

А. Миц, В. Пуйда, Л. Цигилик  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних обчислювальних машин

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ОБ’ЄКТА

© Миц А., Пуйда В., Цигилик Л., 2009

Досліджено алгоритм обчислення тривимірних координат видимого об’єкта у просторі та створено систему обчислення просторових координат об’єкта на базі мікропроцесора ADSP Blackfin535 і декількох відеокамер. Також висвітлено апаратну та програмну складність системи, можливість її застосування для вирішення багатьох типів задач, в яких вимагається точно знати координати об’єкта у просторі.

3d coordinates computation algorithm of viewable object in space is researched in the article. Space coordinates computation system of object on the basis of microprocessor ADSP Blackfin535 and few video cameras has been created. Hardware and software complexity of the system, possibility of its application for solving different types of problems where precisely coordinates measurement is needed are shown.

### Вступ

Протягом останніх років велику увагу інженери та розробники приділяють системам автоматизованого контролю та керування. Все більше комерційних проектів з’являється на ринку із задачами автоматизації, контролю та нагляду за певними динамічними об’єктами. Відтак зростає доцільність розроблення такого класу систем, які були б конкурентоспроможними та відповідали світовим стандартам.

Запропонована система обчислення тривимірних координат об’єкта у просторі може використовуватися у багатьох галузях науки і техніки та зокрема у системах візуального контролю за повітряною ситуацією в зоні аеропорту.

### Мета і задача

Задачею цієї підсистеми є обчислення тривимірних координат об’єкта у просторі. Це є один з етапів проектування автоматизованої системи візуального контролю за повітряною обстановкою в зоні аеропорту.

Головною метою системи є відслідковування руху літаків, визначення траєкторії польоту, маневрування, злету та приземлення; система повинна миттєво реагувати на будь-яку зміну траєкторії руху об’єкта (об’єктів) та з певною точністю наперед вираховувати можливий напрямок руху, перераховуючи траєкторії руху інших об’єктів і перевіряючи, чи вони не перетинаються, і у разі можливого перетину координат траєкторії руху літаків повідомляти диспетчера про високий ризик виникнення аварії.

### Обчислення тривимірних координат видимого об’єкта у просторі

У звичайному зображенні тривимірного простору інформація про відстань до різних елементів сцени виявляється тільки у вигляді непрямих ознак: через відносні розміри об’єктів, затінювання одних об’єктів іншими, різною освітленістю тощо.

Один із способів отримання інформації про глибину полягає в реєстрації декількох зображень сцени під різними ракурсами, розміщення відеокамер за методом перпендикуляра, стереоскопічний метод і т.п. [2]. У цьому випадку формування зображення відбувається за допомогою визначення відносних відстаней між точками сцени та точками спостереження.

*Стереоскопічний метод.* Для реалізації стереоскопічного методу визначення тривимірних координат об'єкта потрібно дві камери, що знаходяться в різних точках і реєструють одну і ту саму сцену. Пару зображень, отримуваних при цьому, називають стереопарою. Спочатку розглянемо простий випадок. Нехай однакові камери розташовані так, що їхні оптичні осі паралельні, а пряма, що проходить через оптичні центри, перпендикулярна оптичним осям (ця пряма називається базовою лінією, а її відрізок між оптичними центрами – базою). Нехай довжина бази дорівнює  $b$ . Виберемо таку глобальну систему координат, початок якої  $O$  розташовано на базовій лінії посередині між оптичними центрами камер, вісь  $OZ$  паралельна оптичним осям, а вісь  $OX$  напрямлена уздовж базової лінії. Нехай початки координат у площинах зображень камер збігаються з головними точками ( $u_0 = v_0 = 0$ ), а одиниці вимірювання координат в глобальній системі і в площинах зображення камер однакові ( $w = h = 1$ ).

Виберемо точку  $M$  з глобальними координатами  $(X, Y, Z)$ . Координати її проєкції в площині зображення першої (лівої) камери позначимо через  $(x', y')$ , а у площині зображення другої (правої) камери – через  $(x'', y'')$ . Неважко перевірити, що

$$x' - f \left( X + \frac{b}{2} \right) / Z, \quad x'' - f \left( X - \frac{b}{2} \right) / Z, \quad y' - y'' - fY / Z \quad (1)$$

