

УДК 656.13.08

А.В. Косолапов

## ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЕМОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ, НА ПРИМЕРЕ СТОЛКНОВЕНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ

В последние годы многими автомобильстроительными корпорациями все более широко внедряются в практику управления серийным автомобилем различные электронные системы, повышающие как активную, так и пассивную безопасность автомобиля. Совокупность таких систем (а также и обеспечивающую инфраструктуру) все чаще называют интеллектуальными транспортными системами (ИТС). В качестве многочисленных примеров можно привести такие устройства, как ACC (Adaptive Cruise Control), ASR (Anti Slip Regulation), DSC (Dynamic Stability Control), ESP (Electronic Stability Program) и ряд других постоянно анонсируемых систем [1].

Способность оценивать безопасное воздействие таких новых систем на организацию дорожного движения - важная часть развития ИТС. Одной из целей программы ИТС должна стать разработка методологии такой оценки. Сжатое определение этой цели является утверждением о том, что системы или стандарты выполнения этих систем должны "соответствовать потребности в безопасности автомобиля". Смысл этого утверждения состоит в нахождении скорейшего пути, с помощью которого можно применить две части этой фразы к любой методологии оценки безопасности. Первая часть является идентификацией "потребности", а вторая часть – определение уровня исполнения и насколько хорошо этот уровень "обеспечивает" потребность.

По мнению американских исследователей [2], отправными точками для оценки безопасного воздействия любой ИТС служат следующие вопросы .

1. Водители будут управлять автомобилями более надежно и безопасно при наличии какой-либо усовершенствованной системы, чем без нее?

2. Транспортные средства, оборудованные системой, совершают меньшее количество, например, столкновений, чем транспортные средства без такой системы?

3. Если все транспортные средства были бы оборудованы системой, привело бы это к уменьшению общего числа столкновений и, связанных со столкновениями, повреждений?

Третий вопрос является фундаментальным вопросом о работе, например, систем предупреждения / предотвращения столкновения автомобилей (например, Collision Avoidance System - система предотвращения столкновения) и других систем, которые влияют на безопасность движения. Поскольку столкновения автомобилей занимают в статистике ДТП значительную часть (до 30%), то системы предупреждения / предотвращения такого вида прошествий имеют определенную актуальность и на их примере построены в данном случае все рассуждения. Однако, часто статистические данные, необходимые для непосредственного ответа на этот вопрос, труднодоступны или их невозможно получить без проверки работы полностью развернутых на практике систем.

Второй вопрос относится, в основном, к эксплуатационным натурным испытаниям.

Связь между вопросами 1 и 3 можно выразить в следующем выражении для эффективности любой системы безопасности:

$$E = \frac{N_{bc} - N_{cc}}{N_{bc}}, \quad (1)$$

где  $E$  - оценка эффективности помощи системы;  $N_{bc}$  - число столкновений, которые произошли, когда никакие транспортные средства не были оборудованы системами, предотвращающими ДТП;  $N_{cc}$  - число столкновений, которые произошли бы, если все транспортные средства были оборудованы системами, предотвращающими ДТП.

Если оценка эффективности существует для системы, то выражение для прогноза числа столкновений, которые произошли бы если все транспортные средства были оборудованы системой (ответ на вопрос №3) может быть получен при преобразовании уравнения (1) следующим способом:

$$N_{cc} = N_{bc}(1-E). \quad (2)$$

Процесс оценки воздействия потенциальных систем предотвращения столкновений включает в себя два этапа. Первый состоит в оценке эффективности системы в отношении устранения или снижения серьезности последствий определенных видов столкновений.

С другой стороны, число столкновений  $N$  может быть выражено как величина условной вероятности того, что столкновение произойдет при условии, что число возможностей избежать ДТП является конечным. Если число таких возможностей обозначить как  $M$ , а вероятность реакции на возможность ДТП в том случае, при котором столкновение неизбежно, обозначить  $P$ , то

$$N = P \cdot M, \quad (3)$$

где элементы  $M$  и  $P$  относятся к конкретным ситуациям и являются возможностью и вероятностью столкновения для каждой ситуации соответственно.

