**Лекція 1**

***Інформація*** *- відомості про стан системи, які можуть існувати незалежно від системи*

***Сигнал -*** *матеріальне втілення інформації про фізичний процес*

*Збереження та передача інформації спирається на деякий фізичний сигнал*

Для чого потрібна обробка зображення на комп’ютері

**Найбільш популярні підходи у викладанні курсів з комп’ютерної графіки:**

⏹ *Практичні прийоми використання графічних редакторів* ⏹ *Поглиблене вивчення технічних особливос-тей оброки для потреб поліграфії* ⏹ *Математичні методи обробки сигналів*

**Оцінка кількості інформації, що надходить за секунду по різних каналах**

⏹ *Слух 20х2 кГц х 12 біт х 2(стерео) = 120 кБ/с* ⏹ *Зір 1000 х 1500 точок х 16 біт х 10 кадрів= 30 МБ/с*

***Місце візуальної інформації серед усіх видів інформації про зовнішнє середовище***

*Через очі ми сприймаємо більше інформації, ніж якимось іншим органом почуття*

*Паралельність надходження і обробки інформації зоровою системою.*

*⏹ Зображення взагалі є розподілом світла, що пройшло, відбите або випромінене точками зовнішнього середовища, так як це сприймає око.*

*⏹* ***Зображення*** *- це двовимірний або тривимірний розподіл декількох величин (звичайно від однієї до трьох).*

***Типізація медійної інформації***

*Джерело сигналу-людина; Джерело сигналу- система запису- носій –система відтворення- людина*

*Cигнали проходять через ланцюг перетворень, в тому числі зі зміною фізичної природи сигналу*

***Основні проблеми, що виникають:*** *⏹ Недостатня якість отриманого сигналу ⏹ Потреба комбінування сигналу з декількох однотипних ⏹ Викривлення при збереженні та передачі ⏹ Потреба паралельного використання декіль-кох сигналів*

***Основні джерела отримання візуальної інформації в медицині***

*фотографія ,рентгеноскопія ,томографія ,ультразвукове сканування ,термографія*

***Класифікація методів комп’ютерної обробки зображень***

* + - ***Під цифровою*** *(комп’ютерною) обробкою зображення можна розуміти будь який розрахунок вихідного зображення, характеристики кожної точки є деякою функцією відповідних характеристик точок вхідного зображення а також одержання деяких числових величин, які є такою функцією точок вхідного зображення*

***Класифікація обробки зображень :****Точкова, локальна, нелокальна*

*⏹* ***точкова обробка*** *відповідає ситуації, коли точка вихідного зображення є результатом обробки однієї точки вхідного зображення*

*⏹****локальна обробка*** *- коли точка вихідного зображен-ня є результатом сумісної обробки точок деякого околу відповідної точки вхідного зображення*

*⏹* ***нелокальна обробка*** *коли точка вихідного зображен-ня є результатом сумісної обробки усіх точок вхід-ного зображення*

***Основні цілі цифрової обробки зображень***

*⏹ Введення зображення до комп’ютера та його виведення (візуалізація) ⏹ Накопичення (архівування*

*⏹ Покращення візуальної якості ⏹ Корекція спотворень ⏹ Виділення структур зображень⏹ Розпізнавання образів ⏹ Синтез зображень*

***Лекція 2***

***Загальна схема системи формування зображення***

*Простір об’єктів- оптична система- око; простір об’єктів- оптична система- носій –око;*

*простір об’єктів- оптична система- носій –- оптична система – носій- око*

***Схема цифрової системи формування зображення***

*простір об’єктів- оптична система- система введення- система обробки- система виведення- око*

*1.система формування зображення представляє собою послідовний ланцюг пристроїв та методів оброки*

*2.кінцевим елементом є око*

***Формування зображення з точки зору оптики***

***Формування зображення з точки зору хвильової оптики***

1. *Формування хвильового фронту*
2. *Врахування дисперсії*
3. *Врахування інтерференції*
4. *Врахування поляризаційних ефектів*

