

Sumário

1 Fundamento Teórico

- 1.1 Introdução
- 1.2 Energia eletromagnética
- 1.3 Polarização de onda eletromagnética
- 1.4 Espectro energia eletromagnética
- 1.5 Espectro da radiação solar
- 1.6 Interações com superfícies
 - 1.6.1 Intensidade da radiação solar
 - 1.6.2 Reflectância
 - 1.6.3 Superfície lambertiana
 - 1.6.4 Transmitância
 - 1.6.5 Refração
 - 1.6.6 Absorção e emissão
- 1.7 Atenuação atmosférica
 - 1.7.1 Janelas atmosféricas
- 1.8 Aplicações de assinatura de espectro da onda eletromagnética
 - 1.8.1 Assinatura espectral
 - 1.8.2 Assinatura espacial
 - 1.8.3 Assinatura angular
 - 1.8.4 Assinatura temporal
 - 1.8.5 Assinatura polarizada
- 1.9 Potencial de aplicações

Referências

2 Sistema de Satélites

- 2.1 História dos satélites
- 2.2 Classificação dos satélites
 - 2.2.1 Órbitas polares
 - 2.2.2 Órbita geosincronizada e geoestacionária
- 2.3 Resoluções espectral e espacial
- 2.4 Características de sensores
 - 2.4.1 Sensores não-imageadoras
 - 2.4.2 Sensores imageadoras
 - 2.4.2.1 Sensores fotográficos
 - 2.4.2.2 Sensores eletro-óticos
 - 2.4.2.3 Sensores de microondas
 - 2.4.2.4 Sensores de LIDAR
 - 2.4.3 Vantagens e limitações dos diferentes sistemas de sensores
- 2.5 Sistema de satélites
 - 2.5.1 Landsat
 - 2.5.1.1 Características do sistema e sensores dos satélites Landsat 1, 2 e 3
 - 2.5.1.2 Características do sistema e sensores dos satélites Landsat 4 e 5
 - 2.5.1.3 Características do sistema e sensores dos satélites Landsat 7
 - 2.5.1.4 Diferenças entre o Landsat 7 e Landsat 5
 - 2.5.2 SPOT
 - 2.5.2.1 Características de sistema e sensores do SPOT
 - 2.5.2.2 SPOT 5
 - 2.5.3 IKONOS
 - 2.5.4 QuickBird

- 2.5.5 KOMPSAT
- 2.5.6 EROS
- 2.5.7 ERS
 - 2.5.7.1 Características gerais do ERS
 - 2.5.7.2 Níveis de processamento ERS
- 2.5.8 ENVISAT
 - 2.5.8.1 Instrumento ASAR
 - 2.5.8.2 Instrumento MERIS
- 2.5.9 IRIS
- 2.5.10 OrbView 3
- 2.5.11 TERRA
- 2.5.12 NOAA
- 2.5.13 GOES
- 2.5.14 METEOSAT
- 2.5.15 DMSP
- 2.5.16 ADEOS
- 2.5.17 INSAT
- 2.5.18 CBERS

Referências

Anexo 2 A Lista dos principais satélites ambientais

3 Características Espectrais de Solo

- 3.1 Introdução
 - 3.2 Natureza e propriedade de solo
 - 3.2.1 Perfil do solo
 - 3.2.2 Água no solo – uma solução dinâmica
 - 3.2.3 Ar do solo
 - 3.2.4 Densidade do solo
 - 3.2.5 Umidade do solo
 - 3.2.6 Propriedades químicas de solo
 - 3.2.6.1 Colóides de solo
 - 3.2.6.2 Absorção de cátions
 - 3.2.6.3 Capacidade de troca de cátions
 - 3.2.6.4 Acidez do solo
 - 3.3 Fatores que afetam a reflectância espectral de solos
 - 3.3.1 Cores de solo
 - 3.3.2 Composições minerais
 - 3.3.3 Matérias orgânicas
 - 3.3.4 Textura de solo
 - 3.3.5 Rugosidade e estrutura de solo
 - 3.3.6 Emisividade do solo
 - 3.3.7 Propriedades de polarização
 - 3.4 Assinaturas espectrais de vários tipos de solo
 - 3.5 Classificação do solo
- Referências

