

УДК 629.34.037(043.3)

В. А. Сівак

МЕТОД СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ПАРАМЕТРІВ І СТРУКТУР НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО КОМПОНЕНТА

У статті розкрито сутність методу синтезу оптимального комплексу параметрів і структур нейромережевого компонента та розглянуто його можливе використання як способу підвищення інформативності бортових засобів діагностування транспортних засобів підрозділів та органів охорони державного кордону.

К л ю ч о в і с л о в а : бортові засоби діагностування, транспортні засоби, нейромережевий компонент, параметри, прикордонні підрозділи.

Постановка проблеми. Відповідно до вимог нормативних документів, підрозділи та органи Державної прикордонної служби України (ДПСУ) виконують різноманітні оперативно-службові завдання з охорони державного кордону, під час яких залучається достатня кількість штатних сучасних транспортних засобів (ТЗ). Їх наявність забезпечує оперативність та мобільність несення прикордонної служби [1].

У процесі управління технічним станом ТЗ та їх безпечною експлуатацією актуальними є питання впровадження нових інформаційних технологій у дослідження шляхів вирішення проблеми підтримання безпечної експлуатації ТЗ підрозділами та органами охорони державного кордону (ООДК) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання використання теорії нейронних мереж в галузі експлуатації ТЗ, в тому числі проблематики експлуатаційної безпеки, досліджували у своїх наукових працях такі вчені, як Є. К. Гордієнко, В. І. Васільєв та інші [3–4]. Однак існує необхідність проаналізувати можливість використання та адаптування 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 сутності методу синтезу оптимального комплексу параметрів і структур нейромережевого компонента та розкриття підґрунтя для його можливого використання як способу підвищення інформативності бортових засобів діагностування транспортних засобів підрозділів та ООДК.

Виклад основного матеріалу. В рамках теоретичного аспекту розробленої і запропонованої автором Концепції забезпечення безпечної експлуатації ТЗ підрозділів та органів ДПСУ в умовах охорони державного кордону, сутність якої викладена у публікації [5], а також з метою підвищення необхідної інформативності бортових засобів діагностування ТЗ як один із варіантів пропонується синтез оптимального комплексу параметрів та структур нейромережевого компоненту.

Безперечно, що одним з найбільш важливих питань у розробленні методів і засобів технічного діагностування є визначення їх інформаційних властивостей і можливостей. Особливо це стосується бортових засобів діагностування ТЗ, які одночасно з функцією виявлення й локалізації несправностей повинні бути джерелом інформації для водія в процесі керування ТЗ, особливо в умовах виконання оперативно-службових, а нерідко і службово-бойових завдань з охорони державного кордону, що є достатньо екстремальними за своєю суттю та змістом.

Специфіка розроблення та застосування методу синтезу оптимального комплексу параметрів на основі нейронної мережі полягає в тому, що структура нейронної мережі та кількість параметрів, за якими буде здійснюватися прогнозування факту відмови систем і механізмів ТЗ (особливо тих, які відповідають за безпечну експлуатацію), нерозривно пов'язані. Справа в тому, що кількість нейронів у вхідному шарі мережі повинна дорівнювати кількості параметрів. Тому пропонується комплексний алгоритм процесу визначення оптимальної структури тришарової нейронної мережі прямого поширення і оптимального комплексу (за кількістю й номенклатурою) прогностичних (вхідних) параметрів ТЗ.

Алгоритм роботи такий. Уся безліч наявних векторів даних випадковим чином розбивається на дві частини (вибірки): навчальну і тестову. У процесі навчання на вхід нейронної мережі пред'являються приклади з навчальної вибірки. Тестова вибірка використовується для контролю узагальнюючої здатності мережі (якості класифікації, що виконується мережею, за даними, які не відносяться до навчальної вибірки).

© В. А. Сівак

На першому етапі будується мережа із числом нейронів у другому (прихованому) шарі, “оптимальним” для повного набору вхідних параметрів, шляхом визначення верхньої межі числа нейронів з наступним спрощенням (контрастуванням) мережі на основі показника значимості нейронів прихованого шару. На другому етапі проводиться видалення надлишкових вхідних параметрів контрастуванням на основі показника значимості вхідних параметрів з можливим збільшенням складності мережі додаванням нейронів у другий (прихований) шар.

