

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від _____ 20__ р.
№ _____

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з навчальної дисципліни «Цифрове телебачення та радіомовлення»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Рекомендовано на засіданні
кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
28 серпня 2023 р., протокол №7

Розробник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях ЦИПОРЕНКО Валентин

Житомир
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 2

ЗМІСТ

Змістовий модуль 1. Загальна характеристика систем цифрового телебачення

Тема 1. Огляд систем цифрового телебачення. Організація спільного аналогового й цифрового телевізійного мовлення.

Тема 2. Особливості реалізації інформаційних послуг систем цифрового телебачення. Особливості впровадження систем цифрового телебачення.

Змістовний модуль 2. Система супутникового цифрового телевізійного мовлення

Тема 3. Основні характеристики DVB-S2. Загальна схема оброблення сигналів у системі DVB-S.

Тема 4. Особливості системи DVB-S2. Режими, що забезпечують зворотну сумісність супутникових систем DVB-S2 та DVBS.

Змістовний модуль 3. Система мобільного телевізійного мовлення. стандарт DVB

Тема 5. Загальна характеристика системи DVB-H. Особливості канального рівня системи DVB-H.

Тема 6. Принцип ущільнення в часі потокової інформації. Особливості планування мереж DVB-T/H.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 3

Вступ

Метою навчальної дисципліни– вивчення телевізійних (ТВ) моделей, методів, систем і пристроїв формування і обробки інформації

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- характеризувати мовні і прикладні ТВ системи і пристрої;
- аналізувати фізичні і математичні моделі оптичного випромінювання і оптичного зображення, фізичні і математичні моделі ТВ аналогових і цифрових відео і радіосигналів;

- оволодіти вмінням проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо;

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

ЗК-4. Знання та розуміння предметної області професійної діяльності.

ЗК-6. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ФК-3 Здатність вивчати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації.

ФК-4 Здатність розуміти технічні і функціональні характеристики телекомунікаційних та радіотехнічних систем, методів і процедур, що використовуються в радіотехніці.

ФК-9 Здатність забезпечити, встановити випробувальне устаткування, що використовується в науково-дослідних інститутах і підтримується на оптимальному рівні функціонування, а також, контролювати і координувати ремонт.

ФК-11 Здатність планувати технічне обслуговування телекомунікаційного та радіотехнічного обладнання.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю код спеціальності «Назва спеціальності»:

ПРН5. Вміти спілкуватися з професіоналами в області телекомунікацій та радіотехніки та розуміти їхні вимоги до технічних продуктів і послуг.

ПРН8. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати системи і процеси в області телекомунікацій та радіотехніки.

ПРН11. Вміти аналізувати сигнали, які передаються в телекомунікаційних системах.

ПРН13. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне обладнання та програмне забезпечення для основних стадій технологічного процесу проектування, діагностики та ремонту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 4

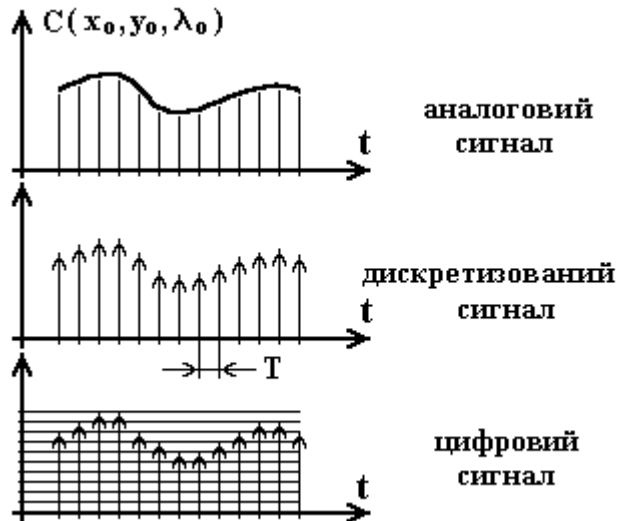
Джерела зображення

Хай джерело описується рівнянням : $Z(x, y, \lambda, t)$.

x, y – просторові координати

λ – довжина хвилі

t – час .



Досліджуваний об'єкт може формувати зображення на джерело який y нас існує .

Точкова функція системи : $h(x, y, x_1, y_1)$.

x, y – координати пов'язані з досліджуваним об'єктом .

x_1, y_1 – координати пов'язані із зображенням.

$h(x - x_1, y - y_1)$ реальні координати зображення, тобто це двовимірний аналог імпульсної функції системи .

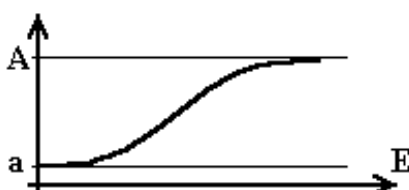
$$\iint_{x y} h(x - x_1, y - y_1) dx dy$$

Крім точкової функції сенсори характеризуються чутливістю і діапазоном .

$\lambda \in [\lambda_1, \lambda_2]$ – частотний діапазон чутливості

$t \in [t_1, t_2]$ – час експозиції

Окрім частотного діапазону чутливості існує динамічний діапазон і чутливість .



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 5

a – чутливість сенсора .

I – інтенсивність енергії падаючої на плівку в діапазоні чутливості плівки .

$$E = \int I dt \quad \log \frac{A}{a} - \text{динамічний діапазон}$$

Класифікація сенсорів зображення

- По типу сприйманого випромінювання :
 - електромагнітні
 - акустичні
 - теплові .
- По частотному діапазону :
 - від метрового діапазону і коротше
 - інфрачервоні
 - видимого діапазону
 - ультрафіолетові
 - рентгенівські
 - **гамма** випромінювання .
- По фізичній природі :
 - відновлені
 - невідновлені .
- За розміром :
 - нуль мірні
 - **одновимірні**
 - двовимірні .

За час експозиції T ми **одержуємо** зображення :

$$R_C(x, y, \lambda) = \int_0^T C(x, y, \lambda, t) R_C(\lambda) dt$$

R_3 – чутливість в діапазоні **3** .

Тоді чутливість в діапазоні RGB :

$$R_R(x, y, \lambda) = \int_0^T C(x, y, \lambda, t) R_R(\lambda) dt$$

$$R_G(x, y, \lambda) = \int_0^T C(x, y, \lambda, t) R_G(\lambda) dt$$

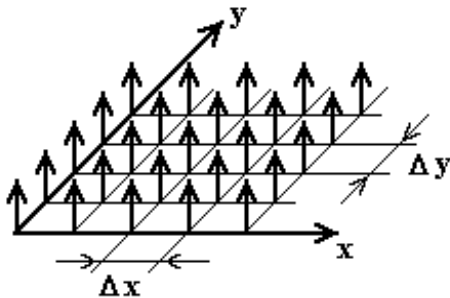
$$R_B(x, y, \lambda) = \int_0^T C(x, y, \lambda, t) R_B(\lambda) dt$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 6

Якщо зображення не залежить від часу, то будемо його називати фіксованим .
При фіксованій λ ми одержуємо деяку функцію $f(x, y)$ яка і буде зображенням

Розглянемо двовимірну дельта функцію $\delta(x, y)$.

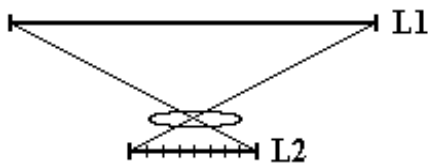
Цифрова зображення безліч пикселів, що є і стовпів цифр відповідних значенням δ - функцій у відповідних



$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x, y) dx dy ;$$

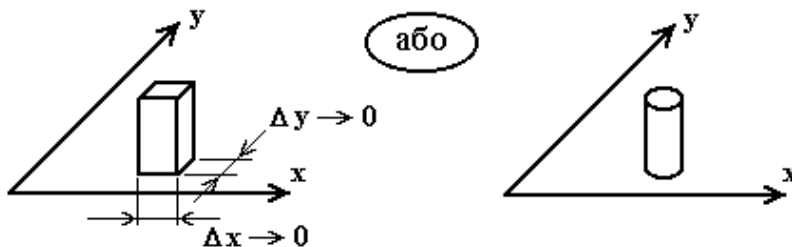
$$R(x, y) \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t, y) \delta(x_1, y_1) dx dy = f(x_1, y_1) ;$$

Зображення природного походження отримані за допомогою сенсорів від об'єкту природного походження .



Точково-імпульсна характеристика системи .

В двовимірному випадку δ - функція :



$$\delta(x, y) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} [\alpha^2 \text{rect}(\alpha x) \cdot \text{rect}(\alpha y)] \quad \text{или} \quad \delta(x, y) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \left[\frac{\alpha^2}{\pi} \text{cirk}(\alpha \sqrt{x^2 + y^2}) \right]$$

$$\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq 1/2 \\ 0, & |x| > 1/2 \end{cases} ; \quad \text{cirk}(x) = \begin{cases} 1, & r \leq 1 \\ 0, & r > 1 \end{cases} ;$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 7

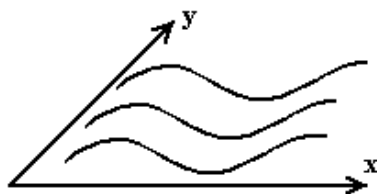
Якщо відгук системи на δ - функцію матиме вигляд :

$$h(x, y, \xi, \eta) = h(x - \xi, y - \eta)$$

Тоді рівняння формування зображення :

$$G(x, y) = \iint F(x, y) h(x, y, \xi, \eta) d\xi d\eta ;$$

$F(x, y)$ – функція впливаюча на спектр .



$F(x, y)$ - функція

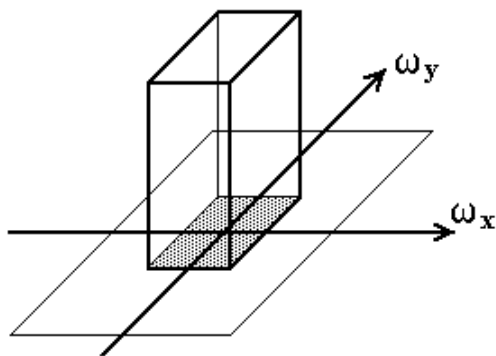
$$S(\omega_1, y) = \int F(x, y) e^{-j\omega_1 x} dx ;$$

$$S(\omega_1, \omega_2) = \iint F(x, y) e^{-j\omega_1 x} e^{-j\omega_2 y} dx dy ;$$

Хай $F(x, y)$ є зображення і ми хочемо отримати його двовимірне перетворення Фур'є .

