

УДК 629.34.038

Вадим Сівак

доктор технічних наук, професор
начальник кафедри інженерного забезпечення
та технічних засобів охорони кордону
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький
<https://orcid.org/0000-0002-8262-4831>
vadimsivak@gmail.com

Ігор Дабічев

старший викладач кафедри транспортних засобів
та спеціальної техніки
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький
<https://orcid.org/0000-0001-8490-7643>
pnc1603@gmail.com

Сергій Силка

старший викладач кафедри
транспортних засобів та спеціальної техніки
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький
<https://orcid.org/0000-0002-6437-0380>
sylkasergei8@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТА БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті розкрито перспективи використання елементів нечіткої логіки для контролю технічного стану автомобільної та бронетанкової техніки.

© Сівак В., Дабічев І., Силка С.

Наведено аспекти наукових досліджень, що розкривають досвід та специфіку контролю технічного стану зразків автомобільної та бронетанкової техніки в процесі їх експлуатації в умовах виконання оперативно-службових завдань з охорони державного кордону, що викликає потребу у розкритті перспектив використання елементів нечіткої логіки для діагностування техніки в процесі її експлуатації на кордоні. Розглянуті перспективи впровадження діагностики на основі нечітких нейронних мереж. На основі аналізу наукових робіт провідних вчених України та Білорусі, що присвячені проведенню теоретичних та практичних досліджень застосування нечіткої логіки в системах управління транспортних засобів та застосування нечіткої логіки для розробки алгоритмів управління, які адаптуються до конкретних умов експлуатації зразків техніки.

Визначено, перспективи застосування нових інформаційних технологій (зокрема, нейронних мереж та нечіткої логіки) для вирішення завдань з контролю технічного стану зразків автомобільної та бронетанкової техніки, є досить оптимістичними.

Проте необхідно мати значений обсяг статистичних даних для створення вхідного інформаційного потоку для роботи нейронних мереж, що безумовно можливе у найближчій перспективі при умові наявності достатнього обсягу статистики діагностичних параметрів як в процесі контролю технічного стану зразків автомобільної та бронетанкової техніки, так і за рахунок єдиної інформаційної бази даних їх експлуатаційного процесу загалом.

Ключові слова: експлуатація; нечітка логіка; автомобільна та бронетанкова техніка.

1. ВСТУП

Постановка проблеми у загальному вигляді. У сучасних умовах протидії Україні зовнішнім загрозам національній безпеці на державному кордоні, а також відсічі агресії з боку Російської Федерації продовжується процес реформування Державної прикордонної служби України (ДПСУ) та удосконалення оперативно-службової та бойової діяльності підрозділів та органів охорони державного кордону (ООДК), що здійснюють свою діяльність як в повсякденних, так і в особливих умовах несення прикордонної служби [1].

У процесі реформування ДПСУ продовжується нарощення технічної складової за рахунок оновлення парку автомобільної та бронетанкової техніки (АБТТ) сучасними зразками техніки відомих марок. Для потреб прикордонників в період з 2014 по 2020 рік було закуплено та отримано в рамках міжнародної технічної допомоги понад 1 500 од. сучасної АБТТ на загальну суму близько 680 млн грн. Відповідно парк сучасної техніки ДПСУ нараховує понад 7 тисяч одиниць різних зразків, серед яких до 35 % складають зразки АБТТ з терміном до 5 років експлуатації [2].

Водночас у процесі контролю технічного стану сучасних зразків АБТТ підрозділів та органів ДПСУ постає проблематика щодо застосування сучасних методів та форм діагностування, особливо тих, які використовують штучний інтелект та елементи нечіткої логіки [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Окремі дослідження процесу контролю технічного стану зразків АБТТ із застосуванням елементів нечіткої логіки здійснювалось в наукових працях таких відомих вчених, як Говорущенка М. Я., Копитчука М. Б. та інших [4,5].

Враховуючи результати даних досліджень, досвід та специфіку контролю технічного стану зразків АБТТ в процесі їх експлуатації в умовах виконання оперативно-службових завдань з охорони державного кордону, виникає потреба у розкритті перспектив використання елементів нечіткої логіки для діагностування АБТТ військового призначення в процесі її експлуатації на кордоні.

