

УДК 004.891.3

***РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА***

Быковский М.К.

студент магистратуры

МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Москва, Российская Федерация

Кисарева Н.Ю.

студент магистратуры

МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Москва, Российская Федерация

Киряков Е.А.

студент магистратуры

МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Москва, Российская Федерация

Аннотация: В данной статье рассказывается о процессе разработки аппаратно-программного комплекса, выполняющего анализ состояние опорно-двигательного аппарата на основе обработки видеопотока с 3D-камеры. Результатом данного проекта является полностью готовый, протестированный и запущенный в производство АПК.

Ключевые слова: видеоанализ, аппаратно-программный комплекс, опорно-двигательный аппарат, разработка программного обеспечения.

***DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX OF
ASSESSMENT OF THE STATE OF THE SUPPORT-MOTOR APPARATUS***

Bykovsky M.K.

graduate student

MGTU them. N.E. Bauman,

Moscow, Russian Federation

Kisareva N.Y.

graduate student

MGTU them. N.E. Bauman,

Moscow, Russian Federation

Kiriakov E.A.

graduate student

MGTU them. N.E. Bauman,

Moscow, Russian Federation

Abstract: This article describes the process of developing a hardware-software complex that performs an analysis of the state of the musculoskeletal system based on the processing of a video stream from a 3D camera. The result of this project is a fully prepared, tested and launched in the production of agriculture.

Key words: video analysis, hardware-software complex, musculoskeletal system, software development.

Введение.

Издавна работа врача заключалась в осмотре пациента и постановки диагноза. Однако, в 21ом веке на смену обычного осмотра приходит использование новых современных средств диагностики и выявления

заболеваний, использование которых сокращает время обследования и повышает его точность – ведь машина не устанет, не допустит ошибку из-за человеческого фактора или по невнимательности.

Разработка аппаратно-программных средств диагностики – наиболее приоритетная задача многих компаний и команд. В текущем исследовании описывается разработка одного из таких комплексов. Казалось бы, а зачем, ведь только двумя предложениями выше было написано, что много кто разрабатывает подобное и, будем уверены, при хороших кадрах и финансировании, у них есть существенный прогресс. Однако, обо всем по порядку.

Цель данного проекта – разработка макета программно-аппаратного комплекса (АПК) по видеоанализу опорно-двигательного аппарата (ОДА) с программой фиксации отклонений, анализом данных. В ходе работы была подобрана вся методическая и техническая составляющие продукта, проведены испытания работы комплекса на предмет программного выявления нарушений состояния, по результатам которых сделан вывод о соответствии АПК заявленным характеристикам.

Но не стоит воспринимать данную разработку, как полностью обособленное решение. Разработанная система видеоанализа ОДА будет использована всего лишь как часть крупного решения по комплексному анализу состояния организма пациента. Похожие разработки существуют, однако никто еще не делал полностью самостоятельную систему, держа в голове, что это небольшая часть чего-то большего. Но пора вернуться к текущему исследованию.

Методическая база.

Научный руководитель проекта совместно с врачом ЛФК (лечебной физкультуры) посредством изучения научной литературы и публикаций, а также опираясь на анализ возможностей оборудования, которое планируется

использовать при создании прототипа, определили ряд тестов в различных статических и динамических положениях. Учитывались не только источники литературы, но также экспертный опыт команды проекта в работе с проблемами опорно-двигательного аппарата и оценивались конкурирующие решения в данной области [1]. Результатом работы стало техническое задание для группы программистов и инженеров.

Оборудование и архитектура.

Планируемая схема разрабатываемой системы чрезвычайно проста: требуется компьютер с достаточной мощностью для обработки видеопотока, а также 3D-камера. В данной статье не следует приводить длинный текст проведенного анализа существующего оборудования, сравнение и выбор, лишь укажем, что на основе сравнительного анализа технических характеристик, документаций по использованию SDK, а также ценовой характеристики, было принято решение использовать камеру Microsoft Kinect 2.0 [2]. Дополнительным плюсом данного решения стала возможность заменимости выбранной модели оборудования.

Языком программирования для реализации необходимого программного обеспечения, был выбран язык Java. Выбранная модель камеры поддерживает подключение с использованием Java, плюс этот язык удовлетворяет необходимости создания нейронной сети и организации модулей обработки получаемого видеопотока.

Процесс разработки. Архитектура ПО.

Программное обеспечение должно иметь несколько различных модулей. Первый – это интерфейс подключения к оборудованию, позволяющий получать видеопоток с камеры. Второй – модуль обработки видеопотока, включающий в себя несколько отдельных компонентов, выполняющих первичную обработку, работу с нейронной сетью и представление полученных данных в

интерпретируемом виде. Третий модуль – модуль интерпретации входных данных с применением разработанных методологий. Четвертый – простейшая генерация печатного отчета для конечного пользователя. Пятый используется для сохранения информации в базу данных. И, наконец, шестой – представляет из себя пользовательский интерфейс для работы с ПО.

Описание разработанных интерфейсов. Интерфейс подключения оборудования.

