

## Лабораторна робота № 2

**Тема роботи :** дослідження JPEG –алгоритму стиснення цифрових відеозображень в системах технічного зору

**Мета роботи:** дослідити можливість стиснення цифрових відеозображень в процесі реєстрації візуальної інформації в СТЗ на прикладі JPEG-алгоритму. Визначити вплив параметрів алгоритму стиснення на якість і інші характеристики отриманих цифрових відеозображень. Дослідити стандартні функції пакету Image Processing Toolbox по стисненню цифрових відеозображень.

### Основні теоретичні відомості

Стислий опис процедури стиснення цифрових відеозображень за JPEG-алгоритмом.

Стиснення цифрових відеозображень за JPEG-алгоритмом включає чотири етапи. Перший етап – перетворення початкового зображення з метою розподілу інформації про яскравість і колір точок зображення, субдискретизація інформації про колір.

Так як ДКП має обернене перетворення (обернене ДКП), то другий етап JPEG-алгоритму не приводить до втрат відеоінформації і виникнення похибок, крім похибок виконання обчислень. Третій етап JPEG-алгоритму – квантування частотних коефіцієнтів, отриманих в результаті ДКП.

Четвертий етап JPEG-алгоритму – кодування частотних коефіцієнтів після квантування за методом Хаффмена або арифметичне кодування для вилучення інформаційної надлишковості.

Ці методи кодування не приводять до втрат інформації і виникнення похибок. Для відновлення стиснутого зображення всі вказані етапи

					<i>МММТ.420.000.011-ЛР2</i>			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Раданович В.Я.			Інженерна та комп'ютерна графіка  Звіт з лабораторних робіт	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Рижук А.В.					1	11
						ДУ «Житомирська політехніка», АТ-38		
Н. Контр.								
Затверд.		Рижук А.В.						

виконуються в зворотному порядку.

## 1. Програма для виконання дій з цифровими відеозображеннями

```
% ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2
% СТИСНЕННЯ ЦИФРОВИХ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ ЗА JPEG-АЛГОРИТМОМ
%
% ВВЕДЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ
prompt={'ІМ'Я ФАЙЛА ЗОБРАЖЕННЯ',...
'РОЗМІР ЗОБРАЖЕННЯ КxК ДИСКР. ТОЧОК: К=32,64,128,256,512',...
'РОЗМІР БЛОКУ ДКП NxN ДИСКР. ТОЧОК: N=4,8,16,32,64,128,256,512',...
'МЕТОД ОБЧИСЛЕННЯ ДКП: 1-СУМА; 2-МАТРИЦІ',...
'КІЛЬКІСТЬ НЕНУЛЬОВИХ КОЕФ. ДКП: М=1,2,...,N; 0-МЕТОД НЕ ВИКОРИСТ.',...
'ПОРОГ ДЛЯ НЕНУЛЬОВИХ КОЕФ. ДКП: Р=1,...,255; 0-МЕТОД НЕ ВИКОРИСТ.',...
'ВИВЕДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ: 1-ЗОБРАЖЕННЯ; 2-ТАБЛИЦЯ; 3-ЗОБР. І ТАБЛ.'};
def={'test.jpg','256','16','1','5','5','3'};
dlgTitle='ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2';
lineNo=1;
AddOpts.Resize='on';
AddOpts.WindowStyle='normal';
AddOpts.Interpreter='tex';
Answer=inputdlg(prompt,dlgTitle,lineNo,def,AddOpts);
ImageName=Answer{1}; % ІМ'Я ФАЙЛА ЗОБРАЖЕННЯ
K=str2num(Answer{2}); % РОЗМІР ЗОБРАЖЕННЯ КxК ДИСКР. ТОЧОК
N=str2num(Answer{3}); % РОЗМІР БЛОКУ ДКП NxN ДИСКР. ТОЧОК
TypeCalc=str2num(Answer{4}); % МЕТОД ОБЧИСЛЕННЯ ДКП
M=str2num(Answer{5}); % КІЛЬКІСТЬ НЕНУЛЬОВИХ КОЕФ. ДКП
P=str2num(Answer{6}); % ПОРОГ ДЛЯ НЕНУЛЬОВИХ КОЕФ. ДКП
TypeOutput=str2num(Answer{7}); % ВИВЕДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
% ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ ЗМІННИХ
OrigImage=zeros(K,K);
RestoreImage=zeros(K,K);
CoefDCT=zeros(K,K);
CoefDCTCompress=zeros(K,K);
CoefMul=zeros(N,N);
% ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОЧАТКОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ
RGB=imread(ImageName);
II=rgb2gray(RGB);
OrigImage=II(1:K,1:K);
% ОБЧИСЛЕННЯ ДКП
switch TypeCalc
case 1
    Time1=cputime;
    fun=@dct2;
    CoefDCT=blkproc(OrigImage,[N N],fun);
    Time2=cputime;
    fprintf('\nЧАС ОБЧИСЛЕННЯ ПРЯМОГО ДКП (СУМА) %7.3f СЕКУНД\n',Time2-Time1);
case 2
    Time1=cputime;
    CoefMul=dctmtx(N);
    fun = inline('P1*double(x)*ctranspose(P1)', 1);
    CoefDCT=blkproc(OrigImage, [N N], fun, CoefMul);
    Time2=cputime;
    fprintf('\nЧАС ОБЧИСЛЕННЯ ПРЯМОГО ДКП (МАТРИЦІ) %7.3f СЕКУНД\n',Time2-Time1);
end
% СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ
if P~=0
    CoefDCTCompress=CoefDCT;
    CoefDCTCompress((abs(CoefDCTCompress))<P)=0;
```

