

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ТА ОБРОБКИ СТЕРЕОЗОБРАЖЕНЬ

У статті розглянуто методи роботи зі стереозображеннями та проведено аналіз можливостей формування тривимірних презентацій.

In the paper there have been considered methods of working on stereomages, and carried out the analysis of possibilities of forming three-dimensional presentations.

Ключові слова: стереозображення, тривимірна презентація.

Актуальність дослідження тематики формування та обробки цифрових стереозображень підтверджується стабільним розвитком науково-технічних програм, направлених на створення нових інформаційних технологій, що спиратимуться не лише на потужність обчислювальної техніки, а на інтелектуальні алгоритми та принципи обробки зображень.

Стереографія – це можливість перетворити звичайне зображення в об'ємне, яке дасть змогу побачити різні фігури на зображенні. Людина з народження може бачити предмети обома очима – бінокулярне бачення або одним оком – монокулярне бачення. За допомогою бінокулярного бачення кожне око отримує відповідне для нього зображення. Завдяки нормальному функціонуванню кори головного мозку, який є очним аналізатором, у людини виникає відчуття об'ємності. З'явився ряд підходів для побудови тривимірних моделей об'єктів, в тому числі й таких, де застосовується складна й дорога техніка для знімання зображень. Досить поширеними стали 3D-монітори та різна техніка для перегляду та створення стереозображень.

Стереозображення – це зображення, яке призначене для створення у глядача стереоефекта, який досягається шляхом розділення зображень для лівого і правого очей. Предмет сприймається об'ємним, коли праве око людини сфокусується на правій частині зображення, а ліве – на лівій частині зображення. Тоді в мозку людини права і ліва частини об'єднуються в єдине ціле. Оскільки погляд людини направлений за поверхню зображення, а для фокусування на різні деталі зображення необхідно змінювати кут зведення очей, то у людини створюється відчуття об'ємності.

Для того, щоб отримати стереозображення, досить зняти його двома близькорозташованими фотоапаратами або одним фотоапаратом з двох положень, відповідних положенням лівого і правого очей, або спеціальним апаратом з двома об'єктивами.

Стереоскопічне бачення полягає в тому, що ліве та праве око спостерігача бачать зображення, які відрізняються одне від одного так, як це проходить під час реального розгляду тривимірного об'єкта. Через це мозок отримує достатню кількість інформації для формування тривимірного образу об'єкта, і спостерігач бачить зображення, частини якого розподіляються не в площині, а в просторі.

Сенс перегляду стереозображень полягає в тому, щоб змусити кожне око дивитися на визначене для нього зображення. Тобто ці зображення спеціально формуються так, що на них ніби "намальовано" вже два зображення, кожне для свого ока, тільки потрібно зуміти правильно подати їх для очей.

Дивлячись на зображення, кожне око буде отримувати своє, окреме, зображення, причому ці зображення є різними. Тривимірне зображення формується в результаті багаторічного (з народження) звикання мозку до суміщення цих зображень, одержуючи інформацію про тривимірність [4].

Сприйняття тривимірного навколишнього світу здійснюється як при монокулярному баченні (одним оком), так і при бінокулярному (двома очима). При монокулярному баченні сприйняття об'єму фізичних об'єктів і їх просторового розташування здійснюється через оцінку ступеня напруженості м'язів, які управляють поворотом очей, кривизною кришталика (акомодацією) і розміром кришталика (адаптацією), які змінюються при спостереженні різновіддалених предметів.

Найпростіший спосіб представлення стереозображення реалізується анагліфним методом. Процес формування анагліфного стереозображення можна описати за допомогою такої схеми:

$$A = (31 + 32) \cdot \text{Пр. } \Phi,$$

де A – сформований анагліф, 31 – ліва частина стереопари, 32 – права частина стереопари (31 та 32 формуються за допомогою відповідних програм), Пр. Φ – принцип формування, який є однаковим для першого і для другого зображення.

По-перше, потрібно завантажити стереопару. Це завдання вимагає високої точності, тому що неправильно сформована стереопара не дасть очікуваного результату. По-друге, потрібно з кожного пікселя лівого зображення «взяти» червоний колір, а з правого зображення з кожного пікселя – блакитний і зелений колір. По-третє, потрібно все поєднати у третє зображення, яке називається анагліфом. Для 24-бітної колірної схеми RGB ці кроки записуються формулами:

$$31 = R \cdot 2^0;$$

$$32 = G \cdot 2^8;$$

$$32 = B \cdot 2^{16}.$$

Отже, результуючий піксель анагліфа буде рівний:

$$A = R \cdot 1 + G \cdot 256 + B \cdot 65536,$$

тобто кожен колір множиться на відповідний коефіцієнт.

До методів обробки стереозображення можна віднести редагування, корекцію, експозицію, масштабування, зберігання, відкриття, вивід зображення на друк, стиснення зображення та формування спеціального формату файлу.

