

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОКО-РУХОВОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ АЙ-ТРЕКІНГУ

Д-р техн. наук В. Д. Павленко, студенти Є. І. Кравченко, А. М. Гапізов

Одеський національний політехнічний університет

Україна, м. Одеса

pavlenko\_vitalij@mail.ru

*Розроблені інструментальні алгоритмічні та програмні засоби ідентифікації око-рухового апарату (ОРА) людини на основі моделі Вольтерра. На основі отриманих експериментальних даних досліджень «вхід-вихід» ОРА із застосуванням технології ай-трекінгу (Eye-Tracking) визначені перехідна і двовимірна перехідна функції.*

*Ключевые слова: око-руховий апарат, ідентифікація, моделі Вольтерра, технологія ай-трекінгу.*

**Вступ:** Інноваційна технологія «Eye-tracking» в останні роки отримала подальший розвиток та ефективно застосовується при побудові математичної моделі процесу неперервного відстеження руху ока з метою виявлення аномалій в даних відстеження для кількісної оцінки рухових симптомів хвороби Паркінсона [1, 2]. При цьому застосовуються нелінійні динамічні моделі Вінера і Вольтерра-Лагерра і їх ідентифікація заснована на використанні тестових випадкових впливів, що вимагає застосування методів кореляційного аналізу та отримання великого обсягу експериментальних даних (великої тривалості експериментальних досліджень).

Для побудови моделі Вольтерра око-рухового апарату (ОРА) людини на основі експериментальних досліджень «вхід-вихід» можна застосувати детерміновані тестові впливи, наприклад, ступінчасті сигнали (найбільш адекватні для дослідження динаміки ОРА) [3], що дозволить спростити обчислювальний алгоритм ідентифікації та істотно зменшити час обробки експериментальних даних. В [4] запропоновано інформаційну технологію, метод і обчислювальні алгоритми детермінованої ідентифікації ОРА у вигляді моделі Вольтерра з використанням багатоступінчастих тестових сигналів. Проте, для реалізації запропонованої інформаційної технології побудови моделі Вольтерра ОРА необхідно розробити відповідні інструментальні програмні засоби автоматичної реєстрації координат руху ока.

**Метою** роботи є розробка інтелектуальної інформаційної технології автоматизації експериментальних досліджень для непараметричної ідентифікації ОРА у вигляді багатовимірних перехідних функцій (інтегральних перетворень ядер Вольтерра) та інструментальних програмних засобів її підтримки.

**Інформаційна технологія отримання експериментальних даних для ідентифікації ОРА:** Експеримент, який реалізується за допомогою запропонованої системи відстеження руху ока на основі відеореєстрації, проводиться в такій послідовності.

1. Голова випробуваного розташовується перед реєструючим пристроєм (відеокамерою) на відомій відстані.

2. У певні проміжки часу на екрані з'являється тестовий сигнал у вигляді яскравої точки (світлової плями). У той же час вмикається відеокамера для запису руху ока від стартового до фінального положення, що визначається координатами світлової плями.

3. Після здійснення серії експериментів «вхід-вихід» з ГДА при різних амплітудах тестових сигналів (відстанях до світлової плями) експеримент завершується. Файл з відеозаписом руху ока зберігається в пам'яті реєструючого пристрою.

4. Після завершення експерименту запускається програма, яка реалізує інтелектуальну технологію розпізнавання зіниці ока і визначаються координати центра зіниці (реакції ГДА на тестовий сигнал) в знятому відеоряді при фіксованому положенні голови. Отримані дані зберігаються в базі даних.

5. Будується графік залежності координат положення зіниці ока від часу. Інструментальні програмні засоби ідентифікації ОРА.

