

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

The basic problems of visual diagnostics of roads are considered in the article. The use of Fuzzy Sets for visual diagnostics is offered in the article .

При выполнении диагностики автомобильных дорог принято выделять два вида работ: инструментальное обследование и визуальное обследование.

При инструментальном обследовании выполняются измерения ровности, прочности, показателей, характеризующих сцепные качества покрытия. Прогресс в области электроники и измерительной техники привел к тому, что инструментальные измерения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги становятся все более точными. Для измерения ровности, шероховатости, а в последнее время и прочности используется лазерная техника, позволяющая достичь высокой производительности работ.

Совершенно другая ситуация имеет место в случае с визуальным обследованием. Обследование выполняется в процессе движения: пешком или из автомобиля, перемещающегося с небольшой скоростью. При визуальном обследовании, как следует из названия этого вида работ, состояние покрытия оценивается визуально. То есть определяется наличие на покрытии дефектов различного вида и также визуально определяется их объем: длина трещин и колеи, площадь выбоин, заплат, сетки трещин и т. д.

При кажущейся простоте визуальное обследование является сложным и трудным для выполнения видом работ. Сложным является в ряде случаев отнесение дефекта к той или иной группе по классификатору. А трудность работы состоит в необходимости определять объем дефектов. Если определение объема линейного дефекта не составляет особого труда, то при определении объема площадного дефекта следует выполнить в уме математическое действие умножения. Если такие дефекты встречаются на покрытии достаточно часто, необходимость постоянного умножения приводит к быстрому утомлению мыслительного аппарата. В итоге скорость реакции у выполняющего обследование снижается, появляется стремление округлять все объемы до 5 или 10, точность определения объемов резко уменьшается. Все это ведет к тому, что результаты визуального обследования называют субъективными и неточными. Для преодоления недостатков визуального обследования в последние годы появляются различные высокотехнологичные разработки, в основе которых лежит

использование цифровой видеосъемки, компьютерный анализ видеоизображения и автоматическое или полуавтоматическое определение дефектов и их объемов. В качестве примера можно назвать немецкую лабораторию ARGUS, датскую VIDEOCAR. Их использование позволяет говорить о переходе такого обследования из разряда визуального в разряд инструментального.

Не следует, однако, забывать, что диагностика не заканчивается выполнением обследований. После них следует оценка состояния покрытия и принятие решения о необходимости и видах ремонтных работ. На этой стадии также имеются сложности, связанные с визуальным обследованием. Если при обработке и оценке результатов инструментального обследования мы имеем дело только с одним показателем, то в случае с визуальным обследованием приходится иметь дело с множеством видов дефектов. Так, в настоящее время в Республике Беларусь принято различать 10 видов дефектов асфальтобетонного покрытия. При этом ряд дефектов, встречающихся не часто, в классификаторе просто опущен. Характеристика покрытия десятью различными показателями является громоздкой и неудобной. Для решения проблемы вводится понятие дефектности, которая представляет собой выраженное в процентах отношение поврежденной площади покрытия к общей площади покрытия на участке. Решение о виде ремонтных работ принимается в зависимости от величины дефектности. Так, для дороги II категории при дефектности покрытия более 3% необходимо выполнять поверхностную обработку, а при дефектности более 5% – устройство верхнего слоя покрытия.

Работа с одним показателем вместо 10 различных значительно удобнее, однако показатель дефектности обладает рядом серьезных недостатков. Неопределенным является способ перехода от дефектов линейного характера к площади дефекта. При таком переходе выполняется умножение длины дефекта на ширину зоны влияния. Вопрос о ширине этой зоны является открытым. Другой неопределенностью является неравнозначность отдельных дефектов. Так, при наличии на участке дороги II категории длиной 1 км 100 трещин на всю ширину покрытия при ширине зоны влияния 0,5 м дефектность составит 5%. При наличии на та-

ком же участке 200 выбоин площадью 1 м² каждая дефектность составит всего 2,6%. Если подходить формально, то состояние первого участка хуже. Однако по первому участку вполне можно ездить, не снижая скорости, а второй является практически непроезжаемым. Но если осмотреть оба участка визуально, легко сказать, что состояние второго участка хуже, и он нуждается в немедленном ремонте. Попытки преодолеть подобные недостатки очень быстро приведут к необходимости использовать сложные и громоздкие алгоритмы при оценке состояния. При этом имеет место парадокс: специалист осматривает участок дороги и почти со стопроцентной правильностью результата говорит о его состоянии и о необходимом виде ремонта, а при диагностике участка необходимо выполнить обследование, затем анализ по сложному алгоритму, а в итоге правильность результата остается сомнительной.

Объяснение парадокса связано с учетом особенностей человеческого мышления. По своей природе любая оценка является приближением. Во многих случаях достаточна весьма приближенная характеристика набора данных, поскольку в большинстве основных задач, решаемых человеком, не требуется высокая точность. Человеческий мозг использует допустимость такой неточности, кодируя информацию, «достаточную для решения» элементами нечетких множеств, которые лишь приближенно описывают исходные данные. Поток информации, поступающий в мозг через органы зрения, слуха и осязания суживается, таким образом, в тонкую струйку информации, необходимой для решения поставленной задачи с минимальной степенью точности. Если в процессе визуального обследования состояния покрытия будет поставлена задача не определять объемы отдельных дефектов, а давать оценку состояния покрытия в целом по некоторой качественной шкале, то мы будем иметь дело со своеобразным «черным ящиком», на вход которого поступает визуальная информация, а на выходе появляется качественная оценка. Способ обработки информации внутри «черного ящика» неизвестен, мы можем только делать предположения об алгоритмах обработки.

