

РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ СЛОЖНОСТИ МЕЖДУГОРОДНОГО МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Сайфиев Р.Р., Ганиев Ф.Ф.

Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, 423810, г. Набережные Челны, пр. Мира, д.68/1

e-mail: sai.ramil@mail.ru

поступила в редакцию 8 января 2017 года

Аннотация

В данной работе описывается алгоритм оценивания сложности междугородного маршрута движения автомобиля, который был реализован в среде MATLAB. Разработанная программа позволяет вычислять сложность выбранного маршрута и рассчитывать примерный эксплуатационный расход топлива для выбранной машины на данном маршруте.

Ключевые слова: сложность маршрута, оценка, расход топлива, алгоритм, маршрут.

Введение. Движение на дорогах обычно характеризуется скоростью, интенсивностью, составом транспортного потока, плотностью потока и неравномерностью движения.

Данные характеристики, извилистость дороги и пересеченность продольного профиля сильно влияют на расход топлива и на выброс вредных веществ. Когда автомобиль проезжает извилистые участки дороги, водитель будет вынужден снизить скорость движения автомобиля из соображений безопасности движения и удобства езды. Уклоны продольного профиля тоже ограничивают скорость движения автомобиля из-за предельного использования его динамических характеристик. Считается, что «наиболее безопасной для движения является плавная трасса без резких переломов в плане и профиле» [1].

Влияет на расход топлива также плотность дорожной сети. Высокая плотность дорог дает возможность выбирать наиболее рациональные маршруты движения, способствуя тем самым экономии топлива.

Большая извилистость дороги приводит к увеличению расхода топлива примерно на 10-20%. «Установлено, что при продольном уклоне более 40%, расход топлива возрастает в 2,5 раза для грузовых автомобилей и в 3 раза для легковых. Расход топлива грузового автомобиля по дороге с щебеночным покрытием в 1,65 раза больше чем при движении по асфальтобетонным и цементобетонным дорогам» [2].

Таким образом, задача контроля и прогнозирования расхода топлива является актуальной.

Цели и задачи. Целью данной работы является разработка алгоритма и программного обеспечения для оценки сложности междугородного маршрута движения автомобиля по критерию топливной экономичности.

Исходя из цели, ставим следующие задачи:

- Определить факторы, влияющие на сложность маршрута.
- Разработать алгоритм оценки сложности маршрута.
- Реализовать алгоритм оценки сложности маршрута.

Принятые ограничения. На сложность маршрута влияет множество факторов. К таким факторам можно отнести: пересеченность продольного профиля, микропрофиль, извилистость, качество дорожного покрытия, количество светофоров, ограничения скорости, плотность транспортного потока, дорожные пересечения, аэродинамика, погодные условия, технические проблемы, человеческий фактор, ограничения видимости, пропускная способность дороги и т.д. Но все эти факторы практически невозможно учесть при

математических расчетах. Поэтому в качестве основных было выбрано три фактора, которые больше всего влияют на сложность:

- 1) Пересеченность продольного профиля;
- 2) Извилистость;
- 3) Средняя скорость движения по маршруту.

Исходные данные.

Исходные данные хранятся в двух файлах. В kml файле хранятся значения широты, долготы и высоты (рисунок 1). Эти данные были получены с помощью приложения Google Планета Земля (Google Earth). В Excel файле хранятся сведения о скорости и о возможных остановках: пешеходные переходы и светофоры (рисунок 2). Так же для каждого автомобиля известен контрольный расход топлива.

```
<coordinates>
52.30407436539255, 55.68757660563249, 81.4794205492847
52.30384212933789, 55.68738630771241, 81.59643937636008
52.30360989554361, 55.68719600935405, 81.71344862618805
52.30337766400967, 55.68700571055741, 81.83047116780314
52.30314543473605, 55.68681541132251, 81.94748645935258
```

Рисунок 1. – Исходные данные в kml файле.

Номер участка	Средняя скорость	Длина участка	Количество светофоров	Количество пешеходных переходов
1	35	0.858	1	4
2	15	0.424	2	1
3	49	1.23	1	5
4	15	0.246	0	0
5	50	0.625	0	1
6	45	2.45	1	2
7	60	3.6	0	1

Рисунок 2. – Исходные данные в Excel файле.

Измерение пересеченности продольного профиля.

