

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОКО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ВОЛЬТЕРРИ І ТЕХНОЛОГІЇ АЙТРЕКІНГУ

**В.Д. Павленко, Д.В. Броска, В.С. Чорний**

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: pavlenko\_vittalij@ukr.net,  
dmitrij.broska98@gmail.com, chornyvova@ukr.net

Дослідження рухів очей людини і траєкторії їх переміщення дозволяють розкрити структуру взаємин індивіда з середовищем, людини зі світом. Аналіз взаємозв'язку окуломоторики з центральною нервовою системою, з одного боку, з вмістом психічних процесів – з іншого, з різноманітними формами активності (поведінкою, діяльністю, спілкуванням) – з третьої, сприяє вивченню механізмів роботи мозку і їх порушення, виявлення динаміки психофізіологічних станів людини, закономірностей сприйняття, мислення, уявлень, диференціації інтенцій, намірів і установок особистості. Знання про рух очей мають велике теоретичне і прикладне значення, розширюючи можливості вивчення специфіки багатьох професій з метою підвищення ефективності функціонування суб'єкта трудової діяльності. Метою роботи є розробка інструментальних програмних засобів побудови непараметричної динамічної моделі око-рухової системи (ОРС) людини з урахуванням її інерційних і нелінійних властивостей на основі даних експериментальних досліджень «вхід-вихід» з використанням тестових візуальних стимулів та інноваційної технології айтрекінгу. Об'єкт дослідження – процес ідентифікації ОРС на основі даних відстеження руху очей – відгуків на зовнішні впливи у вигляді візуальних стимулів, що відображаються на екрані монітора (процес айтрекінгу). Предмет дослідження – інструментальні обчислювальні і програмні засоби побудови моделі Вольтерри ОРС у вигляді багатовимірних перехідних функцій на основі даних айтрекінгу. Розроблено в середовищі системи Matlab програмні засоби ідентифікації ОРС. Використовуються тестові візуальні стимули у вигляді яскравих точок, які послідовно відображаються на різних відстанях від стартової позиції, що формально відповідає різним амплітудам тестових ступінчатих сигналів. Визначаються перехідні функції 1-го, 2-го та 3-го порядків за допомогою методу найменших квадратів. Розроблені програмні засоби обробки даних айтрекінгу апробовано на реальних даних експериментального обстеження ОРС. Верифікація побудованої моделі підтверджує адекватність її досліджуваної ОРС – практичний збіг (в межах прийнятної похибки) відгуків ОРС і її моделі при одному і тому ж тестовому сигналі.

**Ключові слова:** око-рухова система, ідентифікація, модель Вольтерри, багатовимірні перехідні функції, тестові візуальні стимули, технологія айтрекінгу.

### Вступ

Дослідження рухів очей людини і траєкторії їх переміщення (айтрекінг) дозволяють розкрити структуру взаємин індивіда з середовищем, людини зі світом. Аналіз взаємозв'язку окуло-моторики з центральною нервовою системою, з одного боку, з вмістом психічних процесів – з іншого, з різноманітними формами активності (поведінкою, діяльністю, спілкуванням) – з третього, сприяє вивченню механізмів роботи мозку і їх порушення, виявлення динаміки психофізіологічних станів людини, закономірностей сприйняття, мислення, уявлень, диференціації інтенцій, намірів і установок особистості.

Знання про рух очей мають велике теоретичне і прикладне значення, розширюючи можливості вивчення специфіки багатьох професій з метою підвищення ефективності функціонування суб'єкта трудової діяльності.

Технологія айтрекінгу в останні роки отримала подальший розвиток та ефективно застосування при побудові математичної моделі процесу неперервного відстеження руху ока на основі поліномів Вольтерри, які враховують інерційні і нелінійні властивості око рухової системи людини [1-5]. Процес ідентифікації ґрунтується на використанні тестових візуальних стимулів, що відображаються на екрані монітора комп'ютера на різних відстанях від стартової позиції.

## Мета роботи

*Метою* роботи є розробка інструментальних програмних засобів побудови непараметричної динамічної моделі Вольтерри око рухової системи людини на основі даних експериментальних досліджень «вхід-вихід» з застосуванням тестових візуальних стимулів та технології айтрекінгу.

