

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА ПО ДАННЫМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ
ПОЛЕЙ В ЗОНАХ ОТСУТСТВИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА
В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ДОКЛАДЧИК: АНАНЬЕВ ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ, ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ»

АВТОРЫ: АНАНЬЕВ В.В., ГРИГОРЬЕВ Г.С., ГУЛИН В.Д., ЗАЙЦЕВ С.В., ОРЛОВ Р.В., КИСЕЛЕВ К.В., ЖУРАВЛЁВ С.Д.

ЯНВАРЬ 2022

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА ПРОЕКТА

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДАННЫХ МЕТОДОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ



Повышает эффективность оценки малоизученных зон

при комплексировании
методов потенциальных
полей с данными СРР



Оценивает применимость технологии машинного обучения (ML)

с привлечением данных
потенциальных полей при
восстановлении структурного
каркаса в областях отсутствия/
редкой сети данных СРР

ПРОБЛЕМАТИКА

1

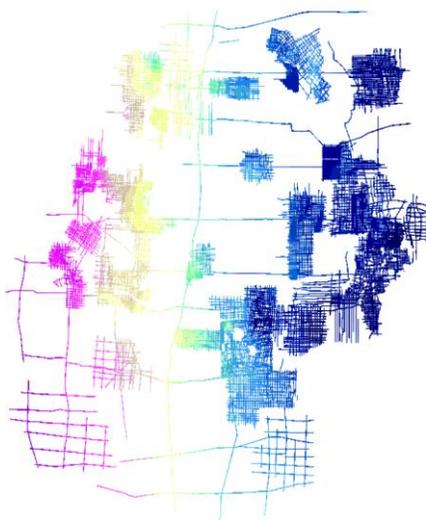
**Низкая достоверность прогноза
структурных поверхностей**
в местах отсутствия сейсмических
данных

2

**Высокая неопределенность
оценки ресурсной базы**
для региональных проектов и новых
поисковых зон

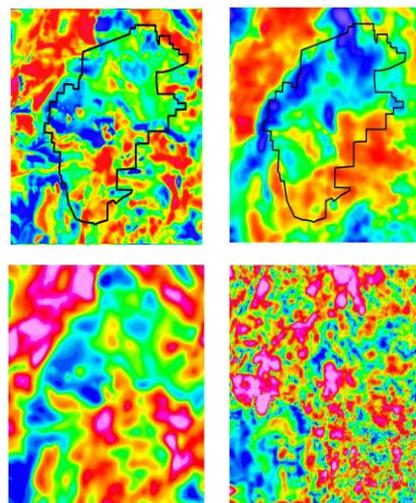
РЕШЕНИЕ – ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПОРНОГО ГОРИЗОНТА В ЗОНЕ ОТСУТСТВИЯ СРР ПО ДАННЫМ НЕСЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
2D СРР

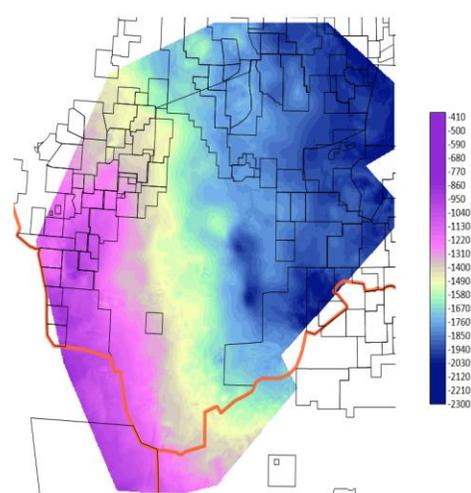


 - Профили для обучающей выборки

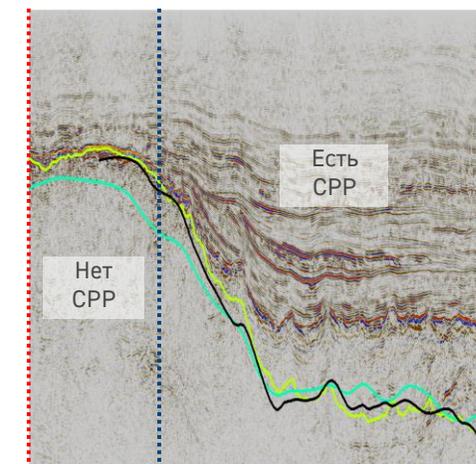
ДАННЫЕ МЕТОДОВ
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ



ВОССТАНОВЛЕННАЯ
КРОВЛЯ ФУНДАМЕНТА



СРАВНЕНИЕ ОГ ПО
НСМ И СРР



- ОГ А СРР 2019
- ОГ А НСМ 2019
- ML ОГ А НСМ 2020

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА

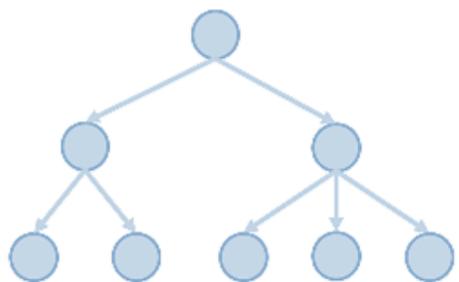
RT

REGRESSION TREE

Регрессия с помощью решающих деревьев

RT представляет собой набор иерархически организованных ограничений или условий, которые последовательно применяются от корня к конечному узлу или листу дерева.

Метод получения прогноза положения структурной поверхности в областях отсутствия данных с наибольшей скоростью работы



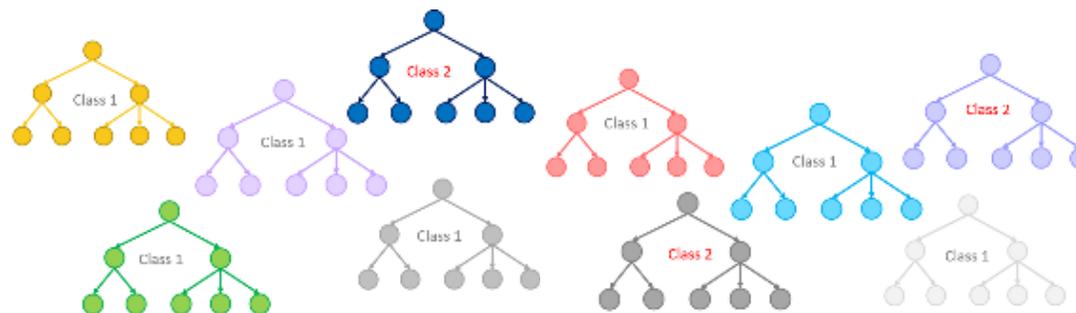
RF

RANDOM FOREST

«Случайный лес», ансамблевые методы прогнозирования

Основная идея заключается в использовании большого ансамбля решающих деревьев, каждое из которых само по себе даёт очень невысокое качество классификации или регрессии, но за счёт их большого количества результат получается хорошим.

Метод получения прогноза положения структурной поверхности в областях отсутствия данных при использовании мелкомасштабных данных потенциальных полей



Наиболее быстрый метод
получения прогноза



Менее точный результат

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА

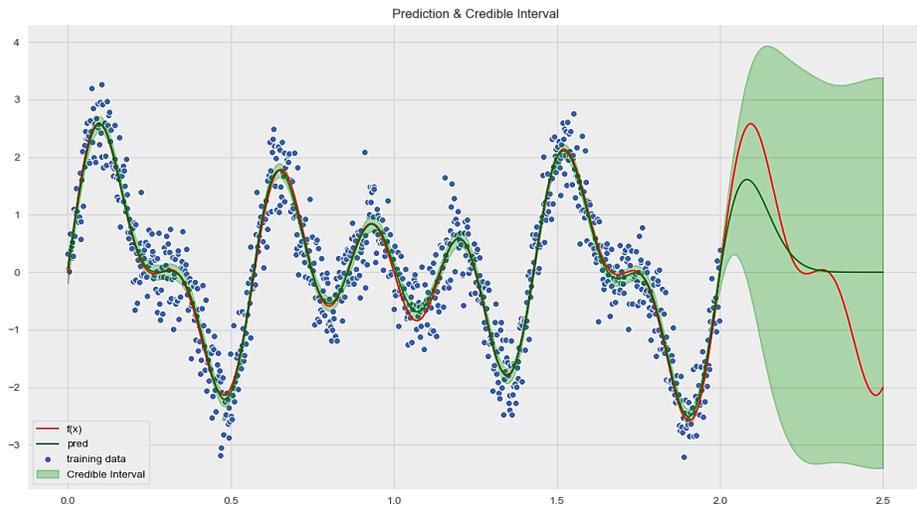
GPR

GAUSSIAN PROCESS REGRESSION

Гауссовский процесс

В задаче машинного обучения, для получения прогноза значения, используется «ленивое обучение» (метрические и непараметрические методы) и мера подобия между точками из обучающей выборки.