Двовимірна функція відліків є імпульсною характеристикою двовимірного ідеального ФНЧ .

ω_y ω_x – просторові частоти, показують наскільки швидко змінюються зображення в тому або іншому напрямі .

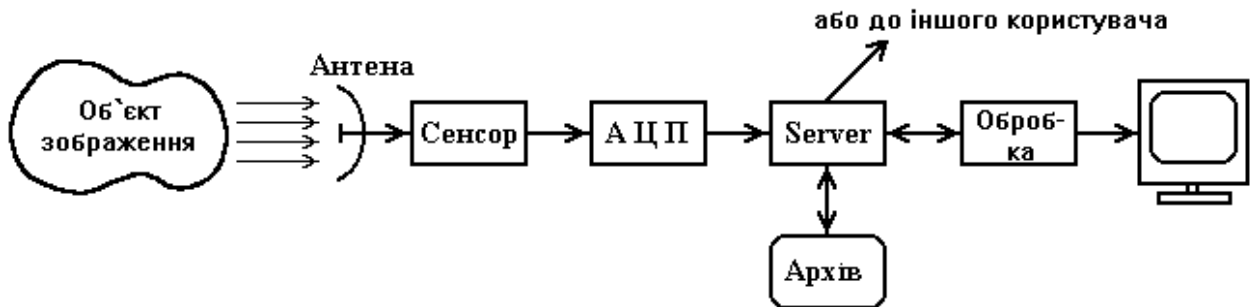


$$\frac{\sin x}{x} \cdot \frac{\sin y}{y} - \text{двумерная функция отсчетов}$$

ω_y ω_x – просторові частоти, показують наскільки швидко змінюються зображення в тому або іншому напрямі .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 8

Загальна схема отримання і обробки зображення



Вимоги до **приймальної** антени, системі отримання і сприйняття зображення визначається **характером** реєстрованого поля, **швидкістю** зміни **стану** об'єкту, вимогами до інтенсивності, контрастності зображення і мінімальними розмірами реєстрованого зображення .

Ці вимоги є визначаючими і для АЦП, а також і для системи зберігання зображення .

Наприклад чим вище контрастність зображення, тим менші вимоги до АЦП . А чим детальніше треба вивчити об'єкт, тим більше треба ставити дозвіл, тим більше необхідне дозвіл сенсора, тим більше розрядів необхідні в АЦП і тим більше необхідної пам'яті .

Методи компресії зображення

Розглядаються цифрові зображення, оскільки **після** АЦП .

Будь-яка інформація володіє ентропією, яка є мірою надмірності інформації .

Ентропія **посилки** :

$$h = -\sum \log_2 P_i ;$$

P_i – **вірогідність** випадання відповідного значення (0 або 1) .

Максимальна ентропія буде, коли 0 і 1 порівну (по половині) .

Наприклад для послілки 1111111110, ентропія: $h = -\log_2 \frac{9}{10} - \log_2 \frac{1}{10}$

Міра надмірності :

$$R = 1 - \frac{h}{h_{MAX}} ;$$

Крім **загальних** методів архівації інформації існує **ряд** методів специфічних для зображень природного походження . Вони можуть з таким же успіхом

використовуватися і для сигналів природного походження .

Зображення природного походження характеризується наявністю **достатньо** великою **площею** займаної ділянками зображення з відносно мало змінною інтенсивністю .

Методи зберігання без **стиснення**

{Заголовок Head}

розширення .bmp

кількість стовпців N ROWS

кількість рядків N STRIGS

розмір каналу channel size

pixel size

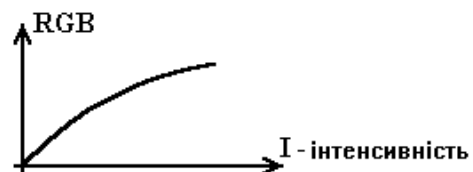
{Тіло Body}

2 біт \Rightarrow BW чорно-біле зображення

16.256 біт \Rightarrow INDEX індексне зображення

Таблиця відповідності палітри :

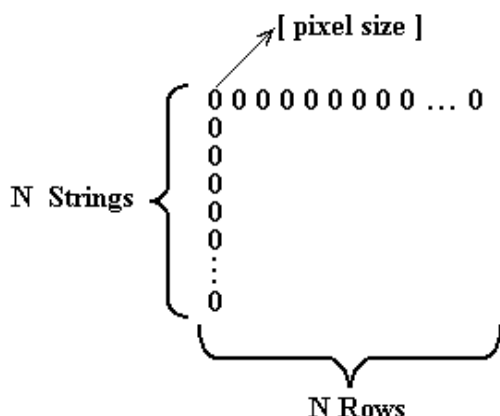
0	\Rightarrow	$R_0 G_0 B_0$
1	\Rightarrow	$R_1 G_1 B_1$
..	
256	\Rightarrow	$R_{256} G_{256} B_{256}$



Можливий додатковий параметр – кодування, що використовується .

Далі йде тіло, яке є набором пікселів .

$[pixel\ size] \times [N\ String] \times [N\ Rows] \approx$ кількість інформації



В системі RGB :

FF 00 00 – червоний колір

00 FF 00 – зелений колір

00 00 FF – синій колір

Крім поширеної системи RGB також

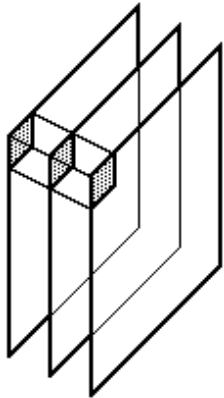
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 10

застосовуються і інші системи : YIQ, СМУК (використовується в принтерах).

Зображення в яких кількість каналів більше за одне називаються багатоканальними (RGB зображення відноситься до багатоканальних зображень).

Структура запису багатоканальних зображень

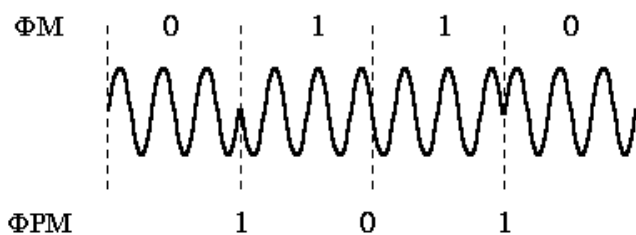
: **ВИГЛЯД** :



Багатоканальні зображення відрізняються тим, що їх пікселі **містять** інформацію відразу про декілька каналів .

В багатоканальних зображеннях **ВВОДИТЬСЯ** ий параметр як розмір каналу (channel size).

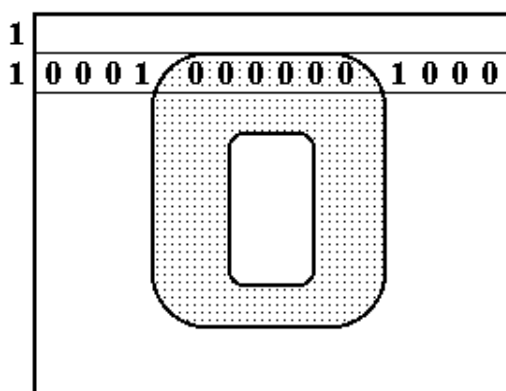
Способи фазової маніпуляції :



ФРМ – набагато більш завадозахищений і володіє меншими вимогами до стабільності частоти генератора .

Методи стиснення без втрат.

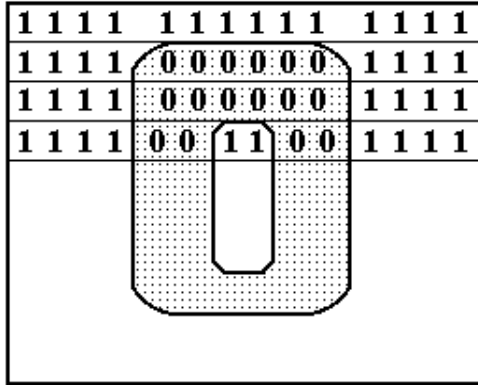
Факсний метод .



Факсний (що використовується у факсах) метод кодування полягає в тому, що кодуються одиницями перепад **кольорів** сусідніх пікселів в рядку, а нулем – відсутність перепаду . Для зображень **містять** однорідні ділянки великої **площі** виходить високо **надмірний** код, легко кодований оптимізуєчими методами .

Недоліки : при збої виходять перешкоди у вигляді чорних або білих смуг ; не використовується двовимірна природа зображення .

RLE метод



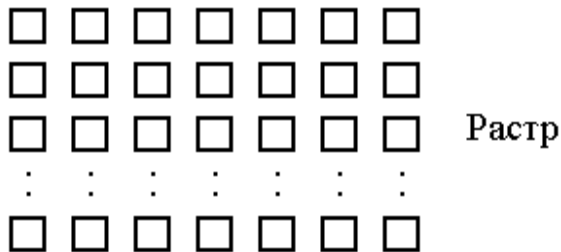
RLE код відрізняється тим, що **відрядковий** кодується **колір** пікселя і кількість пікселів цього **кольору** йдуть підряд в даному рядку поки не зустрінеться зміна **кольору**.

Метод простий і застосовується в (.bmp).

Недолік RLE методу полягає в тому, що він при плавно змінному зображенні

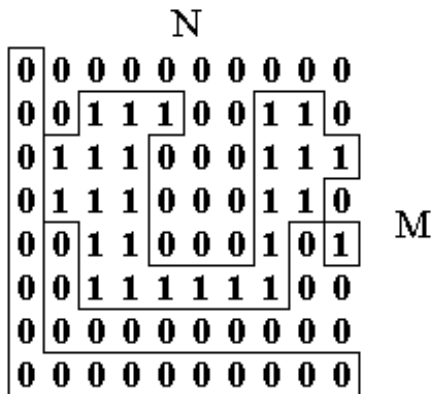
приводить не до **стиснення**, а навпаки до збільшення розміру місця **займаного** зображенням.

Кодування **кутами** Шлезенгера



Для простоти поки **розглядатимемо** чорно-біле зображення.

Приклад : маємо чорно-біле зображення **записуване** растром.



