

# Повышение показателя безопасности дорожного движения в условиях неопределенности за счет использования оптического эффекта 3D

Ф. А. Гомазов<sup>1</sup>, А. В. Андреев<sup>2</sup>

Санкт-Петербургский Политехнический Университет  
Петра Великого

<sup>1</sup>fgomazov@gmail.com <sup>2</sup>office@mes.spbstu.ru

М. И. Грачев

Санкт-Петербургский Университет МВД России  
Mig2500@mail.ru

**Аннотация.** Управление уровнем безопасности систем дорожного движения является сложной задачей управления. Использование традиционных методов подхода к построению системы на основе анализа не гарантирует достижения заранее поставленного результата. С другой стороны, использование метода построения системы на основе синтеза, позволяет создать систему исходя из конечного результата. В данной статье был исследован вопрос, связанный с пешеходными переходами и опасностью столкновения пешехода с движущимся автотранспортом с учетом квалификации водителя.

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения; пешеходный переход; модель решения человека; синтез; граф

В условиях крупного города чрезвычайно важно обеспечить безопасность дорожного движения. Большое количество людей и автомобилей несет в себе угрозы дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП).

Одним из частых ДТП является наезд на пешехода на пешеходном переходе. Именно в этих местах происходит интенсивное пересечение путей автомобильного транспорта с пешеходами. Данная проблема была рассмотрена Л. Экманом в 1996 году. В результате своих исследований он показал, что наличие пешеходного перехода с разметкой «зебра» более опасно, чем переход без данной разметки. [1] В ходе исследования, была поставлена задача – выявить условия, которые позволяют повысить безопасность движения, при внедрении 3D разметки типа «зебра». Снижение вероятности ДТП на пешеходном переходе является актуальной проблемой, а использование метода построения системы безопасности на основе синтеза позволяет эффективно управлять безопасностью дорожного движения. Эффективное управление зависит от квалификации человека принимающего решения и от качества модели решения. Квалификация выражается в способности управляющего распознать любую ситуацию в единицу времени в ходе процесса управления. [2] Решение является основой деятельности человека [3] и условием реализации предназначения объекта управления. В свою очередь, человек осуществляет деятельность на основе категорий «Модель», «система» и «предназначение/результат» [4, 5, 6] Математическая модель решения, предложенная в

данной работе, может быть широко применена во многих сферах деятельности человека.

Основой управления является решение. Для принятия обоснованного решения, необходимо создать модель решения. В ходе построения модели, лицу, принимающему решение необходимо учитывать базовую закономерность предметной области, используя всю имеющуюся информацию. Информация является основным ресурсом научного, технического, социального и экономического развития мирового сообщества [7]. Закономерностью, которая учитывает всю необходимую информацию, является закон сохранения целостности. Закон сохранения целостности объекта (ЗСЦО) – устойчивая повторяющаяся связь свойств объекта и свойств действия при фиксированном предназначении. [4, 5]

Базовая модель управленческого решения показана на рис. 1.

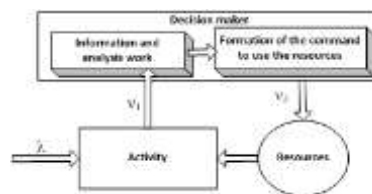


Рис. 1. Базовая модель управленческого решения

При создании модели управленческого решения, рассматриваются три основных процесса:

- процесс образования проблемы для системы аналитической разведки характеризуется вектором  $\vec{x}$ , который соответствует обстановке; (1)

$$\Delta t_{PM} = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

- процесс идентификации проблемы характеризуется вектором  $\vec{y}$ , который соответствует информационно-аналитической работе; (2)

$$\Delta t_{PI} = f_2(y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (2)$$

- процесс нейтрализации проблемы характеризуется вектором  $\vec{z}$  (3), который соответствует предназначению;

$$\Delta t_{PE} = f_3(z_1, z_2, \dots, z_n) \quad (3)$$

- математическая модель управленческого решения принимает вид (4)

$$P = F(\Delta t_{PM}, \Delta t_{PI}, \Delta t_{PE}) \quad (4)$$

Проблемы возникают с частотой, зависящей от  $\Delta t_{PM}$  – среднее время возникновения опасности (проявления проблемы), для нейтрализации опасности, сотрудник должен быть способен определить ее.

