

АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А. В. Харламов

*Саратовский национальный исследовательский
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, Россия
E-mail: harlamovav@info.sgu.ru*

В статье представлено описание построенной прогностической модели летальности при лечении пациентов с сочетанными травмами таза, и дан анализ ее прогностической эффективности.

THE RISK ANALYSIS OF THE PREDICTIVE MODELS USAGE

A. V. Kharlamov

The article describes the constructed prognostic model of lethality in the treatment of patients with concomitant pelvic injuries, and analyzes its prognostic effectiveness.

Вопросы прогнозирования на сегодняшний день являются актуальными задачами во многих областях экономических, социальных, демографических и проч. прикладных исследований. Особое место прогностические модели занимают в доказательной медицине. Спектр применения моделей достаточно широк. От простого выявления факторов, влияющих на результаты лечения, например, [1, 2] и построения прогностических моделей, например, [3, 4, 5], до разработки программных комплексов, например, [6], мобильных приложений, например, [7], баз данных, например, [8] и систем поддержки принятия врачебных решений, например, [9, 10]. Сюда же можно отнести исследование, проведенное автором.

Ретроспективный анализ обезличенных данных 1083 пострадавших с сочетанными травмами таза, находящихся на стационарном лечении в СПб НИИ Скорой помощи им. И. И. Джанелидзе с 2010 г. по 2020 г., позволил выявить факторы, влияющие на результаты лечения и построить ряд прогностических моделей.

Комплексный статистический анализ из множества показателей, характеризующих пациентов, позволил выделить факторы, значимо влияющие на результат лечения и построить прогностическую логит-модель, а также выявить взаимосвязанные показатели (парные корреляции которых превышали значение 0,9), что позволило построить несколько вариантов моделей, эквивалентных по своей эффективности.

Рассмотрим одну из них. При спецификации модели в качестве обучающей выборки случайным образом отбиралось 900 пациентов (чуть более 83%). Тестирование оцененной модели по контрольной выборке показало эффективность предсказаний (качество прогноза) 91,3% (для контрольной 91,1%).

Модель, специфицированная по всей выборке, имеет вид:

$$P=f(-1,34+0,05x_1+0,10x_2-0,39x_3+0,14x_4).$$

Здесь $f(x)$ – логистическая функция, все коэффициенты значимы на уровне менее 0,01, исправленный коэффициент детерминации 0,477, эффективность предсказаний – 91,6%.

Аргументы: x_1 - возраст (число полных лет); x_2 - тяжесть повреждения представленная в шкале военно-полевой хирургии механической травмы (ВПХ-П(МТ)) от 0,05 до 19 в направлении усиления; x_3 – показатель, измеренный по шкале комы Глазго от 0 до 15 в положительном направлении увеличения реакции; x_4 - механизм повреждения тазового кольца – номинальный показатель типов травм (тип А - стабильное повреждение таза; типы AP I-II-III - переднезадняя компрессия; типы LCI, LCII (A; B), LCIII - боковая компрессия; тип VS - вертикальный сдвиг, тип CMI - комбинированная нестабильность; BB – сложный перелом вертлужной впадины), ранжированный, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Ранжирование показателя «механизм повреждения тазового кольца»

Номинальное значение показателя	A(1 2 3)	API	LCI	LCII (A,B)	APII, BB	LCIII	APIII	VS	CM
Ранг	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Если прогнозируемая вероятность меньше 0,5, то предполагали, что событие (летальный исход) не произойдет.

Соотношение верных и ложных предсказаний представлено в табл. 2.

Таблица 2

Эффективность предсказаний

		Прогноз	
		0	1
Реальные значения	0	872	29
	1	62	120

Здесь 1 – неблагоприятный (летальный) исход, 0 – благоприятный исход. Как уже отмечалось, качество прогноза по всем исходам (совпадение реальных и прогнозируемых исходов) составляет 91,6%. При этом верный прогноз положительных исходов составляет 93,4%, а верный прогноз отрицательных исходов составляет 80,5%.

Возникает вопрос, насколько отсекающее значение вероятности, равное 0,5, является эффективным, можно ли улучшить качество прогноза, изменяя это значение, и какие пороговые значения вероятности стоит выбрать, чтобы избежать ложно благоприятных и ложно неблагоприятных исходов?