Для побудови моделі Вольтерри ОРС людини використовуються детерміновані тестові впливи – ступінчасті сигнали, найбільш адекватні для дослідження динаміки ОРС, що дозволяє спростити обчислювальний алгоритм ідентифікації та істотно зменшити час обробки експериментальних даних [6].

Об'єкт дослідження – процес ідентифікації ОРС на основі даних експериментальних досліджень «вхід-вихід» із застосуванням технології айтрекінгу.

Предмет дослідження – інструментальні обчислювальні і програмні засоби побудови моделі Вольтерри – визначення перехідних функцій 1-го, 2-го та 3-го порядків ОРС за даними айтрекінгу.

## Основна частина

**Модель Вольтерри.** Для опису об'єктів невідомої структури доцільно використовувати найбільш універсальні нелінійні непараметричні динамічні моделі – моделі Вольтерри [7]. При цьому нелінійні і динамічні властивості досліджуваного об'єкту однозначно описуються послідовністю інваріантних відносно виду вхідного сигналу багатовимірних вагових функцій – ядер Вольтерри (ЯВ).

Співвідношення «вхід-вихід» для нелінійної динамічної системи (НДС) з невідомою структурою (типу «чорний ящик») з одним входом і одним виходом може бути представлено дискретним кубічним поліномом Вольтерри у вигляді:

$$y[m] = \sum_{n=1}^3 y_n[m] = \sum_{k_1=0}^m w_1[k_1]x[m-k_1] + \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m w_2[k_1, k_2]x[m-k_1]x[m-k_2] + \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m \sum_{k_3=0}^m w_3[k_1, k_2, k_3]x[m-k_1]x[m-k_2]x[m-k_3], \quad (1)$$

де  $w_1[k_1]$ ,  $w_2[k_1, k_2]$ ,  $w_3[k_1, k_2, k_3]$  – дискретні вагові функції (ядра Вольтерри) 1-го, 2-го та 3-го порядків;  $x[m]$ ,  $y[m]$  – вхідна (стимул) і вихідна (відгук) функції (сигнали) системи, яка моделюється, відповідно;  $y_n[m]$  – парціальні складові відгуку (згортка послідовностей  $n$ -го порядку);  $m$  – дискретна перемінна часу.

**Побудова моделі Вольтерри ОРС на основі даних експериментів «вхід-вихід».** Задача ідентифікації полягає у виборі тестових сигналів  $x[m]$  і розробці алгоритму, який дозволяє по вимірюваним відгукам  $y[m]$  виділяти парціальні складові  $y_n[m]$ , ( $n=1, 2, 3$ ) і визначати на їх основі ЯВ  $w_1[k_1]$ ,  $w_2[k_1, k_2]$ ,  $w_3[k_1, k_2, k_3]$ .

З урахуванням специфіки досліджуваної ОРС для ідентифікації використовуються тестові ступінчасті сигнали [5, 6]. Якщо тестовий сигнал  $x[m]=\theta[m]$ , де  $\theta[m]$  – одинична функція (функція Хевісайда), тоді парціальні складові відгуку  $y_1[m]$ ,  $y_2[m]$ ,  $y_3[m]$

дорівнюватимуть перехідної функції першого порядку  $h_1[m]$  і діагональним перетинам перехідних функцій 2-го і 3-го порядків  $h_2[m, m]$ ,  $h_3[m, m, m]$ , відповідно:

$$y_1[m] = h_1[m] = \sum_{k_1=0}^m w_1[m - k_1],$$

$$y_2[m] = h_2[m, m] = \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m w_2[m - k_1, m - k_2],$$

$$y_3[m] = h_3[m, m, m] = \sum_{k_1=0}^m \sum_{k_2=0}^m \sum_{k_3=0}^m w_3[m - k_1, m - k_2, m - k_3].$$

Визначення піддіагональних перетинів перехідних функцій ґрунтується на випробуванні НДС за допомогою  $L$  тестових ступінчастих сигналів із заданими амплітудами  $a_i$ ,  $i=1, 2, \dots, L$  ( $L \geq N$ ,  $N$  – ступінь полінома Вольтерри). Відгуки НДС, що при цьому вимірюються, позначимо  $y_1[m]$ ,  $y_2[m]$ , ...,  $y_L[m]$ . Відгуки моделі Вольтерри дорівнюватимуть

$$\tilde{y}_i[m] = a_i \hat{y}_1[m] + a_i^2 \hat{y}_2[m] + a_i^3 \hat{y}_3[m], \quad i=1, 2, \dots, L;$$

де  $\hat{y}_1[m] = \hat{h}_1[m]$ ,  $\hat{y}_2[m] = \hat{h}_2[m, m]$ ,  $\hat{y}_3[m] = \hat{h}_3[m, m, m]$  – отримані оцінки парціальних складових моделі (багатовимірних перехідних функцій).

