



Математическое моделирование фильтрации



Команда



Руководители:

- Никитин К.Д.
- Терехов К.М.

Студенты:

- Браженко А.Р.
- Лапин Т.Е.
- Комаров А.О.
- Ершова Ю.А.
- Диц Д.Д.
- Ухин И.А.



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

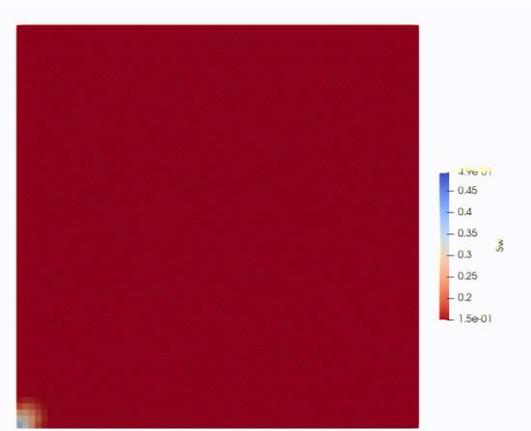
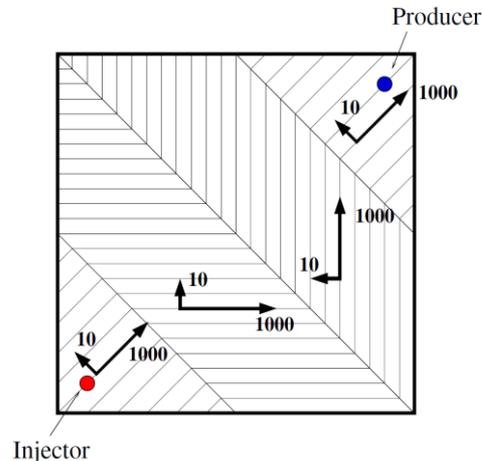


РГУ нефти и газа
имени И.М. Губкина

Математическая модель

Модель двухфазной фильтрации
 Скорости определяются по закону Дарси
 Границы считаем непроницаемыми

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\phi S_w}{B_w} \right) - \operatorname{div} (\lambda_w \mathbb{K} (\nabla p_w - \rho_w g \nabla z)) = q_w, \\ \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\phi S_o}{B_o} \right) - \operatorname{div} (\lambda_o \mathbb{K} (\nabla p_o - \rho_o g \nabla z)) = q_o, \\ S_w + S_o = 1. \end{cases} \quad \text{in } \Omega.$$



Задачи проекта



Поиск оптимальной расстановки скважин на нефтяном месторождении

- оптимизатор ускоряет в 5 раз при отклонении всего на 0.17%
- нейросети не обучились

Восстановление положения трещины по графику добычи воды и нефти на производящей скважине.

- оптимизатор подбирает трещину под график, но находит не совсем нужную трещину
- нейросеть находит с высокой скоростью