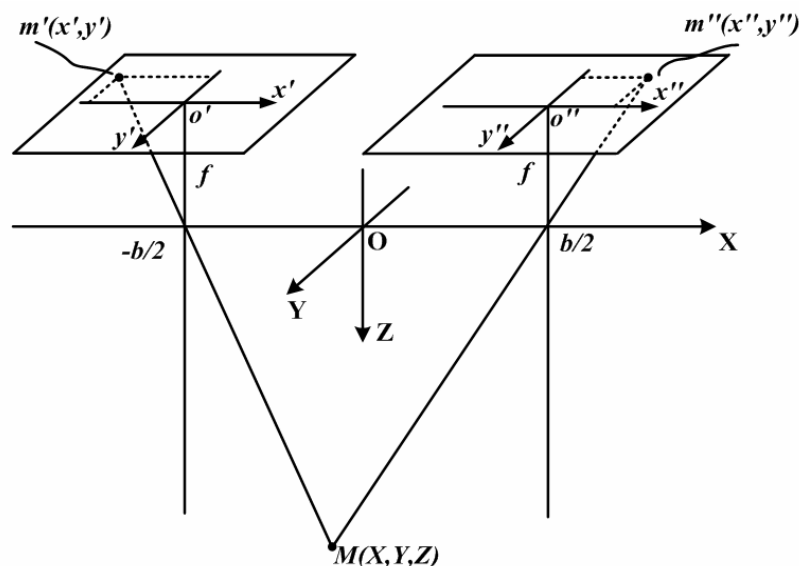


Рис. 1. Представлення точки у просторі за методом стереопари

Зазначимо, що в напрямі, перпендикулярному напрямку базової лінії, координати спряжених точок (*y*-координати) збігаються. Це має велике значення при автоматизованому пошуку зв'язаних точок за допомогою стереопари, що дає змогу істотно скоротити розміри зони пошуку. З перших двох співвідношень (1) випливає, що:

$$Z = fb / (x' - x''). \quad (2)$$

Це означає, що, знаючи геометрію зйомки і виконавши вимірювання координат проєкцій однієї і тієї самої точки в площинах зображення камер, можна обчислити глибину (координату  $Z$ ) цієї точки. Більше того, за отриманими співвідношеннями можна обчислити повністю тривимірні координати точки:

$$X = b \frac{(x' + x'')}{z(x' - x'')}, \quad Y = b \frac{(y' + y'')}{z(x' - x'')} \quad (3)$$

Стереоскопічний метод ефективний тоді, коли нам потрібно визначити координати об'єктів, які знаходяться на відносно невеликій відстані (декілька сотень метрів), точність визначення буде високою, але у випадку, коли об'єкт, що рухається, може змінювати відстань до камери від декількох десятків метрів до 3–4 кілометрів, то точність визначення координат значно падає.

Обчислення тривимірних координат об'єкта виконується програмним шляхом на мікропроцесорі ADSP Blackfin535. Зв'язок відеокамер та мікропроцесора здійснюється через USB інтерфейс. Дані з відеокамер покадрово фільтруються, виділяються необхідні об'єкти, визначається центр мас кожного об'єкта та зберігаються у вихідному файлі у вигляді одного пікселя (для кожного об'єкта). За великої кількості об'єктів (які захопила одна камера), одиничні пікселі зафарбовуються у різні кольори для спрощення їх ідентифікації. Для кожної з камер зафарбовування пікселів відбувається від початку координат буфера кадру (згори) і має чітко встановлений порядок кольорів. Відтак в одному обробленому кадрі може бути декілька різнокольорових пікселів. Інформація з двох відеокамер дає змогу ідентифікувати об'єкт у просторі (кольори пікселів будуть однакові) та визначити його просторові координати (X, Y, Z). У результаті файл записується інформація про об'єкт, його поточні координати та координати можливого його положення в майбутньому. Цією інформацією можна оперувати та використовувати її для передбачення виникнення можливих аварій.

У цій програмі фігурують такі параметри, як фокусна відстань  $f$  та відстань між обчислювальними центрами камер  $d$ . Відповідно складність обчислення координат підвищується, що вимагає більше часу та пам'яті на обчислення тривимірних координат об'єкта у просторі. Для виконання цього алгоритму необхідна пам'ять 1.92 кбайти (дані взяті від реалізації алгоритму в середовищі MATLAB6.1).

### Структура розміщення відеокамер

Розміщення камер має вирішальну роль у визначенні просторових координат об'єкта.

