



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

ОЦЕНКА МЕСТНОСТИ ПО ИНДЕКСУ РЕЛЬЕФА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Игорь Мусиенко

*Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет,
Кафедра изысканий и проектирования дорог и аэродромов, Харьков, Украина
Эл. почта: kipddsp@inbox.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы дифференциации типов рельефа, доказываются несовершенство этих подходов и, как следствие, актуальность данной проблемы. Наиболее комплексный подход при оценке типа рельефа возможен за счёт такого показателя, как индекс рельефа, который рассчитывается как отношение математических ожиданий превышений к проложениям. Предлагается 4 подхода генерации исходных данных для расчёта индекса рельефа включая экспресс-метод с использованием Internet-технологий.

Ключевые слова: автомобильная дорога, рельеф местности, индекс рельефа, уклон, превышение, проложение, продольный профиль, триангуляция Делоне.

Введение

Внедрение компьютерных технологий в современное производство заставляет пересматривать традиционные подходы при решении задач проектирования, которые перестают быть современными. Тотальная «оцифровка» требует на входе цифры и на выходе даёт цифры. При этом в прошлое уходят словесные описания, методы оценки, допускающие многозначность или однобокость. Например, в программном коде тяжело задать такой параметр, как «преобладающая крутизна скатов». Необходимо конкретизировать слово «преобладающая»: в процентном соотношении или долевым. К таким оценкам относится идентификация типа рельефа в украинских нормативах на проектирование автомобильных дорог (ДБН В.2.3-4-2007, 2007).

Актуальность проблемы

В современных украинских нормативах на проектирование автомобильных дорог расчётная скорость движения помимо технической категории зависит от рельефа местности (ДБН В.2.3-4-2007, 2007) (таблица 1). Рельеф местности подразделяется на 3 типа: равнинный, пересечённый (холмистый) и горный.

Определить тип местности предлагается проектировщику, использующему данные нормативы. Для

конкретизации типа рельефа к таблице есть 2 примечания.

Примечание 1. К холмистой местности относится рельеф, изрезанный глубокими долинами с разницей отметок дна долин и водоразделов свыше 50 м на расстоянии не более 0,5 км, с боковыми глубокими оврагами и неустойчивыми склонами, долинами предгорных рек с боковыми притоками.

Примечание 2. К горной местности относятся участки перевалов (плюс один километр в каждую сторону от перевала) через горные хребты и участки горных ущелий со сложными, сильно изрезанными или неустойчивыми склонами, участки распространения пластических оползней и осыпей, долины горных рек с боковыми притоками.

Таблица 1. Расчётная скорость движения

Категория дороги	Расчётная скорость, км/час		
	Основная	Допустима на местности	
		равнинная местность	холмистой
I-a	150	120	100
I-b	140	110	80
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	90	60	30
V	90	40	30

Исходя из вышеприведенных примечаний, наиболее конкретно можно идентифицировать средний тип рельефа местности – холмистый. При разнице отметок дна долин и водоразделов в 50 м и расстоянии между ними 500 м средний уклон составит 100 ‰.

Предположительный алгоритм идентификации типа рельефа:

1) необходимо на проектируемом участке автомобильной дороги выделить линии водоразделов и линии логов;

2) выделить те участки (территории), на которых расстояния между линиями водоразделов и линиями логов меньше 500 м;

3) рассчитать на этих участках уклоны между линиями водоразделов и линиями логов.

Рассмотрим первый конкретный пример: необходимо идентифицировать тип рельефа местности, приведенный на рисунке 1. Рассмотрим участок, обведенный в красный прямоугольник:

1) на исследуемом участке имеется две линии логов и одна линия водораздела;

2) первая линия, длиной 500 м ограничивает южное полупространство, на котором необходимо определить уклон; вторая линия ограничивает северное полупространство;

3) уклон южного полупространства, ограниченного первой линией составляет 68‰; уклон северного полупространства, ограниченного второй линией составляет 48‰.

