

# **КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ**

**Digital Image Processing - DIP**

# **МЕТА КУРСУ**

**вивчення математичних і  
алгоритмічних основ побудови систем  
обробки зображень**

CG  $\leftrightarrow$  IP  $\leftrightarrow$  CV

• CG      Computer Graphics

Комп'ютерна графіка

*Out: Image  $\leftarrow$  In: Model*

• IP      Image Processing

Обробка зображень

*Out: Image  $\leftarrow$  In: Image*

• CV      Computer Vision

Комп'ютерний зір

*Out: Model  $\leftarrow$  In: Image*

# Обробка зображень

Обробка зображень - будь-яка форма обробки інформації, для якої входні дані представлені зображенням, наприклад, фотографіями або відеокадрами.

Результат обробки - нове зображення або інша інформація.

# Типові функції системи обробки зображень

1. Візуальне покращення зображення (усунення шуму, корекція яскравості, контрастності, колірного тону, підвищення різкості, усунення дисторсії);

# Типові функції системи обробки зображень

2. Структурне редагування (кадрування, створення панорам, усунення непотрібних деталей, фотомонтаж - створення з частин кількох зображень нового зображення, включення в зображення технічних креслень, написів, символів, вказівників; застосування спецефектів, фільтрів, тіней, фонів, текстур, підсвічування);

# Типові функції системи обробки зображень

3. Підготовка фотографій до публікації у пресі, на телебаченні, в інтернеті (з урахуванням можливостей по колірному охопленню конкретного пристрою виведення (монітор, принтер, офсетна друкарська машина і т. п.) або до збереження (стискання).

# Типові функції системи обробки зображень

4. Визначення характеристик об'єктів, їх форми, переміщення.  
Ідентифікація об'єктів.



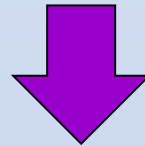
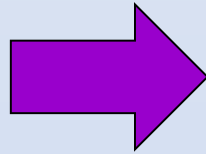
# Області застосування систем обробки зображень:

- аналіз і інтерпретація аерофотознімків;
- метеорологія, астрономічні дослідження;
- аналіз оптичних і рентгенівських знімків в медичній і технічній діагностиці;
- геоінформаційні системи;
- створення спецефектів в кінопродукції.

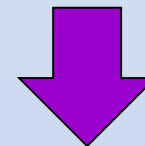
# Загальна схема обробки зображень



Оцифроване  
зображення



Метадані  
(результати  
обробки)



Оброблене  
зображення

# Базові операції обробки зображень:

- Дискретизація, квантування і кодування зображень.
- Геометричні перетворення зображень.
- Логічні і арифметичні операції над зображеннями.
- Фільтрація зображень.
- Морфологічні перетворення, препарування зображень.

# Методи обробки зображень:

- *ТОЧКОВІ* методи в процесі виконання перетворюють значення в точці  $a(t, n)$  в значення  $b(t, n)$  незалежно від сусідніх точок;
- *ЛОКАЛЬНІ* методи для обчислення значення  $b(t, n)$  використовують значення сусідніх точок в околі  $a(t, n)$ ;
- *ГЛОБАЛЬНІ* методи визначають значення  $b(t, n)$  на основі всіх значень вихідного зображення  $A(t, n)$ .

# Огляд застосування обробки зображень

<https://www.baslerweb.com/ru/vision-campus/tehnologii-kamer/what-is-image-processing/>

# Формальний опис зображення. Аналогові VS дискретні зображення.

**Зображення –**  
**деякий сигнал  $I(\dots)$  , призначений**  
**для зорового сприйняття**

	Ахроматичне	Кольорове
Статичне	$I(x, y)$	$I(x, y, \lambda)$
Динамічне	$I(x, y, t)$	$I(x, y, t, \lambda)$

$I(\dots)$  – функція розподілу яскравості,

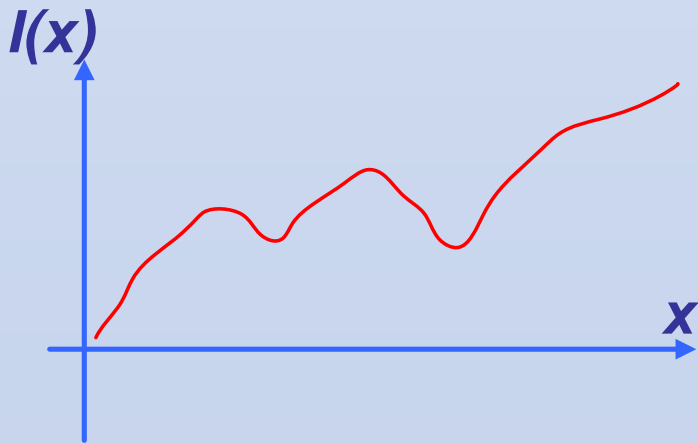
$x, y$  – просторові координати,

$t$  – час,

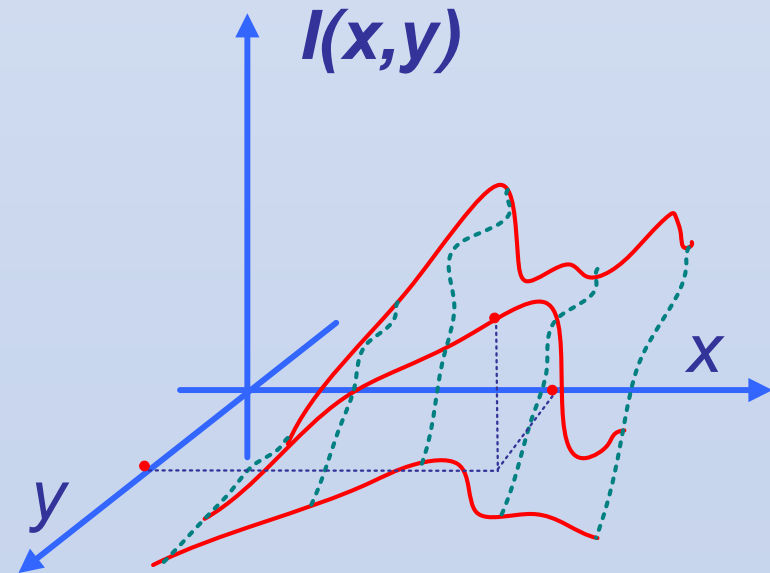
$\lambda$  – довжина хвилі світлового випромінювання.

Зображення – **сигнал**, призначений для зорового сприйняття людиною.

