

DEVELOPMENT OF METHODS FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF VISUAL
INFORMATION ACQUISITION BY THE DRIVER

Rutkovskaya I.A., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Gusev O.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Khmelev I.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ЗОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ
ВОДІЄМ

Рутковська І.А. , кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

Гусєв О.В, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Хмельов І.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СБОРА ЗРИТЕЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ВОДИТЕЛЕМ

Рутковская И.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Гусев А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Хмельёв И.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

According to the world's statistics the driver (also pilot, train operator) is considered responsible for corresponding accident in 55-80% of all cases [1]. Moreover in 50% of all cases accidents occur due to erroneous, untimely and/or inadequate visual information acquisition (VIA) by the driver [2]. The above statistics endorses the necessity for further research aimed at studying the patterns of VIA by certain type of driver and aimed at developing comprehensive method for assessing the efficiency of VIA by the driver [2, 3].

The method for assessing the efficiency of VIA by the driver should enable to solve the following tasks:

- define the feed-back between the trainee and the training process (also, serve for the purposes of the adaptive training);
- provide the assessment and estimation of the driver skills level;
- control of changes in driver's skills levels in time (in the process of professional activity).

The proposed method includes the following stages:

1. The primary collection of data concerned (i.e. testing the trainees).
2. Definition of the criteria and the design values of specific visual activities (for specific operator's task).
3. Justification of particular indexes characterizing the driver's visual activities and skills.
4. Justification of overall (integral) index.
5. Calculation and evaluation of VIA.
6. Conversion of the resulting data to specific marks.

The primary collection of data concerned (i.e. testing the trainees).

The VIA patterns of driver are studied with the help of NEC Eye-Mark Recorder. For example, for the case of the driver's task, testing of trainees is carried at five typical road sections (at fixed driving speeds: 20, 40, 60, 80 и 100 km/hour) [2,3].

Definition of the criteria and the design values of specific visual activities (for specific driver's task).

The probabilistic principle of defining the design values is being applied for acquiring designated design parameters.

The design value is calculated using the following equation:

$$X_n = X_{cp}(1 - a \cdot C_v), \quad (1)$$

where: X_p – design value of particular parameter; X_{cp} – average value of given parameter out of n measurements (taken in conditions close to design); a – factor, which depends on number of repetitions N , of the variation ratio C_V and asymmetry ratio C_S . The above ratios C_V and C_S are calculated using:

$$C_V = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X_{cp}} - 1 \right)^2}{n-1} \quad (2)$$

$$C_S = 2C_V \quad (3)$$

The factor a is defined according to (2) and (3) using [3].

Justification of particular indexes characterizing the driver's visual activities and skills

The visual activities of the driver are described by the following parameters:

- duration of sight (eye) fixation;
- duration of searching, observing and estimating components of sight (eye) movements (components of driver's visual activity);
- distance toward so-called visual information zones (three major zones are anticipated);
- sequence (algorithms) of visual information acquisition and proper timing of acquisition of specific relevant information (timely eye movements), etc.

All above stated parameters should be taken into account while judging the driver's visual skills. There are two principal ways of defining the overall assessment of driver's activity. In the first case the assessment of driver's activities is done using both particular and overall factors. For the purpose of obtaining the particular factors the driver's activities are subdivided into several groups (duration of sight (eye) fixation, duration of visual activity, distances toward information zones, shifts of attention, etc). Each group is has one or several factors (m_i) which defines partial mark of drivers activity.

All the particular specific parameters, in accordance with their influence on the final efficiency, are divided into two groups: one being of so-called increasing nature (i.e. dependability, safety, efficiency, timeliness, etc.), the other of decreasing nature (i.e. expenditure, time of information acquisition, etc.). Thus the norm-setting is done in accordance with the following [4]:

for increasing parameters

$$\mathcal{E}_i = \frac{E_i}{E_{maxi}}, \quad (4)$$

for decreasing parameters

$$\mathcal{E}_i = \frac{E_{mini}}{E_i}, \quad (5)$$

where: \mathcal{E}_i и E_i – accordingly, the standardized and the absolute value of i particular parameter; E_{max} and E_{min} – maximum (minimum) value of i particular parameter, which the present system or the system being design possess.

Justification of overall (integral) index.