Для визначення перехідних функцій  $h_1[m]$ ,  $h_2[m, m]$ ,  $h_3[m, m, m]$  використовується метод найменших квадратів (МНК), який забезпечує мінімум середньоквадратичної похибки відхилення відгуків моделі від відгуків ОРС на один і той же стимул:

$$J_N = \sum_{j=1}^L \left( y_j[m] - \sum_{n=1}^N a_j^n \hat{y}_n[m] \right)^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

Мінімізація критерію (2) зводиться до вирішення системи нормальних рівнянь Гаусса [5], яку в векторно-матричній формі можна записати у вигляді

$$A' A \hat{y} = A' y, \quad (3)$$

де

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_1^2 & \dots & a_1^N \\ a_2 & a_2^2 & \dots & a_2^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_L & a_L^2 & \dots & a_L^N \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1[m] \\ y_2[m] \\ \dots \\ y_L[m] \end{bmatrix}, \quad \hat{y} = \begin{bmatrix} \hat{y}_1[m] \\ \hat{y}_2[m] \\ \dots \\ \hat{y}_N[m] \end{bmatrix}.$$

Розв'язавши систему рівнянь (3) відносно  $\hat{y}_1[m]$ ,  $\hat{y}_2[m]$ ,  $\hat{y}_3[m]$ , отримуємо оцінки багатовимірних перехідних функцій ОРС  $\hat{h}_1[m]$ ,  $\hat{h}_2[m, m]$ ,  $\hat{h}_3[m, m, m]$  в кожний момент часу  $m$  на інтервалі спостереження. З рівняння (3), отримуємо

$$\hat{y} = (A' A)^{-1} A' y. \quad (4)$$

Здійснивши в (4) матричні операції, отримуємо

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1[m] \\ \hat{y}_2[m] \\ \dots \\ \hat{y}_N[m] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^L a_j^2 & \sum_{j=1}^L a_j^3 & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{N+1} \\ \sum_{j=1}^L a_j^3 & \sum_{j=1}^L a_j^4 & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{N+2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{j=1}^L a_j^{N+1} & \sum_{j=1}^L a_j^{N+2} & \dots & \sum_{j=1}^L a_j^{2N} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^L a_j y_j[m] \\ \sum_{j=1}^L a_j^2 y_j[m] \\ \dots \\ \sum_{j=1}^L a_j^N y_j[m] \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В роботі ідентифікація ОРС здійснюється у вигляді перехідних функцій 1-го, 2-го і 3-го порядку.

**Організація та методика експериментальних досліджень із застосуванням технології айтрекінгу.** При проведенні експериментальних досліджень здійснюються такі дії:

При проведенні експериментальних досліджень здійснюються такі дії:

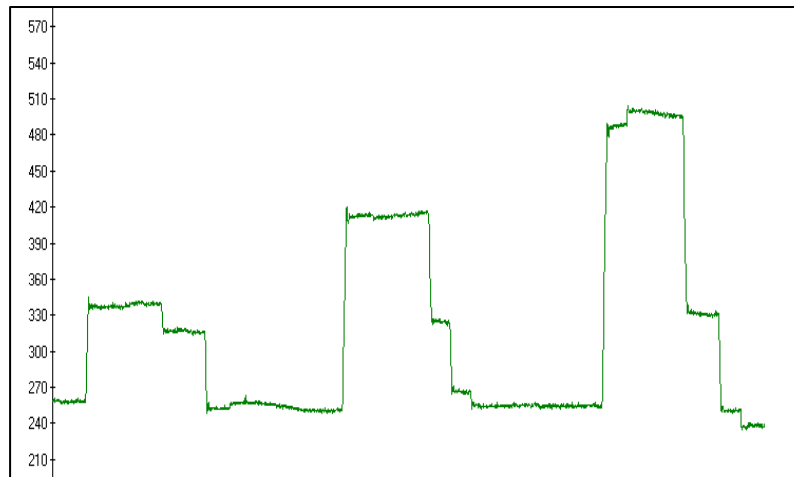
- респондент (людина, яка досліджується) розміщується перед комп'ютером таким чином, щоб його очі були на рівні центру монітору на відстані 40-50 см від нього (рис. 1);
- голова респондента фіксується щоб не допускати її рухів при дослідженнях та для забезпечення однакових умов експерименту;
- за готовністю респондента, слід запустити програму формування тестових візуальних стимулів Signal Manager (рис 2);
- в центрі екрану (або від його краю) з'являється кружок червоного кольору – стартова позиція (рис. 2, а);
- після невеликої паузи (2-3 с) кружок в стартовій позиції зникає і з'являється кружок іншого кольору в точці з заданими координатами (рис. 2, б), який є візуальним стимулом (тестовим сигналом), що відображається протягом заданої тривалості 1-2 с (ця дія змушує око рухатись в напрямку на візуальний стимул);
- далі цей кружок зникає та з'являється кружок червоного кольору в стартовій позиції (це змушує око рухатись у зворотному напрямку до стартової позиції) і після цих дій експеримент завершується;
- за допомогою айтрекеру визначаються координати зіниці ока в процесі його руху (реакції на візуальний стимул) в період між стартовими позиціями і значення координат зберігаються у файлі типу xls (рис. 3).



Рис. 1. Схема розташування респондента



**Рис. 2.** Тестові візуальні стимули: а – стартова позиція; б – позиція стимула



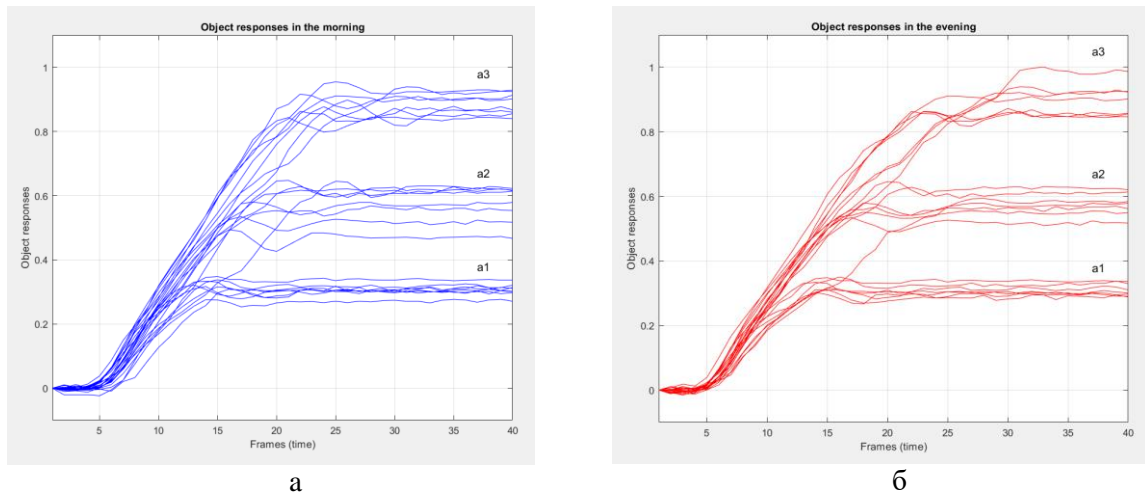
**Рис. 3.** Відгуки ОРС при  $L=3$ , що отримано за допомогою айтрекера TOBII PRO TX300

У дослідженні кожного респондента послідовно реалізовані три експеримента для 3-х амплітуд тестових сигналів в напрямку «по горизонталі» (рис. 2, б). Між стартовою позицією та тестовими стимулами відстані дорівнюють:  $0.33l_x$ ,  $0.66l_x$ ,  $1.0l_x$ , де  $l_x$  – довжина екрану монітора. Координати стартової позиції ( $x=0$ ;  $y=0.5l_y$ ),  $l_y$  – ширина екрану монітора (рис. 2, а).

