

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

### **Введение**

Темпы возрастания числа транспортных средств привели к резкому несоответствию пропускной способности автомобильных дорог к реальным нуждам. Сложившаяся ситуация в мире заставляет многих автолюбителей задуматься не только над проблемами сохранения целостности своего транспортного средства, но и о сохранности своей жизни.

Проблемы дорожного движения в Киеве не отличаются от проблем других мегаполисов – это многочасовые заторы, большое число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и загрязнение окружающей среды.

Разного рода ДТП обходятся экономике страны в немалую сумму. Несмотря на то, что любой водитель должен соблюдать правила дорожного движения [1], которые созданы для того, чтобы уберечь людей от различного рода аварий, не всегда участники дорожного движения добросовестно относятся к исполнению своих обязанностей. Нарушение правил в свою очередь приводит к возникновению ДТП, что угрожает как жизни самих нарушителей, так и жизни окружающих. Кроме того, любое ДТП создает серьезные проблемы в густонаселенных районах и на крупных узловых развязках. Работа целых магистралей может быть парализована из-за возникновения такого рода неприятных ситуаций.

Сейчас проблемой аварийности всё больше начинают заниматься городские власти крупнейших городов мира. Возникновение аварии, к примеру, на мосту или на перекрестке, с последующим оформлением ДТП, записями показаний свидетелей и оформлением протоколов, может блокировать крупную городскую артерию, а возможно и целый район на несколько часов, а то и на целый день.

Для уменьшения числа ДТП необходим комплексный системный подход. Необходимо формальное описание проблемы, причины ее возникновения и возможные последствия, что, в свою очередь, даст возможность в дальнейшем избежать подобного рода ситуаций. Наилучшим решением такой задачи будет являться моделирование нестандартных случаев поведения водителя на дороге в рамках системы моделирования дорожным транспортом.

Использование системы моделирования с возможностью моделирования нестандартных ситуаций позволит не только смоделировать ДТП, но и изучить причины его возникновения, что позволит предотвратить возникновение подобных ситуаций в будущем. Кроме того, система моделирования позволит достаточно просто изучить влияние расстановки

дорожных знаков, светофоров и других методов регулирования на уровень аварийности на конкретном участке дороги.

### **Описание постановки задачи**

Целью моделирования аварийных ситуаций является:

- улучшение организации дорожного движения, выражающееся в улучшении условий движения, повышения безопасности, предотвращения аварий и снижения задержек транспорта [2,3];
- определение участков дороги с повышенной аварийностью, исследование влияния знаков и светофорное регулирование на аварийность;
- нахождение наилучших маршрутов объезда при возникновении заторов (в час пик или при возникновении аварии).

Для достижения этой цели необходимо:

- определить перечень основных задач по моделированию аварийных ситуаций;
- определить формальную модель нарушителя правил дорожного движения;
- описать алгоритм создания аварийных ситуаций;
- определить систему моделирования дорожного движения, которая может использоваться для внедрения разработанной формальной модели и алгоритма.

### **Выделение основных задач по моделированию аварийных ситуаций**

Основными функциями, которыми должна обладать система моделирования дорожного транспорта с возможностью моделирования аварийных ситуаций являются, являются:

1. Поиск аварийных (узких) мест в дорожно-транспортной сети.
2. Определение влияния дорожных знаков, светофоров и других методов регулирования дорожного движения на аварийность выбранного участка дороги.
3. Определение объездных маршрутов движения транспорта при возникновении внештатной ситуации или образовании узких мест дорожной сети.
4. Управление потоком транспорта, разгрузка узких мест и направление потока транспорта на более безопасные участки.
5. Поиск наилучших маршрутов движения для транзитного транспорта и грузоперевозчиков, с оценкой степени повреждения дорожного покрытия.
6. Сбор статистической информации об аварийно опасных участках, в процессе функционирования системы моделирования дорожного движения.

Тогда использование системы моделирования позволит спрогнозировать аварийно опасные участки и заблаговременно предотвратить возникновение аварий на этих участках с помощью средств организации и регулирования.

