

АСПЕКТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ  
ПІД ЧАС ПЛАНТОГРАФІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Галушко Д. Є., здобувач, e-mail: [dmytro.halushko@nure.ua](mailto:dmytro.halushko@nure.ua),  
Носова Т. В., к.т.н., доцент, e-mail: [tatyana.nosova@nure.ua](mailto:tatyana.nosova@nure.ua),  
Євстратов Н. Д., к.т.н., доцент, e-mail: [mykola.yevstratov@nure.ua](mailto:mykola.yevstratov@nure.ua),  
Носова Я. В., к.т.н., доцент, e-mail: [yana.nosova@nure.ua](mailto:yana.nosova@nure.ua)  
Семашко С. А., ст. викладач, e-mail: [svitlana.semashko@nure.ua](mailto:svitlana.semashko@nure.ua)  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Актуальність дослідження.** Плантографія – це один із методів визначення стану стопи у дорослих та дітей [1, 2]. Суть методу полягає у використанні спеціального діагностичного пристрою, який дозволяє відстежити відбитки стопи людини за допомогою оптичної системи, блоку освітлення та реєструючої камери [3, 4]. Цей метод дуже часто застосовується в медицині, особливо в ортопедії та реабілітації, для діагностики та скринінгових досліджень, а також у спортивній медицині для оцінки та корекції проблем стопи [5, 6]. Зараз саме актуальною задачею є розробка методу автоматизованого аналізу зображень відбитків стопи, які отримуються за допомогою стандартної плантографічної платформи для визначення діагностичних ознак.

**Мета досліджень.** Метою досліджень є аспекти автоматизованого аналізу пантографічних зображень.

**Основні матеріали досліджень.** Принцип роботи оптичної плантографії заснований на реєстрації відбитку стопи у світловому полі [1-5]. Апаратна частина автоматизованого пантографічного модулю складається з плантографічної платформи з прозорого скла, блоку світлодіодного освітлення та фотографічної камери з розрізненням не менш, ніж FullHD (2048\*1024) елементів зображення. Модуль призначений для візуальної оцінки, діагностики, та моніторингу ортопедичних захворювань та деформацій стоп як у дітей, так і дорослих. Отримання зображення займає не більш ніж 30 секунд. Модуль характеризують компактні розміри та невелика вага, що дають можливість проводити діагностику не тільки в кабінеті лікаря, а ще й під час різноманітних скринінгових медичних оглядів. Попередня обробка зображень стандартно є першим етапом перед їх сегментацією, описом та аналізом [7, 8]. Таким чином, виходячи з особливостей вхідних плантографічних зображень, можна сформулювати схему методу їх аналізу, що складається з вводу вхідного зображення, попередньої обробки даних для усунення локальних завад та оптичних артефактів від освітлення [9, 10], сегментації зображення [11, 12] стопи та його послідууючої обробки, що містить визначення характерних анатомічних точок та геометричних розрахунків для отримання діагностичних показників. Виходячи з особливостей вхідних плантографічних зображень, можна сформулювати схему методу попередньої обробки плантографічних зображень, що складається з фільтрації завад та артефактів, перетворення кольорових систем, побудови гістограми, гістограмної корекції, визначення порогу сегментації, процедури сегментації і візуалізації та виводу вихідного зображення для послідууючого діагностичного аналізу. Визначено, що для аналізу плантографічних зображень необхідно використовувати контурну сегментацію для визначення характерних точок периметру на зображеннях відбитку стопи. Попередньою обробкою при цьому є фільтрація для усунення сегментів малої площини, які будуть ускладнювати аналіз зображення. Визначення базових характерних точок відбитку стопи відбувається шляхом пошуку вгору та вниз (від умовної вертикальної середини стопи) точок, які мають максимальні x-координати, відповідно. Визначення інших характерних точок стопи виконується послідовним скануванням вздовж перпендикулярної базової прямої до перетину з точками периметру відбитку стопи. У зв'язку з особливостями зображення відбитку стопи та орієнтації базових точок, для геометричних розрахунків доцільно рівняння прямих будувати у параметричній формі. Метод може бути пристосований для реалізації через телемедичні сервіси [13, 14].

