

Объяснение скрытых механизмов: генеративная модель для причинно-следственных графов с нелинейными латентными факторами

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1800791>

биоинформатика

генеративные модели

генная регуляция

онкология

причинно-следственный вывод

Анализ биомедицинских данных в настоящее время позволяет восстанавливать целые семейства причинно-следственных графов, специфичных для конкретных состояний, однако эти результаты зачастую слишком сложны для механистической интерпретации человеком. Чтобы решить эту проблему, мы принимаем генеративную перспективу и формулируем генеративную модель на основе структурных уравнений, в которой каждый наблюдаемый граф генерируется из небольшого числа латентных (скрытых) причинно-следственных механизмов в рамках ограничения двунаправленной причинно-следственной согласованности, связывающего латентные и наблюдаемые причинно-следственные эффекты.

Основываясь на этой формулировке, мы предлагаем **Truncated Reconstruction based Interpretable Prediction (TRIP)** — метод логического вывода, который оценивает общие латентные механизмы на основе наблюдаемых причинно-следственных графов и индикаторов состояний. Метод сохраняет интерпретируемость на различных уровнях абстракции путем обучения ортогональной проекции и совместной оптимизации функции потерь прогнозирования и функции потерь реконструкции графа.

TRIP можно рассматривать как контролируемое (supervised) низкоразмерное проецирование семейств графов, которое делает латентные механизмы напрямую интерпретируемыми с точки зрения наблюдаемых причинно-следственных эффектов, сохраняя при этом как структурную, так и прогностическую информацию.

Мы валидируем метод на синтетических бенчмарках, включая стресс-тест «спираль в шуме», а также на генных регуляторных сетях, связанных с эпителиально-мезенхимальным переходом (EMT), полученных из данных экспрессии генов клеточных линий рака. В ходе этих экспериментов **TRIP** восстанавливает нелинейные латентные механизмы, улучшает прогностическую способность и организует обширные специфичные для состояний сети в интерпретируемые механистические оси, которые можно исследовать, сравнивать и использовать для генерации гипотез.

Перевод выполнен: 15.05.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.