

Д.А. ВОЛКОВ, К.В. МАКАРОВ

**Мониторинг состояния дорожного
покрытия с использованием
датчиков мобильных устройств**

УДК 004.93'12

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

В статье рассматривается применение датчиков мобильных устройств для задачи реализации системы мониторинга состояния дорожного покрытия. Были рассмотрены имеющиеся системы обнаружения дефектов дорожного покрытия, обосновано использование алгоритмов детектирования дефектов дорожного покрытия на основе данных акселерометра. Проведен сравнительный анализ данных алгоритмов, выделены их проблемы и пути решения этих проблем.

С развитием инфраструктуры увеличивается и необходимость в её обслуживании. Дороги, являющиеся частью любой инфраструктуры, являются двигателями экономики любой страны. Но из-за разных факторов (климатических, износа, высоких нагрузок трафика) на дорогах появляются ямы и другие дефекты дорожного покрытия, что вызывает проблемы, как для простых автолюбителей, так и коммерческих организаций. Из-за различных дефектов дорожного покрытия происходит увеличение расходов на содержание транспортного средства (топливо, обслуживание), возникновение дорожно-транспортных происшествий опасных для всех участников дорожного движения, следствием которых могут являться судебные иски с требованием возмещения ущерба. Стоит отметить, что по статистике в России (рис. 1) количество происшествий, связанных с дефектами дорожного покрытия, неуклонно растёт.

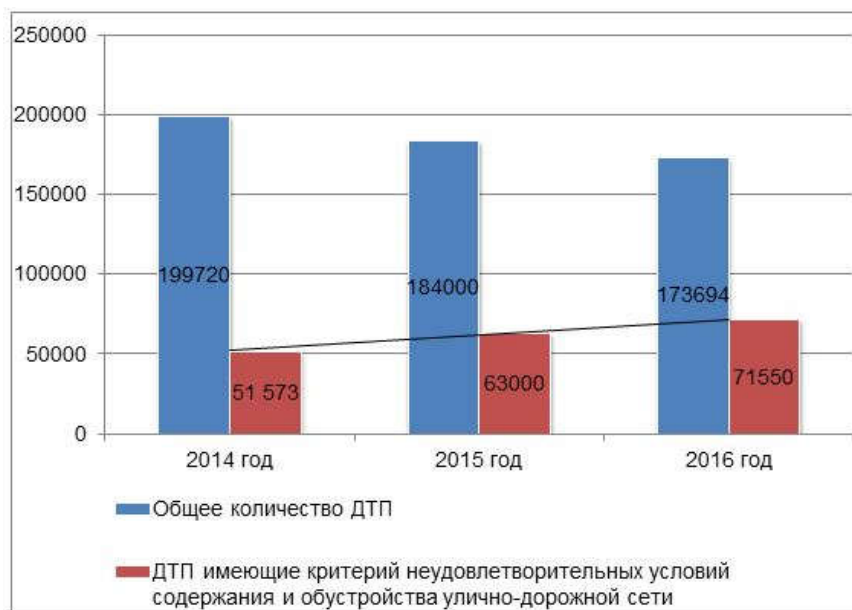


Рис. 1. Статистика ДТП в России

Следовательно, актуальным является разработка методов, средств для сбора оперативной информации о состоянии дорожного покрытия. Это позволит своевременно планировать ремонтно-восстановительные мероприятия дорожного полотна.

Существуют различные подходы к детектированию дефектов дорожного покрытия:

1. Стандартные средства диагностики дорожных служб;
2. Системы, основанные на обработке изображений;
3. Системы, основанные на показаниях акселерометра.

Использование стандартных средств диагностики дорожных служб (нивелиры, дорожные курвиметры и другие) довольно медленный и трудоемкий процесс, не позволяющий оперативно собирать большое количество информации.

Системы, основанные на обработке изображений, имеют высокий процент распознавания, но также и множество проблем: выбор места крепления записывающего устройства, необходимость мощного оборудования для обработки изображений, обработка изображений, полученных под различными углами (из-за попадания в ямы). Исходя из этого, можно сказать, что данные системы будут иметь большую стоимость и не смогут получить широкого распространения. Следовательно, будет невозможно собрать

большое количество оперативной информации для поддержания актуальности данных о состоянии дорожного покрытия.