Метод получения прогноза положения структурной поверхности в областях отсутствия данных при использовании крупномасштабных данных потенциальных полей



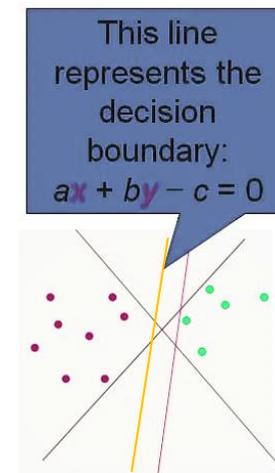
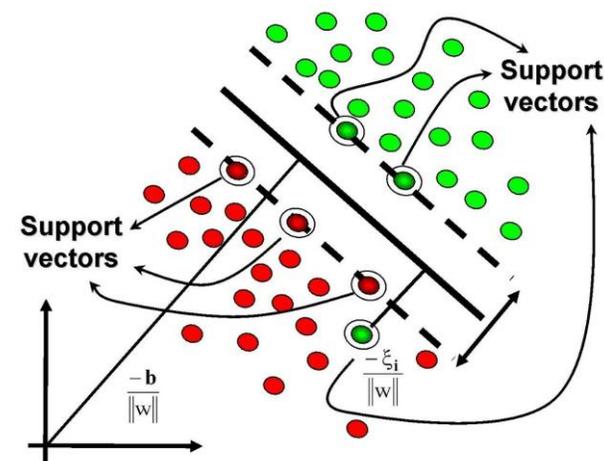
SVM

SUPPORT-VECTOR MACHINE

Метод опорных векторов

Основная идея метода заключается в построении гиперплоскости, разделяющей объекты выборки оптимальным способом.

Метод получения прогноза положения структурной поверхности в областях отсутствия данных при использовании крупномасштабных данных потенциальных полей



КЛАССИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ – ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

