

УДК 656.13
UDC 656.13

МОДЕЛЬ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Степанов О.В., кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна, ss_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

THE SECURITY MODEL VEHICLES USING FUZZY LOGIC

Stepanov A.V., Ph.D., Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine, ss_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Степанов А.В., кандидат технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина, ss_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

Вступ. Створити повну математичну модель безпеки АТЗ у системі ЛАДС проблематично через безліч взаємозв'язків, які неможливо описати в термінах класичної чіткої логіки. Формалізувати поняття «безпека АТЗ» також надзвичайно важко, тому що при русі АТЗ у транспортному процесі потрібно враховувати великий обсяг інформації і вміти її вірно використовувати. Один із способів вирішення цієї проблеми – створення інтелектуальних систем управління. При цьому фахівці особливу увагу приділяють руху АТЗ в колоні або по завантаженій магістралі, так як такий рух значно ускладнює систему управління та безпеку АТЗ.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Системи управління безпекою АТЗ набувають розвиток у бік підвищення їх адаптивності, тобто здатністю змінювати свої параметри в залежності від управляючих впливів водія і дорожніх умов. При цьому, для вирішення поставлених проблем у сучасних умовах, широке поширення набувають системи з використанням нечіткої логіки, тобто системи, які узагальнюють класичну двозначну логіку міркувань в умовах невизначеності [1-8]. Ідея управління цих систем полягає у введенні досвіду людини-оператора в розробку схеми, що управляє деяким динамічним процесом. Вирішуючи проблему безпеки АТЗ система дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ і застосовує схожі людські поняття. Прийняте рішення виходить більш адекватним, що є дуже актуальним питанням.

Постановка задачі. З використанням принципів нечіткої логіки отримати модель нейронної мережі системи контролю та управління безпекою АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини.

Рішення задачі. Введемо поняття «лінгвістична змінна» (ЛЗ), значеннями якої є не числа, а слова використовуваної мови, так звані «терми». Відомо, що однією з проблем безпеки АТЗ є швидкісний режим АТЗ. Розглянемо змінну «швидкість», яка може мати значення «висока», «середня», «низька». Фрази, значення яких бере змінна, в свою чергу, називаються іменами нечітких змінних.

Значення ЛЗ визначаються через нечіткі множини (НМ), які, в свою чергу, визначені на деякому базовому наборі значень або базової числової шкали, що має розмірність. Кожне значення ЛЗ визначається як нечітка множина (наприклад, НМ «висока швидкість»).

Нечітка безліч визначається через деяку базову шкалу B і функцію приналежності НМ – $\mu(x)$, $x \in B$, приймаючи значення на інтервалі $[0 \dots 1]$. Тобто, нечітка множина B – це сукупність пар виду $(x, \mu(x))$, де $x \in B$. Також B можна представити у наступному вигляді

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu(x_i)}, \quad (1)$$

де x_i – i -е значення базової шкали.

Функція приналежності визначає суб'єктивну міру впевненості водія в тому, що дане конкретне значення базової шкали відповідає визначенню НМ.

Розглянемо нечітку категорію «середня швидкість». У класичній теорії безліч A «середня швидкість» можна сформувати або перерахуванням значень середніх швидкостей АТЗ, або ввівши в розгляд характеристичну функцію f , таку, що для будь-якого об'єкта X

$$f(X) = \text{ИСТИНА тоді та тільки тоді, коли } X \in A. \quad (2)$$

У нашому випадку ця функція може відбирати значення швидкості, які менше 90 км/год.

$$P_{90}(X) = \begin{cases} \text{ИСТИНА, якщо } CAR(X) \text{ та } SPEED(X) < 90 \text{ км / год} \\ \text{НЕПРАВДА, в іншому випадку} \end{cases}. \quad (3)$$

Використовуючи предикат $CAR(X)$ і функцію $SPEED(X)$, можна сформувати безліч, елементами якої є тільки ті елементи множини CAR , швидкість яких менше 90 км/год.

$$\{X \in CAR \mid SPEED(X) < 90\}. \quad (4)$$

Представляючи всю безліч «середніх швидкостей», інтуїтивно здається, що межі цієї множини повинні бути розмиті, а належність елементів цієї безлічі повинна бути якимось чином ранжирована (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема ранжирування швидкості автомобіля
Figure 1 – The ranking Scheme of the vehicle speed

Прийmemo до уваги, що кожен автомобіль безлічі «середня швидкість» типовий для даної категорії. Отже, з допомогою деякої функції можна виразити ступінь приналежності елемента до множини.

