© В.Н. Сученко, 2005

УДК 622.1

В.Н. Сученко

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Семинар № 1

Развитие компьютерного 3-мерного моделирования в горном деле предоставило программные средства позволяющие рассматривать геологические структуры как 3-х мерные пространственные объекты. Использование компьютерного моделирования добавило новые возможности в методологию конструирования и анализа залежи полезного ископаемого, а также позволило применять эти технологии для прогнозирования размещения полезного ископаемого. Результатом стало улучшение качества и достоверности оценки залежи полезного ископаемого и управления горным предприятием.

Создание объемной модели месторождения, проектирования и планирования горных работ, сопровождаются достаточно сложными процессами, требующими задания множества исходных параметров и методик расчетов. Следует признать, что доказательство адекватности математической модели и реальных объектов, проводимое на основе сопоставления результатов модельного эксперимента и наблюдаемых фактов, пока еще оставляет желать лучшего. Главная часть исследований в этих направлениях еще только начинается. Они могут успешно развиваться лишь при тесном взаимодействии специалистов смежных профессий: геологов, математиков, физиков, химиков и т.д.

Все геологические параметры развиваются в пространстве с определенной закономерностью, определяя тем самым структуру месторождения в целом. Отсюда вытекает общая идея моделирования месторождения по результатам математического прогнозирования - выбрать наиболее существенные геологические показатели, определить характер их изменения от прошлого к настоящему и распространить его на будущее, установив тем самым скорость его изменения.

Такой подход базируется на следующих двух предположениях:

1) Факторы, обуславливающие характер изученного предшествующего развития, имеют большую тенденцию сохранять свои характеристики, нежели изменять их;

2) Эффект совместного действия этих факторов проявляется в большей мере в продолжении предшествующего характера развивающегося процесса, чем в радикальном изменении его.

В геометрии недр различные показатели месторождений полезных ископаемых характеризуются тремя видами функций пространственного размещения: реально существующими поверхностями, производными от реально существующих поверхностей и условными поверхностями.

Функции первого вида - это поверхности кровли, почвы, тектонических разрывов и пр. Показатели характеризующие эти поверхности в каждой своей точке определяются как функции координат $P = f(x, y, z)$. При прогнозировании таких показателей, используя математическую модель, построенную по геологоразведочным данным, и, в зависимости от решаемой задачи, условий залегания залежи, первоначально определяется направление прогнозирования. Производится набор данных прогнозного фона по равноудаленным друг от друга параллельным линиям (разрезам) выбранного направления. Принимая значения равномерно изменяемой координаты за аргумент, подбирают по каждой линии (разрезу) уравнения тренда для двух других координат, считая их функцией. Например, если прогноз составляется по падению залежи на нижние горизонты, то подбирают уравнения $Y = f(z)$ и $X = f(z)$.

Выбор оптимального вида функции, описывающей эмпирический ряд, является важным этапом экстраполяции тренда. Для этого проводятся предварительная обработка и, при необходимости, преобразование исходных данных с целью облегчения выбора вида тренда и уменьшения влияния случайной компо-

ненты путем сглаживания динамического ряда, а также формального и логического анализа особенностей процесса. Проведя оценку точности и расчет параметров выбранной экстраполяционной функции, вычисляют прогнозные значения, по которым в дальнейшем строится прогнозная модель размещения показателя.

Основным недостатком такого подхода к моделированию прогнозных результатов является возможное взаимное пересечение траекторий прогнозных значений и соответственно появление неоднозначности в точках пересечений. Это неизбежно приводит к необходимости включения дополнительных методов и процедур, контролирующих и определяющих однозначность пространственного положения показателя, к созданию различных ограничений. В результате значительно усложняется математический аппарат создания компьютерной модели месторождения, и даже ручная корректировка полученных результатов, которая является неотъемлемой частью современного моделирования, не может дать однозначных решений и занимает достаточно много времени. Для решения этого вопроса прибегают к использованию условной системы координат или применяют матричные способы прогнозирования.

Функции второго вида представляют собой поверхности, реально в природе не существующие, но являющимися производными от реальных поверхностей. Это изомощности, изоглубины залегания, изосекансы поверхности и пр. Выбор функции прогнозирования для этих линейных показателей осуществляется также в результате анализа данных математической модели по выбранному направлению прогноза. Но непосредственный прогноз этих показателей не увязывается в пространстве месторождения. Поэтому полученные их прогнозные данные можно использовать как дополняющие и контролирующие значения при прогнозировании функций первого вида. Окончательный усредненный результат должен будет учитывать вес корреляционного отношения каждой из функций (почва, кровля и мощность) по конкретному направлению (разрезу).