***Багатолінзова система***

*Апертурна діафрагма - та, яка найбільшим чином обмежує пучок променів*

*Вхідна/вихідна зіниця - зображення апертурної діафрагми частиною оптичної системи, яка знаходиться попереду/позаду апертурної діафрагми*

*Промені, які проходять через центр апертурної діафрагми - головні промені.*

*Діафрагма полю зору - та, яка найбільшим чином обмежує головні промені*

***Аберації***

*Сферична, кома, астигматизм, хроматична*

*Формування зображення з точки зору геометричної оптики*

*Резюме:*

*Точка на реальному зображенні відповідає згортці ідеального зображення з деякою функцією - функцією розсіювання точки, яка за фізичними принципами формується з одного боку геометричними абераціями, які збільшуються зі збільшенням апертури, з другого боку - дифракційним розпливанням тим більшим, ніж менша апертура.*

***Роздільна здатність*** *- здатність оптичного приладу вимірювати лінійну або кутову відстань між близькими об'єктами, показувати окремо близько розташовані об'єкти*

***Деформація кадру***

*Дісторсія , Проективні спотворення*

***Формування зображення як деякого двовимірного розподілу***

* + - *Обмеження роздільної здатності за рахунок фізичних обмежень за чутливістю методу (кількістю інформації)*
    - *Можлива наявність деформації кадру*

***Око як оптичний інструмент слайд 24***

***Динамічний діапазон***

***Яскравість*** *– це потік, що посилається в даному напрямі одиницею видимої поверхні в одиничному тілесному куті, тобто Відношення сили світла, що випромінюється поверхнею, до площі її проекції на плоскості, перпендикулярній осі спостереження*

***Контрастність – це*** *характеристика динамічного діапазону, співвідношення найбільшої та найменшої значень яскравості*

***Сприйняття об’єму***

*1.Бінокулярний зір 2.Перспективні спотворення 3.Порівняння масштабу4.Аналіз контрастності*

***Сприйняття руху***

*Динамічні характеристики ока сягають 20-30 кадрів на секунду Частота сприйняття мерехтіння 70-100 Hz*

***Лекція 3***

***Запис зображення на носій***

*Фотоплівка (пластинка, папір) , фоторезист, фототермопластик*

***Фотоемульсійний шар або світлочутливий шар*** *— суспензія світлочутливих мікрокристалів (зерен) галогеніду срібла в твердому розчині захисного колоїду, найчастіше фотографічної желатини*

***Коефіцієнт контрастності визначається*** *з характеристичної кривої як максимальний її градієнт, або як тангенс кута нахилу лінійної її ділянки *

***Фотографічна широта вимірюється*** *як відношення величин максимальної і мінімальної експозиції лінійної (або робочої) ділянки характеристичної кривої*

***Роздільна здатність фотоплівки слайд 12***

***Датчики для перетворення оптичного сигналу в електричний***

*Прилад з Зарядовим Зв’язком (ПЗС, Charge Coupled Device), Комплементарний Метал-Окисел Напівпровідник (К-МОП, Complementary Metal-Oxide Semiconductor)*

***Сканування зображення з носія слайд 29***

***Баланс окремих складових системи***

*⏹ Роздільна здатність оптики - 100-150 лін/мм ⏹ Роздільна здатність матриці - до 200 лін/мм ⏹ Збільшення “мегапіксельності зменшує чутливість та збільшує “шумність” матриці*

***Захоплювач кадрів (Frame-grabber)***

*Швидке аналого-цифрове перетворення, Запис на носій у цифровому вигляді, Потреба стиснення*

***Камкодер (відеокамера)*** *об’єднує в собі засоби введення зображення та кодування відеопотоку*

*Розміри матриці зазвичай для аматорських камер 1/6, професійних 1/3 – ½ відіконівського дюйма*