Якщо для об'єкта X функція $\mu(X) = 1$, то цей об'єкт безумовно є членом безлічі, а якщо для нього $\mu(X) = 0$, то він безумовно не є членом безлічі. Всі проміжні значення $\mu(X)$ виражають ступінь належності до множини.

При розгляді безпеки АТЗ потрібна функція, що оперує зі швидкістю. Її можна визначити таким чином, що $fExp(30 \text{ км/год}) = 0$ і $fExp(60 \text{ км/год}) = 1$, а всі проміжні значення представляються деякою монотонною кривою, що має значення в інтервалі $[0, 1]$ (рис.2).

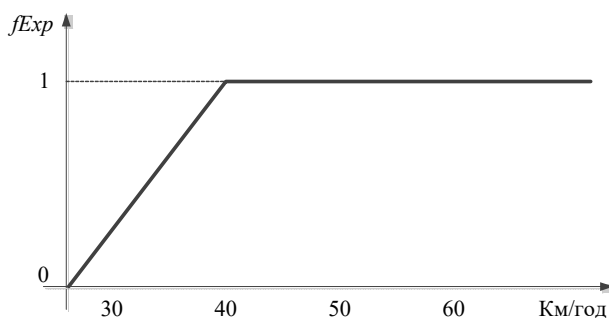


Рисунок 2 – Функція швидкості автомобіля
Figure 2 - is a Function of vehicle speed

Для визначення безлічі EXP_CAR автомобілів з середньою швидкістю, на підставі наведеної вище функції, можна ввести нову характеристичну функцію, визначену на множині всіх автомобілів

$$f_{EXP_CAR}(X) = f_{Exp}(SPEED(X)). \quad (5)$$

Членами цієї множини, стають пари (об'єкт, ступінь), наприклад: $EXP_CAR = \{(Subaru, 0,9), (Toyota, 0,6), (Kia, 0,1)\}$ (рис.3).

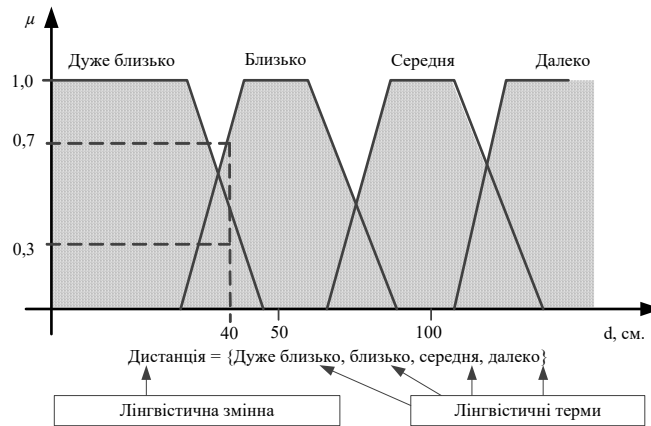


Рисунок 3 – Лінгвістична змінна «Дистанція» від автомобіля до об'єкту
Figure 3 – Linguistic variable "Distance" from the vehicle to the object

Розглянемо етапи обробки інформації при використанні нечіткої логіки:

1. Перший етап – на основі фазифікації – перетворення числового значення в символічне нечітке значення.
2. Другий етап – нечіткі міркування – нечіткий логічний висновок з використанням об'єднань і перетинів.
3. Третій етап – чітке прийняття рішення – дефазифікація – перетворення нечіткого символічного значення на число.

Як показує досвід провідних автомобілебудівних фірм: системи управління АТЗ розвиваються в одному напрямку – у бік підвищення їх адаптивності, тобто здатності змінювати свої параметри залежно від керуючих впливів водія і дорожніх умов.

Для одночасного урахування величезного різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього середовища і механізмів АТЗ необхідно створити інтелектуальну систему управління.

В основі цієї системи лежить нечітка логіка, подібна процесам мислення людини – нейронна мережа.

У свою чергу, нейронна мережа дозволяє водієві враховувати безліч факторів для безпечного керування АТЗ без помилок тому, що нейронна мережа видає рекомендації з мінімальною помилкою.

При роботі водія з нейронною мережею бажано її створити і навчити таким чином, щоб помилка параметра на її виході була мінімальна.

Помилка на виході, коли значення регульованого параметра дано, може бути представлена у вигляді

$$\varepsilon(\underline{x}, t) = [t(i) - y(\underline{x})]^2, \quad (6)$$

де: $y(\underline{x})$ - вихідна величина;

$t(i)$ - необхідне значення параметра i .

