



Б.А.Есипов, Е.С.Губанов, Е.А.Боряев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСПЕШНОСТИ HIFU-ТЕРАПИИ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), Самарский государственный медицинский университет)

На современном этапе развития медицины информационные нагрузки достигают пределов человеческих возможностей. Возникает дилемма: либо приходится жертвовать полнотой анализа информации, либо необходимо шире использовать различные методы компьютерной поддержки принятия решений. Медицинские экспертные системы позволяют врачу не только проверить собственные диагностические предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией в трудных диагностических случаях [2].

Рак предстательной железы является одной из актуальных проблем современной онкоурологии. Существуют множество методов лечения данной патологии. Высокоинтенсивный фокусированный ультразвук (HIFU) является новым методом лечения локализованного рака предстательной железы [3]. Эффективность, а также последствия его использования, малоизучены в России. Этот современный метод имеет как положительные моменты в лечении рака предстательной железы, так и отрицательные. Целью настоящей работы является разработка математической модели и применение математических методов анализа результатов хирургических вмешательств на основе статистических данных о пролеченных пациентах и прогнозирования успешности будущих операций.

Прогнозирование успешности операций и возможных послеоперационных осложнений является основной функцией врача-хирурга. Так или иначе, при принятии решения о проведении хирургической операции он руководствуется большим числом индивидуальных факторов, присущих пациенту, а так же предшествующим опытом лечения большого числа больных. В этом смысле интуиция врача – это *знание*, базирующееся на опыте, т.е. статистическом материале. Поэтому естественно развивать индустрию получения медицинских знаний в том числе и на глубокой обработке статистического материала.

Математический аппарат многофакторного регрессионного анализа является эффективным приемом для решения разнообразных медицинских задач.

Будем определять успешность медицинской операции некоторыми количественными критериями y_j , j – номер критерия. В нашей работе мы применяли четыре критерия, измеряющих тяжесть послеоперационных осложнений: y_1 – недержание мочи, y_2 – острая задержка мочи, y_3 – прогрессия заболевания, y_4 – стриктура. Идеальное значение всех критериев $y=0$.

С каждым пациентом связано большое количество индивидуальных факторов, которые по вероятности влияют на успешность операции A , обозначим их x_i , где i – номер фактора. Факторы могут быть как количественными, так и



качественными. Дооперационные данные: возраст, стадия, предшествующие операции на предстательной железе, объем железы, наличие инфравезикальной обструкции (данные урофлоуметрии, объем остаточной мочи) и фактор, относящийся к техническим особенностям выполнения операции: объем предстательной железы подвергшейся воздействию высокоинтенсивного ультразвука - являются входными параметрами, влияющими на исход лечения. Первоначальные исследования использовали имеющиеся данные о 12 факторах: 1- возраст, 2-стадия заболевания по TNM, 3- ПСА, 4- сумма Глисона, 5- объем простаты, 6- объем простаты перед HIFU, 7- длина простаты перед HIFU, 8 - ширина простаты перед HIFU, 9 - высота простаты перед HIFU, 10 - максимальная скорость потока мочи, 11- средняя скорость потока мочи, 12- остаточная моча.

В настоящее время имеется достаточно большой статистический материал, содержащий однородные по видам терапий (HIFU, HIFU+ТУР) группы данных для большой выборки больных: (y_j, x_i) , что дает возможность применить методику статистического многофакторного регрессионного анализа. Она заключается в получении уравнений регрессии $\hat{y}_j = f_A(x_1, x_2, \dots, x_m)$ - где \hat{y}_j - среднее ожидаемое значение критерия j . Технически задача получения такой зависимости не представляет трудности при применении стандартных компьютерных программ. Другое дело определение *значимости* полученной зависимости и сопоставление выводов статистических методов с медицинскими рекомендациями. С точки зрения создания экспертной системы такая зависимость представляет собой *знание*, на основе которого можно построить многие интеллектуальные процедуры вывода. Действительно, если на обучающей выборке получено уравнение регрессии, то можно рассмотреть задачу классификации пациентов по критериям успешности операции A .

Предварительно разбиваем пространство критериев на две части – допустимую и недопустимую. Для этого медики - эксперты указывают границы допустимых значений критериев y_j^0 . Тогда допустимым множеством критериев будет такое Y^0 , где по всем критериям выполняется неравенство $y_j < y_j^0$, для всех j . Все другие сочетания значений критериев образуют недопустимое множество Y^R (зона риска). Тогда можно классифицировать нового пациента с точки зрения успешности операции A . Для этого необходимо получить результаты анализов этого пациента по стандартизованной схеме (x_1, x_2, \dots, x_m) , подставить эти значения в уравнение регрессии для предполагаемого вида терапии A и проверить полученные значения критериев на принадлежность к множеству Y^0 . Такой подход очевидно может быть применен для прогнозирования успешности любых видов лечения. В работе рассмотрен пример применения такого подхода для прогнозирования HIFU-терапии.

В исследование вошли 40 больных раком предстательной железы, пролеченных методом HIFU-терапии. Все пациенты перед лечением прошли комплексное обследование для определения стадии заболевания и состояния мочевыделительной системы. Прогнозирование исхода лечения проведено с помо-



щью программных средств на основе многофакторного регрессионного анализа. В основу была положена модель линейной множественной регрессии

$$y^k = \beta_0 + \beta_1 x^k_1 + \beta_2 x^k_2 + \dots + \beta_m x^k_m + \varepsilon^k,$$

где k - номер наблюдения ($k=1, n$) или в матричном виде

$$y = \beta X + \varepsilon,$$

Здесь y – вектор объясняемых переменных; ε – вектор значений ошибки; β – вектор коэффициентов; X – матрица объясняющих переменных размером $n \cdot (m+1)$, в которой первый столбец содержит единичные элементы. Известно [1], что тогда оценки коэффициентов β , полученные по методу наименьших квадратов, определяются выражением

$$\beta = (X'X)^{-1} X' Y.$$

Это выражение справедливо и для других моделей регрессии, у которых неизвестными являются коэффициенты при любых степенях x .