Учитывая разную степень снижения скорости на подъемах и на спусках, а также влияние длины уклонов и порядка чередования последних, можно рекомендовать следующее выражение для определения пересеченности продольного профиля [3]:

$$P = \overline{\alpha_{\Pi}} \left(1 + \frac{l_{\text{ср.}\Pi}}{l_{\text{ср.}\Pi} + \frac{d}{\alpha_{\text{ср.}\Pi}} - b} \right) + \overline{\alpha_{\text{ср.}\Pi}} \left(1 + \frac{l_{\text{ср.}\text{ср.}}}{l_{\text{ср.}\text{ср.}} + \frac{c}{\alpha_{\text{ср.}\text{ср.}}} - d} \right) \quad (1)$$

где $\overline{\alpha_{\Pi}}$ и $\overline{\alpha_{\text{ср.}\Pi}}$ — математическое ожидание угла подъема и спуска, ‰; а $\alpha'_{\text{ср.}\Pi}$ и $\alpha'_{\text{ср.}\text{ср.}}$ — средний угол подъема и спуска, ‰; $l_{\text{ср.}\Pi}$ и $l_{\text{ср.}\text{ср.}}$ — средняя длина подъема и спуска, м; а, b, c, d — постоянные, учитывающие влияние длины подъемов и спусков (могут быть приняты соответственно 30 000, 100, 21 600, 140).

Математические ожидания углов спуска и подъема $\overline{\alpha_{\Pi}}$ и $\overline{\alpha_{\text{ср.}\Pi}}$ определяются по формуле [3]:

$$\overline{\alpha_{\Pi}} = \frac{\sum_1^n a_i l_i}{\sum_1^n l_i}$$

где a_i и l_i — соответственно уклон и длина спуска (подъема); $\sum_1^n l_i$ — длина маршрута, n — количество спусков (подъемов).

Средние значения углов подъема и спуска определяются по аналогичной формуле при подстановке вместо длины маршрута суммарной длины подъемов и спусков. Средняя длина подъемов и спусков определяется как средняя арифметическая величина. Показатель пересеченности при определении его по формуле (1) изменяется в зависимости от угла уклона.

Измерение извилистости.

Показатель, который будет оценивать извилистость дороги должен учитывать не только угол поворота или отношение длины кривой к ее радиусу, но и величину самого радиуса. Так как разность скоростей при изменении направления движения на один и тот же угол и при разных радиусах ρ_1 и ρ_2 будет равна [3]:

$$\Delta v = \sqrt{g(\mu \mp i)} * (\sqrt{\rho_1} - \sqrt{\rho_2})$$

то показатель извилистости следует определять по формуле [3]:

$$K = \alpha_{\text{пов,уд}} \frac{\sqrt{\rho_0} - \sqrt{\bar{\rho}}}{\sqrt{\rho_0}}, \text{ град/км} \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{пов,уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{i,\text{пов}}}{\sum_{i=1}^n l_i}$ удельный угол поворота, град/км; ρ_0 — радиус, при котором

скорость не снижается (как показывают наблюдения, может быть принят равным 1000-1500 м [3]); $\bar{\rho}$ — математическое ожидание радиуса поворота, которое приближенно можно принимать равным среднему арифметическому значению радиуса, n — количество поворотов.

Показатель извилистости, который определяется по формуле (2), изменяется пропорционально удельному углу поворота $\alpha_{\text{пов,уд}}$. Если взять как $\alpha_{\text{пов,уд}}$ константу, то коэффициент извилистости уменьшается при увеличении $\bar{\rho}$, а при $\bar{\rho} = \rho_0$ равен нулю.

Алгоритм оценки сложности маршрута.

Разработанный алгоритм оценки сложности маршрута выглядит следующим образом:

1. Загрузка входных данных. Входными данными для программы являются: широта, долгота, высота над уровнем моря, сведения о средней скорости на каждом из участков маршрута, количество остановок (светофоры и пешеходные переходы), тормозной путь и время разгона автомобиля.
2. Вычисление дирекционных углов, румб и углов поворота.
3. Вычисление длин участков маршрута.
4. Оценка извилистости маршрута.
5. Вычисление уклона для каждого участка маршрута.
6. Оценка пересеченности продольного профиля.
7. Вычисление средней скорости движения по всему маршруту.
8. Вычисление коэффициента сложности маршрута.
9. Вычисление эксплуатационного расхода топлива.

Программная реализация.

Входные данные для программы хранятся в двух файлах. С помощью программы Google Планета Земля (Google Earth) был построен маршрут и получен массив точек, описывающий профиль маршрута. Для каждой точки получены значения долготы, широты и высоты. Эти

значения хранятся в kml файле. А в Excel файле хранятся сведения о скорости и число возможных остановок. Они были получены с помощью веб-сервиса Яндекс.Карты.