Системы, основанные на показаниях акселерометра, имеют высокий процент распознавания, от 72% до 92% в зависимости от используемого алгоритма, что подтверждается в работах [1,2,3]. Алгоритмы для детектирования дефектов дорожного покрытия основаны на анализе показаний оси Z и реже X акселерометра. К проблемам, имеющимся в данных системах, можно отнести выбор места установки акселерометра для фиксирования информации и человеческий фактор. Первую проблему можно решить с помощью виртуальной переориентации показаний акселерометра[2]. Вторая проблема подразумевает, что акселерометр будет находиться в машине, собирая данные во время поездки, а водитель данного транспортного средства будет стремиться объезжать различные дефекты дорожного покрытия[1]. Для решения данной проблемы необходимо провести дополнительные исследования, но предполагается, что статистических данных и показаний по оси Y будет достаточно для решения данной проблемы.

В качестве устройства для сбора показаний акселерометра можно использовать смартфон, так как они широко распространены и в большинстве из них имеются необходимые датчики. Предполагаемый подход ориентирован на использование множества смартфонов водителей (рис. 2), что позволит оперативно собирать информацию о состоянии дорог и избежать больших затрат на мониторинг состояния дорожного покрытия.

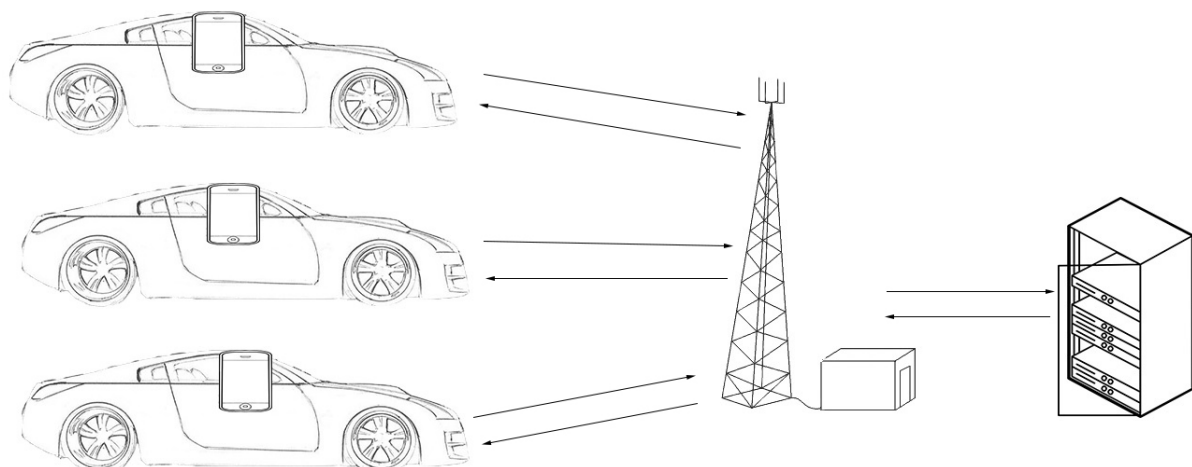


Рис. 2. Использование смартфонов автолюбителей для сбора данных о состоянии дорожного покрытия

В данной работе планируется использовать акселерометр мобильного устройства для детектирования дефектов дорожного покрытия. Для использования акселерометра в этой области существует несколько алгоритмов[3,4]:

1. Z-TRESHER;
2. Z-DIFF;
3. STDEV(Z);
4. G-ZERO.

Самым простым алгоритмов обнаружение дефектов дорожного покрытия является Z-TRESHER (рис. 3), основанный на показаниях акселерометра по оси Z. Функция классифицирует измерения акселерометра по оси Z и значения, превышающие конкретные пороговые, определяются как различные типы дефекта, например яма, скопление ям. Для данного алгоритма требуется, чтобы информация о положении оси Z была известна. Данный алгоритм аналогичен используемым в работах [1,2].

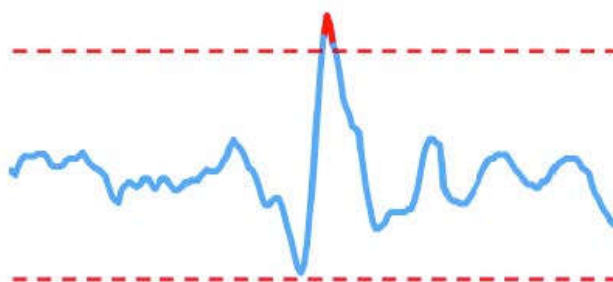


Рис. 3. Алгоритм детектирования дефектов дорожного покрытия Z-TRESHER

Следующим рассматриваемым алгоритмом является Z-DIFF (рис. 4). Он так же основан на показаниях акселерометра по оси Z. В отличие от алгоритма Z-TRESH, в алгоритме Z-DIFF происходит поиск двух последовательных значений, разница которых выше определенного порогового уровня. Данный алгоритм обнаруживает быстрые изменения вертикального ускорения, по которым имеется возможность классифицировать тип дефекта дорожного покрытия. Как и для предыдущего алгоритма, необходимо чтобы информация о положении оси Z была известна.

