

Интеллектуальные
решения



Цифровой анализатор изображений керна

Классификация керна и прогнозирование извлечения золота на основе фотографий бурового керна месторождения Гросс компании Нордголд

ООО «Интеллектуальные решения»

Цифровой анализатор изображений керна

Принцип работы анализатора

На входе –
фотография
ящика керна



Алгоритм
выделения
керна из фото



Искусственный
интеллект



Результат –
предсказание
извлечения



Pred 62.8 GT 64.7

Ключевые тезисы

- **Цифровой анализатор** – это программный продукт для предсказания металлургического извлечения по фотографии бурового керна
- Руда месторождения Гросс имеет **высокую корреляцию между цветом, степенью окисления и извлечением золота** по данным боттл-тестов
- **Описание степени окисления** производилось геологом во время документирования керна и было весьма **вариативным** из-за **человеческого фактора**
- Было использовано порядка **5.5 тыс. фото и результатов боттл-тестов** для тренировки нейросети и предсказания извлечения
- В результате модель показала точность (коэффициент детерминации R^2) 79.7 и была использована для анализа последующих 200 км бурового керна Гросс
- **Эффект** – повышение качества ресурсной модели (**\$50-100 mUSD**) и плана горных работ, а также **экономия на боттл-тестах (\$5 mUSD)**

Подход к подготовке изображений

Стенд для фотографирования



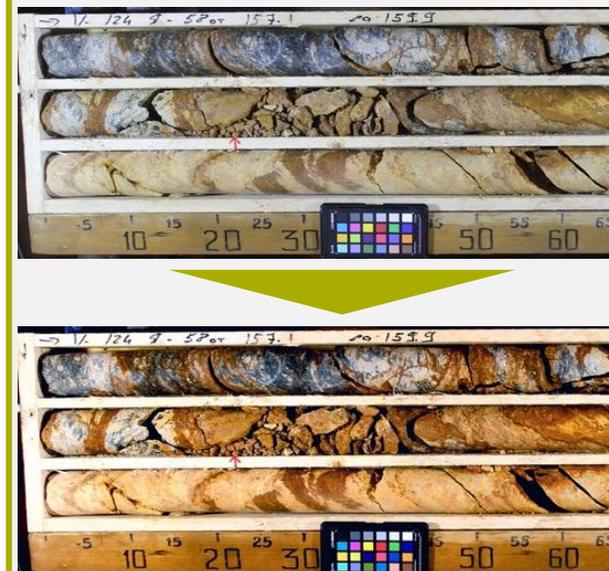
- Фотографии производились геологами в рамках стандартного процесса документирования керна
- «Нехитрые» условия фотографирования дают **приемлемый** по качеству результат

Модель «экстракции» керна



- Для сокращения трудозатрат была разработан **программный инструмент**, позволяющий **обрезать** ненужные участки фотографии, оставляя только **изображение самого керна**

Результат цветокоррекции



- Изменяющееся внешнее освещение в процессе фотографирования приводило к **некорректной** цветовой гамме снимков
- Были использованы **цветовые мишени** для цветокоррекции в ходе постобработки

Этапы проекта

Этап 1 – Разработка модели

Этап 2 – Продуктивное использование

3 недели

3 недели

8 недель

3 недели

Обучение

Тестирование

Применение

Корректировка

- Первичный анализ данных по 1 этапу
- Разработка алгоритма по автоматизированной обработке фотографий (маскирование)
- Подбор модели и определение ее ключевых параметров
- Обучение модели
- Выявление аномалий

- Определение подхода к работе с аномалиями и изображениями со смещенными цветовыми спектрами
- Оптимизация алгоритмов и параметров модели
- Тестирование и подтверждение точности модели
- Документирование
- Согласование результатов 1 этапа проекта

- Первичный анализ данных по 2 этапу
- Оптимизация алгоритмов и параметров модели
- Выполнение расчетов и предоставление прогнозируемых значений извлечения по 651 скважине (49 748 изображений)
- Анализ и согласование подхода к обработке проблем с качеством исходных данных

- Дополнительная обработка и корректировки исходных данных по 12 скважинам (1 099 изображений)
- Выполнение расчетов и предоставление прогнозируемых значений извлечения по 12 скважинам с низким качеством исходных данных

