

Сирота В.М., к.т.н.¹, Волобуева Т.В., инж.²

1 — АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка; 2 — ДИАТ, г. Донецк

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ ДВИЖЕНИЯ У ВОДИТЕЛЕЙ

Теоретически и экспериментально доказана возможность формирования навыков проезда на заданном расстоянии от кромки проезжей части, при котором происходит разрушение условного рефлекса, возникающего при появлении потенциально опасного объекта среды.

Введение

Статистика показывает, что подавляющее большинство дорожно-транспортных происшествий происходит не в результате несовершенства техники, а вследствие ошибочных действий человека, управляющего автомобилем. Информацию о результатах управляющего воздействия водитель получает при восприятии дорожно-транспортной обстановки. К наиболее значимым характеристикам для профессии водителя относится зрительное ощущение. Глазомер — качество, определяющее способность визуально, на глаз, оценивать размеры подвижных и неподвижных объектов, их габариты, расстояния в продольном и поперечном направлениях дороги, безопасные дистанции и другие параметры, характеризующие обстановку движения, ее изменение и усложнение. В обучающей программе по подготовке водителей [1] развитию глазомера посвящен ряд упражнений: движение автомобиля на заданном расстоянии от кромки проезжей части; остановка перед линией «STOP»; повороты и развороты; движение задним ходом; проезд габаритных ворот. В результате чего приобретаются необходимые навыки по управлению.

Цель статьи

Формирование новой нейронной модели среды, позволяющей резко ускорить процесс приобретения необходимого навыка.

Материал и методы исследования

Опыты по изучению динамики формирования навыка глазомерной оценки ставились на прямом горизонтальном участке. Общая длина опытного участка составляла 1 км. На середине опытного участка устраивался учетный пункт. На учетном пункте в поперечном сечении дороги на проезжую часть наносилась жирная меловая черта шириной 0,1 м.

В опытах принимали участие 4 водителя и ходовая лаборатория.

Каждому водителю давалось задание проехать расчетное поперечное сечение дороги на заданных расстояниях от кромки проезжей части дороги (0,5 м; 1,0 м; 1,5 м). При этом каждый водитель совершал по 16 опытных заездов со скоростью 60 км/ч. При проезде учетного пункта на покрытии проезжей части дороги оставался меловой отпечаток следа колеса. Результат выполнения задания оценивался при помощи замера рулеткой фактического расстояния от кромки проезжей части до края следа правого переднего колеса автомобиля (рис. 1, пример при $x_3 = 0,5$ м). Задание считалось выполненным, если фактическое расстояние укладывалось в пределы ошибки опыта. Ошибка опыта рассчитывалась по формуле

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N-1}}, \quad (1)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение фактических расстояний от среднего арифметического;

N — количество проведенных замеров.