Не втрачаючи спільності міркувань, розглянемо один з виходів нейронної мережі.

Очікувана похибка для значень може бути представлена у вигляді

$$E\{\varepsilon(\underline{x}t)|i\} = \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(\underline{x})]^2 f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) dx, \quad (7)$$

де: $f_{\underline{x}}(\underline{x}|i)$ - умовна щільність вхідного сигналу.

Помилка, отримана за весь час тренування, дорівнює

$$\xi = \sum_{i=1}^T E\left\{\varepsilon\left(\frac{\underline{x}, i}{i}\right)\right\} p(i), \quad (8)$$

де: $p(i)$ являє собою апіорну ймовірність значень i (рис. 4).

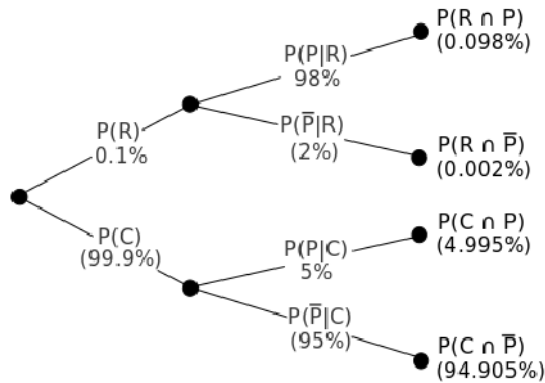


Рисунок 4 – Деревоподібна діаграма демонструє частотний приклад. R, C, P і P с рискою – це події, які є рідкісними, загальними, зразковими і не зразковими
 Figure 4 - is a Tree diagram shows an example of frequency. R, C, P, and P с the dash are events that are rare, General, exemplary and exemplary

Наведені на рисунку відсотки (в дужках) обчислюються. Відзначимо, що значення трьох незалежних подій дано, тому можливо обчислити зворотнє дерево.
 Вирішуючи спільно рівняння (7) і (8) одержимо

$$\xi = \sum_{i=1}^T \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(\underline{x})]^2 f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) d\underline{x} \cdot p(i). \quad (9)$$

Змінюючи порядок підсумовування і інтеграл у рівнянні (9) і застосовуючи теорему Байеса, отримаємо

$$f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) p(i) = p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right) \cdot f_{\underline{x}}(\underline{x}), \quad (10)$$

$$\xi = \int \sum_{i=1}^T [t(i) - y(\underline{x})]^2 p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right) f_{\underline{x}}(\underline{x}) dx. \quad (11)$$

Позначимо внутрішню частину підінтегральної функції наступним чином

$$\beta = \sum_{i=1}^T [t(i) - y(\underline{x})]^2 p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right). \quad (12)$$

Для конкретного значення точки \underline{x} , вихід є постійним $y(\underline{x}) = c$. Підставляючи це постійне значення в рівняння (12) і потім мінімізуючи значення по відношенню до вхідної величини, отримаємо

$$\frac{d\beta}{dc} = \sum_{i=1}^T -2[t(i) - c]p\left(\frac{i}{x}\right) = 0. \quad (13)$$

Рішення рівняння (13) є виходом $y(x)$, який відповідає мінімуму помилки

$$y(x) = c = \sum_{i=1}^T t(i)p\left(\frac{i}{x}\right). \quad (14)$$

Отримуючи значення $p\left(\frac{i}{x}\right)$ з рівняння (10) і підставляючи в (14) отримаємо

$$y(x) = \sum_{i=1}^T t(i) \frac{f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(t_i)}{f_x(x)}. \quad (15)$$

Згідно з теоремою про повну ймовірність [1] щільність вхідного сигналу можна записати у вигляді

$$f_x(x) = \sum_{i=1}^T b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i). \quad (16)$$

Підставивши рівняння (16) (15), отримаємо

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{i=1}^T t(i)b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{i=1}^T t(i)b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}. \quad (17)$$

Для функціональної апроксимації це рівняння може використовуватися безпосередньо, однак за умови роботи нейронної мережі, значення приймають 1 або 0, і тоді рівняння (17) може бути перетворено наступним чином

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{\text{нуль}}(t(i)) = 0 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i) + \sum_{\text{один}}(t(i)) = 1 b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{\text{нуль}} 0 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i) + \sum_{\text{один}} 1 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}. \quad (18)$$

