

УДК 629.34.025

**Вадим Анатолійович СІВАК,**  
*кандидат технічних наук, доцент, докторант докторантури  
Національної академії Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ УПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОРГАНІВ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ**

У даній статті проведено ознайомлення та здійснено порівняльний аналіз можливостей класичних та нових інформаційних технологій, а саме нейронних мереж та елементів нечіткої логіки. Розкрито тенденцію розвитку інтелектуальних систем управління, розглянуто області найбільш ефективного застосування сучасних інформаційних технологій, а також визначено перспективи щодо їх упровадження у вирішення проблеми підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів ООДК.

Крім того, у статті наведено приклади використання нейронних мереж та елементів нечіткої логіки у дослідженнях українських та зарубіжних провідних вчених у галузі експлуатації транспортних засобів.

**Ключові слова:** нейронні мережі, інформаційні технології, нечітка логіка, транспортні засоби, безпека експлуатації.

© Сівак В. А.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** З метою підтримання справності та працездатності транспортних засобів (ТЗ) та недопущення відмов і несправностей, які призводять до виникнення аварійних ситуацій, а досить часто і дорожньо-транспортних пригод (ДТП), у підрозділах та органах охорони державного кордону (ООДК) проводиться цілий комплекс організаційних заходів, який, на жаль, не завжди є дієвим [1].

Поряд з цим, у процесі управління технічним станом ТЗ та їх безпечної експлуатації досить актуальною постає проблематика впровадження нових інформаційних технологій у дослідження шляхів вирішення проблеми підтримання безпечної експлуатації ТЗ підрозділів та ООДК.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор.** Досвід із дослідження питань використання нових інформаційних технологій в галузі експлуатації ТЗ, у тому числі проблематики експлуатаційної безпеки, здійснювався в наукових працях таких вчених, як Є. К. Гордієнко, В. І. Васільєв та ін. [2–3]. Однак існує необхідність проаналізувати можливість використання та адаптації результатів даних досліджень у площині специфіки вирішення проблеми безпеки експлуатації ТЗ в умовах виконання оперативно-службових завдань підрозділами та ООДК.

**Метою даної статті** є розгляд і порівняльна оцінка можливостей упровадження нових інформаційних технологій, зокрема нейронних мереж, у вирішення проблеми підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів ООДК.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як показує огляд останніх наукових праць у галузі експлуатаційної безпеки ТЗ, досить великі перспективи у створенні методів і засобів підвищення їх безпеки експлуатації мають нові інформаційні технології, тому провідні автомобільні фірми, а також зарубіжні та вітчизняні вчені проводять інтенсивні дослідження в галузі створення нових інтелектуальних систем, здатних оптимізувати складні процеси, що відбуваються в системі “Автомобіль – Водій – Дорога”.

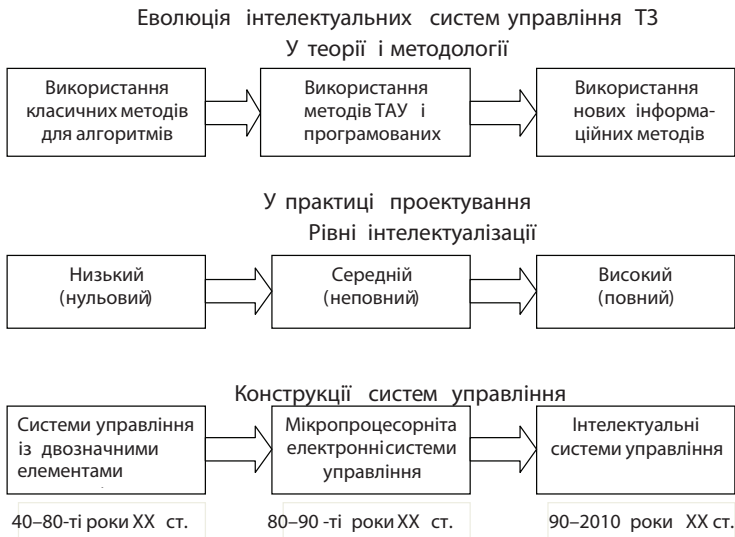
До таких нових інформаційних технологій належать, у першу чергу, технології, які засновані на використанні штучних нейронних мереж (нейромережні технології), і технології, засновані на застосуванні нечіткої логіки (технології Fuzzy Logic). При цьому автоматизовані системи управління ТЗ (у тому числі і системи активної безпеки) набувають риси інтелектуальних систем. На рис. 1 схематично показані етапи розвитку автомобільних систем від нижчого рівня інтелектуалізації до вищого, а на рис. 2 представлені сфери доцільного застосування інформаційних технологій залежно від складності об'єкта та повноти інформації про нього [4].