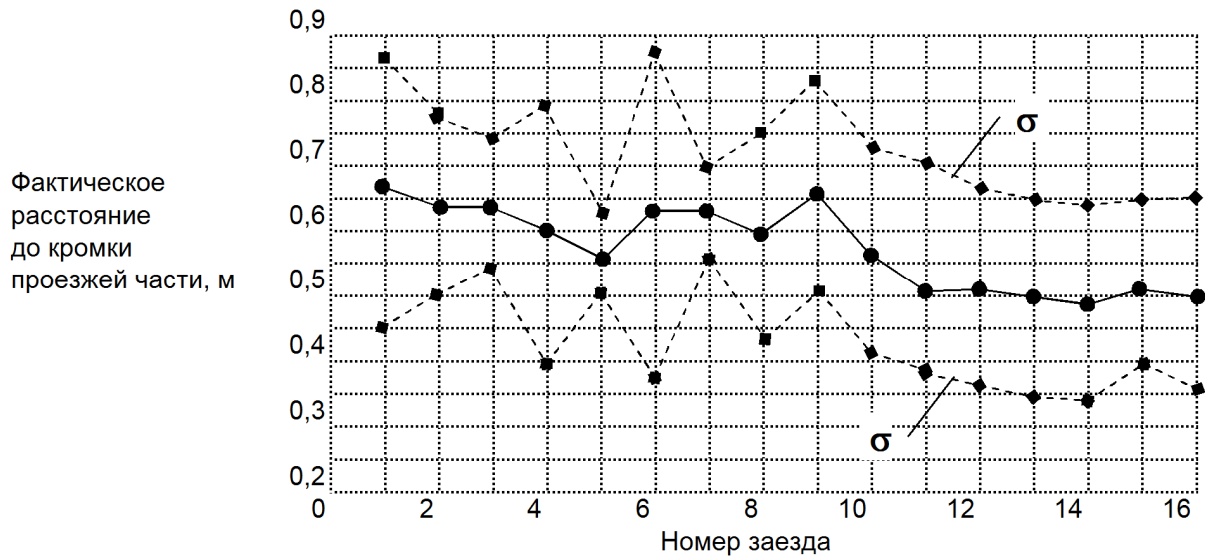


Рис. 1. Динамика средних фактических расстояний до кромки проезжей части в процессе обучения при различных расстояниях: σ — среднее квадратическое отклонение

Результаты обработки опытов показали, что для заданного расстояния 0,5 м ошибка опыта составила $m \approx \pm 0,1$ м, для расстояния 1,0 м — ошибка равна $m \approx \pm 0,1$ м, для расстояния 1,5 м — ошибка равна $m \approx \pm 0,15$. Таким образом, задание считалось выполненным, если фактическое расстояние (x_{ϕ}) укладывались в пределы:

– для заданного расстояния 0,5 м;

$$0,4 < x_{\phi} < 0,60 \text{ м};$$

– для заданного расстояния 1,0 м;

$$0,9 < x_{\phi} < 1,1 \text{ м};$$

– для заданного расстояния 1,5 м;

$$1,35 < x_{\phi} < 1,65 \text{ м}.$$

По результатам опытных заездов оценивалась вероятность правильного выполнения задания в каждом заезде. За данную вероятность принималась относительная частота выполнения задания, которая рассчитывалась по формуле

$$P_m = \frac{n_m}{4}, \quad (2)$$

где P_m — относительная частота выполнения задания в m -том заезде;

n_m — число водителей, которые правильно выполнили задание в m -том заезде.

Оценки вероятностей выполнения задания позволили построить кривые обучения (рис. 2, пример при $x_3 = 0,5$ м). На данном рисунке вынесены выровненные значения частот по методу скользящей средней. Средние значения частот определялись по трем рядом стоящим эмпирическим значениям динамического ряда.

В процессе обработки экспериментальных данных оценивались информационные характеристики процесса обучения для каждого опытного заезда: максимальная энтропия H_m , текущая энтропия H и относительная организация R .

Максимальная энтропия рассчитывалась по формуле [2]:

$$H_m = \log_2 \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\sigma} \sqrt{N - 1}, \quad (3)$$

где x_{\max} , x_{\min} — максимальные и минимальные значения фактических расстояний до кромки проезжей части в объеме выборки; σ — среднее квадратическое отклонение; N — объем выборки.



Рис. 2. Кривая обучения: 1, 2, 3, 4 — номера участков

Текущая энтропия рассчитывалась по формуле К. Шеннона [3]:

$$H = - \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{N} \log_2 \frac{m_i}{N}, \quad (4)$$

где m_i — частота появления i -го значения фактического расстояния x_i в объеме выборки.

Относительная организация R рассчитывалась по формуле Г. Ферстера [4]:

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}. \quad (5)$$

Динамика информационных характеристик процесса обучения представлена на рис. 3 (пример при $x_3 = 0,5$ м)