**1D** сигнал  
->«звук»

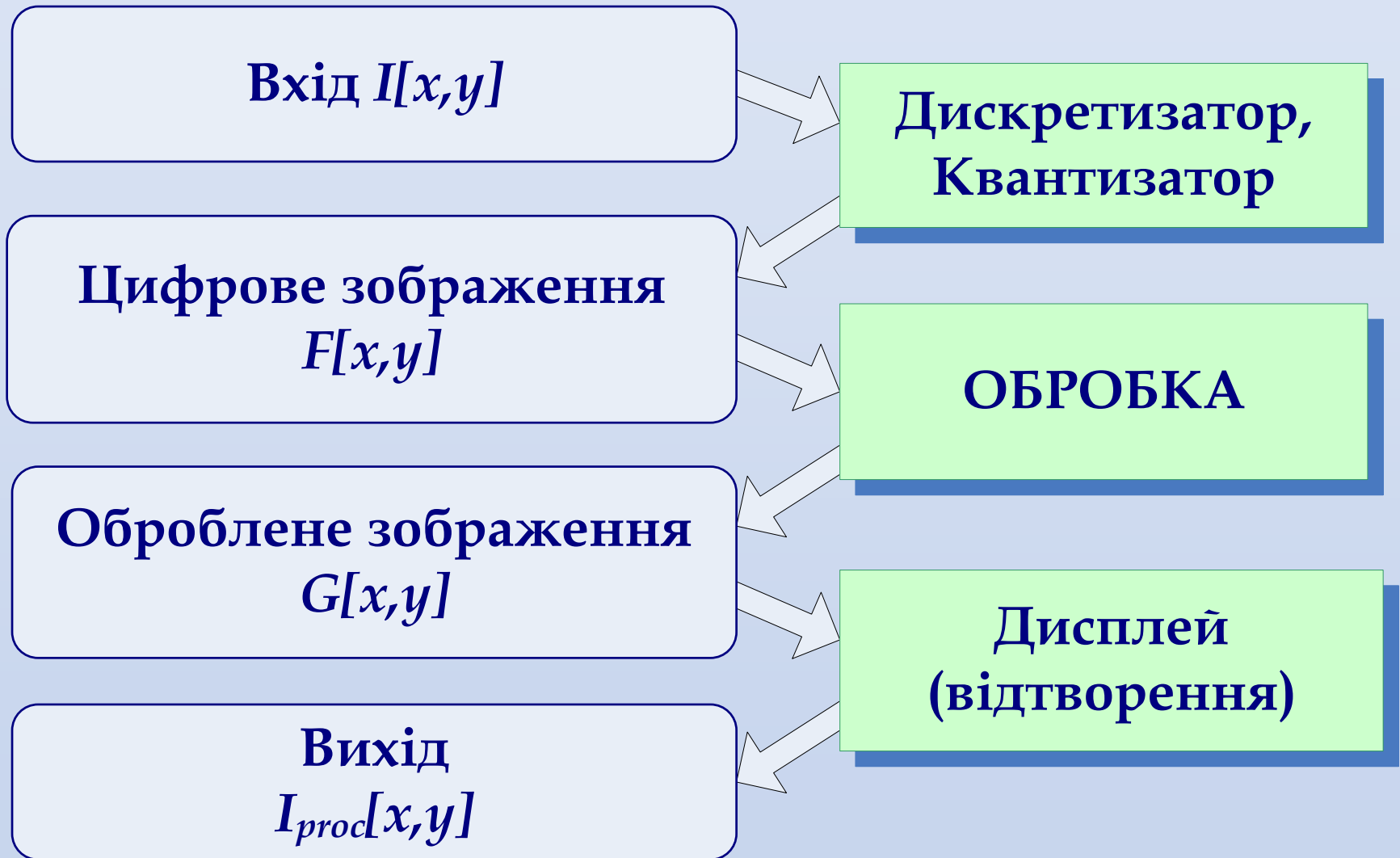


**2D** сигнал  
->«фото»





# Загальна схема обробки зображень

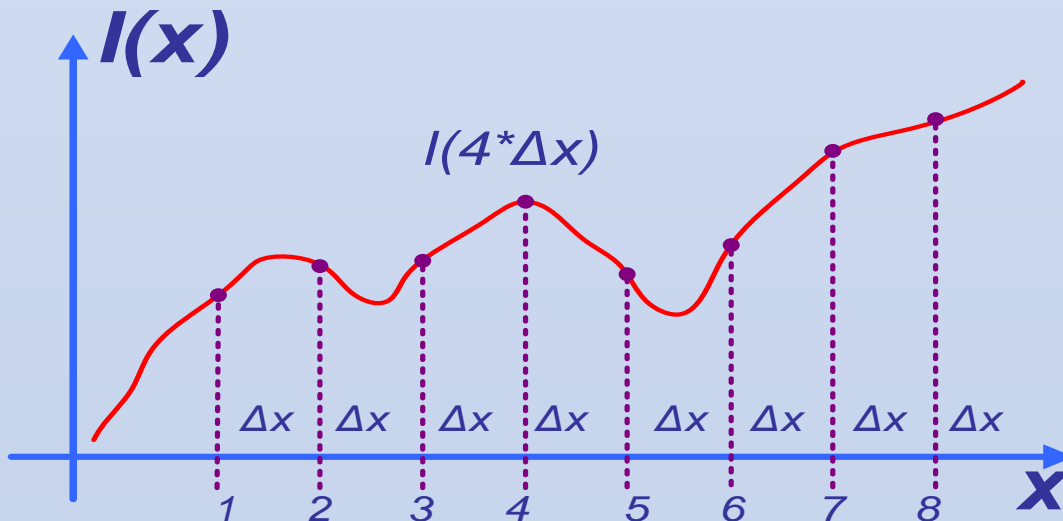


# Дискретизація сигналів

Дискретизація (*discretization*) - це перетворення безперервного сигналу в послідовність **відліків** (*sampls*).

Дискретизація здійснює перетворення безперервних сигналів (функцій  $I(x)$ ), в функції миттєвих значень сигналів  $I(n * \Delta x)$  по дискретному аргументу.

$I(n * \Delta x)$  - відлік  $I(x)$  в точці  $n * \Delta x$



# Дискретизація сигналів

Декілька визначень.

