

Велосипеды в Умном Городе

Д.Е. Намиот, В.П. Куприяновский, О.И. Карасев, С.А. Синягов, А.П. Добрынин

Аннотация—В этой статье мы рассматриваем вопросы отслеживания перемещений велосипедистов в Умных Городах. Вопросы мобильности (Умной Мобильности) являются одной из основных компонент того, что называют Умным Городом. Велосипеды, как транспортная составляющая в городах, находятся на подъеме во всем мире. По крайней мере, там, где климат хотя бы минимально это позволяет. Причины вполне очевидны. Это демократичность и доступность данного вида транспорта, его дешевизна и экологичность, способствование здоровому образу жизни. Развитие этого вида транспорта (как и любого другого) имеет много разных аспектов. В данной работе мы останавливаемся на вопросах отслеживания движения велосипедистов. Что, естественно, будет служить метрикой при любом проектировании.

Ключевые слова—Умный Город, мобильность, велосипед.

I. ВВЕДЕНИЕ

Эта статья является продолжением серии публикаций о сервисах в Умных Городах. Ранее опубликованные работы касались, например, инфокоммуникационных сервисов в целом [1], полиции в Умном Городе [2], грид-системам [3], водным ресурсам [4].

Этой работой мы начинаем серию публикаций, посвященных мобильности в Умных Городах. Мобильность (Умная Мобильность в соответствии с областью применения) является одной из основных компонент того, что принято называть Умным Городом [5,6].

Велосипеды, как транспортная составляющая в городах, находятся на подъеме во всем мире [7]. Причины вполне очевидны. Это демократичность и доступность данного вида транспорта, его дешевизна, экологичность и способствование здоровому образу жизни и сокращению количества автомобилей на дорогах.

Развитие этого вида транспорта (как и любого другого) имеет много разных аспектов. Например,

Статья получена 20 августа 2016.

Намиот Д.Е., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: dnamiot@gmail.com).

Куприяновский В.П., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: vpkupriyanovsky@gmail.com).

Карасев О.И., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: k-o-i@yandex.ru)

Синягов С.А., независимый исследователь (email: ssinyagov@gmail.com).

Добрынин А.П., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: andrey.p.dobrynin@gmail.com).

система аренды велосипедов в городе [8] (рис. 1). Или собственно проектирование велодорожек [9].



Рис.1 Bike sharing

В данной работе мы останавливаемся на вопросах отслеживания движения велосипедистов. Очевидно, что без метрик (измерений) нельзя ни проектировать системы, ни оценивать их эксплуатацию. Данные, которые получаются при траекторных измерениях, будут служить метрикой для проектировщиков и эксплуатирующих служб.

II. АНАЛИЗ ВЕЛОСИПЕДНОГО ТРАФИКА.

Естественно, эта тематика интересна разработчикам в умных городах. Можно найти работы, датированные 1980 годом, например [10]. В качестве более современных обзорных работ можно упомянуть, например, работы [11, 12].

В данной статье мы концентрируемся на методах сбора информации о велосипедном трафике. Прежде чем анализировать и выявлять шаблоны, необходимо научиться собирать исходную информацию. Именно эти собранные данные будут служить основой для любого дальнейшего анализа. В этом отношении, модельный пример – это работа [13], в которой рассматривается именно сбор “велосипедных” данных. Авторы, кстати, приводят еще одну причину внимания именно к велосипедам – по данным исследований, велосипедисты больше тратят денег на местные бизнесы (они, очевидно, физически ближе к ним, чем автомобилисты).

Отдельно необходимо отметить сбор и анализ информации от городских систем аренды велосипедов. Естественно, это также дает важную информацию об использовании велосипедов, позволяет косвенно определять маршруты, и в литературе довольно много внимания уделяется шаблонам использования таких

велосипедов [14]. Мы не останавливаемся здесь на этом потому, что для наиболее интересной нам системы в Москве какое-либо публичное описание просто отсутствует. Устройство системы неизвестно, какие данные она позволяет собирать – неизвестно. Это довольно странно. Вот упомянутая выше работа [13] описывает, например, портал bike-sharing программы в Чикаго [15], где статистика системы наоборот выкладывается в публичный доступ, чтобы сторонние разработчики могли создавать программы визуализации, проверять модели и т.д. (рисунок 2)

