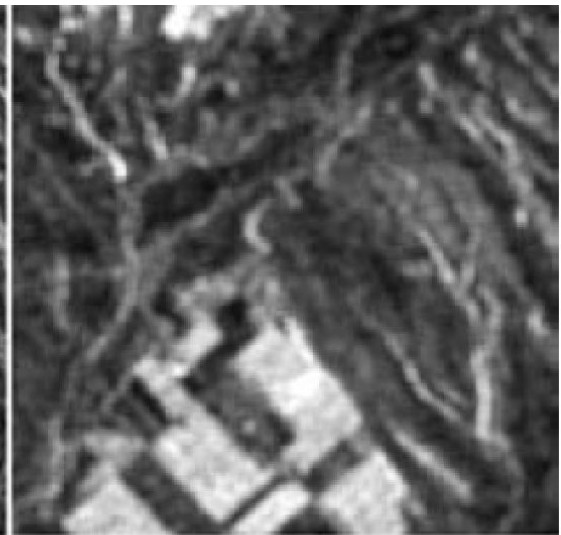
# Низькочастотна фільтрація



(a)



(b)



(c)

Ступінь фільтрації залежить від  $\sigma$  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: 
$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

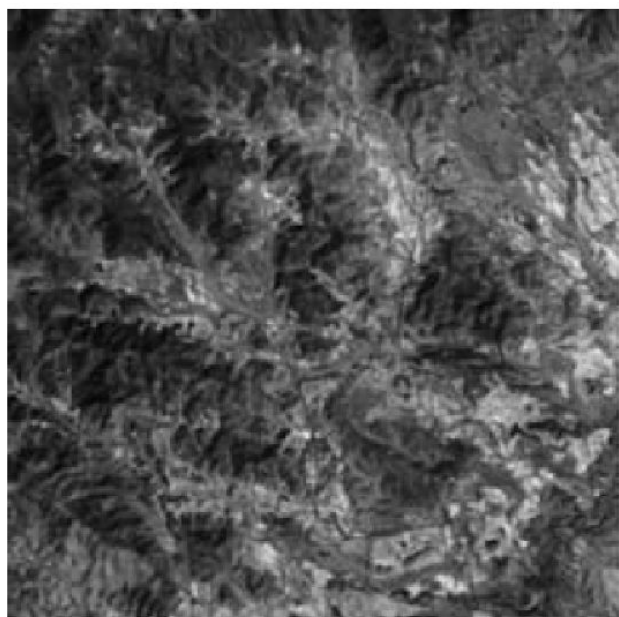


# Високочастотна фільтрація: градієнтний фільтр

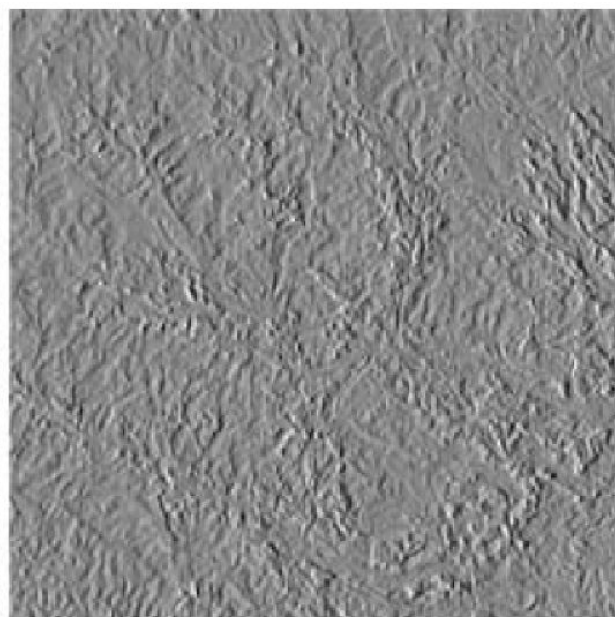
Алгоритм градієнтної фільтрації базується на розрахунку простої різниці між показниками розподілу щільності фотону розрахункового пікселу і сусідніх пікселів у вікні фільтрації, віднесеної до відстаней між ними:

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

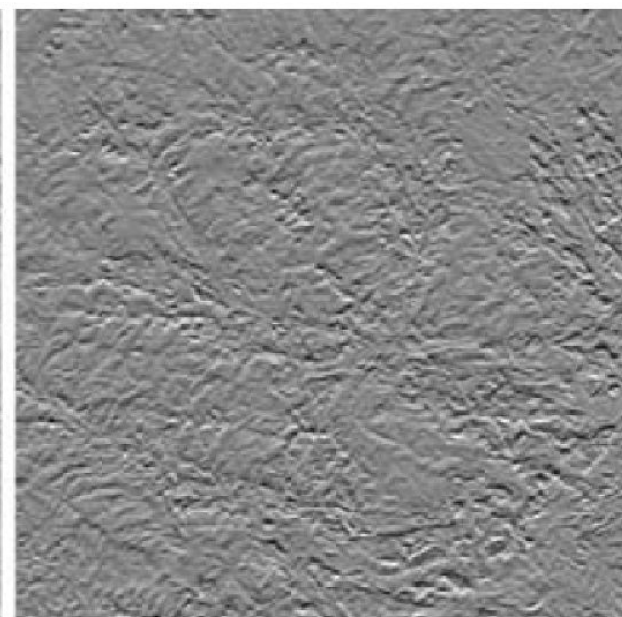
$$g_y = \frac{f(x, y) - f(x, y + \delta y)}{\delta y}$$



(a)



(b)



(c)

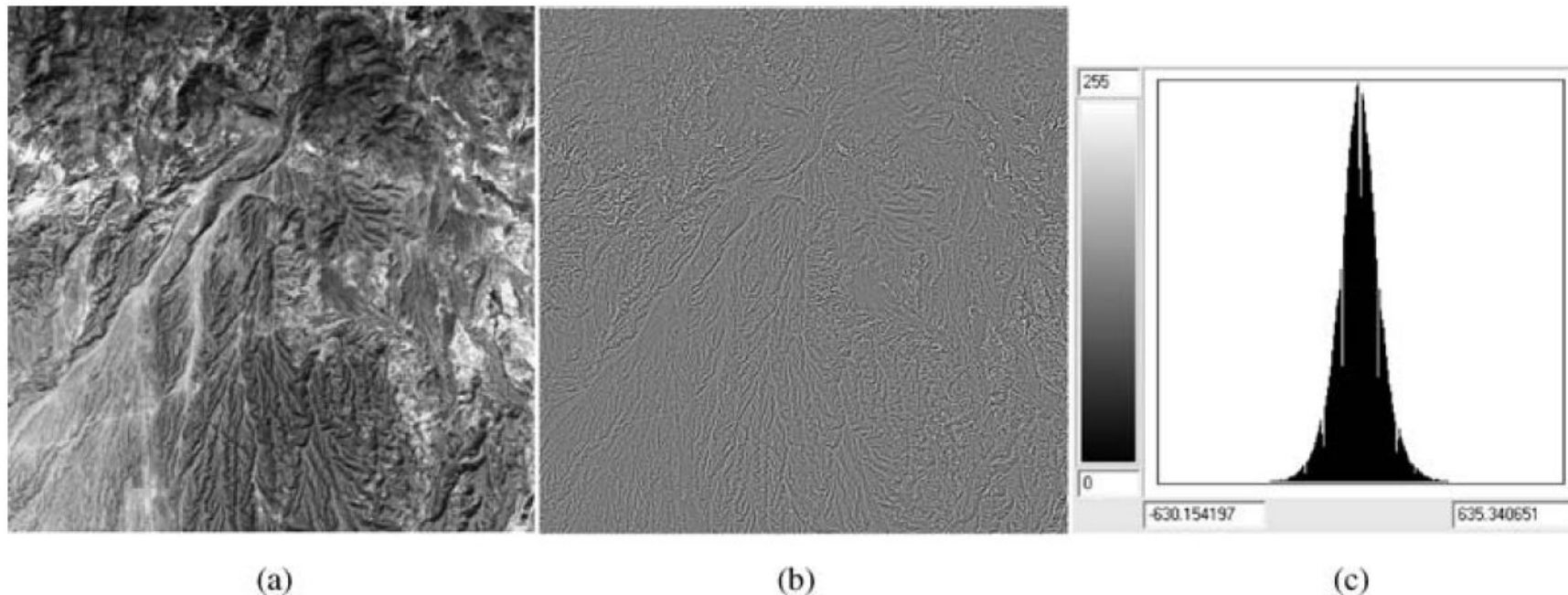
Вхідне зображення a), і результати градієнтної фільтрації: b)  $g_x$ , c)  $g_y$