На першій стадії у 40–80-х роках минулого століття системи управління реалізовувалися в основному на двозначних елементах (всілякі реле, граничні датчики тощо) і створювалися з використанням класичних методів механіки та булевої алгебри. Вони, як правило, не реалізовували будь-яких складних алгоритмів.

На другій стадії (80–90-ті роки минулого століття) автоматизація розвивалася шляхом широкого впровадження в конструкцію автомобільних систем мікропроцесорів і мікроелектроніки.

Розвиток засобів обчислювальної техніки, застосування бортових ЕОМ і мікрокомп'ютерів дозволили записувати в пам'ять процесора різні програми керування. У результаті збільшилася надійність і ефективність управління, знизилися габарити систем. Однак залишилися недоліки, серед яких головними були неадаптивність алгоритмів і їх "жорстка логіка". Суть цих недоліків, на думку автора, полягає в тому, що для перепрограмування системи необхідний демонтаж мікроконтролера, його розкриття та коригування програми в лабораторних умовах фахівцями високого класу, що вимагає великих тимчасових і трудових витрат.

У таких системах алгоритми функціонування визначаються самою схемотехнікою елементів. Недоліком пристроїв цього етапу є також неможливість обліку різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього середовища і механізмів ТЗ.

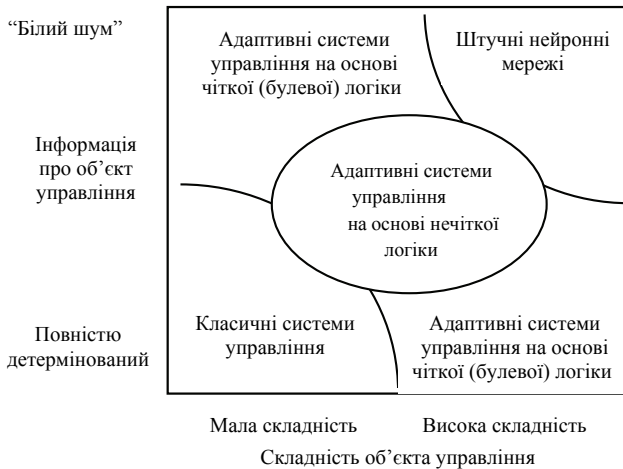


**Рис 1.** Тенденція розвитку інтелектуальних систем управління ТЗ

Виникнення в 90-х роках минулого сторіччя нових засобів і методів отримання, подання та обробки інформації стимулювало появу і розвиток перспективних систем управління з використанням технологій штучного інтелекту. Почалася нова ера в автоматизації управління ТЗ – ера інтелектуальних систем управління. При цьому інтелектуалізація вийшла на вищий рівень.

Це дозволило вирішити низку проблем з адаптацією систем ТЗ до зміни різних ситуацій та отриманням достовірної інформації в режимі реального часу.

Таким чином, перспективи застосування нових інформаційних технологій (зокрема, нейронних мереж та нечіткої логіки) для вирішення завдань створення систем забезпечення безпеки експлуатації ТЗ, у тому числі і систем запобігання виникненню небезпечних несправностей, а також діагностичних засобів для їх виявлення здаються нам досить оптимістичними.



