

## К ПРОБЛЕМЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСВОЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ГЕОРЕСУРСОВ

Курманкожаев А., академик, д.т.н., Бастаубаева Д.Ж., к.т.н.,  
Жусупбеков С.С., к.т.н., КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Алгоритм многомерной геометризации состоит из трех основных блоков: подготовки информационного массива, построения математической модели показателя и горно-геометрической карты его размещения. Алгоритм многомерной геометризации можно рассматривать как макет автоматизированной системы многомерной геометризации, машинной технологии горно-геометрических карт. Блок подготовки информационного массива начинается операцией сбора данных об измеренных значениях геометризуемого показателя, морфологических и качественных показателях исследуемого полезного ископаемого и вмещающих пород, выбранных в соответствии с существующими геологическими концепциями об их возможных генетических взаимосвязях. Операция по оценке представительности исходной информации выполняется для отбраковки грубых ошибок в наблюдениях. С этой целью анализируются статистические законы распределения показателей. Здесь же подбирается список возможных аргументов будущей математической модели в различных вариантах, зависящих от объекта и целей геометризации.

Точность математической модели во многом зависит от однородности геологической информации, поэтому завершается данный блок выделением на исследуемом месторождении однородных геологических районов по морфологическим, качественным и другим признакам.

Исходная информация математической модели проверяется на однородность на основе анализа стандартов  $\delta$  по правилу «трех сигм» ( $\pm 3\delta$ ). Оценка точности полученной математической модели включает оценку значимости коэффициентов уравнения, доверительных интервалов моделируемого показателя и вкладов каждого из аргументов модели на математическое ожидание и дисперсию. Заключительной операцией этого блока является анализ полученных отклонений измеренных значений показателя от построенной топоповерхности. Если эти отклонения на отдельных участках имеют закономерный характер, то вновь необходимо приступить к построению математической модели, аппроксимирующей выявленную закономерность отклонений. Случайный характер поля отклонений свидетельствует об окончании процедуры построения карты.

Методические принципы оценки и комплексного прогнозирования показателей объектов георесурсов исходят из требований многофакторности и комплексности методов оценки прогнозирования, точности и однозначности результатов прогнозных оценок:

1. Работа по прогнозированию должна начинаться с подготовки информационного массива. При интерполяционном прогнозе к построению прогнозной модели привлекаются все точки наблюдения показателя внутри области интерполяции. При экстраполяционном прогнозе информация отбирается вблизи границы области экстраполяции (не далее интервала корреляции прогнозируемого показателя). При этом важно иметь информацию хотя бы в виде редкой сети опорных точек в пределах области экстраполяции (данные геофизики или скважин предыдущей стадии разведки). Все операции этого этапа выполняются в соответствии с блоком подготовки информационного массива метода многомерной геометризации.

2. Выбор типа математической модели прогнозируемого показателя осуществляется перед построением каждой прогнозной модели как на основе анализа

структурных матричных функций системы показателей, так и исходя из решаемой задачи. При этом на разных уровнях прогноза (региональный и локальный) могут быть приняты различные типы математических моделей одного и того же показателя.

3. На этом этапе в соответствии с выбранным типом модели выявляются и анализируются различные факторные взаимосвязи прогнозируемых и других показателей исследуемой залежи и вмещающих пород (блок построения математической модели показателя алгоритма многомерной геометризации). Результатом выполнения этого этапа должна быть система факторных уравнений выявленных взаимосвязей, которая позволяет прогнозировать любой из показателей системы в факторном пространстве.

4. При необходимости описания закономерностей распространения показателей по площади и в разрезе строится система пространственных моделей прогнозируемых и связанных с ними показателей. При этом возможны два подхода. В первом случае по факторной модели вычисляются значения прогнозируемого показателя во всех точках определения аргументов модели, по которым затем строится прогнозная карта показателя (блок построения горно-геометрической карты алгоритма многомерной геометризации). При другом подходе сначала строятся топоповерхности аргументов факторной модели, подставляя которые в факторную модель получают уравнение топоповерхности прогнозируемого показателя. Для применения первого подхода необходима значимая автокорреляция между вычисленными по факторному уравнению значениями прогнозируемого показателя, второго - между точками определения аргументов прогнозной модели.

5. Построение системы пространственно-факторных моделей прогнозируемых и связанных с ними показателей выполняется в том случае, если прогноз на основе факторных и пространственных моделей не удовлетворяет по своей точности, и реальное размещение адекватно более сложной пространственно-факторной модели (блок построения математической модели алгоритма многомерной геометризации).

6. Выявление и анализ локальных закономерностей формирования показателей необходимы при кратко- и среднесрочном прогнозе (текущее и перспективное планирование развития горных работ). Математические модели, описывающие локальные закономерности, строятся с учетом региональных на основе алгоритма многомерной геометризации.

