

УДК 711.73: 625.711.4

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ВЕЛОСИПЕДНОГО ТРАНСПОРТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. ХАРЬКОВА

П.Ф. Горбачёв, проф., д.т.н., Е.С. Токмиленко, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
С.В. Козлов, ООО «Институт Харьковпроект»

Аннотация. Рассмотрены существующие методы определения уклона местности и предложена методика моделирования топографии существующей улично-дорожной сети с помощью методов компьютерного моделирования геоинформационных систем. Полученные результаты позволяют классифицировать улично-дорожную сеть г. Харькова по степени сложности для движения велосипедистов.

Ключевые слова: велосипед, инфраструктура, топография, ArcGIS, моделирование, геоинформационные системы.

ТОПОГРАФІЧНА МОДЕЛЬ УМОВ РУХУ ВЕЛОСИПЕДНОГО ТРАНСПОРТУ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ М. ХАРКІВ

П.Ф. Горбачов, проф., д.т.н., О.С. Токмиленко, асист.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
С.В. Козлов, ТОВ «Інститут Харківпроект»

Анотація. Розглянуто існуючі методи визначення ухилу місцевості і запропоновано методіку моделювання топографії вулично-дорожньої мережі за допомогою методів комп'ютерного моделювання геоінформаційних систем. Отримані результати дозволяють класифікувати вулично-дорожню мережу м. Харків за ступенем складності для руху велосипедистів.

Ключові слова: велосипед, інфраструктура, топографія, ArcGIS, моделювання, геоінформаційні системи.

TOPOGRAPHIC MODEL OF BICYCLING TRAFFIC CONDITION IN THE CENTRE OF KHARKIV

P. Gorbachov, Prof., D. Sc. (Eng.), O. Tokmylenko, P.G.,
Kharkov National Automobile and Highway University,
S. Kozlov, LLL «Institute Kharkivproekt»

Abstract. The paper presents the current methods to determine the slope and proposes the method to model the topography of the road network using computer modeling of geographic information systems. The results obtained allow classifying the road network of Kharkov according to the on the difficulty level for cycling.

Key words: bicycle, infrastructure, topography, ArcGIS, modeling, geographic information systems.

Введение

В последнее время в Украине наблюдается повышение интереса к вопросу создания велосипедной инфраструктуры в городах. Ряд

городов принял концепции развития велосипедной инфраструктуры, в других городах созданы рабочие группы по их разработке. В то время как преимущества развития велосипедного транспорта очевидны, методика эффективного размещения велосипедной

инфраструктуры в городах Украины остается недостаточно изученным вопросом. Наиболее распространенным методом прокладывания велосипедных путей является метод воздушных линий или кратчайших расстояний. В то же время важным фактором, влияющим на интенсивность и качество велосипедного движения, является топография местности.

Анализ публикаций

Уровень холмистости местности является объектом пристального внимания зарубежных ученых, занимающихся организацией велосипедного движения. Так, согласно исследованию, проведенному в городе Остин, штат Техас, женщины, которые используют велосипед для поездок на работу, предпочитают избегать холмистых маршрутов, в то время как мужчины выбирают крутые и умеренно-крутые склоны [1]. Смит [2] и Винтерс [3] также отмечают, что топография является наиболее важным фактором для трудовых поездок. Исследования велосипедных перемещений, основанных на сборе GPS-данных, проведенные в Портленде, штат Орегон, показали, что велосипедисты предпочитают проехать 1,76 мили по ровной дороге, чем 1 миллю в гору с углом наклона 2–4 процента [4]. Исследование, проведенное в Лидсе, Великобритания, доказало, что скорость движения велосипедиста не будет постоянной по всему пути и будет изменяться в зависимости от топографии [5]. Ученые обнаружили, что скорость изменяется незначительно на уклонах в диапазоне от – 3 % до + 3 %. В то время как скорость движения значительно падает при подъемах на более крутые холмы. Авторы также предполагают, что движение вниз по склону не дает ожидаемого преимущества, так как люди склонны сохранять безопасную для дорожных условий скорость. Изучение влияния различных факторов на затрату энергии при движении на велосипеде показало, что скорость движения и вертикальный профиль дороги в наибольшей степени влияют на мощность, необходимую для совершения поездки [6].

Таким образом, определение рельефа местности и моделирование топографических условий для предполагаемой или существующей сети движения велосипедного транспорта является актуальной и необходимой задачей для осуществления качественного планирования велосипедной инфраструктуры.

Уклоном называют крутизну подъемов или спусков дороги. Величина уклона может выражаться в градусах или процентах. При проектировании и эксплуатации дороги принято использовать значения уклона в процентах или промилле. Величина уклона в процентах s определяется из соотношения

$$s = \frac{h}{l} \cdot 100, \quad (1)$$

где h – высота подъема или спуска, м; l – длина подъема или спуска, м.