**Рис. 2.** Сфери найбільш ефективного застосування сучасних інформаційних технологій

Реальні приклади застосування інтелектуальних технологій у системах забезпечення безпеки руху ТЗ можна зустріти в моделях майже всіх провідних фірм світу [5].

Так, на останніх моделях японської фірми “Міцубісі” широко застосовуються як нейромережні технології (система безпеки PreSave, управління АБС і двигуном), так і технології нечіткої логіки (управління режимами перемикання автоматичної коробки передач, круїз-контроль).

Застосування нечіткої логіки дозволяє зробити алгоритми управління, які адаптуються до конкретних умов експлуатації. Розглянемо, для прикладу, класифікацію водіїв за стилем водіння.

У системах, побудованих на звичайній логіці, закладений алгоритм, згідно з яким вважається, що коли натиснута педаль акселератора до половини ходу (50 %) (рис. 3), то водій їде спокійно. А коли ступінь натиснення педалі газу виявляється більше половини, то водій – “спортсмен”. І, виходячи з цього жорсткого визначення, електроніка пізнає ситуацію з 49 % натисканням як “спокійну”, у той час як ще один відсоток ходу педалі відразу, стрибком, переводить водія в ранг “спортивних” драйверів.



Рис. 3. Класифікація на основі звичайної логіки

Звичайно, при нормальному режимі експлуатації ТЗ такого не повинно бути. Є тільки одна можливість більш точно описати ситуацію: використовуючи не абсолютні поняття спортивний – не спортивний, а відносні критерії нечіткої логіки (fuzzy logic) – більш спортивний – менш спортивний. Причому аналіз відбувається не в одну стадію, а у кілька, при цьому використовуються досить складні обчислювальні алгоритми.

Наприклад (рис. 4), ми заклали в пам'ять електронного блока, що працює за принципами нечіткої логіки, поняття “ступінь натиснення педалі газу великий”, описане деякою кривою 2. Якщо водій втопив педаль на 60 % ходу, то електроніка знає, що зараз поняття “натиснута педаль газу сильно” відповідає 40 %.

Виходячи з цього, вона підраховує “центр тяжіння” заштрихованої ділянки, яка лежить під 40 % рівнем кривої 3, та, у свою чергу, визначає ступінь “спортивності” водія – у даному випадку 50 %, тобто згідно із закладеними в блок керування правилами 60 % натискання педалі акселератора свідчить про 50 % “спортивності” водія. А потім процесор, урахувавши при цьому всі інші фактори (поточну і середню швидкість руху, обороти і навантаження двигуна, режим гідротрансформатора тощо), піддає отримане поняття “спортивності” поведінки подальшим аналізом і кожен раз робить настільки ж складні обчислення.

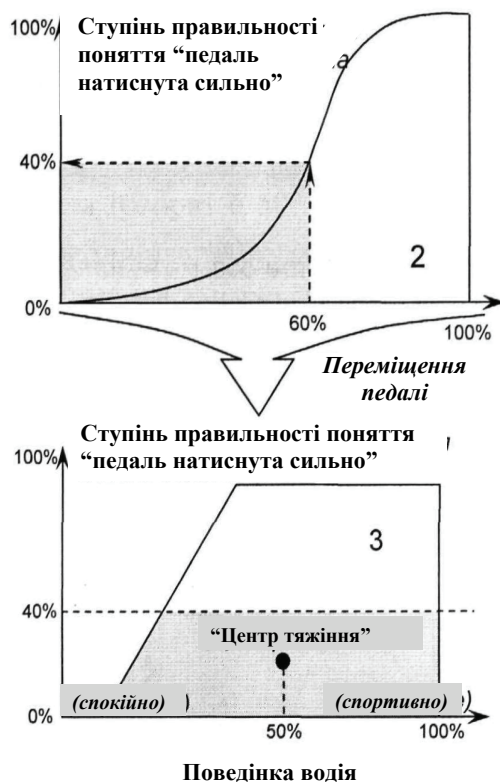


Рис. 4. Класифікація стилю керування на основі нечіткої логіки (Fuzzy Logic)

Відомі успішні розробки діагностичних засобів на основі нечіткої логіки в галузі медицини, авіаційної і космічної техніки, нафтового і газового обладнання тощо [6]. Як зазначається багатьма вченими, що працюють в галузі практичного застосування технологій Fuzzy Logic, головною проблемою при побудові інтелектуальних компонентів на нечіткій логіці є проблема побудови терм-множин лінгвістичних змінних, що використовуються в конкретному об'єкті. Відзначається, що методики їх побудови визначаються особливостями конкретної предметної області.

