

УДК 004

О ПРИМЕНЕНИИ АНАЛИЗА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕОХОНДРОЗА

М. В. АЛЕКСЕЙКОВ

Научный руководитель Е. М. БОРЧИК, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Имеются вектор диагностических параметров (1) и две калибровочные модели состояния позвоночника (2) и (3).

$$\vec{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4); \quad (1)$$

$$\vec{a} = (0,80, 0,84, 0,94, 0,92); \quad (2)$$

$$\vec{b} = (0,73, 0,93, 0,62, 0,64). \quad (3)$$

Пусть заданы метрики вида нейрон-детектор тренда (4) и евклидова метрика (5).

$$F(\vec{x}, \vec{w}) = \sum_{i=1}^4 w_i x_i, \vec{w} = (w_1, w_2, w_3, w_4), \sum w_i = 0, w_i \in (0;1), i = 1, \dots, 4; \quad (4)$$

$$G(\vec{x}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 x_i^2}. \quad (5)$$

Введём понятие чувствительности (6) и (7) по метрикам (4) и (5) соответственно. Также обозначим общую чувствительность по метрикам (6) и (7) через Q_i .

$$S_i^F = \left| \frac{\Delta F_i}{\Delta x_i} \right| \cdot 100 \%, \Delta x_i = a_i - b_i; \quad (6)$$

$$S_i^G = \left| \frac{\Delta G_i}{\Delta x_i} \right| \cdot 100 \%, \Delta x_i = a_i - b_i; \quad (7)$$

$$Q_i = \sqrt{(S_i^F)^2 + (S_i^G)^2}. \quad (8)$$

Формируем три кластера векторов весов согласно (9). Генерация чисел происходит псевдослучайно с последующей балансировкой для соблюдения условия нулевой суммы (4). Процедура математического моделирования предусматривает нахождение полного спектра расчётных параметров, описываемых соотношениями (6)–(8), в отношении к векторам весовых коэффициентов в количестве (10).

$$w_1 < 0, w_2, w_3, w_4 > 0; w_1, w_2 < 0, w_3, w_4 > 0; w_1, w_2, w_3 < 0, w_4 > 0; \quad (9)$$

$$N = 50. \quad (10)$$

В целях получения легко интерпретируемых результатов моделирования вводится ограничение в виде порога (11) и показателя статистической весомости (12), а также вычисляемый показатель, отражающий степень воспроизводимости или чувствительности эксперимента, (13).

$$P_0 = 50 \% ; \quad (11)$$

$$I(P) = \begin{cases} 1, P > 50; \\ 0, P \leq 50; \end{cases} \quad (12)$$

$$RI(P) = \frac{\sum_{k=1}^N I(P_k)}{N} \cdot 100 \% . \quad (13)$$

Всесторонний анализ синтезированного математического аппарата [1] дает возможность оценить прогностическую ценность исходных параметров, а также определить среди них ключевые маркёры, критически важные для ранней диагностики остеохондроза [2]. Наиболее чувствительный признак является наиболее диагностически значимым. Как показывают графические зависимости, приведенные на рис. 1 [3], величина третьего межпозвонкового интервала обладает второстепенным диагностическим значением в процессах подтверждения наличия либо отсутствия патологии. Данная закономерность устойчива при варьировании ε . Ранжирование диагностических критериев при $\varepsilon = 10 \%$: x_1, x_2, x_4, x_3 .

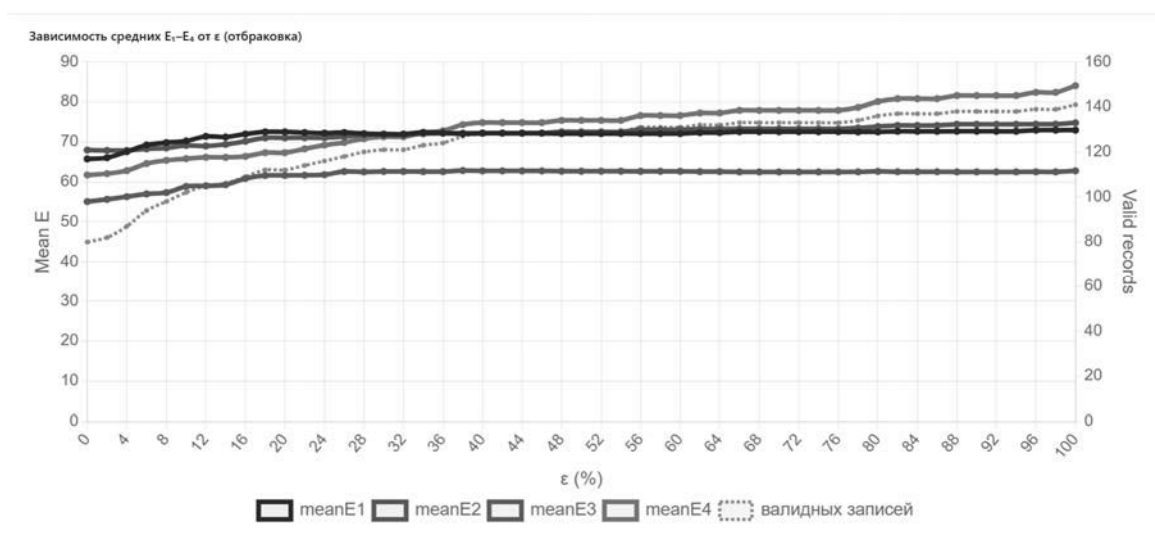


Рис. 1. Графики зависимости средних показателей суммарной чувствительности $RI(P)$ от уровня отсева весов (процедура селекции весовых множителей опирается на их чувствительность, верхняя граница которой специфична для каждой метрики и обусловлена параметром ε)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Максимей, И. В.** Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
2. Применение комплекса математических методов для диагностики дегенеративно-дистрофических изменений поясничного отдела позвоночника / Е. М. Борчик, Д. А. Якимов, А. Ю. Влагова [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. Серия: Информатика. – 2025. – № 4 (65). – С. 108–114.
3. Определение остеохондроза. Поясничный отдел. Композитная метрика по межпозвонковым расстояниям: демонстрационная модель. – URL: <https://p.mypages.gildiya7.ru/page-b8799f11/> (дата обращения: 06.09.2026).