Метою статті є розглянути перспективи використання елементів нечіткої логіки для контролю технічного стану автомобільної та бронетанкової техніки.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Провівши попередні дослідження з прогнозування і комплексного контролю технічного стану АБТТ, які представлені в матеріалах [6]–[7] можна зробити висновок, що це питання досить глибоко досліджувалось, особливо у межах забезпечення безпеки технічного стану техніки військового призначення.

І хоча на сучасному етапі проведення наукових досліджень пріоритетним є те, що основним режимом експлуатації АБТТ в ООДК є їх використання для виконання оперативно-службових та службово-бойових завдань, проте буде хибним упускати такі режими, як ТО АБТТ та їх зберігання.

Загалом моделі контролю технічного стану в межах планових видів ТО зразків АБТТ можна створити за рахунок використання відомих та сучасних методів діагностики разом із перспективними методами наукових досліджень, при цьому слід враховувати наявність інформаційного середовища та статистики невідповідності параметрів за періодичними контролюми технічного стану.

Маючи у своєму розпорядженні бортові засоби діагностування сучасних АБТТ, а також комплекти переносних діагностичних приладів, процедури зняття діагностичних параметрів перед початком ТО та після його завершення не викликатиме ніяких проблем.

Загалом, питання комплексного використання апріорної і вимірювальної інформації для формування діагностичних ознак за сукупністю різнобічних фізичних даних про робочі процеси дефектоутворення, належної уваги при проведенні процедури ТО поки не приділяється. Причини тому криються, мабуть, у підвищених вимогах до кваліфікації технічного персоналу, а також у відносній складності технічної реалізації такого напрямку діагностики.

Розглянемо окремим аспектом комплекс вбудованих засобів діагностики та контролю сучасних зразків АБТТ.

Інтегрована в блоці керування АБТТ система діагностування є стандартним компонентом електронних систем керування двигуном. Алгоритми контролю перевіряють вхідні й вихідні сигнали при нормальному режимі роботи АБТТ. Крім того, вся система перевіряється на наявність збоїв у роботі та похибок. При цьому виявлені дефекти зберігаються в пам'яті блоку керування у вигляді кодів несправностей. При діагностиці зразків АБТТ під час ТО інформація, що зберіглася в пам'яті, зчитується за допомогою послідовного інтерфейсу і у такий спосіб забезпечує швидкий і надійний пошук та усунення несправностей.

На початку застосування цих компонентів концепція полягала в особливій для кожного виробника зразка АБТТ самодіагностиці, відмінністю якої було б проведення швидкого та зручного діагностування при їх ТО. При цьому законодавчі норми у поєднанні зі зростаючим обсягом функцій електронних систем згодом привели до створення системи керування двигуном, що включає можливості його діагностування.

Розглянемо перспективи упровадження діагностики на основі нечітких нейронних мереж. Світові виробники АБТТ вже давно звернули увагу на системи штучного інтелекту, зокрема на нечітку логіку, яка вже керує двигунами внутрішнього згорання майже усіх сучасних транспортних засобів (ТЗ) розвинутих країн (США, Японія, Німеччина). Проте ці виробники ретельно приховують свої розробки, що засновані на багаторічних дорогих дослідженнях і експериментальному досвіді. Дослідження вирішення завдання керування двигунами внутрішнього згорання, заснованих на системах штучного інтелекту, є досить актуальними, оскільки вітчизняні виробники автоелектроніки, як і раніше, використовують класичні алгоритми і методи, що мають низку недоліків.

Складність систем керування двигунів внутрішнього згорання значно зросла – як у зв'язку з посиленням екологічних норм і вимог до зниження витрати палива, так і внаслідок форсування двигунів: вони стали дещо “ніжнішими”, вимагаючи такого ж дбайливого до них ставлення з боку систем керування.

Не дивлячись на те, що основних параметрів регулювання усього два – подача палива і момент запалювання – системи керування типу PID-регуляторів у такому випадку не підходять, оскільки алгоритм керування значною мірою залежить від швидкості обертання двигуна і навантаження. Повна математична модель двигунів внутрішнього згорання дуже складна і до цих пір не створена у повному обсязі. Через це більшість систем керування двигунами використовують табличну модель, яка отримана експериментальним шляхом на випробовуваннях і з урахуванням досвіду експертів. Тобто суттєвий недолік такої моделі – складність створення багатовимірних таблиць і великий обсяг пам'яті, потрібний для їх запису, тим більше, якщо вихідний параметр

формується залежно від трьох і більше вхідних. Складність завдання полягає в тому, що ми не можемо створити точну математичну модель з регульованими в процесі експлуатації внутрішніми параметрами. Регульовані параметри необхідні для того, щоб нормалізувати роботу двигуна в таких випадках:

незначний знос або притирання рухомих частин двигуна в процесі експлуатації;

заміна рухомих частин двигуна;

зсув показників датчиків в процесі експлуатації;

зміна умов експлуатації ТЗ (тиск, вологість і температура повітря, використовуване паливо, особливості керування ТЗ – швидкість, потужність, економічність);

конструктивні зміни двигуна.

