

## АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ФОТОГРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЦИФРОВИМИ НЕМЕТРИЧНИМИ КАМЕРАМИ У МАРКШЕЙДЕРІЇ

Розвиток технологічної та технічної архітектури сучасних цифрових неметричних фотокамер зробив можливим їх використання для маркшейдерських зйомок. До основних переваг останніх для виконання фотограмметричних вимірювань варто віднести їх дешевизну, в той час, як точність відповідає регламентованій. Тому наразі пошуки алгоритмів, які здатні опрацьовувати та аналізувати кількісні і якісні характеристики об'єктів, зафіксованих на зображеннях, стають все більш актуальнішими. Крім того, автоматизація обробки дозволить підвищити точність вимірювань та продуктивність як знімальних робіт, так і оперативного та бізнес-планування на родовищах блочного каменю Житомирщини.

Для проведення просторових вимірювань як мінімум необхідно мати два знімки. В той же час, використання більшої кількості зображень дозволяє підвищити точність визначення координат. Фрейзер С. запропонував наступну формулу для теоретичної оцінки 3D зйомки:

$$\sigma_{XYZ} = \frac{qS\sigma_{xy}}{\bar{k}} \quad (1)$$

де  $q$  являє собою емпіричний коефіцієнт (від 0,4 до 2 залежно від кількості зображень та їх просторового розподілу),  $S$  – це шкала номеру (відстань між камерою та об'єктом, поділена на фокусну відстань),  $\sigma_{xy}$  – точність визначених координат на зображенні та  $k$  є кількістю зображень. Точність може бути підвищена за рахунок збільшення кількості камер (тобто більша кількість спостережень для однієї і тієї ж 3D-точки), хоча це поліпшення пропорційне квадратному кореню з числа з числа зображень. Відповідно до математичної моделі для орієнтації зображення на основі колінеарності (за Брауном Д.), зображення можна розглядати як центральну проекцію в просторі, в якому зв'язок між точкою зображення  $(x_{ij}, y_{ij})$  і відповідною точкою об'єкту  $(X_j, Y_j, Z_j)$  можна записати 7-параметрним перетворенням:

$$\begin{array}{rcccl} x_{ij} & -x_{pi} & +\Delta x_{ij} & X_j & -X_{0j} \\ y_{ij} & -y_{pi} & +\Delta y_{ij} & = \lambda_i R_i Y_j & -Y_{0j} \\ & -c_i & & Z_j & -Z_{0j} \end{array} \quad (2)$$

для кожного зображення  $i$  та точки  $j$ . У форм. 2  $R_i$  – це матриця обертання,  $(X_{0i}, Y_{0i}, Z_{0i})$  – координати центру перспективи,  $c_i$  – базис,  $(x_{pi}, y_{pi})$  – координати базисної точки зображення  $i$  та  $(\Delta x_{ij}, \Delta y_{ij})$  – поправки дисторсії зображення. Рівняння (2) є нелінійним, тому вимагає лінеаризації в поєднанні з оцінкою невідомих параметрів (тобто параметрів орієнтації камери та просторових координат об'єкта) на основі моделі Гаусса-Маркова методом найменших квадратів.

Після опрацювання зображення, базуючись на даній методиці, при розташуванні камер на тих же місцях, то зовнішні параметри можна вважати постійними (тобто, при стаціонарних вимірюваннях).

Відповідно для визначення характеристик зображення використовують маркери(цілі) або текстуру об'єкту. Цілі можуть бути виявлені автоматично на всіх зображеннях, але часто виникає необхідність (вручну) вибирати дані точки на зображенні. Тим не менш, додавши відповідне кодування для кожного маркера, можна автоматизувати весь процес. В той же час, деякі маркери для аналізу все ж не можна зафіксувати, тому було реалізовано рішення, що базується на текстурі об'єкту та проекційній геометрії, про що детально описує Барацетті Л.

Маючи відповідності  $\mathbf{x}_i = (x_i, y_i, 1)^T \leftrightarrow (x_i', y_i', 1)^T = \mathbf{x}_i'$  між двома зображеннями, один і той же об'єкт зображується з різних камер на станціях, умова  $\mathbf{x}_i'^T \mathbf{F} \mathbf{x}_i = 0$  має бути задоволена. Після оцінки матриці, всі невідповідності видаляються. Процес відстеження здійснюється на основі взаємної кореляції вздовж послідовних зображень. Остаточне опрацювання відбувається при встановленні характерних координат зображення, в той же час, інші необхідні координати можна знайти за процедурою, що базується на взаємній кореляції.

Представлені у даній роботі пропозиції дозволять отримувати більше інформації, ніж без їх використання. Крім того, у випадку, коли немає можливості використовувати маркери (цілі), за сприятливої поверхні об'єкту, можна використовувати останню (характерні точки виступають маркерами у цьому випадку). Коли ж природний об'єкт має несприятливу структуру для розпізнавання, текстуру можна створити штучно (забарвленням під час опрацювання зображення). Методи, які реалізують для фотограмметричного знімання цифровими неметричними камерами, дозволять при автоматизації процесу опрацювання та калібрування визначати величезну кількість точок і проводити аналіз всього тіла (покладу) з необхідною точністю. Звісно, що реалізувавши автоматизацію фотограмметричних вимірювань цифровими камерами практично, ефективність видобування та управління якістю товарних блоків на родовищах декоративного каменю підвищиться, що, в свою чергу, приведе до збільшення показників продуктивності гірничих робіт і планування.