The overall (integral) index can be defined using the following criteria:

$$h = \sum d_i \sum \beta_{ij} Q_{ij} \quad (6)$$

where: n – number of groups of particular marks; d_i – weighing factor, which takes into account the importance of i particular mark; m_i – the number of parameters in every group of particular marks; β_{ij} – weighing factor, which takes into account the importance of j parameter in i group; Q_{ij} – mark of j parameter for i group.

The factors d_i and β_{ij} are confined by the following conditions:

$$\sum_{i=1}^n d_i = 1, \quad \sum_{i=1}^m \beta_{ij} = 1 \quad (j=1, 2, 3, \dots, m_i) \quad (7)$$

The first approach implies the use of generalized mark R , which is weighted mean mark of all particular separate parameters marks.

The second approach is bases on the use of particular conditional relative units of measurement for assessment of driver's activity. Afterwards the obtained conditional relative units are transferred (using one of

the available estimation scales) into marks (for example, into four-grade mark system. Linear function is commonly used for acquiring the relative mark r :

$$r = \sum_{i=1}^n d_i q_i \quad (8)$$

where: q_i – standardized value of i particular parameter of driver’s activity. The standardization should be done in accordance (4) and (5). The standardizing values are chosen in such a manner that the results of driver’s activity are characterized by relative figure within the margins from 0 to 1.

For acquiring the integral mark the combination of all particular parameters is considered. Then the particular parameters are included in the overall mark each with its own specific “weight” (the later corresponds the importance of particular parameter within the considered system). Since each considered parameter has its own physical nature and its own according units measurement, all the parameters must be “scaled” to standardized non-dimensional form.

Efficiency of driver’s visual activity is presented as some totality of particular parameters. The assessment of visual activity using the additive function:

$$\mathcal{E}_{3Д} = \sum_{i=1}^n a_i \mathcal{E}_i, \quad (9)$$

where: a_i – “weighing” factors, the sum total of which should equal 1; n – number of particular parameters under consideration.

With above conditions met, the visual activity efficiency $\mathcal{E}_{3Д}$ stays within margins of 0 to 1 and represents the “coefficient of VIA efficiency”.

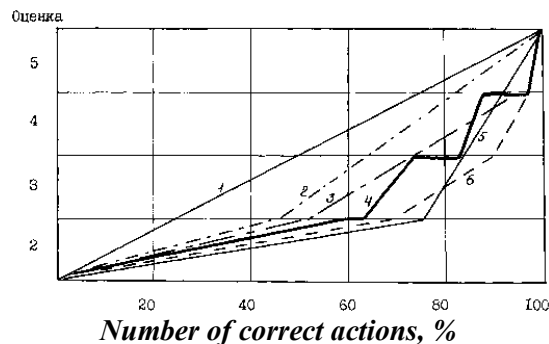


Fig. 1 – Transfer scales (from conditional values to final marks):

- 1 – linear scale; 2-5 – subjective scales;
- 6 – computer scale

Conversion of the resulting data to specific marks

Conversion of the resulting data to specific marks is done using the marks scales (fig.1). The most common is the linear scale. The scales 2, 3, 4, 5 correspond to the most widely used subjective assessments of driver’s activity [5-8]. The most accurate scale 6 is used for automated driver training (computer-based).

The efficiency of driver’s activity assessment is significantly increased by the automation of the assessment process and marks calculation. The automation of assessment process allows the use of algorithms, specific criteria and mathematics, which rule out undesired subjectivity. The automation of the assessment process also allows to process vast amount of information promptly and thus to achieve real-time assessment of driver’s activities.

One more important task is the control of acquiring and loss of skill by the driver in time (specifically during the training process). (fig. 2)[4].

The acquiring and the loss of skill process could be described by the equations:

$$I(t) = I_C - (I_C - I_H) \cdot e^{-\alpha t} \quad (10)$$

$$I(t) = I_C + (I_C - I_H) \cdot e^{-\beta t} \quad (11)$$

where I_H и I_C – correspondingly initial and stationary levels of driver’s skills levels (judged by overall index); α и β – the rate of acquiring and loss of skills correspondingly.

