

ОБЧИСЛЕННЯ ТРИВИМІРНИХ КООРДИНАТ ВІЗУАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА У ПРОСТОРІ ЗА ДВОМА ФОТОЗНІМКАМИ

© Миц А.М., 2009

Розглянуто програмну реалізацію алгоритму обчислення тривимірних координат об'єкта за двома його зображеннями (метод стереопар). А саме, обробка двох фотозображень, які взяті з відеоряду шляхом кадрування.

In the article programmatic realization of algorithm of calculation of three-dimensional co-ordinates of object is examined after two his images (method of stereopair). Namely, treatment of two foto which are taken from a videorow by dividing is by shots.

Вступ. Сьогодні задачу визначення тривимірних координат часто розглядають при конструюванні автоматизованих систем, які могли б самостійно організувати рух об'єктів у просторі, розпізнаючи при цьому предмети навколишнього світу, сигнали про які вони отримують від відеокамер, розташованих на них. У роботі розглядається частковий випадок такої ситуації, а саме обробка двох фотозображень, які теоретично можна витягнути з відеоряду шляхом кадрування. Головною проблемою цього алгоритму є чітке захоплення меж об'єкта, що вимагає роботи над контрастністю зображення, оскільки реакція на межі об'єкта відбувається саме за зміною кольору. Також проблемою є практична неможливість розпізнавання об'єкта, який схожий кольором на фон зображення, що вимагає пошуку алгоритмів вдосконалення процедури захоплення об'єкта на зображенні. У перспективі передбачається вдосконалення цього алгоритму за наведенням якості зображення та за пошуком ключових точок шляхом накладання фільтрів на зображення.

Мета і задача. Задачею даної програми є обчислення тривимірних координат об'єкта у просторі, який розташований на траєкторії руху літального апарата. Це є один з етапів автоматизованої системи візуального контролю за повітряною зоною аеропорта. Головною метою системи є відстеження літальних апаратів, визначення їх тривимірних координат, допомога в маневруванні, і у разі можливого перетину координат траєкторії руху літальних апаратів – повідомлення вузла керування про високий ризик виникнення аварії.

Алгоритм визначення тривимірних координат. Цей алгоритм визначає тривимірні координати об'єкта, аналізуючи два фотознімки, на яких зображено цей об'єкт. У цьому випадку це зображення літака на фоні неба. Для створення цього зображення було використано цифрову фотокамеру Olympus C-170; камера розташовувалась двічі вздовж однієї, базової, прямої, а оптичні осі в обох випадках перпендикулярні до базової лінії і, відповідно, паралельні між собою. При фотографуванні було заміряно величину бази – 18 м.

Результати фотографування показані на рис. 1.

Алгоритм починається з розпізнавання об'єкта на зображенні. Пошук об'єкта на зображенні відбувається за рахунок пошуку різниці кольорів, тобто за рахунок контрасту. У даному випадку для деякого полегшення пошуку та для зменшення негативного впливу бликів та тіней на результати пошуку, при запуску програми на виконання ми кліком мишки вказуємо на область, де розташований об'єкт, після чого аналізується колір навколишніх пікселів і виділяється весь об'єкт. Це відбувається так: починаючи від стартового пікселя, за яким було здійснено клік мишкою (назвемо його головним пікселем), йде рух в усіх напрямках від нього і аналіз сусідніх пікселів. Для цього використовується значення трьох каналів зображення – так званих RGB (Red, Green, Blue),

тобто відбувається аналіз по червоній, зеленій та блакитній складових кольору. Переходом на інший колір у нашому випадку вважатиметься зміна кольору порівняно з сусіднім пікселем на 20 одиниць хоча б по одному з каналів або зміна кольору більш ніж на 70 одиниць по будь-якому з каналів порівняно з головним пікселем.