Редагування полягає в тому, що кожна з частин стереопари перетворюється в чорнобілу і до них застосовується «негатив» зображень. Перетворення зображень в чорнобілі здійснюється за допомогою функції `RgbToGray`, в якій використовуються відповідні коефіцієнти. Щоб пікселі цифрових зображень перетворити в чорнобілі, червоний колір множиться на коефіцієнт 0,3, зелений – на 0,59, а голубий – на 0,11.

Внаслідок корекції, зображення може змінювати відтінок та колірну температуру – зміна кольорів від холодніших до більш теплих. Корекція реалізується за допомогою функції `GetTemperatureColor`, в якій використовуються коефіцієнти 0, 255, 255, за допомогою яких кольори перетворюються в холодніші.

Експозиція – властивість, результатом дії якої є зміна яскравості. Зміна здійснюється функцією `Max`. Базовим кольором у цій функції являється чорний, тобто всі кольори стають тусклішими.

Масштабування – це зміна розмірів однієї стереопари відносно іншої. При створенні частин стереопар в домашніх умовах практично неможливо точно їх сфотографувати, тому збільшення або зменшення може призвести до уникнення цих недоліків. Масштабування реалізується процедурою, яка одночасно збільшує чи зменшує висоту та ширину зображення на відповідну кількість пікселів.

Зберігання та відкриття полягає в тому, що можна зберігати сформоване стереозображення, а потім його переглядати. За допомогою `SaveDialog` сформоване стереозображення зберігається, а за допомогою `OpenDialog` – відкривається. Сформоване стереозображення можна виводити на друк – `PrintDialog`.

Стиснення анагліфа являється ще одним методом обробки. Анагліфи за своєю природою дуже погано стискаються, тому, щоб це реалізувати, потрібно стиснути ліву та праву частини стереопари, а потім зі змінених частин стереопар побудувати анагліфне стереозображення.

Формування спеціального формату файлу `*.cts` – це один метод обробки стереопар. Метою створення даного формату є можливість показати користувачу, що все ж таки існує певна відмінність між лівою та правою частинами стереопар, а також збереження та тиражування стереозображень.

В останній час дуже поширеними стали мультимедійні презентації, які вимагають чіткої структури та інформаційного сценарія.

Одним із видів мультимедійних презентацій є 3D-презентація, яка базується на основі 3D-графіки та стереографії. Широкий спектр варіантів можливого використання 3D-презентацій забезпечує численними перевагами мультимедійні презентації, що створюють практично необмежену універсальність використання. Це один з найперспективніших маркетингових інструментів, який дозволяє одночасно застосовувати графічну, текстову та аудіовізуальну інформацію, а також представляє собою сукупність різноманітних засобів представлення інформації, які об'єднані в єдину структуру, а також один із методів обробки стереозображення. Послідовне і комбіноване використання тексту, графіки, відео дозволяє донести інформацію про продукт в формі, яка краще сприймається. Позитивною стороною даної презентації являється можливість продемонструвати об'єкт, товар, продукт з усіх сторін, сконцентрувавши увагу тільки на ньому.

Якщо розглядати 3D-презентацію, то потрібно враховувати те, що існує сцена та об'єкт, який людина бачить лівим та правим оком по-різному. В об'єкті міститься багато інформації, але інформацію про глибину точки сцени і про вектор проєкції по одному зображенню отримати практично неможливо. Людина дивиться на об'єкт двома очима, тому існує відповідна система аналізу стереозображення. При створенні такої системи потрібно розуміти, які обмеження накладаються на тривимірну структуру сцени декілька її проєкцій, і яку роль має конфігурація проєкцій камер. При бінокулярному стереобаченні перше зображення будь-якої точки повинно знаходитися на площині, яка формується другим зображенням і оптичними центрами двох камер. Дані обмеження можна представити матрицею, якщо відомі внутрішні параметри камер.

Розглянемо два зображення p і p' точки P , на які направлені дві камери з оптичними центрами в точках O і O' . Ці п'ять точок знаходяться на епіполлярній площині, яка визначається двома векторами OP і $O'P$. Точка p' знаходиться на лінії l' – лінії перетину даної площини і області Π' другої камери. Лінія l' – це епіполярна лінія, яка співвідноситься з точкою p . Лінія l' проходить через точку e' – точку перетину базової лінії, яка з'єднує оптичні центри O і O' з площиною Π' . Точка p знаходиться на епіполярній лінії l , яка з'єднана з точкою p' і ця лінія проходить через точку e – точку перетину базової лінії з площиною Π .