Експериментальні дослідження ОРС проводилися з використанням високотехнологічного обладнання – айтрекера Tobii Pro TX300 (300 Hz), наданого для досліджень Центром інновацій та просунутих технологій Люблінського технологічного університету (Люблін, Польща) [8].

### Результати досліджень

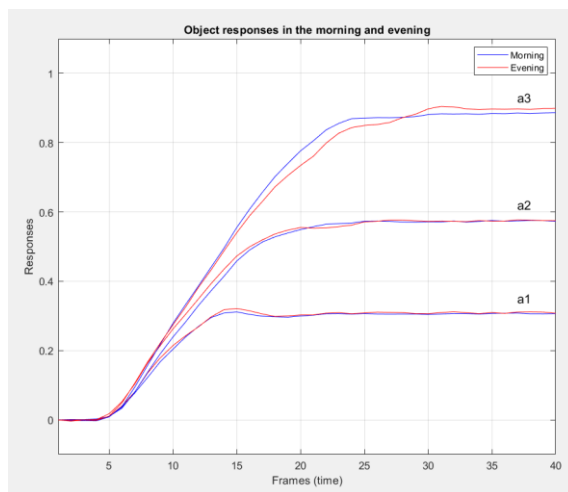
Експерименти було організовано з метою класифікації респондентів (інформантів) за станом втоми. Збір даних для отримання тренувальної послідовності, що використовується для навчання класифікатора, полягає в вимірюваннях відгуків ОРС на однакові тестові сигнали, які здійснюються в різний час дня: «Вранці» (до роботи) і «Ввечері» (після роботи). Отримані експериментальні дані для ідентифікації ОРС від айтрекера при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці» і «Ввечері» представлено на рисунку 4, а, б. Усереднені значення відгуків ОРС «Вранці» і «Ввечері» наведено на рисунку 5.



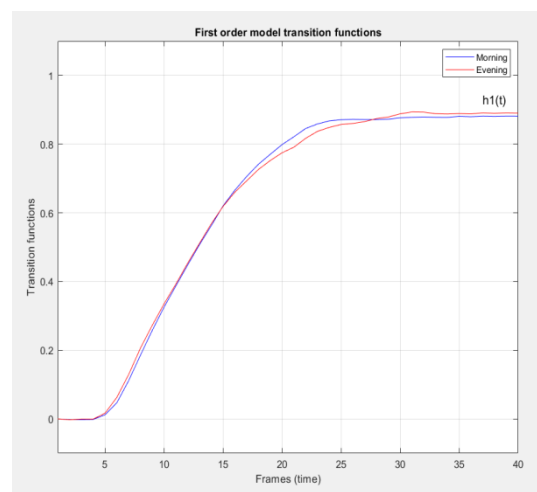
**Рис. 4.** Відгуки ОРС при різних амплітудах тестових сигналів: а – «Вранці»; б – «Ввечері»

За усередненими даними відгуків орс на візуальні стимули з різною відстанню від стартової позиції на основі обчислень за формулою (5) визначено перехідні функції орс при використанні апроксимаційних моделей різного ступеня  $N$  ( $N=1, 2, 3$ ). Графіки перехідних функцій для станів респондента «Вранці» та «Ввечері» на основі моделі (1) при  $N=1$  представлені на рис.6, при  $N=2$  – на рис. 7 та при  $N=3$  – на рис. 8. Визначено відгуки за допомогою розрахунків на моделях при різних амплітудах тестових сигналів для аналогічних станів при  $N=1, 2, 3$ , графіки яких наводяться у порівнянні з подібними відгуками ОРС на рис. 9, 10 та 11, відповідно. На рис. 12 приведені графіки розрахованих на моделі для  $n=3$  відгуків при різних амплітудах тестових сигналів «вранці» і «ввечері».

Як можна бачити з рисунка 4, отримані перехідні функції для станів «Вранці» та «Ввечері» першого порядку практично не залежать від стану респондента. Проте, діагональні перетини перехідних функцій другого та третього порядків істотно змінюються за величиною і, отже, в подальшому можуть ефективно використовуватися, як джерело первинних даних при побудові, із застосуванням машинного навчання, діагностичних моделей – класифікаторів психофізіологічних станів людини.