Соотношение уровня отсекающего положительных исходов от отрицательных по прогнозируемой вероятности и соответствующая им эффективность

прогностических моделей представлена на рис. 1.

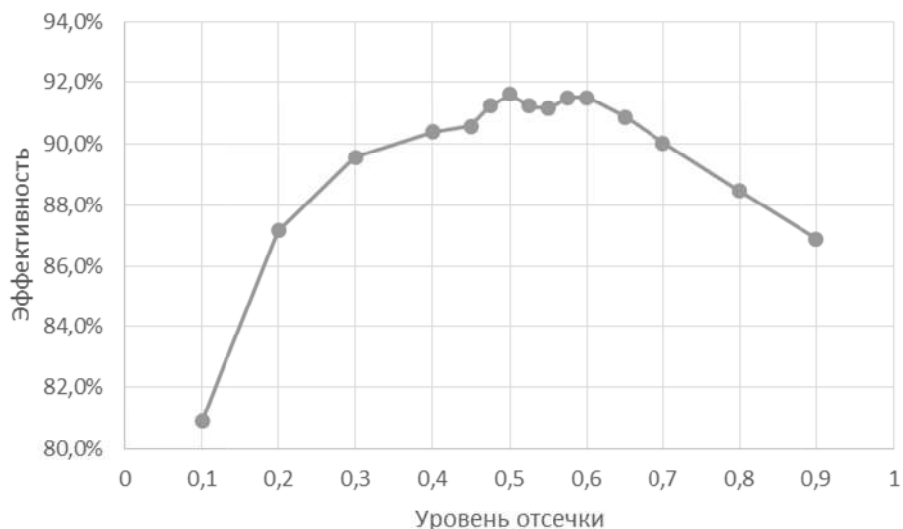


Рис. 1. Зависимость показателя эффективности модели от вероятности отсечения

Анализ изображенных данных показывает, что с ростом уровня отсечения с 0,1 до 0,5 наблюдается плавный рост эффективности, после значения 0,6 она начинает плавно снижаться, наибольшего значения эффективность достигает при уровне отсечения 0,5 и 0,6 и составляет 91,6% и 91,5% соответственно. В этом промежутке (от 0,5 до 0,6) наблюдается некоторая неустойчивость значений показателя, вызванная максимальной неопределенностью прогноза с уровнем ошибок порядка 50% (рис. 2).

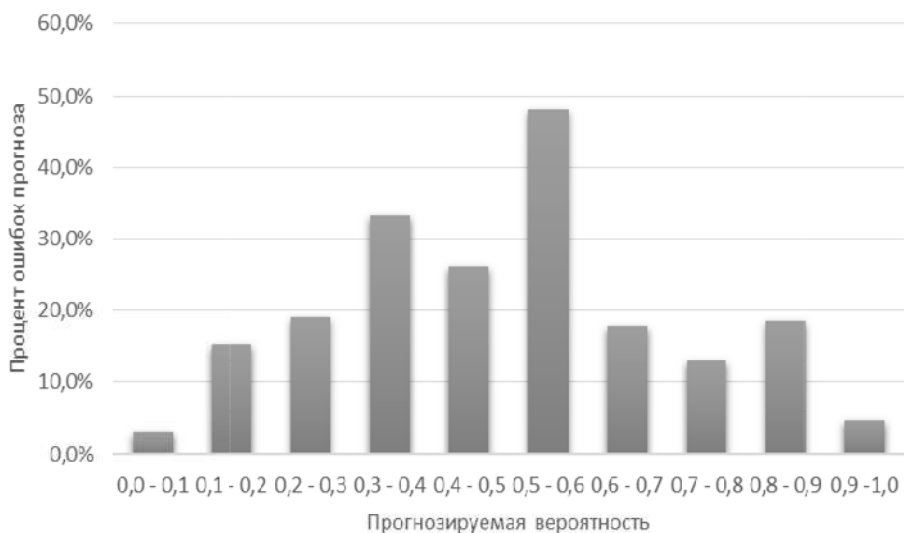


Рис. 2. Распределение частоты ошибочных прогнозов по интервалам прогнозируемой вероятности

Тем не менее, эффективность в интервале (0,3; 0,7) составляет порядка 90% и более. На всем интервале «разумных» значений (0,1; 0,9) эффективность модели составляет более 80%.