Необхідно :

1. Дописати рядок і стовпець нулів .
2. Як запропонував Шлезенгер кодувати не кожний піксель, а четвірки яких буде всього шістнадцять видів .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 12

$\frac{0 0}{0 1}$	$\frac{0 0}{1 0}$	$\frac{0 1}{0 0}$	$\frac{1 0}{0 0}$	$\frac{0 1}{1 1}$	$\frac{1 0}{1 1}$	$\frac{1 1}{0 1}$	$\frac{1 1}{1 0}$	} Основные уголки
1	2	3	4	5	6	7	8	
$\frac{1 0}{0 1}$	$\frac{0 1}{1 0}$	$\frac{0 1}{0 1}$	$\frac{1 0}{1 0}$	$\frac{0 0}{1 1}$	$\frac{1 1}{0 0}$	$\frac{0 0}{0 0}$	$\frac{1 1}{1 1}$	Уголки 9 и 10 могут быть основными
9	10	11	12	13	14	15	16	

Тепер наше зображення виглядатиме у вигляді послідовності .

- 15 1 13 13 2 15 1 13 2
- 1 5 16 8 4 15 11 16 6
- 11 16 16 12 15 15 11 16 8
- 3 7 16 12 15 15 11 8 9
- 15 11 16 6 13 13 5 12 3
- 15 3 14 14 14 14 4 15
- 15 15 15 15 15 15 15 15

З початкової растрової (N+1) на (M+1) картинки ми отримаємо масив розміром N на M біт .
Якщо сканувати зліва направо, зверху вниз, і якщо є **кут №1**, то його обов'язково замикає **кут №2** .

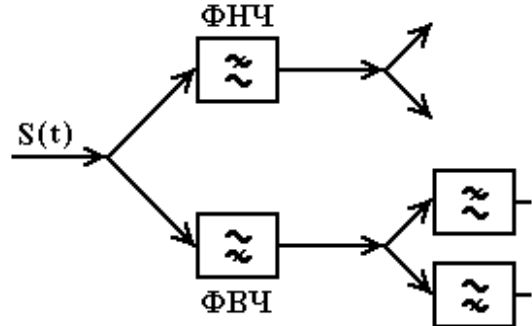
Тому для кодування використовуємо основні **кути** . Із зображення розміром N на M, кожний піксель якого є 1 біт, замінюємо зображенням основних **кутів** розміром 1 біт, **указуючи 1** – якщо **кут** дуальний (основний), і **указуючи 0** – якщо **кут** не дуальний (не основний).

Тоді отримаємо :

0	1	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Даний растр менш **надмірний** .
Це перетворення зменшує ентропію, тобто є **можливість стиснення** .
Перетворення є **стискаючим** для зображень з великими **площами** рівної замальованості (креслення) .
Дане кодування зворотнє, тобто зображення відновлюється без втрат .

Перетворення Шлезенгера знижує ентропію отже підвищує **ступінь стиснення** .



Wavelet – хвильове перетворення

Таке перетворення полягає в тому, що **початковий** сигнал пропускається через систему

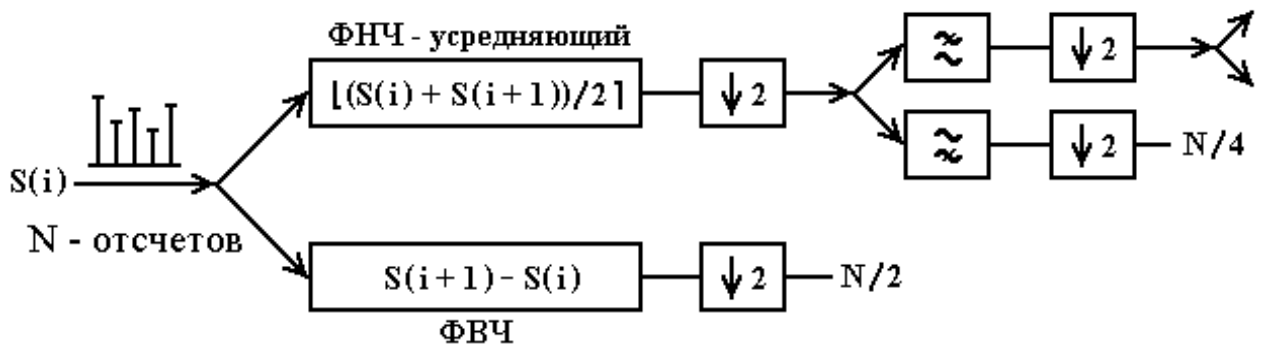
лінійних фільтрів (як правило ФНЧ і ФВЧ), в результаті сигнали отримані на виході цих фільтрів пропускаються через аналогічні .

В результаті **одержуємо** розкладання **початкового** сигналу на складові **пропорційні** ортогональним функціям імпульсних характеристик фільтрів, які називаються Wavelet-ами .

Фільтри, що використовуються в Wavelet – парі повинні бути ортогональними, тобто згортка імпульсних характеристик повинна дорівнювати нулю .

S – перетворення

Виберемо як сигнал **якусь** послідовність відліків фіксованої величини . $S(i)$: $SMIN \leq S(i) \leq SMAX$.



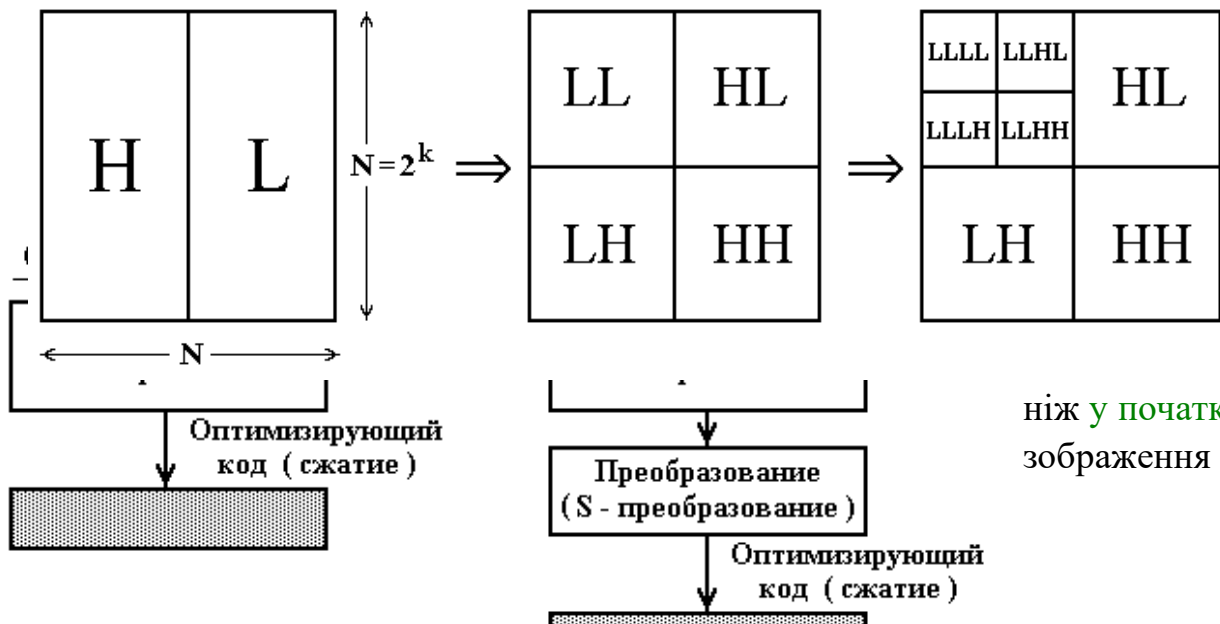
$\lfloor \rfloor$ - взятъ с недостатком
 $\downarrow 2$ - выборка каждого второго

Таких перетворень треба **робити** ($\log_2 N$) раз, це буде кількість кроків.

В результаті S – перетворення ми отримаємо зображення з ентропією меншої

$$H = S_{i+1} - S_i$$

$$L = |(S_{i+1} - S_i) / 2|$$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 14

умови, що початкове зображення було природного походження, тобто наближай лежачі пікселі мали схожі характеристики .

Це дає можливість стискати перетворені зображення без втрат більш ефективно ніж початкове . Операція зворотна стисненню абсолютно симетрична . Порівняємо загальний і спеціалізований методи стиснення .

Спеціалізованим методом стиснення є формат (.gif) .

Методи стиснення з втратами

Зображення має властивість – необов'язково стиснення без втрат, оскільки метод стиснення з втратами допустимий для зорового сприйняття .

$$\delta_{CP} = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{\Delta ij}{X_{ij}} ;$$

1. Середня погрішність :

Δij – різниця в числових характеристиках пікселя, що стоїть в i рядку і в j стовпці початкового зображення і стислого .

X_{ij} – значення пікселя початкового зображення в крапці (i, j) .

Оцінити середню помилку на зображенні можна по формулі :

$$\delta_{CP} = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{\Delta ij}{X_{MAX}} ;$$

2. Максимальна помилка на зображенні :

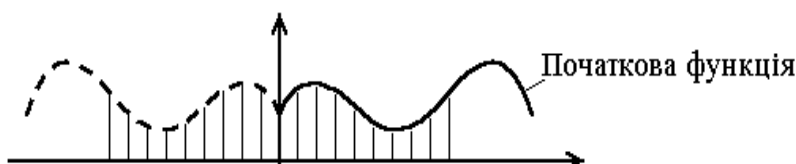
$$\Delta_{MAX} = \max_{\substack{i=1 \dots N \\ j=1 \dots M}} \left(\frac{\Delta ij}{X_{MAX}} \right) ;$$

Перевага методів стиснення з втратами та, що коефіцієнт стиснення на порядок вище . Тому ці методи використовуються в Інтернет, телекомунікаціях, супутниковому зондуванні .

Метод JPEG

В цьому методі зображення розкладається по двовимірному \cos перетворенню .

Наприклад є функція ні парна ні непарна, тоді Фур'є перетворення має і \cos і \sin (парна має тільки \cos , непарна \sin). Доповнимо її симетрично і вона стане



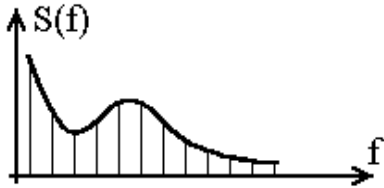
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 15

парною .

Косинусний спектр початкової функції матиме вигляд :

Стиснення відбувається за рахунок відкидання ВЧ частини складової спектру має малі амплітуди .

В результаті з'являється розмитість .



Коефіцієнт стиснення JPEG десятки – малі сотні . Метод застосовується для зображень природного походження .