**Рис. 5.** Усереднені відгуки ОРС при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці» і «Ввечері»



**Рис. 6.** Оцінки перехідних функцій при  $N=1$  «Вранці» і «Ввечері»

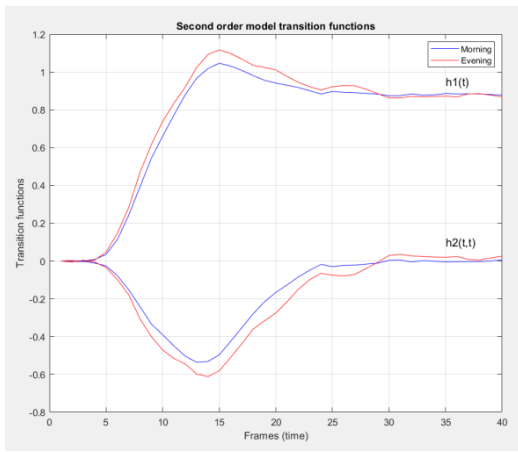


Рис. 7. Оцінки перехідних функцій при  $N=2$  «Вранці» і «Ввечері»

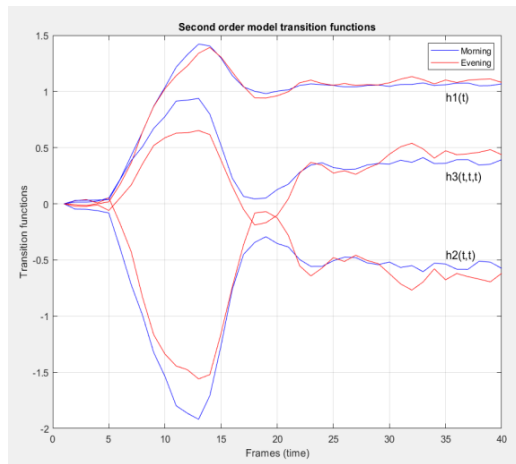


Рис. 8. Оцінки перехідних функцій при  $N=3$  «Вранці» і «Ввечері»

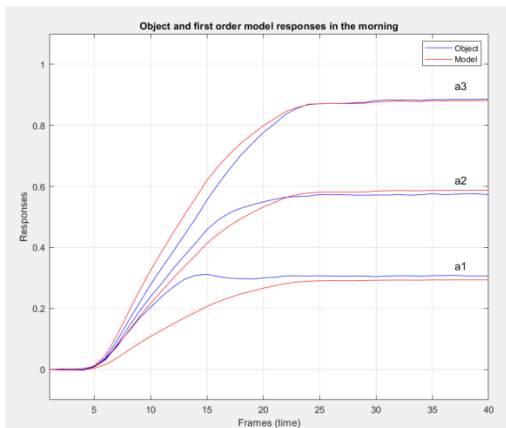


Рис. 9. Відгуки ОРС та моделі при  $N=1$  при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці»

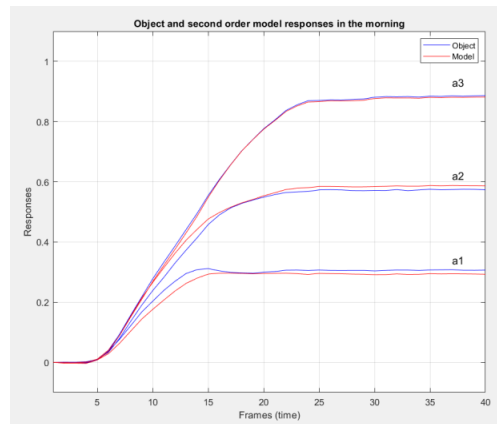


Рис. 10. Відгуки ОРС та моделі при  $N=2$  при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці»

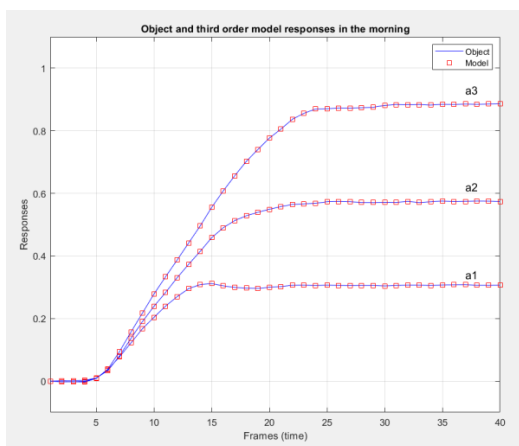


Рис. 11. Відгуки ОРС та моделі для  $N=3$  при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці»