Способность оперировать нечеткими множествами и вытекающая из нее способность оценивать информацию является одним из наиболее ценных качеств человеческого разума, которое фундаментальным образом отличает человеческий разум от так называемого машинного разума.

Логично задаться вопросом: стоит ли навязывать при визуальном обследовании человеку задачу определения объема дефекта, с которой, как заранее известно, он не способен справиться хорошо, или поручить ему задачу качествен-

ной оценки, с которой он способен справиться лучше компьютера?

Ответ на вопрос зависит от способа использования информации визуальной диагностики. Существует два основных направления ее применения. В первом случае значения отдельных дефектов используются для прогнозирования ровности и назначения ремонтов на основании этого показателя. Примером могут служить прогнозные модели HDM. В некоторых случаях количественное значение конкретного дефекта учитывается при определении вида ремонта.

Во втором случае прогноз ровности осуществляется как функция времени, а данные визуального обследования используются как вспомогательные, уточняющие, например, после пересчета их в показатель дефектности. При таком использовании данных не существует каких-либо весомых аргументов в пользу предпочтения применения количественного показателя «дефектность» и отказа от качественной оценки. Однако качественная оценка чаще всего встречает негативное отношение со стороны специалистов-дорожников. Объяснить такую ситуацию можно следующим. Принципы научного мышления и инженерной деятельности понимание любого явления отождествляют с возможностью его количественного анализа [1]. Кажущаяся несовместимость количественного и качественного анализа ведет к тому, что последний признается ненаучным, несовместимым с инженерной практикой. Определение «кажущаяся» употреблено здесь не случайно. Еще в начале 70-х годов прошлого века появились научные работы, открывшие самые широкие возможности по оперированию качественными характеристиками так же, как это можно делать с обычными числовыми переменными [1]. Все они связаны с именем американского математика Лотфи Заде и предложенной им концепцией лингвистической переменной. К сожалению, эти работы остались в свое время незамеченными дорожной наукой.

Применительно к визуальной диагностике покрытия понятие лингвистической переменной можно пояснить следующим образом. Говоря о состоянии покрытия можно сказать, что оно «хорошее», а можно сказать, что дефектность покрытия 2%. В этом смысле слово «хорошее» можно рассматривать как лингвистическое значение переменной «состояние», имея в виду, что лингвистическое значение играет такую же роль, как и численное значение 2, но является менее точным и, следовательно, менее информативным. То же самое можно сказать о лингвистических значениях «очень хорошее», «не очень хорошее», «плохое», «очень плохое» и т. д., если их сопоставить с численными значениями 1%, 4%, 20%, 60%.

Совокупность значений лингвистической переменной составляет терм-множество этой

переменной. Это множество может иметь сколь угодно большое число элементов. Например, терм-множество лингвистической переменной «состояние» можно записать:

$S(\text{Состояние}) = \text{очень хорошее} + \text{хорошее} + \text{не очень хорошее} + \text{не хорошее и не плохое} + \dots + \text{«плохое»} + \text{«очень плохое»} + \text{«очень-очень плохое»} + \dots$

В случае лингвистической переменной «Состояние» числовая переменная «состояние», принимающая значения дефектности 0, 1, 2, 3...100, является базовой переменной лингвистической переменной «состояние». В этом случае лингвистическое значение «хорошее» можно интерпретировать как название нечеткого ограничения на значения базовой переменной. Это ограничение и является смыслом лингвистического значения «хорошее».

Нечеткое ограничение на значения базовой переменной характеризуется функцией совместимости, которая каждому значению базовой переменной ставит в соответствие число из интервала $[0, 1]$, отражающее совместимость этого значения с нечетким ограничением. Например, значения функции совместимости численных значений переменной «состояние» 2, 4, 6 с нечетким ограничением «хорошее» могут быть 1; 0,7; 0,2 соответственно, что можно представить кривой, являющейся графиком функции совместимости лингвистического значения «хорошее» относительно базовой переменной «состояние» (рисунок)

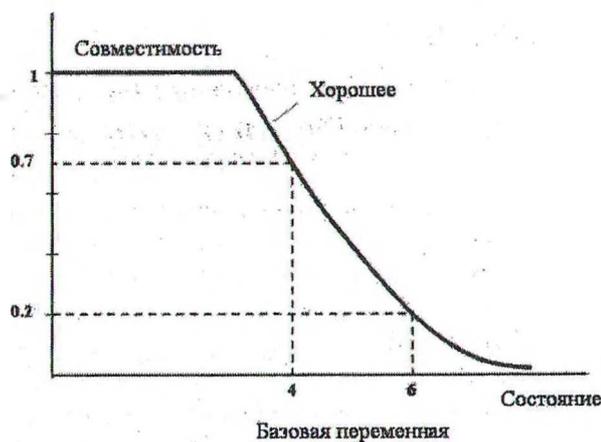


Рисунок. Функция совместимости для значения «хорошее»

Благодаря изложенному подходу большая часть существующего математического аппарата, применяющаяся для анализа систем, может быть приспособлена к лингвистическим переменным. Это открывает возможности по развитию исчисления лингвистических переменных в диагностике автомобильных дорог, что позволит поднять на новый уровень визуальную оценку состояния покрытия.

Литература

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 161 с.