Відомі розробки вчених НХАДУ [7] у сфері застосування нейронних мереж (НМ) в системах ТЗ, виходячи з концепції мехатроніки.

Це дозволить, на їх думку, поєднати переваги адаптивних нейромереж з перевагами раціонального конструювання законів управління. Для цього достатньо навчити нейронні мережі виробляти не управляючі впливи, а передбачати як можна точніше помилку раціональної оцінки таких впливів, тобто описувати відмінності раціональної моделі і реальної системи “людина – автомобіль”. Тим самим закон керування ТЗ виявиться розкладеним на дві проєкції: раціональну, отриману на виході традиційної моделі, та ірраціональну (хаотичну), яка отримана на виході нейронної мережі і описує ті взаємозв’язки між необхідними керуючими впливами та відомими характеристиками системи, які не піддаються формальному опису.

У сукупності ці дві складові утворюють закон регулювання нового типу, який при відповідному навчанні нейромережі буде з необхідною точністю відповідати заданим показникам якості регулювання. При цьому для формування навчальної вибірки можна використовувати результати випробування конкретного ТЗ в заводських умовах.

Роботу такої системи управління ТЗ пояснює рис. 5.

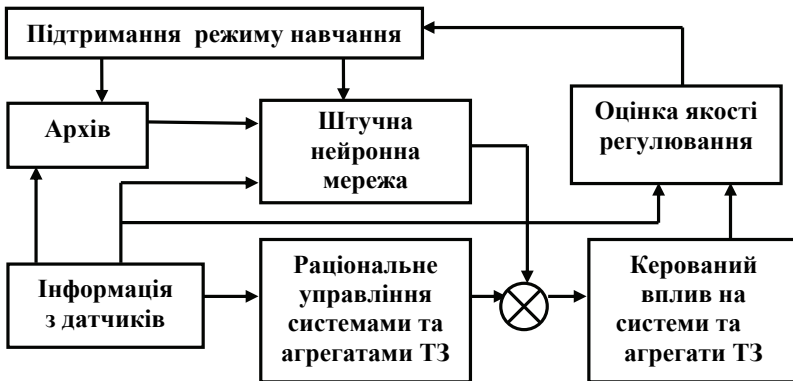


Рис. 5. Схема управління системами й агрегатами ТЗ з використанням нейромережі



Відповідно, може виникнути запитання: що ж таке нейронна мережа і чому вона знаходить таке широке застосування?

Як свідчать наукові джерела, які наведені вище, під штучною нейронною мережею (ШНМ) розуміється клас аналітичних методів, побудованих на гіпотетичних принципах навчання мислячих істот і функціонування мозку, які дозволяють прогнозувати значення деяких змінних у нових спостереженнях, за даними інших спостережень після проходження етапу так званого навчання на наявних даних.

Основними перевагами нейронних мереж є те, що їх основу складають відносно прості, найчастіше однотипні, елементи (клітинки), що імітують роботу нейронів мозку – “формальні нейрони”.

Кожен формальний нейрон характеризується своїм поточним станом за аналогією з нервовими клітинами головного мозку, які можуть бути збуджені або загальмовані. Він має групу синапсів – односпрямованих вхідних зв'язків, сполучених з виходами інших нейронів, а також аксон – вихідний зв'язок даного нейрона, з якого сигнал (збудження або гальмування) надходить на синапси наступних нейронів. Загальний вид формального нейрона показаний на рис. 6.