### Формальная модель аварийного участка дороги

Аварийным участком дороги (аварийным местом) считается такой участок дороги, на котором вероятность возникновения ДТП достаточно высока. Причинами возникновения аварийных мест могут быть [2]:

- сужения проезжей части;
- наличие спусков и подъемов;
- наличие нерегулируемых перекрестков;
- состояние проезжей части, особенно в сырую погоду;
- неровности и наличие помех на дороге.

Определим набор параметров, которые необходимо задать для описания поставленной задачи:

$$A = \langle K, C, M, I \rangle, \quad (1)$$

где  $K$  – характеристики прямолинейных участков дороги (доменов [4]);  $C$  – множество перекрестков на выбранном участке дороги [4];  $M$  – множество участников дорожного движения;  $I$  – множество объездных маршрутов.

Параметры  $K, C$  представляют собой статические характеристики моделируемого участка дороги, параметр  $M$  зависит от настроек ядра имитатора [6]. Параметр  $I$  зависит от  $K$  и  $C$ , и может быть рассчитан для каждого конкретного участка дороги.

В свою очередь параметр  $K$  может быть описан следующей структурой:

$$K = \bigcup_{k=1}^n \langle F_k, Z_k, P_k, S_k, R_k \rangle, \quad (2)$$

где  $n$  – количество доменов на участке дороге;  $F_k$  – множество светофоров  $k$ -го домена;  $Z_k$  – множество дорожных знаков  $k$ -го домена;  $P_k$  – множество лежачих полицейских  $k$ -го домена;  $S_k$  – множество спусков  $k$ -го домена;  $R_k$  – множество подъемов  $k$ -го домена.

Множество участников дорожного движения  $M$  зададим следующей структурой:

$$M = \langle a, p \rangle, \quad (3)$$

где  $a$  – множество автотранспортных средств,  $p$  – множество пешеходов. Каждое из множеств в свою очередь определяется рядом параметров [7].

Множество спусков  $S_k$  зададим структурой вида:

$$S_k = \langle s_i, p_s \rangle, i = \overline{1, l}, \quad (4)$$

где  $s_i$  – номер  $i$ -го спуска,  $p_s$  – процент наклона на спуске,  $l$  – число спусков

Аналогичным образом определим множество подъёмов  $R_k$ :

$$R_k = \langle r_j, p_r \rangle, j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

где  $r_j$  – номер  $j$ -го подъёма,  $p_r$  – процент наклона при подъёме,  $m$  – число подъёмов.

### Формальная модель нарушителя

Нарушителем будем считать транспортное средство, которое не выполняет ПДД [1]. Формальную модель нарушителя представим в таком виде:

$$N = \langle p_1, p_2, p_3, p_4, \bigcup_{i \in Z} p_5^i \rangle \quad (6)$$

где  $p_1$  – поправочный коэффициент соблюдения скорости на домене (при  $p_1 \geq 1$  – транспортное средство будет превышать разрешённую скорость в  $p_1$  раз, при  $p_1 < 1$  – ехать в  $p_1$  раз медленнее);  $p_2$  – вероятность совершения обгона в неполюженном месте;  $p_3$  – вероятность проезда перекрёстка на жёлтый сигнал светофора;  $p_4$  – вероятность проезда перекрёстка на красный сигнал светофора;  $p_5^i$  – вероятность проезда перекрёстка на  $i$ -й запрещающий знак,  $i \in Z$ , где  $Z$  – множество знаков, устанавливающих правила проезда перекрёстка.

Если какой-то из параметров  $p_2, p_3, p_4$  или  $p_5^i$  равен нулю, то соответствующее нарушение транспортным средством не выполняется.

### Описание алгоритма создания аварийной ситуации

1. При создании нового транспортного средства зададим параметры, согласно (6).
2. При моделировании процесса движения на домене получим случайное число  $p_1^0$  в интервале  $[-p_1, p_1]$ . Если  $p_1^0 \geq p_1$ , то увеличиваем скорость передвижения транспортного средства в  $p_1$  раз. Если  $p_1^0 < p_1$ , то уменьшаем скорость передвижения транспортного средства в  $p_1$  раз.
3. При моделировании движения на домене, имеющем ограничения по совершению манёвра “обгон” генерируем случайное число  $p_2^0$ , равномерно распределённое в интервале  $[0, 1]$  (для генерации можно использовать линейный конгруэнтный генератор [5]). Если  $p_2^0 \geq p_2$ , то моделируем процесс совершения обгона.
4. При моделировании проезда регулируемого перекрёстка получаем два случайных числа  $p_3^0$  и  $p_4^0$ , равномерно распределённых в интервале  $[0, 1]$ .
  - (а) Сравниваем  $p_3^0$  и  $p_3$ . Если  $p_3^0 \geq p_3$ , то моделируем проезд перекрёстка на жёлтый сигнал светофора. Иначе переходим на 4.2.
  - (б) Сравниваем  $p_4^0$  и  $p_4$ . Если  $p_4^0 \geq p_4$ , то моделируем проезд перекрёстка на красный сигнал светофора. Иначе переходим на 4.3.

