

Количественные оценки сочетания автомобильной дороги с рельефом

В. А. Маркианов¹

Петрозаводский государственный университет

Автомобильная дорога должна отвечать не только транспортно-эксплуатационным, но и эстетическим требованиям. Являясь искусственной частью ландшафта она должна гармонизировать, сочетаться с сложившейся природной обстановкой. Существующие методы оценки эстетического качества дороги строились лишь на ряде рекомендаций, полученных в результате анализа наиболее удачных проектных решений, и касались лишь взаимного сочетания геометрических параметров плана и продольного профиля. Предложенные ранее количественные оценки основывались, как правило, на анализе кривизны перспективного изображения бровок дороги или ее оси. В статье рассмотрена методика комплексной количественной оценки сочетания автомобильной дороги с рельефом местности как целостной системы. Предложены численные параметры оценки степени изменения ландшафта после строительства дороги, дана динамическая оценка изменения обстановки по мере движения наблюдателя.

Ключевые слова: ландшафт, рельеф, автомобильная дорога, план, продольный профиль, количество информации, теория информации.

СОДЕРЖАНИЕ

В нашей стране и за рубежом большое внимание при проектировании автомобильных дорог уделяется гармоничному сочетанию дороги и элементов ландшафта. Дорога должна удовлетворять не только транспортно - эксплуатационным требованиям, но и обладать определенным эстетическим качеством. Известно, что неудачное положение трассы на местности сказывается на психофизиологическом состоянии водителя, а следовательно, и на безопасности движения. Эмпирически установленные рекомендации по согласованию взаимного положения элементов дороги с формами ландшафта не выражены в количественных показателях. Поэтому актуален вопрос о создании методики количественной оценки степени сочетания автомобильной дороги и ландшафта. Количественные показатели позволят исключить участие эксперта в оценке, сократить время анализа и улучшить качество проекта за счет многовариантной проработки технических решений.

На основе анализа ранее предложенных методов были сформулированы общие требования к методике

количественной оценки сочетания дороги и ландшафта:

1. Методика должна базироваться на анализе перспективного изображения участка местности как наиболее достоверного отображения окружающего мира.
2. Оценка должна производиться автоматически, без участия человека.
3. Исходной информацией должны быть цифровая модель местности и геометрические параметры элементов дороги. Величина оценки не должна зависеть от типа цифровой модели местности, лишь детальность представления рельефа должна влиять на ее точность.
4. Необходимо дать динамическую оценку смены обстановки по мере движения автомобиля.

Предлагаемая методика позволяет использовать цифровую модель местности любого типа, что делает возможным ее использование в системах автоматизированного проектирования автомобильных дорог. Результаты исследований использованы при проектировании ряда автомобильных дорог в Республике Карелия.

Предлагаемый метод строится на анализе степени изменения перспективного изображения рельефа местности, возникшей в результате перспективных преобразований. Под степенью изменения структуры изображения следует считать количество информации, но не в классическом, вероятностном ее понимании, а в трактовке, предложенной академиком А. Н. Колмогоровым, - так называемый "алгоритмический подход". В таком представлении под величиной p_i (вероятностью) следует понимать любое относительное изменение, степень различия одной величины относительно другой. Таким образом, под значением H следует понимать сложность перехода из одного состояния в другое, оцениваемое как длина программы преобразования.

По изменению размеров перспективных изображений клеток можно судить о реальных формах объекта. Чем мельче сетка, тем выше точность описания объекта. Поэтому в качестве параметра, характеризующего изменение структуры системы, предлагается считать площадь перспективной проекции клеток сети цифровой модели местности (ЦММ). Количественной мерой изменения следует считать величину количества информации

$$H = \sum_1^N R_i \cdot p_i \cdot |\log_2 p_i|, \quad (1)$$

$$\text{где: } p_i = \frac{S_i}{S_{cp}};$$

S_i - площадь проекции i -й клетки сети ЦММ;
 $S_{cp} = \text{const}$ - площадь сравнения;

¹ Автор - доцент кафедры промышленного транспорта и геодезии
 © В. А. Маркианов, 1999

R_i - площадь горизонтальной проекции клетки.

Чем выше значение H , тем меньше степень искажения форм рельефа, меньше контрастность в изображении клеток сети ЦММ. Анализируются только видимые участки изображения. В качестве $S_{ср}$, характеристики множества значений изучаемого параметра (площадей перспективного изображения клеток сети), следует считать удвоенное значение

сгладила формы рельефа. И наоборот, если $\Delta H < 0$, то дорога "испортила" изображение ландшафта, не вписалась в его формы (негармоничное сочетание).

$$\Delta H = H_{(p+d)} - H_{(p)}, \quad (2)$$

где: $H_{(p+d)}$ - оценивается дорога и рельеф;

$H_{(p)}$ - оценивается только рельеф (до строительства дороги).