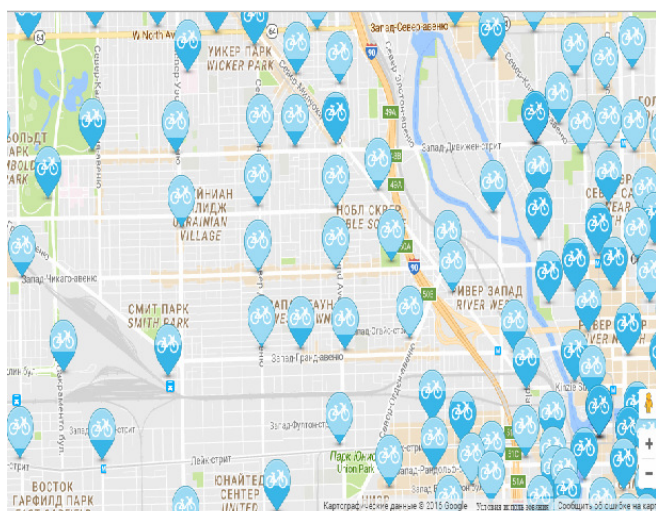


Рис. 2. Bike-sharing Chicago

Нам представляется, что модель данных московской системы аренды велосипедов также должна быть открыта. Ее нужно описать и тогда сторонние исследователи смогут строить модели. Да и сами данные также лучше открывать, чтобы была возможность организовать конкурсы по их обработке (анализу данных) в стиле Kaggle [16].

Отслеживание движения велосипедистов в городе может осуществляться несколькими способами. К ним относятся:

- анализ фото и видео-изображений,
- использование сенсоров (датчиков) для подсчета числа велосипедистов,
- устройства слежения непосредственно на велосипедах или используемые велосипедистами
- использование социальных сетей и других источников данных

III. АНАЛИЗ ФОТО И ВИДЕО-ИЗОБРАЖЕНИЙ

На рисунке 3 представлена система IP-камер в Palo Alto (США). Камеры распознают пешеходов и велосипедистов (без сохранения какой-либо другой видеoinформации) и ведут подсчет обнаруженных “целей” [17]. В данном проекте используются устройства подсчета от компании Vimos [18]. Камеры здесь объединены с программным обеспечением для анализа видео. Все установленные камеры управляются через единую облачную платформу.

Компания Axis упоминает о схожей собственной разработке [19], где с использованием собственных камер и встраиваемого программного обеспечения [20] подсчитывает велосипедистов в голландском городе Маастрихт.



Рис. 3. Подсчет велосипедистов в Palo Alto

Изображения со всех камер собираются централизованно. Также отметим, что камеры, которые подсчитывают велосипедистов статичны (всегда снимают один и тот же участок), что дает возможность накапливать и сравнивать исторические данные.

Компания Bosh анонсирует функцию подсчета велосипедистов как часть своего пакета видео-аналитики, который интегрируется с их собственными камерами [21].

Базовый аппарат для определения велосипедистов (пешеходов) в видео-потоке описан во многих работах. Например, в [22] описывается система распознавания на базе фильтра Калмана и Learning Vector Quantization (LVQ). Авторы декларируют точность в 80% - 90%.

В работе [23] представлен классификатор, использующий машинное обучение (рисунок 4).



Рис.4. Использование велодорожки [23]

Подход на основе SVM представлен в работе [24]. Хорошая библиография возможных подходов есть в отчете Университета Миннесоты [25]. В работе [26] приводится описание классификатора на базе OpenCV - библиотеке компьютерного зрения с открытым исходным кодом.

Очень важный момент для проектирования систем анализа велосипедного трафика – это понимание того, как именно устроена конкретная система видеонаблюдения. Например, знание ответов на вопросы о том, как именно снимаются нужные улицы (трассы), как дальше используется это видео, каким образом к нему можно получить доступ, чтобы вести практическую речь

об анализе видеоданных. Необходимо понимание того, как именно требуется анализировать видео (в реальном времени, с некоторой допустимой задержкой, или по запросу для определенного видео-ряда).

Отметим также, такой потенциальный источник видеoinформации о велосипедистах, как видеорегистраторы в автомобилях.

IV. ДАТЧИКИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ВЕЛОСИПЕДИСТОВ

Весьма популярный подход к оценке велосипедного трафика. Например, пьезоэлектронный датчик на велодорожке [27] (рисунок 5).