Фрактальний метод стиснення

— ⇒ — — 2/3

— — — — ⇒ — — — — 4/9

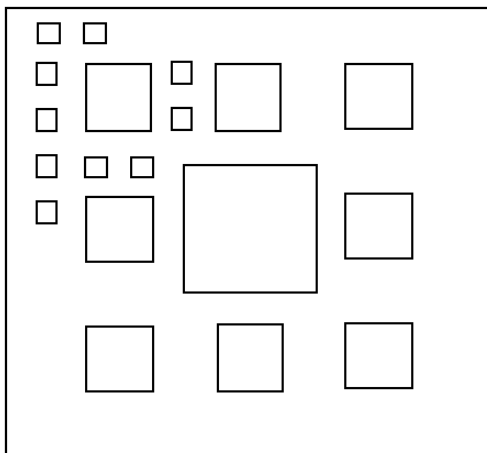
— — — — — — — — ⇒ — — — — — — — — 8/27

В результаті отримано множину має нульову довжину – ця безліч кінців відрізків – Кантівська множина ($2^n / 3^n$) .

Фрактал – безліч крапок, результат Кантівської множини . Але не всякий фрактал є Кантівською множиною . Фрактал володіє властивістю саме подібності .

Приклад двовимірної Кантівської множини.

На початковому зображенні знаходяться саме подібні ділянки і вони беруться



як базові елементи фрактального. Інше апроксимується за допомогою фрактальних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 16

перетворень, потім **одержуємо** зображення у вигляді формули **відображає** фрактальні перетворення .

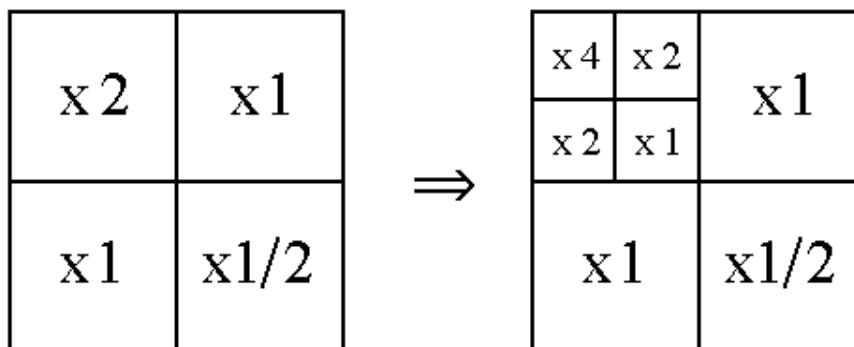
Цей метод не отримав широкого **розповсюдження через** :

1. Немає автоматичного перетворення .
2. Погрішність **одержувана** за допомогою методу вона не залежить від часу **обчислення**, щоб отримати **добре стиснення** інформації необхідно на **стиснення** годинник, 10 годин .

Вузьке **застосування** – там, де необхідно створити за великий час компактний **приклад** сигналу .

SPITH – перетворення

Це перетворення засновано на Wavelet – перетворенні . **Відбувається** нормування певним чином і **вводиться** норма на пікселі, вони **умножаються** на :



Далі відкидаються ті коефіцієнти, які менше порогового значення наперед заданого .

При тих же коефіцієнтах **стиснення** втрат виходить менше ніж при JPEG **стисненні** . Послідовне **поліпшення** зображення .

Види обробки зображення

- 1) Реконструкція (комп'ютерна томографія, УЗІ, підземне сканування)
- 2) Підвищення суб'єктивної якості сприйняття зображення
- 3) Аналіз зображень (статистичний, морфології, топології, гістограм ний)
- 4) Фільтрація
- 5) Сегментація (виділення на зображенні фрагментів чи з однаковими схожими параметрами)
- 6) Реставрація

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 17

- 7) Векторизація – перетворення сегментованого растрового зображення у векторне
- 8) Операції комп'ютерної геометрії – у вигляді безлічі геометричних фігур
- 9) Виявлення об'єкту
- 10) Розпізнавання і класифікація (**образів**) – розпізнавання текстів, звуків, зображень і т.п.

Реконструкція



1) Реконструкція зображення

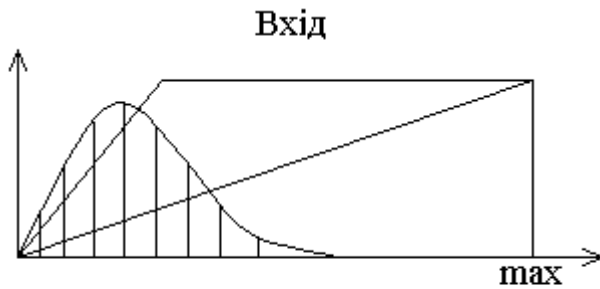
До задач відносять задачі виправлення геометричних спотворень і комплексних задач, які називаються задачами томографії. Способи геометричної корекції

включають:

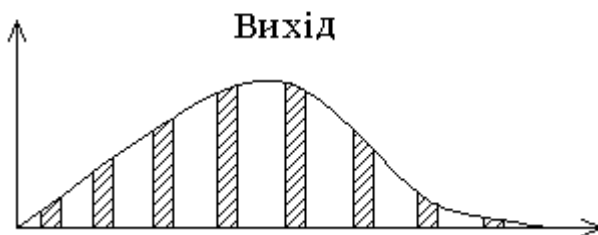
- а) Прив'язку, тобто знаходження на зображенні **точок з** точно відомими координатами (**гео прив'язка**). Після прив'язки здійснюється корекція по алгоритмах, **напр.** при корекції супутникових зображень використовуються моделі **геоїдів**.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 18

Томографія – задача відновлення фізичного об'єкту, опромінюваного різними фізичними полями по картині розсіювання цих полів. Ця задача відноситься до **некоректних** задач **регуляризації**.



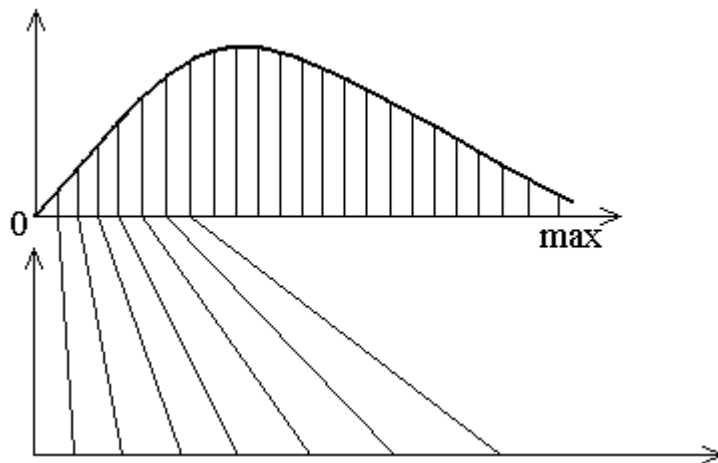
Поліпшення зорового сприйняття



Метод розтягування гістограми.

Зворотне перетворення
не завжди можливо

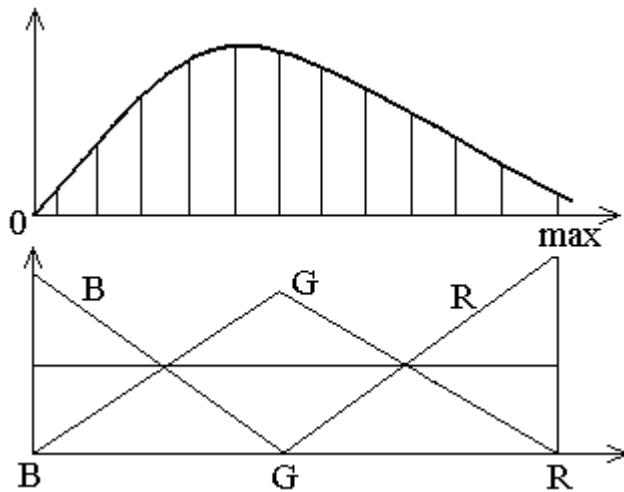
Метод вирівнювання гістограми



Проектуємо гістограму на рівні ділянки.

Метод псевдокольору

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 19



Фільтрація шуму

$$\chi(i,j) = \mu(i,j) \cdot \chi'(i,j) + n(i,j) + p(i,j)$$

де:

$\chi(i,j)$ – зображення в i, y *pixele* **растрованого** зображення;

$\mu(i,j)$ – мультиплікативна складова перешкоди в даній **крапці**;

$\chi'(i,j)$ – шукане зображення, яким би воно було без перешкод;

$n(i,j)$ – адитивна складова;

$p(i,j)$ – апаратна складова.

Задача фільтрації знайти оператор $F(\chi(i,j))$, який **миним.** різницю між $\min \Delta (\chi_2 \chi')$, тобто **намагаємося** прибрати перешкоду і не спотворити модель зображення.

Фільтри бувають: локальними (локально - апертурними) і нелокальними, лінійними і нелінійними, рекурентними і не рекурентними.

Рекурсивні – з Ос. – залежить з якої сторони **проходити** по сигналу, з **початку** або з кінця. (В діаграмах Габора, для зондування під **землею**).

ФНЧ

Лінійні фільтри задаються наступними параметрами:

- 1) Апертура – матриця кінцевих розмірів, центрована відносно обробки **крапки**.
- 2) Множник – за умовчанням рівна зворотній сумі коефіцієнта апертури.
- 3) Зсув – параметр за умовчанням рівний нулю.

1	1	1
---	---	---

$$a_{ij} = F(a_{ij}) = OFF + \frac{1}{k} \left(\sum_{l,m} a_{lm} c_{lm} \right)$$

OFF – зсув;

K-1 – множник;

c_{lm} – коефіцієнти задані в апертурі;

a_{lm} – пікселі зображення знаходяться під діючими комірками апертури.

Є матриця:

		a_{ij}
1	2	1
2	5	2
4	2	1

$$\Sigma = 17$$

Обробка проводиться по лінійному алгоритму.

$$a'_{ij} = (a_{i-1,j-1} \cdot 1 + a_{i,j-1} \cdot 2 + a_{i+1,j-1} \cdot 1 + a_{i-1,j} \cdot 2 + a_{i,j} \cdot 5 + a_{i+1,j} \cdot 2 + a_{i-1,j+1} \cdot 1 + a_{i+2,j+1} \cdot 1) \cdot \frac{1}{17}$$

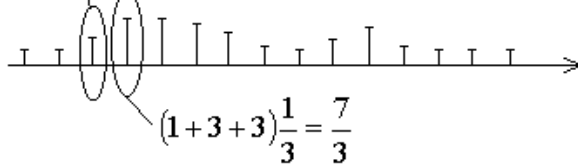


ФНЧ

1	1	1
---	---	---

$$(1+1+3) \cdot \frac{1}{3} = \frac{5}{3}$$

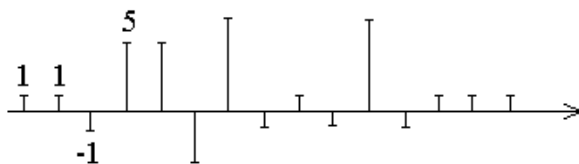
Получим сглаженный сигнал



Фільтр ФВЧ

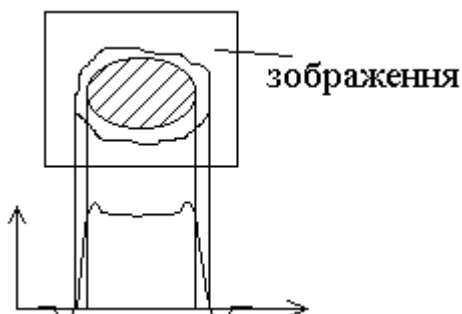
-1	3	-1
----	---	----

:



При дії ФВЧ підкреслюються ВЧ перепади.