*Може використовуватись як одноматрична так і триматрична (як правило на камерах професійного рівня) схема*

***Лекція 4***

***Цифрове зображення, піксель***

*В загальному випадку зображення являє собою двовимірний розподіл неперервної скалярної або векторної величини З метою цифрової обробки необхідно перейти до дискретного двовимірного розподілу*

***Піксель (pixel****, скор. від англ. Picture's Element) – неділимий об'єкт прямокутної, зазвичай квадратної форми, що характеризується яскравістю (скалярне значення) або кольором (векторне значення)*

***Растрове комп'ютерне зображення*** *складається з пікселів, розташованих по рядках і стовпцях.*

* *Основним видом цифрового зображення є його растрове дискретне представлення*

***Во́ксель (Voxel)*** *— від слів: об’ємний volumetric) і піксель (pixel). — це елемент об'ємного зображення, що містить значення елементу на регулярній гратці в тривимірному просторі, аналогічно пікселю у двомірному просторі*

***Положення вокселя задається трьома координатами (X;Y;Z)***

*Вокселі часто використовуються для візуалізації і аналізу медичної і наукової інформації*

***Основи представлення растрового зображення***

***Типи зображень***

*⏹ Кольорове (справжнє або RGB) ⏹ Кольорове індексоване ⏹ В градаціях сірого (“сіре”) ⏹ Чорно-біле (бінарне)*

***Палітра –*** *таблиця тріад кольорів, номери рядків з якої заносяться до тіла зображення замість справжнього значення пікселя*

***Яскравість (колір) пікселя*** *- його скалярне (векторне) значення*

***Яскравість зображення (фрагмента) -*** *інтегральна характеристика значень сукупності пікселів*

***Контрастність зображення (фрагмента)*** *- інтегральна характеристика, що визначає співвідношення найбільшого та найменшого значень пікселів*

***Текстура –*** *сукупність параметрів, які дозволяють однозначно описати однорідну за властивостями область зображення*

***Текстурний та об’єктний підхід в обробці зображень –*** *відповідно орієнтація на аналіз текстурних параметрів окремих сегментів кадру та виділення границь окремих об’єктів та їх узагальнених параметрів*

***Векторною графікою називається*** *варіант представлення зображення у вигляді сукупності деяких геометричних об’єктів, побудова границь яких виконується на основі ланцюжка векторів*

***Растеризація - побудова растрового зобрвження на основі векторного***

***Основні геометричні примітиви:***

*⏹ відрізки (лінії) ⏹ багатокутники та криві ⏹фігури з заповненям ⏹ текст*

***Атрибути примітива :***

*⏹ координати (позиція, розмір) ⏹ колір, товщина та стиль лінії ⏹ стиль заповнення фігури ⏹ параметри шрифту та кодування тексту*

***Растрова та векторна графіка***

***Переваги:***

*⏹ Компактність ⏹ Якість масштабування та побудови ліній ⏹ Зручність редагування завдяки параметричному запису*

***Недоліки:***

*⏹ Не всі об’єкти можуть бути реалізовані ⏹ Складність растеризації*

***Географічні Інформаційні Системи -*** *це система апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, створена для цифрової підтримки, поповнення, управління, маніпулювання, аналізу і образного відображення географічно координованих даних*

***ГІС включають можливості СУБД****, редакторів растрової і векторної графіки і аналітичних засобів і застосовуються в картографії, геології, метеорології, землеустрої, екології, муніципальному управлінні, транспорті, економіці, обороні*

***Основою ГІС є:***

*⏹ запис до БД положення та усіх інших необхідних характеристик об’єкту ⏹ гнучке формування тої сукупності об’єктів та властивостей, які в поточний момент потрібні користувачу на основі технологій БД ⏹ пошукова система на основі технологій БД ⏹ відтак, основою є використання об’єктної графіки*