4 Características Espectrais de Vegetação

- 4.1 Introdução
- 4.2 Estrutura de uma folha
- 4.3 Reflectância de uma folha madura e de uma folha nova
- 4.4 Reflectância, transmitância e absorção de energia eletromagnética
- 4.5 Fatores fisiológicos que afetam as reflectâncias espectrais de uma folha

- 4.5.1 Maturidade da folha
- 4.5.2 Pigmentos
- 4.5.3 Orientação estrutural do mesófilo
- 4.5.4 Folhas danificadas
- 4.5.5 Folhas no sol ou na sombra
- 4.5.6 Folhas pilosas
- 4.5.7 Conteúdo de água na folha
- 4.5.8 Plantas suculentas
- 4.5.9 Espaço poroso de ar na folha
- 4.5.10 Envelhecimento das folhas
- 4.5.11 Salinidade
- 4.5.12 Nutrientes

4.6 Reflectância espectrais da copa de vegetação

4.7 Monitoramento da vegetação terrestre via satélite

Referências

5 Aplicações em Geologia

5.1 Introdução

5.2 Geomorfologia

5.3 Litologia

5.4 Estruturas Geológicas e Tectônicas

5.5 Geologia econômica

5.6 Engenharia geológica

5.7 Desastres geológicos

5.8 Glaciais

5.9 Geologia marinha

5.10 Geobotânica

5.11 Geologia arqueológica

Referências

6 Recursos Hídricos

6.1 Introdução

6.2 Interação entre luz e água

6.3 Estimativa de profundidade e área da superfície da água

6.4 Monitoramento de água subterrânea

6.5 Monitoramento de aquíferos rasos de areias e cascalhos

6.6 Monitoramento de qualidade da água

6.7 Monitoramento de inundação

6.7.1 Monitoramento de área inundada

6.7.2 Previsão e estimativas de área inundada da bacia do Rio Alto Paraguai

Referências

7 Índices de Vegetação

7.1 Introdução

7.2 Tipos de índice de vegetação

7.2.1 Índice de vegetação pela razão

7.2.2 Índice de brilho de solo e índice de vegetação verde

7.2.3 Verde sobre solo nu

7.2.4 Índice de vegetação pela diferença

7.2.5 Índice de vegetação da diferença normalizada

7.2.6 Índice de vegetação perpendicular

7.2.7 Índice de vegetação ajustado por solo

7.2.8 Índice de vegetação modificado com linha de solo ajustado

- 7.2.9 Índice de razão ajustado por solo
- 7.2.10 Índice de vegetação ajustado por solo transformado
- 7.2.11 Índice de vegetação com resistência atmosférica
- 7.2.12 Índice de linha do solo com resistência atmosférica
- 7.2.13 Índice de vegetação ajustado por dois eixos
- 7.2.14 Índice da condição de vegetação
- 7.2.15 Índice da diferença de temperatura do brilho
- 7.2.16 Índice de segunda derivada
- 7.2.17 Índice da condição de temperatura de brilho
- 7.2.18 Índice de monitoramento do meio ambiente global
- 7.2.19 Índice de vegetação angular
- 7.2.20 SAVI Otimizado
- 7.2.21 Índice Amarelo

7.3 Aplicações de NDVI

- 7.3.1 Condições do crescimento da cultura
 - 7.3.2 Índice de área foliar e radiação fotossintética ativa
- Referências

8 Balanço de Energia da Superfície Terrestre

8.1 Introdução

8.2 Estimativa de albedo

- 8.2.1 Modelo de Wydick
- 8.2.2 Modelo de Valiente
- 8.2.3 Modelo de Hucek e Jacobowitz
- 8.2.4 Mapas dinâmicos de albedo da superfície terrestre

8.3 Estimativa de emissividade

- 8.3.1 Método de Kerr
- 8.3.2 Método de Griend e Owe
- 8.3.3 Método de Valor e Caselles
- 8.3.4 Método de Kealy e Hook
- 8.3.5 Método de Becker e Li
- 8.3.6 Método da caixa preta

8.4 Estimativa de temperatura da superfície terrestre

- 8.4.1 Estimativa de temperatura da superfície oceânica
- 8.4.2 Método da banda única em infravermelho
- 8.4.3 Método de janela dividida
- 8.4.4 Método de ângulos múltiplos
- 8.4.5 Método da combinação de janela dividida e ângulos múltiplos
- 8.4.6 Método de janela dividida local
- 8.4.7 Mapas dinâmicos de temperatura da superfície terrestre
- 8.4.8 Comparação de três métodos de estimativa de Tst
- 8.4.9 Métodos de microondas na estimativa de temperatura da superfície
- 8.4.10 Perspectivas futuras de estimativa de temperatura