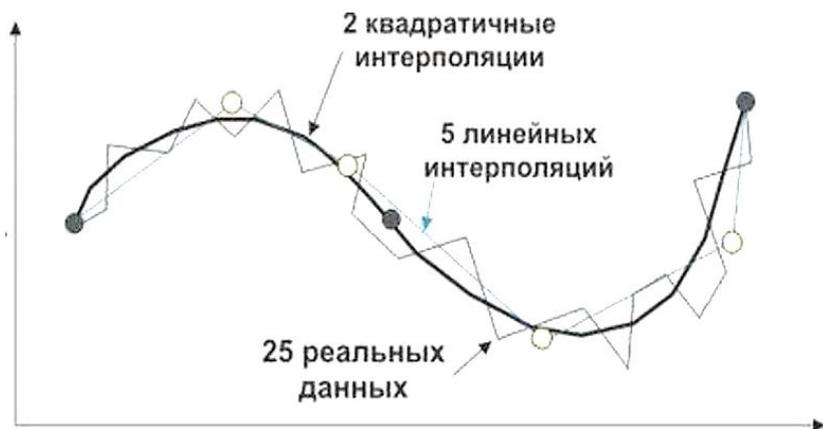
1

Обучающие данные

Данные структурных построений по профилям СРР

2

Процедура интерполяции

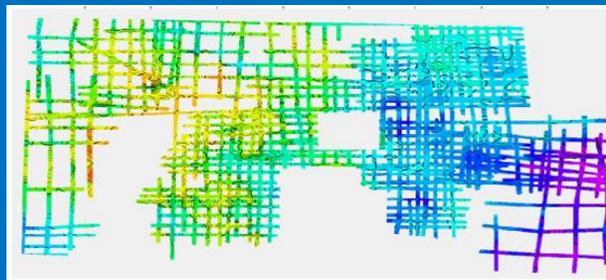


3

Выходной файл

Результирующие структурные построения

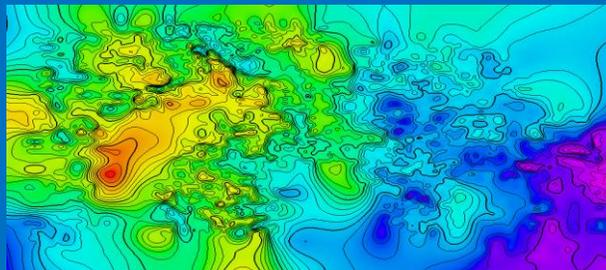
ДАННЫЕ СРР



ДАННЫЕ МЕТОДОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

Не используются

РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ СТРУКТУРА

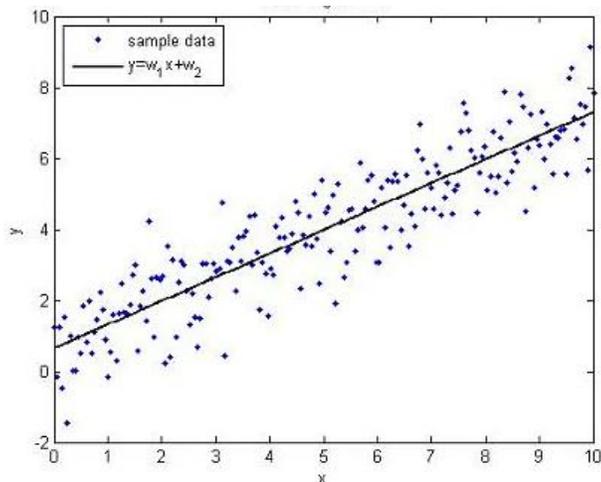


Точность построений RMS методом интерполяции составляет ~XXX м

КЛАССИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ С ДАННЫМИ НСМ – РЕГРЕССИЯ

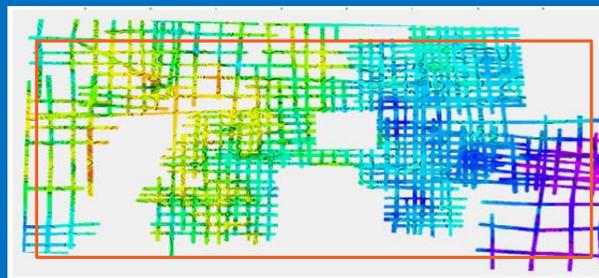
1 **Обучающие данные**
Данные структурных построений по профилям СРР

2 **Обучаемые данные**
Данные потенциальных полей



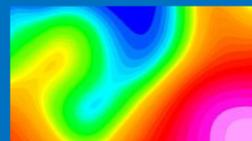
3 **Выходной файл**
Результирующие структурные построения

ДАННЫЕ СРР

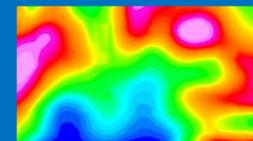


ДАННЫЕ МЕТОДОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

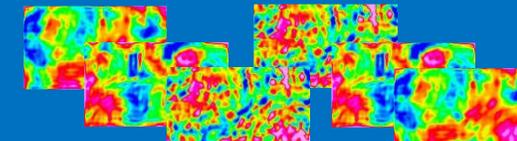
ГРАВИТАЦИОННОЕ



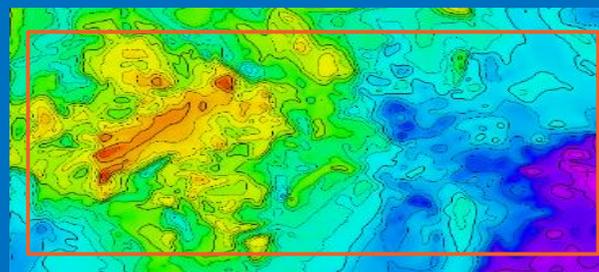
МАГНИТНОЕ



ТРАНСФОРМАНТЫ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ



РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ СТРУКТУРА



Точность построений RMS
методом регрессии
составляет
~200 м

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ С ДАННЫМИ НСМ – ML-АЛГОРИТМЫ