***Перспективи ГІС :***

*⏹ використання растрових елементів та фону ⏹ тривимірність*

***Лекція 5***

***Основні принципи побудови графічного файлу***

***Термін формат файлу*** *(або тип файлу) використовується для опису структури даних, записаних в комп'ютерному файлі. Оскільки файл є просто послідовністю бітів (тобто нулів і одиниць), комп'ютерними програмами, що зберігають дані у файлі, повинні якось перетворювати оброблювану ними інформацію в послідовність бітів і навпаки*

*Різні формати файлів можуть розрізнятися мірою деталізації, один формат може бути “надбудовою” над іншим або використовувати елементи інших форматів*

*Зображення повинно мати певну структуру у пам’яті комп’ютера, яка є зручною для передачі у систему візуалізації.*

***У MS Windows*** *це - Device Independent Bitmap*

*Ця структура може бути незручною (наприклад, недостатньо компактною для збереження у файлі). Відтак виникає потреба у переформатуванні при реалізації файлових операцій*

***Для відтворення зображення з DIB потрібно знати:***

*⏹ палітру (для індексованого зображення) ⏹ ширину зображення ⏹ глибину пікселя (спосіб його кодування)*

***Для декодування зображення з файлу потрібно знати:***

*⏹ метод стиснення(якщо застосовано) ⏹ мета-данні*

***Характеристики формату графічного файлу:***

*⏹ Ефективність⏹ Розповсюдження ⏹ Розширюваність ⏹ Відкритість ⏹ Стандартність*

***Приклади графічних форматів***

*Device Independent Bitmap, Graphics Interchange Format*

*GIF розроблювався як формат для передачі даних по мережі CompuServe. 24 бітний колір у вигляді 256 колірної палітри. LZW стискання, послідовність або перекриття декількох зображень, відображення з чередуванням рядків, текст, що перекривається*

***Формат файлу***

***Заголовок - ідентифікує*** *потік як GIF , Блок дискриптора логічного екрану , Глобальна таблиця кольорів (необов’язково, Блок даних (Можуть бути декілька зображень - кожне з них починається з дискриптора зображення, локальної таблиці кольорів і дані ),* *Завершальний блок (один байт)*

***Tag Image File Format***

*TIFF є представником тег-файлу. Слайд 20*

*Цей формат було розроблено для обміну даними між редакторськими системами, тобто як дуже потужний за можливостями, хоча і складний за внутрішньою структурою. Це забезпечило широке розповсюдження.*

*В даному форматі підтримується RGB режим підвищеної глибини пікселя (до 16 біт на канал кольору) або палітра розміром до 64 К. TIFF має дуже багато варіантів, у тому числі за методами стиснення. (Базовий формат підтримує стиснення за методами PackBits, RLE, в розширеному форматі використовується навіть один із варіантів JPEG).*

***У випадку, коли мається декілька IFD говорять, що кожен IFD визначає деякий субфайл (subfile).***

*Така можливість може використовуватись для об’єднання в одному файлі декількох зображень, що цікаво з точки зору медичних програм. Блочна структури файлу дозволяє при читанні даних відфільтровувати тільки потрібні. Крім того, мається можливість включити супутню інформацію до діагностичного зображення, як окремий інформаційний блок, або декілька блоків*

***Exchangeable Image File Format***

***EXIF —*** *стандарт, що дозволяє додавати до зображень додаткову інформацію, що коментує цей файл, що описує умови і способи його здобуття, авторство і тому подібне.*

*набув широкого поширення у зв'язку з появою цифрових фотокамер. Інформація, записана в цьому форматі, може використовуватися як користувачем, так і різними пристроями (наприклад, принтером для прямого друку з фотоапарата)*

*Стандарт EXIF є надзвичайно гнучким (наприклад, дозволяє зберегти отримані з приймача GPS координати місця зйомки і допускає широкий розвиток — як правило, фотоапарати додають до файлу інформацію, специфічну лише для даної конкретної камери. Правильно інтерпретувати таку інформацію можуть лише програми від виробника фотоапарата*