8.5 Balanço de energia na superfície terrestre

- 8.5.1 Radiação solar líquida recebida
 - 8.5.1.1 Estimativa de radiação solar incidente
 - 8.5.1.2 Estimativa da radiação onda curta líquida
 - 8.5.1.3 Estimativa da radiação onda longa líquida
- 8.5.2 Fluxos de balanço de energia da superfície terrestre
 - 8.5.2.1 Fluxo do calor ao solo
 - 8.5.2.2 Fluxo do calor sensível ao ar

8.6 Fluxo de calor latente ou evapotranspiração

8.6.1 Definições de evapotranspiração

8.6.2 Fatores que afetam a evapotranspiração

8.6.3 Microclimas

8.6.4 Métodos de estimativa de evapotranspiração

8.6.4.1 Método de lisímetro

8.6.4.2 Métodos empíricos

8.6.4.3 Métodos micrometeorológicos

8.6.4.4 Métodos de sensoriamento remoto via satélite

8.6.4.5 Modelo SEBAL na estimativa do fluxo do calor latente

8.7 Perspectivas futuras de estimativa dos fluxos de balanço de energia da superfície

Referências

Anexo 8A programa de cálculo de evapotranspiração pelo método de Hargraves

Anexo 8B programa de cálculo de albedo, temperatura da superfície terrestre e NDVI

9 Monitoramento das Secas

9.1 Introdução

9.2 Potencial da água

9.3 Tensão da água no solo

9.4 Características de curvas de umedecimento e secagem do solo

9.5 Movimento de água no solo

9.5.1 Movimento de água no solo saturado

9.5.2 Movimento de água no solo não saturado

9.5.3 Movimento de vapor da água

9.5.4 Movimento de água no solo - equação geral

9.5.5 Movimento de sais

9.6 Movimento de água nas plantas

9.7 Movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera

9.8 Medições de umidade e potencial da água

9.8.1 Medições de umidade de água no solo

9.8.2 Medições de teor de água nas plantas

9.8.3 Medição de resistência de estômatos

9.9 Índices de seca

9.9.1 Índice de aridez do Thornthwaite

9.9.2 Índice de deficiência de evapotranspiração

9.9.3 Índice de água disponível de Hargreaves

9.9.4 Índice de risco agrícola

9.9.5 Índice de Palmer

9.9.6 Índice de graus dia de estresse hídrico

9.10 Balanço hídrico

9.10.1 Balanço hídrico do planeta Terra

9.10.2 Balanço hídrico das culturas

9.11 Monitoramento da umidade do solo via satélite

9.11.1 Umidade do solo inferido pelo NDVI

9.11.2 Umidade do solo inferida pela amplitude diária de temperatura da superfície

9.11.3 Umidade do solo por microondas

9.12 Monitoramento das variabilidades climáticas pelo NDVI

9.13 Monitoramento das variabilidades climáticas pelos NDVI e VCI

9.14 Imagens dinâmicas de NDVI da superfície terrestre

9.15 Imagens compostas de albedo, temperatura e NDVI

9.16 Análise variabilidade espacial pela técnica FFT

- 9.16.1 Técnica de análise da FFT
- 9.16.2 NDVI da Região Nordeste Brasileira
- 9.16.3 Imagem de fase do NDVI
- 9.16.4 Imagens de amplitude de NDVI
- 9.16.5 Delineamento da variabilidade climática baseada na análise da FFT
- 9.17 Perspectivas futuras

Referências

- Anexo 9A programa do balanço hídrico de Baier
- Anexo 9B programa de fast fourier transform

10 Usos do Solo Urbano

- 10.1 Introdução
- 10.2 Propriedade espectral de usos do solo urbano
- 10.3 Propriedade espacial de usos do solo urbano
- 10.4 Classificação de usos do solo urbano
- 10.5 Estimativa da população
 - 10.5.1 Unidade de moradia
 - 10.5.2 Densidade de residência
 - 10.5.3 Área construída
 - 10.5.4 Análise automática de imagem digital
- 10.6 Qualidade da moradia
- 10.7 Monitoramento da conservação de energia e ilha de calor urbano
- 10.8 Evolução temporal de usos do solo urbano

