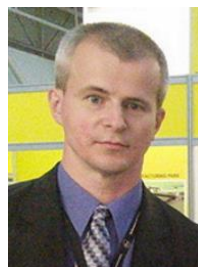


УДК 004.932.4, 681.786.23

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ



**Д. Жибинкас**  
Магистрант БГУИР



**А.М. Прудник**  
Кандидат технических наук, доцент  
кафедры ИПиЭ БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь  
E-mail: dew.zhibin@gmail.com

### **Д. Жибинкас**

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Магистрант БГУИР. Проводит исследование проблем трехмерного лазерного сканирования.

### **А.М. Прудник**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Занимается исследованием взаимодействия человека с компьютером, интерфейсов информационных систем, пользовательских интерфейсов, front-end web development, UX-дизайн.

**Аннотация.** Лазерные сканеры находят все большее применение в различных отраслях человеческой деятельности. Экономическая эффективность лазерного оборудования определяет широкое применение лазерной техники в промышленности. Появляются более производительные и надежные установки, которые позволяют ускорить применение лазеров в различных областях науки и техники. Однако остается и часть проблем, которые требуют решения. В статье приведен анализ возможности применения различных методов обработки исходных изображений.

**Ключевые слова:** морфологические преобразования, обработка изображений, сглаживание, лазерное сканирование.

### **Введение.**

Применение технологии трехмерного сканирования становится все более востребованным в сфере промышленного проектирования и контроля качества. Основной проблемой точности сканирования в системах оптического лазерного сканирования является наличие шумов в получаемых изображениях. Наиболее важной частью является устранение шума на краю лазерной линии, так как информация об объекте собирается на основе формы данной линии. Поэтому поиск и изучение методов обработки изображений важно для решения данной проблемы точности сканирования.

На рисунке 1 показан пример получаемого сканером изображения, на котором присутствует шум, который затрудняет процесс извлечения информации о поверхности объекта.

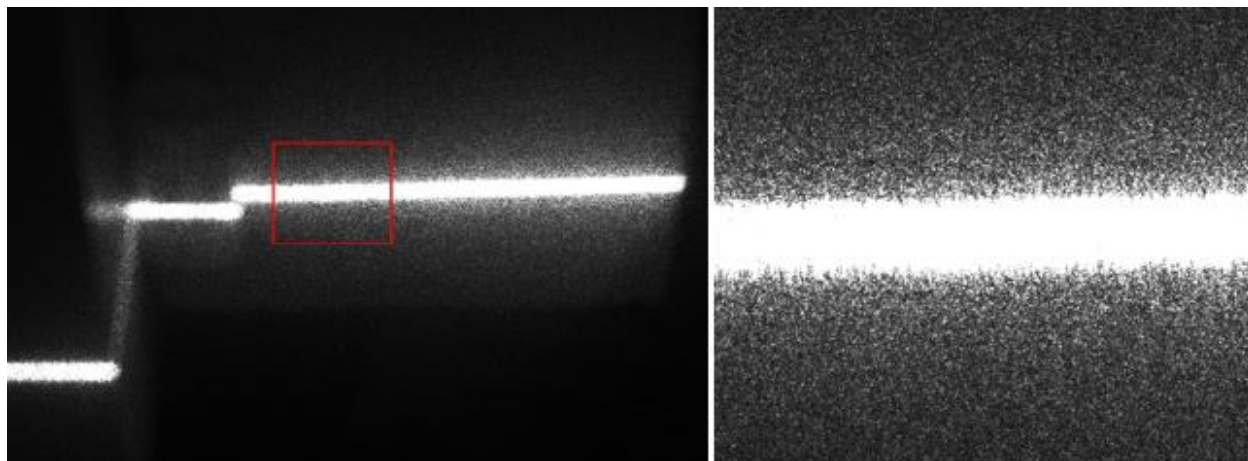


Рисунок 1 – Шумы лазерной линии при сканировании

Для решения данной проблемы получаемые в процессе сканирования изображения необходимо предварительно обработать определенным образом [1].

