

Т.О. Троценко, аспір.

Р.В. Соболевський, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ КАЛІБРУВАННЯ З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ У ФОТОГРАМЕТРІЇ

Фотограмметрична зйомка та методологія опрацювання отриманих даних набуває все більшого застосування для використання в народному господарстві, в тому числі, і на родовищах блочного каменю Житомирщини. Однією з вагомих переваг даного методу є можливість використання для знімання цифрових неметричних камер, які, в свою чергу, здатні забезпечити необхідну точність для виконання зйомок. Відтак, потреба в алгоритмі калібрування цих камер є актуальною, адже цей аспект і дозволяє забезпечити необхідну точність, тому в даній статті буде висвітлено дане питання.

Калібрування камери (оцінка внутрішнього орієнтування чи геометричні параметри камери) є фундаментальним завданням фотограмметрії. Методи калібрування камери (розглядали, наприклад, Кларк і Фраер; Салві; Вілла-Юріор та ін.) відрізняються за такими аспектами:

- за одним або декількома фотограмметричними зображеннями, що перекриваються;
- за різними моделями камер, що використовуються;
- за характерними ознаками, тобто, можуть бути точки або лінії;
- за лінійними або нелінійними алгоритмами опрацювання.

Варто зазначити, що для фотограмметричних практичних задач при зніманні з близької відстані більш оптимальним є варіант з попереднім калібруванням камери за допомогою відповідних зображень. Виконання завдань щодо оцінки параметрів камери забезпечується зазвичай тестовими полігонами. Проте, об'ємні тестові полігони можуть бути замінені плановими шаблонами, наприклад, типу шахової дошки. Камера має автоматично відкалібруватися в ідеалі, використовуючи набори зображень. Відтак, здатність до автоматизації є однією з переваг даного методу.

Алгоритм калібрування камери. Основні особливості алгоритму за Доускосом викладені у даній роботі було проаналізовано та доповнено. На основі даного алгоритму отримується субпіксельна точність, тобто порядку 0,1 пікселя. Для оптимізації даного параметру варто вилучати лише деякі зайві точки зображення. Для кожного зображення медіанні координати визначаються методом обрахунку; як правило, вказують на точку, що близька до центру шаблону. Медіанна, а не середня точка є більш прийнятною за рахунок меншої чутливості до точок шуму поза областю зображення. Точка, що найближча до  $M(x_m, y_m)$ , вибирається в якості «базової точки»  $B$  (рис. 1). Враховуючи, що точка  $B$  є базовою, визначаються головні напрямки зображення, формується лінійний сегмент  $s$  від точки  $B$  до найближчої визначеної точки. Основні напрямки шаблону ідентифікують шляхом порівняння значень сірих пікселів по обидві сторони від  $s$  (рис. 1). Якщо інший основний напрямок, що є перпендикулярним першому знайденому на шахівниці також визначений, два відрізка і напрямки сегментів зберігаються в якості еталонних значень, а алгоритм продовжує ідентифікувати рядки і стовпці шаблону. У випадку, якщо дана умова не задовольняється у двох напрямках, то процес повторюється з використанням іншої точки  $B$ , що є найближчою до точки  $M$ . Значення довжини і нахилу сегмента встановлюються відповідно аналогічно. Варто зазначити, що дана методика відрізняється від тих підходів, в яких оцінка місця розташування точки залежить від ручного введення чотирьох кутових точок шахівниці. Відтак, ефект спотворення лінзи на напрямках, що визначені за допомогою сусідніх точок, вважається незначним.

Після припинення процесу виявлення шаблонів ліній, рядки і стовпці сортуються відповідно до координат їх перетину з відповідними осями зображення ( $x$  колонок та  $y$  рядків). Однак, останній додатковий крок вводиться для того, щоб використовувати всі екстраговані кути шахівниці для подальшого калібрування. На рисунках 2 та 3 представлено приклади виконання даної методики (два набори зображень, що використовуються для практичної оцінки, демонструють три кроки, що були описані досі, а саме: вилучення точки, формування лінії та вибір вузлів шахівниці).

У деяких випадках при використанні даного алгоритму отримуються дистрибутивні точки на маркерах; як наслідок, деякі стовпці і рядки відображаються з істотними «прогалинами» (це чітко показано на другому зображенні рис. 3). Відтак дані точки потребують подальшого відновлення (рис. 5).

