

Métodos Potenciais: gravimetria e magnetometria Bloco Introdutório

Generalidades

Yára Marangoni – 2022

Referências - Hinze et al., 2013

Hinze WJ, Von Frese, RRB, Saad, AH, 2013 - Gravity and Magnetic
Exploration: Principles, practices and applications, Cambridge
University Press

Sumário

- Contextualização dos métodos gravimétricos e magnetométricos
- Fases de um programa de exploração em Métodos Potenciais
- Similaridades e diferenças entre os dois campos
- Erros

Métodos Potenciais: gravimetria e magnetometria

1.3 Basis of the gravity and magnetic methods

Gravity and magnetic methods are commonly referred to as potential field methods because the measurements involve a function of the potential of the observed field of force, either the terrestrial gravity or magnetic field, at the observation site. These methods are widely used at a variety of scales to investigate the Earth because in comparison to most other geophysical methods the acquisition of data is inexpensive and rapid, and for many applications the reduction and interpretation of the observations are relatively simple. Furthermore, gravity and magnetic methods always provide information about the subsurface. In addition, there is a large reservoir of these data covering the entire Earth in varying detail that are publicly available at minimal cost to the user.

- *Métodos gravimétricos e magnéticos são comumente referidos como métodos potenciais porque as medidas envolvem uma função do potencial do campo de forças observado, seja o campo gravimétrico terrestre ou o campo magnético, no ponto de observação. Estes métodos são largamente empregados em uma variedade de escalas para investigar a Terra porque, em comparação, com outros métodos geofísicos a aquisição de dados é barata e rápida, e para muitas aplicações a redução e interpretação das observações são relativamente simples. Mais ainda, métodos gravimétrico e magnético sempre dão informações acerca da subsuperfície. Em adição, existe uma grande reserva de dados cobrindo toda a Terra em detalhes variados que são públicos ou com baixo custo para o usuário.*

Métodos Potenciais: gravimetria e magnetometria

- *Métodos gravimétricos e magnéticos são comumente referidos como métodos potenciais porque as medidas envolvem uma função do potencial do campo de forças observado, seja o campo gravimétrico terrestre ou o campo magnético, no ponto de observação. Estes métodos são largamente empregados em uma variedade de escalas para investigar a Terra porque, em comparação, com outros métodos geofísicos a aquisição de dados é barata e rápida, e para muitas aplicações a redução e interpretação das observações são relativamente simples. Mais ainda, métodos gravimétrico e magnético sempre dão informações acerca da subsuperfície. Em adição, existe uma grande reserva de dados cobrindo toda a Terra em detalhes variados que são públicos ou com baixo custo para o usuário.*
- *Campos: material ou de força; escalar ou vetorial*
- *Campos materiais: descrevem uma propriedade física do material em cada ponto, num determinado instante.*
- *Campo de força: descreve as forças que atuam sobre um ponto do espaço, num determinado instante.*
- *Campo escalar é uma função simples do espaço e tempo.*
- *Campo vetorial deve ser caracterizado por três funções do espaço e tempo, ou seja, as componentes do campo em três direções ortogonais.*

Métodos Potenciais: gravimetria e magnetometria

- *Métodos gravimétricos e magnéticos são comumente referidos como métodos potenciais porque as medidas envolvem uma função do potencial do campo de forças observado, seja o campo gravimétrico terrestre ou o campo magnético, no ponto de observação. Estes métodos são largamente empregados em uma variedade de escalas para investigar a Terra porque, em comparação, com outros métodos geofísicos a aquisição de dados é barata e rápida, e para muitas aplicações a redução e interpretação das observações são relativamente simples. Mais ainda, métodos gravimétrico e magnético sempre dão informações acerca da subsuperfície. Em adição, existe uma grande reserva de dados cobrindo toda a Terra em detalhes variados que são públicos ou com baixo custo para o usuário.*
- Supor uma partícula teste sob a influência de um campo de força \mathbf{F} .
- Trabalho realizado depende do caminho usado para mover a partícula de P até P0.
- Campo de forças vetorial \mathbf{F} é especificado pelo campo escalar W, chamado de função trabalho de \mathbf{F} .
- Potencial Φ do campo vetorial \mathbf{F} é definido como (+ ou -) a função trabalho.
- Potencial normalmente está associado à energia potencial de uma partícula, à energia que ela tem para se movimentar e posteriormente ser transformada em energia cinética, calor, atrito, e outras formas.

Vantagens e desvantagens dos métodos potenciais

- Vantagens:

- Fonte natural – quais são os fontes do CMT e do CGT? Qual é a propriedade física das rochas que é importante em cada caso?
- Não invasivo – o que significa ser não invasivo?
- Não é dos mais caros
- Rápido – porque eles são rápidos?
- Fácil obtenção de dados e redução

- Desvantagens:

- Interpretação não é direta – o que isso poderia significar?
- Resolução baixa - o que isso poderia significar?
- Ambiguidade - o que isso poderia significar?
- Nem sempre é aplicável – quando ele não seria aplicável? O que faltaria para ele ser aplicável?

Comparação entre os métodos

Método	Vantagens	Desvantagens	Razão de custo
Magnético	Muito rápido e muito barato	Resolução pobre, nem sempre aplicável	1
Gravimétrico	Rápido e barato	Resolução pobre	10
Sísmico	Grande detalhe e boa correlação com a geologia	Extremamente custoso	100

Quando usar?

