

УДК 004.8

НАУЧНОЕ СРАВНЕНИЕ ПАТОЛОГИИ И НОРМЫ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОСТЕОХОНДРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

М. В. АЛЕКСЕЙКОВ

Научный руководитель Е. М. БОРЧИК, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев Беларусь

В процессе исследования пациентов поликлиники для раннего выявления наличия или отсутствия патологий позвоночника выполнены рентгеновские снимки, по которым с привлечением эксперта поликлиники сняты межпозвонковые расстояния z_1, z_2, z_3, z_4 . Для диагностики наличия либо отсутствия патологии по нормированным межпозвонковым расстояниям введены в рассмотрение евклидова метрика $Eukl(z_1, z_2, z_3, z_4)$, нейрон-детектор тренда $Neur(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, z_1, z_2, z_3, z_4)$ [1], $\omega_i, z_i \in R$, $\omega_i = \text{const}$, $z_i, |\omega_i| \in (0,1)$ и композитная метрика $Metric(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, z_1, z_2, z_3, z_4) = Metric(Eukl(z_1, z_2, z_3, z_4), Neur(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, z_1, z_2, z_3, z_4))$, что позволяет классифицировать состояние пациента как патологию, норму или пограничный случай в зависимости от значения $Metric(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, z_1, z_2, z_3, z_4)$ ($< 0, = 0, > 0$) относительно заданного порога ε соответственно. Разработана интерактивная демонстрационная модель [2], позволяющая специалисту поликлиники вводить исходные межпозвонковые расстояния, автоматически нормировать их, вычислять значение композитной метрики $Metric(Eukl, Neur)$ с возможностью корректировки весовых коэффициентов $|\omega_i| \in (0,1)$, $\sum \omega_i = 0$, $i = 1, \dots, 4$, задания порога ε в диапазоне $(0,05, 0,2)$. Модель визуализирует результат и выдает предварительный диагноз (рис. 1).

Определение остеохондроза
ПОЯСНИЧНЫЙ ОТДЕЛ • КОМПОЗИТНАЯ МЕТРИКА ПО МЕЖПОЗВОНКОВЫМ РАССТОЯНИЯМ

Расстояния $z_1 - z_4$
Нормированные (0-1) | Натуральные (мм)

z_1 (L1-L2): 0,72 | норм.

z_2 (L2-L3): 0,65 | норм.

z_3 (L3-L4): 0,45 | норм.

z_4 (L4-L5): 0,30 | норм.

Схема снимка

Метрика и диагноз
КОЭФФИЦИЕНТЫ $W_1 - W_4$
 $W_1: -0,35$ | $W_2: -0,10$ | $W_3: +0,18$ | $W_4: +0,27$

Пересчитать веса

ЗНАЧЕНИЕ МЕТРИКИ
-0.17214

ПОРОГ ε (ПОГРАНИЧНАЯ ЗОНА)
0.040

ДИАГНОЗ
ПАТОЛОГИЯ: ОСТЕОХОНДРОЗ

Интерпретация:
• $Metric < -\varepsilon \rightarrow$ Патология (остеохондроз)
• $Metric > +\varepsilon \rightarrow$ Норма
• $|Metric| \leq \varepsilon \rightarrow$ Пограничный случай

Рис. 1. Демонстрационная модель «Определение остеохондроза. Поясничный отдел. Композитная метрика по межпозвонковым расстояниям»

Для анализа групп пациентов с наличием и отсутствием патологии создано веб-приложение [3], поддерживающее загрузку данных из Excel (два файла со структурой столбцов, соответствующих нормированным измерениям межпозвоноковых расстояний z_1, z_2, z_3, z_4), построение кривых Пирсона для каждой одномерной выборки $z_i, i = 1, \dots, 4$, каждой из групп (патология и ее отсутствие), проверку соответствия распределений по комплексу статистических критериев χ^2 Пирсона, λ Колмогорова – Смирнова, ω^2 Мизеса, а также кластеризацию методами Fuzzy C-Means и FRC для исключения выбросов. Приложение позволяет сравнивать группы с патологией и без нее по всем трем метрикам (*Eukl*, *Neur*, *Metric*), строить совмещенные графики плотностей распределения (для $z_i, i = 1, \dots, 4$, попарно по группам с наличием и отсутствием патологии, для трех метрик (рис. 2)) и вычислять статистические показатели (табл. 1).

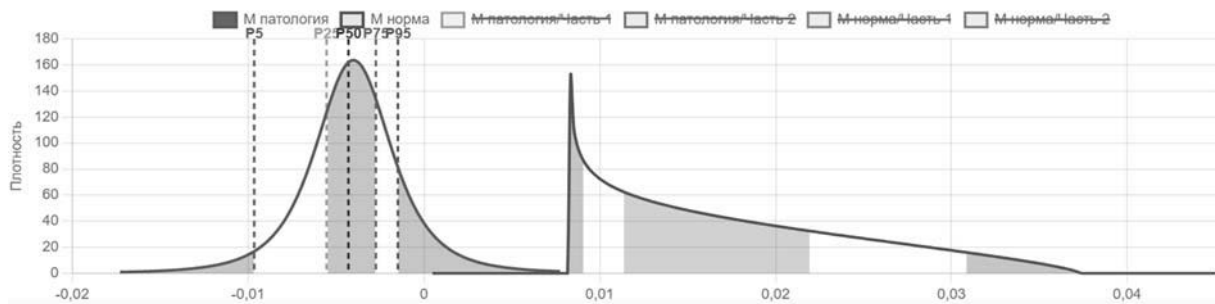


Рис. 2. Графики плотностей распределения композитной метрики *Metric* (*Eukl* (z_1, z_2, z_3, z_4), *Neur* ($\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, z_1, z_2, z_3, z_4$)) для кластеров с патологией и ее отсутствием

Табл. 1. Научное сравнение патологии и нормы

Показатель	<i>Eukl</i> (пат.)	<i>Eukl</i> (норма)	<i>Neur</i> (пат.)	<i>Neur</i> (норма)	<i>Metric</i> (пат.)	<i>Metric</i> (норма)
Тип кривой Пирсона	Type I	Type I	Type IV	Type I	Type IV	Type I
$\Delta\mu$ (разность средних)	–0,264		–0,013		–0,022	
d Козна, $ d \geq 0,8$ – большой эффект	–3,944		–3,368		–3,466	
t -тест	$p < 0,001$ – значимо		$p < 0,001$ – значимо		$p < 0,001$ – значимо	

В табл. 1 приведены результаты сравнения групп: тип кривой Пирсона, разность средних $\Delta\mu$, коэффициент Козна d и уровень значимости t -теста. Для всех метрик получены отрицательные значения $\Delta\mu$, высокие абсолютные значения d ($\geq 3,36$) и $p < 0,001$, что свидетельствует о статистически значимом различии между группами и подтверждает диагностическую ценность предложенного подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение комплекса математических методов для диагностики дегенеративно-дистрофических изменений поясничного отдела позвоночника / Е. М. Борчик, Д. А. Якимов, А. Ю. Власова [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. Серия: Информатика. – 2025. – № 4 (65). – С. 108–114.
2. Определение остеохондроза. Поясничный отдел. Композитная метрика по межпозвоноковым расстояниям : демонстрационная модель. – URL: <https://p.mypages.gildiya7.ru/page-b8799f11/> (дата обращения: 04.09.2026).
3. Веб-приложение для совместного анализа групп пациентов с патологией и нормой. – URL: <https://p.mypages.gildiya7.ru/page-71b67cd8/> (дата обращения: 04.09.2026).