Показники значимості обчислюються у два етапи: спочатку для одного вектора даних (навчального прикладу), а потім – для всієї вибірки.

Нехай у нейронній мережі є набір n -мірних векторів даних x^i , $i = 1, \dots, N$, (навчальна вибірка) з координатами i_j^i , $j = 1, \dots, n$, M -мірний вектор вхідних параметрів a з координатами a_k , $k = 1, \dots, M$.

Для даного x^p значимості a_k і x_j оцінюються таким чином:

$$\begin{aligned} x(a_k | x^p) &= \left| \frac{dH(x^p, a)}{da_k} \cdot (a_k - a_k^0) \right|, \\ x(x_j | x^p) &= \left| \frac{dH(x^p, a)}{dx_j} \cdot (x_j^p - x_j^{p0}) \right|, \end{aligned} \quad (1)$$

де x – просто обчислені в лінійному наближенні абсолютні величини зміни H при видаленні відповідного елемента з мережі, частки похідних обчислюються при двоякому функціонуванні нейронної мережі; $H(x, a)$ – функція, що оцінює роботу мережі з параметрами a на векторі даних x ; a_k^0 – значення, що замінює a_k при його видаленні з мережі, при цьому можна прийняти, що $a_k^0 = 0$ (параметри перетворюються на нуль); x_j^{p0} – значення, що замінює j -й компонент даних при його видаленні з мережі, при цьому можемо прийняти:

$$x_j^{p0} = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N x_j^p, \quad (2)$$

дані замінюються середніми за вибіркою.

Оцінювання для всієї вибірки навчальних прикладів проводиться з використанням деякої норми, наприклад, з використанням норми у вигляді суми:

$$x(a_k) = \sum_p x(a_k | x^p); \quad x(x_j) = \sum_p x(x_j | x^p) \quad (3)$$

або максимуму модулів:

$$x(a_k) = \max_p X(a_k | x^p); \quad x(x_j) = \max_p X(x_j | x^p). \quad (4)$$

Як захід оптимальності набору параметрів і структури нейронної мережі використовується мінімальна помилка класифікації E_{NN} , що визначається за формулою:

$$\begin{aligned} E_{NN} &= \min \left(\max (E_i^{os}, E_i^{ms}) \right), \\ E_i^{os} &= \frac{Ne_i^{os}}{N^{os}}, \\ E_i^{ms} &= \frac{Ne_i^{ms}}{N^{ms}}, \end{aligned} \quad (5)$$

де i – номер кроку навчання мережі; E_i^{os} – помилка класифікації за навчальною вибіркою на i -му кроці; E_i^{ms} – помилка класифікації за тестовою вибіркою на i -му кроці; Ne_i^{os} – кількість неправильно класифікованих прикладів з навчальної вибірки на i -му кроці; N^{os} – потужність навчальної вибірки; Ne_i^{ms} – кількість неправильно класифікованих прикладів з тестової вибірки на i -му кроці; N^{ms} – потужність тестової вибірки.

Далі проведемо детальний опис алгоритму, що використовується для визначення комплексу прогностичних параметрів і структури нейромережі (блок-схема алгоритму наведена на рис. 1 та 2):

1) встановимо $k = 1$, $n = 0$, $h_1 = 2$, навчаємо нейромережу NN_1 з h_1 нейронами в прихованому шарі, визначаємо мінімальну помилку класифікації E_{NN1} відповідно до формули (5) і зафіксуємо стан мережі, у якому досягається ця помилка;

2) навчаємо k -ту нейромережу ($k = k + 1$) NN_k з h_k нейронами в прихованому шарі ($h_k = h_{k-1} \cdot 2$), визначаємо мінімальну помилку класифікації E_{NNk} відповідно до формули (5) і зафіксуємо стан мережі, у якому досягається ця помилка;

3) якщо $E_{NNk} < E_{NNk-1}$, то переходимо до кроку 2;