Для вычисления коэффициента сложности была использована следующая формула:

$$K = \frac{3}{\alpha + \gamma + V_{CP}} \quad (3)$$

где α, γ, V_{CP} - нормированные коэффициенты, зависящие от извилистости, скорости потока и пересеченности для выбранного маршрута.

Коэффициент сложности мы вычисляем как отношение суммы коэффициентов извилистости, скорости потока, пересеченности профиля эталонной трассы к сумме коэффициентов для выбранного нами маршрута. В качестве эталонных были взяты условия, когда коэффициенты пересеченности и извилистости равны 0, а средняя скорость движения по маршруту равна 60 км/ч. Для эталонного маршрута все эти коэффициенты принимаем равными 1 и в числителе записываем их сумму т.е. 3.

Для нормирования коэффициентов α, γ, V_{CP} мы определяем разность текущих и наихудших показателей и делим ее на наихудшее значение показателя. Подробнее рассмотрим на примере коэффициента извилистости. Допустим, мы вычислили коэффициент извилистости по формуле (2) и оно получилось равным 163. Для каждого коэффициента существует эталонные (идеальные) и наихудшие условия. Наихудшими условиями с точки зрения извилистости будут условия, когда удельный угол поворота равен 360° . Далее вычисляем α следующим образом:

$$\alpha = \frac{360 - 163}{360} = 0.55.$$

Таким же образом вычисляем оставшиеся коэффициенты γ, V_{CP} .

Для вычисления расхода топлива использовалась следующая формула:

$$Q_{\text{Э}} = K * Q_{\text{К}}.$$

Разработанный алгоритм был реализован в среде MATLAB. Для оценки правильности работы программа была протестирована на примере полигона НАМИ. Результат работы программы показан на рисунке 3.

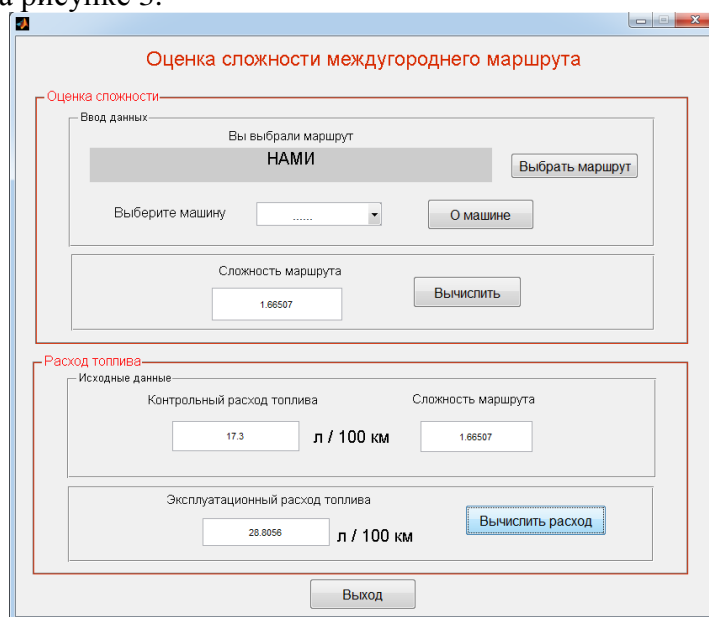


Рисунок 3. - Результаты тестирования.

Для полигона НАМИ мы получили следующие результаты: сложность трассы получилась равной 1.66507, а эксплуатационный расход топлива равен 28.8056 л/100 км. Если сравнить с реальными данными, то разница между вычисленным и реальным эксплуатационным расход топлива составило 1.4 л/100км.

Заключение. Работа программы была протестирована на нескольких примерах. По результатам данных тестов можно сказать, что программа достаточно точно оценивает сложность маршрута и вычисляет эксплуатационный расход топлива.

Данная программа будет полезна для дальнобойщиков, простых автолюбителей и транспортных компаний, так как они смогут оценить сложность выбранного ими маршрута и примерно рассчитать необходимое количество топлива, чтобы добраться до конечного пункта назначения, еще до выхода в путь.

Благодарность. Выражаю особую благодарность нашему преподавателю – кандидату технических наук, доценту кафедры системного анализа и информатики Набережночелнинского института КФУ, Демьянову Дмитрию Николаевичу за помощь в подготовке данной статьи.

Список литературы

- 1) Бабков В.Ф., Могилевич В.М., Некрасов В.К. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. 271 с.
- 2) Болбас М.М., Савич Е.Л. Транспорт и окружающая среда. Мн.: Технопринт, 2003. 262с.
- 3) Нефедов А.Ф., Высочин Л.Н. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей. Львов: Вища школа, 1976. 160 с.