

УДК 519.6

**Юлія Гордієвич, Ірина Ленцик**

Тернопільський національний економічний університет, Україна

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗВОРОТНЬОГО ГОРТАННОГО НЕРВА ПІД ЧАС ХІРУРГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ НА ЩИТОВИДНІЙ ЗАЛОЗІ**

**Yulia Hordievych, Iryna Lentsyk**

### **MATHEMATICAL MODEL THE PROCESS OF REVERSE LARYNGEAL NERVE VISUALIZATION DURING THYROID SURGERY**

На сьогоднішній день у медицині широко використовують електрофізіологічні методи, зокрема для виділення нервових закінчень серед різних тканин. Особливої актуальності в Україні набули вказані методи через суттєве зростання захворювань щитовидної залози, лікування якої здійснюють хірургічними методами. При цьому виникає ризик пошкодження зворотнього гортанного нерва (ЗГН). Сучасні способи ідентифікації ЗГН полягають у подразненні електричним струмом області хірургічного втручання й оцінюванні результатів цього подразнення на голосових зв'язках [1]. Останнім часом розвиваються методи та засоби візуалізації ЗГН на хірургічній рані [3]. Для цього розроблено спосіб та методи, які за допомогою попереднього зондування області хірургічного втручання уможливають отримати зображення розміщення ЗГН у м'язовій тканині хірургічної рани і при цьому пацієнт перебуває у другій стадії анестезії [2]. Основним їх недоліком є потреба встановлення на хірургічну рану стерильної сітки для прив'язки координат точок подразнення м'язової тканини до зображення, на якому відображатиметься ЗГН. Разом із тим зниження ризику пошкодження ЗГН пов'язане не стільки із його візуалізацією, скільки із постійним контролем хірургом відстані від області хірургічного втручання до зворотнього гортанного нерва.

Таким чином актуальною є задача побудови моделі, яка відображатиме відстань від точки подразнення м'язової тканини до ЗГН на основі аналізу амплітуди зашумленого сигналу реакції на подразнення.

Особливості отримання інформаційного сигналу для ідентифікації ЗГН.

Схема електрофізіологічного способу ідентифікації ЗГН передбачає отримання інформаційного сигналу в процесі проведення операції [1]. Вихідний інформаційний сигнал характеризує наближеність розміщення щупа до гортанного нерва. Його визначають по зміні амплітуди виділеного електричного синусоїдального сигналу заданої частоти. При зменшенні відстані до нерва амплітуда сигналу збільшується.

Для опрацювання інформаційного сигналу в середовищі MATLAB створено програмний модуль, який включає фільтрацію високочастотним смуговим фільтром сигналу на частоті подразнення, визначення максимальної амплітуди відфільтрованого сигналу для кожного проведеного спостереження та запис отриманих даних в інтервальному вигляді, за рахунок урахування похибок різної природи. Причому інтервальна оцінка амплітуди  $[U_{\max}^-; U_{\max}^+]$  записується сумісно з номером точки подразнення області хірургічної рани. Проведені дослідження дали можливість отримати інтервальні оцінки  $[d_i^-; d_i^+]$  відстані від точки подразнення на хірургічній рані до гортанного нерва та відповідні до них інтервальні оцінки максимальної  $[U_{\max}^-; U_{\max}^+]$  амплітуди інформаційного сигналу.

Інтервальна модель для ідентифікації відстані до ЗГН під час операції.

Для візуалізації ЗГН використовуємо інтервальну модель  $d$  відстані точки зондування на хірургічній рані від інтервальної максимальної амплітуди інформаційного сигналу.

$$d(U_{\max}) = b_0 + b_1 \cdot \varphi_1(U_{\max}) + \dots + b_m \cdot \varphi_m(U_{\max}) \quad (1)$$

Для пошуку структури та параметрів адекватної моделі необхідно задати деяку структуру у вигляді (1). Тоді із її застосуванням та на основі експериментальних даних будемо інтервальну систему алгебричних рівнянь (ІСЛАР)

$$d_i^- \leq b_0 + b_1 \cdot \varphi_1([U_{\max i}^-, U_{\max i}^+]) + \dots + b_m \cdot \varphi_m([U_{\max i}^-, U_{\max i}^+]) \leq d_i^+, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

та оцінюємо сумісність цієї системи [3].

Як відомо [4] у випадку задання даних в інтервальному вигляді модель є адекватною, якщо базисні функції вибрані у такий спосіб, щоб забезпечити сумісність ІСЛАР. Слід зазначити,

що розв'язком отриманої ІСЛАР (2) є область оцінок параметрів моделі (1) у вигляді неопуклого  $\Omega$  многогранника.

Тоді коридор інтервальних моделей, які задають відстань від точки подразнення до гортанного нерва матиме такий вигляд

$$[\hat{d}^-(U_{\max}), \hat{d}^+(U_{\max})] = [\bar{b}]^T \cdot \bar{\varphi}(U_{\max}), \quad (4)$$

де  $[\bar{b}] = ([b_1^-, b_1^+], \dots, [b_m^-, b_m^+])^T$  інтервальний вектор, компоненти, якого знайдені із розв'язку задач математичного програмування.

Для розв'язування задачі локалізації запропоновано використати метод структурної ідентифікації, описаний у праці [4]. В результаті проведених обчислень було встановлено структуру моделі у вигляді

$$\hat{d}(U_{\max}) = b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot U_{\max}^2},$$

інтервальні оцінки параметрів  $b_0$  та  $b_1$ , якої шукалися на основі ІСЛАР у вигляді (2), де попередньо проведено перетворення структури моделі до виду (1) у спосіб логарифмування:

$$\ln(\hat{d}(U_{\max})) = b_0 - b_1 \cdot U_{\max}^2$$

В результаті отримана інтервальна модель із гарантованими інтервальними оцінками параметрів набула такого вигляду:

$$[\hat{d}(U_{\max})] = [10,1;20,03] \cdot e^{-[0,0011;0,0014] \cdot U_{\max}^2}.$$

Отриманий коридор інтервальних моделей уможливило візуалізувати розміщення гортанного нерва.

Розглянуто процес побудови інтервальної моделі для оцінки відстані від точки подразнення на хірургічній рані до ЗГН, яка використовується під час операції на щитовидній залозі. На основі даної моделі розроблено засоби візуалізації розміщення ЗГН серед інших тканин у хірургічній рані.

### **Література**

1. Дивак М.П., Козак О.Л., Шідловський В.О. Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведенні хірургічних операцій на щитовидній залозі / Патент України на корисну модель №51174 . Зар. 12.07.2010. Опубл. 12.07.2010.- Бюл.№13.
2. Dyvak M., Kozak O., Pukas A. Interval Model for Identification of Laryngeal Nerves//PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 86 NR 1/2010, pp.139-140.
3. Дивак М.П., Козак О.Л., Пукас А.В. Застосування методів допускового еліпсоїдного оцінювання параметрів інтервальних моделей для задачі візуалізації гортанного нерва// Вісник НУ "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації.- 2010.- №680. - С. 196 -206
4. Дывак М., Манжула В. Структурная идентификация интервальных моделей статических систем. Международный научно-технический журнал "Проблемы управления и информатики", – 2008. №2. – С. 45-57.