Ще однією важливою особливістю є те, що в алгоритмі, який розробляється для керування двигунів, повинно використовуватись якомога менше необхідної пам'яті і часу обчислювального процесу. Це пов'язано з тим, що ринкова вартість мікропроцесорів значно залежить від їх характеристик. До того ж, виконавши ці вимоги, вдасться зменшити період регулювання, який з сучасними вимогами не має бути більшим однієї мілісекунди. При цьому, алгоритм системи, що розробляється, повинен задовольняти такі вимоги:

має бути гнучким та універсальним, достатньо швидким у роботі, отже максимально простим;

повинен містити мінімальну кількість регульованих параметрів;

у ході налаштування повинен апроксимувати вхідні параметри з достатньою точністю;

розмірність алгоритму не повинна залежати від кількості вибірок даних, які використовуються у процесі налаштування.

Для реалізації цих вимог потрібно використовувати методи штучного інтелекту. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій їх розроблено велику кількість, тому головним завданням буде вибір найбільш відповідного алгоритму для висунутих вимог.

З існуючих методів та алгоритмів штучного інтелекту найбільший інтерес становлять нейронечіткі мережі, які мають переваги як

нейронних мереж, так і навченість і паралелізм, так і нечіткої логіки зі здібностями до логічного опису процесів і ручного керування функцій приналежності. Навчання нейронечітких мереж здійснюється у три етапи. Самоорганізація, що включає такі алгоритми, як Steans, пікового групування, Густавсона – Кесселя, тощо.

Використання цих алгоритмів дозволяє оптимізувати структуру мережі, точно виявити залежності у навчальних вибірках і позбавитись від надмірних зв'язків, а також елементів мережі. Навчання, що включає алгоритми мінімізації (градієнтного спуску, по координатного спуску тощо), які дозволяють точно підігнати параметри мережі по навчальній вибірці для моделювання процесу. Адаптація, що включає алгоритми, які дозволяють оптимізувати параметри мережі в процесі експлуатації зразків АБТТ.

Реальні приклади застосування інтелектуальних технологій в системах забезпечення безпеки руху ТЗ можна зустріти в моделях майже всіх провідних фірм світу [8].

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).

Білоруськими вченими [9] проведені широкі теоретичні та практичні дослідження щодо застосування Fuzzy Logic (нечіткої логіки) в системах управління ТЗ. Ними розроблені і випробувані на автомобілях сімейства МАЗ і БелАЗ системи автоматичного водіння, системи управління гальмівної системи, управління ГМП, системи управління рухом. 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 %), то водій їде спокійно (див. рис. 1). А коли ступінь натиснення педалі газу виявляється більше половини, то водій – “спортсмен”. І, виходячи з цього жорсткого визначення, елек-

троніка пізнає ситуацію з 49 % натисканням як “спокійну”, в той час як ще один відсоток ходу педалі відразу стрибком переводить водія в ранг “спортивних” драйверів.



Рис. 1. 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 (див. рис. 2), ми заклали в пам’ять електронного блоку, що працює за принципами нечіткої логіки, поняття “ступінь натиснення педалі газу велика”, описане деякою кривою 2. Якщо водій втопив педаль на 60 % ходу, то електроніка знає, що зараз поняття “натиснута педаль газу сильно” відповідає на 40 %. Отже, 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 говорить про 50 % “спортивності” водія. А потім процесор, враховуючи при цьому всі інші фактори (поточну і середню швидкість руху, обороти і навантаження двигуна, режим гідротрансформатора, тощо), піддає отримане поняття “спортивності” поведінки наступним аналізам і кожен раз робить настільки ж складні обчислення.

