

ФОРМАЛЬНЫЙ АППАРАТ ОЦЕНКИ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Канд. техн. наук, доц. У.Ш. ВАХИДОВ

Статья посвящена проблеме выработки единого критерия оценки опорной и профильной проходимости транспортного средства.

В настоящее время для оценивания степени проходимости вездеходных машин чаще всего применяют соотношение силы тяги, развиваемой двигателем и силы сопротивления перемещению транспортного средства [2]:

$$F_T \geq F_C \text{ или } k = \frac{F_T}{F_C},$$

где k – коэффициент запаса силы тяги.

Таким образом, проходимость машин приравнивалась к опорной проходимости. При этом для определения, например, предельного угла подъема автомобиля к силе сопротивления перемещению транспортного средства добавлялась дополнительная сила, равная $G \sin \alpha$, где G – вес машины, а α – угол преодолеваемого подъема. Профильная же проходимость оценивалась предельным радиусом поворота и углами свеса и длиной машины. В [1] связь параметров профильной и опорной проходимости учитывалась возможностью трогания транспортного средства на предельном угле подъема с минимальным радиусом поворота. Однако, данная методика не учитывает возможности опрокидывания транспортного средства при повороте на максимальной скорости. Поэтому, для обобщающего показателя проходимости машины предлагается принять геометрические и кинематические параметры вездеходного транспортного средства, позволяющие ему выполнить замкнутую фигуру в виде восьмёрки на склоне с заданной крутизной и коэффициентами сцепления и сопротивления движению

Разработка единого критерия, способного связать воедино опорную и профильную проходимость, позволит создать конструкцию машины с рациональным соотношением рассматриваемых параметров. Научно-обоснованные критерии общей оценки проходимости машины, выраженные одним параметром, который может быть назван

обобщённым коэффициентом проходимости F' , позволят создавать конструкции машин, которые смогут выполнять все возложенные на них транспортно-технологические задачи.

Следует отметить, что, природные системы за счет большого количества процессов различного генезиса, формирующих их функционирование, формализуются значительно хуже [3]. Это, в частности, порождает ряд трудностей, для решения которых привычные наработанные приемы оказываются неприемлемыми. Подвижность транспортно-технологических комплексов, если рассматривать её как событие, реализуются в некоей окружающей их внешней среде, воздействуя и изменяя ее. Здесь специально подчеркивается рассмотрение подвижности машин как события, поскольку понятие "событие" есть понятие категорийное, тесно связанное с понятием "системы", и узловое при выяснении логической структуры причинных связей и отношений в материальном мире [3].

Один из подходов к распознаванию проходимости тех или иных участков местности основан на анализе морфометрических характеристик рельефа и опирается на оценивание по следующим критериям:

1. Средняя высота площадки (f).
2. Средний угол наклона склона (α).
3. Микрорельеф (j).

При данном методе необходимо найти некоторый критерий для оценки степени проходимости территории по морфометрическим характеристикам рельефа. Таким образом, общий вид критерия проходимости может быть описан уравнением вида

$$F(S) = k_1 f(S) + k_2 \alpha(S) + k_3 j(S),$$

где S - территория, относительно которой выносится заключение о проходимости, k - весовые коэффициенты, оценивающие влияние каждого из факторов на проходимость транспортного средства.

Средняя высота площадки – весьма существенная величина, так как для обеспечения проходимости транспортного средства важны не только тягово-сцепные свойства, но и развиваемая мощность двигателя, которая падает при увеличении высоты, на которой приходится работать технике. Чем ближе средняя высота площадки к некоторому критическому значению, тем больше вероятность потери проходимости вследствие недостатка мощности, развиваемой двигателем, особенно на тех участках, на которых преодоление препятствий осуществляется за счёт инерции движения машины.

Средний угол наклона учитывается, так как для движения в указанных условиях транспортное средство должно сохранять подвижность и не должно опрокидываться не в родольном ни в поперечном направлении. Большая крутизна склонов (35 - 40° и более) характерна для высокогорных районов, а крутизна склонов менее 20° встречается в низкогорных районах.

В данной работе микрорельеф определяется как дисперсия высот рельефа относительно аппроксимирующей его плоскости. Данный выбор обусловлен тем, что дисперсия хорошо оценивает степень отличия рельефа от идеальной плоскости.

Средняя высота вычисляется по формуле:

$$f = \frac{\sum z(x, y)}{n},$$

где $z(x, y)$ - высота рельефа в точке (x, y) , n — количество точек.

Для расчета среднего угла наклона α и микрорельефа (j) необходима аппроксимация рельефа к плоскости. Аппроксимация производится методом наименьших квадратов. Исходные данные задаются в виде матрицы высот, поэтому плоскость для удобства дальнейших расчётов задаётся уравнением $z = ax + by + d$. Тогда среднеквадратичное отклонение действительного рельефа в рассматриваемой точке может быть определено из уравнения:

$$j = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(ax + by + d - z(x, y))^2}}{n}.$$

Угол наклона аппроксимированной площадки к плоскости $z(x, y) = 0$ может быть определён из выражений:

$$\cos \alpha = \frac{a \cdot 0 + b \cdot 0 + d}{\sqrt{a^2 + b^2 + d^2} \sqrt{0 + 0 + d}} = \left(\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + d^2}} \right)$$

$$\text{или: } \alpha = \arccos \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + d^2}}$$

Критерием сохранения подвижности машины в рассматриваемой местности может служить выполнение условия:

$$F(S) \leq F'.$$

Так как процессы взаимодействия движителей транспортных средств сильно зависят от состояния опорной поверхности следует сделать вывод о том, что значения F' будут различны для заснеженной, влажной и сухой поверхности.

