

О.С. Гончаренко,  
В.М. Гладілін

## ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНИХ ПРИЙМАЧІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ В АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧНІЙ ПРАКТИЦІ

*Розглянуто особливості практичного застосування матричних приймачів випромінювання як реєстраторів інформації для визначення координат точкових зображень.*

**Ключові слова:** ПЗЗ-матриця, відхилення прямовисних ліній, точкові джерела випромінювання (ТДВ), матричні приймачі випромінювання (МПВ).

**Постановка проблеми.** Не зважаючи на широке впровадження в геодезичне виробництво сучасних технологій (ГНСС та ін.), визначення астрономічного азимута, а в деяких випадках й астрономічних координат за традиційними методами геодезичної астрономії досі є актуальною задачею. Засоби й апаратура визначення астрономічного азимута достатньо складні, обмежені в оперативності, що потребує їх автоматизації і переходу до якісно нових методів спостережень із застосуванням найновішої техніки, відповідно до рівня високоточних вимірювань.

Підвищення точності в більш широкому плані потрібне для розв'язання цілого комплексу завдань з геодинаміки, геодезичного забезпечення спеціальних робіт, космічних досліджень тощо. Наприклад, для редукування результатів траєкторних вимірювань із топоцентричної інструментальної в зоряну (інерціальну) систему координат необхідна автоматизація процесу спостереження зірок і базисних напрямків.

**Огляд останніх публікацій та постановка завдання.** За аналізом зарубіжних публікацій можна стверджувати, що простежується чітка тенденція до активного застосування матричних приймачів випромінювання (МПВ) та методу відеовимірювань з метою використання в геодезичній астрономії (визначення відхилень прямовисних ліній) [1]. Однак немає єдиного підходу до розв'язання ряду проблем, наприклад, які прилади і методи слід ефективніше застосовувати на практиці. Немає також рекомендацій щодо використання методів із застосуванням портативних засобів спостережень, як і єдиних відомостей про досягнуту точність результатів.

Огляд публікацій дав змогу виявити загальні характеристики МПВ. Застосування МПВ відкриває нові можливості (порівняно із застосуванням фотоелектронних помножувачів) в геодезичній астрономії, а саме:

- вимірювання координат зображень точкових джерел випромінювання (ТДВ) і кутів в полі зору об'єктива без застосування механічних мікрометрів;
- визначення координат й азимутів рухомих зірок;
- виконання калібрування МПВ безпосередньо в польових умовах в процесі спостережень.

**Виклад основного матеріалу.** Основою методу відеовимірювань є аналіз електричного сигналу, що надходить до МПВ в результаті перетворення світлової

енергії. Метричне оброблення зображень актуальне для розв'язання задач в ряді технічних вимірювальних комплексів: геодезичних, астрометричних, навігаційних, коли потрібна точність визначення координат в площині аналізу на рівні десятих часток розміру пікселя.

Вихідним параметром визначення положення зображення ТДВ є розподіл світлової енергії в зображенні, побудованому оптичною системою. Після дискретизації і квантування сигналу вихідне зображення буде представлено у вигляді двовимірної матриці цілих чисел (пропорційне сумарному зарядові, накопиченому в окремому пікселі). Під час визначення положення координат зображення використовують набір дискретних величин, розміщених на сітці з постійним інтервалом.

З метою виявлення факторів впливу на точність визначення положення зображення ТДВ можуть бути застосовані відомі методи визначення координат центру зображення:

1. Метод центра ваги – визначення значень середніх координат;
2. Метод апроксимації функції розсіювання точки (визначення максимуму функції розсіювання точки, що описує вихідне зображення точкового джерела випромінювання);
3. Метод медіани – визначення координат за умови рівності енергій (площ) ліворуч і праворуч від положення центру зображень;
4. Рівневий метод полягає в поділі вихідного сигналу на рівні, знаходжувані середніх значень координат для кожного із рівнів з подальшим вибором оптимального значення координат.