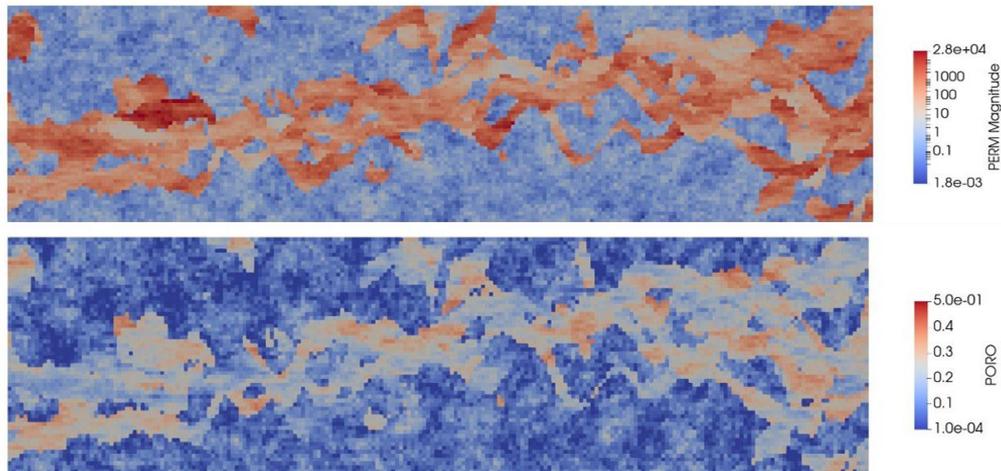


Оптимальная расстановка скважин

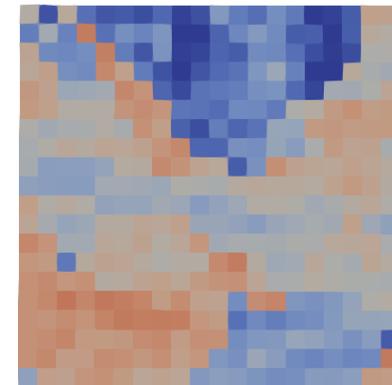
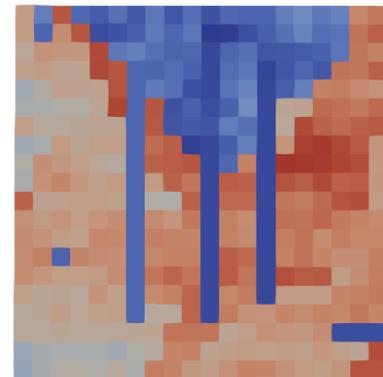
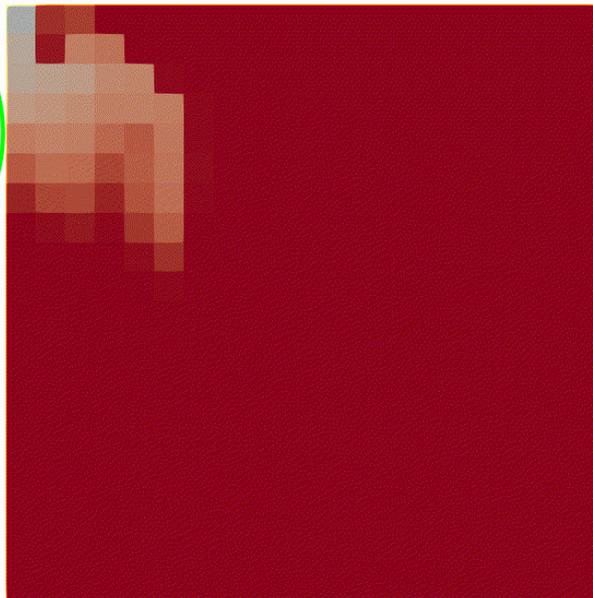
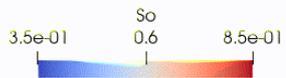
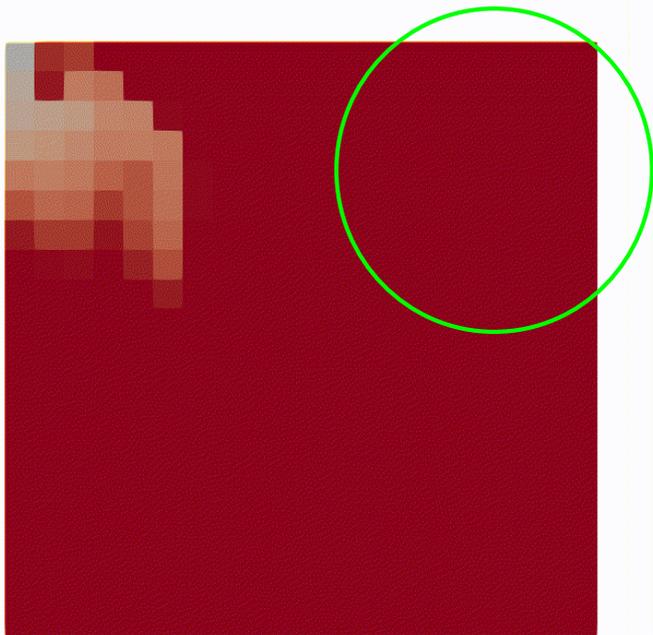