Идентификация зависит от  $\Delta t_{PI}$  – среднее время идентификации опасности (проблемы), После идентификации, сотруднику необходимо принять меры по нейтрализации опасности. Нейтрализация происходит с частотой, зависящей от  $\Delta t_{PE}$  – среднее время нейтрализации проблемы [11]. Показано на рис. 2.

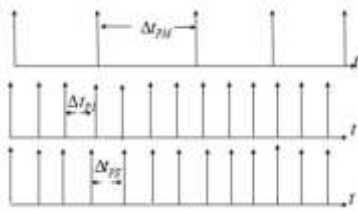


Рис. 2. Диаграмма проявления базовых элементов формирования управленческого решения.

Управление является эффективным, если соблюдается следующее уравнение (5).

$$\Delta t_{PI} + \Delta t_{PE} < \Delta t_{PM} \quad (5)$$

При трудовой деятельности возникают проблемы с интенсивностью (6)

$$\lambda = \frac{1}{\Delta t_{PM}} \quad (6)$$

Данные проблемы идентифицируются информационно-аналитической службой, интенсивность идентификации будет следующей (7).

$$v_1 = \frac{1}{\Delta t_{PI}} \quad (7)$$

Процесс по нейтрализации проблемы будет характеризоваться интенсивностью (8)

$$v_2 = \frac{1}{\Delta t_{PE}} \quad (8)$$

ЛПР может выполнять, в различных сочетаниях, две функции: [12]

- идентификация;
- нейтрализация.

Поэтому решение ЛПР имеет четыре базовых состояния:

- A00 – ЛПР не идентифицирует и не нейтрализует;
- A10 – ЛПР идентифицирует и не нейтрализует;
- A01 – ЛПР не идентифицирует, но нейтрализует;
- A11 – ЛПР идентифицирует и нейтрализует. Что показано на рис. 3.

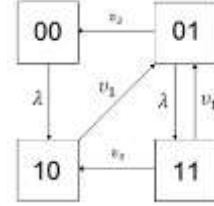


Рис. 3. Граф состояний процесса формирования управленческого решения

Каждому из состояний, соответствуют вероятности состояний, которые находятся путем решения системы дифференциальных уравнений (уравнений Колмогорова-Чапмана). Если предположить, что мы имеем стационарный процесс, тогда исходная система дифференциальных уравнений трансформируется в систему линейных однородных уравнений, и решением будет являться (9) [4, 5]

$$\begin{cases} P_{00} = \frac{v_1 v_2}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \\ P_{10} = \frac{\lambda v_2 (\lambda + v_1 + v_2)}{(v_1 + v_2)[\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2]} \\ P_{01} = \frac{\lambda v_1}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \\ P_{11} = \frac{\lambda v_1}{(v_1 + v_2)[\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2]} \end{cases} \quad (9)$$

Показатель  $P_{00}$  является показателем безопасности, поскольку существовавшая проблема решена, а новая еще не наступила. [12] (10)

$$P_{00} = \frac{v_1 v_2}{\lambda(\lambda + v_1 + v_2) + v_1 v_2} \quad (10)$$

При подъезде к нерегулируемому пешеходному переходу водитель должен двигаться со скоростью, которая позволит при необходимости уступить дорогу пешеходам [13]. Наличие знака пешеходного перехода на пути водителя, является предупреждением о возможном появлении пешехода на проезжей части.

Для вычисления показателя безопасности, с использованием 3D рисунка разметки «зебра» определяются три основные величины.

Время проявления проблемы. Данное время зависит от расстояния до очередного пешеходного перехода с 3D зеброй и средней скоростью движения водителя в городе

(11) где  $l$  – расстояние до пешеходного перехода,  $v$  – скорость движения автомобиля в городе

$$\Delta t_{PM} = \frac{l}{v} \quad (11)$$

Время нейтрализации проблемы, за данное время принимается среднее время реакции водителя. В судебно-медицинской экспертизе ДТП, значение реакции водителя составляет 0,8 секунд. Данное время показывает, сколько нужно времени от момента идентификации проблемы до начала принятия мер по ее устранению. Проблема считается устраненной, если скорость движения автомобиля была снижена, до скорости, позволяющей, при необходимости, штатно затормозить непосредственно перед пешеходным переходом.

Время идентификации проблемы. Среднее время реакции человека на визуальный сигнал составляет 0,1–0,3 сек. Для расчетов используется значение равное 0,2 сек.