Фільтр ФВЧ підкреслює перепади, на місцях **препаду** виникає **межа** має перепади.



ФНЧ – застосовується коли зображення зашумлене перешкодами (ВЧ перешкодами). В цьому випадку окремі фрагменти відносно однорідні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 21

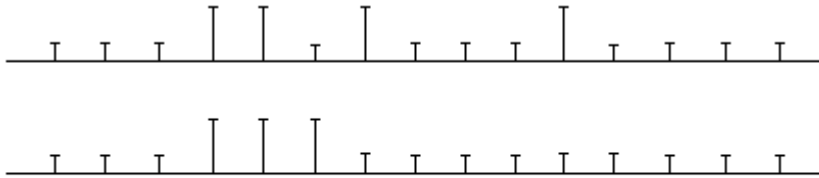
ФВЧ – застосовуються, по-перше, для підкреслення **меж** і для сегментації по **межах**, для фільтрації НЧ перешкоди як нерівномірного освітлення. Якщо перешкода мультиплікативна, то **застосування** ФВЧ марно.

Смугові фільтри – майже не застосовуються в ТБ зображеннях.

Нелінійна **апертурна** фільтрація

(Медіанні і **порядкостатистичні** фільтри)

Медіанна фільтрація – **пікселі** (відліки) що потрапили в межі апертури сортуються за збільшенням і результатом фільтрації є середній піксель в цій порядковій статистиці.



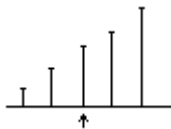
1	1	1
---	---	---

Медіанний фільтр показує **добру** обробку імпульсних перешкод. Розміри самої імпульсної перешкоди визначаються самим фільтром і слід вибирати виходячи з геометричних розмірів зерна шуму. Побічні ефекти **застосування** медіанного фільтру, що знищує малі об'єкти і порушує топологію протяжних об'єктів.

Зважений медіанний фільтр задається у вигляді матриці, коефіцієнти якої рівні кількості відповідних пікселів в порядок статистиці.

0	1	0
1	3	1
0	1	0

Порядковий – статистичні фільтри – всі відліки **потрапили** в апертуру сортуються в **порядку** зростання. Результатом фільтрації є піксель із заданим номером.

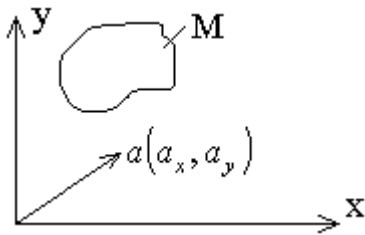


Математична морфологія

Морфологічні фільтри

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 22

1) Бінарна морфологія.

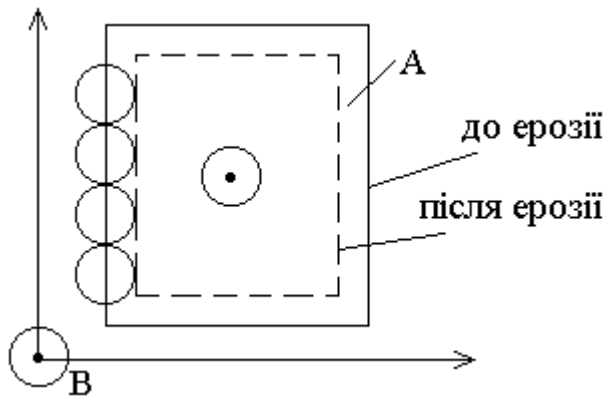


Безліч M переносимо на \vec{a} . Для кожної **крапки** буде $b' = b + a$

$$M' = M \rightarrow \vec{a}$$

$$M' = U b$$

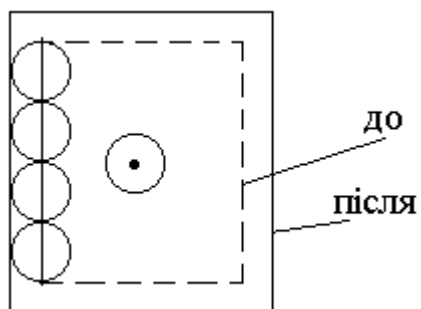
1. **Перенесення** (трансляція)
2. **Ерозія** – процес зменшення (**таинья**)



$$E(A, B)$$

$$a : (a \rightarrow B) \in A$$

3. **Нарощування.**



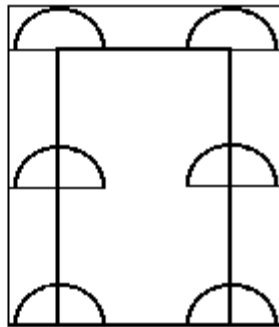
$$D(A, B)$$

$$\cup (a \rightarrow B) \forall a \in A$$

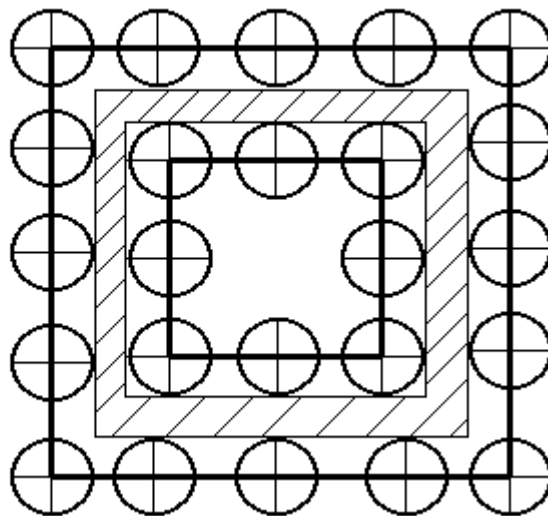
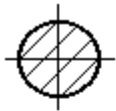
Об'єднання крапок a трансльовані по B належить множині A .

Наприклад:

як база візьмемо півколо:

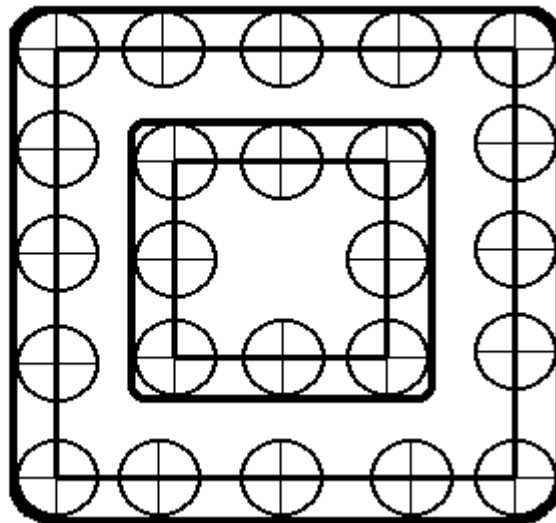
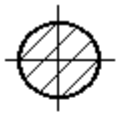


Ерозія:



Нарощування:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 24



Морфологічні фільтри застосовуються для корекції форми на зображеннях у тому числі фільтрацію топологічних дефектів меншої розмірності ніж початкове зображення.

Ці фільтри відносяться до локально-апертурних фільтрів.

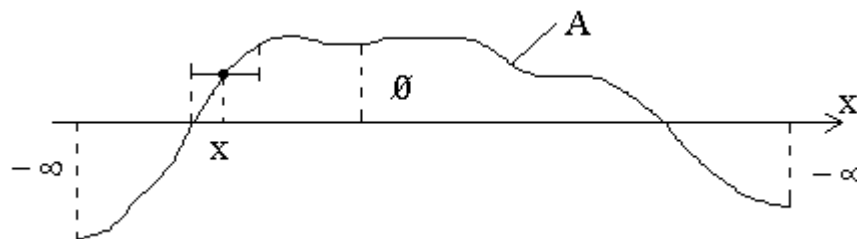
В базову апертуру заноситься базова ерозія або нарощування.

Відкриття множини A по B – це є послідовне застосування ерозії і нарощування.

Закриття множини A по B – це є послідовне застосування нарощування і ерозії.

«Сіра математична морфологія» - існує градація від білого до чорного з проміжним сірим.

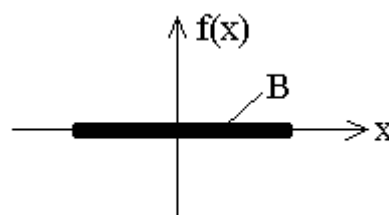
Support - база

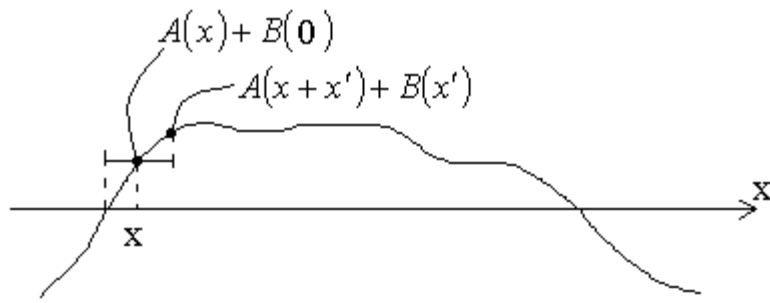


$\text{Support } A(x)=0$ якщо $x \in$ області визначення A .

$\text{Support } A(x)=-\infty$ якщо $x \notin$ області визначення A .

$$E(A; B) = \min(A(x + x') + B(x'))$$





Ерозія – виходить вже ніж **початковий** сигнал.

До кожного пікселя з оточення плюсуємо і вибираємо **мінімальний** елемент.

Нарощування – до **кожному пікселю** з оточення додаємо елемент матриці і вибирається **максимальний** елемент.