1

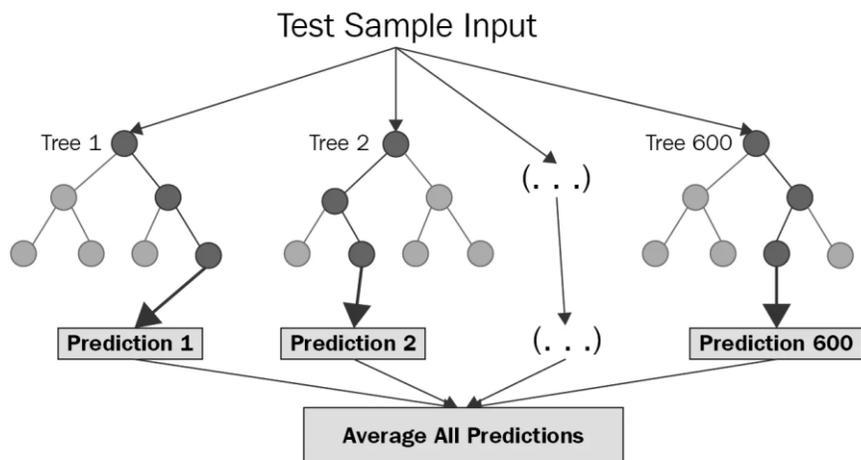
Обучающие данные

Данные структурных построений по профилям СРР

2

Обучаемые данные

Данные потенциальных полей

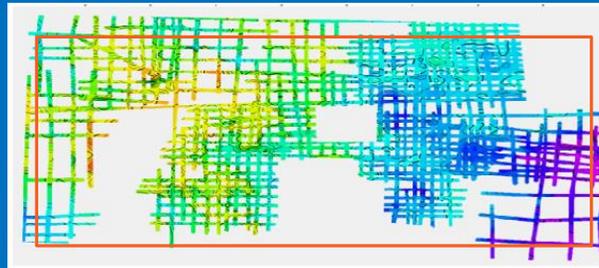


3

Выходной файл

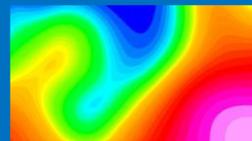
Результирующие структурные построения

ДАННЫЕ СРР

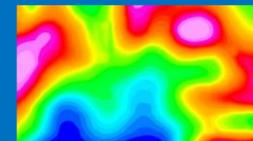


ДАННЫЕ МЕТОДОВ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

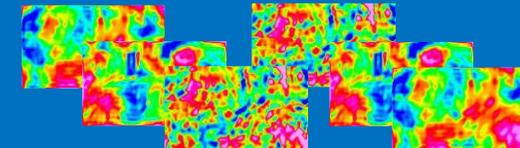
ГРАВИТАЦИОННОЕ



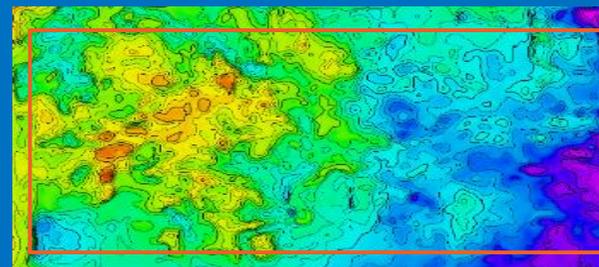
МАГНИТНОЕ



ТРАНСФОРМАНТЫ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

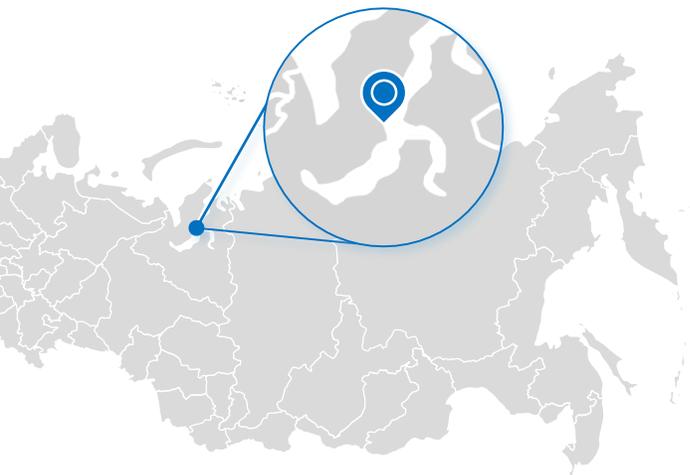


РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ СТРУКТУРА



Точность построений RMS
методом ML составляет
~50 м

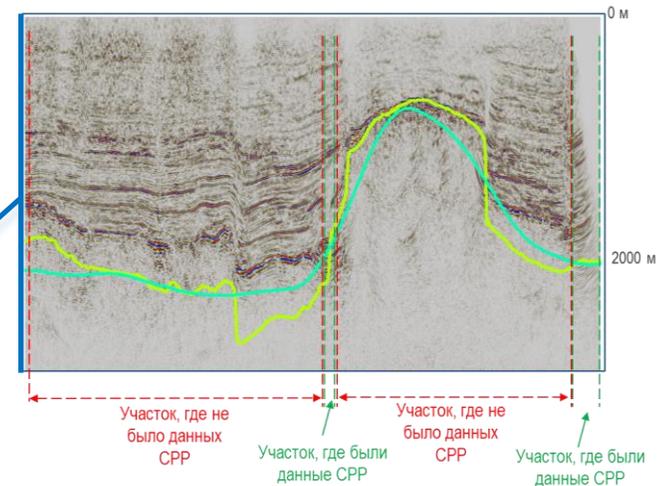
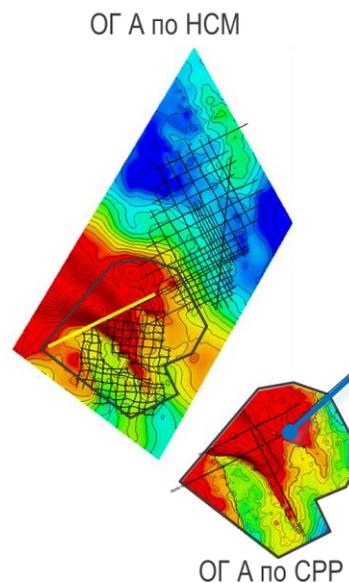
ПРИМЕР РАСЧЕТА АЛГОРИТМА ML НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ



Предпосылки

- Низкая изученность участка данными СРР
- Наличие данных МПП масштаба 1:50 000 на территории исследования
- Комплексирование данных СРР и МПП

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ



— — — — —
— — — — —
- ОГ А СРР 2020
- ОГ А HCM 2019

По результатам расчетов получена хорошая сходимость данных СРР и HCM в области наличия данных СРР. В западной части блока методами HCM прогиб не выделяется.

Срок выполнения работ

2020 г.

Точность съёмки МПП

0.92 нТл, 0,43 мГал

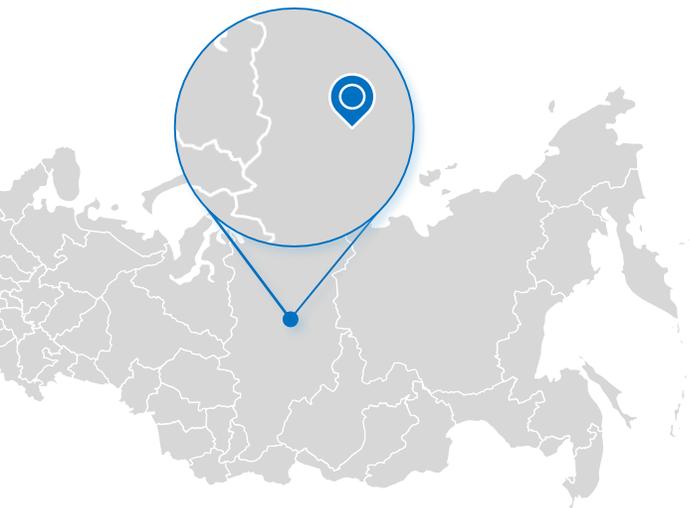
Тип съёмки

Аэро

Масштаб

1:50 000

ПРИМЕР РАСЧЕТА АЛГОРИТМА ML НА УЧАСТКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ



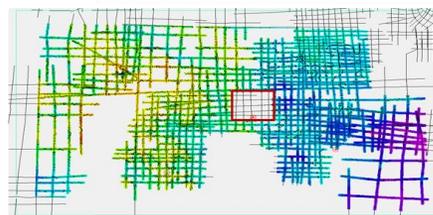
Предпосылки

- Низкая изученность участка данными СРР
- Наличие данных МПП масштаба 1:200 000 на территории исследования
- Повышение точности результатов структурных построений для корректировки скважинной привязки
- Комплексование данных СРР и МПП

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

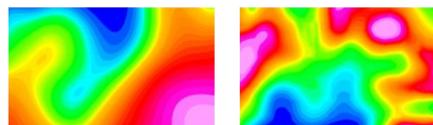
1. Входные данные для расчета:

Профили для обучения по данным СРР

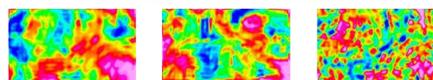


Гравитационное поле

Магнитное поле



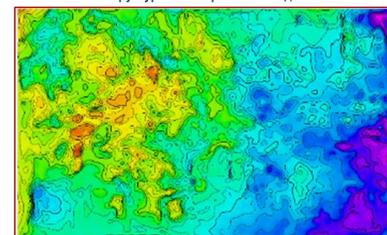
Трансформанты потенциальных полей



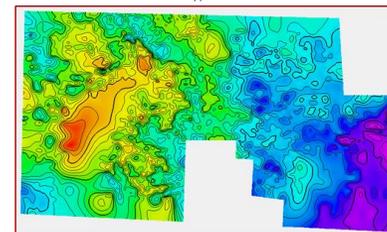
На вход алгоритма подается данные абсолютных значений кровли структурной поверхности в местах профилей СРР 2D и 3D, а также исходные данные гравитационных полей и их трансформанты

2. Рассчитанные структуры по данным МПП

Результаты восстановления структурных построений методом GPR

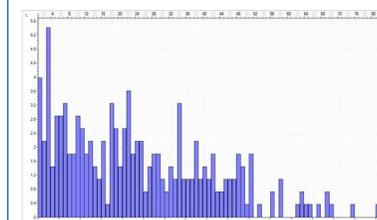


Результаты структурных построений по данным СРР



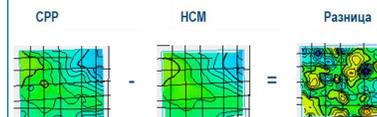
3. Расчет ошибки восстановления

Ошибка восстановления



Погрешность: 2,63 м

Стандартное отклонение: 2,1 м



По результатам оценки восстановления структурной поверхности в зоне контрольной выборки для 5% контрольной выборки, погрешность составила в среднем 2,63 м, стандартное отклонение порядка 2,1 м

Срок выполнения работ

2021 г.