Постановка задачи поиска положения скважин

Поиск оптимальной расстановки нагнетающей скважины так, чтобы увеличить итоговую добычу нефти



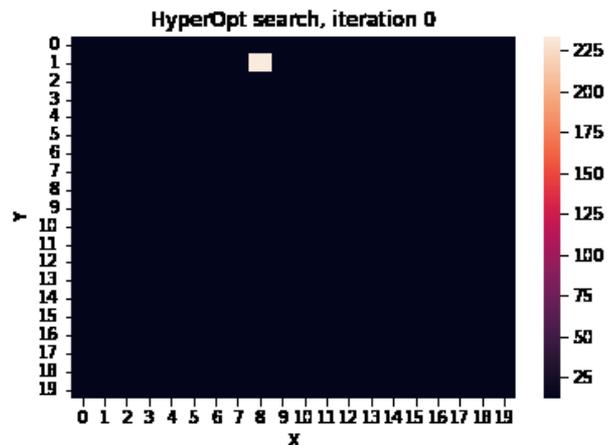
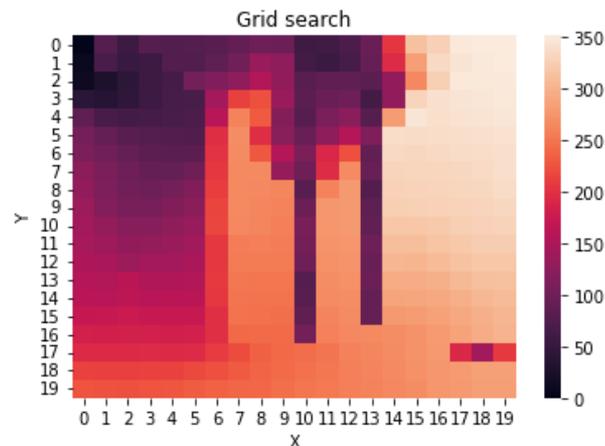
Пример



Неградиентный оптимизатор

Использовали неградиентный оптимизатор с вероятностной моделью из библиотеки HyperOpt на python

Ускоряет поиск в 5 раз (с 400 итераций для полного перебора до 80 итераций)



Итог



- Оптимизатор: ускоряет перебор в 5 раз, дает хорошую точность
- Сравнили с полным перебором для 100 наборов данных (вырезок 20x20 из `spe10`):
- Относительная ошибка (MAPE) итоговой добычи нефти за 10.000 дней: 0.17 %





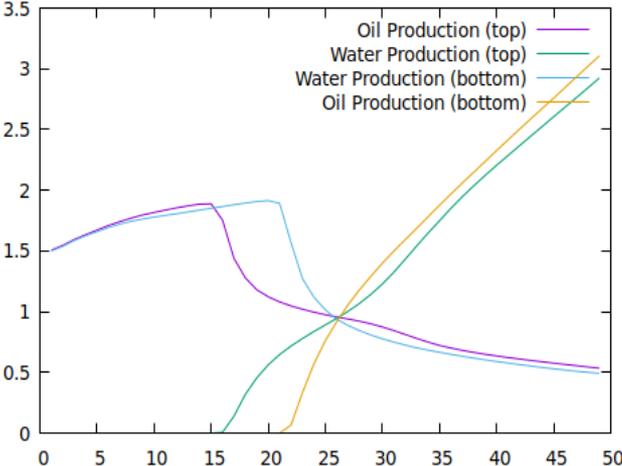
Поиск положения трещины по графикам добычи