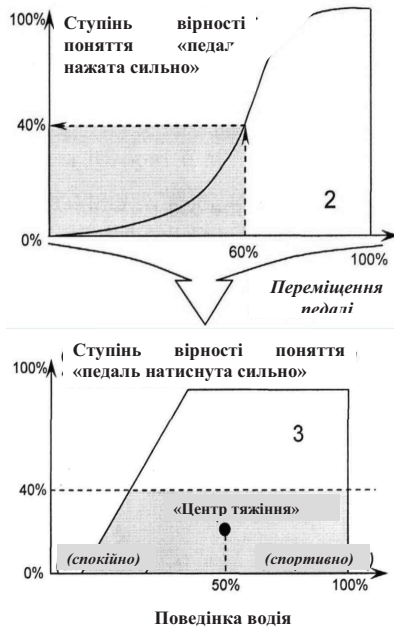


Рис. 2. Класифікація стилю керування на основі нечіткої логіки (Fuzzy Logic)

Відомі успішні розробки діагностичних засобів на основі нечіткої логіки у сфері медицини, авіаційної і космічної техніки, нафтового і газового обладнання, тощо.

Як відзначається багатьма вченими, що працюють у 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.

На жаль, будь-яких методичних рекомендацій з побудови терм-множин лінгвістичних змінних (діагностичних параметрів і діагнозів) для методів і засобів діагностування автомобільних агрегатів і систем автором, поки що, не виявлено.

Відомі розробки вчених НХАДУ [10] у галузі застосування нейронних мереж (НМ) в системах ТЗ, виходячи з концепції мехатроніки.

Це дозволить, на їхню думку, поєднати переваги адаптивних нейромереж з перевагами раціонального конструювання законів управління. Для цього достатньо навчити нейронні мережі виробляти не керуючі 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 проекції: раціональну, отриману на виході традиційної моделі, та ірраціональну (хаотичну), що отримана на виході нейронної мережі, та 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 у заводських умовах. Роботу такої системи управління ТЗ пояснює рисунок 3.

Рис. 3. Система управління ТЗ пояснює рисунок 3.

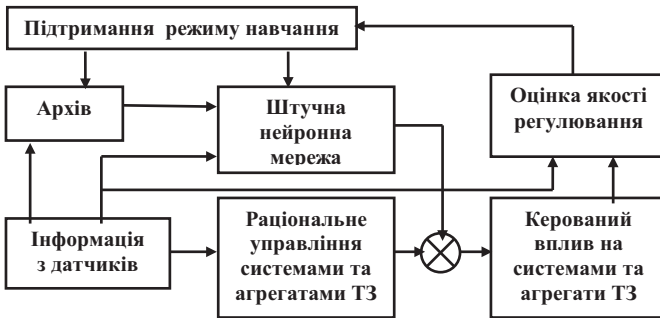


Рис. 3. Схема управління системами і агрегатами ТЗ з використанням нейромережі

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

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 в нових спостереженнях, за даними інших спостережень після проходження етапу так званого навчання на наявних даних.

Однією з основних переваг 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 якої сигнал (збудження або гальмування) надходить на синапси наступних нейронів. Загальний вид формального нейрона показаний на рисунку 4.

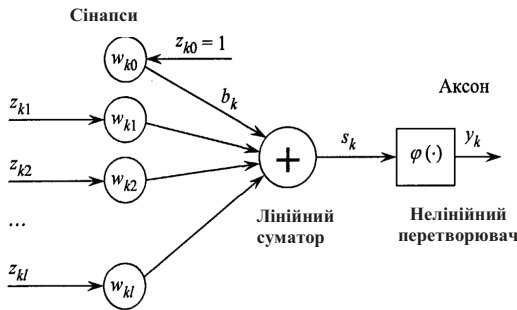


Рис. 4. Структура формального нейрона

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

$$s_k = \sum_{j=0}^l w_{kj} \cdot z_{kj}$$

Вихід нейрону є функція його стану $y_k = \varphi(s_k)$, яка називається активаційною і може мати різний вигляд. Найбільш поширена так звана сигмоїдальна активаційна функція (див. рис. 5).

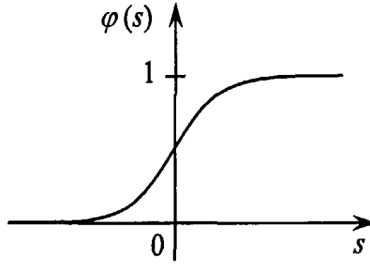


Рис. 5. Сигмоїдальна функція активації нейрона

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

де c - параметр, що визначає крутизну функції.

Нейронна мережа являє собою паралельне обчислювальне середовище, де елементарними процесорами є 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.