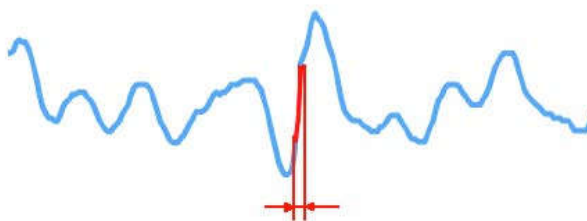


Рис. 4. Алгоритм детектирования дефектов дорожного покрытия Z-DIFF

Алгоритм детектирования дефектов дорожного покрытия STDEV(Z) (рис. 5) основывается на среднеквадратичном отклонении данных оси Z акселерометра. При проезде через яму запоминаются показания акселерометра по оси Z. После K записей данных рассчитывается среднеквадратичное отклонение по оси Z акселерометра и используется для обнаружения дефектов дорожного покрытия.

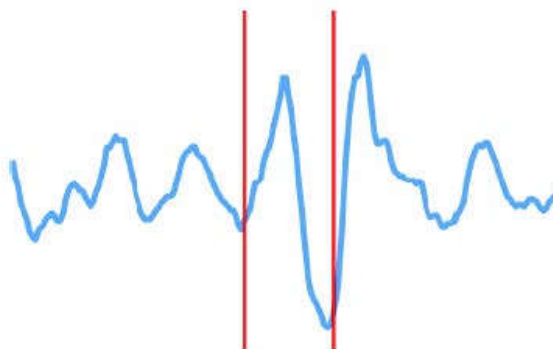


Рис. 5. Алгоритм детектирования дефектов дорожного покрытия STDEV(Z)

Алгоритм G-ZERO (рис. 6) основывается на данных полученных с трех осей акселерометра и выборе нижнего и верхнего придела для обнаружения дефекта дорожного покрытия. Когда машина проезжает через яму, все значение трехосевого акселерометра близки к нулю. Границами детектирования считаются наибольшее значение трехосевого акселерометра при проезде через яму как нижний порог, наименьшее значение трехосевого акселерометра при проезде через яму как верхний порог. Стоит отметить, что для данного алгоритма не требуется точной информации о положении оси Z акселерометра.

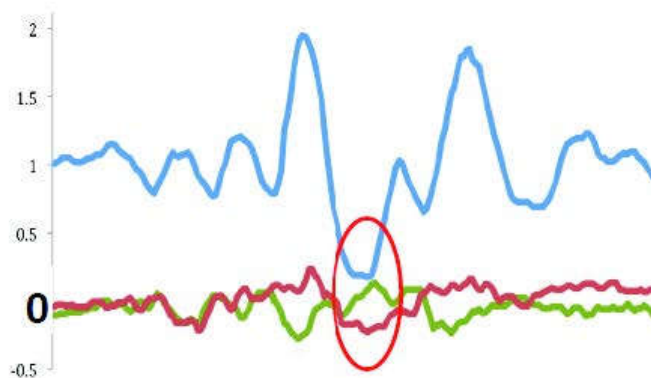


Рис. 6. Алгоритм детектирования дефектов дорожного покрытия G-ZERO

В работе [3] проведено сравнение вышеописанных алгоритмов, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты тестирования алгоритмов

Класс	Z-TRESH	Z-DIFF	STDEV(Z)	G-ZERO
Большие ямы	3(100%)	3(100%)	3(100%)	3(100%)
Малые ямы	15(83%)	16(89%)	16(89%)	14(78%)
Скопление ям	25(83%)	27(90%)	30(75%)	27(68%)
Трещины	31(78%)	36(90%)	30(75%)	27(68%)
Люки	10(59%)	17(100%)	11(65%)	8(47%)
Общие	84(78%)	99(92%)	87(81%)	79(73%)

Исходя из данных таблицы 1 в предполагаемой системе планируется использовать алгоритм Z-DIFF. Так же будут проводиться исследования по возможности совмещения вышеупомянутых алгоритмов для достижения большой точности распознавания дефектов дорожного покрытия.