#### **Методы обработки.**

Имеется две основные группы методов обработки изображений: морфологические преобразования, или морфологические фильтры, и сглаживание, или сглаживающие фильтры.

Морфология описывает свойства формы и структуры различных объектов. В контексте обработки цифровых изображений этот термин относится к описанию свойств формы областей на изображении. Наибольший интерес представляют морфологические методы, применяемые на этапах предварительной и итоговой обработки изображений.

Морфологические преобразования представляют собой несколько простых операций, основанных на форме изображения. Входными данными для аппарата математической морфологии являются два изображения: обрабатываемое и специальное, зависящее от вида операции и решаемой задачи. Такое специальное изображения принято называть примитивом или структурным элементом. Как правило, структурный элемент много меньше обрабатываемого изображения. Структурный элемент можно считать описание области с некоторой формой. Понятно, что форма может быть любой, главное, чтобы её можно было представить в виде бинарного изображения заданного размера.

Два основных морфологических оператора – это эрозия и наращивание, или дилатация. Также имеются вариации применения этих операций. К ним относятся размыкание, или открытие, замыкание, или закрытие, градиент, столбик, или верх шляпы (top hat), черная шляпа (black hat) и т.д [2].

Сглаживание, также называемое размытием, является простой и часто используемой операцией обработки изображений. В нашем случае сглаживание необходимо для уменьшения шума на получаемых изображениях.

В операциях сглаживания к исходному изображению применяются специальные фильтры. Наиболее распространенным типом фильтров являются линейные, в которых значение выходного пикселя определяется как взвешенная сумма значений входных пикселей [3].

Для сравнения методов обработки изображений были отсканированы плоские поверхности, на которых лазерный луч образует прямую линию, видимую на изображении. Пример одной из отсканированных поверхностей представлен на рисунке 2.