Для дослідження похибок, що виникають під час визначення положення зображення ТДВ, в якості вихідної одновимірної моделі розподілу світлової енергії використано функцію [2]:

$$y(x) = A \cdot \exp(-x^2),$$

або у спрощеному вигляді:

$$y(x) = A \cdot \cos^2(Bx),$$

де  $B$  – константа, що залежить від довжини світлової хвилі, фокусної відстані і діаметра вхідного отвору об'єктива;  $A$  – амплітуда сигналу;  $x$  – координата в площині аналізу.

Дискретний за координатою  $x$  сигнал, одержаний з чарунок МПВ, розраховано як значення інтегральних сум:

$$f(x) = \frac{1}{\Delta x} \int_{x_i}^{x_{i+1}} y(x) dx = \frac{A [(2Bx_{i+1} - 2Bx_i) + \sin(2Bx_{i+1}) - \sin(2Bx_i)]}{4B\Delta x},$$

де  $y(x)$  – функція розподілу світлової енергії зображення;  $\Delta x = x_{i+1} - x_i$  – розмір пікселя;  $x_i, x_{i+1}$  – координати границь  $i$ -го пікселя,  $i$  – порядковий номер пікселя.

Різниця  $y(x_i) - f(x_i) = \delta y(x_i)$  є похибкою дискретизації.

Для попередніх розрахунків розглянуто частковий випадок: вихідна функція (енергія зображення ТДВ) розподілена на три елементи МПВ. Її максимум знаходиться всередині центрального елемента.

Симетрія  $f(x_i)$  відносно максимуму функції  $y(x)$  у разі зміщення зображення на величину  $\delta_x$  порушується. Вплив асиметрії на кінцевий результат в різних методах обробки сигналу може бути різним. Такий вплив був розглянутий для кожного методу обробки.

Виявлено, що мінімальну похибку визначення на модельних сигналах дає метод центра ваги, решта методів дають похибку, яка не перевищує  $\sim 0,1$  величини розміру пікселя, що в кутовій мірі для високоточної зенітної камери [3] з  $f=1000$  mm та  $D=70$  mm не буде перевищувати  $0,1''$ .

**Висновки.** Перехід від візуальних до оптико-електронних методів спостережень є перспективним, що дає змогу підвищити рівень автоматизації та сприяє вдосконаленню відомих і розробленню нових методів астрономо-геодезичних спостережень. Метод із використанням на базі МПВ завдяки конструктивним особливостям апаратури дає можливість підвищити точність вимірювань.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hirt C., Burki B. (2002). The Digital Zenith Camera - A New High-Precision and Economic Astrogeodetic Observation System for Real-Time Measurement of Deflections of the Vertical/e/Hirt. *Proceed. of the 3rd Meeting of the International Gravity and Geoid Commission of the International Association of Geodesy, Thessaloniki* (ed. I. Tziavos): 161-166.
2. Брагин А.А. Исследование способов определения координат центра изображения точечного источника излучения /А. А. Брагин // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 73-80.
3. Деклараційний патент на винахід UA 63575 А, МКИ G02B17/00. Пристрій для спостереження зірок в зеніті / Боровий В.О., Бурачек В.Г., Гончаренко О.С., Карпінський Ю.О (Україна).-№ 2003054111; заявл.06.05.2003; опубл.- 15.01.2004, Бюл. № 1.

Надійшла до редакції

27.05.2013

УДК 528.022

**А.В. Зуска**

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*На підставі геодезичного моніторингу встановлено, що нерівномірно розподілені по площі вектори зміщень зсувних точок у просторі і геометричні параметри гідрогеологічної будови схилу в цих точках представляють кінематичну модель зсувного процесу, зображення якої в ізолініях дає змогу визначати зсувонебезпечні ділянки, інтенсивність та напрямок зміщень.*

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, зсувні процеси, зсувонебезпечні ділянки, параметри зміщень, геометричні параметри будови схилів, кінематична модель зсувного процесу.

**Вступ.** У результаті впливу чинників природно-техногенного характеру відбувається активізація зсувних процесів на територіях значної кількості міст України. Це пояснюється їх геологічною будовою та геоморфологічними умовами, що