Referências

11 Monitoramento de Queimadas

- 11.1 Introdução
- 11.2 Fatores que afetam comportamento do fogo
 - 11.2.1 Combustível
 - 11.2.2 Clima
 - 11.2.3 Topografia
- 11.3 Detecção de ocorrência de queimadas via satélite
- 11.4 Estimativa de área de queimadas via satélite
- 11.5 Modelos de índices de suscetibilidade de risco de ocorrências de queimadas
- 11.6 Perspectivas futuras

Referências

12 Previsão de Safra Agrícola

- 12.1 Introdução
- 12.2 Estimativa de área plantada
 - 12.2.1 Estimativa de área baseada na estratificação e amostragem de segmentos
 - 12.2.2 Estimativa de área via satélite usando técnicas de regressão
- 12.3 Estimativa de produtividade
 - 12.3.1 Crescimento e desenvolvimento da planta
 - 12.3.1.1 Ponto de compensação
 - 12.3.1.2 Ponto de saturação
 - 12.3.1.3 Fotossíntese bruta, aparente e líquida
 - 12.3.1.4 Radiação fotossintética ativa
 - 12.3.1.5 Eficiência fotossintética
 - 12.3.1.6 Caminho da fixação de dióxido de carbono
 - 12.3.1.7 Fatores afetam a taxa de fotossíntese
 - 12.3.1.8 Influências ambientais na respiração
 - 12.3.1.9 Balanço de CO₂ no campo

- 12.3.1.10 Grau dia do crescimento
- 12.3.2 Modelos estatísticos agroclimatológicos
 - 12.3.2.1 Modelos de regressão múltipla
 - 12.3.2.2 Modelos de regressão múltipla com reajuste fenológico
 - 12.3.2.3 Modelos multifatoriais
 - 12.3.2.4 Modelos de lei do mínimo
- 12.3.3 Modelos de simulação dos processos fisiológicos
- 12.3.4 Modelos de produtividade primária líquida
- 12.3.5 Modelos de previsão de safra agrícola via satélite
 - 12.3.5.1 Técnicas de decomposição espacial e temporal
 - 12.3.5.2 Avaliação estatística de modelos de previsão de safra agrícola
 - 12.3.5.3 Modelos de índices de vegetação via satélites
- 12.4 Sistema operacional de previsão da safra agrícola
- 12.5 Sistema de agricultura de precisão
 - 12.5.1 Mapas de propriedades de solos
 - 12.5.2 Mapas de parâmetros meteorológicos
 - 12.5.3 Mapeamento da produtividade potencial
 - 12.5.4 Monitoramento de variabilidades anuais de fatores ambientais
- 12.6 Perspectivas futuras

Referências

Anexo 12A cálculo de radiação solar diária pelo método de Black

13 Processamento de Dados de Satélites

- 13.1 Introdução
- 13.2 Horário local de passagem dos satélites
 - 13.2.1 Horário local de passagem do satélite NOAA
 - 13.2.2 Deslocamentos das passagens de Landsat e SPOT
 - 13.2.3 Deslocamentos de dias das passagens do Landsat e SPOT
 - 13.2.4 Deslocamento de horário de passagem de Landsat e SPOT
- 13.3 Calibrações radiométricas
 - 13.3.1 Calibrações radiométricas dos canais 1 e 2 de NOAA AVHRR
 - 13.3.1.1 Método de correção radiométrica de Teillet e Holben
 - 13.3.1.2 Método de Rao e Chen
 - 13.3.2 Calibrações de canais 3, 4 e 5 do NOAA AVHRR
 - 13.3.3 Calibração dos sensores de satélites SPOT e Landsat
 - 13.3.4 Calibração radiométrica do satélite EOS
 - 13.3.5 Calibração radiométrica dos satélites Meteosat
- 13.4 Correção atmosférica
 - 13.4.1 Métodos de correção atmosférica no espectro solar
 - 13.4.1.1 Método de Tanré para correção atmosférica de NOAA AVHRR
 - 13.4.1.2 Método de Paltridge e Mitchell para NOAA AVHRR Canal 1 e 2
 - 13.4.1.3 Método de Gilbert et al. para Landsat TM
 - 13.4.1.4 Métodos de correção para o SPOT
 - 13.4.1.5 Método de correção para o METEOSAT
 - 13.4.2 Correção atmosférica para espectro termal
- 13.5 Efeito bidirecional
- 13.6 Correção geométrica
- 13.7 Eliminação de contaminação de nuvens
- 13.8 Técnicas de filtragem dos ruídos de sinais recebidos pelos sensores
- 13.9 Extração de fisionomia
- 13.10 Processamento de dados de SAR

