



Ю.А. Герасимова<sup>1</sup>, Н.А. Лаходынова<sup>2</sup>, Б.М. Шумилов<sup>2</sup>,  
А. Жумадил уулу<sup>3</sup>, К.А. Абдыкалыков<sup>3</sup>

## О РАСПОЗНАВАНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОБИЛЬНЫХ ВИДЕОИЗМЕРЕНИЙ

(<sup>1</sup>Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики,

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
<sup>3</sup>Ошский государственный университет)

Решаются задачи автоматизации диагностики и паспортизации текущего состояния автомобильных дорог. Используя доступность и распространенность мобильных устройств, предлагается использовать мобильные измерения на серии последовательных кадров видеосъемки. В частности, при планировании ремонта участков автомобильных дорог по существующим методикам повсеместно происходит завышение объема работ. Наиболее доступным методом может быть определение объема повреждения с помощью маркеров по видеосъемке. Тогда задача определения объема объекта по его видеоизображению сведется к преобразованию изображения к цифровой объемной модели.

Основными этапами решения являются: локализация и определение характерных точек видеокadra, выявление устойчивых особенностей изображения, получение трехмерной математической модели объекта и ее использование для формирования проектно-сметной документации.

Применение метода восстановления трехмерного координатного вектора по двум перспективным проекциям, образующим стереопару [1] или более простого метода с использованием ортографических проекций позволяет обойтись без точной информации о преобразовании, опираясь на дополнительную информацию об объекте, которую дает наличие маркеров (рис. 1).

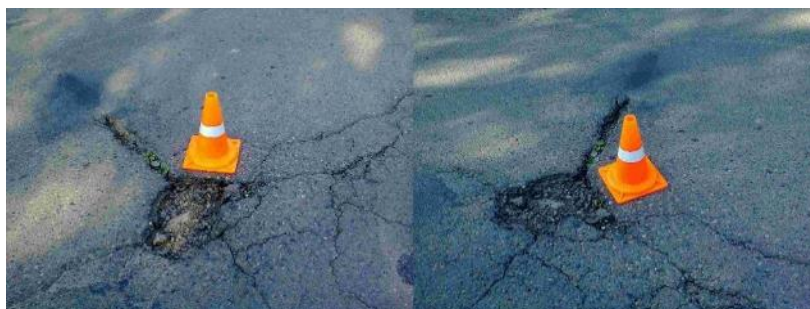


Рис. 1. Стереопара: дорожный конус на фоне повреждения  
дорожной поверхности

По графическим меткам формируются элементы матрицы геометрических преобразований и определяются трехмерные координаты точек объекта. Таким образом, задача сводится к решению системы линейных уравнений, из



которой определяются элементы матрицы преобразования. Дорожному мастеру достаточно сделать две фотографии, и отправить их на дальнейшую обработку.

С целью иллюстрации метода рассмотрены реальные стереопары, соответствующие двум фотографиям типового дорожного конуса на фоне выбоины в дорожной одежде (см. рис. 1). Координаты семи вершин 3D-объекта измерялись линейкой. Координаты соответствующих точек на изображениях фиксировались в графическом редакторе с использованием манипулятора «мышь». Задаваясь измеренными значениями фиксированной точки поверхности дорожного полотна на левом и правом снимках, можно проверить выполнение теоремы Пифагора. В нашем случае вычисленное расстояние от вершины конуса до асфальтового основания составило 31,975 см, что на 0,078% отличается от паспортного значения 32 см. Применение «трехточечного» метода [2] при условии предварительного определения внутренних параметров камеры по всем семи точкам дало значение 21.174 см, что обеспечивает относительную погрешность измерений всего лишь 33,8%. Тем не менее, добавление в данном контексте всего лишь одной (четвертой) точки дало значение 30.756 см, что обеспечивает вполне приемлемую относительную погрешность измерений 3,8%. Проведенные численные эксперименты позволяют рекомендовать при видеоизмерениях на местности использование такого приспособления, как раскладной знак аварийной остановки, который имеет ровно 4 легко идентифицируемые опорные точки. Более трудная задача калибровки внутренних параметров камеры может с успехом выполняться в лабораторных условиях по значительно большему количеству опорных точек.