Результаты моделирования

Характеристики датасета

- Руда месторождения Гросс имеет высокую корреляцию между цветом, степенью окисления и извлечением золота по данным боттл-тестов

Пример окисленной руды

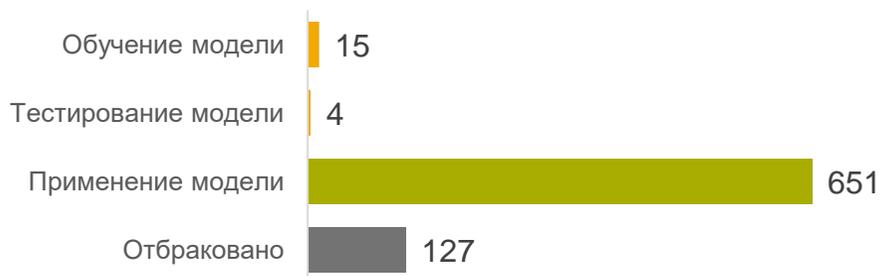


Пример переходной / первичной руды



- Для обучения модели было взято фото и результаты боттл-тестов по 15 скважинам, далее модель была применена на 651 скважине. Всего было проанализировано ~240 км керна

Количество использованных скважин



Предсказание модели

- Модель предсказывает извлечение с $R^2 = 79,7$

Тип керна	Точность модели	
	Отклонение по отн. ошибке	R^2
Весь керна из первого набора, в том числе:	72,9%	79,7
<ul style="list-style-type: none"> керна, полностью размещенные на одной полке ящика 	70%	85
<ul style="list-style-type: none"> керна, не кратные одному метру или переходящие между полками и ящиками 	75%	76

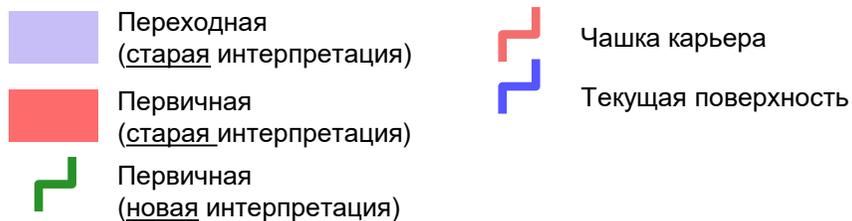
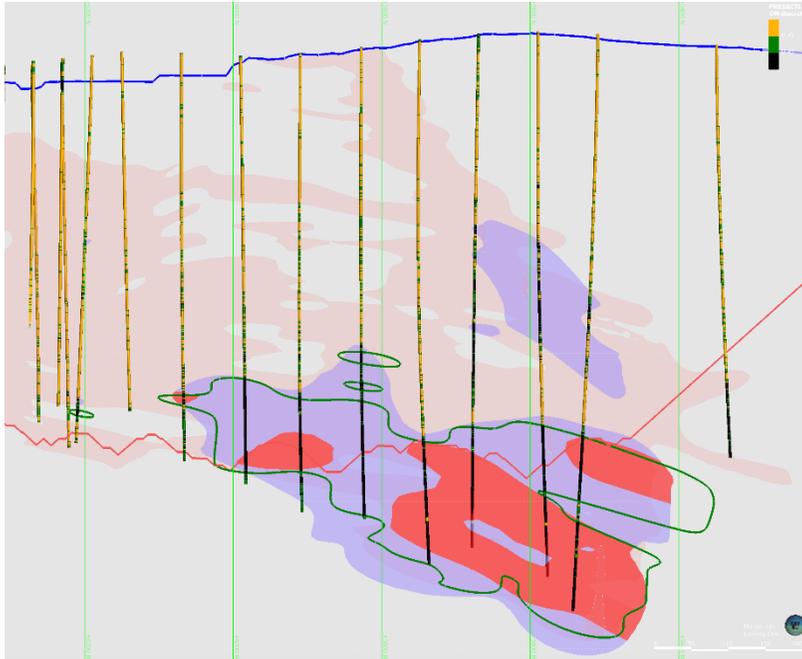
Визуализация на примере одной скважины



