

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ІЗ РАДІАЛЬНО-БАЗИСНИМИ ФУНКЦІЯМИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ЗВОРОТНОГО ГОРТАННОГО НЕРВА НА ХІРУРГІЧНІЙ РАНІ

Савка Н.Я.

*Тернопільський національний економічний університет, здобувач*

При проведенні операції на щитовидній залозі суттєвою проблемою є виявлення зворотного гортанного нерва, пошкодження якого призводить до негативних наслідків, пов'язаних із функціонуванням дихальної системи людини. Сучасні технічні засоби ідентифікації зворотного гортанного нерва базуються на подразненні електричним струмом фіксованої частоти області хірургічного втручання та оцінюванні результатів подразнення на голосових зв'язках.

У [1] авторами запропоновано спосіб ідентифікації зворотного гортанного нерва за амплітудою результуючого інформаційного сигналу. Даний спосіб виявлення гортанного нерва в процесі хірургічної операції на щитовидній залозі унеможливує точно визначити місцезнаходження нерва, оскільки амплітуда інформаційного сигналу достатньо велика при подразненні гортанного нерва і різко зменшується (до рівня шумів) при незначному віддаленні від нього.

Виявлення гортанного нерва на хірургічній рані за спектральними характеристиками інформаційного сигналу запропоновано авторами у [2]. Оскільки результуючий інформаційний сигнал є звуковим сигналом, який виникає в процесі вдихання та видихання пацієнтом повітря, то ідентифікація зворотного гортанного нерва в процесі хірургічного втручання суттєво ускладнюється через індивідуальні особливості гортані кожного пацієнта. При даних умовах для ідентифікації зворотного гортанного нерва на хірургічній рані доцільно використати інтелектуальний класифікатор.

У працях [3, 4] розглянуто такі методи класифікації, як класифікація методом найближчого сусіда, класифікація з використанням методу опорних векторів, класифікація на базі статистичних методів, проте дані методи характеризуються суттєвими недоліками та чутливі до зашумленості вхідних сигналів. Оскільки важливою ознакою будь-якої нейронної мережі є здатність до навчання, яке полягає у визначенні таких параметрів штучної нейронної мережі, при яких мережа формує потрібні вихідні сигнали, то для розв'язку задачі доцільно застосувати нейромережевий підхід, який відзначають у своїх працях відомі науковці Тимошук П. В. та Куссуль М. Е [3, 4].

Попередньо проведені дослідження показали, що штучні нейронні мережі із радіально – базисними функціями (ШНМ із РБФ) вирізняються простотою архітектури (мають один прихований шар) та швидкістю навчання [5]. З огляду на це як модель для ідентифікації відстані до зворотного гортанного нерва на хірургічній рані доцільно застосувати ШНМ із РБФ.

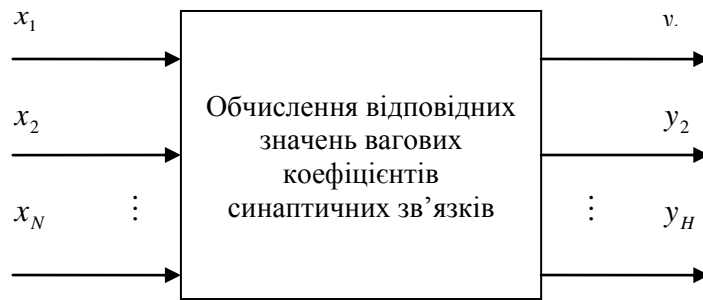
Узагальнену блок-схему інтелектуального класифікатора на базі штучних нейронних мереж із радіально-базисними функціями зображено на рисунку 1. Інтелектуальний класифікатор функціонує таким чином : на вхід штучної нейронної мережі радіального типу поступає  $N$  сигналів  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , що надходять до прихованого шару, у нейронах якого здійснюються проміжні обчислення й обчислюються значення вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків. Вихідний шар ШНМ із РБФ містить  $H$  виходів  $y_1, y_2, \dots, y_H$  й кожному класу відповідає один з них.

Слід зазначити, що розроблений класифікатор повинен адаптуватися під будь-якого пацієнта із індивідуальними особливостями гортані. Зважаючи на це, в якості методу навчання штучної нейронної мережі радіального типу використано метод ідентифікації вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків на основі аналізу інтервальних даних [6].

