

Новое взвешенное экспоненциально-линдлеевское распределение с байесовской оценкой при прогрессивной цензурировании типа II и байесовски-калиброванная вариационная автоэнкодерная модель для прогнозирования выживаемости

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1934204>

VAE

клинические данные

машинное обучение

нейросети

прогнозирование выживаемости

статистическое моделирование

Однопараметрические модели времени жизни, такие как экспоненциальное и распределение Линдли, а также двухпараметрические расширения, такие как взвешенное распределение Линдли, не позволяют отдельно контролировать вес хвоста и дисперсию, поскольку за оба этих параметра отвечает единственная форма. Мы решаем эту проблему с помощью распределения Взвешенное экспоненциально-Линдли (WEL), трехпараметрической модели, построенной путем применения взвешивания, пропорционального длине, к смеси экспоненциальных и линдлиевских компонентов, обладающей замкнутой формой функции плотности, функцией выживания и точным представлением в виде смеси двух гамма-распределений. Используя это представление и критерий интенсивности отказа Глазера, мы доказываем, что интенсивность отказа WEL строго возрастает на всем пространстве параметров, причем параметр масштаба является ее асимптотическим уровнем; параметр веса, таким образом, обеспечивает независимое настраиваемое управление дисперсией, асимметрией и эксцессом, что недоступно в семействах распределений

Линдли или взвешенного Линдли. Мы разрабатываем методы оценки максимального правдоподобия, метода моментов и байесовской оценки в условиях прогрессивной цензурирования второго типа, валидируя их с помощью Монте-Карло исследования в нескольких конфигурациях параметров и размерах выборки, сообщая о смещении, среднеквадратичной ошибке (MSE), покрытии доверительных интервалов, времени вычислений и частоте сходимости, включая случаи несходимости метода моментов, а не только успешные запуски. Затем мы предлагаем Байесовскую калиброванную вариационную автоэнкодерную модель выживания (BC-VAESM), декодер которой выводит индивидуальные, зависящие от ковариат параметры WEL, обучаемую в режиме end-to-end посредством цензурированной отрицательной логарифмической функции правдоподобия. Мы оцениваем оба вклада на реальных общедоступных наборах данных выживания, включая данные клинических испытаний с цензурированием и полные эталоны надежности/биологии, один из которых выбран специально для иллюстрации неспособности WEL представлять ваннообразные (bathtub) интенсивности отказа, а другой соответствует свойству возрастающей интенсивности отказа. Подгонка цензурированных наборов данных с использованием явной правосторонне-цензурированной функции правдоподобия, отличающейся от схемы прогрессивного цензурирования второго типа, использованной в байесовском механизме, сравнивает WEL с расширенным набором конкурирующих одно-, двух- и трехпараметрических моделей времени жизни, включая дополнительные взвешенные распределения. WEL является лучшей подогнанной моделью на одном наборе данных, но уступает другим на остальных, и мы сообщаем обо всех результатах без селективного акцента. При пятикратной кросс-валидации BC-VAESM незначительно превосходит штрафованную модель Кокса и автоэнкодер с декодером Вейбулла, идентичный в остальном, хотя улучшение не является статистически значимым при рассмотренном размере выборки. Каждая приведенная здесь оценка получена в результате реальных воспроизводимых вычислений на реальных данных. MSC 2020: 62N05; 62F15; 62E15; 68T07; 62P10.

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.