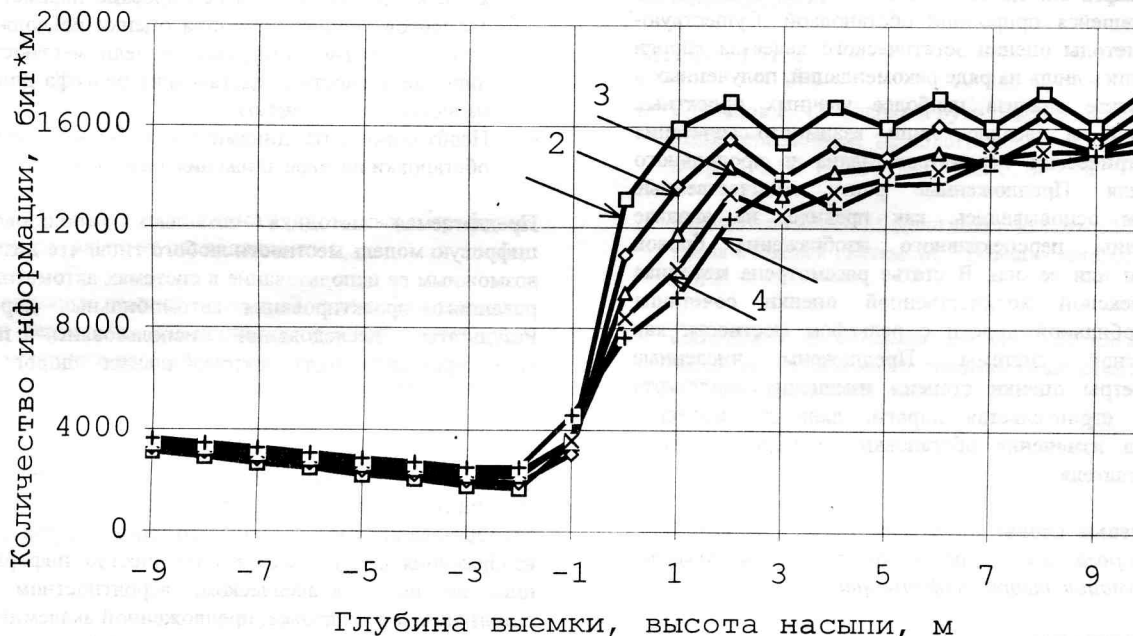


Рис. 1. Изменение количества информации при переходе из выемки в насыпь, цифры на кривых - высота холма: 1-2; 2-4; 3-6; 4-8; 5-10, м

координаты центра тяжести фигуры распределения значений S_i .

Единственным параметром, от которого зависит значение H , является площадь клеток. Форма клеток не влияет на величину количества информации, поэтому методика может работать с ЦММ любого типа, как регулярными, так и нерегулярными. Расчеты показали, что точность вычислений зависит только от размеров клеток, длины и ширины анализируемого участка местности. Величина H вычисляется как объем фигуры, очертания которой в плане соответствуют очертаниям полосы анализируемого участка, а значения по оси аппликат являются значениями h_i для соответствующих клеток сети.

Положение наблюдателя в плане при оценке изображения только одного рельефа принимается таким же, что и при оценке рельефа вместе с дорогой, разница лишь в высоте глаз наблюдателя (равна высоте насыпи или глубине выемки в точке его стояния). Если $\Delta H > 0$, то дорога своим положением

Величина H является характеристикой статического изображения, полученного с определенной точки зрения наблюдателя. Параметром, отражающим изменение обстановки по мере движения, является скорость изменения количества информации за единицу времени:

$$\Delta J = \frac{H(t + \Delta t) - H(t)}{\Delta t} \quad (3)$$

Эта величина характеризует неожиданность, внезапность смены обстановки и должна сказываться на эмоциональном состоянии человека. Она коррелирует с характеристиками психофизиологического состояния человека (кожно-гальваническая реакция, частота сердцебиения и т. д.).

На основе предложенной методики разработана программа для компьютера, с помощью которой проводились эксперименты по выявлению оптимального диапазона изменения величин H , ΔH , $J(t)$. Определены оптимальные размеры анализируе-

мого участка, обеспечивающие погрешность не более 5%, составляющие 1200 м по длине (от наблюдателя) и 200 м по ширине (по 100 метров в обе стороны от оси дороги или направления луча зрения).