Т. к. в нейронних мережах ефект дають значення 0 або 1, то на виході системи, що забезпечує середньоквадратичну помилку, отримаємо

$$\hat{y}(x) = \left[\frac{\sum_{\text{нуль}} b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{\text{один}} f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)} \right]. \quad (19)$$

Таким чином, $\sum_{\text{нуль}}$ являє собою суму всіх нулів на вході, а $\sum_{\text{один}}$ – відповідно суму всіх одиниць. Це впливає з рівняння (19). Якщо кількість значень нулів буде більше, ніж число значень одиниць, $\sum_{\text{нуль}} \square \sum_{\text{один}}$, то вихідне значення буде приймати нульове значення, або навпаки (рис. 5).

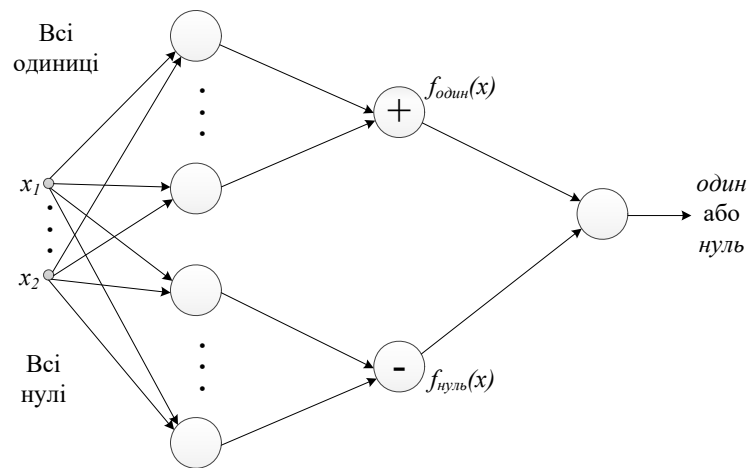


Рисунок 5 – Схема реалізації системи, що забезпечує мінімум середньоквадратичної помилки
 Figure 5 – Scheme of implementation of the system, providing a minimum mean square error

Таким чином, для самонавчальної системи управління, отримана модель нейронної мережі системи контролю і управління безпеки АТЗ в транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини, яка представлена на рис. 6.

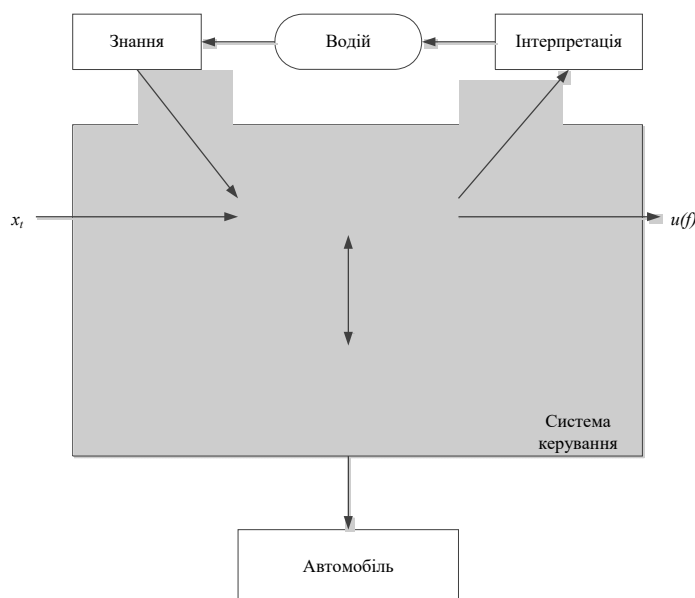


Рисунок 6 – Модель нейронної мережі системи контролю і управління безпеки АТЗ в транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини
 Figure 6 – neural network Model of system control of safety of ATS in the transport process taking into account the influence of the human factor