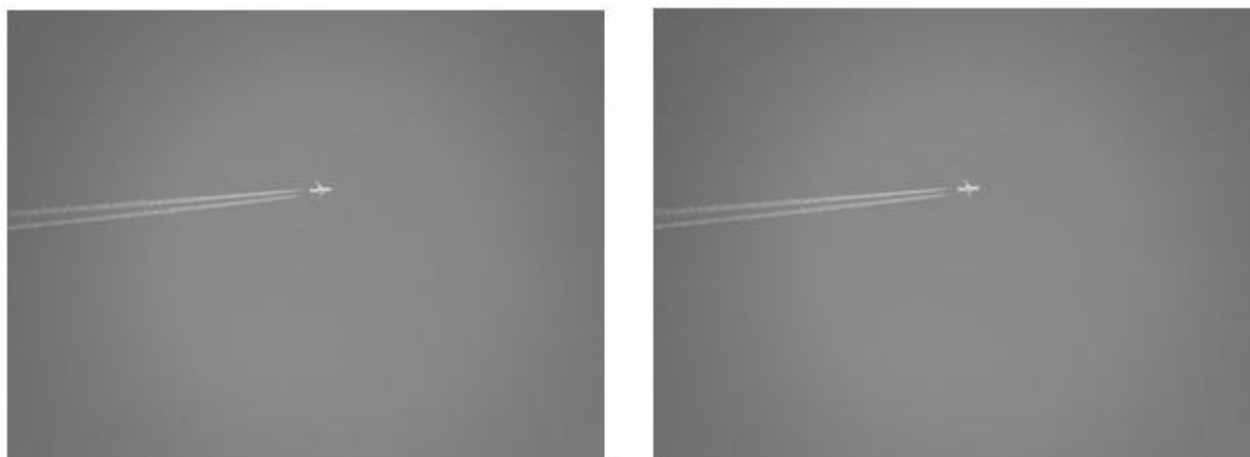


Рис.1. Фотографії об'єкта з двох точок

Виділений об'єкт є фактично масивом, в якому зберігаються координати пікселів, які належать самому об'єкту. Відповідно, шляхом пошуку мінімального значення по x і мінімального по y , мінімального значення по x і максимального по y , максимального значення по x і мінімального по y та максимального значення по x і максимального по y виділяються чотири ключові точки – „кути” об'єкта. Ще одна точка береться як геометричний центр об'єкта – шляхом знаходження середнього арифметичного координат протилежних „кутів”. Зберігаємо координати отриманих точок для подальших підрахунків.

Маємо пару координат з кожної фотографії, які відповідають одній точці на об'єкті. Нехай координати першої з них (a_1, b_1) , другої – (a_2, b_2) .

Переходимо від внутрішньої системи координат зображення до системи координат, яка існує в момент знімання. Як відомо, за законами оптики, зображення в фотоапараті є зворотним і віддзеркаленим після проектування через оптичний центр на матрицю. Вже згодом воно віддзеркалюється відносно середини знімка. Нам необхідно перейти до цієї початкової системи координат (невіддзеркаленої) для грамотної роботи з геометричними даними. Отже, ці координати визначаються за формулами:

$$a' = x_{\text{pix}} - a_1; \quad (1)$$

$$b' = y_{\text{pix}} - b_1; \quad (2)$$

де $x_{\text{pix}}, y_{\text{pix}}$ – розміри зображення в пікселях.

Необхідні нам величини беремо з властивостей фотографії, які записує фотокамера в момент знімання. Добратися до них можна через контекстне меню фотографії – в пункті Властивості, закладка Зведення, для перегляду всіх характеристик треба натиснути кнопку Детально.

У нашому випадку встановлене розширення 2288 x 1712 пікселів.

Наступним кроком є перехід до системи координат з початком координат у центрі фотографії, оскільки початок координат має збігатися з проекцією оптичного центру. Тоді координати вибраної точки будуть:

$$x' = a' - (x_{\text{pix}}/2); \quad (3)$$

$$y' = b' - (y_{\text{pix}}/2). \quad (4)$$

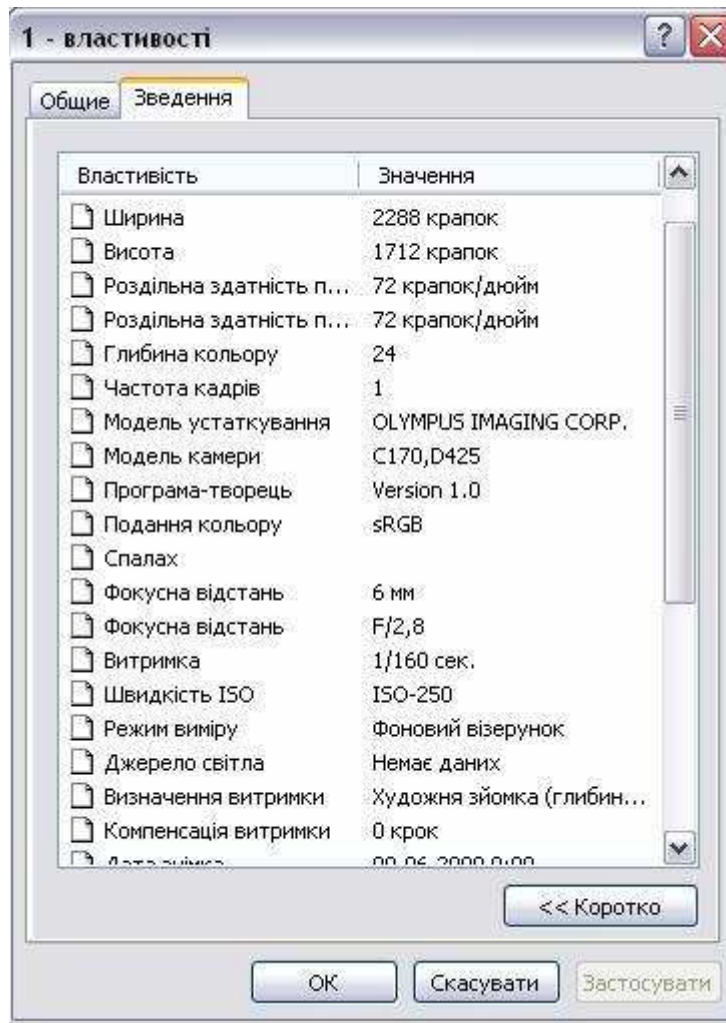


Рис. 2. Характеристики фотографії

Аналогічно знаходимо координати x'' і y'' для відповідної точки з другого зображення, підставивши замість a_1 і b_1 відповідно a_2 і b_2 .