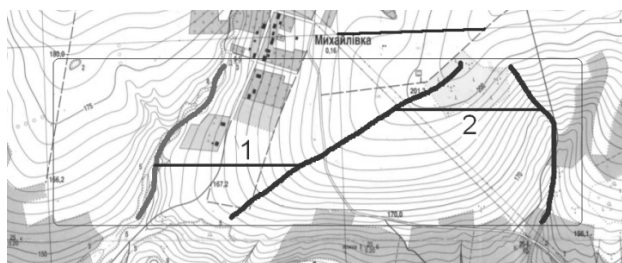


Рис. 1. Участок местности для идентификации типа рельефа

Вывод: требуемые уклоны на исследуемых территориях меньше 100 ‰, поэтому данный участок местности можно отнести к равнинному рельефу местности. Однако, если посмотреть на эту топографическую карту, вряд ли можно визуальнo идентифицировать данную местность как равнинную.

Рассмотрим второй пример: на рисунке 2 представлены два чёрных профиля.

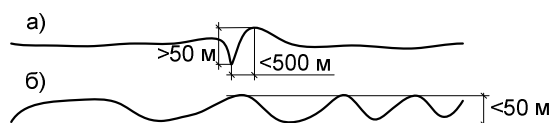


Рис. 2. Чёрные профили с разными высотами

На рисунке 2 а) мы видим равнинный рельеф местности, перерезанный одной балкой, с разностью высот более 50 м на расстоянии менее 500 м, поэтому

эту местность мы отнесём к холмистой в соответствии с примечанием №1. На рисунке 2 б) мы видим холмистую местность с разностью высот до 50 м, поэтому эту местность мы отнесём к равнинной в соответствии с примечанием № 1.

Очевидно, что такие параметры идентификации типа рельефа однобоки и не имеют всеохватывающего характера: мы не можем по двум характеристикам (превышению и расстоянию) единичного элемента рельефа судить о площади, вытянутой линейно в пространстве. Между тем такая неоднозначная оценка в корне меняет все геометрические характеристики автомобильной дороги, её эксплуатационные качества (табл. 1).

Вывод: украинские нормативы на проектирование автомобильных дорог требуют внесения поправок с целью комплексной конкретизации типа рельефа.

В первую очередь такую «конкретизацию» целесообразно рассмотреть в других сферах, где эта проблема актуальна.

Технологические свойства сельскохозяйственных угодий объектов государственной кадастровой оценки рассчитывают по шкале оценки рельефа, представленной в таблице 2 (<http://freepaper.ru/104/taschet-integralnyh-pokazatelej-obektov-gosudarstvennoj/284804.1856719.list2.html>, ссылка действительна на 1.09.2013). В этой шкале используется коэффициент оценки рельефа. Этот коэффициент зависит от «угла склона» (в переводе на язык проектировщика автомобильных дорог от угла наклона). Эта шкала уже конкретна, но она не охватывает всего разнообразия рельефа, с которым сталкивается проектировщик автомобильных дорог, и опять таки, даёт не комплексную оценку всего многообразия территории, вытянутой линейно в пространстве. Такая шкала действительно подходит для оценки сельскохозяйственных угодий, но она мало информативна для проектировщика автомобильных дорог.

Таблица 2. Шкала оценки рельефа сельскохозяйственных угодий

Расстояние между смежными горизонталями (мм) в масштабе			Угол склона, град	Коэффициент рельефа
1:25 000	1:10 000	1:5000		
с сечением рельефа через, м				
5	2,5	1		
Более 11,4	Более 11,3	Более 11,4	Менее 1	1,00
11,4–3,8	14,3–4,8	11,4–3,8	1–3	1,02
3,8–2,3	4,8–2,9	3,8–2,3	3–5	1,05
2,3–1,6	2,9–2,0	2,3–1,6	5–7	1,09

В военной топографии местность по характеру рельефа подразделяют на равнинную, холмистую и горную (Баранов и др. 2005). Горная местность имеет подклассы: низкогорная, среднегорная и высокогорная.