Задача:

0	1	0
1	1	1
0	1	0

$$k = \frac{1}{5}$$

7	1	7	1	1	3	3	2	4
1	0	1	2	1	2	4	1	1
7	1	7	1	1	3	3	2	4
7	1	7	6	1	3	1	2	5
3	2	3	1	0	0	2	1	0
5	1	5	3	3	7	0	3	3
1	1	1	4	0	1	3	3	3
6	7	6	5	4	1	3	2	3
0	0	0	6	6	3	1	6	1

1)

1	3	1	1	3	2	2	2
3	3	3	1	2	3	2	3
4	5	3	2	2	2	2	3
2	4	3	1	2	1	2	2
3	3	3	3	2	3	2	2
2	3	3	2	2	2	3	3
4	4	5	3	2	2	3	2
3	4	4	5	2	3	2	3

3)

1	1	1	1	2	2	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015		Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1		Арк 39 / 26

1	1	1	1	2	2	2	2
1	3	1	1	1	2	1	2
1	2	1	0	0	0	1	1
1	1	3	0	0	2	1	3
1	1	1	1	1	1	3	3

2)

1	2	1	1	3	3	2	1
1	1	2	1	3	3	2	2
2	6	1	1	1	2	2	2
2	3	3	1	2	1	2	1
2	3	3	3	1	3	3	3
1	4	3	3	1	3	3	3
6	5	5	4	3	2	3	2
0	6	5	6	1	3	2	2

4)

1	1	1	1	1	2	2	2
1	0	1	2	1	1	1	1
2	1	0	0	0	0	0	1
2	1	1	1	0	1	0	1
1							

S-преобразование

2	0	1	2	1	3	3	5
1	0	1	1	2	4	1	4
2	1	3	3	4	5	4	3
1	1	3	4	4	1	3	2
0	2	5	6	7	1	0	1
1	4	5	7	7	1	1	3
1	3	4	6	4	2	1	2
2	3	4	5	3	1	2	4

L				H			
1	1	2	4	-2	1	2	2
0	1	3	2	-1	0	2	3
1	3	4	3	-1	0	1	-1
1	3	2	2	0	1	-3	-1
1	5	4	0	2	1	-6	1
2	6	4	2	3	2	-6	2
2	5	3	1	2	2	-2	1
2	4	2	3	1	1	-2	2

L				H			
0	1	2	3	-2	0	2	2
1	3	3	2	-1	0	-1	-1
1	5	4	1	2	1	-6	1
2	4	2	2	1	1	-2	1
-1	0	1	-2	1	-1	0	1
0	0	-2	-1	1	1	-4	0
1	1	0	2	1	1	0	1
0	-1	-1	-2	-1	-1	0	1

L		H	
0	2	1	1
2	2	2	-1
3	2	4	-3
3	2	2	0

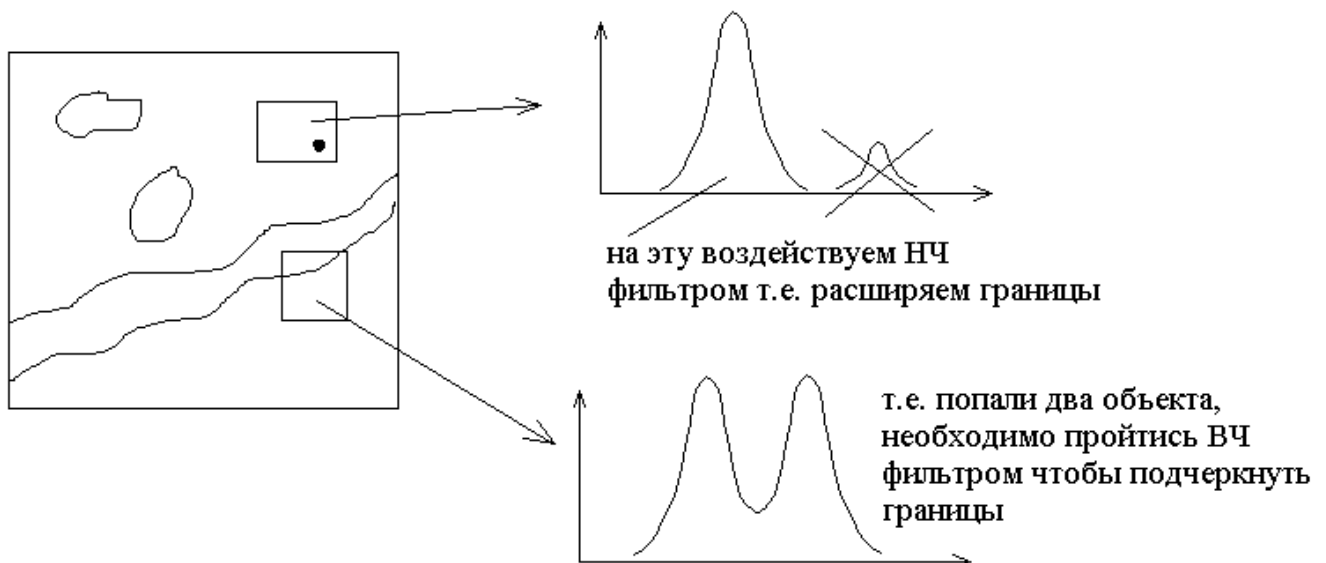
L		H	
1	2	1	0
3	2	3	-2
2	0	1	-2
0	0	-2	3

L	H
1	1
2	-1

L	H
1	0
1	-2

Адаптивна фільтрація

Вибирається параметр адаптації і застосовується той або інший метод обробки.



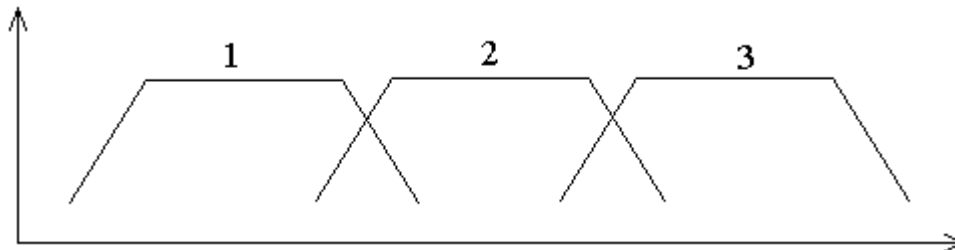
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 28

Локально адаптивна фільтрація полягає в тому, що досліджують пікселі **потрапили** в межі вибраної локальної апертури. По значеннях цих пікселів **обчислюємо** локальні параметри, вибираємо метод фільтрації.

Як параметри вибирають **статистичні** параметри **пікселів**, такі як дисперсію, ентропію, середнє значення, медіанне значення **іноді** моменти більш високих **порядків**, а також їх похідну. Вибір параметра локального фільтру не проста задача і здійснюється методом аналізу моделі: сигнал/шум, а також **імперичні**.

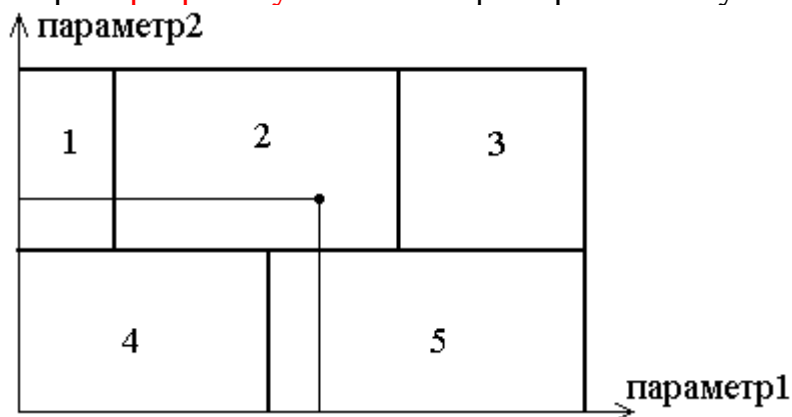
Область застосування – локація зображення, зондування, мікроскопія.

Недолік: складно будувати багатокрокові фільтри.



Локально-експертні системи

В локально-експертних системах по вибірці **розраховується** не один, а більш параметрів і **розраховується** який фільтр застосовувати.



Якщо значення параметрів $P(x,y)$ лежить в області 2 те застосовують фільтр 2 і т.д.

Настройка (інтерактивна) локально-експертних систем:

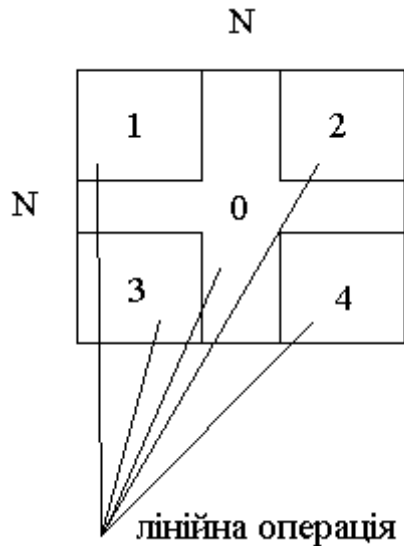
Кваліфікований користувач знає, що він обробляє.

1) Вибираються параметри адаптації (яскравість, дисперсія)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 29

2) **Робиться** вибірка на відомій **характерній** ділянці, по ній система **виміряє** **діапвзон** зміни параметрів і для даного об'єкту вибирається фільтр.

Багатоядерні фільтри

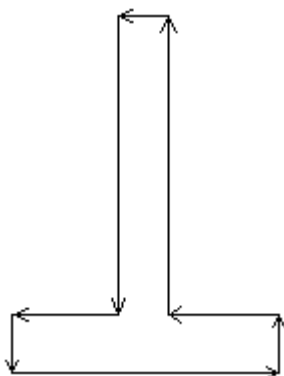


Над кожною апертурою **проведемо** лінійну операцію. Отримаємо 5 цифр. **Побудуємо** їх в **порядку** зростання і візьмемо медіану.

Багатоядерні фільтри відносяться до **локально-апертурним** фільтрів, в одній «великій локальній» **апертурі** **вводиться** деяке число внутрішніх локальних апертур, які можуть **перетинатися** або **перекриватися**. Задаються локальні операції над кожною з апертур, а глобальна операція над результатом фільтрації по внутрішніх апертурах.

Такі фільтри застосовуються для обробки сигналів радіолокацій для обробки **спекле шуму**.

Векторні зображення і робота з ними



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 30

Векторні зображення є списками об'єктів мають геометричні характеристики, такі як координати в загальній системі координат, траєкторії, межі, і ін. Об'єкти характеризуються стилем зображення в яке можуть включатися різні види заливки, штрихування, товщина ліній, меж, типи символів і ін.