Одна из самых простых частей конструируемого решения, фактически, реализована обертка библиотеки разработчика, поставляемой вместе с оборудованием. В экспортируемом классе присутствуют следующие методы:

- конструктор, выполняющий инициализацию оборудования;
- метод, запускающий запись видео с камеры;
- метод, останавливающий видео с камеры;
- метод получения изображения с камеры;
- деструктор класса, отключающий оборудование после записи видео.

Обработка видеопотока.

После извлечения данных с оборудования, их требуется обработать. Причем, обработка дробится на несколько этапов.

Перед отправкой данных на входной слой нейросети, требуется провести обработку видеопотока. Была выбрана модель разбивки на кадры в зависимости от частоты входного потока. Усредненная разбивка в одну секунду позволяла получить полный спектр данных, не потеряв искомым поз тестируемого, и при этом увеличить эффективность и скорость обработки образов. А также производилась простейшая обработка Гауссовым фильтром для уменьшения

шума и фильтром Canny edge [3] с малыми коэффициентами преобразования для подсвечивания границ силуэтов на изображении.

Далее подготовленные данные подаются на вход сверточной нейронной сети, задача которой выделить ключевые точки на изображении человека. На основе обмеров от полученных точек и применении методик, генерируется заключение о состоянии ОДА.

В качестве библиотеки нейросети было выбрано использовалось решение разработчика Skymind – Deeplearning4j. Для данной нейросети существует предобученный массив коэффициентов, позволяющий пропустить трудоемкое и затратное обучение нейронной сети, без которого работа решения становится невозможным [4]. Архитектура используемой сети представлена на Рисунке 1.

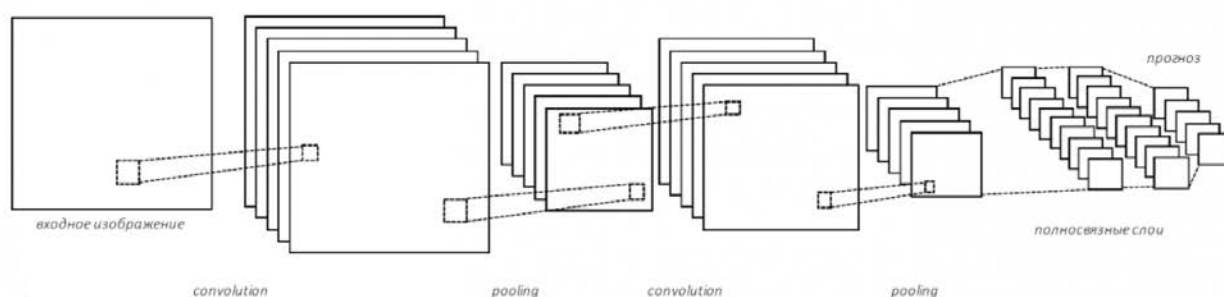


Рисунок 1 – Архитектура используемой нейронной сети

Представление полученных данных.

В результате были получены предсказания координат нахождения искомых точек на теле обследуемого. Следующий, третий модуль должен был преобразовать массив вероятностей в обмеры – расстояния между найденными точками. Выполнив преобразование, становилось возможным применение ранее разработанных методик. После составления методологии был представлен набор условий, позволяющий интерпретировать массив соотношений координат ключевых точек относительно друг друга и получить фактическое заключение.

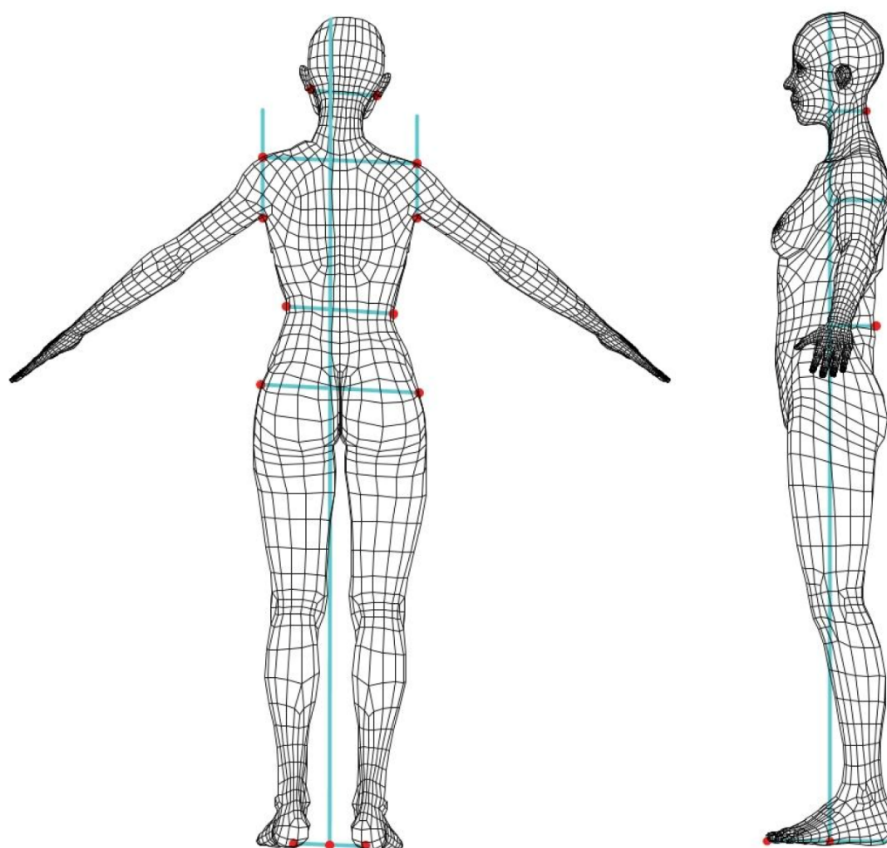
Оставался минимум – оставшиеся три модуля делали простейшие действия. Четвертый модуль генерировал печатную форму отчета на основе полученного заключения (Рисунок 2 и 3).