Точность съёмки МПП

?(фондовые материалы)

Тип съёмки

Наземная

Масштаб

1:200 000

ПРИМЕР РАСЧЕТА АЛГОРИТМА ML НА УЧАСТКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ RF И GPR

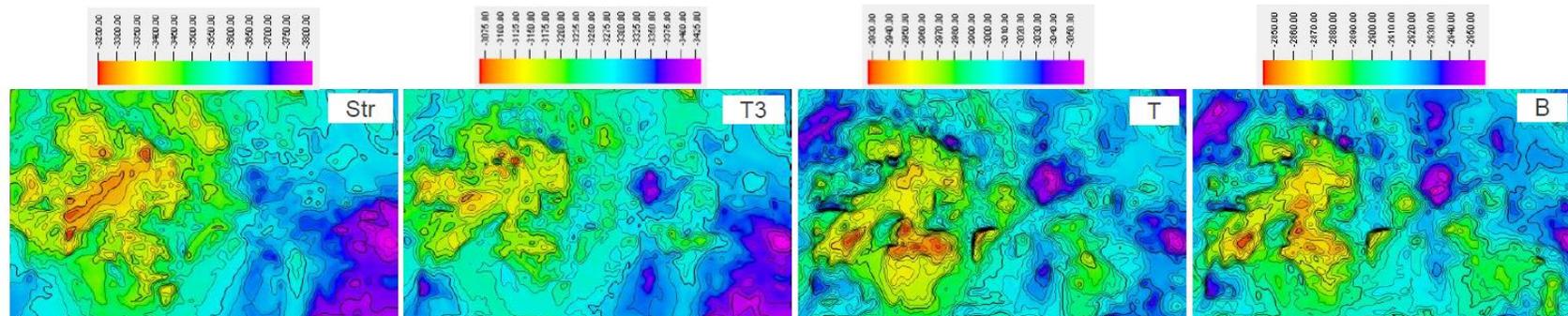


Восстановление структурного каркаса проводилось по данным масштаба 1:200 000. Наиболее точный результат, верифицированный по скважинным данным, для данного участка был получен методом RF

RF

СЛУЧАЙНЫЙ ЛЕС

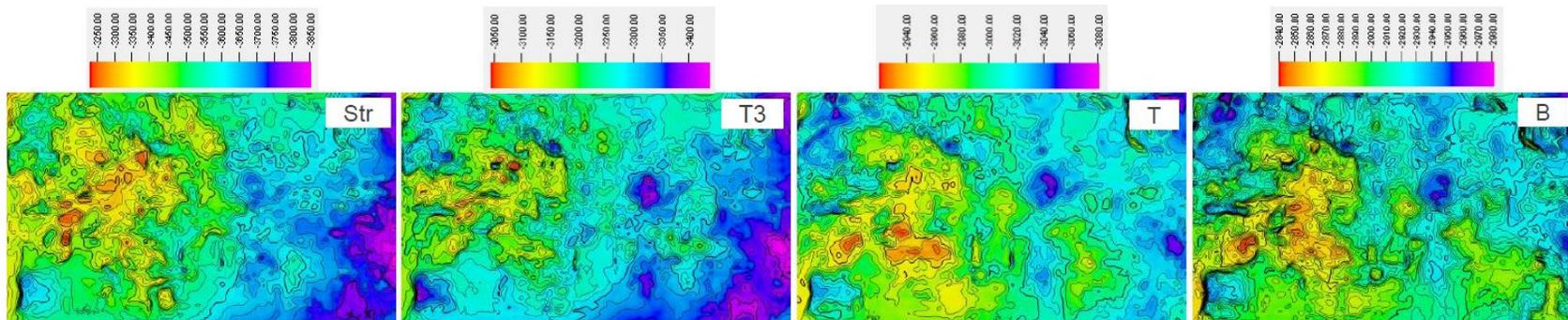
Метод RF корректнее восстанавливает структурный каркас по мелкомасштабной съемке



