

В.А.КЛИМАНОВ, А.В.КРЯНЕВ, С.Г.КЛИМАНОВ,
А.И.БЕЛЯКОВ, Ю.В.ГОЛОВКИН
*Московский государственный инженерно-физический институт
(технический университет)*

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВО ВХОДНЫХ ДАННЫХ НА ВЕЛИЧИНУ ВЕРОЯТНОСТИ КОНТРОЛЯ НАД ОПУХОЛЬЮ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ПЛАНЕ ОБЛУЧЕНИЯ

Представлены результаты численных экспериментов влияния погрешностей в исходных данных на характеристики оптимального дозового распределения в опухоли и в органах риска

Анализ влияния погрешностей проведён для биологической целевой функции[1-3]. Погрешности задавались для каждого элемента дозовой матрицы, а затем рассчитывались изменения значений доз в контрольных вокселях и изменения вероятности взятия опухоли под контроль и вероятностей отсутствия неблагоприятных последствий для органов риска.

Распределение погрешности значений элементов дозовой матрицы было выбрано нормальным. Дисперсии δ распределения погрешностей в исходных данных брались из расчета того, что $3*\delta = \epsilon$ ($\epsilon = 1\%, 5\%, 10\%, 20\%$ - задаваемый уровень отклонений). Каждая статистическая серия состояла из 20 независимых розыгрышей всех элементов дозовой матрицы и дальнейшего решения задачи оптимизации дозового распределения для каждого из разыгрываемых вариантов. Реализации нормально распределенной случайной величины получены с помощью формулы $\eta = \delta * \sqrt{-2*\ln(\gamma_1)} * \cos(2 * \pi * \gamma_2)$, где равномерно распределенные величины γ_1 и γ_2 генерировались для каждого элемента дозовой матрицы в отдельности.

Полученные в результате численных экспериментов погрешности оптимальных дозовых распределений представлены в виде интегральных гистограмм, где показано количество вокселей, в которых полученная погрешность меньше заданного уровня. Численные эксперименты показали, что максимальное значение погрешности достигается только в небольшом числе вокселей, большинство же вокселей имеют более низкую погрешность по сравнению с задаваемым уровнем погрешности в элементах дозовой матрицы.

Для одного из вариантов расчетов, в каждом из четырех случаев задания уровня погрешностей в исходных данных, построены дифференциальные гистограммы. На них по оси X указаны номера вокселей, а по оси Y погрешности в них оптимального дозового распределения. Распределение ошибок получилось примерно равномерным для органов риска и для опухоли. Лишь для 20% вокселей, принадлежащих органам риска, уровень погрешности оптимального дозового распределения больше чем задаваемый уровень погрешности в исходных данных.

Среднее отклонение дозы в вокселях от исходной дозы для оптимальных дозовых распределений меньше задаваемого уровня погрешности в исходных данных в 4-5 раз. Большие значения уровня погрешностей для оптимальных дозовых распределений встречаются достаточно редко. Вероятность взятия опухоли под контроль и вероятность отсутствия неблагоприятных последствий для органов риска менялись также незначительно. Так, для опухоли простаты средние отклонение от исходной вероятности взятия опухоли под контроль, равной 0.855 при отсутствии погрешностей в исходных данных, составили соответственно 0.003, 0.006, 0.009, 0.019 для 4 вышеуказанных уровней погрешностей в элементах дозовой матрицы. Таким образом, из проведенных исследований можно сделать вывод, что используемый нами метод и основанный на нём алгоритм решения задачи оптимизации дозового распределения в опухоли и в органах риска, обладает большой степенью устойчивости. Устойчивость метода подтверждают также и DVH, построенные при наличии погрешностей, которые визуально практически не отличаются от DVH, построенные при отсутствии погрешностей.

Список литературы

1. Klimanov V.A., Kryanev A.V., Rubinsky D.A. Numeric Solution for Radiation Therapy Dose Planning Optimization Problem Based on the Pencil Beam Algorithm and Large-Scaled Elements Methods. Physica Medica, V.15, 1999.

2. Климанов В.А., Крянев А.В. Постановка задач оптимизации планирования лучевой терапии, Медицинская физика, №7, 2000.