

Чистый уголь: прогноз качества и рекомендации оператору

Направление: Анализ данных и управление качеством угля

Цель: Разработать рекомендации по высоте выемки, снижающие долю примесей при сохранении добываемого угля.

Справка о компании: Сибирская угольная энергетическая компания (СУЭК) занимается добычей, переработкой и поставками угля. Её производственные задачи связаны с открытыми и подземными горными работами, обогащением угля и транспортировкой продукции. Для предприятий угольной отрасли важны безопасность работников, надёжность техники, качество продукции и снижение воздействия производства на окружающую среду.

Задача участников

Разработайте концепцию системы, которая объединяет измерения пласта и процесса, прогнозирует зольность и объясняет оператору выбор режима. Проверьте компромисс качества и потерь на синтетических блоках и оцените условную годовую экономику.

1 Контекст и цель

Разубоживание возникает, когда вместе с углём в поток попадает порода. Слишком низкая граница выемки оставляет полезный компонент, слишком высокая увеличивает зольность. Геология меняется по ходу лавы, измерения имеют смещение и пропуски, а лабораторная проба приходит позже решения. Инженеру нужен воспроизводимый способ рекомендации, который учитывает этот компромисс и может отказаться от изменения при недостатке данных.

Разработайте метод рекомендации высоты выемки для снижения разубоживания и интерфейс/расчётную демонстрацию. Обеспечьте снижение зольности на 3 процентных пункта; одновременно проверьте учебный предел потери чистого угля 3 %. Наблюдаемая синтетическая геометрия не подтверждает достижение эффекта на реальной шахте.

2 Обязательный основной результат

- Правило/алгоритм и схема получения данных с учётом калибровки, задержки и отказа; таблица высот для С. Демонстрация интерфейса: оценка текущей зольности/неопределённости по доступным A/B, объяснение рекомендации или отказа, предупреждение о риске присечки/невалидном измерении и связь с record_id, блоком и моментом решения.
- Воспроизводимая проверка на В: взвешенная зольность, потеря чистого компонента, доля отказов и результаты по отдельным блокам.
- Проект измерительного/производственного процесса, экономика общего годового сценария и чувствительность, план независимого пилота.

3 Общий объект и данные

A/B/C — 6/3/3 независимо созданных геологических блоков по 60 шагов, всего 720 строк. Геометрические кривые, разломы, смещения и режимы блоков не повторяются между частями.

Показатель	Значение	Базис
Добыча базы / зольность / выход	4000000 / 35 / 60	т/год / % / %

Показатель	Значение	Базис
Цена / себестоимость продукта	5600 / 3500	руб./т
Цель / модель выхода	–3 п.п. / +1,5 п.п. на 1 п.п. золы	общий сценарий
ρ угля / ρ породы	1,35 / 2,4	т/м³
Зольность угля / породы	0,15 / 0,85	массовая доля
Допустимое изменение h	от h базы – 0,35 до h базы + 0,10	м
Потеря чистого угля	≤ 3 % от чистого компонента базы	на общей проверке
Площадь одной полосы	1	м²
Дрейф высотомера	$0,002 \times (T - 20)$	м, учебный паспорт

Поле	Смысл/единица
record_id / geological_block / step	Случайный ключ / независимый геологический блок / последовательный шаг
decision_min	Момент решения от начала блока, мин
base_height_m	Команда базового способа из старого измерения, м; не текущая истинная граница
height_sensor_m / sensor_quality	Текущее измерение, м / валидность 0–1; пустое значение не ноль
temperature_C / gamma_signal	Температура, °C / условный шумный диагностический канал безразмерно
previous_lab_ash_pct / lab_available_min	Результат старой пробы, % / момент её доступности, мин
roof_height_m / interbed_thickness_m	Истинная граница / внутренняя прослойка, м, только для проверки А/В
standard_height_m / sensor_reading_m	Калибровочный стандарт и измерение, м; не геометрия выемки

А содержит доступные признаки и геометрию для разработки; В — отдельные блоки с геометрией для самостоятельной проверки; С — только признаки, геометрия у жюри. Не настраивайте правило по В/С после фиксации проверки. Калибровка — отдельный стенд до начала блока, а не ответ по текущему пласту. Нельзя брать текущую скрытую геометрию или будущую пробу как вход.

Базовая команда получена из измерения с задержкой на три шага и операционного запаса; она не построена из текущей скрытой истины. Лабораторный признак относится к шагу на 12 минут раньше и доступен через 10 минут; lab_available_min не должен превышать decision_min. gamma_signal — условный канал, не нормативный геофизический прибор. При пропуске допускается сохранение базовой команды.

4 Баланс и общий экономический сценарий

$$m_{\text{уг}} = 1,35 \cdot \max(0; \min(h; H) - b); m_{\text{пор}} = 2,4 \cdot (\max(h - H; 0) + b)$$

H — граница угля, b — внутренняя прослойка, которая в этой модели целиком попадает в поток при любом допустимом h . Площадь 1 м². Зольность суммы = $100 \cdot \Sigma(0,15m_{\text{уг}} + 0,85m_{\text{пор}}) / \Sigma(m_{\text{уг}} + m_{\text{пор}})$. Не среднее процентов строк.

$$\text{Потеря} = \max(0; \Sigma m_{\text{уг, база}} - \Sigma m_{\text{уг, проект}}) / \Sigma m_{\text{уг, база}}; \Delta \text{выход} = 1,5 \cdot \Delta \text{зольность}$$

Δ зольность = зольность базы – зольность проекта: снижение даёт положительное значение. Δ выход — прирост выхода товарного продукта; обе величины заданы в процентных пунктах. Например, снижение зольности на 2 п.п. соответствует приросту выхода на 3 п.п. в условной модели. Показать общую проверку и каждый независимый блок; положительные/отрицательные изменения не скрывать.

