

УДК 57.087.3

АЛГОРИТМ ПОИСКА ОТПЕЧАТКА СТОПЫ НА ПЛАНТОГРАММЕ

Е.А. ЗУЕВ, А.В. ЧУРАКОВ, С.А. САЛАХЛЫ, Т.С. СМОЛЬСКАЯ,
Э.В. ДРУЦ, В.С. ГАВРИЛЕНКО

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Данная научная статья посвящена разработке и исследованию алгоритмов выделения стопы в контексте анализа биомеханики и биометрии. Представлены новые методы и подходы к выделению стопы на изображениях. Произведен анализ результатов экспериментов, включающих широкий спектр данных, полученных как с клинических изображений, так и из видеоматериалов. Разработанные алгоритмы демонстрируют высокую эффективность и точность в выделении стопы даже в условиях вариабельности освещения и позы. Предложены практические сценарии применения алгоритмов выделения стопы в медицинских и биометрических приложениях, таких как создание персонализированных ортопедических устройств и биометрическая идентификация. Полученные результаты способствуют развитию сферы медицинской диагностики и биометрических технологий, повышая точность и автоматизацию процессов анализа структуры стопы.

Ключевые слова: плантограмма, плоскостопие

ALGORITHM FOR SEARCHING FOR A FOOT PRINT ON A PLANTOGRAM

E.A. ZUEV, A.V. CHURAKOV, S.A. SALAKHLY, T.S. SMOLSKAYA,
E.V. DRUTS, V.S. GAVRILENKO

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Abstract. This scientific article is devoted to the development and study of foot extraction algorithms in the context of biomechanics and biometrics analysis. New methods and approaches to foot extraction in images are presented. The results of experiments, including a wide range of data obtained from both clinical images and video materials, are analyzed. The developed algorithms demonstrate high efficiency and accuracy in foot extraction even under conditions of variability in lighting and pose. Practical scenarios for the use of foot extraction algorithms in medical and biometric applications, such as the creation of personalized orthopedic devices and biometric identification, are proposed. The obtained results contribute to the development of medical diagnostics and biometric technologies, increasing the accuracy and automation of foot structure analysis processes.

Keywords: plantogram, flatfoot

Введение

Плантография представляет собой один из доступных и информативных методов диагностики ранних стадий плоскостопия, основанный на отпечатках стоп. Для проведения исследования ребенку предлагается в положении «сидя на стуле» одновременно встать обеими стопами на чистый лист бумаги, затем перейти в положение «стоя», став стопы на ширину плеч. Затем ребенок садится, отрывает стопы от поверхности, и полученные отпечатки анализируются. В норме закрашенная (отпечатавшаяся) часть стопы (рисунок 1) должна находиться снаружи проведенной линии. Для определения степени плоскостопия проводят касательную линию к внутреннему краю стопы, опускают из нее перпендикуляр до пересечения с первой линией, и полученное расстояние делится на три равные части. Нумерацию начинают от внутренней части отпечатка к наружной. При продольном плоскостопии I степени

закрашенная часть плантограммы распространяется на $1/3$ подсводного пространства, при II степени – на $2/3$, при III степени занимает все подсводное пространство.

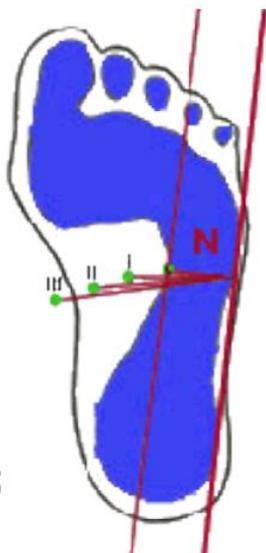


Рис.1. Смоделированный отпечаток стопы

Основная часть

Алгоритм выделения стопы состоит из трех блоков:

1. Улучшение изображения – предобработка.
2. Выделение бинарного образа стопы.
3. Выделение функциональных зон.

После предобработки в алгоритме происходит разделение, позволяющее выполнять анализ левой и правой стоп по отдельности. Для удаления точечных шумов и помех, возникших во время получения изображения используется медианная фильтрация, которая позволяет сгладить все яркостные шумы. Затем выполняется разделение изображения на цветовые компоненты. Так как зеленая компонента по яркости доминирует, оптимальным элементом контрастирования изображения стопы является разница между красной и зеленой компонентами. Эта операция позволила максимально четко очертить границы стопы. Проводится бинаризация изображения. Изображения стоп довольно четкие и хорошо разделены, поэтому бинаризация выполняется без особых проблем (рисунок 2).