Отримані координати ми маємо в пікселях. Але для зіставлення результатів реального світу і проєкції на матрицю камери нам необхідно привести ці дані в єдину систему вимірювання. Для цього нам треба визначити реальні (фізичні) розміри матриці фотоапарата. З довідкових даних отримуємо, що розміри матриці становлять 4,3 x 5,8 мм. Тобто на відстані в 0,58 см поміщається 2288 пікселів, отже, величина одного пікселя в матриці фотоапарата становить $0,58/2288 = 0,0002535$ см. Помноживши координати x' і y' на цю константу, отримаємо дані в сантиметрах. Аналогічно для x'' і y'' .

Тепер за формулою $Z = fb/(x' - x'')$ визначаємо „глибину” фотографії, тобто відстань до об’єкта. Ці розрахунки проводимо для п’яти ключових точок і для зменшення похибки вираховуємо середнє арифметичне значення цієї величини.

Попередньо зазначимо, що на фотографії, на якій проводиться тестування програми, відстань до об’єкта становить 41 см.

Результати виконання програми. Завантажуємо програму.

Виділяємо точку з області об’єкта на лівому знімку.

Виділяємо точку з області об’єкта на правому знімку. При цьому змінюється прозорість і правого зображення, з’являється напис „Зачекайте, йде обчислення...” У цей момент визначаються координати.

Тоді на екран виводяться результати обчислень для чотирьох точок, які виділені відповідно на лівій і правій фотографіях, а також обчислене середнє значення (рис. 3).

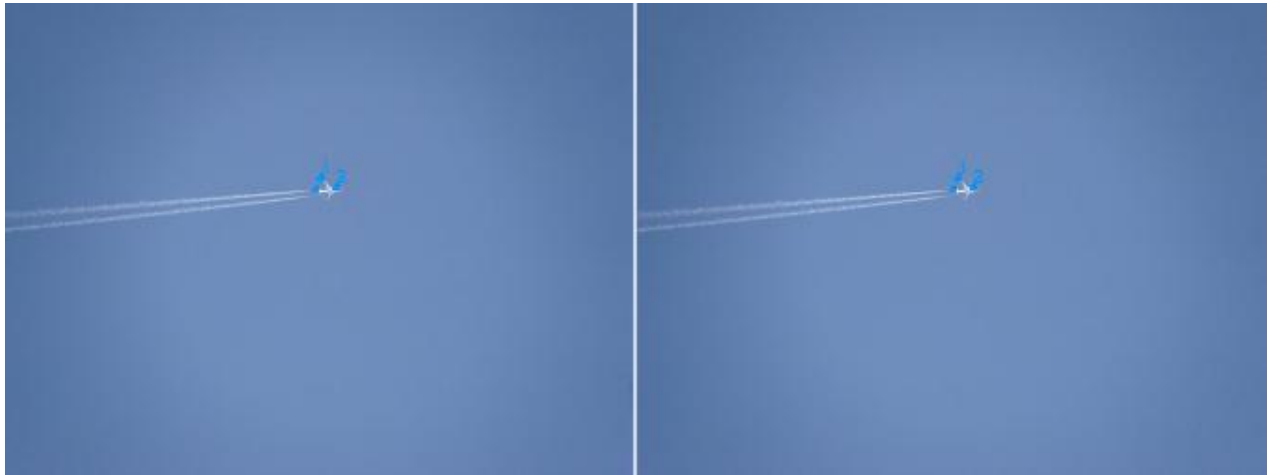


Рис. 3. Результат виконання програми

Висновок. Програмно реалізовано алгоритм пошуку відстані до об'єкта за двома його фотографіями (стереопарою). Отримані результати (середнє значення для чотирьох точок становить 4364 м) є доволі близькими до реальних розмірів до об'єкта. Похибку в вимірюваннях можна багато в чому пояснити типом фотокамери, яка використовувалась в роботі. Модель Olympus C-170 є бюджетним варіантом, що погіршує якість фото. Так, в цієї моделі немає ручного налаштування фокусу, наведення фокусу на об'єкт здійснюється автоматично процесором, що і викликає похибку.

Як бачимо, результати випробування програми є хорошими, що свідчить про правильну реалізацію алгоритму.

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168. 2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике.- М.: Наука, 1973. 3. Бард Й. Нелинейное оценивание параметров. – М.: Статистика, 1979. 4. Хорн Б.К.П. Зрение роботов. – М.: Мир, 1989. 5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир. 1982. 6. Марр Д. Зрение: информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. – М.: Радио и связь, 1987.