					МММТ.420.001.001	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

end
if M~=0
    h = waitbar(0, 'СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ...');

    CoefDCTCompress=zeros(K,K);
    for i=1:(K/N)
        for j=1:(K/N)
            waitbar(((i-1)*(K/N)+j)/((K/N)*(K/N)),h);
            CoefDCTCompress(((i-1)*N+1):((i-1)*N+M),((j-1)*N+1):((j-1)*N+M))=...
            CoefDCT(((i-1)*N+1):((i-1)*N+M),((j-1)*N+1):((j-1)*N+M));
        end
    end
    close(h);
end
if (P==0)&&(M==0)
    CoefDCTCompress=CoefDCT;
end
% ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ
switch TypeCalc
case 1
    Time1=cputime;
    fun=@idct2;
    RestoreImage=uint8(blkproc(CoefDCTCompress,[N N],fun));
    % RestoreImage=uint8(idct2(CoefDCTCompress));
    Time2=cputime;
    fprintf('ЧАС ОБЧИСЛЕННЯ ОБЕРНЕНОГО ДКП (СУМА) %7.3f СЕКУНД\n',Time2-Time1);
case 2
    Time1=cputime;
    fun = inline('uint8(ctranspose(P1)*x*P1)', 1);
    RestoreImage=blkproc(CoefDCTCompress, [N N], fun, CoefMul);
    Time2=cputime;
    fprintf('ЧАС ОБЧИСЛЕННЯ ОБЕРНЕНОГО ДКП (МАТРИЦІ) %7.3f СЕКУНД\n',Time2-Time1);
end
% ОБЧИСЛЕННЯ ПОХИБКИ, ЩО ВИНΙΚЛА В РЕЗУЛЬТАТІ СТИСНЕННЯ
ErrorDCTArray=abs(double(RestoreImage)-double(OrigImage));
ErrorDCTMean=mean2(ErrorDCTArray);
ErrorDCTSK0=sqrt((sum(sum(ErrorDCTArray.^2)))/(K*K));
ErrorDCTMax=max(max(ErrorDCTArray));
ErrorDCTMin=min(min(ErrorDCTArray));
% ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ СТИСНЕННЯ
RCompress=numel(CoefDCTCompress)/nnz(CoefDCTCompress);
% ВИВЕДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
if ((TypeOutput==2)||(TypeOutput==3))
    fprintf('ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН ЯСКРАВОСТІ 255 ДИСКРЕТНИХ РІВНЕЙ\n');
    fprintf('ПОХИБКА, ЩО ВИНΙΚЛА В РЕЗУЛЬТАТІ СТИСНЕННЯ\n');
    fprintf('СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ %7.3f ДИСКРЕТНИХ РІВНЕЙ\n', ErrorDCTMean);
    fprintf('СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ %7.3f ДИСКРЕТНИХ РІВНЕЙ\n', ErrorDCTSK0);
    fprintf('МІНІМАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ %7.3f ДИСКРЕТНИХ РІВНЕЙ\n', ErrorDCTMin);
    fprintf('МАКСИМАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ %7.3f ДИСКРЕТНИХ РІВНЕЙ\n', ErrorDCTMax);
    fprintf('СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ (КІЛЬКІСТЬ ВСІХ КОЕФІЦІЄНТІВ ДКП/КІЛЬКІСТЬ  