При использовании 3D разметки, водитель снижает скорость при подъезде к пешеходному переходу, что увеличивает время до проявления проблемы.

Для расчета возьмем расстояние до очередного пешеходного переход равным 30 метрам. Таким образом, интенсивности проявления, нейтрализации и идентификации проблемы составят:

- Интенсивность проявления проблемы

$$\lambda = \frac{v}{30}$$

- Интенсивность идентификации проблемы  $v_1 = 5$
- Интенсивность нейтрализации проблемы  $v_2 = 1.25$

Тогда, показатель безопасности будет равен: (12)

$$P_{00} = \frac{187,5}{v^2 + 6.25v + 187,5} \quad (12)$$

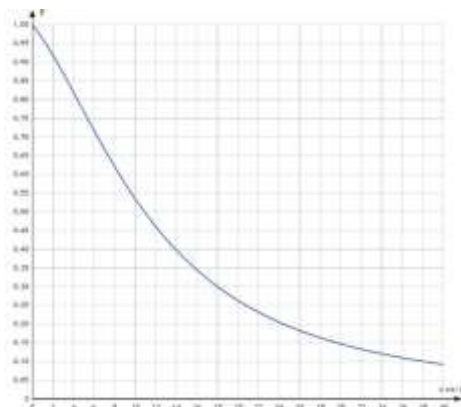


Рис. 4. График зависимости показателя безопасности от скорости движения автомобиля на пешеходном переходе

На изображенном графике можно оценить связь скорости с показателем безопасности. При снижении скорости с разрешенных при движении в городе, в Российской Федерации 60 км/ч (16,7 м/с), до 40 км/ч (11,1 м/с) приведет к увеличению показателя безопасности на 16%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Л. Экман, Дорожный поток в анализе безопасности движения, Университет Лунда, Лунд, Швеция, 1996.
- [2] Бурлов В.Г., Гробицкий А.М. Разработка модели управления социальными системами в процессе строительства с учетом квалификации менеджера. Журнал гуманитарных и научных исследований. №15 (2015), Санкт-Петербургский политехнический университет, Россия. 2015, с. 25-36.
- [3] Моисеев Н., Александров В., Тарко А., Человек и биосфера Опыт системного анализа и экспериментов с моделями «Наука», 1985.
- [4] Бурлов В.Г. (2007). Основы моделирования социально-экономических и политических процессов, часть 1 (Методология. Методы). Факультет комплексной безопасности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Санкт-Петербург, 265 с. (на русском).
- [5] Бурлов В.Г. (2007). Основы моделирования социально-экономических и политических процессов, часть 2 (Методология. Методы). Факультет комплексной безопасности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Санкт-Петербург, 265 с. (на русском).
- [6] Анохин П.К. Основные эссе по кибернетике функциональных систем Москва: Медицина, 1998. 400 с.
- [7] Бурлов В.Г. Коротков В., Соколов С., Нырков А., Оценка защищенности секретной информации от утечки по акустическому и виброакустическому каналам в основе определения и расчета коэффициента загрязнения шума и октавного коэффициента шумового загрязнения IEEE Северо-Западная Россия Секция Юных Исследователи на электротехнической конференции, Elcon-Rus NW 2016, стр. 422.
- [8] Бурлов В.Г., Лепешкин О.М., Моделирование процесса управления системой безопасности дорожного движения 12-я Международная конференция «Организация и управление безопасностью дорожного движения в крупных городах»
- [9] Goode Н.Н., Machol R.E. Системная инженерия: введение в разработку крупномасштабных систем. McGraw-Hill Book Co. Нью-Йорк, 1957. 551 р.
- [10] Бурлов В.Г., Гробицкий А.М., Гробицкая А.М. Управление строительством с точки зрения показателя успешно выполненной производственной задачи. Журнал гражданского строительства. 2016. № 3. С. 77-91.
- [11] Бурлов В.Г., Волков В.Ф. (1994). Метод последовательных экспертных оценок в задачах управления для разработки крупномасштабных потенциально опасных систем // Инженерное моделирование. Том 12. № 1. С. 110-115.
- [12] Бурлов В.Г., Грачев М.И., Разработка математической модели управления безопасностью движения с учетом возможностей веб-технологий 12-я Международная конференция «Организация и управление безопасностью дорожного движения в крупных городах».
- [13] Правила Дорожного Движения Российской Федерации