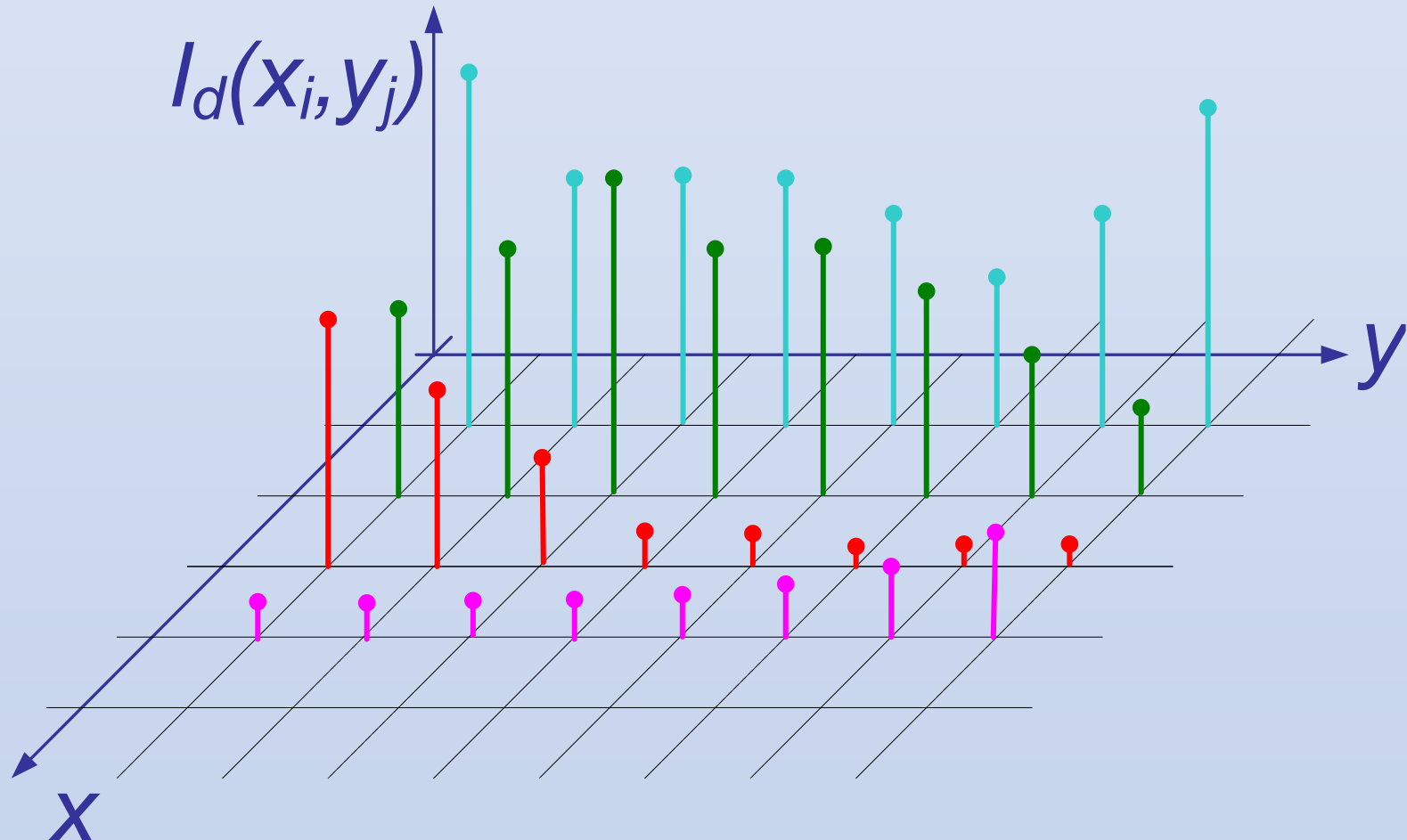
**Растрівання** - природний спосіб дискретизації - уявлення сигналу у вигляді вибірки його значень в окремих, регулярно розташованих точках.

Послідовність точок (вузлів), в яких беруться відліки, називається *растром*.

Інтервал, через який беруться значення безперервного сигналу називається *кроком дискретизації*.

Зворотне кроку величина називається *частотою дискретизації*.

# Цифрове зображення = 2D - дискретизований квантований сигнал



# Цифрове зображення

Під зображенням будемо розуміти функцію двох дійсних змінних  $I(x, y)$ , де  $I$  - це інтенсивність у точці з координатами  $(x, y)$ .

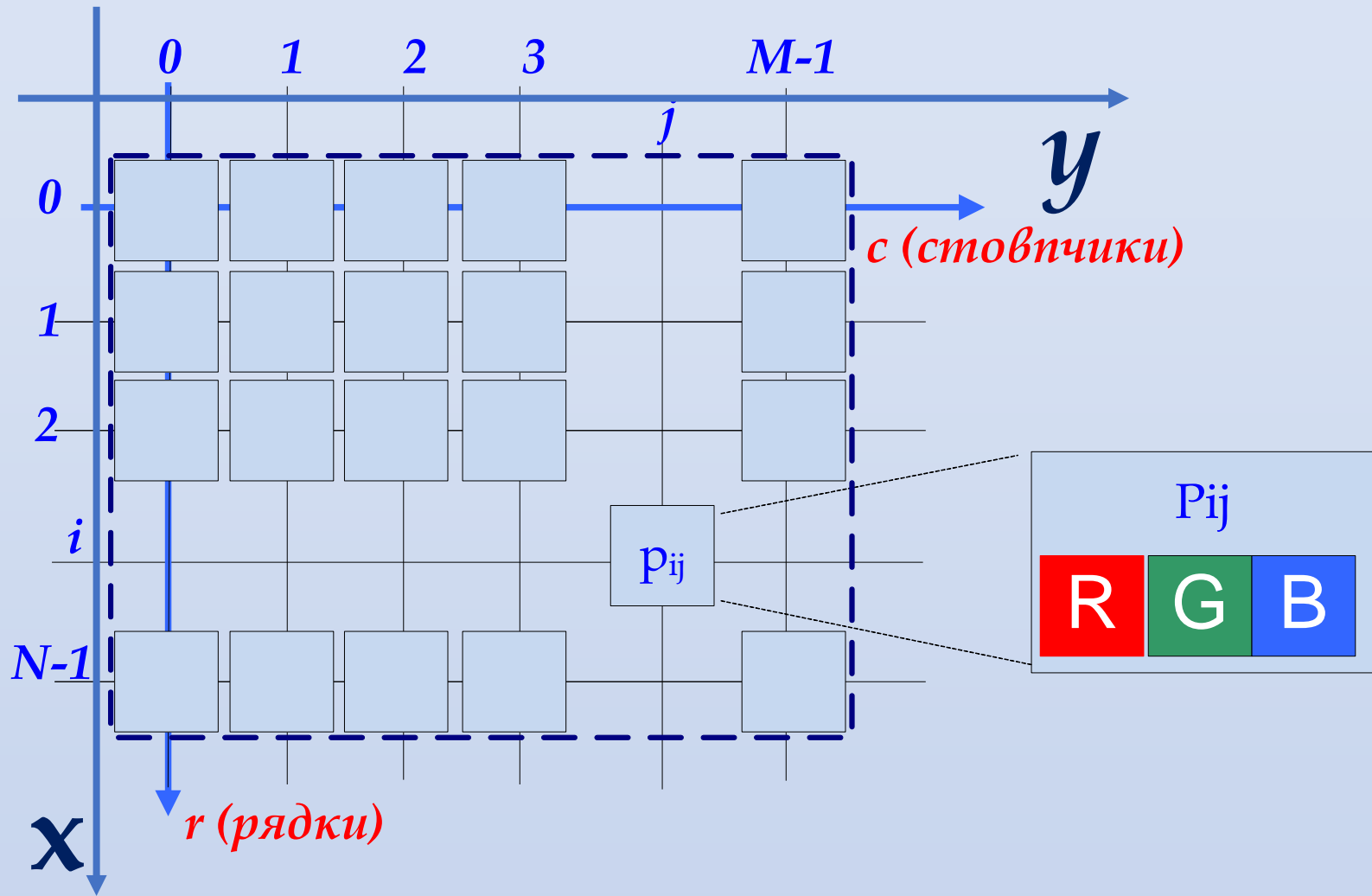
->  $I$  – скаляр – ахроматичне зображення.

