



Создание прототипа инструмента для применения апостериори метода построения компромисса в задаче FMO и его интеграция в проект RefleXion X1
Отчет по производственной практике

Автор: Алексей Александрович Привалихин, 371 группа
Научный руководитель: ст.пр. Я. А. Кириленко
Консультант: глав. инж. RefleXion Medical Е. С. Вороненко, PhD

Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра системного программирования

- Компания RefleXion Medical - разработчик и производитель аппаратов радиотерапии RefleXion X1
- Одной из ключевых частей ПО аппарата радиотерапии является планировщик лечения
- Планировщик преобразует заданные врачом предписания в т.н. карту флюенса: сколько импульсов должен сделать источник излучения в каждой позиции и какое положение при этом должен занять MLC
- Задача FMO является задачей MCO
- В текущей версии проекта применяется априори метод построения компромисса
- Это приводит к необходимости для пользователя многократно вручную запускать оптимизацию

Постановка задачи

- Изучить способы предоставить врачу контроль над точным значением одного или нескольких из параметров генерируемых планировщиком лечения планов и информацию о диапазонах возможных значений этих параметров
- Выбрать один из методов и реализовать соответствующий алгоритм в среде MATLAB вместе с прототипом интерфейса
- Протестировать алгоритм на множестве клинических планов для оценки корректности работы и практической пользы выбранного метода
- Представить вариант интеграции созданного инструмента в проект RefleXion X1, в том числе в пользовательский интерфейс

- Задача оптимизации карты флюенса (FMO) состоит в построении клинически приемлемой карты флюенса по заданным врачом предписаниям.
- Таким образом, задача FMO является задачей MCO.
- Существует две группы методов построения компромисса в задаче MCO:
 - ▶ Априори методы — решение о компромиссе принимается до запуска оптимизации. Сравнительно короткое время работы для одного запуска, но может потребоваться много запусков. Пример: взвешенная сумма.
 - ▶ Апостериори методы — решение о компромиссе принимается после завершения работы оптимизации (делается выбор из представленного множества карт флюенса). Пример: построение поверхности Парето.

Обзор существующих методов

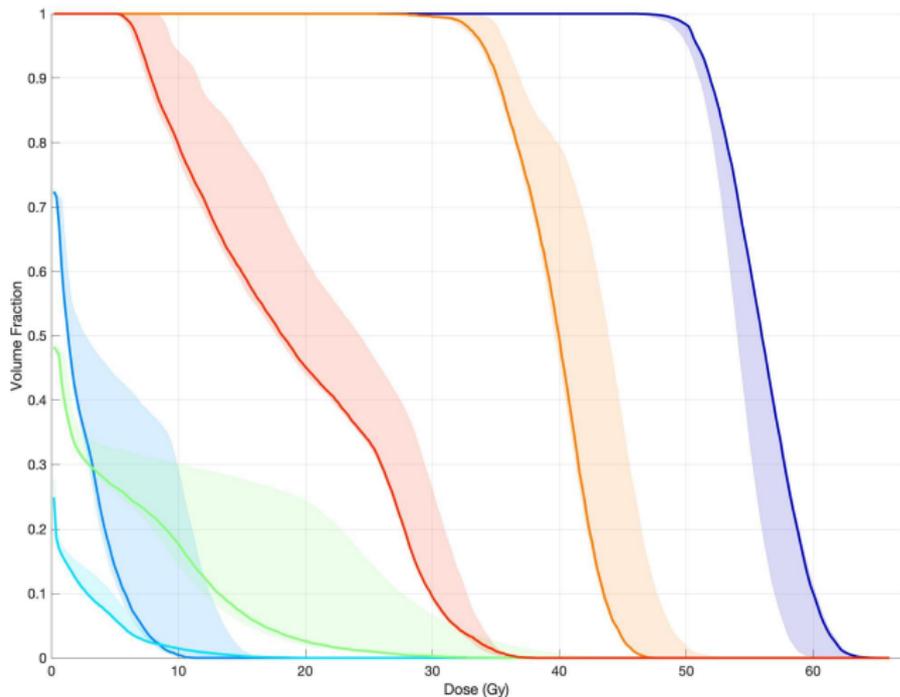
- Методы построения приближения поверхности Парето в задаче FMO:
 - ▶ Предоставляют пользователю контроль над всеми параметрами плана
 - ▶ Сложны в реализации и интеграции в текущую версию проекта
 - ▶ Для клинических планов при использовании текущей версии алгоритма оптимизации требуют много времени на исполнение
- D. Craft et al описали метод построения компромисса между количеством мониторинговых единиц и качеством плана. Упор в статье сделан именно на выбранный параметр, алгоритм построения двухмерной поверхности Парето не описан