Висновки. Встановлено, що вирішуючи проблеми безпеки АТЗ нейронна мережа системи з використанням нечіткої логіки дозволяє підлаштуватися під манеру керування водія АТЗ, при цьому, замість двійкових кодів застосовує схожі людські поняття. Але, незважаючи на це, не можна повністю виключити фактор людини при управлінні АТЗ у транспортному процесі тому, що машинна нейронна мережа системи безпеки АТЗ поступається нейронній мережі людини і не може гнучко реагувати на раптові зміни дорожньої обстановки. Водій АТЗ виступає в ролі керуючої частини, яка виконує в умовах безперервних перешкод функції прийому і переробки інформації, формує керуючий сигнал і за допомогою ефекторів впливає на безпеку АТЗ. У цьому випадку має місце так звана «надійність» водія для безпечного керування АТЗ у транспортному процесі, що потребує подальших роздумів та досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999.— 576 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 166 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.
4. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / К.Асаи, Д.Ватада, С.Иваи и др.; под редакцией Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугено. — М.: Мир, 1993. — 368 с.
5. *Udgment under Uncertainty: Heuristics and Biases* / Daniel Kahneman, et al. — 21st. — Cambridge University Press, 2005. — 555 p.
6. Stone J.V. (2013). Chapter 1 of book «Bayes’ Rule: A Tutorial Introduction», University of Sheffield, England
7. Матеріали сайту «Neural Networks and Deep Learning». – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html>
8. Матеріали сайту «DocPlayer». – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/30547879-Nechetkaya-logika-i-nechetkie-mnozhestva-lekciya-2-3-intellektualnye-sistemy-v-mashinostroenii.html>

REFERENCES

1. Venttsel E.S. (1999). *Teoriya veroyatnostey: Ucheb. dlya vuzov.* [Probability theory: Studies. for universities]. Vyissh. shk. — Higher. School, 6-e izd. ster., 576 s. [in Russian]
2. Zade L. (1976). *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennyih resheniy.*[The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Mir. — World. 166 s. [in Russian].
3. Kofman A. (1982). *Vvedeniye v teoriyu nechetkih mnozhestv.* [Introduction to fuzzy set theory]. Radio i svyaz — Radio and communication, 432 s. [in Russian]
4. K.Asai, D.Vatada, S.Ivai i dr. (1993). *Prikladnyie nechetkie sistemyi: Per. s yapon.* [Applied fuzzy systems: Translation from Japanese] pod redaktsiyei T.Terano, K.Asai, M.Sugeno. Mir. — World. 368 s. [in Russian].
5. *Udgment under Uncertainty: Heuristics and Biases* / Daniel Kahneman, et al. — 21st. — Cambridge University Press, 2005. — 555 p. [in English].
6. Stone, JV (2013). Chapter 1 of book «Bayes’ Rule: A Tutorial Introduction», University of Sheffield, England [in English].
7. Site “Neural Networks and Deep Learning” (n.d.) *neuralnetworksanddeeplearning.com*. Retrieved from <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html> [in English]
8. Site “DocPlayer” (n.d.) *docplayer.ru*. Retrieved from <http://docplayer.ru/30547879-Nechetkaya-logika-i-nechetkie-mnozhestva-lekciya-2-3-intellektualnye-sistemy-v-mashinostroenii.html>

РЕФЕРАТ

Степанов О.В. Модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки / О.В.Степанов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті показана математична модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки.

Об'єкт дослідження – фактор людини в системі безпеки автотранспорту в транспортному процесі.

Мета роботи - Розглянути модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки

Метод дослідження - математичний.

Стаття присвячена дослідженню закономірностей впливу фактора людини на безпеку автотранспорту у транспортному процесі. Для одночасного урахування величезного різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього

середовища і механізмів АТЗ необхідно створити інтелектуальну систему управління. В основі цієї системи лежить нечітка логіка, подібна процесам мислення людини – нейронна мережа. У свою чергу, нейронна мережа дозволяє водієві враховувати безліч факторів для безпечного керування АТЗ без помилок тому, що нейронна мережа видає рекомендації з мінімальною помилкою.

При роботі водія з нейронною мережею бажано її створити і навчити таким чином, щоб помилка параметра на її виході була мінімальна. Автор приходять до висновку, що вирішуючи проблеми безпеки АТЗ нейронна мережа системи з використанням нечіткої логіки дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ, при цьому, замість двійкових кодів застосовує схожі людські поняття. Але, незважаючи на це, не можна повністю виключити фактор людини при управлінні АТЗ у транспортному процесі тому, що машинна нейронна мережа системи безпеки АТЗ поступається нейронній мережі людини і не може гнучко реагувати на раптові зміни дорожньої обстановки. Водій АТЗ виступає в ролі керуючої частини, яка виконує в умовах безперервних перешкод функції прийому і переробки інформації, формує керуючий сигнал і за допомогою ефекторів впливає на безпеку АТЗ. У цьому випадку має місце так звана «надійність» водія для безпечного керування АТЗ у транспортному процесі, що потребує подальших роздумів та досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕЙРОННА МЕРЕЖА, АВТОТРАНСПОРТ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, МОДЕЛЬ, БЕЗПЕКА, ВОДІЙ.