4) відповідно до формул (1) або (2) розраховуємо показники значимості кожного нейрона для зафіксованого на попередніх кроках стану нейромережі NN_{k-1} ; видаляємо з мережі нейрон з мінімальним показником значимості; донавчаємо отриману таким чином мережу NN_k , визначаємо мінімальну помилку класифікації E_{NNk} відповідно до формули (5) та зафіксуємо стан мережі, у якому досягається ця помилка;

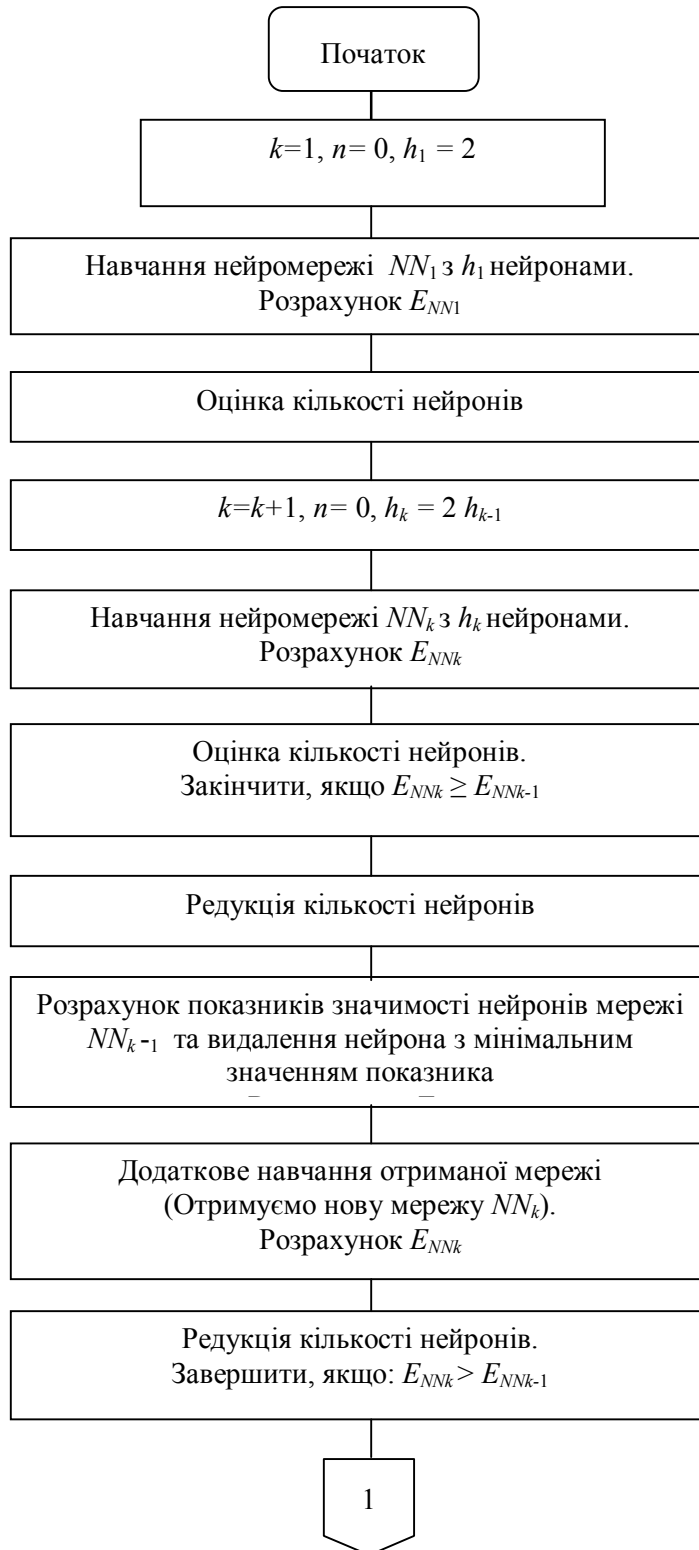


Рис. 1. Блок-схема алгоритму методу визначення комплексу прогностичних параметрів і структури нейромережі