Розроблено програмні засоби, які здійснюють автоматичне розпізнавання зображень об'єктів (зіниці ока) на послідовності кадрів відеореєстрації та обчислення їх координат. При розробці програмних засобів були використані інформаційні технології: операційна система для смартфонів

та планшетних комп'ютерів – Андроїд 4; бібліотека алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом – бібліотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library), готові реалізації якої є під більшість існуючих операційних систем (Android, Windows, Linux, iOS); графічна бібліотека Android з відкритим вихідним кодом - MPAndroidChart; каскад Хаара та штучні нейронні мережі; мова програмування Java.

Для пошуку об'єкта на зображенні застосовується метод Віоли-Джонса. В основу методу Віоли-Джонса покладено: інтегральне представлення зображення за ознаками Хаара, побудова класифікатора на основі алгоритму адаптивного бустінга і спосіб комбінування класифікаторів в каскадну структуру. Це дозволяє здійснювати пошук об'єкта на зображенні в режимі реального часу.

Результати роботи програмних засобів, що отримано на смартфоні (Android), ілюструються на рис.1.

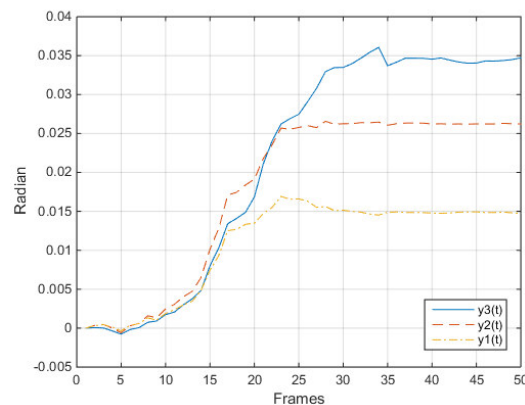


Рис. 1 – Залежність координат руху зіниці ока від часу (номер кадра) при різних амплітудах тестових сигналів  $a_1=0,33$ ,  $a_2=0,66$ ,  $a_3=1,0$

**Висновки:** На основі отриманих експериментальних даних із застосуванням розроблених обчислювальних алгоритмів і програмних засобів обробки даних побудована непараметрична динамічна модель Вольтерра ГДА людини у вигляді перехідної і двовимірної перехідної функцій. Верифікація побудованої моделі показала адекватність її досліджуваному об'єкту – практичний збіг (в межах прийнятної похибки) відгуків об'єкта і моделі при одному і тому ж тестовому впливі.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Jansson D., Medvedev A., Axelson H., Nyholm D. Stochastic anomaly detection in eye-tracking data for quantification of motor symptoms in Parkinson's disease // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. – 2015. – 823 – P. 63-82. – DOI: 10.1007/978-3-319-10984-8\_4
2. Jansson D., Medvedev A. Volterra modeling of the Smooth Pursuit System with application to motor symptoms characterization in Parkinson's disease // *European Control Conference (ECC)*, 2014. – 2014. – P. 1856-1861. – DOI: 10.1109/ecc.2014.6862207.
3. Павленко В.Д., Павленко С.В. Методы детерминированной идентификации нелинейных систем в виде моделей Вольтерра / В. Д. Павленко, С. В. Павленко // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс]. – М. : Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 2830-2841. – ISBN 978-5-91450-151-5
4. Pavlenko V. D., Fomin O. O., Fedorova A. N., Dombrovskiy M. M. Identification of Human Eye-Motor System Base on Volterra Model. *Herald of the National Technical University «KhPI»*. Subject issue: Information Science and Modelling, Kharkov, NTU «KhPI». – 2016. – 21 (1193). – P. 74-85. DOI: 10.20998/2411-0558.2016.21.08.

Pavlenko V.D., Kravchenko E.I., Gapizov A.M.

#### **Identification oculo-motor system of human based on eye-tracking technology**

*Developed algorithmic and software tools identify oculo-motor system (OMS) of human person based on Volterra model. On the basis of experimental research «input-output» OMS using Eye-Tracking technology are defined transient and two-dimensional transition function.*

*Keywords: oculo-motor system, identification, Volterra model, eye-tracking technology.*