Таким чином використовуючи загальну систему координат ми відображаємо об'єкти на площині зображення використовуючи їх стилі.

Крім геометричних і стильових характеристик об'єктам привласнюються їх атрибутивні характеристики, які властиві даним типам об'єкту і унікальні для даного об'єкту. Для запису атрибутивних характеристик об'єкту використовують бази даних, це дозволяє проводити аналіз, селекцію об'єкту по різних критеріях фактично векторне зображення є базами даних, де об'єкти мають ще і свій вигляд.

База даних (звичайно у вигляді таблиці)

Ідентифікаційний номер	Висота	Адреса	Кількість поверхів	Власник
00001	37	вул. Політех 1	4	Держава
00002	25	вул. Політех 2	2	Держава

Формати векторних зображень

Векторне зображення є списками наступного вигляду:

- Заголовок: тип формату, ким воно підтримується, яка версія і т.д.
- Obj 1 id, тип, тіло.
Obj 2 id, тип, тіло і т.д.

Тіла можуть винесені окремо і в списку вказується місцеположення тіла.

Якщо необхідно виділити якісь елементи окремо, то раціонально робити зображення в шарах.

Заголовок 1

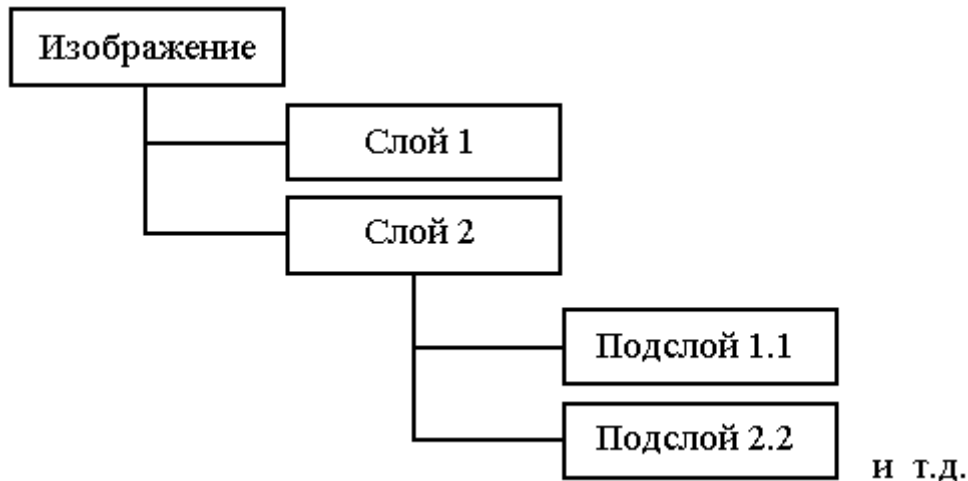
Layer 1

Obj 2.2 id тип стиль p Тіло

Obj 2.2 id тип стиль p Тіло

Можуть бути ще підшари; наприклад в деревовидній системі:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 31



ід-используется для свідчення що це окремий об'єкт і для пошуку в базі даних об'єкту.

Види об'єктів

1. Площадкові (2x мірні)

1.1 Полігон

1.2 Заповнені прямокутники, еліпси, **круги** (стандартні **площадкові** фігури)

Полігон – багатокутник.

Тіло загального вигляду записується:

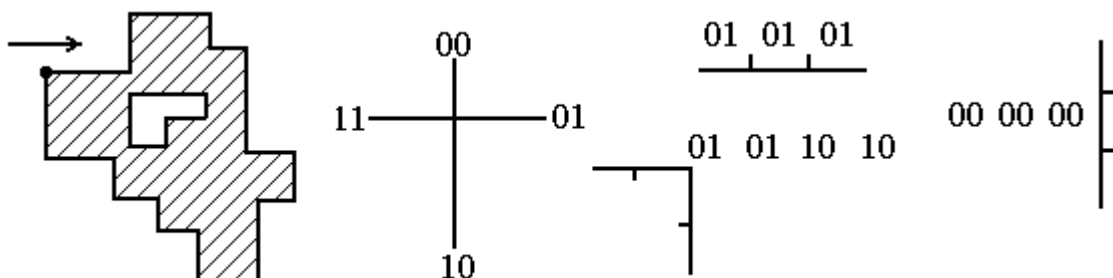
- зовнішня **межа** ($x_0 y_0, x_1 y_1, \dots, x_n y_n, x_0 y_0$) **указує** на те, що він замкнутий
- внутрішня **межа** ($x_0 y_0, x_1 y_1, \dots, x_n y_n$) може бути **висновок**, і не замкнутий



Зовнішня **межа** з внутрішньою **взаємнеперетинаються** і **самонеперетинаються**.

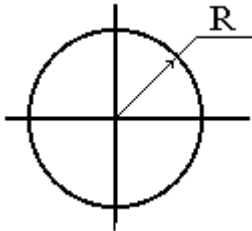
Полігоном загального вигляду називаються об'єкти, описувані зовнішніми і внутрішніми **межами**. Межі описуються у вигляді замкнутих ламаних.

Полігони спеціального вигляду – де **межа** записана **ланцюговим кодом** це полігони з **взаємно ортогональними ділянками меж**.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 32

Такі полігони більш компактні в записі.



Круг може задаватися 2ма параметрами R і (x,y)

Стиль 2x-мерных:

1. Заливка (або штрихування) колір її.
 2. Товщина межі, колір її, пунктирні межі і т.д.
- Протяжні об'єкти (одновимірні)
1. Полілінія (спеціальна Полілінія).
 2. Відрізок.
 3. Дуга.
 4. Стандартні об'єкти (коло, незаповнені еліпси, прямокутник).

Відрізок – об'єкт, що має координати початку і кінця.

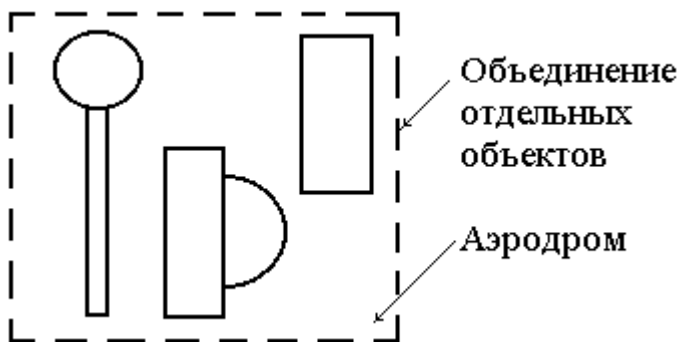
Полілінія – об'єкт, що складається з відрізків приєднаних до початку і до кінця попереднього.

Сплайн – характеризується радіусом округлення і залежно від траєкторії описується.

Як поли-лайн використовують поли-сплайни. Існують різні стилі проведення ліній.

Точкові об'єкти()

1. Символ (Стиль: розмір символу, колір, вид алфавіту)
2. Написи.
3. Групові об'єкти.



Тіло групових об'єктів включає посилання тих тіл, які в нього входять. Не забороняється об'єднувати () групові об'єкти.

DXF – формат для САДовских додатків.

Векторизація растрових зображень

Векторизація може бути:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 33

- ручна відколка (за допомогою миші **дигитайзера**)
- автоматична
- напівавтоматична (можна вибрати потрібний об'єкт і вказавши на нього, програма автоматично визначає його і здійснює векторизацію)

Метод обходу меж

Скануючи **початкове** растрове зображення, сегментується – **знаходимо крапку з певним кольором**.

Скануючи зверху вниз **знаходимо крапку 1 з певним кольором** і скануємо цей об'єкт поки не знайдемо **крапку з іншим кольором**, це вже буде об'єкт 2 і **робимо** огляд **межі** об'єкту 1 тобто порівнюються точки **кольору** об'єкту 1 і іншого об'єкту.

Цей метод полягає в **наступному**: сегментоване растрове зображення сканується **відрядковий**, фіксуються моменти зміни **кольорів** в **крапках**, відповідних **початку** зміни **кольору** виконується локально **апертурний** аналіз для визначення **межі кольорів**. Аналіз **проводиться** аж до отримання замкнутої **межі**. Результатом векторизації буде **поли-лайн** геометричне **значення**, якого – зовнішня **межа** об'єкту **одержуваного** в результаті відстежування траєкторії **зсуву** локальної апертури.

Операції $N \cdot M \times 2 \times 2$

Метод, заснований на рогах Шлейзенгера

Векторизація **площадкових** об'єктів здійснюється:

- на першому кроці **відбувається** перетворення зображення в **уголковий** код.
- на другому кроці кожний **кут** з'єднується з двома парними йому **кутами** або відрізками, або в **цепочечном** коді, таким чином, виходять всі **межі площадкових** об'єктів.

Операції $N \cdot M \times 2 \times 2 + K_A \cdot \alpha$

де - α кількість **кутів**

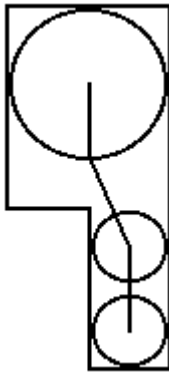
Це однопрохідна система, до однієї ділянки пам'яті **звертаємося** один раз.

Методи векторизації лінійних об'єктів

Скелет, поняття і інформативність.

Скелетом або лінією двовимірного об'єкту називається геометричне місце центрів його максимального кола.

Максимальне коло – коло, вписане в межі об'єктів таким чином, що при збільшенні її діаметра вона неминуче вийде за межі при будь-якому зсуві від центру.



Основний скелет – це центри максимальних кіл.

Скелет – лінії, що **сполучають** основний скелет.

1. Метод ЛІ-Мура

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 34

Зображення сегментують так, що об'єкти, підлягаючі **скелетизації**, мають **кольори відмінні** від інших. Зображення сканується, і при зустрічі точки заданого **кольору поширюють фронт крапок**, що горять.

Недоліки:

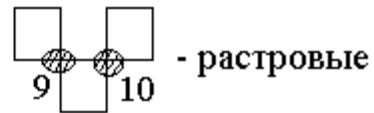
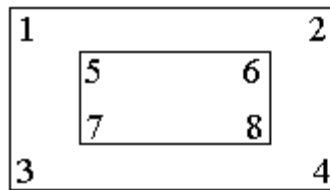
- алгоритм багатопрохідний і у будь-який момент **доводиться дискретизувати** (звертатися) до різних областей пам'яті, утрудняє при структурі об'єкту, що розгалужує.

