



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

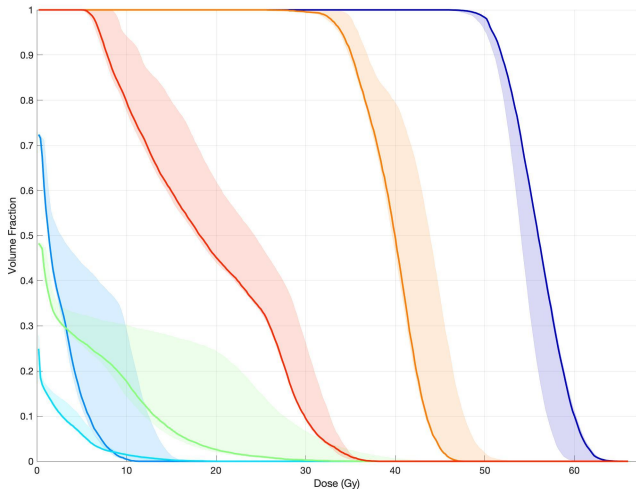
- Методы построения приближения поверхности Парето в задаче FMO:
  - ▶ Предоставляют пользователю контроль над всеми параметрами плана
  - ▶ Сложны в реализации и интеграции в текущую версию проекта
  - ▶ Для клинических планов при использовании текущей версии алгоритма оптимизации требуют много времени 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



<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

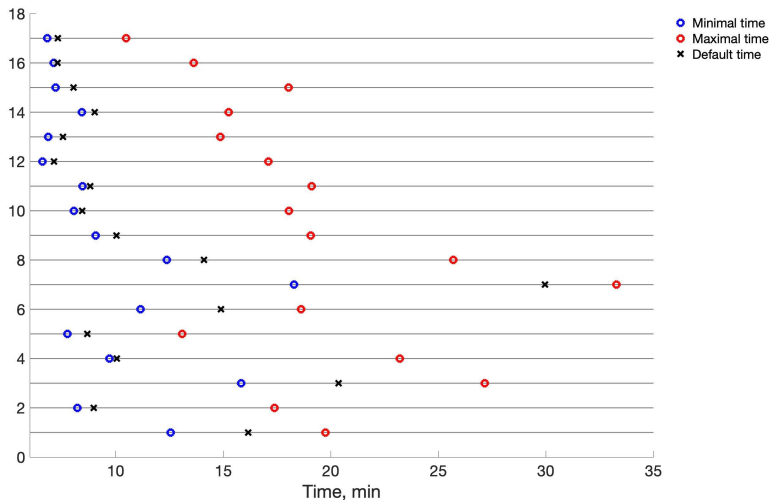
Mean dose, Gy

Max dose, Gy

Treatment time: 19.4 minutes



# Тестирование на 17 клинических планах



# Интеграция в проект

**Reflexion Physician**  
BR001, Multitarget  
Real Date: Mon, Nov 13, 2016 (Age 5)  
MRN: BR001 COB: Nov 13, 2016 (Age 5)  
GTV: Female TEL: TEL

Plan Optimization - Ready  
0.00%

Optimize Plan | Compute Dose | Expert Dose Check

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
SpineCerv	515	1.6410	0.0	293.0
Heart	647.7	1.075.0	0.0	66.0
11111111	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: 3,950 cGy Volume: 95 %	3,896 cGy	0 cGy	0	Met
PTV_Stomach	Maximum Dose	Dose: 3,958 cGy	4,819 cGy	0 cGy	0	Not Met
PTV_Stomach	Prescription Dose	Dose: 3,950 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  
Apr 23, 2021 4:30 PM MST  
16 / 16 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