

УДК 550.837

Н.И. Бахова, О.В. Колосова

*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина
e-mail: bakhova_nataly@mail.ru, kolosova_olga_igf@mail.ru*

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТОД КРАЙГИНГА В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СКВАЖИН

Рассмотрены основные проблемы пространственного моделирования. Приведены конкретные задачи, решение которых невозможно без статистики пространственно распределенной информации. Предложено несколько классов информационных моделей с целью составления репрезентативного корректного статистического описания данных.

Ключевые слова: информационное моделирование, ресурсные модели, метод крайгинга, электрометрия скважин.

Постановка проблемы. В настоящее время существует колоссальное количество пространственно распределенной информации о результатах наблюдений во внутренних точках геологической среды. Для полного отображения результатов измерений составляющих электромагнитных полей и производных от них параметров потребовалось бы бесконечно большая база данных.

Применение информационных моделей, которые сохраняют основные свойства объектов исследования и не содержат второстепенных элементов, позволяет свести множество данных к конечному объему. Информационное моделирование в отличие от однокомпонентной обработки информации дает возможность проводить многокомпонентную обработку данных. Именно на этом этапе стала актуальной проблема разработки новой модели данных – интегрированной информационной основы.

Моделирование пространственных данных в настоящее время требует новых модернизированных подходов с использованием методов аккумуляции данных для их дальнейшей оптимизации и самосовершенствования. Разработка информационной методологии включает в себя создание информационных моделей и хорошо известного технологического цикла вычислительного эксперимента.

Анализ исследований. Среднее содержание полезного компонента – одна из характеристик месторождения. В осадочном рудном теле содержание полезного компонента может быть распределено нормально. Относительная частота появления компонента убывает к крайним значениям. Для анализа проб из таких месторождений используются обычные методы параметрической статистики, а для оценки запасов – регрессивные процедуры.

Характеристики месторождений драгоценных минералов чаще всего не подчиняются закону распределения Гаусса. Пробы, взятые с поверхности или из скважины, отличаются крайними значениями. Было обнаружено, что блоки, в которых первоначально прогнозировалось богатое содержание драгоценных минералов, на самом деле оказывались с очень бедным содержанием редких металлов. В то же время “бедные” блоки были не так бедны [1]. В связи с этим Д.С. Дэвис сделал интересное замечание: “хорошим” статистическим переменным свойственно отсутствие закономерности поведения [2].

Существование расхождений между экстремальными содержаниями в пробах и реальными содержаниями в извлекаемых рудах на южноафриканских месторождениях золота послужило дальнейшему развитию геостатистических методов.

В начале 1950-х годов южноафриканский горный инженер и пионер применения статистических методов в геологии Д.Г. Криге показал, что с теоретических позиций указанные расхождения имеют простые объяснения на основе регрессивной теории. Ученым были использованы пространственная корреляция и наилучшие линейные несмещенные оценки при подсчете минеральных запасов.

Метод был назван в честь Д. Криге. Термин “крайгинг” введен для обозначения более сложных терминов [1]:

- “наилучшее линейное несмещенное оценивание точки”;
- “нахождение лучшего взвешенного скользящего среднего”.

Крайгинг с успехом был применен к задачам оценки запасов руд в золотых месторождениях Южной Африки. Интерполяционный метод крайгинга применим не только к оценке месторождений, но и к исследованию многих типов пространственно распределенных данных. Метод позволяет оценить значения пространственно распределенных переменных и определить вероятную ошибку этой оценки.

Крайгинг как один из методов скользящего среднего в некоторых случаях имеет значительные преимущества относительно методов тренд-анализа. Сравнительная характеристика методов приведена в таблице.

Методы скользящих средних	Методы тренд-анализа
Оценка содержаний рудного компонента основана на примыкающих блоках, более удаленные блоки не влияют на оценку	На оценку каждого блока оказывает влияние вся сеть буровых скважин по площади
Наблюдения используют в качестве предсказывающих переменных, а сама оценка характеризует значения по целым блокам	Полиномиальный тренд дает завышенные оценки
Есть возможность получить меру вероятной ошибки, связанной с оценкой полезного компонента в каждой точке. Построение весовой функции основано на знании ковариационной структуры пространственно распределенных данных	Ковариационная структура данных отсутствует

Методы тренд-анализа поверхностей, будучи разновидностью методов построения множественной регрессии, представляют собой мощный статистический аппарат. Методы скользящего среднего, заимствованные из анализа временных рядов, хорошо разработаны в регрессионном анализе.

Большинство дискуссий относительно превосходства методов полиномиального тренд-анализа по сравнению с методами скользящего среднего может быть разрешено путем применения информационного моделирования. Информационные модели могут соединить в себе преимущества одного и другого методов, и это окажется весьма полезным для дальнейшего развития геостатистических методов.

Ключевое понятие геостатистики – регионализованная переменная, имеющая свойства, промежуточные между случайной и детерминированной переменными. В отличие от случайной, регионализованная переменная непрерывна в пространстве. Однако ее изменения могут быть настолько сложными, что описать их какой-либо регулярной детерминированной функцией и определить значение переменной в любой точке пространства не представляется возможным. Иными словами, регионализованная переменная изменяется от одной точки пространства к другой непрерывно, но не может быть задана обычной функцией.

Ниже приведены примеры регионализованной переменной:

- топографические и структурные поверхности;
- изменение содержаний компонентов в рудном теле;

- пористость пород в пределах нефтеносной площади;
- спонтанный электрический потенциал, измеренный в скважине методом каротажа.

Для выражения скорости изменения регионализированных переменных вдоль заданного направления используется понятие полудисперсии. С целью облегчения процедур вычислений выберем случай, когда измерения равномерно расположены в пространстве вдоль прямых линий.