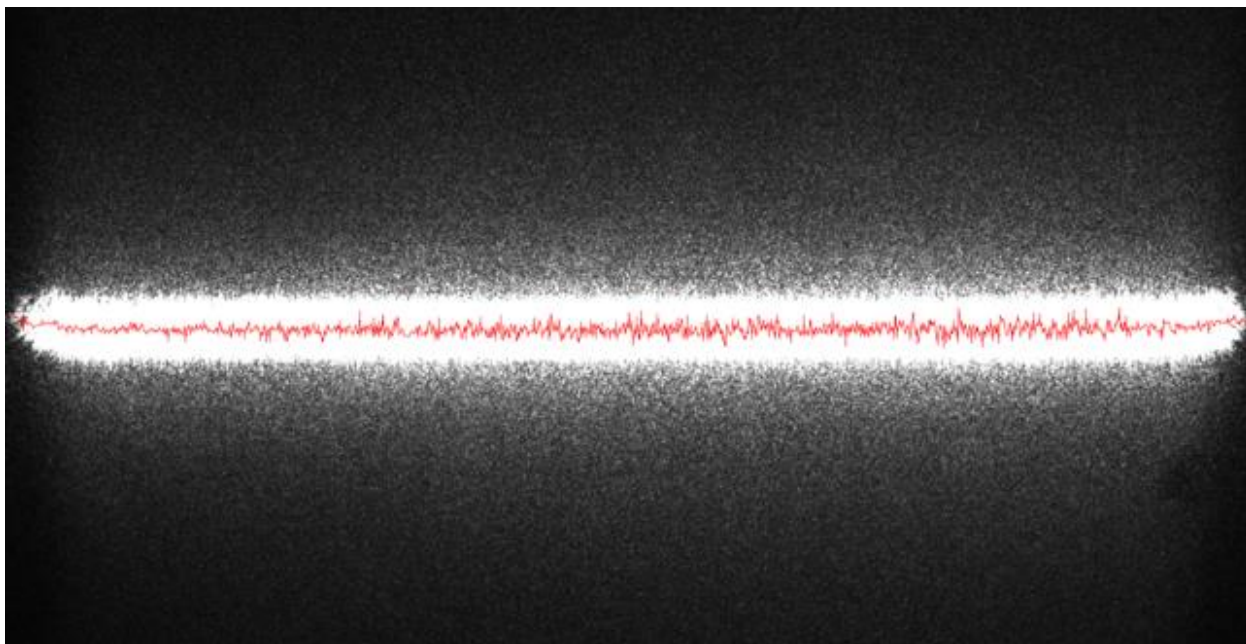


Рисунок 2 – Отсканированная поверхность и полученная из неё линия

За основу для анализа взята реализация алгоритмов обработки изображений библиотеки компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV.

#### **Результаты.**

Для применения в системах сканирования рассмотрены следующие преобразования: эрозия, наращивание, замыкание и размыкание с последовательным и поочередным применением операций [2]. При последовательном применении изображению обрабатывается базовой операцией заданное количество раз, а затем то же количество другой операцией. При поочередном применении базовые операции выполняются одна за другой. Структурным элементом выбран квадрат  $3 \times 3$ .

На рисунке 3 можно увидеть один из участков исходного изображения со всеми линиями, полученными в результате преобразований.

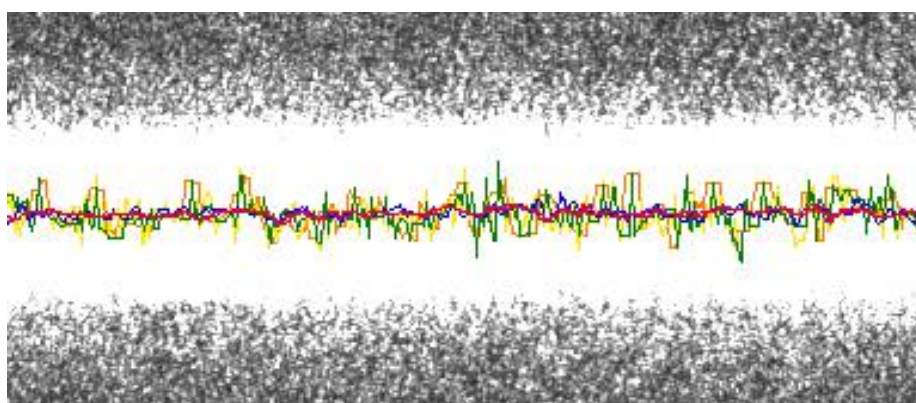


Рисунок 3 – Совмещенные полученные линии: зеленая – замыкание (последовательное); красная – размыкание (последовательное); желтая – замыкание (поочередное); синяя – размыкание (поочередное); оранжевая – наращивание; фиолетовая – эрозия

К оригинальному изображению применены следующие фильтры размытия: нормализованный прямоугольный фильтр, билатеральный фильтр, фильтр Гаусса, медианный фильтр [4]. На рисунке 4 показаны отфильтрованные изображения.

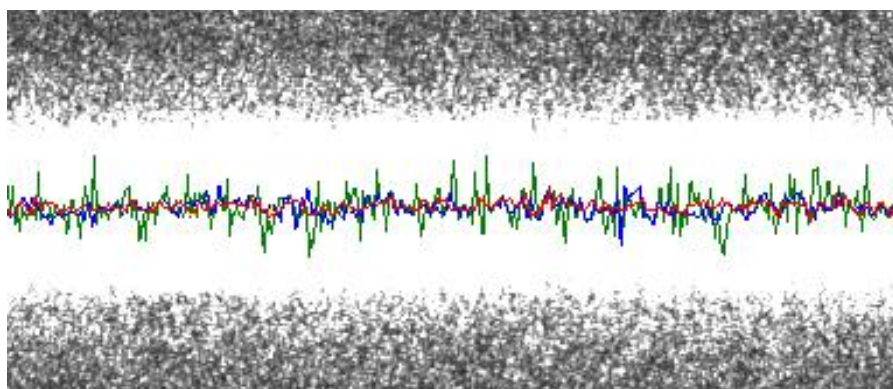


Рисунок 4 – Участок оригинального изображения с извлеченными линиями: красная – нормализованный прямоугольный фильтр; зеленая – билатеральный фильтр; желтая – фильтр Гаусса; синяя – медианный фильтр

Использованный отсканированный объект практически ровный. Лазерная линия на исходном изображении располагается на уровне 1374 пикселей. Для определения влияния обработки на данные об объекте проведено сравнение полученных значений положения лазерной линии, а также среднему и максимальному отклонению её точек.