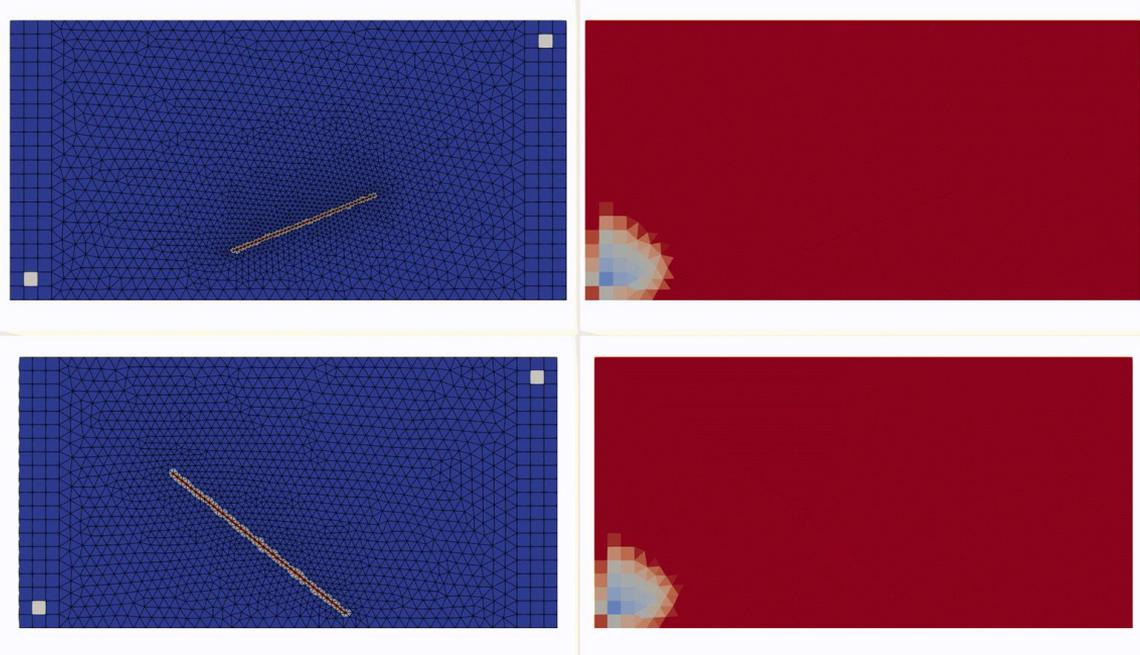
Постановка задачи поиска расположения трещин



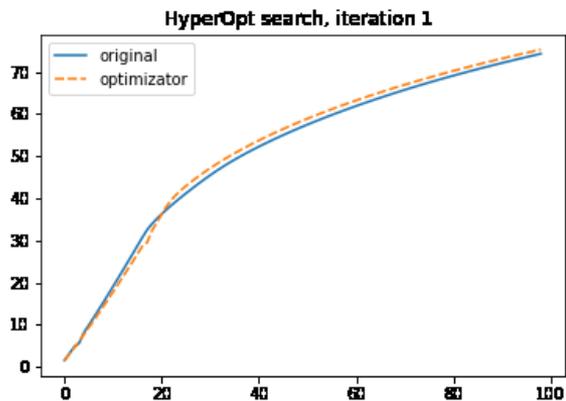
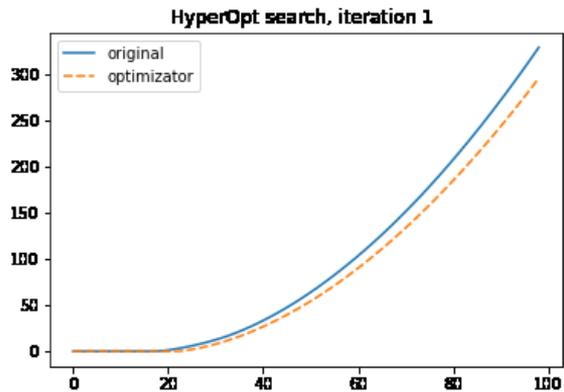
Восстановить положение трещины по графику добычи воды и нефти на производящей скважине.