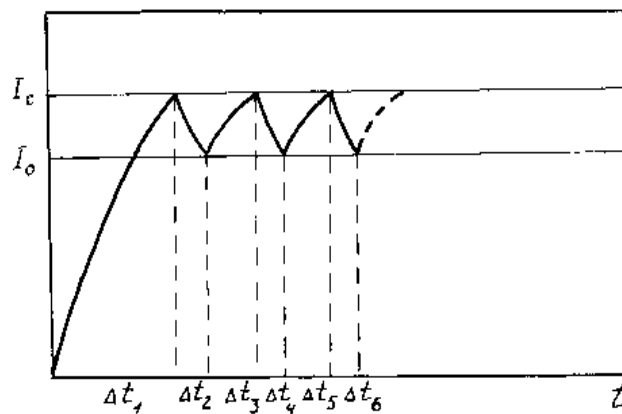


Fig. 2 – Acquiring - loss of skill by the driver in time

Conclusions. The implementation of methods for enhancement of visual information acquisition by the driver and methods for assessing the efficiency of visual information acquisition by the driver are two important directions for increasing the transport safety.

REFERENCES

1. WHO World Road Accidents Statistics Data. Geneva. WHO, 2010. 440 p. (Engl.)
2. Konopljanko V.I. Road traffic control and safety. Moscow: Transpor, 1997. 205 p. (Rus.)
3. Gusev O.V. Analysis of visual information acquisition by the driver. - Visnyk UTU. No. 3. 1999, 112-114 p. (Ukr.)
4. Gusev O.V. Improvement of road traffic safety via efficient visual information acquisition by driver. Ph.D. dissertation thesis. Kyiv: UTU. 1995. 21 p. (Rus.)
5. Gusev O.V. Analysis of statistics data and physiological assessment of road traffic accidents involving pedestrians. Visnyk NTU. 2003. No. 8. P. 174-180. (Ukr.)
6. Gusev O.V. The development of prediction models. Highways and highway construction. No. 7, Kiev, NTU, 2004. P. 77-79. (Engl.)
7. Gusev O.V. Improving the road transport safety. Visnyk NTU. 2004. No. 9. P. 98 – 103. (Engl.)
8. Gusev O.V. Freight safety in transportation. Kyiv: NTU, 2005. 156 p. (Ukr.)

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. WHO World Road Accidents Statistics Data. Geneva. WHO, 2010. 440 p. (Engl.)
2. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. / В.И. Коноплянко, М.: Транспорт, 1997. – 205. с.
3. Гусев О.В. Аналіз процесу збору водієм зорової інформації. / О.В. Гусев // Вісник УТУ, №3. – К.: НТУ, 1999. – С. 112-114.
4. Гусев А.В. Повышение безопасности движения автомобильного транспорта с учетом эффективности зрительных действий водителя./ А.В. Гусев // Автореф. дис. канд.техн.наук. – К. : УТУ, 1995. – 21 с.
5. Гусев О.В. Аналіз даних статистики та психологічна оцінка ДТП з участю пішоходів./ О.В. Гусев //Вісник НТУ, №8.–2003. – С. 174-180.
6. Gusev A.V. The development of prediction models. /Highways and highway construction, No. 7, Kiev, NTU, 2004. – P. 77-79. (Engl.)
7. Gusev A.V. Improving the road transport safety .Visnyk NTU, TAU.2004. No. 9. P. 98 – 103. (Engl.)
9. Гусев О.В. Забезпечення зберігання та безпеки вантажів на транспорті: [учбовий посібник] / О.В. Гусев. – К.: НТУ, 2005. – 156 с.

РЕФЕРАТ

Рутковська І.А. Розробка методів оцінки ефективності процесу збору зорової інформації водієм. / І.А.. Рутковська, О.В.Гусев, І.В. Хмельов // Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ – 2013. – Вип. 12.

Пропонований метод оцінки ефективності збору зорової інформації (ЗЗІ) водієм дозволяє вирішити такі завдання: визначити зворотний зв'язок навичок учня і навчального процесу (також, може бути використаним для підвищення ефективності процесу адаптивного навчання); забезпечити оцінку

рівня навичок водія; забезпечити контроль змін рівня сформованості навичок водіння в процесі навчання (а також на етапі професійної діяльності водія).