->  $I$  – вектор – кольорове зображення.

Точка  $(x, y)$  належить регулярній сітці

$$\{(x, y): 0 \leq x \leq N - 1 \wedge 0 \leq y \leq M - 1\} \\ \subset \mathbb{Z}^{(2)}$$

# Цифрове зображення



# Цифрове зображення

Найменший логічний елемент двовимірного цифрового зображення – *піксель (pixel)* - неділимий об'єкт, що характеризується певним кольором. Растрове комп'ютерне зображення складається з пікселів, розташованих *по рядках і стовпцях*.

*Роздільна здатність (роздільність, resolution)* — величина, що визначає кількість пікселів одиницю площі (або одиницю довжини).

# ДИСКРЕТИЗАЦІЯ / РАСТРУВАННЯ

Інтервал, через який беруться значення безперервного сигналу називається **кроком дискретизації**.

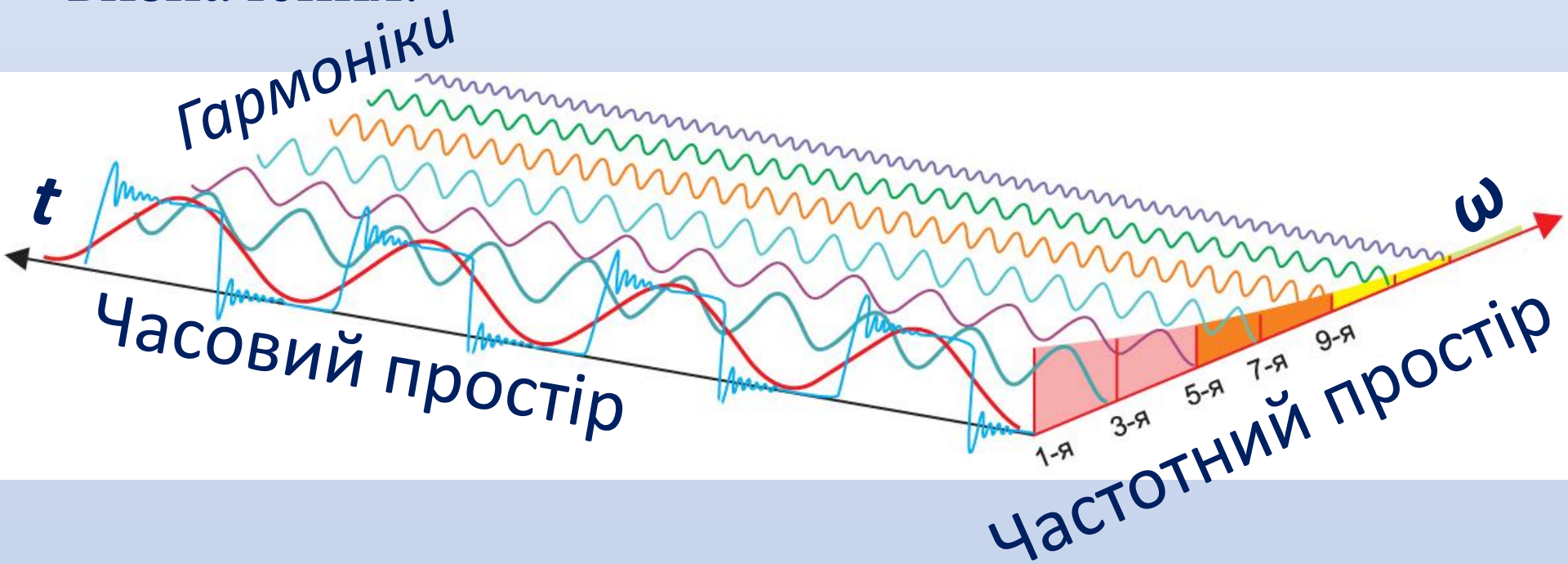
Зворотно кроку величина називається **частотою дискретизації**.

**ЯК ОБИРАТИ ЧАСТОТУ  
ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ???**



# ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

Перетворення Фур'є (1806) є чисельний алгоритм представлення функцій розкладанням у ряд тригонометричних функцій. Дозволяє перейти з часової до частотної області визначення.

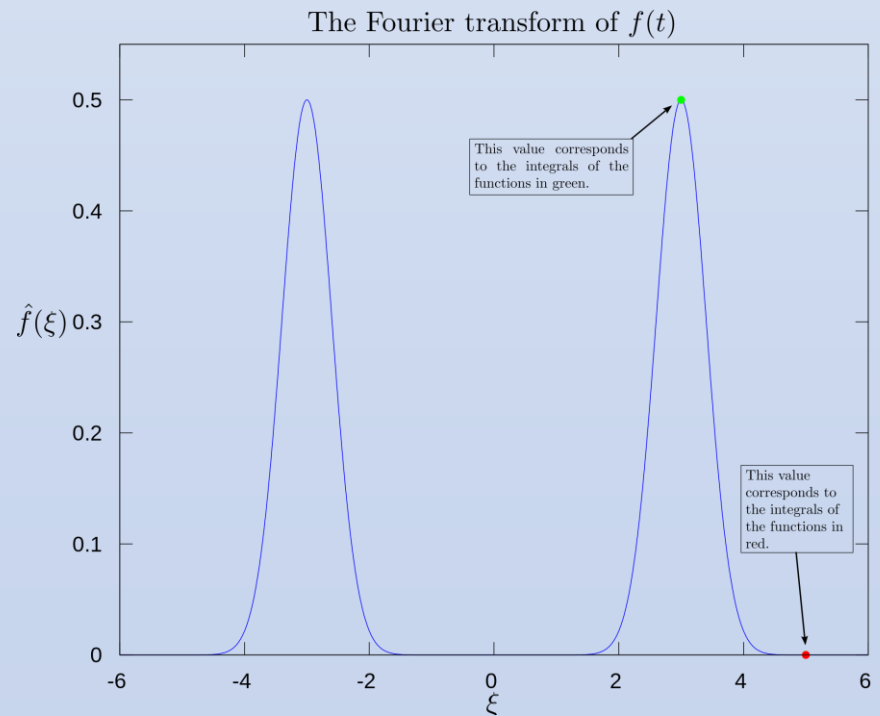
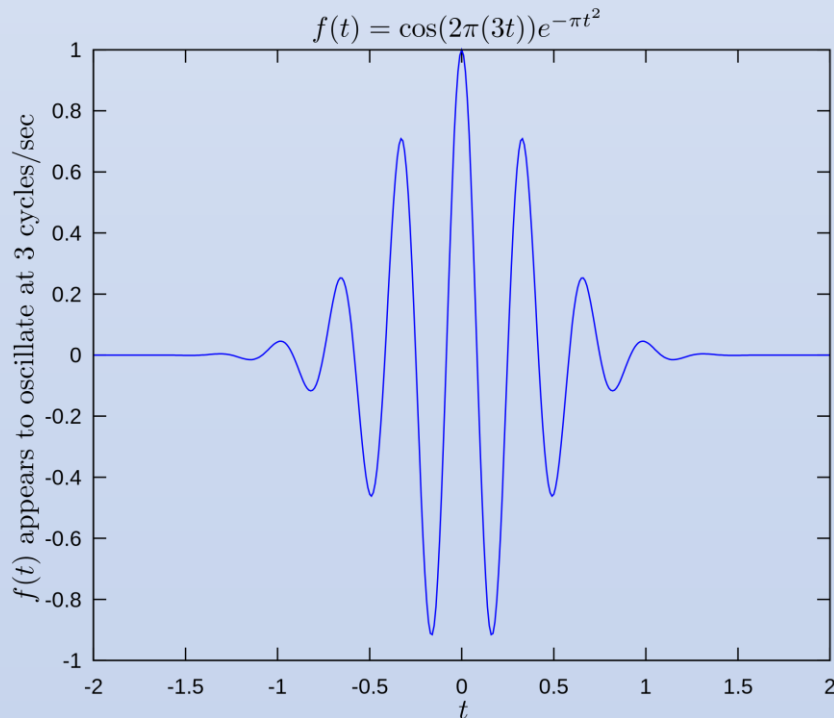


# ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

## Розкладання функції у гармонічний ряд

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

$$F(t) \longleftrightarrow G(\omega)$$

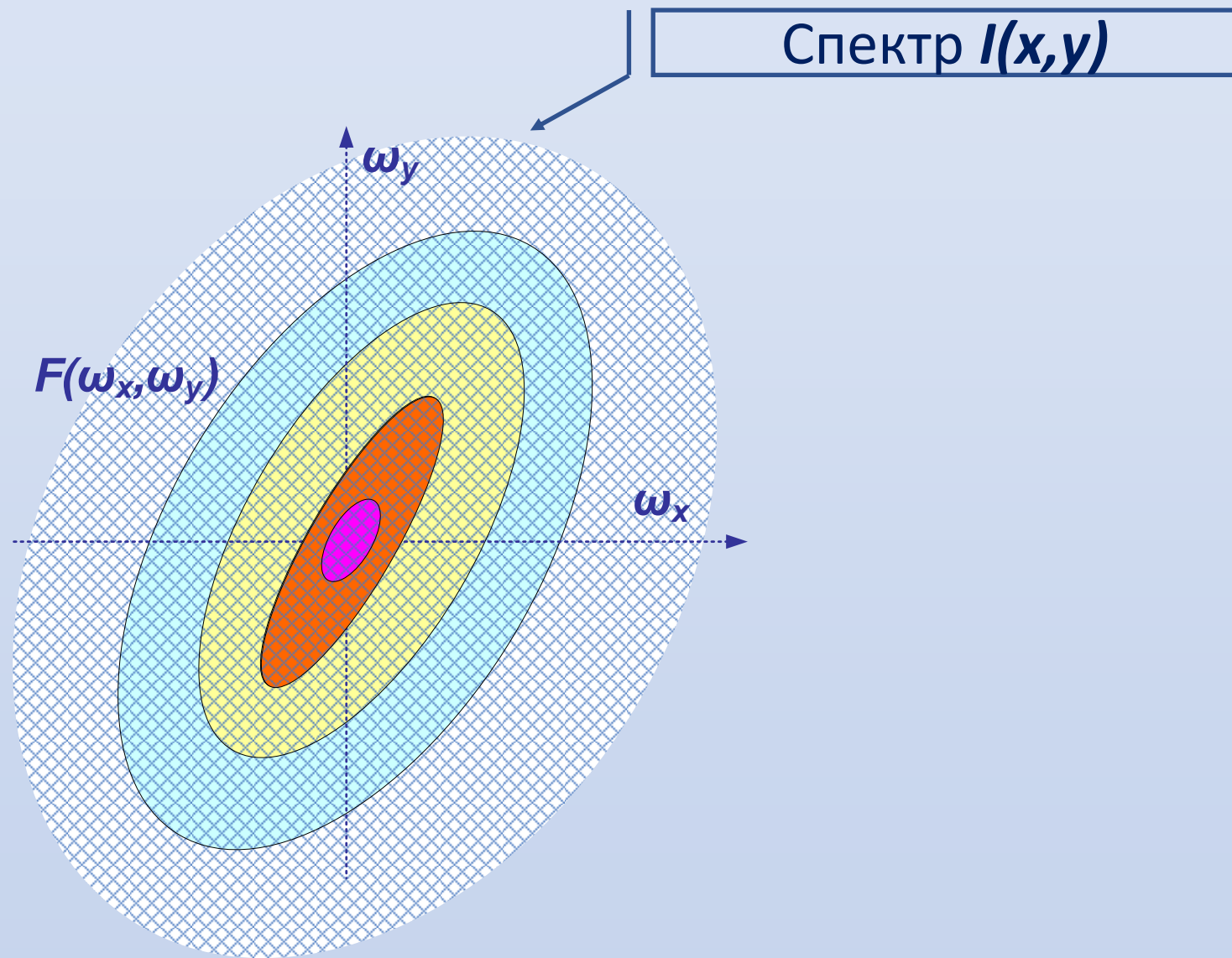


# Теорема відліків Віттакера — Найквіста — Котельникова — Шеннона

Якщо безперервний сигнал  $x(t)$  має спектр, обмежений частотою  $F_{max}$ , то він може бути однозначно і без витрат відновлений за своїми дискретними відліками, узятими з частотою  $f_{samp} = 2 * F_{max}$  (або за відліками, узятими з періодом  $T_{sampl} = 1 / (2 * F_{max})$ ).

Для того, щоб відновити сигнал за його відліками без втрат, необхідно, щоб частота дискретизації була хоча б у два рази більша за максимальну частоту первинного неперервного сигналу:  $f_{samp} > 2 * F_{max}$ .