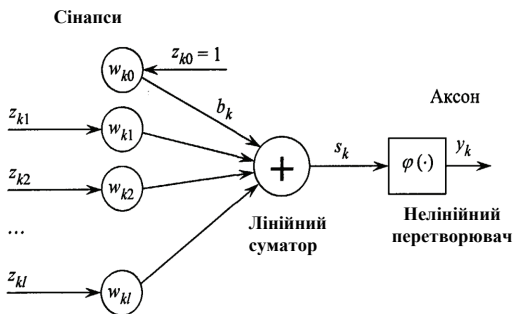


Рис. 6. Структура формального нейрона

Кожен синапс характеризується величиною синаптичного зв'язку або його вагою  $w_{kj}$ , який за фізичним змістом еквівалентний електричній провідності. Поточний стан нейрона визначається як зважена сума його входів:

$$S_k = \sum_{j=0}^l w_{kj} \cdot z_{kj}. \quad (1)$$

Виходом нейрона є функція його стану, яка називається активаційною і може мати різний вигляд. Найбільш поширена так звана сигмоїдна активаційна функція (рис. 7):

$$\varphi(A) = \frac{A}{c+|A|}, \quad (2)$$

де  $c$  – параметр, що визначає крутизну функції.

Нейронна мережа являє собою паралельне обчислювальне середовище, де як елементарні процесори виступають нейрони, з'єднані між собою певним чином. Розглядаючи класифікацію нейронних мереж, можна виділити бінарні (цифрові) і аналогові нейронні мережі, ті, які навчаються, і самонавчальні. Нейронні мережі можна також класифікувати за топологією (числа шарів і зв'язків між ними). На сьогодні відомо понад 200 різновидів нейронних мереж [8].

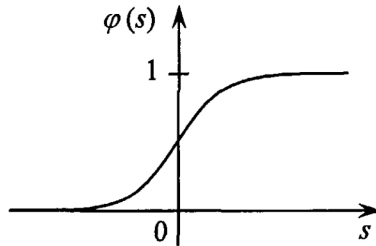


Рис. 7. Сигмоїдна функція активації нейрона

Вибір структури мережі здійснюється відповідно до особливостей і складності завдання, яке вирішується. Для вирішення деяких окремих типів завдань вже існують оптимальні на сьогодні конфігурації. Якщо ж завдання не може бути зведене ні до одного з відомих типів, розробнику доводиться синтезувати нову конфігурацію.

Для того щоб нейронна мережа виконувала покладені на неї функції, її необхідно навчити. Від якості навчання залежить здатність мережі вирішувати поставлені перед нею проблеми. Навчається нейронна

мережа на прикладах. Користувач мережі підбирає представницьку вибірку прикладів вхідних даних і необхідних реакцій мережі на ці дані (наприклад, вибірку значень діагностичних параметрів і відповідних їм несправностей), після чого запускає алгоритм навчання. Існує безліч різних алгоритмів навчання. Суть більшості з них зводиться до ітераційної зміни ваги синаптичних зв'язків у напрямку зменшення помилки мережі (наприклад, помилки постановки діагнозу) при циклічному пред'явленні їй даних навчальної вибірки. У процесі навчання мережа накопичує знання у своїй структурі. Правильно навчена нейронна мережа реагує заданим чином не лише на ті відомості, які входили в навчальну вибірку, але і поширює накопичений досвід на нові вхідні дані, реагуючи на них належним чином.

Конкретна реалізація нейромережних методів обробки даних може здійснюватися різними способами. Нейромережні системи, реалізовані на апаратних платформах універсальних RISC або CISC процесорів на програмному рівні, називають нейромемулаторами. Нейромережні системи, реалізовані на елементній базі універсальних процесорів або цифрових процесорів сигналів у вигляді плат розширення стандартних обчислювальних засобів, називають нейроприскорювачами. І, нарешті, системи, реалізовані на спеціалізованій елементній базі у вигляді функціонально закінчених обчислювальних пристроїв, називають нейрокомп'ютерами.

