

Секция «Искусственный интеллект и анализ данных в космических исследованиях»

Оптимизация сегментации лазерных линий на основе адаптивных цветовых пространств

Научный руководитель – Карташёв Владимир Алексеевич

Чжан Цзялин

Студент (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: jialin_zhang_cn@163.com

В современных промышленных системах машинного зрения точное распознавание лазерных линий структурного света является критически важным для трёхмерного измерения и позиционирования объектов. Традиционные методы, основанные на фиксированных цветовых пространствах (например, RGB или HSV), часто страдают от низкой устойчивости к изменениям освещения и сложным фоновым помехам. В данной работе предлагается адаптивный подход к сегментации лазерных линий через создание гибридного цветового пространства на основе отношений G/R и B/R , что позволяет динамически адаптироваться к вариациям условий съёмки.

Основные этапы исследования:

1) Анализ классических цветовых моделей: Изучены ограничения RGB и HSV в контексте выделения красных лазерных линий [1]. Обнаружено, что абсолютные значения каналов RGB чувствительны к яркости, а HSV недостаточно разделяет красные оттенки при низкой насыщенности.

2) Разработка адаптивного цветового пространства: Предложена двумерная система координат на основе отношений G/R и B/R , которая усиливает контраст между лазерной линией и фоном. Динамические пороговые условия заданы через полиномиальную аппроксимацию границ распределения пикселей.

3) Оптимизация алгоритма сегментации: Реализованы два варианта пороговых условий (Условие 1: высокая точность; Условие 2: насыщенность луча) для адаптации к различным сценариям. Проведены тесты на изображениях с вариациями освещения, подтвердившие устойчивость метода.

В данном исследовании была разработана адаптивная цветовая модель на основе соотношений G/R - B/R , что позволило значительно повысить устойчивость и универсальность сегментации лазерных линий. Эксперименты показали, что предложенная модель снижает влияние изменений освещения на результаты сегментации по сравнению с традиционным HSV-пространством, демонстрируя повышенную стабильность в условиях высокой яркости или низкой насыщенности. Кроме того, динамические пороговые условия (например, режим высокой точности «Условие 1» и режим высокой насыщенности «Условие 2») обеспечивают гибкую настройку алгоритма под требования различных промышленных сценариев, подтверждая межсценарную применимость метода в условиях сложного фона.

С точки зрения практического применения, метод может быть напрямую интегрирован в системы 3D-сканирования на основе линейного структурного света [2]. Его легковесная реализация на базе OpenCV делает его пригодным для встраиваемых устройств с ограниченными ресурсами, предоставляя эффективное решение для промышленного контроля (например, позиционирование деталей, обнаружение дефектов).

Источники и литература

- 1) Zhang Song. High-speed 3D shape measurement with structured light methods: a review // Optics and Lasers in Engineering, 2018. Vol. 106, p. 119-131.
- 2) Hong Hanyu, Wu Yuqiang, Ye Liang, Shao Yang. High-precision three-dimensional measurement method of workpiece based on line-structured light scanning // Journal of Wuhan Institute of Technology, 2024. Vol. 46, No. 1, p. 67.