Пропонований метод включає наступні основні етапи: 1) Первинний збір даних (тобто тестування курсантів (учнів)). 2) Визначення критеріїв і розрахункові значення конкретних параметрів зорових дій по ЗЗІ (для завдань, що виконуються учнем (оператором)). 3) Обґрунтування конкретних показників, що характеризують зорову діяльність водія по ЗЗІ і сформованість відповідних навичок. 4) Обґрунтування загального (інтегрального) показника сформованої навички ЗЗІ. 5) Розрахунок і оцінка параметрів ЗЗІ. 6) Представлення отриманих результатів в бальному вигляді.

Був використаний імовірнісний підхід для отримання розрахункових параметрів процесу збору зорової інформації.

Зорова діяльність водія описуються наступними параметрами: тривалістю фіксації погляду; тривалістю пошукових дій, спостереження та оцінки; компонентами зорових дій; відстанню до так званих зон зорової інформації (три основні зони); послідовністю (алгоритмами) зорового збору інформації та необхідним часом придбання конкретних навичок ЗЗІ і т.д.

Ефективність оцінки діяльності водія значно збільшується за рахунок можливості забезпечення автоматизації цього процесу. Автоматизація процесу оцінки дозволяє використовувати алгоритми і конкретні критерії, що дозволяють виключати небажаний вплив суб'єктивних аспектів оцінки рівня сформованості навичок ЗЗІ. Автоматизація процесу оцінки також дозволяє обробляти значні масиви інформації оперативно і, таким чином, забезпечує можливість оцінки професійної діяльності водія в реальному масштабі часу.

Зроблено висновки. Так, наприклад, впровадження методів підвищення ефективності зорового збору інформації водієм і методи оцінки ефективності отримання зорової інформації водієм є двома важливими напрямками підвищення безпеки дорожнього руху, безпеки перевезень та безпеки на транспорті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗБІР ЗОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ, ЗОРОВІ ДІЇ ВОДІЯ, НАВИЧКА ЗБОРУ ЗОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ, КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗЗІ

ABSTRACT

Rutkovskaya I.A., Gusev A.V., Khmelev I.V. Development of methods for assessing the efficiency of visual information acquisition by the driver. Management of projects, system analysis and logistics. Kyiv. National Transport University. 2013. Vol. 12.

The method for assessing the efficiency of visual information acquisition (VIA) by the driver should enable to solve the following tasks: define the feed-back between the trainee and the training process (also, serve for the purposes of the adaptive training); provide the assessment and estimation of the driver skills level; control of changes in driver's skills levels in time (in the process of professional activity).

The proposed method includes the following stages: 1) The primary collection of data concerned (i.e. testing the trainees). 2) Definition of the criteria and the design values of specific visual activities (for specific operator's task). 3) Justification of particular indexes characterizing the driver's visual activities and skills. 4) Justification of overall (integral) index. 5) Calculation and evaluation of VIA. 6) Conversion of the resulting data to specific marks.

The probabilistic principle of defining the design values is being applied for acquiring designated design parameters.

The visual activities of the driver are described by the following parameters: duration of sight (eye) fixation;

duration of searching, observing and estimating components of sight (eye) movements (components of driver's visual activity); distance toward so-called visual information zones (three major zones are anticipated); sequence (algorithms) of visual information acquisition and proper timing of acquisition of specific relevant information (timely eye movements), etc.

The efficiency of driver's activity assessment is significantly increased by the automation of the assessment process and marks calculation. The automation of assessment process allows the use of algorithms, specific criteria and mathematics, which rule out undesired subjectivity. The automation of the assessment process also allows to process vast amount of information promptly and thus to achieve real-time assessment of driver's activities.

Conclusions were made, i.e. the implementation of methods for enhancement of visual information acquisition by the driver and methods for assessing the efficiency of visual information acquisition by the driver are two important directions for increasing the transport safety.

KEY WORDS: DRIVER, VISUAL INFORMATION ACQUISITION, VIA CRITERIA

РЕФЕРАТ

Рутковская И.А. Разработка методов оценки эффективности процесса сбора зрительной информации водителем / И.А. Рутковская, А.В.Гусев, И.В. Хмельёв // Управление проектами, системный анализ и логистика. К.: НТУ – 2013. – Вып. 12.

Предлагаемый метод оценки эффективности сбора зрительной информации (СЗИ) водителем позволяет решить следующие задачи: определить обратную связь навыков обучаемого и учебного процесса (также, может служить для повышения эффективности процесса адаптивного обучения); обеспечить оценку уровня навыков водителя; обеспечить контроль изменений уровня сформированности навыков вождения в процессе обучения (а также на этапе профессиональной деятельности водителя).