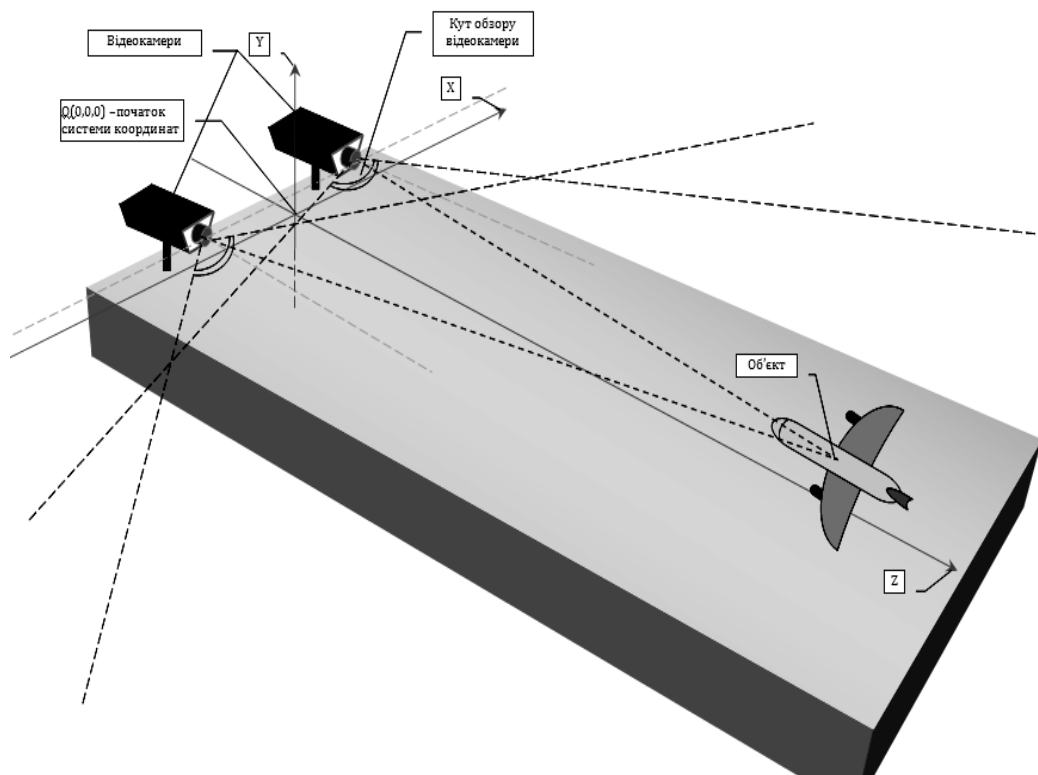


Рис. 2. Система розміщення камер за методом стереопари

Для того, щоб реалізувати визначення координат за методом стереопари, камери повинні розміщуватися так, щоб уявні прямі, які проходять через центри відеокамер, були паралельними між собою. Більше того, нижня границя вертикального кута обзору повинна бути паралельною до земної поверхні, щоб відеокамера захоплювала лише необхідні нам об'єкти, а не витрачала простір кута обзору на відображення не потрібної нам інформації.

### Висновок

Обчислення координат видимих об'єктів було реалізовано за методом стереопари. Відносно точності обчислення тривимірних координат та затрат пам'яті і ресурсів процесора алгоритм розміщення камер за методом стереопари має доволі високі показники. Затрати пам'яті для зберігання програми за методом стереопари – 1.92 кбайт. Точність обчислення тривимірних координат становить  $L - 0,96\% * L/100$ , де L – відстань між камерою та об'єктом.

1. Андреев В.А.. Разработка первой отечественной системы видеозахвата движения человека // Труды конференции «Новые информационные технологии» (Судак, Крым, 22–29 мая 2005 г.). 2. Pham D.T., Karaboga D., *Intelligent Optimisation Techniques*, Springer, 2000. – 302 p. 3. Разработка устройства ввода трехмерной информации с использованием средств видеозахвата движения / Компания "Дериа Графика". – СПб., 2005. 4. <http://dsp-book.narod.ru/dspimage/chapter6.pdf>, *Фотограмметрия и стереовидение*. 5. <http://www.analog.com/en/prod/0,,ADSP-BF535P,00.html>.

УДК 681.3

М. Назаркевич, А. Гладець

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра автоматизованих систем управління

## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТА ДЛЯ ШИФРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ ЗАСОБАМИ АТЕВ-ФУНКЦІЙ

© Назаркевич М., Гладець А., 2009

Для шифрування інформації було застосовано алгоритм одноразового блокнота. Для генерації ключів використовувалися Атев-функції. Стійкість шифрування забезпечувалася аперіодичністю Атев-функцій. Розроблено програмний пакет, який реалізує алгоритм одноразового блокнота для шифрування електронних документів.

**For enciphering information are used the algorithm of non-permanent notebook. For the generation of the keys are used Ateb-functions. Firmness of enciphering is provided by not periodical of Ateb-functions. The developed program realize the algorithm of non-permanent notebook for enciphering of electronic documents.**

### Вступ

У процесі розвитку суспільства людство поступово переходить від традиційних форм збереження інформації (паперових документів) і цінних паперів (грошей, векселів) до їхніх електронних аналогів. Саме тому виникає потреба у захисті цих документів від несанкціонованого доступу. Одним із методів, що може забезпечити такий захист, є шифрування документів. Алгоритми шифрування поділяють на симетричні, асиметричні і хеш-функції.