- Gravimetria – **contraste lateral de densidade**
 - Mapeamento de estruturas de bacias sedimentares
 - Corpos de sal
 - Estudos de água subterrânea – preenchimento do aquífero
 - Cavernas e câmaras em sítios arqueológicos
- Magnetometria – **contraste lateral de susceptibilidade magnética e magnetização remanente**
 - Mapeamento de estruturas do embasamento
 - Mapeamento de bacias sedimentares
 - Localização de corpos mineralizados com magnetita

Similaridades e diferenças entre os campos

- Similaridades:

- Força é proporcional às massas ou cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância
- Campos potenciais são conservativos e obedecem à equação de Laplace
- Fontes naturais e não invasivos, variam no tempo e no espaço
- Anomalias são pequenas em um campo de magnitude muito grande
- Necessário ter um modelo para o campo planetário para isolar a anomalia de interesse
- Usados como ferramentas de reconhecimento da exploração

Similaridades e diferenças entre os campos

- Diferenças:
 - Massa é monopolar, magnetismo é dipolar
 - Toda matéria contém massa e contribui para g , no CMT a fonte está no núcleo e a crosta superior o altera
 - Medidas de g são verticais e medimos apenas o módulo; B é um vetor e podemos medir a magnitude de cada componente do vetor ou a magnitude do campo total
 - Gravímetros: são relativos; magnetômetros: podem ser absolutos
 - Precisão de g : 0,1 ppm, precisão de $B > 10$ ppm

Similaridades e diferenças entre os campos

- Diferenças:
 - Densidade varia de 1 a 4 g/cm³; susceptibilidade varia de ordens de grandeza
 - g tem anomalias suaves e regionais, B anomalias mais irregulares e locais
 - Efeito externo: em g: maré (corrigido); em B: variação diurna (corrigido e tempestades magnéticas (não pode ser corrigido))
 - Correções: em g: deriva equipamento, maré, posição (latitude/modelo de gravidade teórica), altura, massa, terreno, movimento do gravímetro. Em B: deriva (algumas vezes), variação diurna, IGRF
 - Levantamentos e custos: g: vagaroso e caro, B rápido e 1/10 do valor do levantamento de g

Erros

- Medidas de forças e campos são sujeitas a incertezas como resultado de uma variedade de erros.
- Erros ou ruídos são a diferença entre a verdade e a medida e portanto são comparáveis às anomalias, que são o ponto crucial da maior parte dos trabalhos de geofísica.
- Erros podem originar podem originar do sistema de instrumentação e do observador, da redução e processamento dos dados, e da interpretação geofísica.
- Erros ou ruídos também podem ser causados pelo geofísico analista, mas em alguns casos a fonte de ruído é desconhecida e/ou inevitável.
- **Erros podem ser de dois tipos básicos: sistemáticos e aleatórios**


Erros sistemáticos

- **Erros sistemáticos são desvios consistentes dentro de um sistema de medida.** P. ex., erro de calibração de um equipamento, interpretação errônea da posição de leitura de um equipamento.
- As conclusões de estudos que apresentam erros sistemáticos podem ser consistentes dentro das suas premissas e precisas, mas sem acurácia dentro de uma base absoluta.
- Erros sistemáticos podem ser difíceis de serem detectados, pois eles não serão perceptíveis se usarmos o mesmo equipamento de medida e o mesmo modo de leitura.
- Só podem ser percebidos com equipamentos e procedimentos de medidas (processamento de dados, esquemas interpretativos) diferentes.

Erros aleatórios

- **Erros aleatórios são desvios da verdade que ocorrem por acaso, são imprevisíveis e sujeitos às leis da probabilidade.**
- São observados em medidas repetidas. Não apresentam correlação com atributos dos equipamentos de medida ou fonte do campo medido e também não são relacionados com outras medidas feitas pelo sistema.
- Aparecem de inconsistência das fontes, instabilidade dos instrumentos e erros não sistemáticos do observador/analista.
- Erros aleatórios apresentam distribuição normal. Observações repetidas assumirão a forma de uma Gaussiana distribuída ao redor de um valor central, a média aritmética do conjunto de números.

Propagação de erros

- Para erros aleatórios normalmente usa-se a média aritmética de um número grande de dados, e o erro é o desvio padrão.
- n observações com valores $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ e média 
- O desvio padrão será dado por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Propagação de erros

- A maior parte das medidas geofísicas requer alguma manipulação matemática ou processamento de dados antes de serem utilizadas para interpretação.
- Normalmente, alguns procedimentos matemáticos estão envolvidos com múltiplas medidas e parâmetros, cada um com o seu erro expresso como desvio padrão. Isso resulta em propagação de erros através dos procedimento matemático.
- As regras para o cálculo do erro total assume o máximo erro, considerando dois conjuntos de dados com médias N_1 e N_2 e respectivos desvios padrão σ_1 e σ_2 , respectivamente:

Soma:

$$(N_1 \pm \sigma_1) + (N_2 \pm \sigma_2) = (N_1 + N_2) \pm (\sigma_1 + \sigma_2)$$

Subtração:

$$(N_1 \pm \sigma_1) - (N_2 \pm \sigma_2) = (N_1 - N_2) \pm (\sigma_1 + \sigma_2)$$

Multiplicação:

$$(N_1 \pm \sigma_1) \cdot (N_2 \pm \sigma_2) = (N_1 N_2) \left[1 \pm \left(\frac{\sigma_1}{N_1} + \frac{\sigma_2}{N_2} \right) \right]$$

Divisão:

$$\frac{(N_1 \pm \sigma_1)}{(N_2 \pm \sigma_2)} = \frac{N_1}{N_2} \left[1 \pm \left(\frac{\sigma_1}{N_1} + \frac{\sigma_2}{N_2} \right) \right]$$