

Международный научный журнал «Научные вести» № 5(22) | 2020 ISSN № 2619-1245

---

**УДК 4.942**

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НДС ПОЗВОНОЧНИКА**

**Комраков Владимир Викторович**

кандидат технических наук, доцент

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого  
(Беларусь, г. Гомель)

**Ракицкий Алексей Александрович**

магистрант

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого  
(Беларусь, г. Гомель)

**Антюшеня Александр Викторович**

магистрант

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого  
(Беларусь, г. Гомель)

В работе рассматривается архитектура и результаты работы приложения для моделирования напряженно-деформированного состояния позвоночника на основании данных, полученных с помощью оборудования DIERS formetric.

**Ключевые слова:** поясничный отдел позвоночника, напряженно-деформированное состояние, биомеханика

## **SOFTWARE FOR RESEARCHING OF STRESS-STRAIN STATE OF THE SPINE**

**Komrakov Vladimir Viktorovich**

PhD in Technical Sciences, associate professor

Gomel State Technical University. P.O. Sukhoi (Belarus, Gomel)

**Rakitski Aliaksei Aliksandravich**

Undergraduate

Gomel State Technical University. P.O. Sukhoi (Belarus, Gomel)

**Antiushenia Aleksandr Viktorovich**

Undergraduate

Gomel State Technical University. P.O. Sukhoi (Belarus, Gomel)

The paper discusses the architecture and results of the application for modeling the stress-strain state of the spine based on data obtained using DIERS formetric equipment.

**Keywords:** lumbar spine, stress-strain state, biomechanics.

На сегодняшний день существуют разнообразные методы диагностики позвоночника, и в частности, поясничного отдела позвоночника. Помимо широко распространенного метода рентгенографии, по особым показаниям проводят контрастные рентгеновские исследования: пневмомиеелография, ангиография, миелография, дискография, компьютерная томография, магнитно-резонансной томографии. Однако, эти методы имеют либо ограничения, либо могут нанести вред здоровью детям и беременным женщинам. Данная проблема и послужила толчком для разработки абсолютно нового метода – DIERS formetric (метод сканирования, основанный на видео растровой стереографии).

На основании полученных результатов можно построить математическую модель для определения напряженно-деформированного состояния поясничного отдела позвоночника. Данная модель применяется для исследования биомеханики позвоночника с целью выявления и прогнозирования развития заболеваний. Численное решение математической модели находим с помощью метода конечных элементов.

Разработан программный комплекс для конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния поясничного отдела позвоночника, состоящий из трех решений:

- ImagetoDataSet – приложение (препроцессор), написанная на языке Python, для получения исходных данных с изображений, предоставляемых DIERSformetric;

- DataSettoFiniteElements – приложение (препроцессор), написанная на языке Python, для получения геометрической и конечно-элементной моделей на основе данных, предоставляемых первой программой;

– FiniteElementsProcessor – программа (процессор), написанная на языке C#, для решения исходной задачи методом конечных элементов на основании модели, предоставляемой предыдущей программой.

При разработке приложений на языке Python были использованы модуль для триангуляция полигонов `tripy`, библиотека для работы с многомерными массивами `numpy`, библиотека для визуализации данных `matplotlib`, библиотека алгоритмов компьютерного зрения и обработки изображений `OpenCV`.

При разработке приложений на языке C# были использованы библиотека для сериализации JSON-файлов `Utf8Json`, программная среда для статического и линейного анализа конечных элементов твердых тел и структур `BFE.NET`.

В качестве формата файла для промежуточных данных использовался JSON, поскольку данный формат является «читабельным», но в отличие от XML, не занимает много места.

Структура данных для передачи данных из первого приложения во второе представляет собой объект, который хранит две секции позвоночника, доступные на изображении (T и L), каждая из которых хранит коллекцию позвонков, каждый из которых, в свою очередь, представляет собой коллекцию точек.

Программа (препроцессор), работает только с поясничным отделом позвоночника (секция L), и на основании данных из этой секции, мы получим, конечно-элементную модель, которую необходимо передать в процессор в виде коллекции конечных элементов, каждый из которых включает в себя три точки (пары XY) и механические характеристики материала данного элемента.

Результатом работы приложения является геометрическая модель (синий цвет – позвонок, желтый – межпозвоночный диск), разделенная на конечные элементы (рисунок 1).

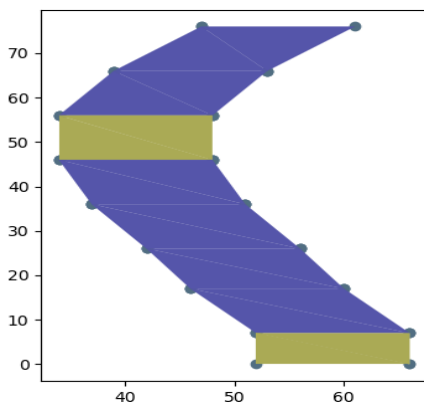


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель части позвоночника

Разработанное приложение для моделирования напряженно-деформированного состояния поясничного отдела позвоночника человека на основании данных, полученных с помощью DIERS formetric позволит исследовать изменение биомеханики определенных категорий пациентов при профилактических осмотрах и во время лечения.

#### Литература

1. DIERSformetric 4D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://diers.eu/en/products/spine-posture-analysis/diers-formetric-4d/>
2. Бахвалов Н.С. Численные методы: Учеб. пособие./ Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков – М.: Наука, 1987. – 600с.
3. Е. Н. Свиридова Напряженно-деформированное состояние элементов поясничного отдела позвоночника при транспедикулярной фиксации / Е. Н. Свиридова, Т. Р. Лабутина, О.В. Веретельник [и др.] // Вестник Нац. техн. университета "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Машиноведение и САПР. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 31 (1140). – С. 75-81.

© Комраков В.В., Ракицкий А.А., Антюшеня А.В., 2020