Современные геоинформационные технологии позволяют получать карты высот на основе данных о рельефе местности [7]. Программный продукт ArcGIS для определения уклона местности использует цифровую модель рельефа. Данный метод сравнивает значение координаты z с уровнем горизонта для зоны размером 3×3 ячейки. Крутизна уклона каждой ячейки определяется как максимальное изменение высоты к расстоянию между центральной ячейкой и восьмью соседними ячейками. Данный метод широко используется при анализе пригодности местности к использованию или при прогнозировании потенциальных угроз, но имеет ряд недостатков при определении уклона дорожной сети: это высокие требования к качеству исходных географических данных; использование всей местности в анализе, то есть как ячеек, которые находятся в пределах дорожной сети, так и других, что влияет на полученный результат и др.

Величину уклона для моделирования расположения трасс пешеходного движения предложено определять в работе [9]. Для этого карта рельефа в горизонталях преобразовывается в векторную планограмму, на рельеф накладывается сетка. В пределах каждой территориальной ячейки определяется значение уклона i , которое может быть получено из соотношения

$$i = \frac{0,785 \cdot d \cdot h \cdot m}{S}, \quad (2)$$

где h – шаг горизонталей; S – площадь ячейки; m – количество пересечений со стороны ячейки; d – длина сторон ячейки.

Данный метод может применяться при построении уличной сети для пешеходного или

велосипедного движения в условиях отсутствия существующей улично-дорожной сети (УДС) или застройки. Однако моделирование велосипедной сети происходит преимущественно в условиях существующей УДС и прилегающих к ней сооружений. Таким образом, существует необходимость в разработке специальной методики определения уклона дороги в условиях существующей УДС.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является создание топографической модели условий движения велосипедного транспорта, которая позволит получить численные значения уклона УДС. Для этого на основе географических данных местности необходимо определить уклон УДС и провести классификацию улиц в зависимости от величины уклона с точки зрения велосипедистов.

Объектом моделирования выступает центральная часть Харькова, которая является стартовой территорией для развития велосипедной инфраструктуры города.

Методика моделирования топографии УДС

Для моделирования топографии УДС центральной части города Харькова было использовано программное обеспечение Arcgis for Desktop 10.2. Определение величины уклона проводилось в четыре этапа.

На этапе подготовки исходных данных были сформированы файл-формы улиц города Харькова (streets.shp) и оцифрованная карта горизонталей с высотой сечения 1 м (contour.gdb).

На втором этапе были определены пересечения улиц с горизонталями. Так как при моделировании УДС в местах пересечения улиц разбивается на участки, которые не совпадают с точкой пересечения дороги с горизонталью, то использование формулы (1) является невозможным. Для того чтобы сохранить географию УДС и определить средний уровень уклона (s), необходимо преобразовать зависимость (1) следующим образом

$$s = \frac{h \cdot n}{l} \cdot 100, \quad (3)$$

где n – количество пересечений УДС горизонталями.

Для расчетов по (3) вначале используется функция пространственного объединения (Spatial Join) (рис.1). Полученный в результате файл формы содержит все участки УДС в таком же виде, как и файл streets.shp, и информацию о количестве пересечений с файлом горизонталей для каждого участка.

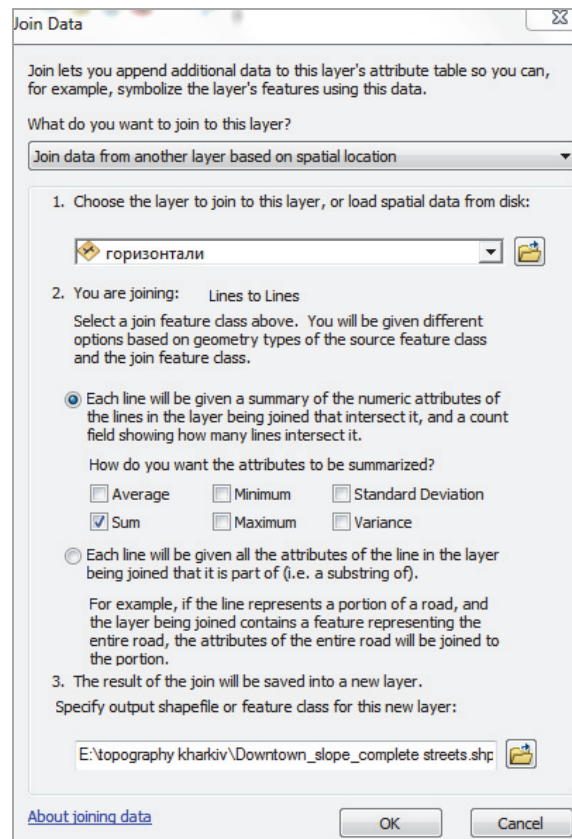


Рис. 1. Функция пространственного объединения слоев

На третьем этапе рассчитывается угол наклона улицы, для чего в таблице атрибутов создается новое поле типа float и заполняется на основе расчетной формулы (3) (рис. 2).