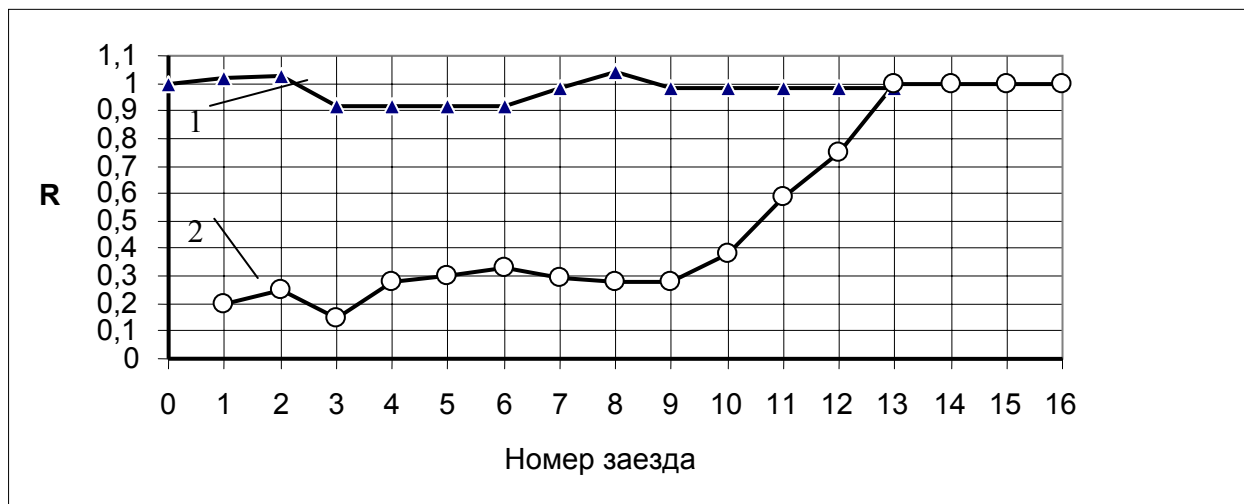


Рис. 3. Информационные характеристики процесса обучения: 1 — Hm ; 2 — R

В процессе опытных заездов осуществлялась непрерывная регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) водителя.

По результатам регистрации ЭКГ рассчитывались частота пульса, сдвиг частоты сердцебиений, индекс напряжения регуляторных механизмов, гистографический показатель.

Сдвиг частоты сердцебиений оценивался по формуле:

$$\Delta\Phi = \frac{f - f_0}{f_0} 100, \%, \quad (6)$$

где $\Delta\Phi$ — сдвиг частоты сердцебиений, %; f — частота сердцебиений при движении по дороге в процессе выполнения задания, ударов/мин; f_0 — фоновая частота сердцебиений.

Индекс напряжения регуляторных механизмов рассчитывался по формуле:

$$IH = \frac{AM_0}{2\Delta x M_0}, \quad (7)$$

где IH — индекс напряжения, %/с²; AM_0 — амплитуда моды распределения RR -интервалов ЭКГ, %; Δx — вариационный размах RR -интервалов, с; M_0 — мода распределение RR -интервалов, с.

Гистографический показатель рассчитывался по формуле

$$H_r = 100V \frac{l}{\bar{l}}, \quad (8)$$

где H_r — гистографический показатель, 1/с; V — скорость протяжки ленты электрокардиографа, мм/с; \bar{l} — средняя величина RR -интервала, мм.

Гистографический показатель характеризует психофизиологическое напряжение водителя.

Результаты исследований и их анализ

Результаты оценок показателей функционального состояния организма водителя при проезде представлены на рис. 4.

Анализ результатов опытов показал, что в динамике формирования навыка глазомерной оценки для заданных расстояний 0,5 и 1,0 м имеются по два промежуточных (ложных)

плато и одно конечное (истинное). Первое промежуточное плато формируется на уровне рассматриваемых вероятностей, равных 0,4, второе — на уровне 0,7. Конечное плато устанавливается на уровне вероятностей равных 1,0. После второго промежуточного плато наблюдается падение вероятностей правильного выполнения задания до уровня 0,5.

Первое плато размещается в интервале между 2 и 3 заездами, второе — между 5 и 7 заездами.

Падение вероятностей правильного выполнения задания завершается на 9 заезде.

В опытах с заданным расстоянием 1,5 м четко проявляется лишь одно промежуточное плато, которое формируется на уровне вероятностей, близких к 0,6. Первое промежуточное плато (на уровне вероятностей, равных 0,4) достигается сразу же в первом заезде. Также, как и при других заданных расстояниях до кромки проезжей части, на кривой обучения имеется участок падения вероятностей до уровня 0,5.