Предлагаемый метод включает следующие основные этапы: 1) Первичный сбор данных (т.е. тестирование курсантов (обучаемых)). 2) Определение критериев и расчетные значения конкретных параметров зрительных действий по СЗИ (для задач, выполняемых обучаемым (оператором)). 3) Обоснование конкретных показателей, характеризующих зрительную деятельность водителя по СЗИ и сформированность соответствующих навыков. 4) Обоснование общего (интегрального) показателя сформированного навыка СЗИ. 5) Расчет и оценка параметров СЗИ. 6) Представление полученных результатов в бальном исчислении.

Был использован вероятностный подход для получения расчетных параметров процесса сбора зрительной информации.

Зрительная деятельность водителя описывается следующими параметрами: продолжительностью фиксации взгляда; продолжительностью поисковых действий, наблюдения и оценки; компонентами зрительных действий; расстоянием до так-называемых зон зрительной информации (три основные зоны); последовательностью (алгоритмами) зрительного сбора информации и необходимым временем приобретения конкретных навыков СЗИ и т.д.

Эффективность оценки деятельности водителя значительно увеличивается за счёт возможности обеспечения автоматизации процесса. Автоматизация процесса оценки позволяет использовать алгоритмы и конкретные критерии, позволяющие исключать нежелательное влияние субъективных аспектов оценки уровня сформированности навыков СЗИ. Автоматизация процесса оценки также позволяет обрабатывать значительные массивы информации оперативно и, таким образом, обеспечивает возможность оценки профессиональной деятельности водителя в реальном масштабе времени.

Сделаны выводы. Так, например, внедрение методов повышения эффективности зрительного сбора информации водителем и методы оценки эффективности получения зрительной информации водителем являются двумя важными направлениями повышения безопасности дорожного движения, безопасности перевозок и безопасности на транспорте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СБОР ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ЗРИТЕЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ВОДИТЕЛЯ, НАВЫК СБОРА ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СЗИ

АВТОРИ:

Рутковська Інєса Анатоліївна, кандидат технічних наук, професор Національний транспортний університет, професор кафедри «Аеропорти», e-mail: avg_ntu@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, вул.Суворова 1, к.437.

Гусєв Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Аеропорти», e-mail: avg_ntu@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, вул.Суворова 1, к.437.

Хмельєв І.В, кандидат технічних наук, доцент Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортні технології», e-mail: hiv@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, вул.Суворова 1, к.440.

AUTHORS

Rutkovskaya Innesa A., Ph.D., professor National Transport University, professor department of airports, e-mail: ria@yandex.ua, tel.: +380442808402, Kiev, Ukraine, Suvorova Str. 1, rm.437.

Gusev Alexander V., Ph.D., associate professor National Transport University, associate professor department of airports, e-mail: avg_ntu@yandex.ua, tel.: +380442808402, Kiev, Ukraine, Suvorova Str. 1, rm.437.

Khmelev Igor V., associate professor National Transport University, associate professor department of transport technologies, e-mail: hiv@yandex.ua, tel.: +380442808402, Kiev, Ukraine, Suvorova Str. 1, rm.440.

АВТОРЫ:

Рутковская Инесса Анатолієвна, кандидат технічних наук, професор Національний транспортний університет, професор кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль», e-mail: avg_ntu@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, ул. Суворова 1, к.437.

Гусев Александр Владимирович, кандидат технічних наук, доцент Національний транспортний університет, доцент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль», e-mail: avg_ntu@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, ул. Суворова 1, к.437.

Хмельов Игорь Владимирович, кандидат технічних наук, доцент Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортні технології», e-mail: hiv@yandex.ua, тел. +380442808402, Київ, Україна, ул. Суворова 1, к.440.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ігнатенко О.С., доктор технічних наук, професор, Національна академія державного управління при президенті України, професор кафедри регіонального управління, місцевого самоврядування та управління містом, Київ, Україна.

Прокудін Г.С., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, Україна.

REVIEWER:

Ignatenko O.S., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Academi of State Management, professor, department of regeonal management, Kyiv, Ukraine.

Prokudin G.S., Ph.D., Dr.Sc. (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of international freight shipments and customs control, Kyiv, Ukraine.