

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ YOLO ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОПЫ

APPLICATION OF THE YOLO MODEL FOR AUTOMATIC DETECTION OF KEY POINTS ON IMAGES OF THE REAR PART OF THE FOOT FOR DIAGNOSING FLAT-VALGUS DEFORMITY OF THE FOOT

V. Zhilin

Summary. Flat-valgus deformity of the foot (FVDF) is a common orthopedic disorder requiring accurate diagnosis for effective treatment. This study investigates the application of the YOLO model for automatic detection of key points on images of the rear part of the foot related to FVDF. A dataset including images with various degrees of foot deformation was collected for this purpose. The YOLO model was trained on these data, and its accuracy was evaluated on a test set. The results showed that the YOLO model has the potential to automate the diagnosis of FVDF, and increasing the volume of training data can improve its performance. These findings highlight the prospects of using the YOLO model in clinical practice to enhance the diagnosis and treatment of FVDF.

Keywords: flat-valgus deformity of the foot, YOLO, diagnosis.

Жилин Валентин Валерьевич

Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола)
zhilin.valentin.72@gmail.com

Аннотация. Плоско-вальгусная деформация стопы (ПВДС) является распространенным ортопедическим нарушением, требующим точной диагностики для эффективного лечения. В данном исследовании рассматривается применение модели YOLO для автоматического определения ключевых точек на изображениях заднего отдела стопы, связанных с ПВДС. Для этого был собран набор данных, включающий изображения с различными степенями деформации стопы. Модель YOLO была обучена на этих данных, и ее точность была оценена на тестовом наборе. Результаты показали, что модель YOLO обладает потенциалом для автоматизации диагностики ПВДС, а увеличение объема обучающих данных может улучшить ее производительность. Эти результаты подчеркивают перспективы использования модели YOLO в клинической практике для улучшения диагностики и лечения ПВДС.

Ключевые слова: плоско-вальгусная деформация стопы, YOLO, диагностика.

Плоско-вальгусная деформация стопы (ПВДС) или вальгусная пятка — это распространенная проблема в сфере ортопедии и педиатрии, требующая точной диагностики и лечения [8]. Эти аномалии характеризуются асимметричным или симметричным снижением продольного или поперечного арок стопы, что может привести к различным последствиям, включая болевой синдром, дисфункцию стопы, артрит и даже повышенный риск травм [7].

ПВДС и вальгусная пятка часто являются результатом комплексного воздействия различных факторов, таких как генетическая предрасположенность, несоответствие обуви, избыточный вес, аномалии развития стопы и мышечно-связочного аппарата, а также травмы или хирургические вмешательства [6].

Для точной диагностики ПВДС и вальгусной пятки необходимо провести комплексное обследование, включающее в себя клинический осмотр, анатомическую оценку стопы, рентгенографию и, в некоторых случаях,

компьютерную томографию или магнитно-резонансную томографию [9].

Эффективное лечение ПВДС и вальгусной пятки зависит от степени деформации, наличия сопутствующих осложнений и индивидуальных особенностей пациента. Оно может включать консервативные методы, такие как физиотерапия и реабилитационные упражнения, а также хирургические вмешательства, направленные на коррекцию анатомических аномалий и восстановление функции стопы [5].

Для того чтобы определить степень деформации или степень плоскостопия, можно вычислить угол пронации заднего отдела стопы [4]. Чтобы определить угол пронации, проводят оси. В качестве первой точки зачастую используют бугорок пяточной кости — n , далее по середине ахиллова сухожилия проводят линию до уровня лодыжек — h , вторая линия начинается от лодыжки и продолжается по голени, ось также должна быть посередине голени до точки k . В результате получают две оси nh

и hk , между которыми и требуется определить искомый угол и установить степень деформации для каждой ноги. Пример таких осей приведен на рисунке 1. Если угол между осями hn и hk меньше 6° , то принято считать, что плоско-вальгусная деформация стопы отсутствует, а иначе возможно наличие данной деформации.