    НУЛЬОВИХКОЕФІЦІЄНТІВ)\n');
    fprintf('%7.3f РАЗІВ\n', RCompress);
end
if ((TypeOutput==1)||(TypeOutput==3))

    subplot(2,2,1); imshow(OrigImage);
    subplot(2,2,2); imshow(log(abs(CoefDCT)));
        colormap(gray(256)); colorbar;
    subplot(2,2,3); imshow(RestoreImage);
    subplot(2,2,4); imshow(log(abs(CoefDCTCompress)));

```

					МММТ.420.001.001	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
colormap(gray(256)); colorbar;  
end
```

Таблиця 2.1

Варіант	Розмір відеозображення, КхК дискретних точок	Розмір блоку ДКП, NxN дискретних точок (2 значення)	Поріг для виключення з спектру коефіцієнтів ДКП, дискретних рівнів (3 значення)	Кількість ненульових коефіцієнтів в спектру (3 значення)
11	256x256	16x16, 64x64	5, 50, 200	5, 30, 60

## 2. Результати досліджень на основі використання вказаної програми

2. 1. Завантажити в оперативну пам'ять початкове кольорове відеозображення, задане викладачем, і перетворити його в напівтонове відеозображення. Розмір відеозображення повинен відповідати даним з табл.2.1

2. 2. Стиснути початкове напівтонове відеозображення за JPEG-алгоритмом. Визначити коефіцієнт стиснення і час виконання операції стиснення. Розмір блока точок при обчисленні ДКП і поріг для виключення з спектру коефіцієнтів ДКП повинні відповідати даним з табл. 2.1. Метод обчислення ДКП – обчислення подвійної суми відповідно до визначення ДКП.

Розмір відеозображення КхК Дискретних точок	Розмір блоку	Метод	Час обчислення прямого ДКП	Час обчислення оберненого ДКП	Кількість коефіцієнтів
256x256	16x16	1	0.090	0.110	10.240
256x256	16x16	2	0.110	0.110	10.240

2.3. Повторити п. 2 для другого значення розміру блока точок і для методу обчислення ДКП на основі матричних операцій. Заповнити таблицю, що відображає залежність часу обчислення ДКП від методу обчислення і розміру блока точок.

Розмір відеозображення КхК Дискретних точок	Розмір блоку	Метод	Час обчислення прямого ДКП	Час обчислення оберненого ДКП	Кількість коефіцієнтів
256x256	64x64	1	0.080	0.030	163.840
256x256	64x64	2	0.080	0.030	163.840