В процессе изучения влияния размеров клеток цифровой модели местности было установлено, что наибольшую точность обеспечивают регулярные

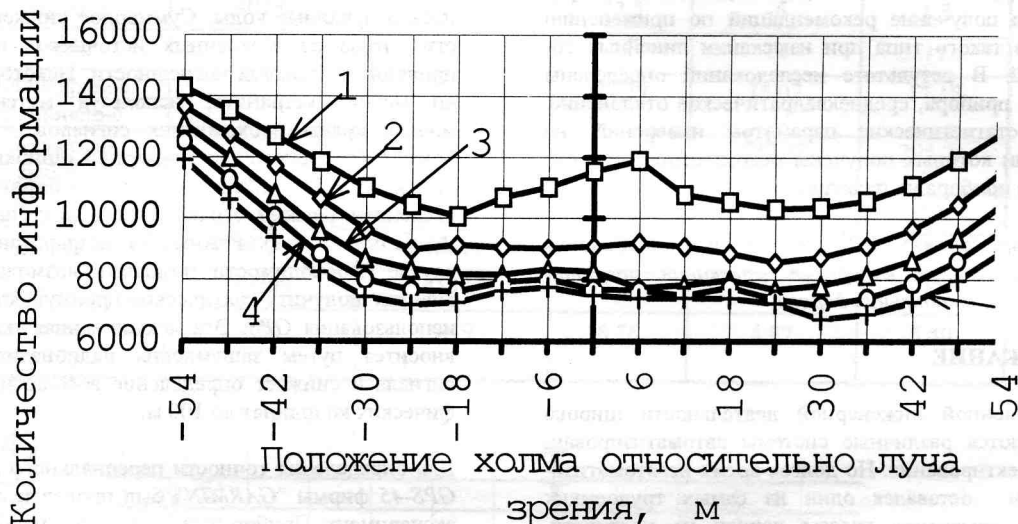


Рис. 2. Влияние положения дороги относительно холма на величину количества информации, середине холма соответствует значение 0 на горизонтальной оси графика, цифры на кривых - высота холма: 1-2; 2-4; 3-6; 4-8; 5-10, м

модели, нежели статистические. При прочих равных условиях точность вычисления H для регулярных сеток выше на 7-10%. Оказалось, что на точность вычислений влияет ориентация клеток сети относительно направления луча зрения. Наибольшая точность достигается, когда направление одной из сторон клетки совпадает с направлением луча зрения. Наиболее оптимальными являются размеры клетки 1×10 м (1 м в поперечном направлении, 10 метров в направлении, параллельном лучу зрения). На основании проведенных экспериментов можно отметить, что только детальность представления форм рельефа (т. е. размеры клеток) влияет на точность вычислений, а не их форма.

На основании результатов опроса экспертов установлены оптимальные значения исследуемых параметров:

$H < 8\,500$ бит·м² - отсутствие зрительной ясности, плавности дороги, дорога не гармонирует с рельефом (глубокая выемка, резкий поворот);

$8\,500 < H < 12\,400$ бит·м² - область оптимальных значений (дорога гармонирует с рельефом, обеспечена видимость, зрительная и психологическая

ясность, плавность трассы, гармоничное сочетание, дорога "вписалась" в рельеф);

$H > 12\,400$ бит·м² - слишком открытая местность, отсутствие невидимых участков, однообразная, близкая к гомогенной зрительная обстановка (ровная местность).

Для динамической характеристики считается, что если $J(t)$ выше $1\,500$ бит·м²/с, то смена обстановки

расценивается как неожиданная, внезапная. Оптимальной считается ситуация со скоростью изменения количества информации от 200 бит·м²/с до $1\,500$ бит·м²/с.

Следует считать, что дорога не сильно изменила рельеф, если:

$$|\Delta H| < 2\,100 \text{ бит·м}^2.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Буслаев А. П., Маркианов В. А. К математической постановке задачи об оптимальном проектировании дорог // Оптимизационные методы в задачах автомобильного транспорта: Сб. тр. / МАДИ М., 1990. С. 33-40.
2. Маркианов В. А. Количественные меры оценки зрительного восприятия ландшафта // Автомобильные дороги. 1993. № 7. С. 12-14.
3. Маркианов В. А. К вопросу обоснования метода количественной оценки сочетания автомобильной дороги и элементов ландшафта // Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог: Сб. тр. / МАДИ. М., 1995. С. 76-80.