В данной классификации рельефа есть разделение по 4 параметрам: словесное описание, относительное превышение, абсолютные высоты над уров-

нем моря, преобладающая крутизна скатов. Относительные превышения составляют для равнинной местности до 25 м, для горной – свыше 200 м. Преобладающая крутизна скатов составляет для равнинной местности до 2°, для горной – свыше 5°. Эта классификация более полная, но и она не даёт возможности комплексно, численно и точно охарактеризовать рельеф местности.

В английских нормативах на проектирование автомобильных дорог рельеф местности разделяется на 3 категории: на равнинный (Level), на холмистый (Rolling) и на горный (Mountainous) (A guide to geometric design, 1998). Определение категории производится за счёт подсчёта количества горизонталей с сечением в 5 метров, пересекающих линию трассы на 1 км. К равнинному рельефу относится такая местность, на топографическом плане которой линию трассы будет пересекать до 10 горизонталей сечением 5 м, холмистый рельеф – 11–25 горизонталей, горный рельеф – более 25 горизонталей соответственно. Например, участок местности, приведенный на рисунке 1 можно по этой классификации отнести к холмистой местности, т. к. на 1 км прямой линии приходится 12 пересечений горизонталей сечением 5 м.

В нормативах на проектирование автомобильных дорог США применяется классификация рельефа местности сходная с английской классификацией, с тем отличием, что для равнинного рельефа используется другой термин (Flat) (Lebo, Schelling 2001).

Последняя классификация наиболее конкретна, но для оценки местности требуется топографическая карта, а в современных системах автоматизированного проектирования автомобильных дорог трасса проектируется прямо на цифровых моделях местности. Кроме того, иногда требуется оценка рельефа не только вдоль линейных объектов, но и на площадных объектах.

В связи с вышеописанным, проблема комплексной конкретизации типа рельефа для решения задач реконструкции и проектирования автомобильных дорог, является актуальной.

Комплексная оценка типа рельефа

Автором предложено выполнять комплексную оценку типа рельефа для решения задач реконструкции и проектирования автомобильных дорог по индексу рельефа:

$$i_r = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} hf_h(h)dh}{\int_{-\infty}^{+\infty} lf_l(l)dl} \cdot 6 = \frac{M[h]}{M[l]}, \quad (1)$$

где: i_r – индекс рельефа; h – превышения рельефа, м; l – проложения рельефа, м; $f_h(h)$ – плотность распределения превышений рельефа; $f_l(l)$ – плотность распределения проложений рельефа; $M[h]$ – математическое ожидание превышений рельефа, м; $M[l]$ – математическое ожидание проложений рельефа, м.

Преимущества данного подхода заключаются в том, что любую по площадному контуру территорию можно охарактеризовать конкретным вещественным числом с любой точностью, однако возникает проблема имплементации предложенного подхода.

Имплементация подхода комплексной оценки типа рельефа по индексу

В предложенном подходе возникают сложности с набором вариантов по уклонам и по проложениям. Определение способа нахождения уклонов и по проложений зависит от способов формирования исходных данных. Рассмотрим основные из них:

1) исходные данные представлены в виде набора точек, каждая точка имеет код, координаты X, Y и высоту H (рисунок 3):

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
96		2988.062	2880.409	296.970
8		2979.948	2882.908	293.150
272		2969.554	2882.058	294.318
175		2962.565	2892.169	293.735
6		2884.096	2754.444	282.200
8		2815.892	2827.811	283.878
5		2874.379	2755.748	282.200
1		2885.243	2855.973	285.178
9		2828.762	2816.126	279.470
10		2837.037	2798.329	277.465
11		2813.850	2846.134	287.261
3		2894.363	2853.418	286.134
2		2809.826	2805.894	277.740
7		2811.696	2846.195	287.347
4		2852.490	2791.034	282.092
12		2814.926	2815.284	280.131
13		2817.547	2796.360	273.924
14		2820.003	2794.346	274.697
15		2818.631	2794.092	273.720
16		2817.683	2797.645	274.682
17		2793.971	2853.814	287.920
18		2838.657	2832.524	283.464
19		2838.446	2753.878	283.953
20		2977.885	2891.131	296.117
21		2972.851	2873.644	289.263
22		2932.254	2844.969	288.649
23		2875.881	2786.846	283.513
24		2867.002	2857.394	286.970
25		2861.339	2864.094	288.401