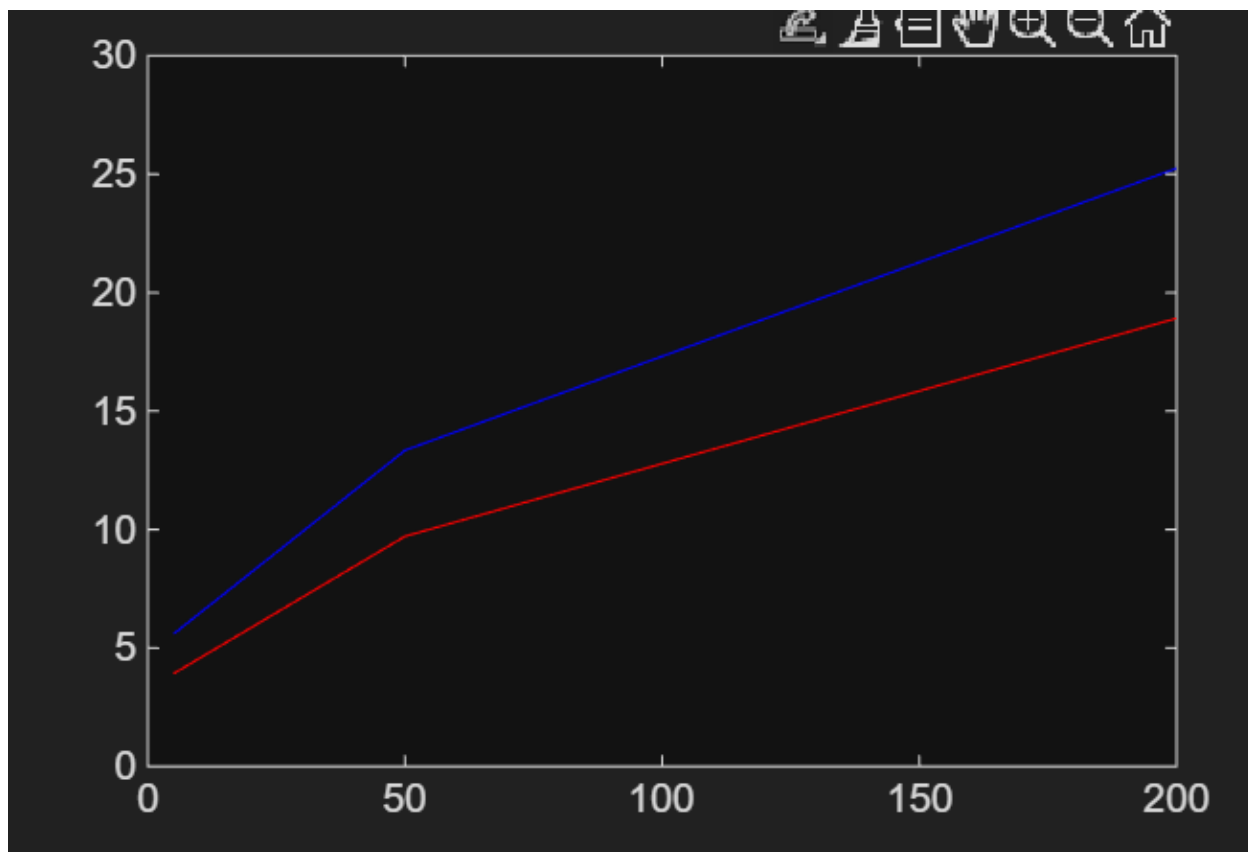
2.4. Повторити п. 2 для всіх трьох значень порогу для виключення з спектру коефіцієнтів ДКП, використовуючи обидва методи обчислення ДКП. Розмір блоку відеозображення при обчисленні ДКП повинен дорівнювати другому

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4

МММТ.420.001.001

значенню із табл. 2.1. Заповнити таблицю і побудувати графіки, що відображають залежність похибки, що виникає на відновленому відеозображенні, від значень порогу.