графики дебита нефти/воды



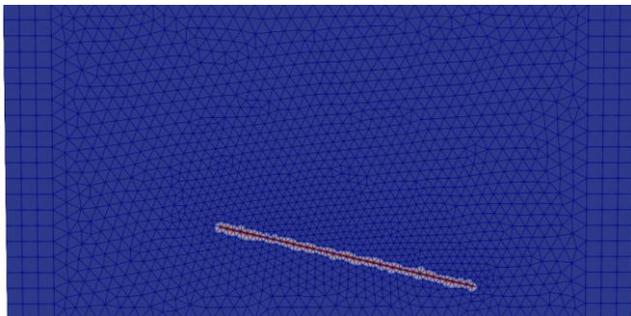
Процесс поиска оптимизатором:



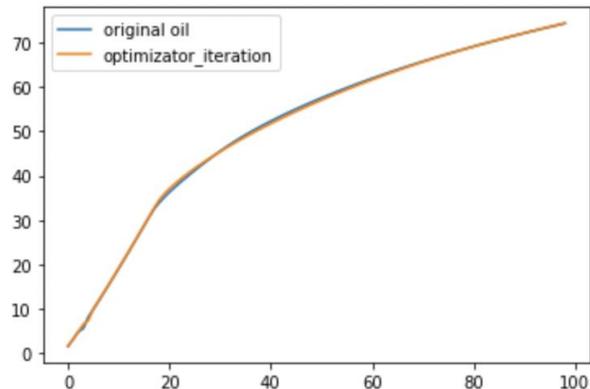
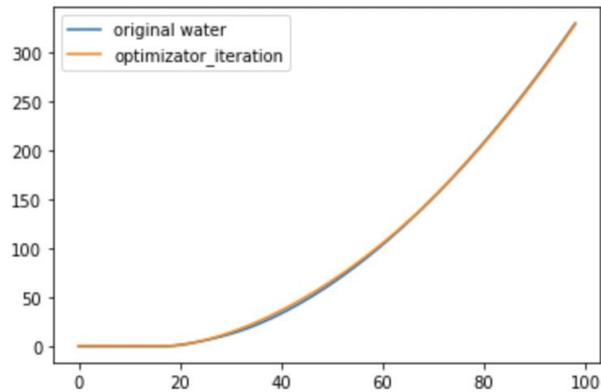
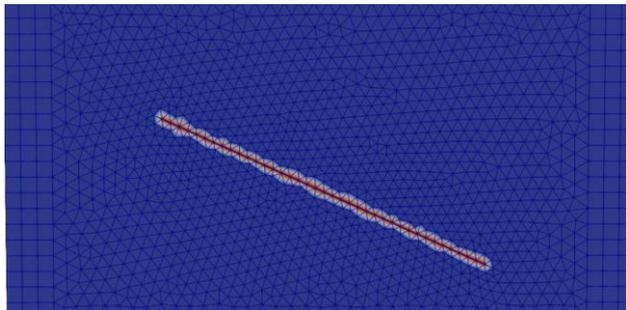
Результат оптимизатора:



исходная трещина:



найденная оптимизатором:



Итог: оптимизатор

1. За небольшое число итераций оптимизатор позволяет найти трещину, дающую очень похожие графики с искомой
2. Координаты трещины могут заметно отличаться от искомой



Обучение нейросети (поиск трещины)

Постановка:

- Мы попробовали использовать классические архитектуры нейросетей для определения положения трещины.
- Используемые нейросети состояли из линейных слоев и активаций
- В качестве входных значений статистические данные по дебитам нефти и воды (100 измерений каждые 2 дня), в качестве выходных - координаты трещины
- Набор данных состоит из 350 случайно сгенерированных трещин.

Результат:

Обученная нейронная сеть с среднеквадратичной ошибкой 0.0851

Итог: нейросеть

1. Поставленным методом задача была решена с метрикой $mse:0.0851$, что является удовлетворительным результатом
2. Для улучшения точности требуется больше данных
3. Возможно, нужно рассмотреть другие нейросети, лучше учитывающие особенности задачи

*Если относиться к скважинам как к котикам,
то ничего хорошего не получится*



Спасибо за внимание!

