

---

# Валидация алгоритмов сегментации КТ изображений

---

- Автор: Киселёв Игорь Леонидович  
([kigorleo@gmail.com](mailto:kigorleo@gmail.com))
- Куратор: Авдонин Александр  
([avdonin.as@gazpromneft-ntc.ru](mailto:avdonin.as@gazpromneft-ntc.ru))
- Сроки работы над проектом: 14.03.2022 – 24.05.2022

# Мотивация

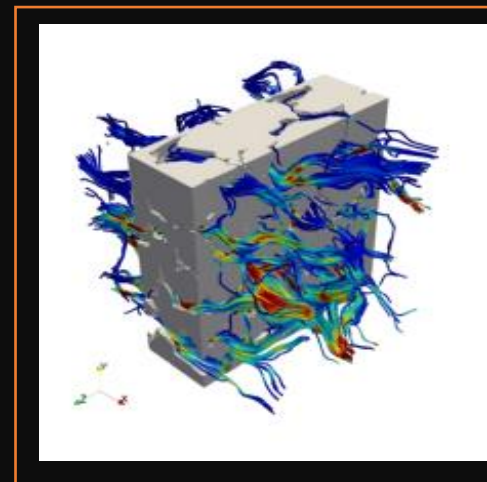
Для расчёта рентабельности и разработки нефтяного месторождения необходимо знать ФЕС пласта



Необходимо максимальное соответствие цифрового двойника реальному керну.



Мы воссоздадим метод Берга, который позволит сравнивать результаты сегментации, так как даст референтные значения.