Распределения относительной частоты ложных прогнозов по интервалам значений прогнозируемой вероятности (рис. 2) соответствует нормальному распределению, имеет максимальное значение в середине и некоторые всплески в интервалах (0,3; 0,4) и (0,7; 0,8), что, возможно, объясняется случайностью. Тем не менее, основная масса наблюдений (порядка 70%) имеет прогнозную вероятность менее 0,1, что естественно сказывается на определении пороговых значений для исключения ложно положительных и ложно отрицательных исходов. Первый ложно положительный исход (реально летальный исход) имеет достаточно малую прогнозируемую вероятность 0,0121. При этом предыдущие 26,6% случаев прогнозируются безошибочно. Если рассматривать еще два следующих прогноза как выбросы, обусловленные недостоверностью представленной информации, то можно сказать, модель безошибочно прогнозирует 47,3% положительных исходов на уровне порогового значения вероятности 0,0284. Для исключения ложно отрицательных исходов получаем пороговое значение вероятности 0,9739, и в данном случае безошибочно прогнозируется только 1,11% случаев. Отбросив три «выброса», увеличим число безошибочных прогнозов до 5,63% для порогового значения 0,8612.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *During J., Goudfrooij H., Keessen W., Beeker T. W., Crowe A.* Toward standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions // *Spine*. 1985. Vol. 10. No 1. P. 83–87.
2. *Duval-Beaupere G., Boisaubert B., Hecquet J., Legaye J., Marty C., Montigny J. P.* Sagittal profile of normal spine change in spondylolisthesis // *Severe spondylolisthesis : pathology, diagnosis, therapy*. 2002. P. 21–32.
3. *Kossovich L. Yu., Kharlamov A. V., Lysunkina Yu. V., Shulga A. E.* Mathematical modeling and prediction of the effectiveness of surgical treatment in surgery of the pelvic complex // *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Univ., Ser. Fiz.-Mat. Nauki*. 2019. Vol. 23. No. 4. P. 744–755.
4. *Dreizin D., Bodanapally U., Boscak A., Tirada N., Issa G., Nascone J.W., Bivona L., Mascarenhas D., O'Toole RV, Nixon E., Chen R., Siegel E.* CT Prediction Model for Major Arterial Injury after Blunt Pelvic Ring Disruption // *Radiology*. 2018. Vol. 287 (3). P. 1061-1069.
5. *Крутько А. В., Байков Е. С.* Прогнозирование результатов хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвоночных дисков (M51.0, M51.2, M51.3, M51.8, M51.9): клинические рекомендации. / Общероссийская общественная орг. Ассоц. травматологов-ортопедов России (АТОР). Новосибирск : ННИИТО, 2016. 16 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019613961 Российская Федерация. Прогнозирование лечения пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей по результатам компьютерной капилляроскопии: № 2019612630: заявл. 14.03.2019: опубл. 26.03.2019 / Д. Л. Прибытков, А. А. Супильников, Ю. Л. Минаев; заявитель Частное учреждение образовательная организация высшего образования «Медицинский университет «Реавиз».
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665169 Российская Федерация. Мобильное приложение для измерения и расчета параметров сагиттального баланса позвоночно-тазового комплекса «СпиноМетр»: № 2019664415: заявл. 13.11.2019: опубл. 20.11.2019 / А. С. Бескровный, Л. В. Бессонов, А. В. Доль [и др.]; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Фонд перспективных исследований.

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622181 Российская Федерация. База данных «Медицинская» для прототипа Системы поддержки принятия врачебных решений, режим персональной виртуальной операционной: № 2020621719: заявл. 01.10.2020: опубл. 06.11.2020 / Л. Ю. Коссович, И. В. Кириллова, А. С. Фалькович [и др.]; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Фонд перспективных исследований.

9. *Гончарова А. Б., Сергеева Е. И.* Система поддержки принятия решений в медицине для диагностики заболеваний // *Инновации в науке*. 2017. № 1 (62). С. 23-25.

10. *Литвин А. А., Литвин В. А.* Системы поддержки принятия решений в хирургии // *Новости хирургии*. 2014. Т. 22. № 1. С. 96-100.