Точки e і e' називаються епіполюсами двох камер. Епіполіус e' – це прєкція оптичного центра O першої камери на зображення, що спостерігається другою камерою і навпаки. Якщо p і p' – зображення одної точки, то точка p' повинна знаходитись на епіполярній лінії, відповідно з p . Описане епіполярне обмеження

відіграє фундаментальну роль в аналізі стереозображення.

Якщо відомі внутрішні і зовнішні параметри двох камер, то епіполярне обмеження сильно скорочує процедуру пошуку таких обмежень. Оскільки камери відкалібровані, то координати точки p повністю визначають вектор, який об'єднує точки O і p і відповідно епіполярну площину $OO'p$ і епіполярну лінію l' . В процесі пошуку відповідностей можна обмежитись цією лінією і не розглядати інші зображення.

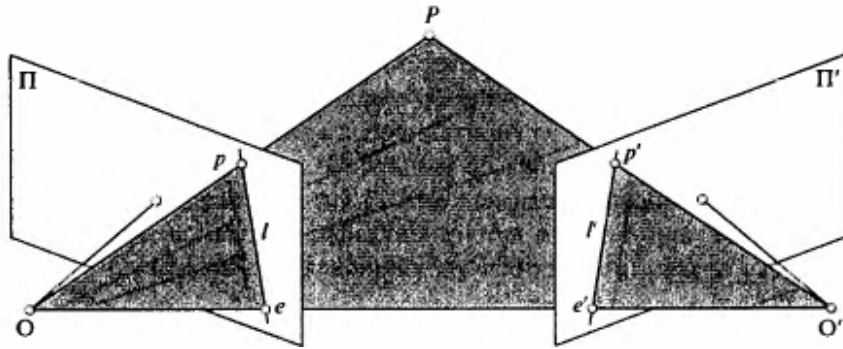


Рис. 1. Епіполярна геометрія

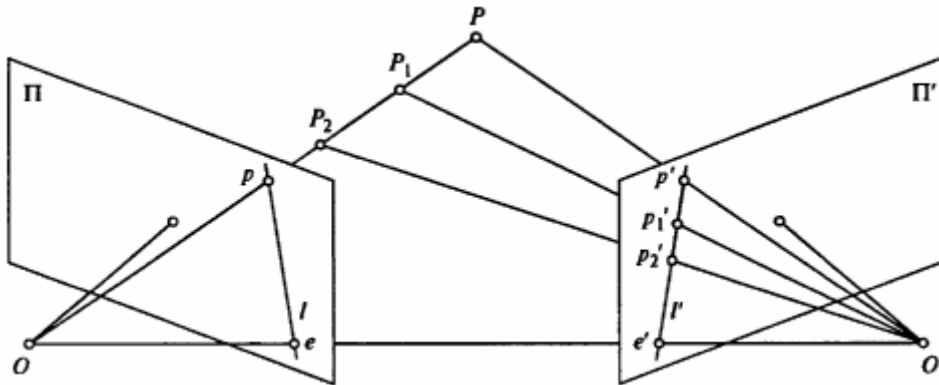


Рис. 2. Епіполярне обмеження: за наявності відкаліброваних стереокамер набір можливих образів точки p обмежується набором точок, які знаходяться на епіполярній лінії l'

Якщо на деякій площині (сцені) буде існувати один об'єкт, і при цьому погляд буде направлений тільки на нього, то графічний рисунок буде мати зовсім інший вигляд [1].

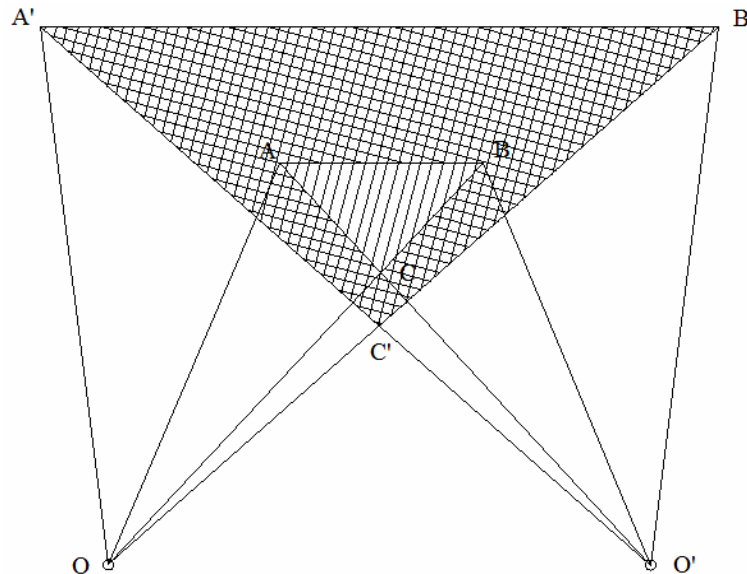


Рис. 3. Об'єкт на фоні сцени

Точки O і O' є центрами погляду людини на об'єкт AB . Ліве та праве око бачать той самий об'єкт по-різному. Це показано за рахунок проєкцій OA і OB для лівого ока та $O'A$ і $O'B$ для правого. Площина ABC –

це площина, яку бачать одночасно ліве та праве око. Якщо брати до уваги той факт, що існує ще й сцена $A'B'$, то можна побачити, що поле бачення об'єкту змінюється, тому що проекції стають іншими: OA' і OB' для лівого ока та $O'A'$ і $O'B'$ для правого ока. Отже, наявність сцени впливає на бінокулярне бачення предмету і людина бачить уже іншу площину – площину $A'B'C'$, а отже й іншу картину [2].