***Особливості реалізації:***

*⏹ реалізація запису мета-даних за прин-ципами, подібними до формату TIFF*

***RAW***

***RAW —*** *(з англ. - Сирий) формат даних, що містить необроблені (або оброблені в мінімальній мірі) дані, що дозволяє уникнути втрат інформації, і що не має чіткої специфікації. У таких файлах міститься повна інформація про сигнал, що зберігається.*

***Основні застосування файлів такого типа:***

***⏹ Цифрова фотографія*** *— під форматом RAW розуміються дані, отримані безпосередньо з матриці*

***⏹ Обробка звуку*** *— в цьому випадку під RAW розуміються звукові дані без стискування і заголовків*

*⏹ з приладів, які не пройшли перетворення у фізичні величини, наприклад, мілівольти при опитуванні електронного термометра*

***Особливості реалізації:***

*⏹ підвищена глибина пікселя - до 12-14 біт на канал ⏹ Структура растру відповідає структурі матриці фотокамери ⏹ Можливе використання безвтратного стиснення (архівування) ⏹ Відсутність стандартизації*

***Digital NeGative Specification:***

*Розроблений компанією Adobe Systems з метою створити стандартний формат для файлів RAW замість безлічі різних форматів різних виробників фотокамер. Анонсований 27 вересня 2004 року. Формат DNG поряд із зображенням зберігає блок мета-даних і перед-перегляд зображення (preview). Також в DNG передбачено стискування даних без втрат*

*Особливості графічних файлів медичного призначення (Формат медичної графіки Digital Imaging and Communications in Medicine)*

*DICOM є міжнародним стандартом для роботи із графічною інформацією медичного призначення*

***Реалізовано як потік тегів***

*В основу закладено складну ієрархічну структуру з можливістю об’єднання різнопланової інформації*

*Навіть детальний аналіз потреб підприємств, які виготовляють медичне обладнання і медиків, які його експлуатують, не дозволяє врахувати всієї різноманітності супутніх даних.*

*З врахуванням цього і принципу впорядкування за зростанням груп було впроваджено розділення груп на стандартизовані і нестандартизовані. Змістове навантаження останніх може формувати розробник конкретної реалізації приладового формату.*

*Парні номери груп зарезервовані за комітетом DIMSE, таги з непарними номерами груп призначені для використання розробниками для ідентифікації своїх специфічних (нестандартизованих) даних.*

*визначено підтримку 8 і 16-бітових зображень, для якої підтримуються декілька методів запису, серед яких варіанти JPEG стиснення, в тому числі 12-бітового.*

*Оскільки потреби рентгенографії вимагають використання шкали рентгенівських густин Хаунсфілда, що не завжди відповідає реальній приладовій розрядності пікселя зображення, було запропоновано при необхідності додаткове перерахування яскравості відображення за формулою*

*I`=AI+B,*

*де I - яскравість точки у файлі, A,B - параметри відображення, відповідно (0x0028, 0x1053) і (0x0028, 0x1052).*

*У випадках, коли обстеження включає декілька зображень, кожне з них як правило утворює окремий файл, але при необхідності в один файлі може бути розміщено декілька зображень.*

***Векторні формати***

***Найбільш поширені реалізації***

*⏹ PostScript ⏹ Windows MetaFile ⏹ формат Adobe Illustrator ⏹ формат CorelDRAW*

***Постскрипт —*** *повнофункціональна мова програмування. Хоча програми на Постскрипті і створюються в основному не людьми, а іншими програмами, в принципі ніщо не заважає писати на ньому програми для обраховування графіки, реалізації чисельних методів вирішення математичних завдань і тому подібне.*

***Постскрипт —*** *стекова мова, що інтерпретується. Більшість операторів беруть операнди із стека і поміщають результат обчислень у стек. Літерали (рядки і числа) поміщають свою копію у стек. Постскрипт має риси метафайлу, поєднуючи підтримку як векторних, так і растрових зображень. Шрифти в Postscript лише векторні*