Рис. 5. Счетчик велосипедистов [27]

Как видно из рисунка, так можно определять также и направление движения (в зависимости от того, какой из кабелей пересечен первым).

Такого рода датчики могут подсчитывать и пешеходов [28] (рисунок 6)



Рис. 6 HI-TRAC CMU

Эта же компания производит и индукционные счетчики [29].

В работах [30, 31] присутствует обширная библиография по счетчикам велосипедов. В работе [32] описывается дешевый счетчик, комбинирующий оценку изменения магнитного поля и тепловизор. Такая система используется в городе Портленд (США).

V. УСТРОЙСТВА СЛЕЖЕНИЯ

Такого рода трекары записывают (передают) GPS координаты в движении. При этом такие устройства могут нагружаться и другими сенсорами (качество воздуха, например). Такого рода трекары служат

одновременно и противоугонными устройствами (можно определить, где в данный момент находится велосипед) [33].

Такого рода трекары может быть спроектирован специально для конкретного проекта. Велосипеды, которые город сдает в аренду, могут оборудоваться такими устройствами в обязательном порядке. Для остальных велосипедистов стимулом установки будет отслеживание велосипеда в случае кражи.

Одной из возможностей такого мониторинга является использование мобильного телефона самого велосипедиста. Здесь возможны, по крайней мере, два варианта. Во-первых, можно привязать получение арендуемого велосипеда к какому либо действию на мобильном телефоне (сканирование QR-кода, отправка SMS, запрос в мобильном приложении). Смысл в том, чтобы получить идентификацию телефона велосипедиста. Отслеживание его движения может проводиться уже мобильными операторами (эта информация может быть получена от мобильных операторов). Во-вторых, можно обеспечить велосипедистов мобильным приложением. Приложение запускается в момент получения велосипеда (например, в нем нужно отметить факт начала поездки). Далее это работающее приложение и будет передавать координаты велосипедиста. Использование мобильного приложения может быть стимулировано какими-либо бонусами. Так можно сделать аналог приложений (исследований) из области social dynamics для велосипедистов.

В работе [34] приводится пример Open Hardware трекара, который использует технологию LoRaWAN для передачи данных. Используется для мониторинга трафика велосипедистов в Будапеште. Достоинством LoraWAN будет независимость от мобильных операторов. И, конечно, эти же станции могут также использоваться для передачи других измерений (например, в ЖКХ).

С LoRaWAN конкурирует операторская технология NB-IOT [35]. Примеры использования NB-IOT для отслеживания велосипедов демонстрировались, например, компанией Ericsson [36]. Решение по мониторингу велосипедов также демонстрировала компания Huawei [37] (рисунок 7). В России с ней сотрудничает компания Мегафон.



Рис. 7. Huawei Smart Bike

Очень интересна в этом плане Smart E-bike Monitoring System (SEMS) из Университета Брайтона [38]. Публично доступны как исходный код системы мониторинга, так и аппаратный дизайн трекинговых устройств [39]. Разработка выглядит как хороший кандидат на пилотный проект.

VI. ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

Здесь мы хотели бы указать на те источники данных, которые не могут быть использованы для получения абсолютных значений (измерений), но могут служить косвенными показателями использования велосипедов, а также использоваться для качественного сравнительного анализа (стало больше или меньше и т.д.).

Источником такой информации могут служить, например, гео-кодированные фото с велосипедами в Instagram и Twitter, сообщения в Twitter, которые сообщают о велосипедных поездках. Если есть, например, информация от служб такси о перевозке велосипедов (о заказах машин для перевозки велосипедов), то это также может быть использовано для оценки (выявления) маршрутов (откуда и куда доставлялся велосипед).

Поиск и выделение такого рода информации есть часть такой специализации, как information retrieval [40]. Например, в работах [41, 42] рассматривается выделение событий из потока сообщений Twitter. Работа [43] является примером исследования определения пользовательской активности по записям в социальных сетях. Анализ активности и поиску шаблонов поведения посвящены работы [44, 45].