Результаты проекта

Результаты в части ресурсной модели

- Новая интерпретация профилей окисления привела к реклассификации большого объема переходных руд в первичные в недрах месторождения



Экономический эффект

Эффект альтернативных издержек на боттл-тесты

5,2 mUSD

- Средняя стоимость 1 боттл-теста SGS в Чите 2,000 руб.
- Около 200 тыс. метров бурового керна было проанализировано с использованием «виртуального» теста

Потенциал по повышению качества ресурсной модели

50-100 mUSD

- Улучшенная точность классификации руды может изменить экономические запасы месторождения как в большую сторону (эффект –дополнительные унции золота и NPV проекта), так и в меньшую сторону (сокращение затрат на отработку низкомаржинальных запасов)

Качественные эффекты

- Минимизация человеческого фактора в документировании степени окисления
- Возможность применения алгоритма на другие месторождения группы
- Возможность интеграции с IMAGO (облачный браузер изображений керна/шлама) для автоматизации работы алгоритма

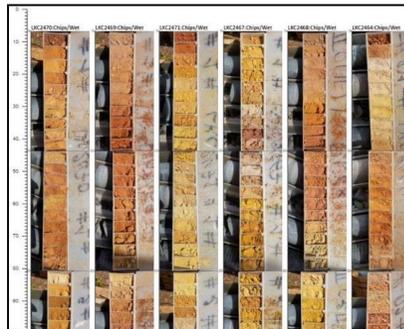
Следующие шаги: анализ иных параметров

1. Автоматизация процесса геомеханического описания керна



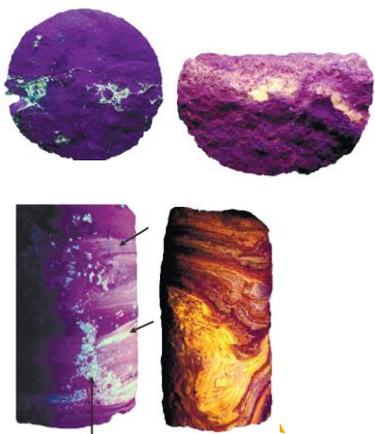
- Интервалы бурения
- Общий Выход керна (TCR)
- Цельный выход керна (SCR)
- Качество породы (RQD)
- Описание трещин
- Структурное описание керна
- Литологический тип породы

2. Использование на буровом RC шламе на существующих активах



- Степень окисления шлама «на глаз» с неопределенной точностью. Но степень окисления контролирует плотность, влажность, возможность добычи без применения БВР и т.д.
- Применение AI увеличит точность определения степени окисления и повысит надежность плана работ

3. Ультрафиолетовая макропетрография



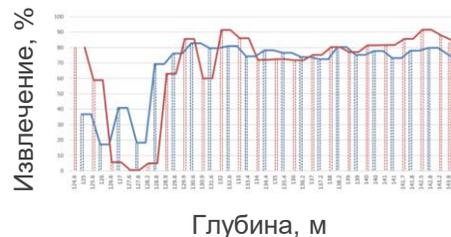
- Применяется для поиска рудных флуоресцентных минералов
- УФ-петрография позволяет выявить распределение различных минералов в породе не только на поверхности скола керна, но и внутри образца, поскольку часть породы может быть прозрачной как в видимой части спектра, так и в ультрафиолете

nordgold



Интеллектуальные решения

4. Использование на гринфилд проектах



- Геологоразведочный проект Токко расположен в 20 км от месторождения Таборный в Якутии, в архейских гранитах/гнейссах. Мин. ресурсы золота составляют 3.61 Moz по JORC.

- Очень сложный профиль окисления, трудно различимый невооруженным глазом
- Многообещающие первые результаты по первым 100 интервалам. Планируется повысить точность алгоритма на основании 2 тыс. бутылочных тестов и фото

Контактная информация



Егор Зубков

Руководитель отдела ресурсной геологии, Нордголд

Egor.Zubkov@nordgold.com, +7 916 261 25 68



Иван Дащенко

Руководитель отдела по инновациям, Нордголд

Ivan.Dashchenko@nordgold.com, +7 965 334 54 73



Левон Киракосян

Генеральный директор, Интеллектуальные решения

lk@i-sol.ru, +7 915 305 14 31