***Багатокадрові файли***

*багатокадровий формат є одним з способів реалізації прогресивного режиму, простого відео, об’єднання декількох кадрів в медичне обстеження*

***Багатокадровий режим може бути реалізований***

*⏹ Збереженням у різних файлах з попередньою домовленістю сумісного використання (за рахунок єдиної директорії, структуризації імені, додаткового файлю з інформацією про групу)*

*⏹ Як файл, що підтримує об’єднання декількох тіл зображення (наприклад, GIF, TIFF, DICOM)*

***Лекция 6***

**Медичні зображення**

**Схема цифрової системи формування зображення**

Простір об’єктів -Оптична система –система введення- система обробки- система виведення- око

**Потреби у візуалізації цифрового зображення**

**Статичне відтворення (друк, статичний монітор)** *:висока контрастність, якісна кольоропередача, стійкість відбитку, ціна відбитку, комфортність, енергозбереження*

**Динамічне відтворення (монітор, проектор) *:*** *висока контрастність, висока яскравість, якісна кольоропередача, мала інерційність, комфортність, енергозбереження.*

**Моделі представлення кольору слайд 5**

***Адитивна та субтрактивна тріади***

***Засоби оптичного друку***

***Фотоемульсійний шар або світлочутливий шар —*** *суспензія світлочутливих мікрокристалів (зерен) галогеніду срібла в твердому розчині захисного колоїду, найчастіше фотографічної желатини*

*В медичних інтроскопічних системах використо-вується друк в градаціях сірого на прозору плівку (мультиформатні камери)*

***Друк фарбниками на папері***

***Методи формування напівтонів***

***Роздільна здатність друку***

*Визначається:*

*⏹ розмірами мінімальної плями фарбника ⏹ розмірами матриці дізерингу (кількістю потрібних напівтонів, кількістю та прозорістю фарбників, принципом нанесення фарбника )*

***Динамічний діапазон друку***

*Визначається:*

*⏹ Розкидом розмірів плями фарбника ⏹ Розміром плями фарбника по відношенню до розмірів пікселя*

*⏹ Однорідністю паперу*

***Засоби фарбникового друку***

***Лазерні/LED - принтери слайд 26* *Струменеві принтери***

***Сублімаційні принтери***

*Як витратні матеріали використовуються картріджи з плівкою, яка схожа на листи кольорового целофану різного кольору, склеєні між собою по краях. У цій плівці поміщені шари твердого фарбника основних кольорів.*

*При нагріві фарбник випаровується з плівки, миттєво переходячи з твердого стану в газоподібний, минувши рідкий – такий перехід і називається сублімацією. Отримана в результаті сублімації хмарка газоподібного фарбника осідає на папері*

***Твердочорнильні принтери***

***Плотер (єдиний “векторний” пристрій)***

***Методи та засоби 3D-друку***

***Стереолітографія (SLA - Stereo Lithography Apparatus****), лазерне спікання порошкових матеріалів(SLS - Selective Laser Sintering), Пошарове накладання розплавленої полімерної нитки(FDM – Fused Deposition Modeling)* *струменеве моделювання(Ink Jet Modelling),* *склеювання порошку (binding powder by adhesives), ламінування*

***Методи та засоби візуалізації (монітори)***

*Cathode Ray Tube слайд 37*

*Thin Film Transistor , Використання рідкокристалічного оптичного затвору (Liquid Crystal Display) . Використання транзисторного ключа для забезпечення високої контрастності*

*Plasma Display Panel*

***Люмінофори:***

* + - *Зелений: Zn2SiO4:Mn2+ / BaAl12O19:Mn2+*
    - *Червоний: Y2O3:Eu3+ / Y0,65Gd0,35BO3:Eu3*
    - *Синій: BaMgAl10O17:Eu2+*