Технически, велосипедный трафик можно отслеживать и по данным мобильных операторов. Операторы накапливают информацию о переключении обслуживания мобильного телефона с одной базовой станции на другую. Таким образом можно отслеживать перемещение мобильного телефона (и его владельца, соответственно). Зная время переключения и координаты базовых станций можно оценить скорость. Если мы будем рассматривать пешеходные зоны, или области с очень малым автомобильным трафиком, то по разности скоростей можно попробовать отделить пешеходов от велосипедистов (в последнюю категорию попадут также катающиеся на роликах и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Намиот Д. Е., Куприяновский В. П., Синягов С. А. Инфокоммуникационные сервисы в умном городе //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 4.- С.1-9.
- [2] Куприяновский В. П. и др. Умная полиция в умном городе //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 3. - С.21-31.
- [3] В.П.Куприяновский, Ф.Ю.Фокин, С.А. Буланча, Ю.В. Куприяновская, Д.Е. Намиот Микрогриды - энергетика, экономика, экология и ИТС в умных городах // International Journal of Open Information Technologies. 2016. -Т.4. - №4. - С.10-19.
- [4] Куприяновский В. П. и др. "Разумная вода": Интегрированное управление водными ресурсами на базе смарт-технологий и моделей для умных //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 4.-С.20-29.
- [5] Sustainable Urban Mobility <https://eu-smartcities.eu/content/sustainable-urban-mobility-0> Retrieved: Aug, 2016
- [6] ARUP - URBAN MOBILITY IN THE SMART CITY AGE. SMART CITIES CORNERSTONE SERIES, 2016
- [7] Midgley, Peter. "The role of smart bike-sharing systems in urban mobility." *Journeys 2* (2009): 23-31.
- [8] Vogel, Patrick, Torsten Greiser, and Dirk Christian Mattfeld. "Understanding bike-sharing systems using data mining: Exploring activity patterns." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 20 (2011): 514-523.
- [9] Pucher, John, Jennifer Dill, and Susan Handy. "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review." *Preventive medicine* 50 (2010): S106-S125.
- [10] Opiela, Kenneth S., Snehamay Khasnabis, and Tapan K. Datta. "Determination of the characteristics of bicycle traffic at urban intersections." *Transportation Research Record* 743 (1980): 30-38.
- [11] Zhang, Jun, et al. "Comparative analysis of pedestrian, bicycle and car traffic moving in circuits." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 104 (2013): 1130-1138.
- [12] El Esawey, Mohamed, et al. "Development of daily adjustment factors for bicycle traffic." *Journal of Transportation Engineering* 139.8 (2013): 859-871.
- [13] Pedal-Powered Data <http://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/pedal-powered-data-749> Retrieved: Aug, 2016
- [14] Shaheen, Susan, et al. "China's Hangzhou public bicycle: understanding early adoption and behavioral response to bikesharing." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2247 (2011): 33-41.
- [15] Bike-sharing Chicago <https://www.divvybikes.com/> Retrieved: Aug, 2016
- [16] Kaggle Data Science <https://www.kaggle.com/> Retrieved: Aug, 2016
- [17] Smart City Bicycle and Pedestrian Counting <http://thinkingcities.com/smart-city-bicycle-and-pedestrian-counting-technology-released/> Retrieved: Aug, 2016
- [18] Vimoc <http://vimoc.com/product-2/> Retrieved: Aug, 2016
- [19] Axis Smart City http://www.axis.com/files/brochure/bc_casestudies_safecities_en_1506_lo.pdf Retrieved: Aug, 2016
- [20] Cognimatics Software <http://face.cognimatics.com/downloads/axis/bicycle/manualTVBAxisACAP.pdf> Retrieved: Aug, 2016
- [21] IVA 6.10 Intelligent Video Analysis http://resource.boschsecurity.com/documents/DS_IVA_6.10_Data_sheet_enUS_19245749387.pdf Retrieved: Aug, 2016
- [22] Heikkilä, Janne, and Olli Silvén. "A real-time system for monitoring of cyclists and pedestrians." *Image and Vision Computing* 22.7 (2004): 563-570.
- [23] Ponte, G., et al. "Using specialised cyclist detection software to count cyclists and determine cyclist travel speed from video." *Australasian Road Safety Research Policing Education Conference*, 2014, Melbourne, Victoria, Australia, 2014.
- [24] Somasundaram, Guruprasad, Vassilios Morellas, and Nikolaos Papanikolopoulos. "Counting pedestrians and bicycles in traffic scenes." 2009 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, 2009.
- [25] Somasundaram, Guruprasad, Vassilios Morellas, and Nikolaos Papanikolopoulos. "Deployment of Practical Methods for Counting Bicycle and Pedestrian Use of a Transportation Facility." (2012).
- [26] Uke, N., and R. Thool. "Moving vehicle detection for measuring traffic count using openvc." *Journal of Automation and Control Engineering* 1.4 (2013)
- [27] Bike counter <http://metrocount.com/shop/traffic-counters/40-mc5720-advanced-bicycle-counter.html> Retrieved: Aug, 2016
- [28] HI-TRAC CMU - Bicycle and Pedestrian Monitoring <http://www.jamartech.com/cmu.html> Retrieved: Aug, 2016
- [29] TRAX Cycles Plus <http://www.jamartech.com/bicyclecounting.html> Retrieved: Aug, 2016
- [30] Bicycle and pedestrian traffic counting devices https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_count#Bicycle_and_pedestrian_traffic_counting_devices Retrieved: Aug, 2016
- [31] Practical Methods for Analyzing Pedestrian and Bicycle Use of a Transportation Facility <http://www.lrrb.org/media/reports/201006.pdf> Retrieved: Aug, 2016
- [32] This \$50 device could change bike planning forever <http://bikeportland.org/2015/01/13/50-device-change-bike-planning-forever-130891> Retrieved: Aug, 2016