Выбор метода для реализации

- В ходе обсуждения внутри компании было решено временно отказаться от внедрения полноценного инструмента для МСО в продукт
- Такое решение мотивировано сроками планируемого релиза, ограниченными кадровыми ресурсами, ограничениями текущей реализации алгоритма оптимизации и утилиты Qhull
- Было принято решение о смешанном использовании метода взвешенной суммы и метода построения поверхности Парето
- Двухмерная версия задачи FMO: один критерий против взвешенной суммы функций штрафа всех остальных
- Например время выполнения плана против его качества

- Двухмерная поверхность Парето в задаче FMO — выпуклая кривая на плоскости.
- В качестве метода приближения кривой выбрано построение набора точек, принадлежащих этой кривой и последующая линейная интерполяция для получения аппроксимации кривой в произвольной точке.
- Данный алгоритм был реализован вместе с прототипом пользовательского интерфейса.

Прототип интерфейса



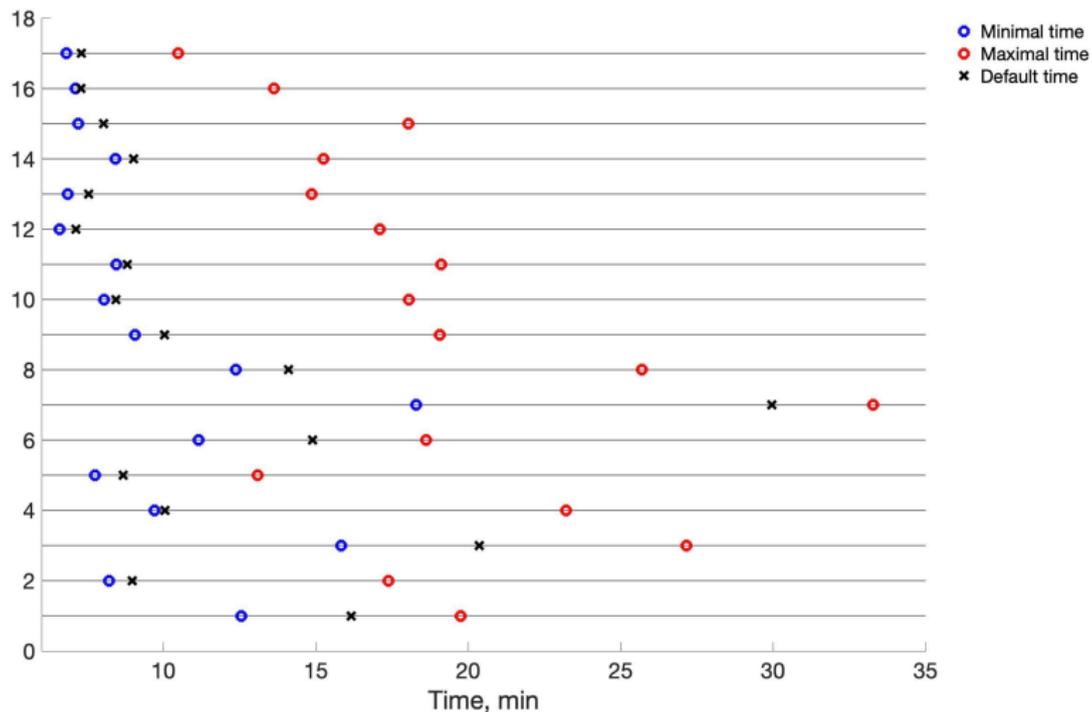
Treatment time: 19.4 minutes

<input type="checkbox"/> 20mmSHELL		13.91	37.07
<input checked="" type="checkbox"/> 15mmSHELL		18.95	38.11
<input checked="" type="checkbox"/> 5mmSHELL		39.59	47.7
<input type="checkbox"/> ChestWall		6.24	35.46
<input type="checkbox"/> heart		6.19	41.14
<input checked="" type="checkbox"/> Esophagus		3.75	36.14
<input type="checkbox"/> Lungs		4.82	62.73
<input checked="" type="checkbox"/> Skin		0.8	20.44
<input checked="" type="checkbox"/> Spinal Cord		2.22	11.36
<input type="checkbox"/> GTV		56.69	64.99
<input checked="" type="checkbox"/> PTV		55.96	65.91

Update plan

Mean dose, Gy Max dose, Gy

Тестирование на 17 клинических планах



Интеграция в проект

Reflexion Physician