ABSTRACT

Stepanov A.V. The security vehicles model using fuzzy logic. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article is devoted to the study of the laws of the human factor influence on the safety of vehicles in the transport process. To simultaneously take into account the huge variety of information, different circumstances and situations, the characteristics of the control actions of the driver, the environment and the mechanisms of vehicle, it is necessary to create an intelligent control system. At the heart of this system is fuzzy logic, similar to the processes of human thinking – neural network. In turn, the neural network allows the driver to take into account many factors for safe management of vehicle without errors so that the neural network gives recommendations with a minimum error.

When the driver is working with a neural network, it is desirable to create and train it in such a way that the error of the parameter at its output is minimal. The author comes to the conclusion that solving the security problems of vehicle neural network system using fuzzy logic allows you to adapt to the manner of management of the vehicle driver, at the same time, instead of binary code uses similar human concepts. But, despite this, it is impossible to completely exclude the human factor in the management of the vehicle in the transport process because the machine neural network of the PBX security system is inferior to the human neural network and can not respond flexibly to sudden changes in the road situation. The vehicle driver acts as a control part that performs the functions of receiving and processing information in conditions of continuous interference, forms a control signal and affects the safety of the vehicle with the help of effectors. In this case, there is a so-called "reliability" of the driver for the safe management of the PBX in the transport process, which requires further thought and research.

РЕФЕРАТ

Степанов А.В. Стендовые исследования систем активной безопасности автотранспорта / А.В.Степанов // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье показана математическая модель безопасности автотранспорта с использованием нечеткой логики.

Объект исследования – фактор человека в системе безопасности автотранспорта в транспортном процесс.

Цель работы – Рассмотреть модель безопасности автотранспорта с использованием нечеткой логики

Метод исследования - математический.

Статья посвящена исследованию закономерностей влияния фактора человека на безопасность автотранспорта в транспортном процессе. Для одновременного учета огромного многообразия информации, различных обстоятельств и ситуаций, характеристик управляющих воздействий водителя, внешней среды и механизмов АТС необходимо создать интеллектуальную систему управления. В основе этой системы лежит нечеткая логика, подобная процессам мышления человека – нейронная сеть. В свою очередь, нейронная сеть позволяет водителю учитывать множество факторов для безопасного управления АТС без ошибок так, что нейронная сеть выдает рекомендации с минимальной ошибкой.

При работе водителя с нейронной сетью желательно ее создать и обучить таким образом, чтобы ошибка параметра на его выходе была минимальная. Автор приходит к выводу, что решая проблемы безопасности АТС нейронная сеть системы с использованием нечеткой логики позволяет подстраиваться под манеру управления водителя АТС, при этом, вместо двоичных кодов применяет схожие человеческие понятия. Но, несмотря на это, нельзя полностью исключить фактор человека при управлении АТС в транспортном процессе потому, что машинная нейронная сеть системы безопасности АТС уступает нейронной сети человека и не может гибко реагировать на внезапные изменения дорожной обстановки. Водитель АТС выступает в роли управляющей части, которая выполняет в условиях непрерывных помех функции приема и переработки информации, формирует управляющий сигнал и с помощью эффекторов влияет на безопасность АТС. В этом случае имеет место так называемая «надежность» водителя для безопасного управления АТС в транспортном процессе, что требует дальнейших размышлений и исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, АВТОТРАНСПОРТ, НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, МОДЕЛЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ВОДИТЕЛЬ.

АВТОР:

Степанов Олексій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху, e-mail: cc_7@ukr.net, тел. 066-770-30-96, Україна, 61002, м.Харків, вул. Петровського, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

AUTHOR:

Stepanov Alexey Viktorovich, PhD, associate professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, assistant professor of organization and safety of traffic, e-mail: cc_7@ukr.net, tel.: +380667703096, Ukraine, 61002, Kharkov, st. Petrovsky, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

АВТОР:

Степанов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, доцент кафедры организации и безопасности дорожного движения, e-mail: cc_7@ukr.net, тел. 066-770-30-96, Украина, 61002, г.Харьков, ул. Петровского, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Полянський О.С., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харків, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Polanskij A.S., doctor of technical sciences, professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, professor of mechanical engineering and repair of machines, Kharkov, Ukraine.

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of automobile department, Kyiv, Ukraine.