

УДК 331.101.11

Сирота В.М.¹, инж., Волобуева Т.В.², инж.

1 – АДИ Дон НТУ, г. Горловка, 2 – ДИАТ, г. Донецк

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ПО ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ И ОШИБКАМ ОБУЧАЕМОГО

Разработана методика процесса обучения водителей, учитывающая основные показатели, необходимые для определения приобретенных водительских навыков: время реакции человека, ошибки и успешность обучения.

Введение

Безопасность движения определяется надежностью работы всех компонентов системы «человек – автомобиль – обстановка движения». Человек как оператор данной системы является высокосложным элементом управления. Он проводит отбор и интегрирование информации из окружающей обстановки и в возникающих стрессовых ситуациях, при дефиците времени, принимает определенные решения, основанные на этой информации.

При организации системы подготовки водителей возникает необходимость в решении ряда практических задач, связанных с оценкой характеристик процесса обучения и ее результатов.

Одним из основных показателей, характеризующих качество процесса обучения, является интервал времени, в течение которого устанавливается адекватность между компонентами системы. Это время можно назвать временем обучения [1].

В качестве основного параметра, определяющего уровень профессиональной подготовки водителя, принято считать время реакции обучающегося человека.

Цель статьи – разработать методику, позволяющую теоретически и практически оценить уровень приобретения водительских навыков в процессе обучения.

Основные подходы к алгоритму формирования модели обстановки движения

Методика оценки сводится к следующей последовательности операций [2]:

1. Осуществляется вероятностный анализ состояний обстановки движения, чтобы определить этапы процесса формирования модели обстановки движения, соответствующие уровню анализа этой обстановки мозгом человека [3].

Первый уровень анализа. Подсчитываются частоты (вероятности) появления различных состояний обстановки в устойчивой комбинации. Частоты устанавливаются для определенного времени, например, для однократного предъявления. Неопределенность $H^{(0)}$ нулевой статистики определяется по относительным частотам (вероятностям)

$$H^{(0)} = - \sum_{i=1}^m P_i \log_a P_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность событий в обстановке движения.

Максимальная неопределенность $H_m^{(0)}$ обстановки движения при условии равенства частот определяется по формуле:

$$H_m^{(0)} = \log_a m, \quad (2)$$

где m – число возможных состояний обстановки движения;

a – основание логарифма.

Оценивается абсолютная $Q^{(0)}$ и относительная $R^{(0)}$ организация обстановки движения, для определения возможности перехода на второй уровень анализа

$$Q^{(0)} = H_m^{(0)} - H^{(0)}, \quad (3)$$

$$R^{(0)} = 1 - \frac{H^{(0)}}{H_m^{(0)}}. \quad (4)$$

Если $H^{(0)} > 0$ и $R^{(0)} < 1$, то осуществляется переход на второй уровень анализа.

Второй уровень анализа. Подсчитывается условная частота появления пар состояний обстановки движения. В результате формируется квадратная матрица условных вероятностей

$$M_1 = \begin{pmatrix} P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1m} \\ P_{21}, P_{22}, \dots, P_{2m} \\ \dots \\ P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{mm} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Каждая строка матрицы (5) определяет полную систему событий, и для каждой строки сумма вероятностей равна единице.

Для каждой j -той строки рассчитывается неопределенность и организация

$$H_j^{(1)} = - \sum_{i=1}^m P_{ij} \log_a P_{ij}, \quad (6)$$

$$Q_j^{(1)} = H_{mj}^{(1)} - H_j^{(1)}, \quad (7)$$

$$R_j^{(1)} = 1 - \frac{H_j^{(1)}}{H_{mj}^{(1)}}, \quad (8)$$

где $H_{mj}^{(1)}$ – подсчитывается при условии равенства относительных частот P_{j1}, \dots, P_{jm} .

Подсчитывается неопределенность и организация для всей матрицы первой статистики

$$H^{(1)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m H_j^{(1)}, \quad (9)$$

$$Q^{(1)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_j^{(1)}, \quad (10)$$

$$R^{(1)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m R_j^{(1)}. \quad (11)$$

Если $R^{(1)} > R^{(0)}$ и $R^{(1)} < 1$, то осуществляется переход на третий уровень анализа.

Третий уровень анализа. Подсчитывается условная относительная частота появления троек состояний обстановки движения. В результате формируется матрица условных вероятностей третьего уровня

$$M_2 = \begin{pmatrix} P_{111}, P_{112}, \dots, P_{11m} \\ P_{1m1}, P_{1m2}, \dots, P_{1mm} \\ \dots \\ P_{m11}, P_{m12}, \dots, P_{m1m} \\ \dots \\ P_{mm1}, P_{mm2}, \dots, P_{mmm} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Каждая строка матрицы определяет полную систему событий. Матрица содержит m^2 строк. Неопределенность и организация определяется по строкам и затем суммируется для определения неопределенности и организации уровня. Условия перехода к анализу на четвертом уровне имеют вид

$$H^{(2)} > 0, Q^{(2)} < H_m^{(2)}, R^{(2)} < 1, R^{(2)} > R^{(1)}. \quad (13)$$

Процесс анализа продолжается аналогичным образом до тех пор, пока на некотором k -том уровне первые условия перехода не примут вид [3]

$$H^{(k)} = Q^{(k)}, Q^{(k)} = H_m^{(k)}, R^{(k)} = 1. \quad (14)$$

2. Рассчитывается время реакции обучаемого для каждого из уровней анализа обстановки движения по формулам:

– для уровней анализа, в которых наблюдается уменьшение времени реакции

$$L(m) = 0,00843H_m^{(k)}e^{\lambda_1(m-1)} + 0,413; \quad (15)$$

– для уровней анализа, в пределах которых имеются участки роста времени реакции

$$L(m) = 0,00843H_m^{(k+1)}(1 - e^{\lambda_1(m-1)}) + 0,413. \quad (16)$$

Участки роста времени реакции находятся в пределах уровня анализа, номер которого определяется по формуле:

$$n_{кр} = l - 2, \quad (17)$$

где $n_{кр}$ – номер уровня анализа, в пределах которого происходит разрушение уже сформированного детерминизма [2];

l – общая длина последовательности состояний обстановки движения.

В формулах (15), (16) единственной неизвестной величиной является параметр обучения λ_1 , обратно пропорциональный постоянной времени обучения. Этот параметр можно определить по экспериментальным данным.

Если опыт уже проведен и нас интересует некоторая средняя модель, аппроксимирующая опытные данные, то среднее значение параметра можно определить по всем точкам опыта на k -том уровне анализа:

$$\lambda_1^{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \frac{1}{m-1} \ln \frac{L(m) - 0,413}{L_1 - 0,413}, \quad (18)$$

где n – общее число точек опыта на данном уровне анализа;

L_1 – время первой реакции человека.

Если по ходу обучения необходимо предсказывать его результаты, то уравнение (18) может служить текущей экстраполяционной моделью. Для этого по данным первого опыта проводится вычисление параметра λ_1 . Затем это значение используется для предсказания результатов второго испытания. Потом вновь по опытным данным второго шага определяется значение λ_1 и т.д. Значения λ_1 могут усредняться по мере накопления данных опыта.

3. Рассчитывается абсолютная ошибка обучаемого в тестах с пространственной ориентацией для каждого уровня анализа по формуле

$$|\Delta X_m| = 38,76H_m^{(k)}e^{\lambda_1(m-1)} + 15 \text{ см}. \quad (19)$$

Показатель степени λ_1 рассчитывается по формуле (18).

4. Рассчитываются показатели успешности обучения по формулам:

– для времени реакции

$$Y(m) = \frac{L_\infty}{L(m)}, \quad (20)$$

где L_∞ – время реакции человека в конце обучения.

– для абсолютной ошибки в тестах с пространственной ориентацией

$$Y(m) = \frac{|\Delta X_\infty|}{|\Delta X_m|}, \quad (21)$$

где $Y(m)$ – показатель успешности обучения.

Если окажется, что $L(m) < L_\infty$ и $|\Delta X_m| < |\Delta X_\infty|$, то $Y(m)$ принимается равным единице.

5. Фактические показатели успешности обучения на последнем уровне анализа предъявляемой последовательности состояний обстановки движения сравниваются с пороговыми. Если окажется, что $Y(m) \geq Y(m)_{\text{нор}}$, то это свидетельствует о том, что обучаемый приобрел достаточно стабильный навык деятельности. Пороговый показатель успешности $Y(m)_{\text{нор}} = 0,9$.

6. Рассчитывается число шагов (циклов) обучения (M_m), которое необходимо для приобретения стабильного навыка деятельности по формуле:

– для времени реакции

$$M_m = \sum_{k=1}^{N-1} M_k + \left[1 + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{L_\infty}{0,00843 H_m^{(k_N)}} \left(\frac{1}{Y_{\text{нор}}} - 1 \right) \right], \quad (22)$$

– для абсолютной ошибки в тестах с пространственной ориентацией

$$M_m = \sum_{k=1}^{N-1} M_k + \left[1 + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{|\Delta X_\infty|}{38,76 H_m^{(k_N)}} \left(\frac{1}{Y_{\text{нор}}} - 1 \right) \right], \quad (23)$$

где M_k – число шагов (циклов) обучения на k -том уровне анализа;

N – общее число уровней анализа;

$H_m^{(k_N)}$ – максимальная энтропия субъективного образа обстановки движения на последнем уровне анализа.

Выводы

1. Предложена модель оценки времени реакции и ошибок обучаемого. Показано, что время реакции и ошибки обучаемого являются функцией максимальной энтропии субъективного образа обстановки движения.

2. Определено время, необходимое для обучения на каждом отдельном этапе анализа обстановки движения.

3. Определены параметры моделей обучения, позволяющие всесторонне оценивать процесс приобретения водительских навыков.

Список литературы

1. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте.— Киев: Техника, 1976. — 152 с.
2. Антомонов Ю.Г. Принципы нейродинамики.— Киев: Наукова думка, 1974. — 199 с.
3. Антомонов Ю.Г. Системы. Сложность. Динамика.— Киев: Наукова думка, 1969. — 127 с.

Стаття надійшла до редакції 22.11.06
© Сирота В.М., Волобуєва Т.В., 2006