Таблица 1 – Данные полученной линии

Обработка изображения		Положение линии, пиксели	Среднее отклонение, пиксели	Максимальное отклонение, пиксели
Оригинальное изображение		1374,19	5,19	25,19
Морфологические преобразования	Замыкание (последовательное)	1374,21	4,24	23,21
	Размыкание (последовательное)	1374	1,54	15
	Замыкание (поочередное)	1374,15	4,92	24,15
	Размыкание (поочередное)	1374	2,13	15
	Наращивание (Дилатация)	1373,51	5,58	20,49
	Эрозия	1374,07	1,56	18,07
Сглаживание изображения	Нормализованный прямоугольный фильтр	1374,01	1,99	15,01
	Билатеральный фильтр	1374,24	4,73	25,24
	Фильтр Гаусса	1374	2	15
	Медианный фильтр	1374,03	2,93	18,03

Рассмотрев данные, представленные в таблице 1, можно сделать следующие выводы.

Среди морфологических преобразований наибольший положительный эффект по уменьшению отклонений имеет размыкание с последовательным применением операций. При этом также нужно отметить, что размыкание с поочередным применением операций имеет чуть большее среднее отклонение, но примерно такое же максимальное отклонение, а эрозия, наоборот, имеет схожее среднее отклонение и незначительно большее максимальное отклонение.

Из числа методов сглаживания можно выделить одновременно два метода: размытие с помощью нормализованного прямоугольного фильтра и размытие по Гауссу. Их результаты практически идентичны между собой и находятся на том же уровне, что и наиболее эффективные морфологические методы.

#### **Заключение.**

Пять из десяти рассмотренных методов обработки – размыкание с поочередным применением операций, размыкание с последовательным применением операций, эрозия, размытие с помощью нормализованного прямоугольного фильтра и размытие по Гауссу – можно использовать для устранения влияния шума на получение информации о сканируемом объекте. Самые лучшие показатели имеет морфологический метод размыкания с поочередным применением операций. Его использование дает лучшие результаты как в общем устранении шума, так и в удалении пиковых отклонений.

В дальнейшем предполагается исследование возможности комбинирования методов разных групп и автоматизации подбора оптимальных параметров алгоритмов обработки.

#### **Список литературы**

- [1] Z. Zhang. Image Noise: Detection, Measurement, and Removal Techniques. University of Tennessee. – 2015. – P. 4-8.
- [2] I. T. Young, J. J. Gerbrands, and L. J. Van Vliet. Fundamentals of image processing. Delft University of Technology. – 1998. – P. 69-76.
- [3] R. Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed. // Springer – London, 2010. – P. 119-123.
- [4] Ibid. P. 129-131

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF IMAGE PROCESSING METHODS IN 3D LASER SCANNING SYSTEMS**

**D. ZHYBINSKAS**

*Postgraduate student of the BSUIR*

**A.M. PRUDNIK, PhD**

*Associate Professor, Department of Engineering  
Psychology and Ergonomics BSUIR,  
Candidate of Technical Sciences*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus  
E-mail: dew.zhibin@gmail.com*

**Abstract.** Laser scanners are increasingly being used in various branches of human activity. The economic efficiency of laser equipment determines the widespread use of laser technology in industry. More efficient and reliable installations are emerging that will speed up the use of lasers in various fields of science and technology. However, there are still some problems that need to be addressed. The article provides an analysis of the possibility of using various methods for processing source images.

**Keywords:** morphological transformations, image processing, smoothing, laser scanning.