В загальному модель ШНМ із РБФ має вигляд [5]:

$$y_j = F_j(\vec{x}) = w_{j0} + \sum_{i=1}^h w_{ij} f_i(\vec{x}) = \vec{w}_j^T \vec{f}(\vec{x}), \quad (1)$$

де  $y_j$  -  $j$ -ий нейромережевий вихідний сигнал,  $F_j(x)$ - нелінійне перетворення вхідного вектора  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  в  $j$ -ий вихідний;  $\vec{w}_j = (w_{j0}, w_{j1}, \dots, w_{jh})^T$  вектор вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків,  $\vec{f}(\vec{x}) = (1, f_1(x), f_2(x), \dots, f_h(x))^T$  становить вектор радіально-базисних функцій;  $i = 1, \dots, h$ , де  $h$  – кількість нейронів прихованого рівня ШНМ із РБФ.



Проміжі обчислення

Рисунок 1 - Блок-схема інтелектуального класифікатора на базі штучних нейронних мереж із радіально-базисними функціями

Метод ідентифікації вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків штучних нейромереж радіального типу базується на аналізі інтервальних даних. Оскільки гортань кожного пацієнта є індивідуальною, то вихідні дані  $y_j$  будуть з певними відхиленнями  $\zeta$ . Враховуючи інтервальні дані, задача ідентифікації відстані на хірургічній рані до зворотного гортанного нерва на базі ШНМ із РБФ матиме вигляд:

$$y - \zeta \leq \bar{w}_j^T \bar{f}(\|\bar{x} - \bar{c}_i\| R^{-1}) \leq y + \zeta. \quad (2)$$

Задача (2) зводиться до розв'язування інтервальної системи лінійних алгебричних рівнянь (ІСЛАР):

$$\begin{cases} y_1^- \leq \bar{w}^T \bar{f}(\|\bar{x} - \bar{c}_i\| R^{-1}) \leq y_1^+; \\ \vdots \\ y_N^- \leq \bar{w}^T \bar{f}(\|\bar{x} - \bar{c}_i\| R^{-1}) \leq y_N^+. \end{cases}, \quad (3)$$

Як відомо, результатом розв'язку ІСЛАР (3) є область  $\Omega$  можливих значень вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків ШНМ із РБФ, яка породжує множину інтервальних моделей вихідних сигналів штучної нейронної мережі з радіально-базисними функціями.

В якості сигналів, які підлягають класифікації, використано згенеровані сигнали, різних пацієнтів в процесі операції на щитовидній залозі. Для ідентифікації використано автокореляційні характеристики інформаційного сигналу. На вхід ШНМ із РБФ подавалися вектори, що склали по 500 відліків автокореляційної функції сигналу. Прихований шар мережі включає 2 нейрони. На виході штучної нейромережі із радіально-базисними функціями одержано значення відстані на хірургічній рані до зворотного гортанного нерва.

Результати проведених експериментів підтверджують доцільність застосування штучних нейронних мереж радіального типу на основі аналізу інтервальних даних для виявлення відстані до зворотного гортанного нерва на області хірургічного втручання.

### Список використаних джерел

1. Патент України на корисну модель. Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведених хірургічних операцій на щитовидній залозі / Дивак М. П., Козак О. Л., Шідловський В. О. – №51174; зар. 12.07.2010; опубл. 12.07.2010, Бюл. №13. 57.
2. Mykola Dyvak, Natalia Kasatkina, Andriy Pukas, Natalia Padletska, Spectral analysis the information signal in the task of identification the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery, Proc. (forum catalogue) of the 13<sup>th</sup> International Workshop "Computational Problems of Electrical Engineering" – Grubow, Poland, September 5-8, 2012. – С.55.
3. Тимошук П.В., Бренич Я.В. Нейромережеві методи розв'язання задачі класифікації / Тимошук П.В., Бренич Я.В. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.13. – С. 343 - 349.
4. Куссуль М.Э. Нейросетевой классификатор для систем безопасности автомобиля / М.Э. Куссуль, А.С. Сычев // Математичні машини і системи. – 2004. - № 2. – С. 15 - 21.
5. Руденко О.Г., Бодяньський Є.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 404 с.
6. Дивак М. П. Метод ідентифікації вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків штучних нейронних мереж із радіально-базисними функціями на основі аналізу інтервальних даних / Дивак М. П., Савка Н. Я. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». -2012 – Вип. 15 (203). – С. 132-139.