Очевидно, что для использования в критерии полученных характеристик необходимо их нормирование. Требуется нормировка показателей, переводящая их в безразмерные величины: тогда измерение близости объектов становится оправданным. Нормировка представляет собой переход к некоторому единообразному описанию для всех признаков, к введению новой условной единицы измерения, допускающей формальные сопоставления объектов.

В целом данный подход можно успешно использовать для первоначальной обработки картографического материала в целях отсеивания ярко выраженных непроходимых участков территории для последующего анализа оставшейся части. При этом зачастую, отпадает необходимость анализа большей части первоначальных данных, когда происходит обработка цифровой модели (массива заполненным, для простоты восприятия, числовыми кодами высот данного участка) отдельной горной территории, с целью определения наличия структур, которые могут выполнять в частности, функции непроходимых участков.

Для определения параметров проходимости нормирование заключается в сопоставлении характеристик табличным значениям, полученным на основании больших статистических исследований. Так как данных для таких исследований пока недостаточно применён следующий эмпирический подход:

Средняя высота площадки f нормализуется по формуле:

$$f_H = 1 - \frac{1}{\frac{f}{f_{\max}} + 1},$$

где f_{\max} – значение максимально-возможной высоты на рассматриваемой территории.

Средний угол наклона площадки α нормализуется по формуле:

$$\alpha_H = 1 - \frac{1}{\frac{\alpha}{\alpha_{\max}} + 1},$$

где α_{\max} – значение максимально-возможного угла наклона поверхности на рассматриваемой территории.

Нормализацию дисперсии высот рельефа относительно аппроксимирующей плоскости принято осуществлять по формуле:

$$j_H = 1 - \frac{1}{\frac{j}{j_{\max}} + 1},$$

где j_{\max} – значение максимально-возможной высоты на рассматриваемой территории.

Тогда критерий проходимости на рассматриваемом участке примет вид:

$$F(S) = k_1 \left(1 - \frac{1}{\frac{f(S)}{f_{\max}} + 1}\right) + k_2 \left(1 - \frac{1}{\frac{\alpha(S)}{\alpha_{\max}} + 1}\right) + k_3 \left(1 - \frac{1}{\frac{j(S)}{j_{\max}} + 1}\right).$$

При этом величины коэффициентов пропорциональности будут зависеть от величин высоты, наклона и рельефа следующим образом:

$$k_1 = \frac{A \cdot f(S)}{\varphi}$$

$$k_2 = \frac{\sin \alpha(S)}{\varphi},$$

$$k_3 = \frac{\sin j(S)}{\varphi}$$

где A – переводной коэффициент, равный $6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, а φ – коэффициент сцепления движителя с опорным основанием.

С учётом изложенного, уравнение проходимости территории примет вид:

$$F(S) = \frac{\left[Af(S) \left(1 - \frac{1}{\frac{f(S)}{f_{\max}} + 1}\right) + \sin \alpha(S) \left(1 - \frac{1}{\frac{\alpha(S)}{\alpha_{\max}} + 1}\right) + \sin j(S)(T) \left(1 - \frac{1}{\frac{j(S)(T)}{j_{\max}(T)} + 1}\right) \right]}{\varphi(T)}$$

Выражение зависимости коэффициента сцепления и микрорельефа от времени показывают, что проходимость рассматриваемой территории может изменяться в зависимости от действия погодных условий.

То есть транспортное средство, предназначенное для работы в рассматриваемой местности, должно выполнять восьмёрку на склоне, расположенном под углом α к горизонту, поверхность которого обеспечивает требуемую величину коэффициента сцепления с движителем φ , при этом минимальный радиус поворота R должен составлять величину равную $1/j$, где размерность дисперсии – радианы. При этом скорость движе-

ния должна обеспечивать возможность преодоления склона, расположенного под углом α_{\max} к горизонту, высота которого должна составлять $2/j$ за счёт силы инерции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авотин Е.В., Болховитинов И.С., Кемурджиан А.А., Маленков М.И., Шпак Ф.П. Динамика планетохода. – М.: Машиностроение, 1979. 440с.
2. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. - М.: Машиностроение, 1981. – 227 с.
3. Анисимов Д.А. Методы автоматизированного оценивания природной опасности территории (на примерах некоторых горных районов Северного Кавказа). дисс. на соискание уч. ст. канд. географ. наук по специальности 25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов. Нальчик, 2004г
4. Закономерности развития сложных систем (под ред. К.О. Кратца и Э.Н. Елисеева) - Л: Наука, 1980 г