Функции третьего вида выражают реально не существующие условные поверхности. Это поверхности изображающие размещение различных компонентов залежи, интенсивность трещиноватости, геомеханические свойства и пр. Показатели характеризующие эти поверхности в каждой своей точке определяются четырьмя величинами $P = f(x, y, z, c)$, пространственными координатами и собственным значением. Здесь помимо траектории выбранного направления необходимо прогнозировать и значение самого показателя. Для исключения прогнозирования траектории такого показателя можно прогнозировать его средние значения. Для этого в соответствии с выбранным направлением прогнозирования (по допустим имеющейся модели месторождения) нужно построить геологические разрезы, и через равные расстояния в перпендикулярном направлении к разрезу определить средние значения показателя. Далее получение прогнозных значений производится в выше описанной последовательности. Но здесь возникает другая задача - обратного преобразования средних величин в конкретные значения показателя в пространстве месторождения. Решение этой задачи возможно только в предположении о непрерывности размещения функции размещения показателя.

Один из путей решения заключается в том, что при расчете средних величин по разрезу, их значения определялись, допустим, с использованием полинома Чебышева

$$\overline{c} = \frac{1}{L}\int_L f(x)dx = \frac{1}{L}\int_L (\sum_{i=0}^{n} a_i x^i)dx .$$

Определив степени полиномов и значения их коэффициентов, будем иметь набор уравнений полиномов различных степеней. Практика показывает, что подбор полинома выше третьей – четвертой степени для небольшого количества данных, незначительно улучшает значение корреляционного отношения. Поэтому можно составить прямоугольную матрицу коэффициентов уравнений (например, третьей степени), заполнив в уравнениях более низких степеней отсутствующие коэффициенты нулевыми значениями

$$\begin{bmatrix} a_{01} & a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{02} & a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ . & . & . & . \\ a_{0n} & a_{1n} & a_{2n} & a_{3n} \end{bmatrix}.$$

Теперь можно подобрать уравнение тренда для каждого из столбцов полученной матрицы, прогнозируя тем самым сами коэффициенты уравнений. Зная прогнозные значения мощности рудного тела, средние значения показателя и величины коэффициентов уравнения полинома, можно определить конкретные значения показателя по требуемому направлению.

Другой путь решения заключается в подборе в каждом случае лучшего уравнения регрессии из некоторого фиксированного набора функционалов имеющих свой номер (индикатор). В качестве уравнений регрессии могут быть использованы функции следующего вида:

1) $y = exp(a_0 + a_1 x)$;

2) $y = a_0 + a_1 \ln x$;

3) $y = a_0 x^{a_1} \cdot x^{a_2} \cdot \ldots \cdot x^{a_n}$;

4) $y = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n$ и т.д.

Сходным уравнениям присваиваются одинаковые номера (индикаторы), и набор уравнений преобразуется в ряд номеров (индикаторов) для которых подбирается свое уравнение тренда и соответственно составляется прогноз. Дальнейшее преобразование прогнозных средних значений в конкретные значения показателя выполняется также как и в первом случае.

В итоге можно сказать, что создание математической модели месторождения составленной по прогнозным данным включает в себя комплекс последовательных решений по прогнозированию каждого из трех видов функций. Ни один методов, взятый сам по себе, не может обеспечить значительную степень достоверности, точности прогноза. Зато в определенных сочетаниях они оказываются в высокой степени эффективными. Повышение точности моделирования может быть достигнуто при совместном использовании всего комплекса имеющейся информации. В результате, уточняется размещение качественных признаков внутри контуров рудных тел построенных на основе прогнозных данных каждой из трех видов функций.

В процессе прогнозирования количественные и качественные характеристики месторождений полезных ископаемых неотъемлемы друг от друга, что приводит к необходимости давать количественную и качественную оценку надежности и достоверности прогнозируемых величин. Одним из основных методических принципов прогнозирования является использование комплекса разнообразных дополняющих и контролирующих друг друга методов.

Коротко об авторах

Сученко Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ХАРИТОНОВ Виталий Геннадьевич	Геомаханическое обоснование параметров и реализация технологии крепления горных выработок угольных шахт канатными анкерами	25.00.20	к.т.н.
НОВИЧИХИН Алексей Викторович	Модели и методы распределения топливно-энергетических ресурсов в угледобывающих регионах	05.13.10	к.т.н.