Вибір структури мережі здійснюється відповідно до особливостей і складності завдання, що 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 в 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 нейроемулаторами. 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.

З огляду на особливості завдання управління системами і агрегатами ТЗ оптимальною, на думку харківських вчених, реалізація нейронних мереж у вигляді нейроемулатора. 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 самий відомий варіант алгоритму навчання - так званий алгоритм зворотного поширення помилки.

2. Ядерні нейронні мережі – мережі, в яких утворювальним елементом є не окремих 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 радіальносиметричними активаційними функціями. Їх характерними особливостями є здатність моделювати довільну нелінійну функцію за допомогою всього одного проміжного шару нейронів і надзвичайно швидка 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. Мережі можуть розпізнавати кластери в масиві даних, а також встановлювати 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 узагальнювальна здатність, яка дозволяє мережі отримувати правильний вихід навіть при додатку дещо невірною або неповною вхідного вектора.

6. Мережа АРТ – нейронна мережа, що представляє собою векторний класифікатор, в якому вирішується дилема стабільності пластичності. Вхідний вектор класифікується залежно від того, на якій з тих векторів, що 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 вектору. 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.

У розробці конкретних систем на основі нейронних мереж необхідний аналіз переваг і недоліків конкретного типу мережі при вирі-

шенні тієї чи іншої поставленої задачі. Для вирішення складних завдань оперативного управління ТЗ при гострому дефіциті часу нейронні мережі виявляються ефективніше пристроїв на нечіткій логіці.

Разом з тим, маючи безумовні переваги, що полягають в можливості побудови однієї мережі для обчислення декількох вихідних значень за декількома вхідними, не варто забувати про певні обмеження даних систем. Хоча паралельність проходження сигналів мережею збільшує швидкість обробки інформації, для її обробки потрібно мати достатню статистику та обсяг самої інформації. Також перевагою нейронечітких мереж є те, що вони здатні апроксимувати функції будь-якого ступеня надійності. Для навчальної вибірки можна брати будь-які значення з довільним змінним непостійним періодом дискретизації.

Безперервна оптимізація процесу керування, яка досягається використанням нечітких алгоритмів нейронних мереж, дозволить підтримувати максимально можливі характеристики, незалежно від зносу, ремонту або форсування двигуна, його підсистем і механізмів; читання автоматично керованої бази знань системи дає можливість провести детальний аналіз роботи двигуна, що корисно не тільки для випробувачів і експлуатаційників, але для отримання експериментальних наукових даних з метою побудови математичної моделі двигунів внутрішнього згорання.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перспективи застосування нових інформаційних технологій (зокрема, нейронних мереж та нечіткої логіки) для вирішення завдань з контролю технічного стану зразків АБТТ, є досить оптимістичними.

Проте необхідно мати значення обсяг статистичних даних для створення вхідного інформаційного потоку для роботи нейронних мереж, що безумовно можливе у найближчій перспективі при умові наявності достатнього обсягу статистики діагностичних параметрів як в процесі контролю технічного стану зразків АБТТ, так і за рахунок єдиної інформаційної бази даних їх експлуатаційного процесу загалом.

Список використаних джерел

1. Порошенко П. О. Виступ на науково-практичній конференції у ГШ ЗСУ 14-16 червня 2016 р. “Уроки гібридної війни: воєнні аспекти”. URL: <http://www.president.gov.ua/news/zavdyaki-nabutomu-dosvidu-mayemo-sprognozuvati-podalshi-krok-37355>
2. Букоємський С. Л. Стан та перспективи інженерного та технічного забезпечення охорони державного кордону за 2018 та десять місяців 2019 року. *Матеріали зборів керівного складу інженерно-технічних підрозділів Державної прикордонної служби України*: доп. на зборах керівного складу інженерно-технічних підрозділів РУ та органів ДПСУ. Київ, 2019. 28 с.
3. Сівак В. А. Визначення необхідної інформативності бортових засобів діагностування транспортних засобів шляхом впровадження нових інформаційних технологій. *Науково-технічний журнал “Наука і техніка Повітряних сил ЗСУ”*. № 2(19) ХУВПС ім. Івана Кожедуба. Харків: Видавництво УПС, 2015. С.84-87.
4. Говорущенко Н. Я. Системотехника автомобільного транспорту (расчётные методы исследований): монографія. Харьков: ХНАДУ, 2011. 292 с.
5. Копитчук М. Б., Дашенко О. Ф., Максимов В. Г., Ніцевич О. Д. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля : навч. посіб. Одеса : Наука і техніка, 2012. 392 с.
6. Сівак В. А. Дослідження можливостей впровадження нових інформаційних технологій у вирішення проблеми підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів ООДК *Збірник наукових праць. № 1(63). Серія: військові та технічні науки*. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2015. С. 280 – 294.
7. Сівак В. А., Чмир В. М., Дабічев І. В. Визначення можливостей із застосування сучасних інформаційних технологій при проведенні процедури контролю технічного стану автомобільної та бронетанкової техніки підрозділів охорони кордону. *Збірник наукових праць. № 4 (78). Серія: військові та технічні науки*. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2018. С. 218-231.
8. Тарасик В. П., Рынкевич С. А. Интеллектуальные системы управления транспортными средствами. Минск : УП “Технопринт”, 2004. 512 с.
9. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория : учебник для вузов. Минск : Высшая школа, 1986. 207 с.
10. Алексеев О. П., Алексеев В. П., Суярко Ю. М., Браженко С. В. Мехатроника. *Основные понятия. Вестник ХГАДТУ: сб. научн. тр.* Вып. №12–13, 2000. С 196–198.