Первые результаты показали работоспособность методики, хотя пока рано говорить о законченности системы прогнозирования и широком ее использовании. Выбранные 12 факторов для анализа показали хотя и заметную, но все-таки слабую корреляцию с критериями y_j . Коэффициент детерминации 35% - это значит, что только на одну треть критерии определяются выбранными показателями, а 65% этих величин зависят от чего-то другого (см. рис 2). К счастью, разработанные программы дают возможность проэкспериментировать с другими факторами и найти то множество факторов, которое дает наибольшую корреляцию с критериями успешности. Это может привести к более широким предоперационным анализам больных.

Проведен эксперимент с классификацией нового пациента. Получены значения критериев: $y_1=1,37$; $y_2=1,43$; $y_3=1,12$; $y_4=0,98$. Оказалось, что этому пациенту показана HIFU+ТУР-терапия, что совпало с рекомендацией врачей. На рис.1 и 2 показаны некоторые фрагменты выходных форм документов, реализованных в компьютерной программе.

Ф.И.О	Возраст	стадия заболев...	ПСА	Глиссон(степен...
Васенков Нико...	69	2	21,2	7
Лисицин Васил...	82	3	29,8	6
Романов Влади...	78	2	15,2	7
Санников Рост...	71	2	13,9	5
Андреев Алекса...	76	2	28	6
Бочкарев Генна...	72	2	2,76	7
Колотилин Илья...	74	3	51,2	6
Лампеев Евге...	68	3	31	8
Ларионов Миха...	71	3	55	4
Ломака Витали...	70	2	1,47	5
Трунов Владим...	71	2	0,07	4

Рис 10. Таблица пролеченных больных (обучающая выборка)

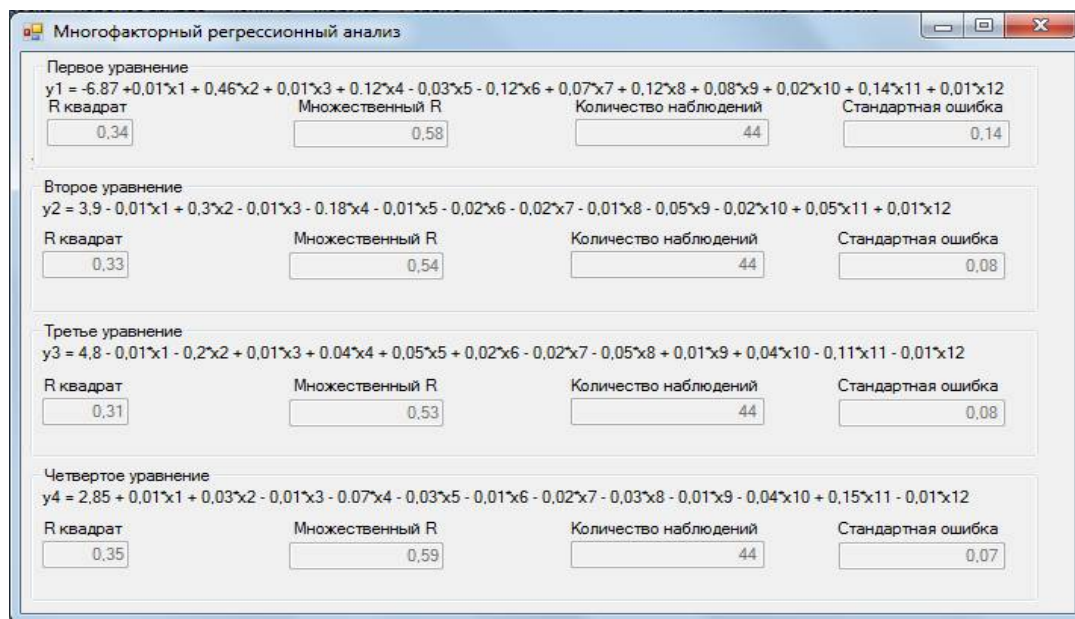


Рис 2. Результаты регрессионного анализа

Литература

1. Приходько, А.И. Практикум по эконометрике: регрессионный анализ средствами Excel [Текст]/А.И. Приходько.– Ростов н/Д.: Феникс, 2007.-266 с.
2. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальные информационные системы [Текст]/ А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова – М.: Финансы и статистика, 2006. – 424 с.
3. NIFU — новый метод лечения рака простаты [Электронный ресурс] – <http://www.consmed.ru/news/view/526/>.

М.М. Запольская

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «АРМ ВРАЧА-ФЛЕБОЛОГА» ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЕНОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

В настоящее время информационные технологии всё активнее внедряются во все сферы жизни, преимущества их использования в медицине очевидно: врач может проводить точную диагностику заболеваний, накапливать и эффективно использовать объективную информацию в процессе лечения и научно-исследовательской работы, а также вести весь документооборот. Благодаря доступу к ресурсам сети Интернет появилась возможность связать в единую сеть отдалённые сельские пункты амбулаторной помощи и крупнейшие научные центры, столичные и районные больницы, научные центры разных стран. Это позволяет сделать медицинские услуги доступными для населения, что является основой качественного здравоохранения.