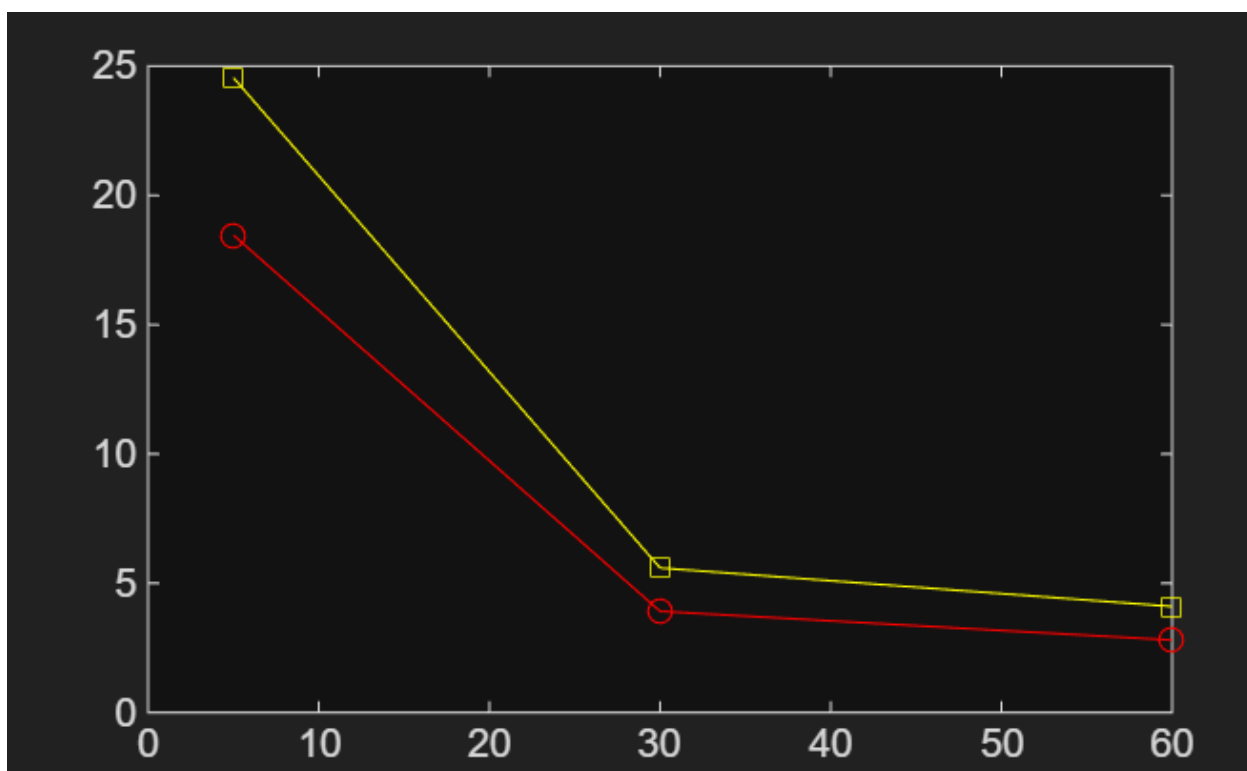
№	Розмір відеозображення КхК Дискретних точок	Розмір блоку	Поріг для виключення з спектру коефіцієнтів ДКП	Метод	Середнє значення	Середньоквадратичне значення
1	256x256	64x64	5	1	3.914	5.591
2	256x256	64x64	5	2	3.914	5.591
3	256x256	64x64	50	1	9.712	13.342
4	256x256	64x64	50	2	9.712	13.342
5	256x256	64x64	200	1	18.916	25.249
6	256x256	64x64	200	2	18.916	25.249



Графік 1 , що відображає залежність похибки, що виникає на відновленому відеозображенні, від значень порогу.

2. 5. Повторити п. 2 для всіх трьох значень кількості ненульових коефіцієнтів спектру, використовуючи обидва методи обчислення ДКП. Розмір блоку відеозображення при обчисленні ДКП повинен дорівнювати другому значенню із табл. 2.1. Заповнити таблицю і побудувати графіки, що відображають залежність похибки, що виникає на відновленому відеозображенні, від кількості ненульових коефіцієнтів спектру.

№	Розмір відеозображення КхК Дискретних точок	Розмір блоку	Кількість ненульових коефіцієнтів в спектру	Метод	Середнє значення	Середньоквадратичне значення
1	256х256	64х64	5	1	18.462	24.550
2	256х256	64х64	5	2	18.462	24.550
3	256х256	64х64	30	1	3.914	5.591
4	256х256	64х64	30	2	3.914	5.591
5	256х256	64х64	60	1	2,800	4,100
6	256х256	64х64	60	2	2,800	4,100



Графік 2 , що відображає залежність похибки, що виникає на відновленому відеозображенні, від кількості ненульових коефіцієнтів спектру

## 2.6. Порівняти отримані результати, зробити висновки.

**Висновок :** У ході виконання дослідження було встановлено, що якість відновленого відеозображення безпосередньо залежить від параметрів стиснення, зокрема від величини порогу виключення коефіцієнтів ДКП та кількості ненульових коефіцієнтів спектру. При малих значеннях порогу похибка відновлення залишається незначною, однак зі збільшенням його величини кількість відкинутих спектральних складових зростає, що призводить до істотного підвищення середньої та середньоквадратичної похибки. Протилежна тенденція спостерігається у випадку обмеження кількості ненульових коефіцієнтів: чим більше їх зберігається у спектрі, тим нижчими є значення похибок і тим точніше відтворюється початкове відеозображення. Водночас результати показали, що використання різних методів обчислення дискретного косинусного перетворення (подвійна сума або матричні операції) не впливає на величину похибок і, відповідно, на якість відновленого зображення, проте має значення з точки зору швидкодії алгоритму. Таким чином, для досягнення оптимального співвідношення між ступенем стиснення та якістю відновленого відеозображення необхідно забезпечувати збереження більшої кількості спектральних коефіцієнтів при обмеженні порогу виключення, а вибір методу обчислення ДКП доцільно здійснювати виходячи з вимог до продуктивності обчислювального процесу.