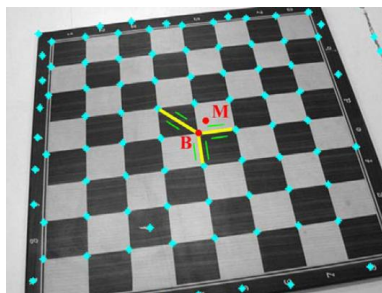


Рис. 1. Виділені точки і прями: медіанна  $M$  і базова  $B$  точки; можливі напрямки (жовті лінії), допоміжні лінії (зелені), які використовуються для перевірки напрямків

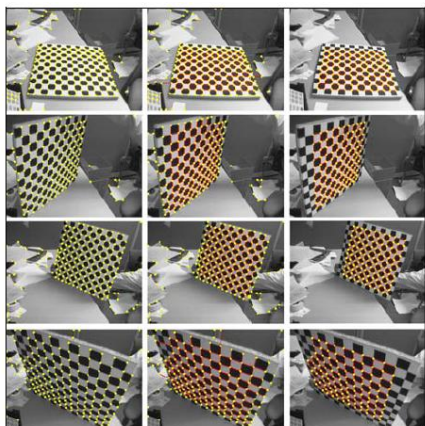


Рис. 2. Чотири приклади наборів зображень, отримані першою камерою: ліворуч – отримані точки; по центру – точки визначені вздовж двох основних напрямків; праворуч – лише ті точки, які одночасно належать до рядків та стовпців і є збереженими

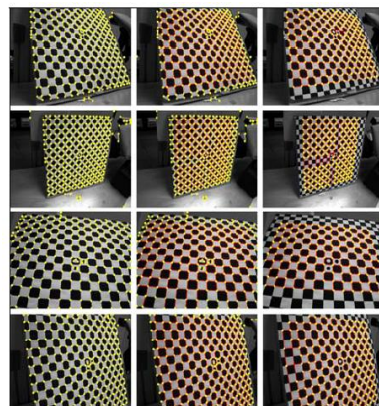


Рис. 3. Чотири приклади наборів зображень, отримані другою камерою: ліворуч – отримані точки; по центру – точки визначені вздовж двох основних напрямків; праворуч – лише ті точки, які одночасно належать до рядків та стовпців і є збереженими

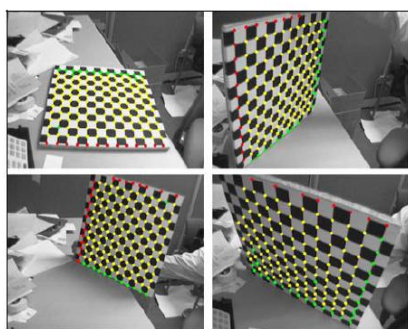


Рис. 4. Додаткові допустимі вузли (зелені та червоні точки), визначені на чотирьох зображеннях шаблону рис. 2 і внесені для остаточного корегування

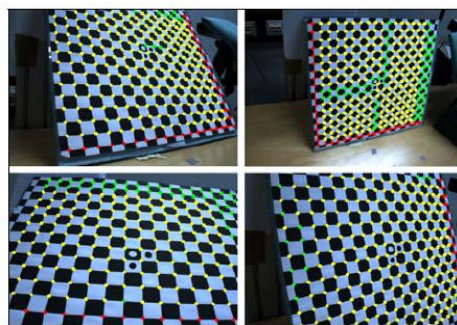


Рис. 5. Додаткові допустимі вузли (зелені та червоні точки), визначені на чотирьох зображеннях шаблону рис. 3 і внесені для остаточного корегування

Результати калібрування камери, використовуючи знімки з різних веб-джерел, розглянуті в якості ідентичних до даних калібрування, що отримані з тестових плоских об'єктів. Характерною рисою методики є той факт, що зовнішнє орієнтування в даному випадку не має значення, враховується симетрія зображення. Відтак, даний алгоритм потребує повної автоматизації, що дозволить підвищити в результаті точність вимірювань даної конфігурації та оптимізує якість визначення характерних елементів об'єктів.