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА



В рамках оценки состояния опорно-двигательного аппарата, оцениваются нарушения центра тяжести, дисбаланс мышечных групп спины и нарушение физиологических изгибов позвоночника.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Постуральный мышечный дисбаланс в шейном отделе позвоночника: голова наклонена вправо, левое плечо выше правого. Постуральный мышечный дисбаланс в грудном отделе позвоночника: верхняя и нижняя границы грудного региона справа приближены друг к другу, слева - взаимоудалены. Неоптимальный статический стереотип: общий центр тяжести смещен назад и вправо, опора на правую ногу. В грудном отделе сглажен кифоз. В поясничном отделе сглажен лордоз.

Рисунок 2 – Печатная форма отчета

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В программе представлены мышечные группы, на которые необходимо обратить внимание для коррекции нарушений опорно-двигательного аппарата. Ваш персональный тренер подберет оптимальную программу с учетом указанных рекомендаций.

ДИСПРОПОРЦИИ	ГИПОТОНУС МЫШЕЧНЫХ ГРУПП*	ГИПЕРТОНУС МЫШЕЧНЫХ ГРУПП**
Верхняя и нижняя границы грудного региона справа приближены друг к другу, слева - взаимоудалены	широчайшая мышца спины слева	верхняя порция трапециевидной мышцы слева; большая грудная мышца слева
Голова наклонена вправо	грудино-ключично-сосцевидная мышца слева	грудино-ключично-сосцевидная мышца справа
Левое плечо выше правого	верхняя порция трапециевидной мышцы справа	верхняя порция трапециевидной мышцы слева
Общий центр тяжести смещен назад и вправо, опора на правую ногу	мышцы левой стопы	четырёхглавая мышца бедра
В грудном отделе позвоночника сглажен кифоз	мышцы живота (прямые, косые)	мышцы, выпрямляющие позвоночник;
В поясничном отделе сглажен лордоз	пояснично-подвздошная мышца	мышцы живота (прямые, косые)

Рисунок 3 – Печатная форма отчета

Полученные данные требовалось загрузить в базу данных для хранения истории обследований. Для этого была создана БД MySQL, позволяющая выполнять развертку, как и на локальной машине, так и в облаке, тратя при этом минимальное количество ресурсов. А также написан интерфейс основе драйвера jdbc:mysql, позволяющий выполнять загрузку данных по окончании их обработки, а также передача уже хранящихся данных в пользовательский интерфейс, предоставляющий также возможность запустить новое обследование.

Тестирование.

Для тестирования работы программного кода применялись JUnit5 тесты, разрабатываемые для каждого модуля. Обеспечением данными тестами занималась команда тестировщиков, проводившая множественные итерации и регрессионное тестирование с целью полностью исключить ошибки в реализации программного обеспечения [5]. Совместно с тестировщиками ПО,

работала команда экспертов, обеспечивающая проверку корректности распознавания ключевых точек и интерпретации данных.

Заключение.

Был разработан и протестирован аппаратно-программный комплекс, установлено его соответствие изначальным требованиям проекта. Данные тестирования подтвердили эффективность использования разработанного решения.

Библиографический список

1. Пат. 2497451 РФ МПК А61В 5/103 Способ диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата Давыдов О.Д., Монтиле А. И, Кузнецова Н.Л., Марчук Ю.В. № 201224615; заявл. 14.06.2012; опубл. 10.11.2013; Бюл. №31// Изобретения. Полезные модели, 2013. № 31.
2. Веб-ресурс <https://www.microsoft.com/en-us/p/refurbished-kinect-sensor-for-xbox-one/8t3g646dzrpb/39pk?activetab=pivot%3aoverviewtab> – дата обращения 10.04.2019г.
3. Веб-ресурс https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html – дата обращения 11.04.2019г.
4. Веб-ресурс <https://skymind.ai/wiki/deep-reinforcement-learning> – дата обращения 13.04.2019г.
5. Криспин Л., Грегори Дж. Гибкое тестирование: практическое руководство для тестировщиков ПО и гибких команд. Москва, Вильямс, 2010, 464 с.

Оригинальность 97%