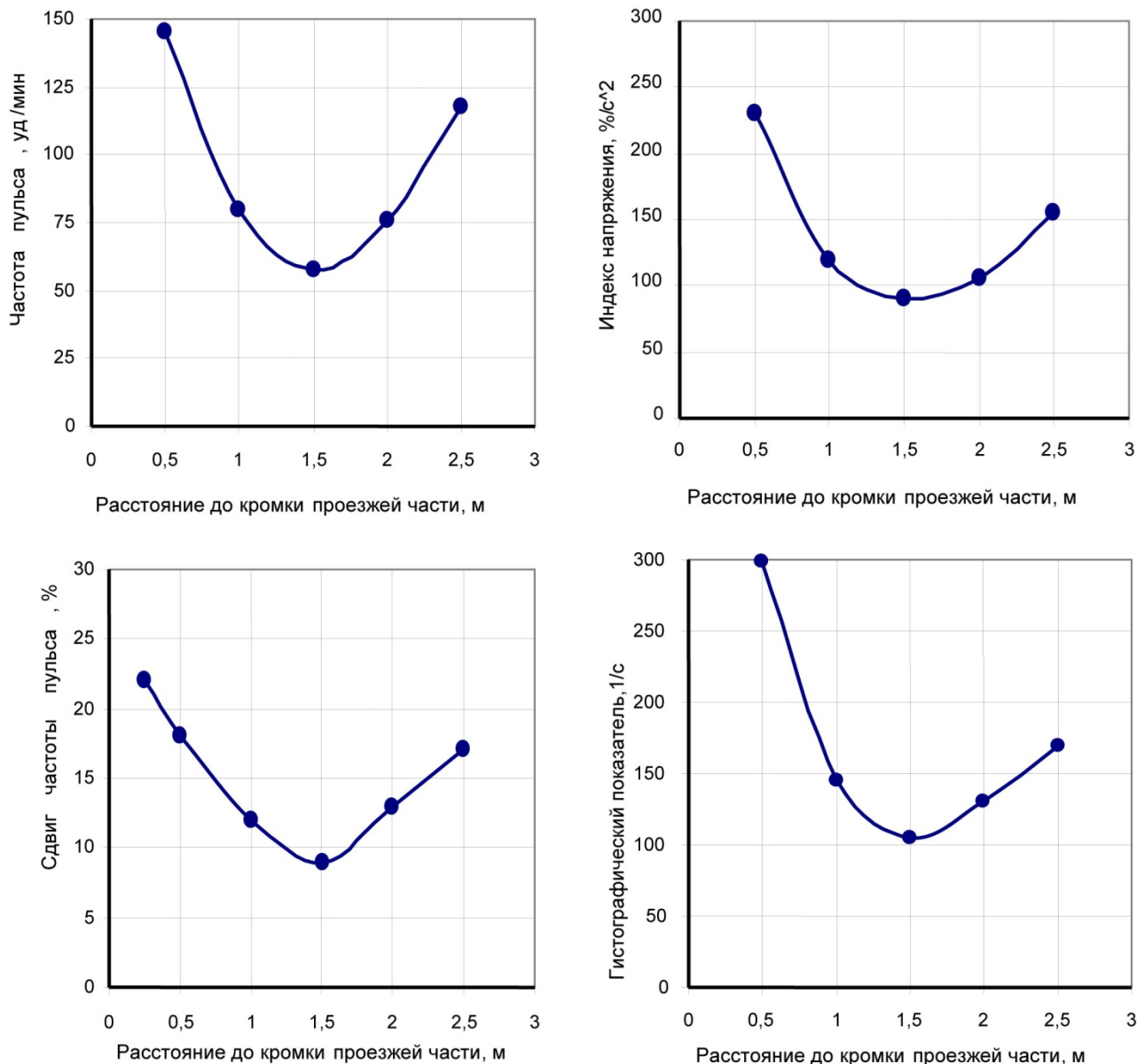


Рис. 4. Влияние расстояния до кромки проезжей части дороги на показатели функционального состояния системы кровообращения водителя (2-й заезд)

Этот участок начинается с 5 заезда и заканчивается на 9 заезде. Начиная с 9 заезда, при всех заданных расстояниях наблюдается устойчивый рост рассматриваемых вероятностей.

Сравнение кривых обучения с показателями функционального состояния организма водителя (см. рис. 4) показывает, что по мере отдаления от кромки проезжей части падает напряжение механизмов адаптации. При движении на расстояние 1,5 м показатели состояния устанавливаются на границе нормы и функционального комфорта (табл. 1). Дальнейшее увеличение расстояния сопровождается ростом показателей функционального состояния, что объясняется влиянием встречной полосы движения и обочины, расположенной слева от направления движения.

Расстояние, равное 1,5 м, соответствует минимуму показателей напряжения механизмов адаптации организма водителя в данном поперечном сечении дороги, а следовательно и минимуму влияния обочины на результаты деятельности водителя. Этим объясняются различия в закономерностях обучения при заданных расстояниях 0,5 – 1,0 м и расстоянии 1,5 м. Более четко это различие прослеживается в анализе информационных характеристик процесса обучения (см. рис. 3).

Анализ динамики информационных характеристик показал, что в периоды устойчивого роста вероятностей правильного выполнения задания максимальная энтропия остается постоянной, а в периоды падения значений вероятностей и на промежуточных плато максимальная энтропия значительно изменяется. Это свидетельствует о том, что в периоды интенсивного формирования навыка система обучения замкнута в организационном отношении. В периоды падений значений вероятностей на плато система обучения разомкнута.