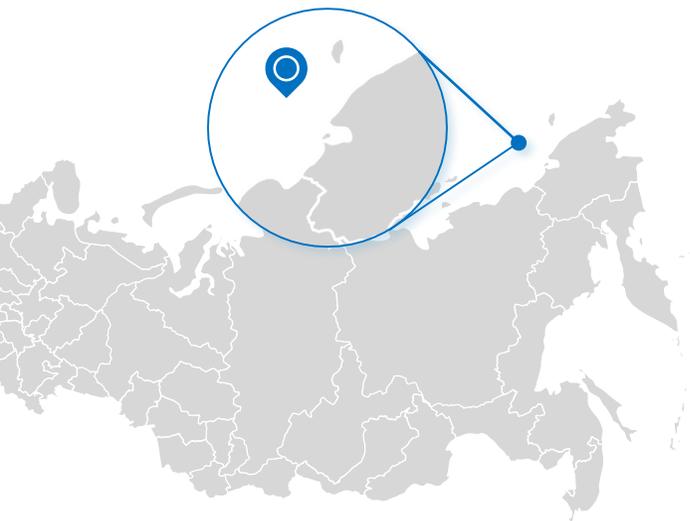
GPR

ГАУССОВСКИЙ ПРОЦЕСС

Метод GPR корректнее восстанавливает структурный каркас по крупномасштабной съемке



ПРИМЕР РАСЧЕТА АЛГОРИТМА ML В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ И ЧУКОТСКОМ МОРЕ

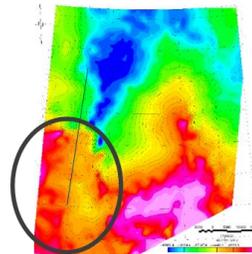


Предпосылки

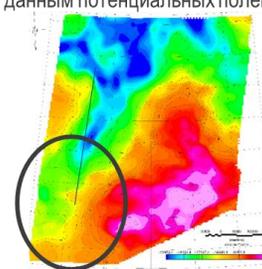
- Низкая изученность участка данными СРР
- Наличие данных МПП масштаба 1:200 000, на территории исследования
- Комплексирование данных СРР и МПП

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

ОГ А По сейсмическим данным



ОГ А По сейсмическим данным + ML по данным потенциальных полей



Сравнение карт глубин кровли фундамента по данным сейсморазведки и прогноза с использованием потенциальных полей показал, что расхождение карт в точках пересечения с контрольной выборкой составляет **3.68%** от глубины

Ключевым отличием является **отсутствие** на структурной карте фундамента, полученной по данным потенциальных полей, **поднятия в юго-западной части** лицензионного участка. В пределах глубинного уровня кровли поверхности ОГ А, полученного по данным потенциальных полей, присутствует выдержанная ось синфазности, которую стоит отождествлять с фундаментом.



Данный блок не может быть полноценно отнесен к породам фундамента, так как в нем отсутствуют породы магматического и метаморфического состава, по данным потенциальных полей. С учетом отсутствия выдержанных осей синфазности в пределах данного блока, логичным обобщением выглядит наличие дислоцированных осадочных пород в пределах данного блока.

Срок выполнения работ

2020 г.

Точность съёмки МПП

0.29 мГал, 3,39 нТл

Тип съёмки

Морская

Масштаб

1:200 000

КЛЮЧЕВЫЕ МОДУЛИ И ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕНЗОР



Многопользовательский режим



Удобный обмен данными с другими ПО



Интуитивно понятный интерфейс



Собственная база данных



РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЁТА
ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ
ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ 3D

- Графическая оболочка ПО с возможностью визуализации 3D сцен ✓
- Решение 3D прямых и обратных задач гравиразведки, магниторазведки ✓
- Решение 1D прямых и обратных задач электроразведки (МТЗ, ЧЗ, ЗСБ) ✓
- Решение 3D прямых и обратных задач электроразведки (МТЗ, ЧЗ, ЗСБ) ✓
- Алгоритм МАП (ML) для восстановления структурного каркаса по данным НСМ ✓
- Алгоритм расчета экономических параметров (VOI) ✓
- Пространственная БД со всеми проведенными работами НСМ по Компании ✓
- Алгоритмы для интерпретации данных НСМ: автоинверсия, классификация, разломы ✓
- Алгоритмы имитационного моделирования для площадной геохимической съемки ✓



**АНАНЬЕВ
ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ**

Ведущий специалист

Центр регионального и сейсмического моделирования,
ООО «Газпромнефть Научно-технический Центр»

+7 (812) 313-69-24 (доб. 3402)

Ananев.VVi@gazpromneft-ntc.ru