Рис. 1. Пример осей для определения угла пронации

В связи с нарастающей популярностью и применением искусственного интеллекта (ИИ) в медицинской практике [2], особенно в области обработки изображений и анализа данных, применим одну из популярнейших моделей YOLO для определения ключевых точек [1]. В рамках нашей работы, ключевыми точками будут, точки n, h, k , которую модель должна определить в автоматическом режиме. Цель работы — проанализировать точность модели на выборках из 100 и 500 уникальных размеченных изображений.

Проведение анализа эффективности модели позволит в дальнейшем произвести оценку ее потенциала для клинического применения. Результаты этого анализа позволят оценить точность, специфичность модели, а также сравнить её с традиционными методами.

Для разработки и обучения модели автоматического определения ключевых точек с использованием YOLO необходимо было провести тщательную подготовку данных. Этот процесс включал в себя несколько ключевых этапов, начиная со сбора клинических данных и заканчивая разметкой данных.

Сперва был проведен сбор набора изображений, содержащих изображения заднего отдела стопы с различными уровнями ПВДС. Кроме того, в набор данных были включены изображения стоп пациентов, у которых отсут-

ствует данная патология. Эти данные были собраны в рамках исследовательской работы по диагностике ПВДС.

Для обучения модели были размечены изображения с указанием расположения ключевых точек внутри областей интереса (bounding box). Для более эффективной разметки данных применены инструменты компьютерного зрения, CVAT (Computer Vision Annotation Tool) и roboflow. Оба инструмента предоставляют богатый набор функции для аннотации изображений, позволяют аннотаторам (разметчикам, маркировщикам) данных проводить разметку более точно и эффективно.

Для обучения модели была выбрана архитектура YOLO-pose, основанная на популярной архитектуре YOLO (You Only Look Once), специально адаптированной для задач обнаружения и аннотации ключевых точек на изображениях. Основной принцип работы YOLO-pose состоит в том, что модель одновременно предсказывает координаты областей интереса, определяющих положение объектов на изображении, а также координаты ключевых точек, относящихся к этим объектам [3]. Модель на основе YOLO является мощным инструментом для обнаружения объектов на изображениях. В отличие от других методов, которые требуют множественных проходов, YOLO способен делать предсказания за один проход. Он использует сверточные слои для извлечения характеристик объектов, а затем полносвязные слои для предсказания их классов и областей интереса. Выходной слой YOLO содержит сетку ячеек, каждая из которых предсказывает объекты в определенной области изображения [10]. Это позволяет снизить количество ложных срабатываний и увеличить точность обнаружения.