7. На основании полученных математических моделей составляется алгоритм методики прогнозирования каждого из исследуемых показателей, где описывается порядок выполнения операций по построению конкретных прогнозных моделей.

8. Точность прогноза проверяется на экзаменационных точках, не участвовавших в построении прогнозных моделей. Ее можно считать удовлетворительной, если погрешности прогнозных уравнений на экзаменационных точках и точках построения модели, различаются незначимо.

Квалиметрическими показателями-параметрами, которые легли в основу разработанного способа информационной оценки геолого-технологической сложности внутри рудного массива приняты базовые качественные показатели: модальное значение показателя качества добычи – как более достоверное и информативное значение показателя; среднее значение показателя качества добычи – как промышленное минимальное среднее по выемочным единицам рудника. Способ информационной оценки сложности запасов внутрирудного массива рудного тела основан на разработанную комплексную оценку отражающей степени неравномерности распространения металла по внутрирудному массиву залежи, модельное выражение которое имеет вид:

$$\omega_{p.m.} = \frac{x_{mo}}{x_{cp}} \lg(x_{\max} - x_{\min}), \quad (1)$$

где  $x_{mo}$ ,  $x_{cp}$  – соответственно модальное и среднее значения показателя залежи;  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения показателя залежи.

Численное значение отношения моды к среднему бывает различными в зависимости от вида распределения металла по залежи. При нормальном и равномерном распределений это отношение равно единице ( $\frac{x_{mo}}{x_{cp}}=1$ ), а при других видах распределения металла по залежи включая логнормальное, гамма-, показательное и распределения Вейбулла, это отношение обычно больше единицы ( $\frac{x_{mo}}{x_{cp}}>1$ ). Так как, распределение металла в основном как правило имеет правоасимметричную форму, для которых  $x_{mo} > x_{cp}$ . Такое статистическое свойство изменения значений численного отношения моды к среднему ( $x_{mo} / x_{cp}$ ) в зависимости от вида (типа) закономерности распределения изучаемого металла отражает характер неравномерности размещения его значений по залежи.

Разработаны новые информационные критерии оценки товарной значимости выходов качественных показателей рудных продукций. В основу их положена концепция использования теоретических параметров распределения изучаемого качественного показателя руды и модельных характеристик распределения содержаний основного металла по выемочным участкам. Информационная модификация рекомендуемых оценочных критериев проведена из требований по достоверности качества определения средних путем использования теоретических параметров распределения качественного показателя добычи. Квалиметрическое участие в рекомендуемых критериях обеспечивается за счет введения в качестве оценочного критерия эффективности формирования качества добычи показателя товарной значимости качественного выхода рудной продукции.

Информационные критерий оценки формирования качественных выходов разновидностей рудной продукции при добыче аналитически представлен в виде отношения изучаемого  $j$ -го качественного показателя по выемочному участку ( $x_{gy}$ ) к среднему его значению ( $x_0$ ) по залежи месторождения ( $x_{gy}/x_0$ ) и отношения их рыночных ценностей ( $u_{gy}/u_0$ ). Модельное выражение этого соотношения в виде численного коэффициента отражает степень товарной значимости выхода изучаемого качественного показателя по выемочному участку относительно установленного среднего промышленно-кондиционного его значения по месторождению.

Коэффициент оценки товарной значимости качественного выхода изучаемого показателя по выемочному участку имеет вид:

$$K_j = \left( \frac{x_{gy}}{x_0} \right) \cdot \left( \frac{u_{gy}}{u_0} \right) \cdot \lambda, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент комплексного уточнения достоверности величин  $x_{gy}$ ,  $x_0$  с учетом фактических значений теряемых руд и примешиваемых разновидностей горных масс, доли ед.

Оценка среднего показателя по залежи ( $x_0$ ) проводится путем использования теоретических параметров функций распределения нормального, вероятно-структурного, гамма-распределения и распределения Вейбулла, по которым часто описываются распределений содержаний компонентов рудных полезных ископаемых. Извлекаемые ценности выходов качественных показателей по выемочному участку  $u_{gy}$  и месторождению  $u_0$  определяются с учетом рыночных стоимостей по известным

формулам.

Выводы:

1. Основным недостатком известных способов оценки и описания зависимостей при изучении геометрии сложных зон выемки запасов недр является неучитываемость точностных характеристики составляющих их исходных величин. Этот недостаток особенно важен и недопустимым становится по мере ужесточения современных производственно-рыночных требований к объектам георесурсов.

2. Оценка и аналитическое описание взаимосвязи геолого-технологических параметров рудных тел первоначально необходимы для использования их при прогнозировании, планировании и оптимизации показателей извлечения, обосновании технологических решений по стабилизации качества и уменьшению уровня потерь руд при добыче.

3. Рекомендованная методика информационной оценки сложности выемочных зон рудных тел основана на концепции привлечения модальных характеристик параметров залежей и их структурных соотношений, что позволяет повысить достоверность и эффективность результатов при их использовании.