Виходячи з особливостей завдання управління системами й агрегатами ТЗ, оптимальною, на думку харківських учених, є реалізація нейронних мереж у вигляді нейромемулатора. У деяких випадках, при жорстких вимогах до швидкодії системи, може виявитися єдино можливою реалізація у вигляді функціонально закінченого обчислювального пристрою. Що стосується конкретної структури нейронної мережі, то тут найбільш перспективними є такі:

1. Багатошаровий перцептрон – найбільш вивчена і найбільш часто використовувана архітектура мережі, для якої був розроблений найвідоміший варіант алгоритму навчання – так званий алгоритм зворотного поширення помилки.

2. Ядерні нейронні мережі – мережі, в яких утворюючим елементом виступає не окремий формальний нейрон, а нейронний модуль (ядро), який утворений групою нейронів, що мають загальне рецепторне поле. При цьому рецепторні поля різних ядер не перетинаються.

3. RBF мережі – нейронні мережі, що мають один проміжний шар з нейронів з радіально-симетричними активаційними функціями. Їх характерними особливостями є здатність моделювати довільну нелінійну функцію за допомогою всього одного проміжного шару нейронів і надзвичайно швидко здатність до навчання. Крім того, для навчання таких мереж легко застосувати генетичні алгоритми, що дозволяє уникнути попадання в локальні мінімуми в процесі навчання, при складній поверхні помилки.

4. Мережі Кохонена – мережі, розраховані на самонавчання (навчання без вчителя), при цьому навчальні дані містять лише значення вхідних змінних. Дані мережі можуть розпізнавати кластери в масиві даних, а також установлювати близькість класів, виявляючи структуру даних.

5. Мережі зустрічного розповсюдження – мережі, в яких об'єднані два відомих алгоритми: самоорганізована карта Кохонена і зірка Гросберга. Особливістю таких мереж є їх здатність до швидкого навчання, а також досить хороша узагальнююча здатність, яка дозволяє мережі отримувати правильний вихід навіть при додатку дещо невірною або неповною вхідного вектора.

6. Мережа АРТ – нейронні мережі, що являють собою векторний класифікатор, в якому вирішується дилема стабільності пластичності. Вхідний вектор класифікується залежно від того, на який з тих векторів, які були заповнені раніше запам'ятованих, він схожий. Своє рішення мережа виражає у формі збудження одного з нейронів. Якщо визначено, що вхідний вектор не схожий ні на один з раніше запам'ятованих векторів, створюється нова категорія за допомогою запам'ятовування образу, ідентичного нового вхідного вектора. Якщо вхідний образ схожий на один з раніше запам'ятованих векторів з точки зору визначеного критерію подібності, тоді запам'ятований вектор

буде змінюватися під впливом вхідного вектора, щоб стати більш схожим на нього.

При розробці конкретних систем на основі нейронних мереж необхідний аналіз переваг і недоліків конкретного типу мережі при вирішенні тієї чи іншої поставленої задачі. Для вирішення складних завдань оперативного управління ТЗ при гострому дефіциті часу нейронні мережі виявляються ефективніше пристроїв на нечіткій логіці.

**Висновки.** Отже, ураховуючи висвітлену інформацію, перспективи застосування нових інформаційних технологій (зокрема, нейронних мереж та нечіткої логіки) для вирішення завдань створення систем забезпечення безпечної експлуатації ТЗ ООДК, а також діагностичних засобів для контролю стану їх експлуатаційної безпеки вбачаються досить оптимістичними.