Рис. 3. Пример набора точек

Используя эти точки, необходимо выполнить триангуляцию. На данный момент распространена триангуляция Делоне (Скворцов 2002). Алгоритмы триангуляции Делоне широко представлены в сети Internet (<http://algotlist.manual.ru/maths/geom/deluanay.php>).

Далее, имея набор сторон треугольников и высот каждой вершины, можно рассчитать проложения и превышения;

2) исходные данные представлены в виде топографической карты. Мы можем разбить сетку (квадратов или треугольников) на требуемой площади или использовать уже готовую километровую сетку квадратов и в каждом узле определить отметки (рисунок 4). Разность отметок ближайших узлов даст превышения, а проложения будут равны сторонам квадратов (треугольников).

3) необходимо выполнить оценку рельефа местности вдоль существующей дороги или сети дорог.

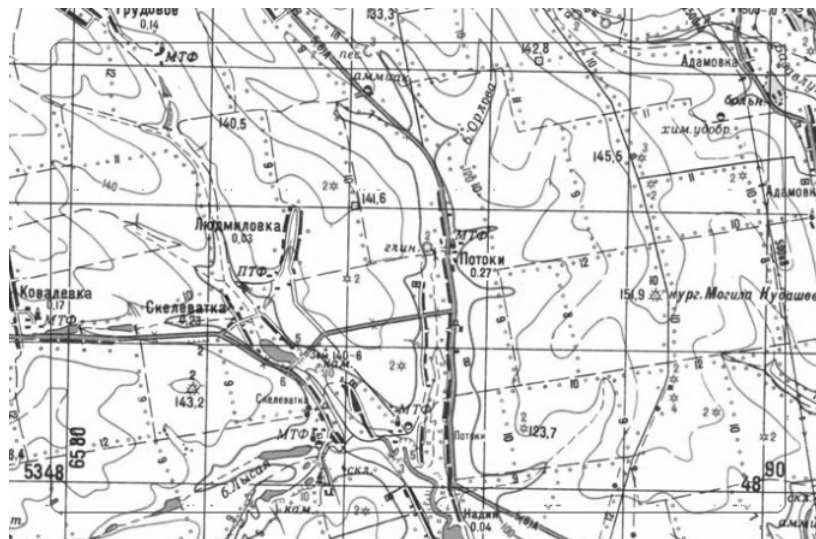


Рис. 4. Пример участка топографической карты

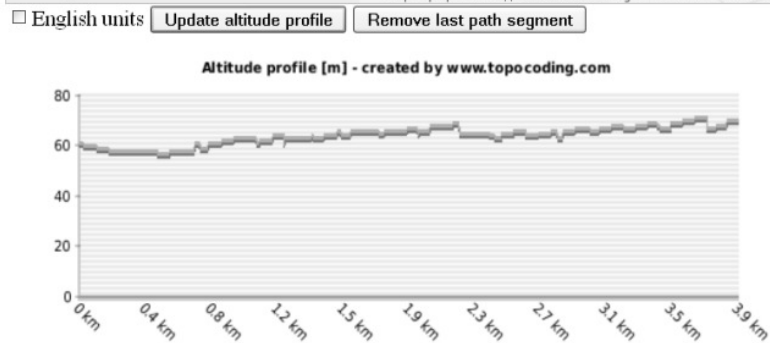


Рис. 5. Пример продольного профиля, полученного на сайте <http://topocoding.com>

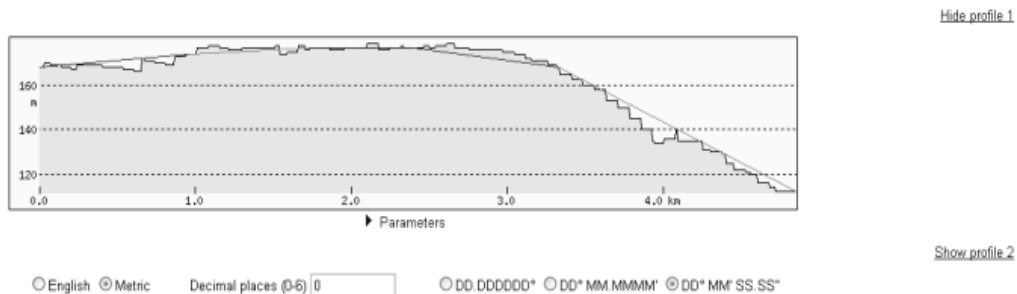




Рис. 6. Пример продольного профиля, полученного на сайте <http://www.heywhatsthat.com/profiler.html>

Самым точным методом будет определение индекса рельефа по существующим продольным профилям. В качестве экспресс-метода целесообразно использовать некоторые Internet-сервисы. Например, сайт <http://topocoding.com> позволяет построить продольный профиль автомобильной дороги с точностью до 1 м (рисунок 5).

Приблизительно тем же функционалом обладает сайт <http://www.heywhatsthat.com/profiler.html> (рисунок 6). Экспресс-методы требуют дополнительной проверки.

Выводы

Та идентификация местности по типу рельефа, которая есть в современных украинских нормативах