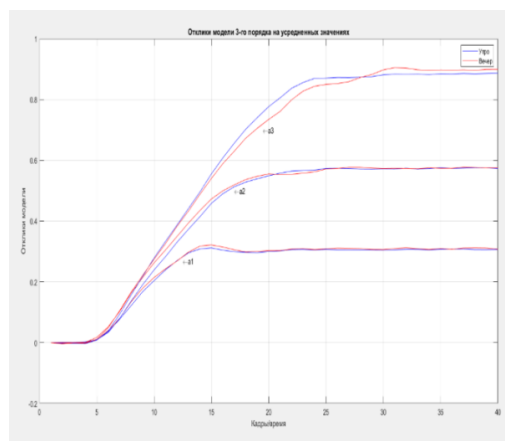


Рис. 12. Відгуки моделі для  $N=3$  при різних амплітудах тестових сигналів «Вранці» і «Ввечері»

## Висновки

Розроблено методику та інструментальні програмні засоби побудови непараметричної динамічної моделі ОРС людини на основі даних експериментальних досліджень «вхід-вихід» із застосуванням тестових візуальних стимулів та інноваційної технології айтрекінгу. Здійснено експериментальні дослідження ОРС одного респондента до початку та після робочого дня. На основі даних, отриманих за допомогою айтрекера, визначено перехідні функції 1-го, 2-го та 3-го порядків ОРС. Виявлено змінність перехідних функцій 2-го та 3-го порядків для різних психофізіологічних станів респондента (за рівнем втоми). Таким чином, їх можна використовувати в діагностичних дослідженнях в області нейронаук та психології.

## Список літератури

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. V.823. Pp. 63-82.
2. Jansson D., Rosen O., Medvedev A. Parametric and Nonparametric Analysis of Eye-Tracking Data by Anomaly Detection. *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* 2015. №23. Pp. 1578–1586.
3. Bro V., Medvedev A.V. Nonlinear Dynamics of the Human Smooth Pursuit System in Health and Disease: Model Structure and Parameter Estimation. *IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC)*, 2017 December 12-15, Melbourne, Australia. Pp. 4692-4697.
4. Rigas I., Komogortsev O., Shadmehr R. Biometric Recognition via the Complex Eye Movement Behavior and the Incorporation of Saccadic Vigor and Acceleration Cues. *ACM Transactions on Applied Perception*. 2016. V.13, №2. Pp. 1-21.
5. Pavlenko V., Salata D., Dombrovskiy M., Maksymenko Yu. Estimation of the Multidimensional Transient Functions Oculo-Motor System of Human. *Mathematical Methods and Computational Techniques in Science and Engineering*. 2017. 1872. Pp. 110-117.
6. Pavlenko V., Ivanov I., Kravchenko E. Estimation of the Multidimensional Dynamical Characteristic Eye-Motor. *Proc. 9th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*, 2017, Bucharest, Romania. Vol.2. Pp. 645-650.
7. Doyle F.J., Pearson R.K., Ogunnaike B.A. Identification and control using Volterra models. Germany: Springer Publ, 2002. 314 p.
8. Салата Д.В., Чори В.В., Mishchenko I., Павленко В.Д., Milosz M., Dzienkowski M. Экспериментальные исследования глазодвигательной системы с помощью айтрекера ТОВІІ PRO TX300. *Матеріали VIII Міжнар. конф. студентів і молодих науковців «Сучасні інформаційні технології 2018»*, МІТ-2018, Одеса. С. 105-106.