UniqueID	Count_	Sum_H	Sum_ID	Sum_Shape_	Slope
100042	2	301	0	51401.036163	0.730483
100043	3	453	0	53035.721997	2.27151
100052	2	209	0	6577.911799	0.824448
100066	15	1665	0	78027.470824	8.43378
100067	1	118	0	3944.646425	2.4636
100068	0	0	0	0	0
100069	0	0	0	0	0
100070	1	110	0	24412.066072	0.954471
100071	1	130	0	41574.587872	1.33806
100072	2	263	0	7670.081013	3.19469

Рис. 2. Таблица атрибутов географического слоя УДС

На последнем этапе производится классификация улиц в зависимости от величины уклона в процентах для визуальной оценки результатов. Результаты классификации УДС на основе интервалов, описанных в [4], позволяют наглядно оценить условия велосипедного движения (рис. 3).

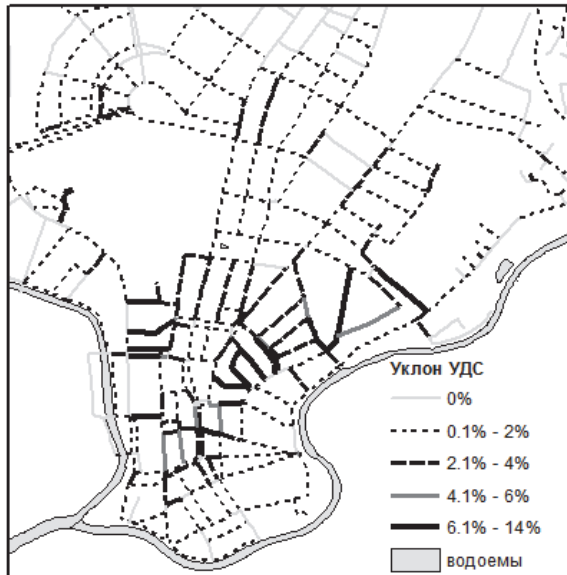


Рис. 3. Классификация величины уклона УДС в центральной части г. Харькова

Выводы

Топографическая модель условий движения велосипедного транспорта позволяет классифицировать УДС города по уровню холмистости. Анализ результатов моделирования УДС города Харькова показал, что центральная часть имеет значительные для велосипедного движения значения уклона дороги. Такие улицы как Бурсацкий спуск, Соборный спуск, Классический переулок, ул. Маршала Бажанова и другие имеют уклоны дороги свыше шести процентов большой протяженности, что является серьезным препятствием для велосипедного движения, особенно для трудовых поездок. В то же время УДС Харькова имеет достаточный набор альтернативных связей, которые позволяют выбрать приемлемые пути для велосипедного движения.

Топографическая модель, представленная в этой работе, позволяет классифицировать УДС с точки зрения ее привлекательности для велосипедистов, а также получить численные значения величины уклона дороги, которые могут использоваться как входные

параметры модели велосипедного движения. Данная методика может найти широкое применение в условиях Украины, так как предполагает использование данных, доступных департаментам планирования городов.

Литература

1. Sener I.N. An analysis of bicycle route choice preferences in texas, US / I.N. Sener, N. Eluru, C.R. Bhat // *Transportation*. – 2009 (a). – 36(5). – P. 511–539.
2. Smith Jr D. T. Safety and locational criteria for bicycle facilities. user manual volume I: Bicycle facility location criteria: Report No. FHWA-RD-75-113 / Smith Jr D. T. – Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1975. – 92 p.
3. Winters M.L. Improving public health through active transportation: Understanding the influence of the built environment on decisions to travel by bicycle (Doctoral Dissertation) / M.L. – Winters. University of British Columbia, 2011. – 163 p.
4. Broach J. Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data / J. Broach, J. Gliebe, J. Dill // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2012. – Vol. 46, Issue 10. – P. 1730–1740.
5. Parkin J. Design speeds and acceleration characteristics of bicycle traffic for use in planning, design and appraisal. / J. Parkin, J. Rotheram // *Transport Policy*. – 2010. – 17(5). – P. 335–341.
6. Токмиленко Е.С. Влияние вертикального профиля дороги на затрату энергии при движении на велосипеде / Е.С. Токмиленко, П.Ф. Горбачев // *Містобудування і територіальне планування* – 2012. – Вип. 45, Ч3. – С. 141–145.
7. *Spatial Analysis Using ArcGIS 10.1: Training manual*. – University of Maryland Libraries, 2013. – 33 p.
8. Техническая поддержка ArcGIS 10.1. – Режим доступа: www.resources.arcgis.com.
9. Сосновский В.А. Прикладные методы градостроительных исследований: учеб. пособие / В.А. Сосновский, Н.С. Русакова. – М.: Архитектура-С, 2006. – 112 с.

Рецензент: Е.В. Нагорный, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 27 января 2014 г.