References

1. Poroshenko P. O. *Vystup na naukovo-praktychniy konferentsiyi u HSH ZSU 14-16 chervnya 2016 r. "Uroky hibrydnoyi viyny: voyenni aspekty"*. [Speech at a scientific and practical conference at the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, June 14-16, 2016 "Lessons from the Hybrid War: Military Aspects"]. URL: <http://www.president.gov.ua/news/zavdyaki-nabutomu-dosvidu-mayemo-sprognozuvati-podalshi-krok-37355>. [in Ukrainian].
2. Bukoemsky S. L. *Stan ta perspektyvy inzhenernoho ta tekhnichnoho zabezpechennya okhorony derzhavnoho kordonu za 2018 ta desyat' misyatsiv 2019 roku*. [Status and prospects of engineering and technical support of the state border guard in 2018 and ten months of 2019]. Materialy zboriv kerivnoho skladu inzhenerno-tekhnichnykh pidrozdiliv Derzhavnoyi prykordonnoyi sluzhby Ukrayiny: dop. na zborakh kerivnoho skladu inzhenerno-tekhnichnykh pidrozdiliv RU ta orhaniv DPSU. [Materials of the meeting of the leadership of the engineering and technical subdivisions of the State Border Guard Service of Ukraine: add. at the meeting of the management of the engineering and technical departments of the Republic of Uzbekistan and the bodies of the SBGS]. Kitv. 2019. 28 p. [in Ukrainian].
3. Sivak V. A. *Vyznachennya neobkhidnoyi informatyvnosti bortovykh zasobiv diahnostuvannya transportnykh zasobiv shlyakhom vprovadzhennya novykh informatsiynykh tekhnolohiy*. [Determining the necessary informativeness of on-board vehicles for diagnosing vehicles through the introduction of new information technologies]. Naukovo-tekhnichnyy zhurnal "Nauka i tekhnika Povitryanykh syl ZSU". № 2(19) KHUVPS im. Ivana Kozheduba [Scientific and technical journal "Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces". № 2 (19) HUVPS them. Ivan Kozhedub. – Kharkiv: UPS Publishing House, 2015. – P.84-87. [in Ukrainian].
4. Hovorushchenko N. Y. *Systemotekhnika avtomobil'noho transporta (raschëtnye metody yssledovanyy)* [Road transport systems engineering (calculation methods of research)]: monohrafiya [Monograph] / Kharkiv : KHADU, 2011. 292 p. [in Russian].
5. Kopytchuk M. B., Dashchenko O. F., Maksymov V. H., Nitsevych O.D. *Zahal'ni pryntsypy diahnostuvannya elektronnykh system keruvannya avtomobilya* [General principles of diagnosing electronic car control systems]. navch.posib. Odesa: Nauka i tekhnika [textbook - Odessa: Science and Technology], 2012. 392 p. [in Ukrainian].
6. Sivak V. A. *Doslidzhennya mozhyvostey vprovadzhennya novykh informatsiynykh tekhnolohiy u vyrishennya problemy pidvyshchennya bezpeky*

ekspluatatsiyi transportnykh zasobiv OODK. [Research of possibilities of introduction of new information technologies in the decision of a problem of increase of safety of operation of vehicles of OODK]. Zbirnyk naukovykh prats'. № 1(63) seriya: Viys'kovi ta tekhnichni nauky/ NADPSU im. B. Khmel'nyts'koho, [Collection of scientific works. № 1 (63) series: Military and technical sciences. Khmel'nyts'kyy: Vydavnytstvo NADPSU [Khmelnysky: NADPSU Publishing House], 2015. P. 280–294. [in Ukrainian].