# Спектр 2D сигнала



# Сигнал з фінітним спектром

Важливо. Якщо пряме Фур'є перетворення сигналу

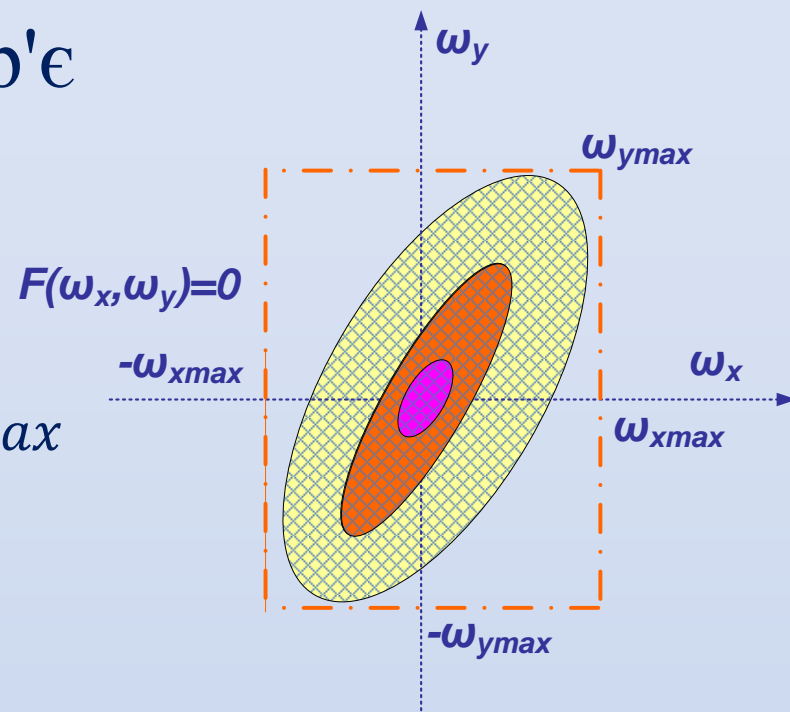
$$I(x,y) \Rightarrow F(\omega_x, \omega_y)$$

таке, що для

$$|\omega_x| > \omega_{xmax}, |\omega_y| > \omega_{ymax}$$

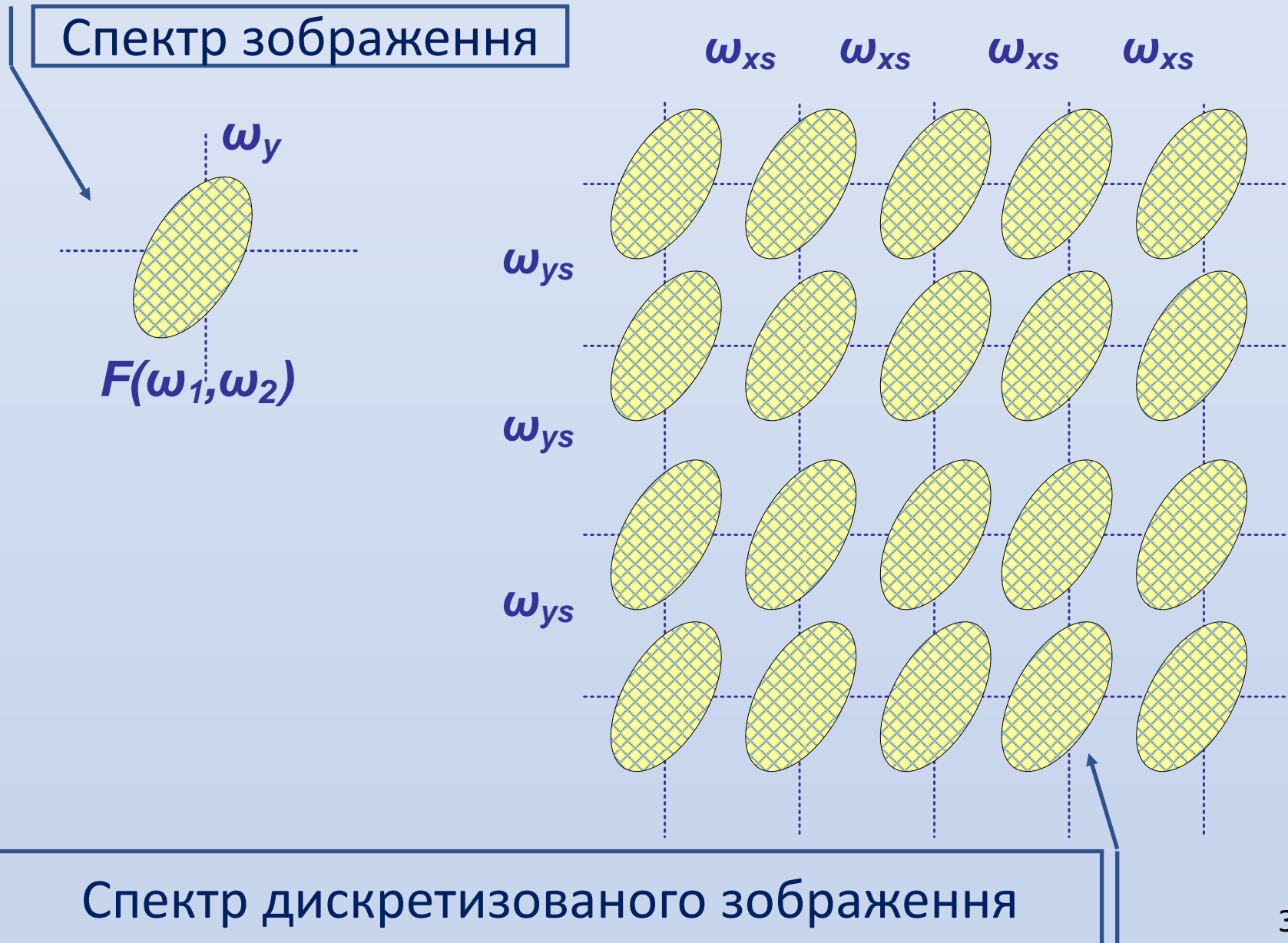
виконується

$$F(\omega_x, \omega_y) \equiv 0$$



тоді сигнал  $I(x,y)$  має **фінітний** спектр !