Кроме обнаружения дефекта дорожного покрытия необходимо его локализовать. Так как для сбора информации планируется использовать смартфоны, локализацию можно проводить с использованием GSM, Wi-Fi, GPS, ГЛОНАСС.

Достоинством использования GSM является низкое потребление энергии смартфоном, но данный подход имеет недостаточную точность, от нескольких километров за городом до нескольких сотен метров в городе. Для улучшения точности можно использовать подход совместного использования GSM и Wi-Fi сетей, описанный в работе [5]. Это позволит обнаружить мобильное устройство с точностью до 10 метров при наличии рядом Wi-Fi

сетей, но при их отсутствии точность локализации будет такая же, что и описана ранее.

В отличие от GSM, спутниковые системы навигации, к которым относятся GPS и ГЛОНАСС, обеспечивают высокую точность локализации.

Погрешность GPS варьируется от 0,1 до 5 метров в зависимости от используемого оборудования[6,7]. Данных о дефекте дорожного покрытия с погрешностью до 5 метров будет достаточно для их локализации на картографических сервисах, таких как “Google Maps” или “Яндекс.Карты”. Стоит отметить, что компания Broadcom презентовала новый чип, позволяющий уменьшить погрешность GPS для мобильных устройств[8]. Смартфоны с этим чипом начнут выпускать уже в 2018 году.

В системе ГЛОНАСС заложена возможность снижения погрешности до 0,1 метра[9]. В текущий момент система имеет меньшую точность, чем GPS, но к 2020 году планируется это нивелировать[10].

В разработке планируется использовать различные спутниковые системы навигации, но упор будет сделан на GPS и ГЛОНАСС. Использование нескольких геолокационных систем позволит улучшить точность локализации дефектов дорожного покрытия.

Таким образом, планируется реализовать систему для мониторинга состояния дорожного покрытия на основе выбранных алгоритмов и подходов. Будет сделан упор на проблему детектирование дефектов дорожного покрытия при их объезде. Так же одним из развитий данной работы может стать прогнозирование появления дефектов дорожного покрытия на основе собранных статистических данных.

Литература

1. Jakob Eriksson, Lewis Girod, Bret Hull, Ryan Newton, Samuel Madden, Hari Balakrishnan. The Pothole Patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring. В кн.: The Sixth Annual International conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys 2008). Breckenridge, CO, USA. 2008. June. С. 29-39. ISBN: 978-1-60558-139-2.

2. Prashanth Mohan, Venkata N. Padmanabhan, Ramachandran Ramjee. Nericell: Rich Monitoring of Road and Traffic Conditions using Mobile Smartphones. В кн.: SenSys'08 - Proceedings of the 6th ACM Conference on Embedded

Networked Sensor Systems. Raleigh, NC, USA. 2008. November. C. 323-336. ISBN: 978-1-59593-990-6.

3. Artis Mednis, Girts Strazdins, Reinholds Zviedris, Georgijs Kanonirs, Leo Selavo. Real Time Pothole Detection using Android Smartphones with Accelerometers. В кн.: The 7th IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (IEEE DCOSS '11). Barcelona, Spain. 2011. June. C. 1-6.

4. Hsiu-Wen Wang, Chi-Hua Chen, Ding-Yuan Cheng, Chun-Hao Lin, Chi-Chun Lo. A Real-Time Pothole Detection Approach for Intelligent Transportation System // Mathematical Problems in Engineering. 2015. Vol. 2015, N. 869627, P. 1-7.

5. Определение местоположения без GPS: как устроен Яндекс.Локатор [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/162955/> (Дата обращения: 28.11.2017 г.).

6. GPS [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS> (Дата обращения: 28.11.2017 г.).

7. Reach: GPS с точностью до сантиметра [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/company/intel/blog/258779/> (Дата обращения: 28.11.2017 г.).

8. BCM47755 Third-Generation GNSS Location Hub with Dual Frequency Support [Электронный ресурс]. URL: <https://www.broadcom.com/products/wireless/gnss-gps-socs/bcm47755> (Дата обращения: 28.11.2017 г.).

9. ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ГЛОНАСС> (Дата обращения 28.11.2017 г.).

10. Путин потребовал довести точность российской ГЛОНАСС до уровня GPS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.interfax.ru/russia/579714> (Дата обращения 28.11.2017 г.).