7. Sivak V. A., Chmyr V. M., Dabichev I. V. *Vyznachennya mozhyvostey iz zastosuvannya suchasnykh informatsiynykh tekhnolohiy pry provedenni protsedury kontrolyu tekhnichnoho stanu avtomobil'noyi ta bronetankovoyi tekhniky pidrozdiliv okhorony kordonu* [Determination of possibilities on application of modern information technologies at carrying out of procedure of control of a technical condition of automobile and armored vehicles of divisions of protection of border]. Zbirnyk naukovykh prats'. № 4(78) seriya: Viys'kovi ta tekhnichni nauky/ NADPSU im. B. Khmel'nyts'koho, [Collection of scientific works. № 4 (78) series: Military and technical sciences. Khmel'nyts'kyy: Vydavnytstvo NADPSU [Khmelnysky: NADPSU Publishing House], 2018. P. 218–231. [in Ukrainian].

8. Tarasik V. P., Rynkevich S. A. *Intellektual'nyye sistemy upravleniya transportnymi sredstvami*. [Intellectual control systems of vehicles]. Minsk : UP "Tekhnoprint" [Minsk: Unitary Enterprise "Technoprint"], 2004. 512 p. [in Russian].

9. Grishkevich A. I. *Avtomobili*. [Cars]. Teoriya : uchebnik dlya vuzov [Theory: a textbook for universities]. Minsk : Vysshaya shkola.[Minsk: High School], 1986. 207 p. [in Russian].

10. Alekseyev O. P., Alekseyev V. P., Suyarko YU. M., Brazhenko S. V. *Mekhatronika. Osnovnyye ponyatiya*. [Mechatronics. Basic concepts]. Vestnik KHGADTU: sb.nauchn.tr. [Bulletin of KSADTU: collection of scientific tr. Issue. No. 12–13], 2000. P 196–198. [in Russian].

Sivak V. A., Dabichev I.V., Silka S.B. Prospects for the Use of Elements of Fuzzy Logic to Control the Technical Condition of Automotive and Armored Vehicles

The article reveals the prospects of using elements of fuzzy logic to control the technical condition of automotive and armored vehicles.

In the current conditions of Ukraine's counteraction to external threats to national security at the state border, as well as repulse of aggression by the Russian Federation - the process of reforming the State Border Guard Service of Ukraine continues, which causes the increase of the technical

component due to the renewal of the fleet of automobiles and armored vehicles with modern models of equipment of well-known brands.

The article presents aspects of scientific research that reveal the experience and specifics of monitoring the technical condition of samples of automobile and armored vehicles during their operation in the performance of operational and service tasks for state border protection, which necessitates the use of fuzzy logic to diagnose equipment in the process. its operation at the border.

Prospects for the introduction of diagnostics based on fuzzy neural networks are considered.

Based on the analysis of scientific works of leading scientists of Ukraine and Belarus, devoted to theoretical and practical research on the use of fuzzy logic in vehicle control systems and the use of fuzzy logic to develop control algorithms that adapt to specific operating conditions of samples of equipment. It is determined that the choice of network structure is made in accordance with the features and complexity of the problem. To solve some individual types of tasks, there are already optimal configurations for today. If the task cannot be reduced to any of the known types, the developer has to synthesize a new configuration.

Emphasis is placed on the fact that in order for a neural network to perform its functions, it must be trained. The ability of the network to solve the problems facing it depends on the quality of training. The neural network is studied on certain examples.

It is determined that the prospects for the application of new information technologies (in particular, neural networks and fuzzy logic) to solve problems of monitoring the technical condition of samples of automotive and armored vehicles are quite optimistic.

However, it is necessary to have a significant amount of statistics to create input information for the operation of neural networks, which is certainly possible in the near future, provided there is a sufficient amount of statistics of diagnostic parameters, both in the process of monitoring the technical condition of samples of vehicles and armored vehicles. information database of their operational process in general.

Key words: operation; fuzzy logic; automobile and armored vehicles.