В разомкнутом состоянии происходит перестройка процесса обучения, разрушение старого детерминизма нейронной среды, построенном на имеющемся у человека опыте взаимодействия со средой движения [5]. При этом старый детерминизм может быть как негативного плана (отсутствие каких-либо моделей, связывающих данное состояние среды), так и позитивного (наличие моделей образов, построенных на данных состояниях среды).

Таблица 1

Фазы состояния напряженности и стресса (по Э.В. Гаврилову [6])

Фазы состояния	Сдвиг частоты сердцебиений, %	Индекс напряжения, %/с ²	Гистографический показатель, 1/с
Норма	5 – 10	50 – 100	100 – 110
Функциональный комфорт	10 – 16	100 – 160	110 – 130
Умеренная напряженность (напряжение механизмов адаптации)	16 – 20	160 – 200	130 – 150
Большая напряженность (перенапряжение механизмов адаптации, пороговое состояние)	20 – 30	200 – 300	150 – 480
Стресс (неудовлетворительная адаптация)	уменьшается	300 – 450 уменьшается и увеличивается в 2 – 3 раза	уменьшается
Большой стресс (срыв адаптации)	не изменяется	> 450 уменьшается и увеличивается	не изменяется

Применительно к рассматриваемому опыту прежней детерминированной реакцией водителя является его стремление удалиться от потенциально опасной для движения кромки проезжей части дороги, поскольку выезд на обочину может привести к заносу автомобиля. Данное стремление реализуется в условной реакции на потенциально опасные объекты среды, которая проявляется в рефлекторном отклонении траектории движения автомобиля от объекта [7, 8]. В случае невозможности отклонения траектории движения от заданной условная реакция проявляется в росте напряжения организма водителя (см. рис. 4).

Выводы

Таким образом, формирование навыка проезда на заданном расстоянии от кромки проезжей части сопровождается разрушением условного рефлекса на действие потенциально опасного объекта среды.

Разрушение старого детерминизма наглядно иллюстрирует падение значений вероятностей относительно организации процесса обучения в периоды разомкнутого состояния. Процесс разрушения старого детерминизма заканчивается после второго ложного плато на кривой обучения, когда вероятность формирования навыка становится равной 0,5. Этот момент (9 заезд) определяет тот уровень общей организации испытуемого, когда он «понимает среду наполовину» и является критическим в процессе формирования нового детерминизма. Начиная с этого момента система замыкается, у испытуемого формируется новая нейронная модель среды, резко ускоряется процесс формирования необходимого навыка. Максимальная энтропия процесса в этот период обучения становится постоянной и равной

$$H_{m_3} \approx \frac{H_{m_1} + H_{m_2}}{2}, \quad (9)$$

где H_{m_1} , H_{m_2} , H_{m_3} — максимальная энтропия в процессе обучения в первый, второй и третий периоды замкнутого состояния, соответственно.

Список литературы

1. Типові навчальний план і програми підготовки водіїв на право керування автотранспортними засобами категорій „В” і „С”/ М — во освіти України.- К.: Виробничо — видавниче підприємство „КОМПАС”, 1995. — 64 с.
2. Гаврилов Э. В., Линник И. Э., Банатов А. В. Оценка безопасности движения в городских условиях // Вестник ХГАДТУ. — Харьков: Изд. ХГАДТУ, 2002.- Вып. 17. - С.57 – 62.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: ИЛ, 1963. — 829 с.
4. Ферстер Г. Самоорганизующиеся системы// Самоорганизующиеся системы. — М.: Мир, 1964.- С.5– 23.
5. Гаврилов Э. В. Теоретические основы проектирования и организации дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей: Дис... докт.техн. наук.- Харьков, 1990.- 450 с.
6. Антомонов Ю. Г. Принципы нейродинамики. - Киев: Наукова думка, 1974. — 199 с.
7. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте. — Киев: Техника, 1976. — 152 с.
8. Саркисян М. В. Сигнальное значение угловой скорости движения объектов дорожной среды // Автомобильный транспорт: Сб. научн. труд. — Харьков: Изд. ХНАДУ, 2002. — Вып. 9. — С. 118 – 121.

Стаття надійшла до редакції 26.10.07
© Сирота В.М., Волобуєва Т.В., 2007