Если  $N$  выражено в вероятностной форме и  $P$  используется, чтобы обозначить вероятность столкновений при отсутствии системы, а  $R$  используется, чтобы обозначить вероятность столкновения когда система присутствует, то тогда эффективность системы  $E$  может быть оценена, заменяя соответствующие оценки числа столкновений в уравнении (1), в виде:

$$E = (P - R) / M / (PM). \quad (4)$$

Если доступны данные по статистике аварийности, то выражение для эффективности может быть записано как

$$E = (P \cdot M) / M / N_{bc} \quad (5)$$

Расширение этого подхода базируется на постулате, что существует соотношение между числом сближений или опасных положений автомобиля, которые происходят для данной дорожно-транспортной ситуации, и вероятностью того, что фактически произойдет столкновение в этой ситуации. Если этот постулат верный, то это предполагает использование данных, полученных в условиях менее опасных состояний испытаний и нормальных условий движения для того, чтобы оценивать эффективность системы. Этот подход ведет к изучению связи между вероятностью сближений и вероятностью столкновений.

Если  $L$  - матрица связей между вероятностью сближений и вероятностью столкновений, то тогда или  $P$ , или  $R$  могут быть выражены как результат следующего матричного умножения:

$$P = L \cdot V \quad (6)$$

и

$$R = L \cdot W \quad (7)$$

где  $V$  – вероятность сближений,  $W$  – вероятность сближений в присутствии системы.

С введением понятия соотношения между сближениями и фактическими столкновениями выражение для эффективности системы может быть записано как

$$E = L(V - W) \cdot M / L \cdot V \cdot M \quad (8)$$

или, если данные о ДТП доступны,

$$E = L(V - W) \cdot M / N_{bc} \quad (9)$$

Из уравнений (4), (5) и (9) можно сделать вывод, что оценка эффективности системы влечет за собой объединение и изучение нескольких элементов.

Такими элементами являются:

- относительная вероятность столкновения  $P - R$ ;
- относительная вероятность сближения  $V - W$ ;
- соотношение  $L$  между сближениями и столкновениями;
- распределение возмож-

ностей столкновения  $M$ ;

- число столкновений  $N_{bc}$ .

Таким образом, использование технологий ИТС может обеспечить не только абсолютное снижение аварийности дорожного движения, но и способствовать каждому водителю избегать столкновений (или других видов ДТП в общем виде) за счет автономного вмешательства в процесс управления автомобилем без участия самого водителя. Причем для количественной оценки эффективности воздействия таких систем необходимо располагать ограниченным набором данных. Часть из них представляет собой статистические (а значит относительно доступные) данные, часть относится к вероятностной оценке дорожно-транспортной ситуации, а значит может изучаться при помощи методов имитационного моделирования. Предлагаемая методика как раз и направлена на создание математической модели таких оценок влияния и воздействия любых систем, неизбежно внедряющихся в управление как отдельными автомобилями, так и транспортными потоками на улично-дорожных сетях при любых видах дорожно-транспортных ситуаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толковый словарь англо-русских автомобильных терминов методические указания для специальностей 150200, 240100.03 и 240400 “Эксплуатация автомобильного транспорта”, “Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)” и “Организация дорожного движения” всех форм обучения. Сост. Л.А. Бердюгина, А.Ю. Бахмутский, А.В. Косолапов, В.Л. Жданов. Кемерово: КузГТУ, 2004 г. - 35 с.
2. Safety Evaluation of Intelligent Transportation Systems. Workshop Proceedings. Reston Virginia. May 1-2, 1995, p. 61-77

Автор статьи:

Косолапов

Андрей Валентинович

– канд.техн. наук, доц. каф. «Автомобильные перевозки»