Выделение характерных точек изображения и определение контура повреждения может быть проведено одним из известных методов Собеля, Лапласа, Кани [3-5]. Наличие локальных неоднородностей на дефектах естественного происхождения (выбоины, промоины, ямы) делает целесообразным применение детекторов блобов (blob – с англ. капля), основанных на методе Лапласа [6], для корректной идентификации точек интерполяции трехмерного объекта. При этом наличие прямоугольной таблицы изображений позволяет эффективно применить к решению поставленных задач современную теорию шеарлетов [7].

Шеарлеты были впервые определены в 2006 году как структура, позволяющая эффективно работать с многомерными данными. Эта конструкция широко применяется для подавления шума на изображениях с целью улучшения визуального восприятия или увеличения четкости. В рамках поставленной задачи, шеарлеты могут служить в качестве инструмента предварительной обработки изображений стереопары для облегчения автоматического отыскания локальных особенностей объекта повреждения.

Учитывая особенности изображения дефектов дорожного полотна (отсутствие четких границ, наличие посторонних предметов, несущественность некоторых дефектов) следует предусмотреть возможность «ручного» вмешательства. Дорожному мастеру должен быть предоставлен интерфейс, позволяющий выделить характерные точки движением графического курсора. Алгоритм со-



здания такого интерфейса на смартфоне под управлением ОС Андроид изложен в [8].

По мере пополнения массива характерных точек изображения, становится возможным построение трехмерной математической модели дефекта дорожной поверхности. Затем, на основе полученной модели, по технологии триангуляции вычисляются площадь и объем геометрической фигуры, характеризующей данное конкретное повреждение. Дальнейшая задача состоит в подготовке заказа-наряда на выполнение ремонтных работ по ликвидации данного дорожного дефекта. Полный цикл работ по распознаванию повреждений дорожной поверхности отображен на рис. 2.



Рис. 2. Структура программно-алгоритмического комплекса распознавания повреждений дорожной поверхности



Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Томской области (код проекта 16-41-700400 p\_a).

### Литература

1. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Меженин А.В. Методы и средства распознавания образов и визуализации. // [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А. В. Меженин. –СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 120 с. URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/8346.pdf/download/8346.pdf>
4. Sonka M., Hlavac V., Boyle R. Image Processing, Analysis and Machine Vision. – Thomson, 2008. – 866 p.
5. Harris affine region detector // [Электрон. ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Harris\\_affine\\_region\\_detector](https://en.wikipedia.org/wiki/Harris_affine_region_detector)
6. Tuytelaars T., Mikolajczyk K. Local Invariant Feature Detectors: A Survey // Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. Vol. 3. No. 3 (2007), p. 177–280.
7. Gao G., Liu Y., Labate D. A two-stage shearlet-based approach for the removal of random-valued impulse noise in images // Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 32, pp. 83–94, 2015.
8. Проханов С.А., Шумилов Б.М., Кудуев А.Ж., Абдыкалыков К.А. Использование алгоритмов обработки данных мобильных видеоизмерений для распознавания и классификации повреждений дорожной поверхности // Девятая Сибирская конференция по параллельным и высоко-производительным вычислениям: сборник статей / под ред. А.В. Старченко. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017, с. 98-104. URL: <http://conference.tsu.ru/engine/download.php?id=542>

Е.А. Гладченко, О.Н. Сапрыкин

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

(Самарский университет)

В наши дни, когда ежедневно во всем мире по земле, воде и воздуху перевозятся сотни тысяч тонн груза, задача оптимизация логистических процессов является крайне актуальной. Это сложная, комплексная проблема, которая требует системного подхода. С одной стороны, это связано с тем, что в процесс перевозки вовлечено большое количество участников, а решения и выполняемые действия должны быть хорошо скоординированы, поэтому необходимо постоянное обеспечение высокого уровня коммуникаций. С другой стороны,