# Цели проекта

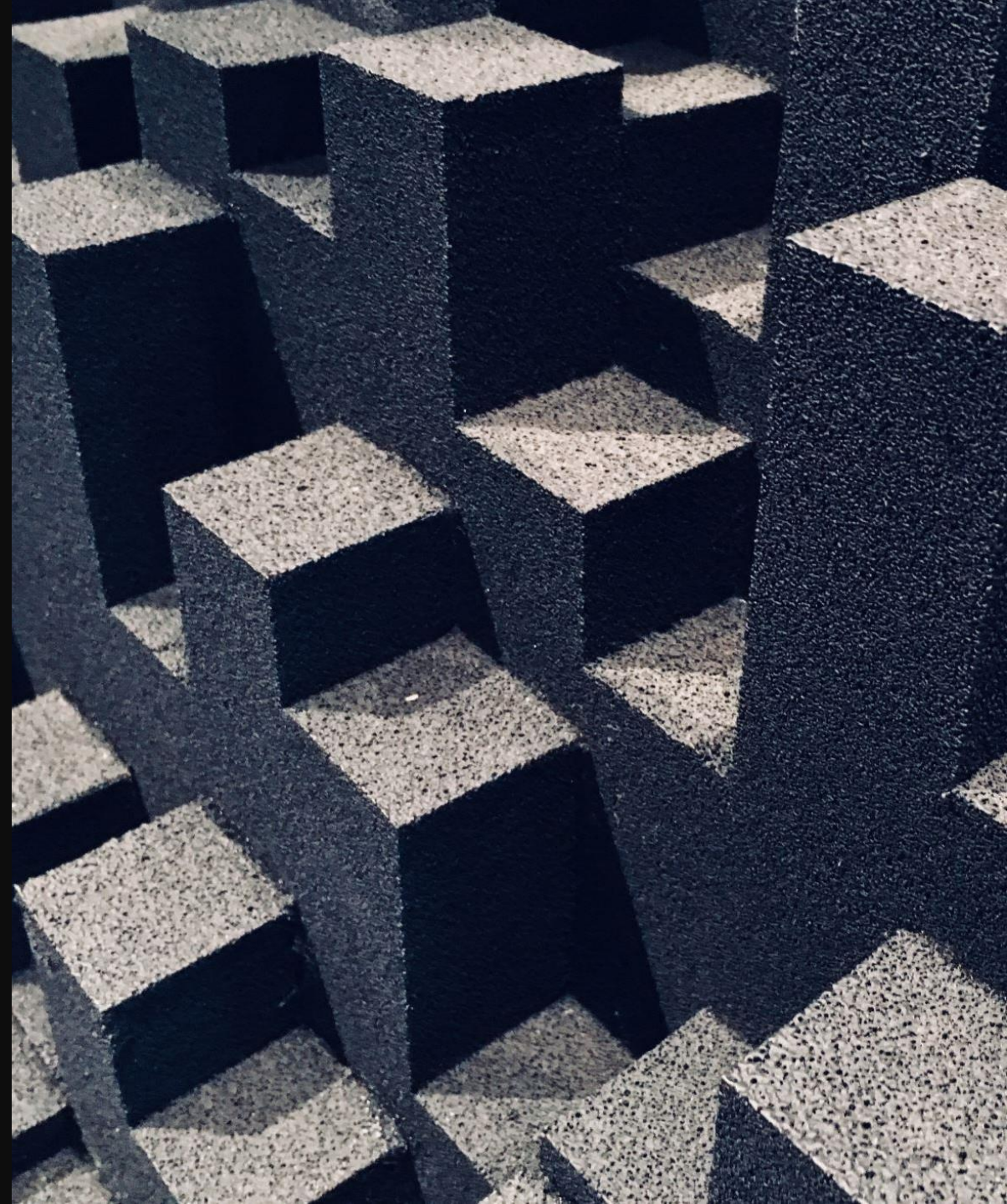
---

- Реализовать метод предложенный Бергом.
- Дополнить метрики сравнения результатов сегментации.  
Метод Берга подразумевает сравнение результатов сегментации с исходной моделью только повоксельно (то есть сравнивает только процент совпавших вокселей модели и результата сегментации)!
- На основе новых метрик выявить лучший алгоритм сегментации из существующих.

# Чем отличаются полученные модели?

---

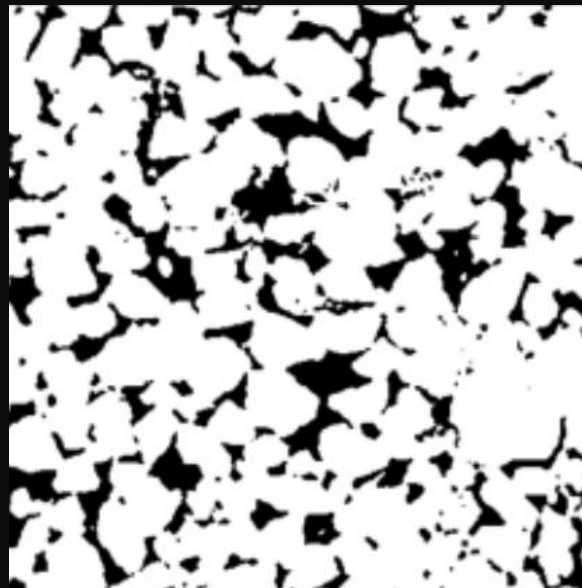
- точность воспроизведения топологии – процент совпавших значений
  - общая пористость (учитывая изолированные поры) – процент объёма, который занимают поры.
  - абсолютная проницаемость – свойство породы пропускать жидкости.
  - КВЫТ (коэффициент вытеснения нефти водой) – какой процент нефти вытеснит вода при закачки в керн
- 



# Этапы проекта

---

- Выбрать образец керна

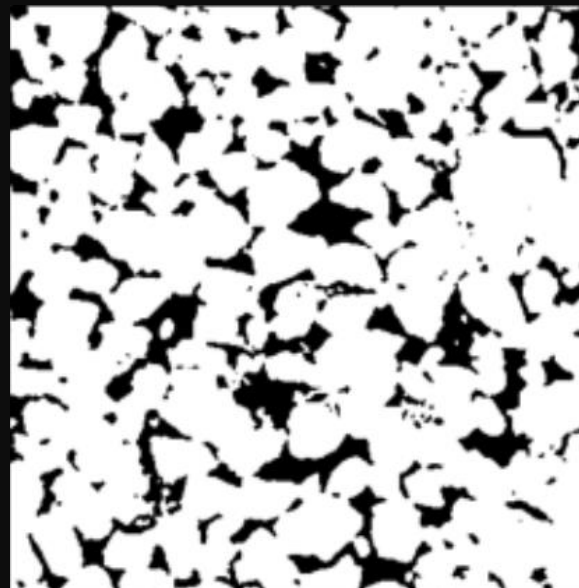




# Этапы проекта

---

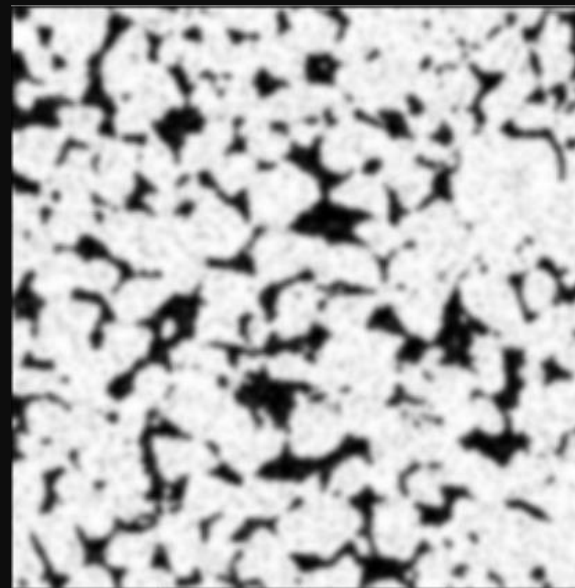
- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию



# Этапы проекта

---

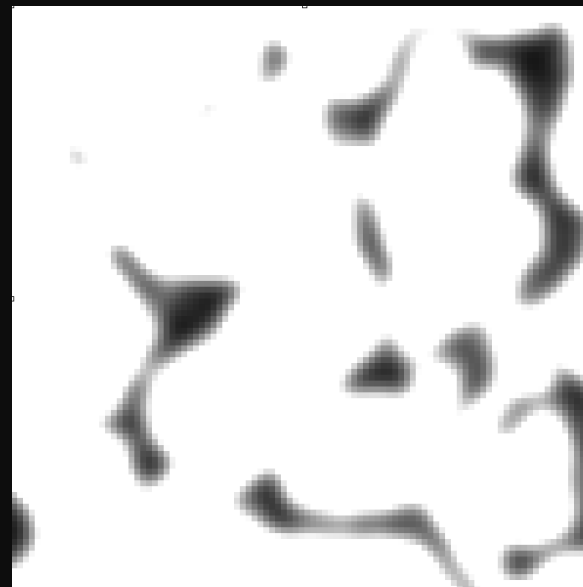
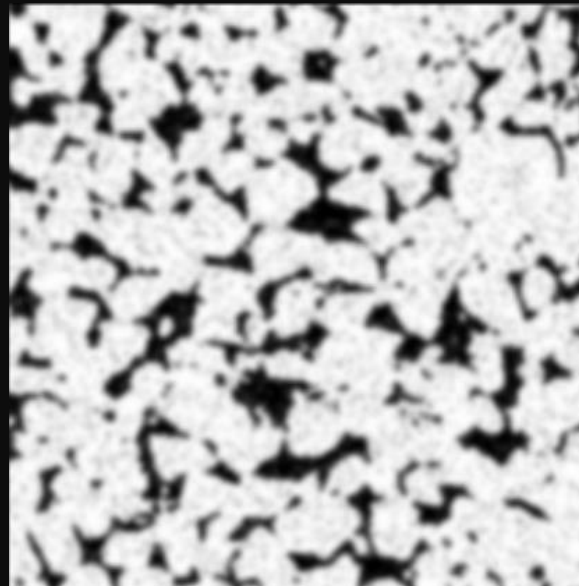
- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы



# Этапы проекта

---

- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы
- Произвести фильтрацию (NLM filter)

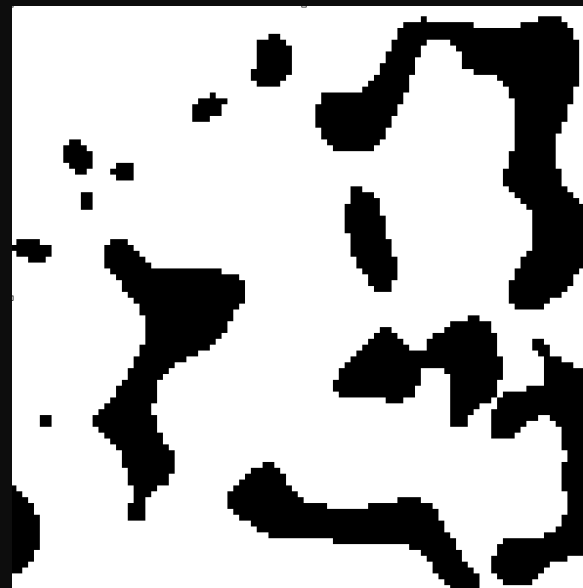
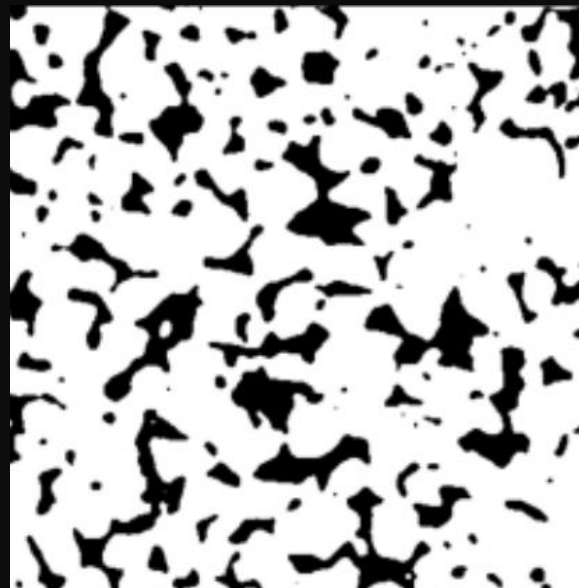