### Список використаної літератури

1. Кривий В. І. Доповідь на Колегії ДПСУ “Про стан та перспективи технічного переоснащення ООДК, а також стан безпеки дорожнього руху : матеріали підсумкового засідання Колегії Державної прикордонної служби України за підсумками 2014 року / В. І. Кривий. – К. : АДПСУ, 2014. – 45 с.
2. Гордиенко Е. К. Искусственные нейронные сети. Основные определения и модели / Е. К. Гордиенко, А. А. Лукьяница // Техническая кибернетика. – 1994. – № 5. – С. 79–92.
3. Васильев В. И. Перспективы использования нейросетевых технологий при проектировании и эксплуатации транспортных средств / В. И. Васильев, Д. И. Дик // Прогрессивные формы организации процессов технической эксплуатации автомобилей и специальной нефтепромышленной техники : межвуз. сб. науч. тр. – Тюмень, 2004. – С. 34–39.
4. Ахметшин А. М. Самообучающаяся антиблокировочная тормозная система колесных машин / А. М. Ахметшин. – М., 2002. – 140 с.
5. Тарасик В. П. Интеллектуальные системы управления транспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Мн. : УП “Технопринт”, 2004. – 512 с.
6. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника : Теория и практика / Ф. Уоссермен. – М. : Мир, 1992. – 240 с.

7. Мехатроника. Основные понятия / О. П. Алексеев, В. П. Алексеев, Ю. М. Суярко, С. В. Браженко // Вестник ХГАДТУ : сб. научн. тр. – 2000. – Вып. 12–13. – С. 196–198.

8. Горбань А. Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. – Новосибирск : Наука ; Сибирск. издательская фирма РАН, 1996. – 276 с.

*Рецензент – доктор технічних наук, професор Андрощук О. С.*

*Стаття надійшла до редакції 20.02.2015.*

**Сивак В. А. Исследование возможностей внедрения новых информационных технологий в решении проблемы повышения безопасности эксплуатации транспортных средств органов охраны государственной границы**

В данной статье проведено ознакомление и осуществлен сравнительный анализ возможностей классических и новых информационных технологий, в частности нейронных сетей и элементов нечеткой логики. Раскрыта тенденция развития интеллектуальных систем управления, рассмотрены области наиболее эффективного применения современных информационных технологий, а также определены перспективы относительно их внедрения в ходе решения проблемы повышения безопасности эксплуатации транспортных средств ООГТ. Кроме того, в статье приведены примеры использования нейронных сетей и элементов нечеткой логики в исследованиях украинских и зарубежных ведущих ученых в области эксплуатации транспортных средств.

**Ключевые слова:** *нейронные сети, информационные технологии, нечеткая логика, транспортные средства, безопасность эксплуатации.*

**Sivak V. A. Investigation of the possibility of new information technologies introduction in the improvement in operational safety of vehicles in the border guard units**

This article reveals familiarization and comparative analysis of possibilities of classical and new information technologies, namely neural networks and fuzzy logic element.

To maintain the operability and functionality of vehicles and preventing failures and malfunctions that lead to emergency situations, and quite often road accidents, the whole complex of organizational measures is conducted in the border guard units. However, very topical issues remain the implementation of new information technologies in the research of solutions to the problem of maintaining the safe operation of vehicles in the border guard units.

The purpose of this article is a review and comparative evaluation of the opportunities for the introduction of new information technologies, exactly of neural networks in the solution of problems of increasing operational safety of vehicles in the border guard units.

Tendencies in the development of intelligent control systems were revealed. Areas of the most effective use of modern information technologies were scrutinized.

It is shown that real examples of the application of intelligent technologies in safety systems of the vehicle movement can be found in models of almost all the leading companies of the world. Besides, successful development of diagnostic tools based on fuzzy logic is also known in medicine, aviation and space technology, oil and gas equipment. In addition, the article provides examples of using neural networks and elements of fuzzy logic in studies of Ukrainian and foreign scientists in the field of vehicles.

It is determined that one of the main advantages of neural networks is that they are based on relatively simple, often the same elements (cells) that mimic the activity of the brain neurons—"formal neurons". It was found that based on the characteristics of task management systems and assemblies for vehicles, the implementation of neural networks in the form of neuroemulators is optimal according to the Kharkiv scientists.

The prospects of implementation of neural networks and elements of fuzzy logic in solving the problem of increasing the safety of vehicle operation in the border guard units have been defined.

**Keywords:** *neural network, information technology, fuzzy logic, vehicles, safety of operation.*