# Спектр дискретизованого фінітного 2D сигналу



## Відтворення 2D сигналу

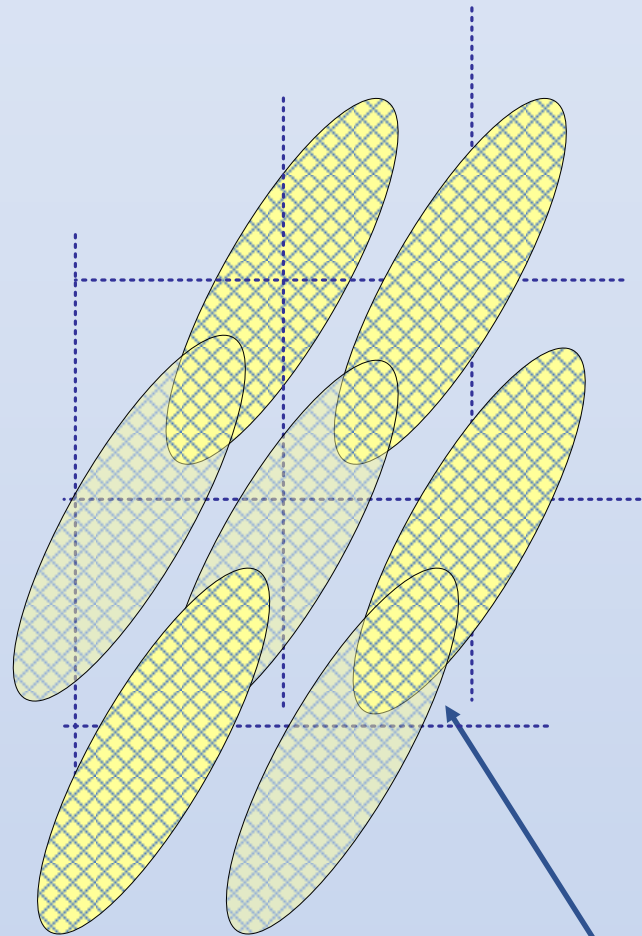
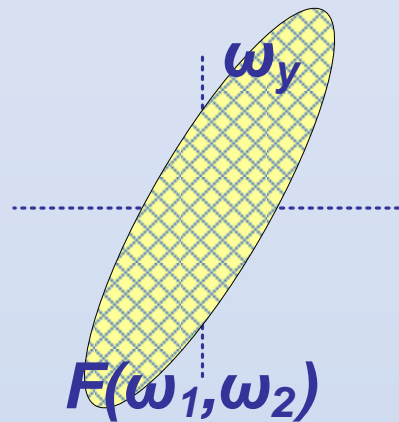
Відтворення 2D сигналу однозначне можливе, коли виконуються умови 2D аналогу теореми Найквіста — Котельникова, тобто:

$$1/\Delta x = \omega_{xs} > 2\omega_{x\max} \quad 1/\Delta y = \omega_{ys} > 2\omega_{y\max}$$

$$\hat{I}(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} I(m\Delta x, n\Delta y) \mathit{sinc}(\omega_{xs}x - m) \mathit{sinc}(\omega_{ys}y - n)$$

# Спектр дискретизованого 2D сигналу

Спектр зображення

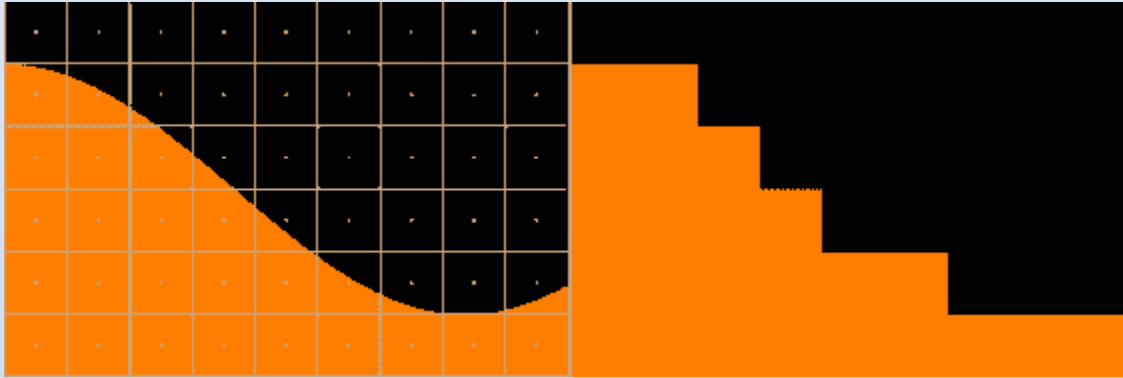


Порушення умов теореми Найквіста-Котельникова. Відтворення **НЕМОЖЛИВО**



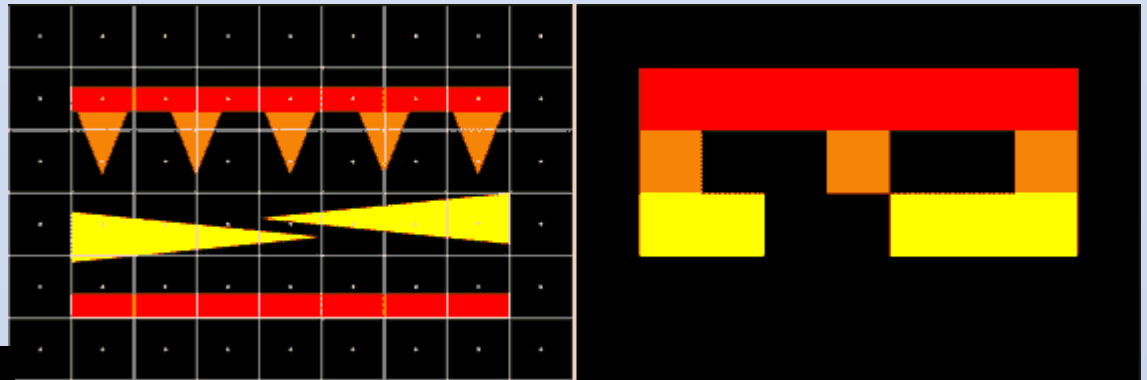
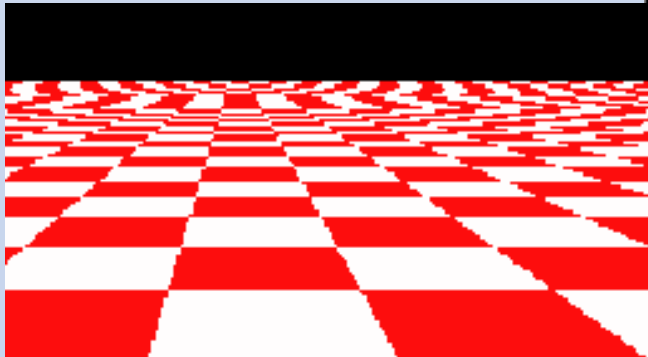
# Елайсінг