# Високочастотна фільтрація: фільтр Лапласа

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

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



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  $\sigma$ ) та можливості параметричного контролю (параметр  $\alpha$ ):

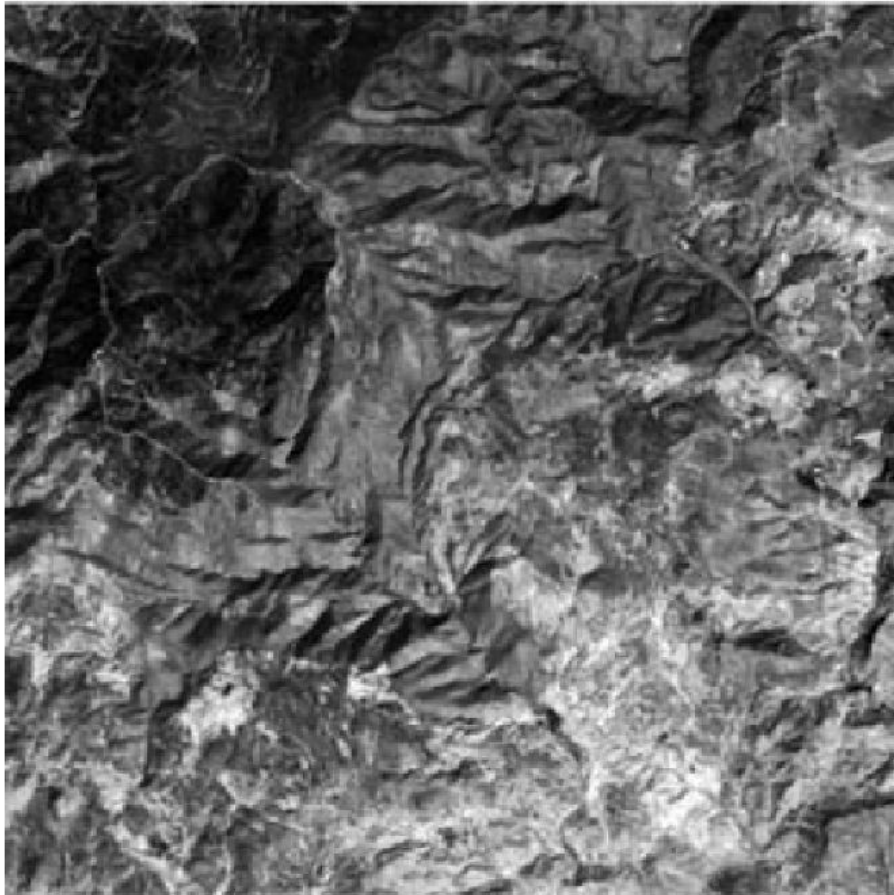
$$y_{ij} = \bar{x}_{ij} + (x - \bar{x}_{ij}) \frac{\sigma_0}{\sigma_{ij} + 1}$$

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

# Локальне збільшення контрасту

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

(a)



(b)