*В плазмових панелей є характерна властивість: великий розмір пікселів. Досягти розміру пікселя менше приблизно 0,5 мм практично неможливо. Тому плазмові панелі з діагоналлю менше 32" (82 см) просто не існують. Для забезпечення прийнятного розрізнення у виробників плазмових панелей немає іншого вибору, окрім як підвищувати розмір з 32 до 65 дюймів (з 82 до 166 см)*

*Для випромінювання світла піксель плазми вимагає електричного розряду. Він може або горіти, або не горіти, але проміжного стану немає. Тому для управління яскравістю світіння використовують метод широтно-імпульсної модуляції*

***Organic Light Emitting Diode слайд 48***

*тонкоплівкові світлодіоди, в яких як випромінюючий шар застосовуються органічні сполуки*

***Методи та засоби проекційної візуалізації*** *Liquid Crystal Display , TFT, Digital Light Processing*

***Лекция 7***

***Поняття покращення візуалізації***

*Основною метою є оптимізація психологічного сприйняття зображення спостерігачем*

*Іноді методи, які використовуються для покращення візуалізації, застосовують як проміжний етап для можливості використання інших методів обробки, наприклад для забезпечення просторової однорідності*

***Поняття покращення візуалізації***

***Включає в себе:***

*⏹ Ресемплінг (масштабування) ⏹ Корекцію яскравості та контрастності ⏹ Виправлення кольоропередачі*

*⏹ Збільшення візуальної чіткості ⏹ Зменшення рівня шумів ⏹ Виправлення геометрії зображення*

***Препарування. Втратність обробки***

***Точкові перетворення***

*⏹ точкова обробка відповідає ситуації, коли точка вихідного зображення є результатом обробки однієї точки вхідного зображення Розглянемо неперервний випадок, бо саме виходячи з нього є справедливим в загальному випадку принцип “точковості” ⏹ В загальному випадку при використанні точкової обробки зображення точка вхідного простору (x,y) переходить в точку вихідного простору з іншим, але однозначним значенням координат (x`,y`)*

***Група афінних перетворень***

*Під геометричним перетворенням розуміють взаємно однозначне точкове відображення площини XOY в UOV.*

*Найбільш важливим випадкомє афінне перетворення: Перетворення площини називається афінним, якщо воно взаємне однозначно і образом будь-якої прямої є пряма.* *Перетворення називається взаємно однознач-ним, якщо воно різні точки переводить в різні, і в кожну точку переходить деяка точка*

***Основні властивості:***

*⏹ Зберігаються співвідношення довжин відрізків, що лежать на одній прямій або на паралельних прямих.⏹ Зберігається співвідношення площин фігур. ⏹ Паралельні прямі переходять у паралельні*

*Афінне перетворення утворює групу, тобто будь яка комбінація афінних перетворень теж є афінним перетворенням.* ***Кожне афінне перетворення має обернене*** *Афінні перетворення мають велике значення в обробці зображень*

***Зміна масштабу відображення (ресемплінг)***

***Інтерполяція*** *Лінійна та кубічна інтерполяція , Білінійна та бікубічна інтерполяція*

***Використання сплайнів . Під сплайном (від spline - планка, рейка) зазвичай*** *розуміють агрегатну функцію, яка співпадає з функцією більш простої природи на кожному елементі розбиття*

*Класичний сплайн однієї змінної будується так: область визначення розбивається на скінчене число відліків, на кожному з яких сплайн збігається з деяким алгебраїчним поліномом. Максимальна степінь з використаних поліномів називається степінню сплайна*

***Корекція спотворень*** *Для перетворення вихідного простору у вхідний може використовуватись:*

*⏹ Аналітична функція (x,y)=F-1(x`,y`) ⏹ Табульований зв’язок між сітками просторів та інтерполяція*

***Морфінг*** *Плавний перехід одного об’єкту в іншій*