Рис.2. Результат вычитания красной компоненты из зеленой и ее бинаризации

После бинаризации изображение содержит не только изображение стопы, но и лишние элементы фона. Большинство из них прижаты к границам изображения и могут быть легко удалены по этому признаку. Остаются мелкие бинарные шумы, которые удаляются по признаку площади или операцией морфологического сглаживания. В результате получается изображение стоп, прижатых к стеклу плантографа (рис. 3).



Рис.3. Результат обработки бинаризованной разницы цветовых компонент и выделенный образ стопы

Для определения функциональных зон и дальнейшего анализа необходимо разделить объекты: вычислить максимальные и горизонтальные координаты больших объектов и по их диапазонам определить принадлежность к правой или левой стопе.

По размеру удаляются изображения пальцев, затем определяется главная ось стопы, для этого строится выпуклый контур. На основе этой оси определяется поворот стопы, который делается для того, чтобы визуально ориентировать бинарный образ стопы и облегчить разбиение на зоны, затем ось разбивается на три части. Точки, разбивающие эту ось, принадлежат линиям, разделяющим стопу на функциональные зоны. Через эти точки проводятся горизонтальные линии (так как стопа уже ориентирована).

Затем проводится идентификация выделенных объектов и операция морфологического замыкания, удаляющая эти линии. В результате получаем три функциональные области стопы (рисунок 4). Теперь по изображению можно сделать все необходимые измерения и повторить алгоритм для другой стопы.

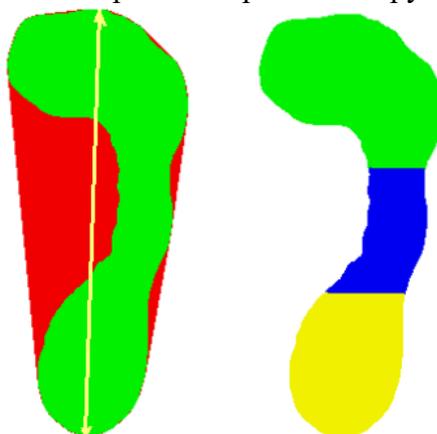


Рис.4. Результат бинаризации разницы цветовых компонент и выделена стопа, выделенные функциональные области стопы

Заключение

В заключении исследования методов выявления плоскостопия по плантограмме подчеркивается его значимость в сфере диагностики и лечения данного расстройства опорно-двигательной системы. Несмотря на распространенность плоскостопия, акцент делается на важности своевременного выявления для предупреждения возможных осложнений и обеспечения оптимального функционирования стопы. Метод плантографии выделяется своей относительной простотой и доступностью, что делает его применимым для широкого использования в клинической практике. Он может служить первичным этапом диагностики, предоставляя важную информацию для врача при принятии решений о дальнейших шагах в лечении. Результаты исследования подчеркивают важность системного подхода к диагностике и лечению плоскостопия, включая не только визуализационные методы, но и дополнительные функциональные тесты и клиническое обследование. Комбинированный подход позволяет более точно определить характеристики плоскостопия у каждого пациента и предложить наиболее эффективные методы коррекции.

Список литературы

1. Функциональные методы исследования стопы в современной медицинской практике / Калинина М.Л., Железнов Л.М., Шехтман А.Г. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3.
2. Kjørgaard Nilsson M., Friis R., SkjoldahlMichaelsen M., AbildgaardJakobsen P., Oestergaard Nielsen R. Classification of the height and flexibility of the medial longitudinal arch of the foot. Journal of Foot and Ankle Research 2012, 5:3 doi:10.1186/1757-1146-5-3,available at: <http://www.jfootankleres.com/content/5/1/3>
3. McPoil T.G., Vicenzino B., Cornwall M.W., Collins N. Can foot anthropometric measurements predict dynamic plantar surface contact area?Journal of Foot and Ankle Research 2009, 2:12 doi:10.1186/1757-1146-2-12, available at:<http://www.jfootankleres.com/content/2/1/28>
4. Гавриков К. В. Соматотипологические особенности строения и функции стопы человека / К. В. Гавриков, В. Б. Мандриков, А. И. Краюшкин, А. И. Перепелкин. – Волгоград: Изд-во ВолГМУ, 2006. – 145 с.