

МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ ГЛИБИНИ ЗОБРАЖЕНЬ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України

Анотація: Розглянута проблема фільтрації даних глибини зображення в процесі сегментації зображення зерна з метою його розпізнавання. Проаналізовані основні методи фільтрації та вибраний раціональний метод фільтрації із збереженням країв зернівок.

Ключові слова: Камера глибини зображення, метод фільтрації глибини зображення, глибина зображення, фільтрація із збереженням країв зображення, зерновий матеріал.

Вступ

Для отримання та підготовки сегментованих зображень зерна для його розпізнавання, нами використовувалась камера з можливістю вимірювання глибини зображення Intel® RealSense™ D4xx. Проте в процесі роботи нами було встановлено, що показник глибини зображення має коливання випадкового характеру величиною більше 3-4 мм. Що суттєво впливало на процес сегментації зображення за показником глибини. Тому постало завдання постобробки отриманих даних з камер Intel® RealSense™. Нами проведений аналіз та узагальнення відомих алгоритмів фільтрації та згладжування показника глибини зображення.

Камери глибини RealSense™ D4xx можуть транслювати глибину (тобто дані діапазону) і дані про колір у реальному часі зі швидкістю до 90 кадрів на секунду, а вся обробка для генерування даних глибини виконується вбудованим D4 ASIC. Це, по суті, повинно залишити майже нульове навантаження на головний процесор, який потім може зосередитися замість цього на використанні даних глибини для поточної програми. Хоча можна налаштувати більше 40 параметрів, які впливають на обчислення глибини, слід зазначити, що ASIC не робить ніякої постобробки щоб очистити глибину, оскільки це залишається для програм вищого рівня, якщо це потрібно.

Як згадувалося в іншому офіційному документі, щоб отримати найкращу необроблену глибину від камер RealSense D4xx, зазвичай рекомендується, щоб D415 використовувався з роздільною здатністю 1280x720, а D435 – з роздільною здатністю 848x480 (лише за кількома винятками). Однак, незважаючи на це, багатьом додаткам вищого рівня безперечно потрібна точність глибини і саме в нашому випадку потрібна точність на рівні 0,001 м.

Результати дослідження

Фільтрація із збереженням країв: цей тип фільтра згладжує глибинний шум, намагаючись зберегти краї. Розглянемо приклад із двовимірними даними діапазону для квадрата 10x10 мм, розміщеної біля стіни, на відстані 500 мм від камери глибини. Під час вимірювання глибини буде шум. Якщо ми застосуємо усереднюючі фільтри згладжування, ми побачимо, що глибинний шум зменшиться, але ми також побачимо, що чіткі краї квадрата також згладжуються.

Фільтр із збереженням країв є типом спрощеного фільтра перетворення домену. Для цього фільтра ми двічі растрово скануємо карту глибини по осі X і Y і назад, одночасно обчислюючи одновимірне експоненціальне ковзне середнє (ЕМА) за допомогою альфа параметра, що визначає ступінь згладжування.

$$S_t = \begin{cases} Y_t, & t > 1 \text{ and } \Delta = |S_t - S_{t-1}| < \delta_{thresh} \\ \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}, & t = 1 \\ Y_t, & t > 1 \text{ and } \Delta = |S_t - S_{t-1}| > \delta_{thresh} \end{cases} \quad (1)$$

Де коефіцієнт α - означає ступінь зменшення ваги. Y_t є нещодавно зареєстрованим миттєвим значенням (розбіжності або глибини), а S_{t-1} це значення ЕМА в будь-який період часу

t. Однак ми також додаємо ще один параметр під δ_{thresh} . Якщо значення глибини між сусідніми пікселями перевищує поріг глибини, встановлений цим параметром дельта, тоді альфа буде тимчасово скинуто до 1 (без фільтрації). По суті, це означає, що якщо спостерігається край, то згладжування тимчасово вимикається. Це спричинить артефакти залежно від того, чи проходив край справа наліво чи зліва направо, тому ми зазвичай використовуємо два двонаправлені проходи як по x, так і по y, чого, як правило, достатньо для зменшення артефактів. У цій реалізації фільтра, використовується лише глибина, як вхідні дані.

Ще один аспект карт глибини, це наявність «дірок». У 3d полотні глибини зображення дірки походять або через відсутність даних, або через низьку достовірність. Дірки зазвичай є результатом того, що на лівому та правому зображеннях не видно один і той же об'єкт через затінення (відоме як оклюзія). Оскільки ми посилаємося на ліву форму зображення, ви побачите цю тінь зліва від об'єктів і вздовж лівого краю зображення.

Повертаючись тепер до покращення шуму глибини під час постобробки, ми зауважимо, що ще одним дуже важливим внеском шуму є тимчасовий шум. Датчики RealSense D4xx не мають даних про попередні кадри, тому кожен кадр глибини обчислюється повністю незалежно від попереднього кадру та є повністю детермінованим. Однак на вхідних зображеннях присутній шум, який може виникнути через внутрішній шум датчика, шум навколишнього середовища (зміни освітлення), або рух, або шум проектора. Усі ці джерела вносять певний глибинний шум у часі. Загалом це означає, що якість даних можна покращити, якщо працювати з нижчою частотою кадрів і довше інтегрувати експозицію, або застосовуючи певне часове усереднення до кожного пікселя на карті глибини.

Висновки

Таким чином, нами визначені основні методи фільтрації глибини зображення, які в подальшому будуть застосовані в процесі сегментації зображень зерна за глибиною.

Рациональним способом фільтрації даних глибини зображення вибраний метод фільтрації із збереженням країв, оскільки він зберігає контур зображення зерна.

Дослідження виконано в рамках проекту 2023.04/0040, що фінансується Національним фондом досліджень України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Depth Post-Processing for Intel® RealSense™ D400 Depth Cameras Anders Grunnet-Jepsen, Dave Tong – режим доступу : <https://www.intelrealsense.com/wp-content/uploads/2019/07/Intel-RealSense-Depth-PostProcess.pdf>
2. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Швидя В.О. (2024) Інноваційні оптично-електронні технології швидкого аналізу зерна в галузі післязбиральної обробки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 14, т. 1. С.1-13. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-5>
3. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Швидя В.О. (2024) Аналіз безконтактних методів контролю геометричних параметрів зернових матеріалів. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2024. Вип. 5 (119). - С. 105-116. <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-2-11>

Борис Андрій Миколайович – к.т.н., с.н.с. заступник директора з наукової роботи, Інститут механіки та автоматика агропромислового виробництва НААН, e-mail: aborys@ukr.net

Степаненко Сергій Петрович – д.т.н., с.н.с., завідувач відділу механіко-технологічних проблем збирання і післязбиральної обробки урожаю зернових та олійних культур, Інститут механіки та автоматика агропромислового виробництва НААН, e-mail: stepanenko_s@ukr.net

DEPTH IMAGE FILTERING METHOD FOR GRAIN MATERIALS

Abstract: The problem of depth image data filtering in the process of grain image segmentation for the purpose of recognition is considered. The main filtering methods are analyzed, and a rational filtering method with edge preservation of grain kernels is selected.

Keywords: Depth camera, depth image filtering method, image depth, edge-preserving filtering, grain material.

Andrii Borys - PhD (Eng.), Senior Research Fellow, Deputy Director for Research, Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of NAAS, Glevakha, aborys@ukr.net

Serhii Stepanenko – Dr. Sc, Senior Researcher, Head of the Department of Mechanical and Technological Problems of Harvesting and Post-Harvest Processing of Grain and Oil Crops, Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of NAAS, Glevakha, stepanenko_s@ukr.net