на проектирование автомобильных дорог, является не достаточно конкретной и не комплексной. Вместе с тем от идентификации местности по типу рельефа зависит расчётная скорость движения автомобилей, а значит и все остальные геометрические параметры автомобильной дороги, от которых зависит безопасность дорожного движения. Последнее обстоятельство требует пересмотра подходов определения типа рельефа. Для определения типа рельефа целесообразно использовать такой комплексный показатель, как индекс рельефа, в котором целостно охватываются все относительные неровности рельефа соотнесённые в горизонтальной плоскости. В качестве исходных данных для определения индекса рельефа можно использовать триангуляцию Делоне, данные продольных профилей, а также Internet-сервисы.

Литература

- A guide to geometric design. Overseas Road Note 6. Overseas Unit Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne Berkshire United Kingdom, 1998. http://www.transport-links.org/transport_links/filearea/publications/1_702_Microsoft%20Word%20-%20Overseas%20Road%20Note%2006%20edit2.pdf ссылка действительна на 1.04.14 г.
- Lebo, J.; Schelling, D. 2001. Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure. Washington: The World Bank. 98 p. <http://freepaper.ru/104/raschet-integralnyh-pokazatelej-obektov-gosudarstvennoj/284804.1856719.list2.html> ссылка действительна на 1.09.2013 г.
- <http://www.inf.tsu.ru/library/Publications/2002/09.pdf> ссылка действительна на 1.04.14 г.
- <http://algotlist.manual.ru/maths/geom/deluanay.php> ссылка действительна на 1.04.14 г.
- <http://topocoding.com> ссылка действительна на 1.04.14 г.
- <http://www.heywhatsthat.com/profiler.html> ссылка действительна на 1.04.14 г.
- Баранов, А. Р., Маслак, Ю. Г., Ягодинцев, В. И. /под ред. Маслака Ю. Г. 2005. Военная топография в служебно-боевой деятельности оперативных подразделений: Учебник для курсантов и слушателей военных учебных заведений. — М.: Академический Проект. 160 с. («Gaudeamus»). <http://www.allcossacks.ru/knigi/2.pdf> ссылка действительна на 1.04.14 г.
- ДБН В.2.3-4-2007. Автомобільні дороги. К.: Мінрегіонбуд України. 91 с.
- Скворцов, А. В. 2002. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Том. ун-та. 128 с.