**Висновок.** Попередня обробка пантографічних зображень виконується для усунення артефактів – сегментів зображення малої площини, які будуть ускладнювати аналіз зображення стопи та знижувати її достовірність. Визначення базових характерних точок відбитку стопи відбувається шляхом пошуку їх геометричних особливостей. Перспективою роботи є клінічна апробація розробленого програмного забезпечення для аналізу пантографічних даних.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. V. Tsapenko, M. Tereshchenko, V. Shevchenko, R. Ivanenko, “Methodology for calculating shock loads on the human foot”, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, no. 6(2), pp. 58-64, 2021.

2. V. Tsapenko, M. Tereshchenko, G. Tymchik, “Models of evaluation of biomechanical parameters of lower extremities in children”, *KPI Science News*, no. 1, pp. 67–75, 2019.

3. Бичук І. О. Вплив програми профілактики плоскостопості на біомеханічні характеристики стопи дошкільнят / І. О. Бичук, А. І. Альошина // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2011. – № 2. – С. 10–13.

4. Гозак С. В. Особливості формування порушень опорно-рухового апарату у дітей старшого дошкільного віку / С. В. Гозак, А. М. Парац, Т. В. Станкевич, О. Т. Єлізарова, В. П. Киселевська // *Довкілля та здоров'я*. – 2013. – №3 (66). – С. 62–66.

5. Абрамов В., Клапчук В., Неханевич О. Фізична реабілітація, спортивна медицина: підручник для студ. вищих мед. навч. закладів / ред.: В. Абрамов, О. Смирнова. Дніпропетровськ : Журфонд, 2014. 456 с.

6. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С. В. Павлов, О. Г. Аврунін, С. М. Злепко, Є. В. Бодяньський та ін.]; за редакцією С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К», 2019. – 260 с.

7. Avrunin OG Visualization of the ventrolateral nucleus of the thalamus of the human brain / O.G. Avrunin, V.V. Semenets, S.Yu. Maslovsky // *Radioelectronics and Informatics*. – P. 132-134.

8. Місоченко С. Ю. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень / С. Ю. Місоченко, К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD2022, 19-21 жовтня 2022 р. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – С. 902.

9. Аврунін О. Г. Методы визуализации внутримозговых структур на современном этапе / О. Г. Аврунін, В. В. Семенец, А. Б. Щербакова. *Радиоэлектроника и информатика*. 1999. № 4(9) С. 107-108.

10. Тымкович М. Ю. Использование DICOM изображений в медицинских системах / М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунін, В. В. Семенец // НТУУ «КПІ» Техн. електродинаміка : Темат. вип. : Силова електроніка та енергоефективність, (СЕЕ'2012)». – Київ : НТУ «ХПІ». – 2012. – С. 178-183. ISSN 1607-7970.

11. Шамраева, Е. О. Вибір метода сегментації кісткових структур на томографічних зображеннях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунін // Біоніка інтелекта: інформація, мова, інтелект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

12. Шамраева Е. О., Аврунін О. Г. Побудова моделей черепних імплантантів по рентгенографічним даним // *Прикладна радіоелектроніка*. – 2005. – Т4, С. 441– 443.

13. Sokol, Y., Avrunin, O., Kolisnyk, K., & Zamiatin, P. (2020). Using medical imaging in disaster medicine. Paper presented at the 2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS 2020 - Proceedings, 287-290. doi:10.1109/IEPS51250.2020.9263175

14. Kolisnyk, K., Deineko, D., Sokol, T., Kutsevlyak, S., & Avrunin, O. (2019). Application of modern internet technologies in telemedicine screening of patient conditions. *IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T*, 459-464. doi:10.1109/PICST47496.2019.9061252.