Рис.2. Блок-схема алгоритму методики визначення комплексу прогностичних параметрів і структури нейромережі (закінчення)

5) якщо $E_{NNk} \leq E_{NNk-1}$, то встановимо $k = k + 1$ і переходимо до кроку 4;

6) відповідно до формул (3) або (4) розраховуємо показники значимості кожного параметра, що належить множині прогностичних параметрів A_{k-1} , для зафіксованого на попередніх кроках стану нейромережі NN_{k-1} ; пронумеруємо параметри в порядку зростання значимості, починаючи з одиниці; встановимо $l=1$;

7) видаляємо з мережі NN_{k-1} параметр із номером l ($A_k = A_{k-1} \setminus \{a_l\}$); додатково навчаємо отриману таким чином мережу NN_k , визначаємо мінімальну помилку класифікації E_{NNk} відповідно до формули (5) та зафіксуємо стан мережі, у якому досягається ця помилка;

- 8) якщо $E_{NNk} \leq E_{NNk-1}$, то встановимо $k = k + 1$ і переходимо до кроку 6;
- 9) якщо $l < p$, де p – кількість вхідних параметрів мережі NN_{k-1} , то встановимо $l = l + 1$ і переходимо до кроку 7;
- 10) якщо $n \neq 0$ (крок 11 вже виконується), то за умови $E_{NNn} \leq E_{NNn-1}$, переходимо до кроку 12;
- 11) додаємо до прихованого шару мережі NN_{k-1} додатковий нейрон з випадково генерованими значеннями коефіцієнтів синапсів; додатково навчаємо таким чином мережу NN_k , визначаємо мінімальну помилку класифікації E_{NNk} відповідно до формули (5), зафіксуємо стан мережі, у якому досягається ця помилка; встановимо $n = k - 1$, $k = k + 1$ та переходимо до кроку 6;
- 12) алгоритм завершує роботу; отримані шукані структура мережі NN_n та комплекс прогностичних параметрів A_n .

Даний алгоритм дозволяє побудувати тришарову нейронну мережу із близьким до мінімального набором вхідних параметрів та кількістю нейронів у другому (прихованому) шарі.

Висновки

Розглянутий метод синтезу оптимального комплексу параметрів і структур нейромережевого компонента вважається можливим використовувати як спосіб підвищення інформативності бортових засобів діагностування ТЗ безпосередньо на базі ООДК та у процесі використання ТЗ у відділах прикордонної служби, які виконують оперативно-службові завдання у відриві від штабів та органів автотехнічного забезпечення прикордонних загонів.

Проте для адаптації даних методів та алгоритмів необхідно розробити програмний продукт, якій був би доступний навіть для невідготовлених молодших фахівців чергової служби прикордонних підрозділів.

Список використаних джерел

1. Кривий, В. І. Доповідь на Колегії ДПСУ “Про стан та перспективи технічного переоснащення ООДК, а також стан безпеки дорожнього руху” [Текст] / В. І. Кривий // Матеріали підсумкового засідання Колегії ДПСУ за підсумками 2014 року. – К. : АДПСУ, 2014. – 45 с.
2. Сівак, В. А. Дослідження можливостей впровадження нових інформаційних технологій у вирішення проблеми підвищення безпеки експлуатації транспортних засобів ООДК [Текст] / В. А. Сівак // Збірник наукових праць НАДПСУ. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2015. – № 62. – С. 125–137. – (Серія “Військові і технічні науки”).
3. Гордиенко, Е. К. Искусственные нейронные сети. Основные определения и модели [Текст] / Е. К. Гордиенко, А. А. Лукьяница // Техническая кибернетика. – 1994. – № 5. – С. 79–92.
4. Васильев, В. И. Перспективы использования нейросетевых технологий при проектировании и эксплуатации транспортных средств [Текст] / 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.
5. Сівак, В. А. Концепція безпечної експлуатації транспортних засобів в умовах охорони державного кордону [Текст] / В. А. Сівак // Збірник наукових праць НАДПСУ. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2015. – № 64. – С. 76–82. – (Серія “Військові і технічні науки”).

Стаття надійшла до редакції 09.04.2015 р.