# Этапы проекта

---

- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы
- Произвести фильтрацию (NLM filter)
- Начать сегментировать:
  - Otsu – глобальный порог бинаризации гистограммы



# Этапы проекта

---

- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы
- Произвести фильтрацию (NLM filter)
- Начать сегментировать:
  - Otsu – глобальный порог бинаризации гистограммы
  - Local Otsu – тот же Otsu, но теперь локально



# Этапы проекта

---

- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы
- Произвести фильтрацию (NLM filter)
- Начать сегментировать:
  - Otsu – глобальный порог бинаризации гистограммы
  - Local Otsu – тот же Otsu, но теперь локально
  - Watershed – вводим минимальное и максимальное значение для границы, а далее анализ локальных супремумов



# Этапы проекта

- Выбрать образец керна
- Моделировать томографию
- Наложить шумы
- Произвести фильтрацию (NLM filter)
- Начать сегментировать:
  - Otsu – глобальный порог бинаризации гистограммы
  - Local Otsu – тот же Otsu, но теперь локально
  - Watershed – вводим минимальное и максимальное значение для границы, а далее анализ локальных супремумов
  - Random walker – вводим минимальное и максимальное значение для границы, а далее случайным блужданием маркируем то, что между



# Результаты

- При отсутствии дополнительных шумов:
  - Наилучший результат показал Otsu.
- При добавлении шумов:
  - Алгоритм Watershed превосходит Otsu в точности воспроизведения топологии и в пористости
  - Но в случае ФЕС наилучший результат снова показал Otsu!

Berea with noise				
	AC	TP	AP (md)	ODR
Real image	1	0.19645303125	1518.68	0.744642
Otsu	0.96248421875	0.2153264375	1818.78	0.7715259999999999
Local Otsu	0.926972078125	0.125013828125	154.749	0.46583399999999997
Watershed	0.968924625	0.179549375	885.319	0.693302
Random walker	0.933340796875	0.132263890625	155.591	0.43001599999999995

Berea no noise				
	AC	TP	AP (md)	ODR
Real image	1	0.19645303125	1518.68	0.744642
Otsu	0.999939703125	0.196419171875	1339.86	0.748176
Local Otsu	0.991587140625	0.188076359375	1098.19	0.716884
Watershed	0.999924859375	0.196401171875	1334.11	0.762151
Random walker	0.970149453125	0.166624828125	695.853	0.644248

Sk247 with noise				
	AC	TP	AP (md)	ODR
Real image	1	0.07112646875	0.208065	0.15372399999999997
Otsu	0.98239009375	0.08225334375	0.274822	0.16377699999999995
Local Otsu	0.86520865625	0.14890290625	3.31189	0.319924
Watershed	0.985169125	0.06194275	0	0.08765400000000001
Random walker	0.97368015625	0.0468120625	0	0.020572999999999952

Sk247 no noise				
	AC	TP	AP (md)	ODR
Real image	1	0.07112646875	0.208065	0.15372399999999997
Otsu	0.99998078125	0.07111759375	0.245345	0.15655800000000009
Local Otsu	0.94674621875	0.11903734375	0.19473	0.16817000000000004
Watershed	0.99996909375	0.0711035	0.1089	0.20573699999999995
Random walker	0.989817375	0.0609501875	0.0151058	0.12026999999999999

# Перспективы дальнейших исследований

---

- Выявить оптимальные маркеры для Random Walker и Watershed.
  - Рассмотреть возможность итеративного использования локальных алгоритмов как Watershed, что позволит оптимально выбирать маркеры (метки) и увеличит точность результатов.
- Добавить зависимость коэффициента адсорбции рентгеновских лучей от минерального состава. Это позволит получать более реалистичный шум.
- Рассмотреть модели со сверхвысоким разрешением, что позволит смоделировать томографию с реальным разрешением модели, что также может привести к увеличению точности работы алгоритмов.



Дополнительные слайды

# Формулы

- точность воспроизведения топологии –  $AC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$ , где TP – число совпавших вокселей пор, TN – число совпавших вокселей породы, FP – число не совпавших вокселей пор, FN – число не совпавших вокселей породы
- общая пористость (учитывая изолированные поры) –  $TP = \frac{V_p}{V_{total}}$ , где  $V_p$  - объём пор,  $V_{total}$  - объём суммарный
- абсолютная проницаемость – считается по закону Дарси:  $AP = \mu \cdot \frac{q \cdot L}{\Delta P \cdot S}$ , где  $\mu$  – динамическая вязкость флюида, L – длина образца пористой среды,  $\Delta P$  – перепад давления, S – площадь фильтрации
- КВЫТ – симулируется закачка воды в керн и выявляется какой процент нефти останется внутри