Створення трьохмірних сцен складається з декількох етапів.

1. Фільтрація зображень. Частиною будь-якої системи обробки зображень являється підсистема фільтрації – покращення та видалення характеристичних особливостей.

2. Попереднє суміщення зображень. Зображення, отримане за допомогою фотоапарата, є різним при малих його переміщеннях за рахунок неконтрольованих змін оптичної осі. Задача суміщення вирішується двома етапами. На першому етапі виконується суміщення зображень як одного цілого в рамках афінної чи проективної моделі залежно від контексту. На другому етапі створюється карта суміщення по піраміді діяльності.

3. Пошук характеристичних точок. Характеристичні точки шукаються детектором Харріса, який модифікований для врахування колірних компонент. Відношення між точками на різних кадрах здійснюється на основі відомої грубої карти зміщення. Правильність відношення перевіряється за диференціальними інваріантами.

4. Встановлення трьохмірної сіткової моделі. Встановлення трьохмірних координат, розміщення камер і епіпольярної геометрії виконується методом факторизації [3].

Існує декілька підходів щодо встановлення тривимірних сцен за цифровими зображеннями. Ці підходи вимагають різних вихідних даних, базуються на різних фізичних принципах та математичних методах. Алгоритми, які будуються на основі факторизації матриць, можуть представити інформацію з відомою точністю про параметри зйомки, а також про тривимірні координати деяких точок сцени.

Точка тривимірного об'єкта і два центра проектування формують епіпольярну площину. Перетин цієї площини з площинами зображень є епіпольярними прямими.

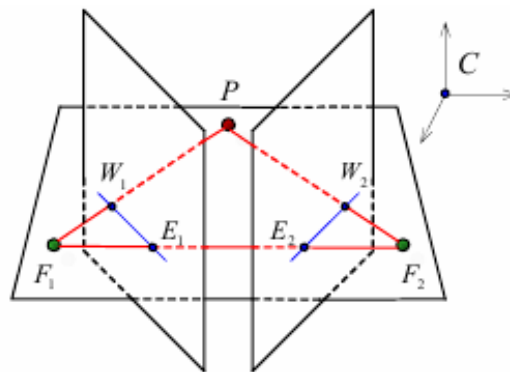


Рис. 4. Епіпольярна геометрія

Основним результатом епіпольярної геометрії є лінійне співвідношення між проекціями точки P на площини першого і другого зображень $\vec{x} = (u, v, 1)$ та $\vec{x}' = (u', v', 1)$. Компоненти фундаментальної матриці F виражаються наступним чином: $F_{mn} = e_{cda}(\vec{t}' - \vec{t})_d r_{ma} r'_{nc}$, $m, n = 1 \dots 3$. В формулі e_{cda} – одиничний антисиметричний тензор третього рангу, \vec{t}', \vec{t} – координати центрів проектування, r_{ma}, r'_{nc} – компоненти матриць орієнтації першої та другої камер. Матриці орієнтації задаються як ортонормовані вектори: $R = (\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})^T$ та $R' = (\vec{i}', \vec{j}', \vec{k}')^T$. Вираження фундаментальної матриці є змішаним виявленням вектора трансляції (\vec{t}', \vec{t}) .

Методи формування та обробки цифрових стереозображень є актуальними зараз та перспективними в майбутньому. Якщо, на сьогоднішній день, цікавим є визначення принципу побудови стереозображення та 3D-презентації, то через деякий час інтерес «перенесеться» на створення 3D-анімацій, 3D-відео та розв'язання зворотніх задач побудови тривимірних моделей за стереозображеннями. Розвиток цієї області є дуже динамічним і вимагає великих зусиль для реалізації задач.

Список використаних джерел

1. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс ; [пер. с англ.]. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
2. Груц Ю. Н. Стереоскопична машинна графіка / Груц Ю. Н. – К. : Наук. дума, 1989. – 160 с.
3. http://imaging.cs.msu.su/pub/2007.mmro.Yurin_Krulov_Nasonov.SI.ru.pdf.
4. <http://www.truehtpc.com/content/stierieioizobrazhieniie-v-domashniem-kinotieatrie-anaghlif-kak-dostupnoie-rieshieniie>.