					<i>МММТ.420.001.001</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Контрольні запитання

### 1. Чому виникає необхідність в застосуванні стиснення відеозображень в СТЗ?

Необхідність у застосуванні стиснення відеозображень у системах технічного зору (СТЗ) зумовлена великим обсягом цифрових даних, які утворюються при оцифруванні та обробці відеоінформації. Передавання та зберігання необроблених відеопотоків потребує значних обчислювальних ресурсів, високих швидкостей передачі та великих обсягів пам'яті. Використання алгоритмів стиснення дозволяє істотно зменшити обсяг даних без істотних втрат у якості, що забезпечує ефективність роботи СТЗ у режимі реального часу.

### 2. Назвіть переваги і недоліки різних методів стиснення цифрових відеозображень.

#### Методи без втрат:

*Переваги:* збереження вихідної інформації без спотворень, точне відновлення зображення.

*Недоліки:* низький коефіцієнт стиснення (зазвичай 1.5–3 рази).

#### Методи зі втратами:

*Переваги:* забезпечують значно вищі коефіцієнти стиснення (у десятки разів), ефективні для передачі та зберігання великих обсягів відео.

*Недоліки:* призводять до певних втрат якості, які можуть проявлятися у вигляді артефактів (блокових ефектів, розмиття, втрати дрібних деталей).

					МММТ.420.001.001	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3. Назвіть основні етапи, з яких складається JPEG-алгоритм стиснення цифрових відеозображень.

Основні етапи JPEG-алгоритму:

1. Перетворення кольорового зображення у напівтонове або у колірний простір YCbCr.
2. Поділ зображення на блоки (зазвичай  $8 \times 8$  або більші).
3. Обчислення дискретного косинусного перетворення (ДКП) для кожного блока.
4. Квантування отриманих коефіцієнтів із відкиданням малозначущих складових.
5. Кодування результатів (ентропійне кодування, наприклад, методом Хаффмана).

### 4. Який результат застосування ДКП до цифрового відеозображення?

Результатом застосування ДКП є перехід від просторового представлення зображення до частотного. При цьому енергія сигналу концентрується у невеликій кількості коефіцієнтів із низькими частотами, тоді як коефіцієнти, що відповідають високим просторовим частотам, набувають малих значень і можуть бути відкинуті без суттєвих втрат якості. Це забезпечує основу для ефективного стиснення.

### 5. Як обчислюється пряме і обернене ДКП?

- **Пряме ДКП** обчислюється як подвійна сума добутків значень яскравості пікселів на косинусні функції з певними коефіцієнтами масштабування.

- **Обернене ДКП** виконується у зворотному порядку: значення пікселів відновлюються як сума добутків коефіцієнтів ДКП та

косинусних

базисних

функцій

					<i>МММТ.420.001.001</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, пряме і обернене перетворення є взаємно оберненими операціями.

## 6. Які стандартні функції для обчислення прямого і оберненого ДКП існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?

У MATLAB для роботи з ДКП використовуються такі стандартні функції:

- `dct2()` – для обчислення двовимірного дискретного косинусного перетворення;
  - `idct2()` – для обчислення оберненого двовимірного дискретного косинусного перетворення.
- Ці функції забезпечують швидке та зручне виконання операцій над зображеннями.

## 7. Як впливає стиснення відеозображень на їх якість?

Стиснення відеозображень впливає на якість залежно від алгоритму та параметрів стиснення:

- при використанні методів без втрат якість залишається незмінною, але зменшення обсягу даних незначне;
- при застосуванні методів зі втратами зображення може зазнавати спотворень. При малих рівнях стиснення втрати непомітні для ока, але при високих ступенях стиснення виникають артефакти, зниження контрастності, зникнення дрібних деталей. Загалом, підвищення коефіцієнта стиснення супроводжується погіршенням якості відновленого відеозображення.

					<i>МММТ.420.001.001</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		