2. Метод, заснований на рогах

Для визначення скелетів використовують максимальні квадрати. Ськелетізуємий об'єкт розбивається на прості фігури, скелет яких відомий і тривіальний на прямокутнику, після чого кісточки отримані і з них складають скелет.

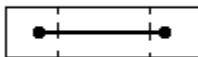
Ськелетизація Шлейзенгера

Кути типів 1-4 характеризуються як зовнішні кути.



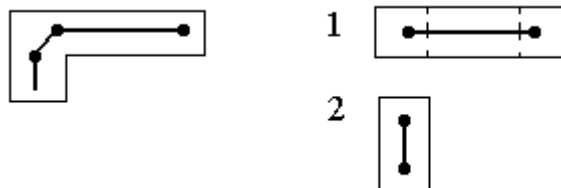
Кути з 5-8 – це внутрішні кути

Скелет прямокутника.



Ськелетизація Кийко

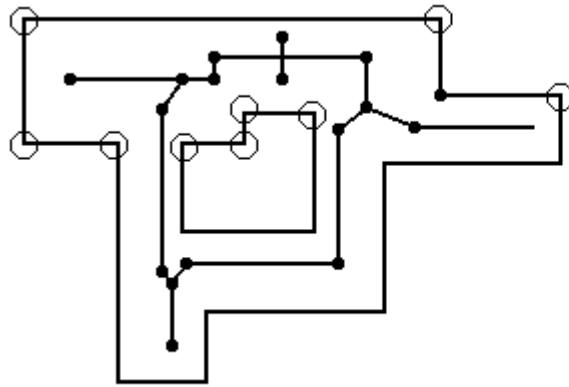
Скелетом прямокутника – є відрізок **сполучаючий** центри максимальних квадратів утворених його **кутами**.



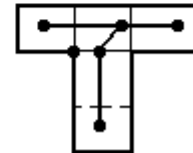
Суть алгоритму:

для знаходження скелета фігури, ми **знаходимо** максимальні квадрати внутрішніх **кутів**. Ці максимальні квадрати розіють **початкову** фігуру на безліч прямокутників відповідно пересічних один з одним, так що перетинами **будуть** ці максимальні квадрати, тобто ми сформуваємо основний скелет зображення у вигляді скелетів отриманих прямокутників. Для того, щоб сформувати **повний** скелет добудовуються лінії, сполучаючі центри максимальних квадратів, утворених **кутами взаємопересекаючихся** прямокутників.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 35



3, 4, 7, 8 - нижні уголки



Достоїнства:

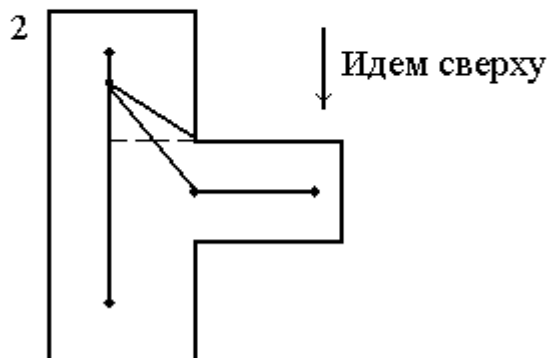
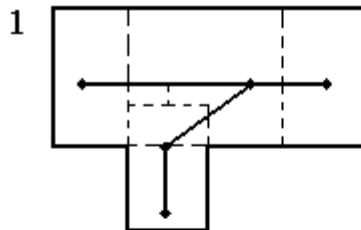
- швидкість
- мінімальна пам'ять (2 рядки)

Недоліки:

-принципально послідовний, його можна обійти, перейшовши до **кутів** який знає свій тип і знає сусіда **зліва** і зверху. В цьому випадку можна **проводити** в межах одного рядка можна **робити** паралельні дії.

Для **скелетизації** методом Кийко в пам'яті комп'ютера необхідно **берегти** 2 рядки: 1я – рядок залишкових **кутів**; нижній рядок включає поточний рядок **кутів**, для кожного кроку обробки достатньо ці двох рядків.

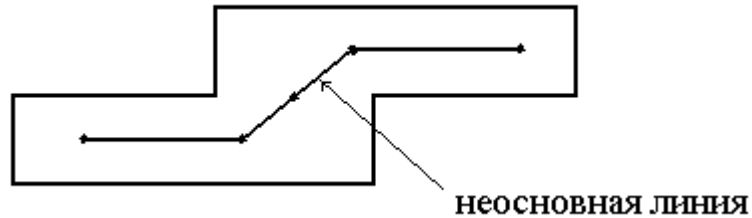
На деякому кроці обробки ми аналізуємо послідовність, чи є **опуклі кути**, тобто з 5-8, для них будемо максимальні квадрати, які розбивають **початкову** фігуру, далі аналізуємо: чи є на даному кроці **після** розбиття прямокутники і якщо є, то будемо їх скелет, далі аналізуємо: чи сполучаються отримані прямокутники з прямокутниками, отриманими раніше, якщо та то будемо додатково скелет, тобто не горизонтальні і не вертикальні лінії скелета сполучаючі, а лінії основного скелета.



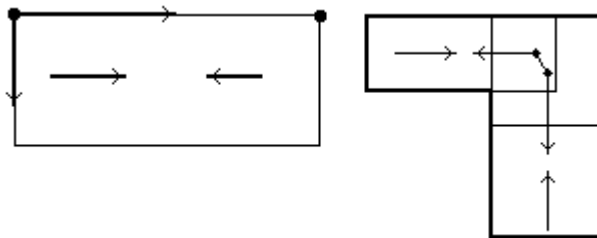
Інформативність скелета

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 36

Відрізком ліній скелета може привласнюватися параметр товщина, яка рівна діаметру максимального кола (квадрата) прямокутника відповідає цій лінії скелета в цьому випадку перетворення растр – скелет є оборотним оскільки можна отримати **початковий** растр накладенням прямокутника однозначно.



Скелетизация незалежних **кутів**



Кожний **кут** знає координати своїх сусідів, і **йде** більше в 4 рази пам'яті на зберігання даних, **але** він **все ж таки** набагато менше розмірів зображення.

Недоліки:

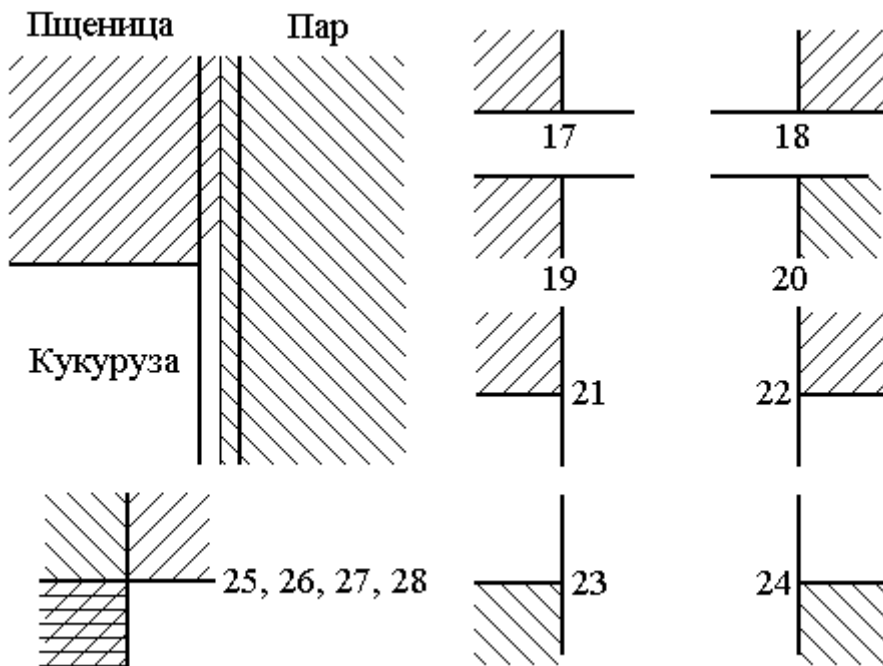
Що вимагається дещо більше за оперативну пам'ять для кожного кроку **обчислень**, **але** ведемо 2 рядки, які має те ж фізичне **значення**. Операційна пам'ять мала в порівнянні із зображенням.

Достоїнства:

Можливість незалежної обробки **кутів** в межах рядка, тобто **можливість** прискорення **обчислень** з використанням багатопрохідних систем.

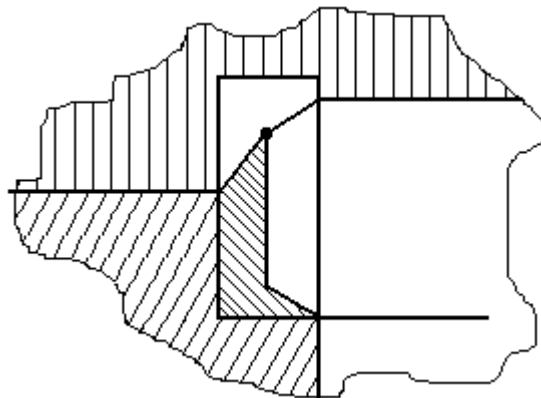
Скелетизация з ерозією

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	Екземпляр № 1	Арк 39 / 37



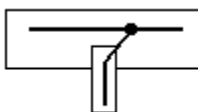
Додаткові 8 типів кутів існують на зображенні з битністю вище 2x на таких, де в одній крапці можуть стикатися ділянки різного кольору. Для того, щоб провести скелетизацію з ерозією, тобто таку при якій граничні до скелетизованому об'єкту полігони (площадкові фігури) розширяються, поглинаючи його просторово аж до скелетної лінії необхідно зробити наступне:

З крапок, в яких є зіткнення більш ніж 2x і 2x різних майданчиків фігур з даною потрібне провести допоміжну лінію скелета до основного скелета, такі допоміжні лінії і примикаючі відповідні ділянки основного скелета утворюють нові межі сусідніх областей замість тих, які у них раніше були з сусіднім об'єктом



Кутові точки даної фігури, до яких підходить більш ніж 1 сусідня область породжують допоміжну лінію до центру їх максимального квадрата (це для кутів типу 25-28).

Кути типу 17-24 еквівалентні парі суміжних кутів.



Кути еквівалентні (5,6),(7,8), а вертикальні парам кутів (5,7),(6,8). Вважаємо, що така пара кутів, будучи зближуючою, один до одного до відстані 0 породила максимальний квадрат з центром в цій же крапці, який з'єднується з рештою скелета за відомими правилами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/2/172.00.1/Б /ОК23-2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 39 / 38</i>