Plan Optimization - Ready

0.00%

Plan Summary

17 CONCEPTUAL VOLUMES

	VOL (cc)	MAX	MIN	MEAN
PTV	306.6	5.119.0	3.397.0	4.636.0
PTV_Stomach	44	4.819.0	3.378.0	4.293.0
GTV	30.7	5.129.0	4.510.0	4.834.0
LungR	1,244.7	1.069.0	0.0	6.0
SpineCord	515	16.410	0.0	293.0
Heart	647.7	1.075.0	0.0	66.0
1 rest 0	876.6	1.069.0	0.0	91.0

33 Total, 38 Met, 0 Need Review, 1 Not Met

Conceptual Volume	Objective	Parameters	Actual Value	Tolerance	Cost	Status
PTV	Minimum Dose at Percent Volume	Dose: 4,500 cGy Volume: 95 %	4,546 cGy	0 cGy	0	Met
PTV	Maximum Dose at Absolute Volume	Dose: 4,725 cGy Volume: 0.03 cc	5,107 cGy	0 cGy	0	Not Met
PTV	Prescription Dose	Dose: 4,500 cGy	3,397 cGy	0 cGy	0	Not Met
PTV_Stomach	Minimum Dose at Percent Volume	Dose: 3,350 cGy Volume: 95 %	3,826 cGy	0 cGy	0	Met
PTV_Stomach	Maximum Dose	Dose: 3,358 cGy	4,819 cGy	0 cGy	0	Not Met
PTV_Stomach	Prescription Dose	Dose: 3,350 cGy	3,378 cGy	0 cGy	0	Met
GTV	Minimum Dose at Percent Volume	Dose: 4,500 cGy Volume: 98 %	4,546 cGy	0 cGy	0	Met
GTV	Maximum Dose at	Dose: 5,176 cGy	n/a	n/a	n/a	Met

Total treatment time: 307 seconds
Dose = Time per fraction

System / Power: READY

19 / 19 Tasks Completed

Результаты

- Изучены методы построения компромисса в задаче FMO
- Был предложен новый метод (заявка на патент подана в патентное бюро США) построения компромисса в задаче FMO.
- Алгоритм реализован вместе с прототипом интерфейса для использования результатов его работы
- Алгоритм протестирован на 17 клинических планах, ошибок не выявлено
- С учетом мнения руководства и пользователей функциональность была оценена как достаточно полезная для включения инструмента в продукт
- Был создан вариант интеграции созданного инструмента в продукт