Ефект сходів



Втрата дрібних  
деталей

Руйнування  
текстур



# Квантування сигналу за рівнем

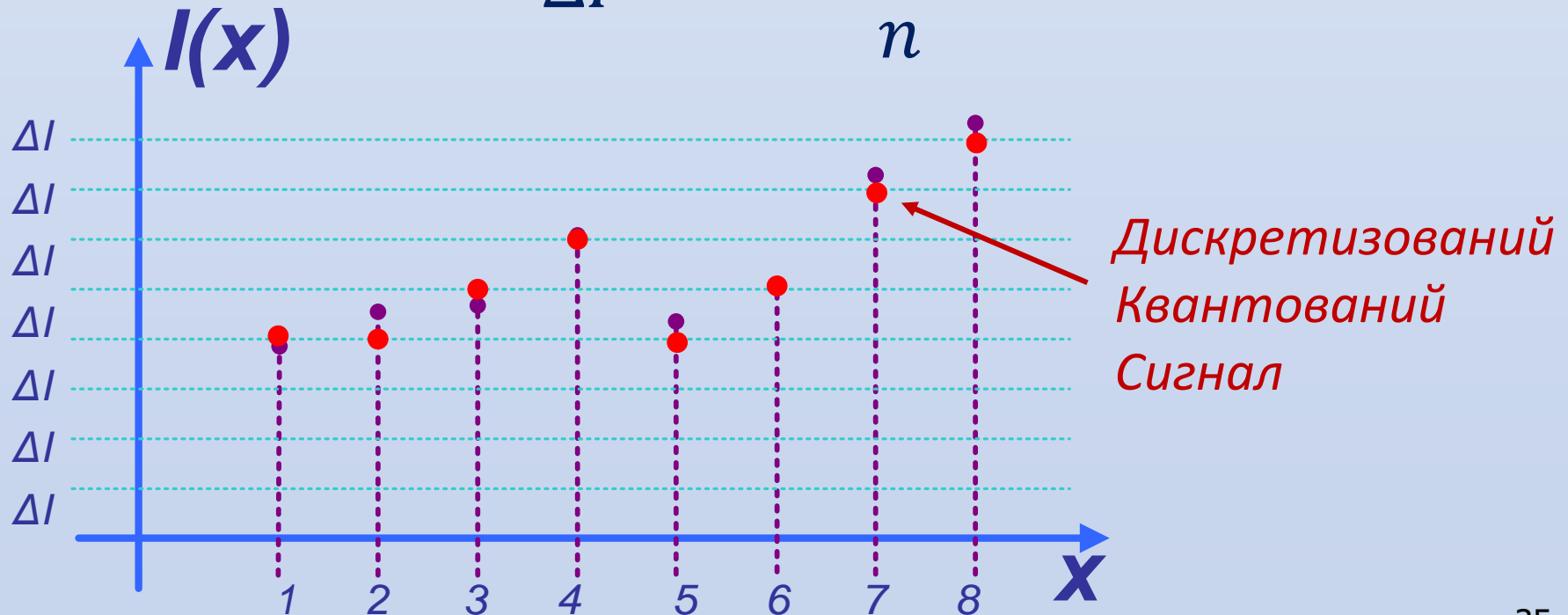
При цифровій обробці зображень безперервний динамічний діапазон значень яскравості ділиться на ряд дискретних рівнів. Ця процедура називається квантуванням. Її суть полягає в перетворенні безперервної змінної в дискретну, приймаючи кінцеву множину значень. Ці значення називаються рівнями квантування.

# Квантування сигналу за рівнем

Квантування (*quantization*) сигналу - розбивка діапазону значень сигналу на скінченну кількість інтервалів.

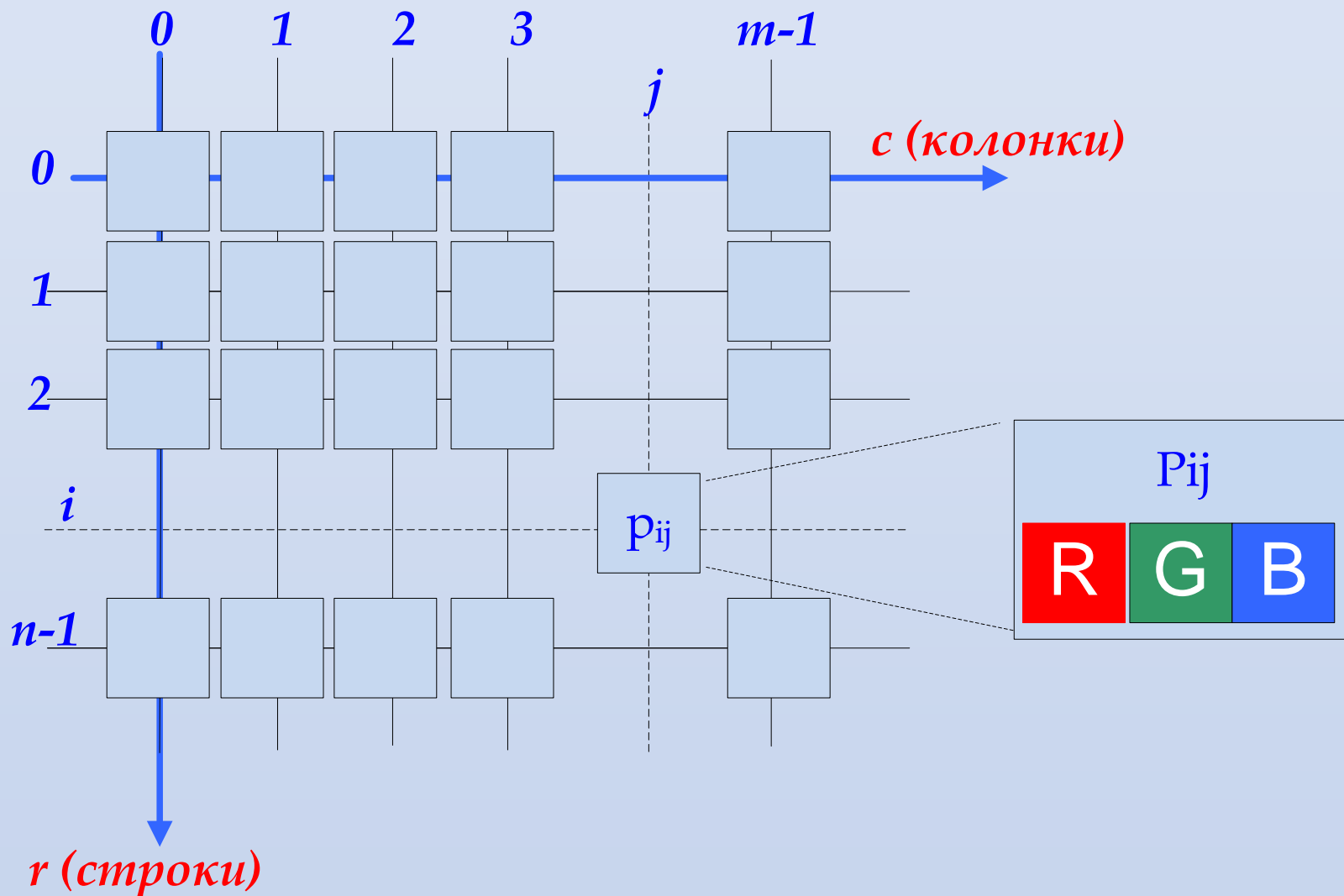
Кількість інтервалів (рівнів)  $n$  - глибина квантування.

$$\Delta I = \frac{I_{max} - I_{min}}{n}$$



**Кодування зображення**- опис  
кольорів пікселів в прийнятій колірній  
системі (RDB, CMYK, Lab та ін.)

# !!! ЦЕ ЦИФРОВЕ ЗОБРАЖЕННЯ



# Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С.Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. — Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. — 75 с.
- **Solomon C., Breckon T.** Fundamentals of Digital Image Processing. — Willey-Blackwell, 2011 - 344 p.

# Інформаційні ресурси

- Цифрова обробка зображень [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,41 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 73 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CZ99Q0DQq3Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FKTLW8GAdu4>

**The END 01**