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЛАЗО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВОЛЬТЕРРА И ТЕХНОЛОГИИ АЙТРЕКИНГА

В.Д. Павленко, Д.В. Броска, В.С. Чорний

Одесский национальный политехнический университет,  
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: pavlenko\_vitalij@ukr.net,  
dmitrij.broska98@gmail.com, chornyvova@ukr.net

Исследование движений глаз человека и траектории их перемещения позволяют раскрыть структуру взаимоотношений индивида со средой, человека с миром. Анализ взаимосвязи окуломоторики с центральной нервной системой, с одной стороны, с содержанием психических процессов - с другой, с различными формами активности (поведением, деятельностью, общением) - с третьей, способствует изучению механизмов работы мозга и их нарушения, выявленные динамики психофизиологических состояний человека, закономерностей восприятия, мышления, представлений, дифференциации интенций, намерений и установок личности. Знание о движении глаз имеют большое теоретическое и прикладное значение, расширяя возможности изучения специфики многих профессий с целью повышения эффективности функционирования субъекта трудовой деятельности. Целью работы является разработка инструментальных программных средств построения непараметрической динамической модели глазо-двигательной системы (ГДС) человека с учетом его инерционных и нелинейных свойств на основе данных



экспериментальных исследований «вход-выход» с использованием тестовых визуальных стимулов и инновационной технологии айтрекинга. Объект исследования - процесс идентификации ГДС на основе данных отслеживания движения глаз - откликов на внешние воздействия в виде визуальных стимулов, отображаемых на экране монитора (процесс айтрекинга). Предмет исследования - инструментальные вычислительные и программные средства построения модели Вольтерры ГДС в виде многомерных переходных функций на основе данных айтрекинга. Разработано программное обеспечение идентификации ГДС с помощью средств системы Matlab. Используются тестовые визуальные стимулы в виде ярких точек, которые последовательно отображаются на различных расстояниях от стартовой позиции. Это формально соответствует различным амплитудам тестовых ступенчатых сигналов. Переходные функции 1-го, 2-го и 3-го порядков определяются с помощью метода наименьших квадратов. Разработанные программные средства обработки данных айтрекинга апробированы на реальных данных экспериментального исследования ГДС. Верификация построенной модели подтверждает адекватность ее исследуемой ГДС – практическое совпадение (в пределах приемлемой погрешности) откликов ГДС и ее модели при одном и том же тестовом сигнале.

**Ключевые слова:** глазо-двигательная система, идентификация, модель Вольтерра, многомерные переходные функции, тестовые визуальные стимулы, технология айтрекинга.

## IDENTIFICATION OF THE OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON VOLTERRA MODEL AND EYE-TRACKING TECHNOLOGY

V.D. Pavlenko, D.V. Broska, V.S. Chornyi

Odessa National Polytechnic University,

1, Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: pavlenko\_vitalij@ukr.net,  
dmitrij.broska98@gmail.com, chornyvova@ukr.net

The study of human eye movements and the trajectory of their movement allows us to reveal the structure of the relationship of an individual with the environment, a person with the world. Analysis of the relationship of oculomotoric of the Central nervous system, on the one hand, with the content of mental processes on the other, with various forms of activity (behavior, activity, communication) - with a third, promotes the study of brain mechanisms and their violations of the dynamics of psychophysiological state of man, the laws of perception, thinking, perceptions, differentiation of intentions, intentions and attitudes of the individual. Knowledge about eye movement is of great theoretical and applied importance, expanding the possibilities of studying the specifics of many professions in order to improve the efficiency of the subject of labor activity. The purpose of this work is to develop instrumental software tools for constructing a nonparametric dynamical model of the human eye-motor system (EMS), taking into account its inertial and nonlinear properties, based on data from experimental «input-output» studies using test visual stimulus and innovative eye-tracking technology. The object of the study is the process of identification EMS based on eye-tracking data-responses to external influences in the form of visual stimulus displayed on the monitor screen (the eye-tracking process). The subject of the research is instrumental computing and software tools for building the Volterra model of the EMS in the form of multidimensional transition functions based on data from eye-tracking. Software for identification of the EMS using Matlab tools has been developed. Test visual stimulus in the form of bright points that are consistently displayed at different distances from the starting position are used. This formally corresponds to the different amplitudes of the step test signals. The transition functions of the 1st, 2nd, and 3rd orders are determined using the least squares method. The developed software tools for data processing of the eye-tracking are tested on real data from an experimental study of the EMS. Verification of the constructed model confirms the adequacy model of the investigated EMS – a practical coincidence (within an acceptable error) of the responses of the EMS and its model at the same test signal.

**Keywords:** oculomotor system, identification, Volterra model, multidimensional transition functions, test visual stimulus, Eye-tracking technology.