

Глубокая сеть доверия с настройкой фрактального градиентного расхождения для обнаружения остеопороза по рентгеновским снимкам

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1870392>

глубокое обучение

диагностика

компьютерное зрение

остеопороз

рентгенология

Остеопороз является серьезным заболеванием, которое снижает прочность костей, повышая вероятность переломов. Для прогнозирования и диагностики остеопороза применяются различные методы визуализации, включая рентгенографию и компьютерную томографию (СТ — Computed Tomography). Для оценки риска переломов и заболеваний костей использовались различные методы машинного обучения (ML — Machine Learning). Однако точная диагностика на основе рентгеновских снимков остается основной проблемой при прогнозировании остеопороза.

Для повышения точности прогнозирования заболевания и сокращения времени исследования предлагается новая архитектура — **Transformed Sampling Fractal Gradient Divergence Tuned Deep Belief Network** (TSFGDTDBN — глубокая сеть убеждений, настроенная с помощью фрактального градиентного расхождения, преобразованного сэмплирования). Она включает в себя сбор изображений, аугментацию, предобработку, извлечение признаков, классификацию и тонкую настройку (fine-tuning).

На начальном этапе, в фазе сбора данных, из набора данных было получено множество рентгеновских снимков коленного сустава. Для создания синтетических образцов изображений миноритарного класса применялась аугментация на основе метода **Rotation-transformed Image-SMOTE**.

Gradient Divergence Tuned Deep Belief Network (DBN — Deep Belief Network, глубокая сеть убеждений) включает два основных этапа: послойное обучение и тонкую настройку. При послойном обучении выполняется предобработка с использованием метода линейного размытия бокса с нормализацией по Граббсу (**Grubbs-normalized linear box blur**). Затем извлекаются признаки краев, формы и текстуры. В завершение заболевание классифицируется как «норма», **остеопения** или **остеопороз**.

В процессе тонкой настройки гиперпараметры оптимально корректируются с помощью алгоритма настройки поиска ворон (**Gradient Divergence Crow Search Tuning**) для повышения точности классификации. Это улучшает производительность глубокой нейронной сети и общую эффективность обучения при прогнозировании остеопороза.

Экспериментальная оценка проводится с использованием рентгеновских снимков с различными факторами. TSFGDTDBN повышает точность при минимальных затратах времени по сравнению с традиционными методами глубокого обучения.