Общий годовой сценарий: 4 млн т рядовой массы, выход базы 60 %, маржа товарной тонны 5600 – 3500 = 2100 руб. При расчёте дополнительного товарного продукта переводите п.п. выхода в доли. Связь 1,5 — условная модель, не доказанная физическая функция; покажите чувствительность и отдельно сценарий –2 % рядовой подачи. Не переносите абсолютную синтетическую зольность в утверждение о реальном 35 %.

Независимая статья	Цена	Единица
Узел измерения высоты	1.8	млн руб./шт.
Канал дополнительного признака	1.2	млн руб./шт.
Интеграция/монтаж	2	млн руб.
Обслуживание	0.1	доля аппаратного CAPEX/год
Разработка/сопровождение правила или ПО	4	млн руб. разово; 1 млн руб./год

Количество точек, дополнительные каналы и сложность метода выбираете сами. Общий CAPEX (капитальные затраты)/OPEX (текущие эксплуатационные расходы) не задан готовой системой. Можно предложить ручной/правилевой процесс вместо ПО с обоснованными затратами и той же воспроизводимой проверкой. Постоянные цены, горизонт 5 лет, без НДС/дисконтирования.

Оборудование, применяемое в шахте, должно соответствовать требованиям безопасности и быть в рудничном взрывозащищённом исполнении (РВ). Для предлагаемого состава укажите условия среды, требования к исполнению и подтверждающие документы, которые предстоит проверить при промышленном проектировании. Учебный прототип и расчёт не являются сертификацией или разрешением применения; предусмотрите проверку специалистами и установленный порядок допуска до внедрения.

5 Ваши проектные решения

Свободны метод оценки, состав/число измерений, реакция на пропуск, правило изменения/сохранения команды и интерфейс. Простой калиброванный порог или регрессия допустимы; сложность сама по себе не цель. Рекомендация не передаётся на реальное управление горной машиной.

6 Материалы и их статус

Обязательный общий сценарий — A/B/C, геометрия B и калибровка; геометрия A доступна для разработки. Формат CSV удобен для таблицы или кода, модель машинного обучения не обязательна. Словарь и балансы приведены здесь. Собственные данные допустимы отдельно; тест C и его неизвестная геометрия сохраняются для сопоставимости.

7 Свои данные и развитие

Вы вправе использовать собственные измерения, открытые источники, новые технологии и синтетические данные. Укажите источник/способ получения, дату или версию, условия использования, единицы, допущения и ограничения переноса. Общие обязательные объект, нагрузки, периоды и экономическая база сохраняются; эффект расширения показывайте отдельно. Наличие большого набора, программного кода или большого числа функций само по себе не преимущество. Простое обоснованное решение может быть лучшим.

Ниже — необязательные направления. Можно выбрать свой путь развития или глубже проработать основной результат; количество расширений само по себе не повышает оценку.

- Новые независимые геологические блоки, калибровки и смешивающие факторы с сохранением отдельного теста.
- Управление неопределённостью, задержкой и отказом от вмешательства.
- Обоснование реального опробования, датчиков и производственного пилота с ответственным специалистом.

8 Проверка и сдача

- Решение использует только признаки, доступные к моменту рекомендации; части разделены по независимым блокам.
- Взвешенная зольность и чистый компонент рассчитаны одной моделью; цель и компромисс показаны по блокам.
- Результат C воспроизводим; отказ не скрывает неудобные случаи, промышленный эффект не заявлен доказанным.

Передайте схему/эскиз и воспроизводимую расчётную записку или таблицу с исходными формулами, сравнение базы/проекта, экономику и план проверки. Код и физическое изделие необязательны, если прямо не требуется демонстрация. Проектная заявка и презентация — по приложениям 4 и 8 положения.

Расчетные допущения

- Числа общего сценария и характеристики отдельных средств заданы для учебного расчёта, а не измерены на предприятии.

Входные материалы и их использование

Учебные данные служат проверке расчёта и демонстрации; они не подтверждают промышленную пригодность решения.

Материал	Для чего используется
Измерения блоков A для разработки метода	Независимые геологические блоки A, доступные до решения измерения. Обязательные данные для общего расчёта.

Материал	Для чего используется
Геометрия блоков А	Контрольная геометрия; не признак текущего решения. Справочный материал; использование необязательно.
Измерения блоков В для самостоятельной проверки	Независимые геологические блоки В, доступные до решения измерения. Обязательные данные для общего расчёта.
Геометрия блоков В	Контрольная геометрия; не признак текущего решения. Обязательные данные для общего расчёта.
Измерения блоков С для закрытой проверки	Независимые геологические блоки С, доступные до решения измерения. Обязательные данные для общего расчёта.
Калибровочные стандарты	Независимые стендовые стандарты до начала каждого блока. Обязательные данные для общего расчёта.

Общие требования конкурса

Решение оформляется проектной заявкой и презентацией по приложениям 4 и 8 положения. Презентация: PDF, не более 16 слайдов и 25 МБ. На финале доклад до 10 минут и вопросы до 5 минут.