Расстояние между точками измерений по прямой линии равно некоторой величине Δ . Тогда полудисперсия может быть вычислена для расстояний, кратных Δ , следующим образом:

$$\gamma_h = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{i+h})^2,$$

где n – число точек; Y_i – значение регионализованной переменной в точке i ; Y_{i+h} – значение Y_i в точке через h интервалов.

Заметим, что γ_h можно вычислить только для расстояний, кратных пространственному интервалу Δ между точками опробования в направлении данного вектора расстояния h .

Ковариация для расстояний $h = \Delta j$, где j – целое положительное число, выражается формулой

$$K_h = K_{\Delta j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i Y_{i+j}.$$

После выполнения некоторых алгебраических преобразований полудисперсия γ_h и ковариация K_h окажутся связанными определенным соотношением.

При бесконечно малых значениях h полудисперсия γ_h и ковариация K_h определяются одними и теми же точками и будут примерно одинаковыми (рис. 1). По мере увеличения вектора расстояния h независимость между точками растет, и ковариация K_h будет уменьшаться.

Зависимость полудисперсии от h называется вариограммой. Она может быть использована для получения оценок. Подбор модельного уравнения осуществляется индивидуально для каждой вариограммы, иногда методом проб и ошибок.

Любой анализ данных и его результаты определяются качеством и количеством исходных данных. Использование оптимальных моделей обработки первичных данных имеет определяющее значение. Методы

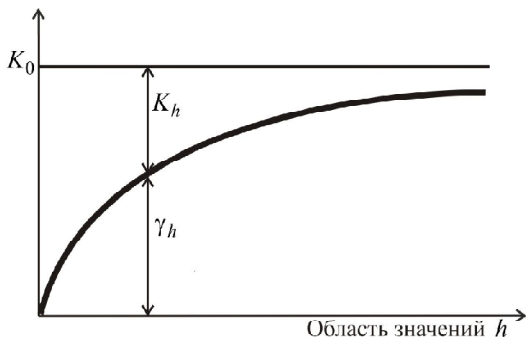


Рис. 1. Залежність поладисперсії від вектора розстання

геостатисти, і крайгінга в частині, дозволяють вирішувати цілий ряд конкретних задач [2]:

- оцінка значень в точці, в якій вимірювання не проводилося;
- побудова карт, ізоліній;
- оцінка значень змінної, для якої проводилося небагато вимірювань з використанням коррелированої з нею змінної, отриманої за допомогою багачисельних вимірювань;
- визначення ймовірності перевищення значень спостереженої змінної попередньо заданого рівня.

Получення результатів. Інформаційне моделювання є органічною частиною процесу пізнання оточуючого світу і невіддільною складовою науково-технічного процесу. Владіння методами інформаційного моделювання – ключова інформаційна компетентність сучасного дослідника.

Інформаційні моделі розробляються на основі багачисельного підходу і включають в себе систему взаємозв'язаних даних об'єкта (процесу, явища).

Інформаційна модель (ІМ) – це ціленаправлене формалізоване зображення існуючої системи інформації об'єкта (процесу, явища) [3]. Вона забезпечує формалізоване представлення використовуваних даних і їх взаємозв'язків у вигляді словесних описань, текстів, рисунків, таблиць, схем, чертежів, формул. ІМ будується тільки на інформації, у неї немає матеріального втілення.

Інформаційна модель може містити різні рівні описання [3]:



Рис. 2. Классификация информационных моделей

- предметный, связанный с областью обработки информации;
- системный, связанный с методами организации и способами обработки информации;
- базовый, определяемый выбором базовых моделей данных, не зависящих от области применения ИМ.

Стремительное развитие компьютерных технологий привело к расширению понятия “информационная модель”. Появилось три класса информационных моделей (рис. 2) [3, 4].

Для построения оптимальной ИМ необходимо определить основные понятия и конструкции (рис. 2).

Выводы. Информационное моделирование является началом отсчета в огромном мире вычислительных методов и разрастающихся баз экспериментальных данных. Оно служит своеобразным фильтром, который отсеивает ненужную пустую информацию, отнимающую у исследователей много времени.

Способность моделей аккумулировать данные и самосовершенствоваться значительно сокращает сроки, отведенные для принятия решения и экономического прогноза.

1. *Давид М.* Геостатические методы при оценке запасов руд / М. Давид. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
2. *Дэвис Дж.С.* Статистический анализ данных в геологии. Книга 2. – М.: Недра, 1990. – 267 с.
3. *Иванников А.Д.* Геоинформатика / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.
4. *Самарский А.А.* Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.

Інформаційне моделювання і метод крайгінгу у задачах електрометрії свердловин

Н.І. Бахова, О.В. Колосова

*Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна,
e-mail: bakhova_nataly@mail.ru, kolosova_olga_igf@mail.ru*

Розглянуто основні проблеми просторового моделювання. Наведено конкретні задачі, розв'язання яких неможливо без статистики просторово розподіленої інформації. Запропоновано декілька класів інформаційних моделей з метою складання репрезентативного коректного статистичного опису даних.

Ключові слова: інформаційне моделювання, ресурсні моделі, метод крайгінгу, електрометрія свердловин.

Information modeling and kriging method in problems of electrometry wells

N.I. Bakhova, O.V. Kolosova

*Institute of Geophysics NAS of Ukraine, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine,
e-mail: bakhova_nataly@mail.ru, kolosova_olga_igf@mail.ru*

The main problems of spatial modeling are considered. The number of specific tasks, whose solution is impossible without statistics of spatially distributed information, are given. The several classes of information models for the preparation purpose of representative correct statistical description of data are proposed.

Keywords: information modeling, resource model, the method of kriging, electrometry wells.

Поступила в редакцію 22.06.2015 з.