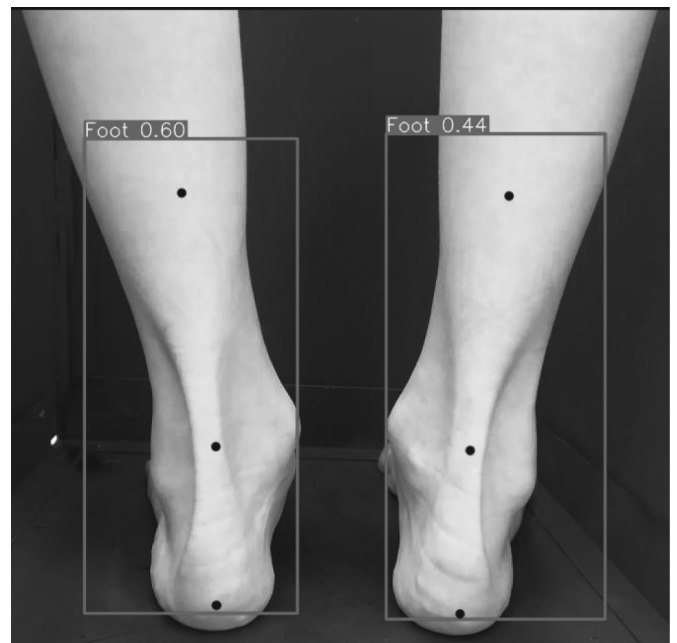


Рис. 2. Результат работы модели YOLO-pose

После проведения обучения модели на наборах данных, содержащих 100 и 500 изображений соответственно, был проведен анализ и оценка результатов модели. Модель, обученная на 100 изображениях, протестирована на 50 новых (тестовых) изображениях. Для левой ноги точность достигла 53 %, а для правой ноги данный показатель составил 33 %. С увеличением количества обучающих изображений до 500, точность модели на тестовых данных увеличилась. Для левой ноги достигнута точность в 65 %, а для правой 55 %. Результат работы продемонстрирован на рисунке 2.

Необходимо также учитывать, что точность модели подвержена влиянию различных факторов, включая параметры и структуру модели, а также качество, разрешение изображения и угол съемки. Наиболее значимые факторы — это качество разметки и количество доступ-

ных наборов данных для обучения модели. От них напрямую зависит точность и истинность результатов.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают перспективность модели YOLO в области определения ключевых точек на изображениях заднего отдела стопы, последующего определения степени ПВДС. Увеличение точности модели с увеличением объема обучающих данных указывает на значимость использования крупных наборов данных для улучшения ее производительности. Эти выводы поддерживают идею о возможном интегрировании модели YOLO в клиническую практику для автоматизированного анализа стопы и оценки ее состояния, что может значительно улучшить диагностику пациентов с ПВДС и вальгусной пяткой, но при условии, что модель будет обучена на достаточном количестве данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ подходов, методов и решений для детектирования позы человека. Выбор инструмента для задачи определения эмоционального состояния человека по его позе / Ю.В. Киселев, И.А. Богомолов, В.Л. Розалиев, В.А. Баклан // *Современные наукоемкие технологии*. — 2023. — № 6. — С. 41–47.
2. Бруттан Ю.В., Новиков А. Исследование нейронных сетей для анализа медицинских изображений // *Вестник Псковского государственного университета*. Серия: Технические науки. — 2020. — № 11. — С. 49–54.
3. Камынин В.А. Нейронные сети как инструмент детектирования объектов в видеопотоке на примере YOLOv7 // *Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее: Сборник материалов XIX Региональной научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Тула, 09 февраля 2023 года*. — Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2023. — С. 49–51.
4. Ортопедическая диагностика: Руководство-справочник / Маркс В.О. Минск: Наука и техника; 1978. 512 с.
5. Процко В.Г., Тадж А.А., Олейник А.В. Классификация плоско-вальгусной деформации стоп у взрослых, метод определения степени деформации // *Сборник научных трудов, посвященный 25-летию кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов, Москва, 25 марта 2017 года*. — Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. — С. 356–362.
6. Самойлова Р.С., Самойлов С.П., Самойлова А.С. Стопа — фундамент тела // *Авиценна*. — 2018. — № 16. — С. 35–38. — EDN YSWFZU.
7. Тимаев М.Х., Сертакова А.В., Рубашкин С.А. Результаты оперативного лечения детей с плоско-вальгусной деформацией стоп // *Организационные и клинические вопросы оказания помощи больным в травматологии и ортопедии: Сборник тезисов XIII межрегиональной научно-практической конференции, Воронеж, 1–2 декабря 2017 года / Под редакцией В.Г. Самодая*. — Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. — С. 202–203.
8. Щекин О.В., Щекин А.О. Консервативное лечение врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей // *Запорожский медицинский журнал*. — 2011. — Т. 13, № 1. — С. 033–036.
9. Щекин О.В., Щекин А.О. Диагностика врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей // *Патологія*. — 2010. — Т. 7, № 3. — С. 65–69.
10. Terven J., Córdova-Esparza D-M., Romero-González J-A. A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. // *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023. Vol.4, No. 5. P. 1680–1716.

© Жилин Валентин Валерьевич (zhilin.valentin.72@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»