- [33] Keep your Bike safer <http://www.sherlock.bike/> Retrieved: Aug, 2016
- [34] LoRaWAN bicycle tracking <http://www.mikroe.com/news/view/1180/a-bicycle-tracking-system-in-budapest-on-a-lorawan-network/> Retrieved: Aug, 2016
- [35] Internet of Bikes <http://www.nickhunn.com/nb-iot-the-internet-of-bikes-and-labradors/> Retrieved: Aug, 2016
- [36] GSMA Mobile IoT Initiative Welcomes First Low Power Wide Area Solutions at Mobile World Congress <http://www.businesswire.com/news/home/20160218005118/en/GSM-A-Mobile-IoT-Initiative-Welcomes-Power-Wide> Retrieved: Aug, 2016
- [37] Huawei NB-IOT <http://www.huawei.com/minisite/4-5g/img/NB-IOT.pdf> Retrieved: Aug, 2016
- [38] SEMS <http://www.smart-ebikes.co.uk/> Retrieved: Aug, 2016
- [39] Kiefer C, Behrendt F (2015) Smart E-Bike Monitoring System: realtime open-source and open hardware GPS, assistance and sensor data for electrically-assisted bicycles. *Journal IET Intelligent Transport Systems*: 1-10
- [40] Grossman, David A., and Ophir Frieder. *Information retrieval: Algorithms and heuristics*. Vol. 15. Springer Science & Business Media, 2012.
- [41] Akbari, Mohammad, et al. "From Tweets to Wellness: Wellness Event Detection from Twitter Streams." *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2016
- [42] Zhou, Deyu, Liangyu Chen, and Yulan He. "An Unsupervised Framework of Exploring Events on Twitter: Filtering, Extraction and Categorization." *AAAI*. 2015.
- [43] Zhu, Zack, et al. "Human activity recognition using social media data." *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, 2013.
- [44] Kaltenbrunner, Andreas, et al. "Urban cycles and mobility patterns: Exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system." *Pervasive and Mobile Computing* 6.4 (2010): 455-466.
- [45] Kuo, Yin-Hsi, et al. "Discovering the city by mining diverse and multimodal data streams." *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2014.

Bicycles in the Smart City

Dmitry Namiot, Vasily Kupriyanovsky, Oleg Karasev, Sergey Sinyagov, Andrey Dobrynin

Abstract—In this article, we provide a review of tools for tracking movements of cyclists in smart cities. Mobility (Smart Mobility) is a major component of Smart Cities. Bicycles as transport component in the cities are on the rise worldwide. At least there, where the climate is at least minimally allows it. The reasons are quite obvious. This is the democracy and the availability of this type of vehicle, its cheapness, and environmental friendliness, promoting a healthy lifestyle. The development of this type of transport (like any other) has many different aspects. In this paper, we focus on the tracking of the movement of cyclists. That, naturally, will serve as a metric for any future design.

Keywords— Smart City, mobility, bicycle.