(с) Если  $p_3^0 < p_3$  и  $p_4^0 < p_4$ , то проезд перекрёстка транспортным средством моделируется по ПДД.

5. При проезде нерегулируемого перекрёстка последовательно генерируем случайные числа  $p_5^{0i}$ , равномерно распределённые в интервале  $[0, 1]$ , в соответствии с приоритетом дорожных знаков. Каждое из полученных чисел  $p_5^{0i}$  сравниваем с  $p_5^i$ . Если  $p_5^{0i} \geq p_5^i$ , то моделируем проезд перекрёстка на  $i$ -й запрещающий знак.

### **Выбор системы моделирования дорожного движения**

В качестве системы моделирования была выбрана система моделирования автомобильного дорожного движения [6, 7], которая обеспечивает необходимой информацией для расчета различных показателей, наличие перекрестков, знаков, светофоров, лежащих полицейских, количество полос для движения, интенсивность потока, дорожную разметку, допустимую скорость движения на определенном участке дороги и т.д.

### **Выводы**

Система моделирования аварийных ситуаций, при помощи создания “виртуальных” аварийных ситуаций, исследует причины аварий, влияние дорожных знаков и планировки отдельных участков дороги на возможность возникновения ДТП, а также поможет участникам дорожного движения найти оптимальный путь объезда места аварии. Моделирование аварийных ситуаций позволит более оперативно и правильно управлять и регулировать дорожный поток.

В рамках системы моделирования дорожного движения управляя такими параметрами как скорость, направление движения, возможность проезда перекрестков на запрещающий сигнал светофора или на запрещающий знак, можно смоделировать нарушение правил дорожного движения, что приведет к возникновению симулируемой аварии. Такие ситуации дадут возможность спланировать действия других участников дорожного движения, которые нужно применять в подобного рода нестандартных случаях. Станет возможным применить другие сигналы светофоров на участках движения, где образовался затор или переключить электронные знаковые таблицы и ограничители скоростей движения, что позволит своевременно информировать участников дорожного движения и даст им больше времени на раздумье, выбор другого, более оптимального маршрута.

### **Литература**

1. Дерех З.Д., Душник В.Ф. Правила дорожного движения Украины с комментариями и иллюстрациями. 3-е изд., исправл. и доп. – К.: Издательство Арий, 2007. – 184с.: ил.
2. Организация и безопасность движения: учебное пособие / Н.В. Пеньшин, В.В. Пудовкин, А.Н. Колдашов, А.В. Ященко. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. - 96с.

3. Алиев А.С., Стрельников А.И., Швецов В.И. Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к Московской агломерации // Автоматика и Телемеханика. – 2005. - 11. - С. 113-125.
4. Томашевский В.Н., Парамонов А.М. Определение формальной модели нерегулируемого перекрестка в системе моделирования автомобильного дорожного движения // Науковий вісник КУЕІТУ. “Нові технології”. - 2009. - 1(23). – С. 135-138.
5. Томашевский В.М., Моделивання систем. – К.: Видавнична група ВНУ, 2005. – 352с.:іл.
6. Томашевский В.Н., Парамонов А.М. Система моделирования автомобильного дорожного движения // Математическое и имитационное моделирование систем МОДС ‘2009. Тезисы докладов. – К. – 2009. – С. 157–161.
7. Томашевский В.Н., Парамонов А.М. Формализация алгоритма моделирования движения автомобильного дорожного транспорта // Вісник Національного технічного університету України “КПІ”. Серія: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2008. – 48. – С. 156–162.

Отримано 04.03.2010 р.