- 13.11 Extração de informação das imagens de SAR
- 13.12 Classificação e segmentação de imagens do SAR

Referências

14 Classificação de Imagem Digital

- 14.1 Introdução
- 14.2 Cartografia digital
 - 14.2.1 Coordenada geográfica
 - 14.2.2 Escala de mapa
 - 14.2.3 Projeções cartográficas
 - 14.2.4 Datum
 - 14.2.5 Articulação das folhas do mapa do Brasil
 - 14.2.6 Sistema de posicionamento global
 - 14.2.7 Geração de mapa digital
 - 14.2.7.1 Escaneamento de base cartográfica
 - 14.2.7.2 Georreferenciamento de mapa digital
 - 14.2.7.3 Vetorização
- 14.3 Imagem digital
 - 14.3.1 Coleta dos dados de pontos de controle
 - 14.3.2 Georreferenciamento de imagem
 - 14.3.3 Visualização de imagem
- 14.4 Assinaturas espectrais de imagem digital
 - 14.4.1 Análises das reflectâncias dos pixels puros e de misturas
 - 14.4.2 Reflectâncias espectrais de água, solo, vegetação, área queimada e área urbana
 - 14.4.3 Reflectâncias espectrais dos tipos de vegetação
 - 14.4.4 Reflectâncias espectrais dos solos
 - 14.4.5 Reflectâncias espectrais de várias superfícies de água
 - 14.4.6 Análise da área de transição do solo para vegetação
 - 14.4.7 Análise da área de transição de água para solo
 - 14.4.8 Análise da área de transição de água para vegetação
- 14.5 Classificação de imagem de satélite
 - 14.5.1 Classificações não supervisionadas
 - 14.5.1.1 ISODATA
 - 14.5.1.2 K-means
 - 14.5.2 Classificação supervisionada
 - 14.5.2.1 Análise de componente principal
 - 14.5.2.2 Classificador de máxima verossimilhança
 - 14.5.2.3 Análise de textura
 - 14.5.2.4 Modelo de mistura linear
 - 14.5.2.5 Método do paralelepípedo
 - 14.5.2.6 Regressão múltipla
 - 14.5.2.7 Krigagem
 - 14.5.2.8 Espaço-S
 - 14.5.2.9 Modelo de percepção na camada múltipla
 - 14.5.2.10 Redes neurais flocosas de ARTMAP
 - 14.5.2.11 Máquinas de vetor de suporte
- 14.6 Aplicações da combinação dos métodos de classificação
- 14.7 Pós-classificação
- 14.8 Perspectivas futuras das análises dos dados adquiridos via satélite

Referências

15 Sistema de Informações Geográficas

- 15.1 Introdução
- 15.2 Tipos de dados em SIG
- 15.3 Modelo digital de elevação
- 15.4 Modelagem dinâmica
 - 15.4.1 Modelo de cadeia markoviana
 - 15.4.2 Modelos logísticos de difusão
 - 15.4.3 Modelo de regressão
 - 15.4.4 Autômatos celulares
 - 15.4.5 Modelo de simulação
 - 15.4.5.1 Modelo de estimativa de fluxos de escoamento superficial e drenagem subterrânea de uma bacia hidrográfica.
 - 15.4.5.2 Modelo dinâmico de processos urbanos
- 15.5 SIG no desenvolvimento sustentável da bacia do Rio Miranda
 - 15.5.1 Objetivos
 - 15.5.2 Introdução
 - 15.5.3 Metodologia
 - 15.5.3.1 Coleta de dados
 - 15.5.3.2 Produção de dados temáticos
 - 15.5.3.3 Construção de modelos SIG
 - 15.5.4 Geração do mapa de áreas de conflito
 - 15.5.5 Simulação e validação dos modelos TMDL e ReVA
 - 15.5.6 Impactos de desenvolvimento nas mudanças climáticas
 - 15.5.6.1 Evolução de usos do solo
 - 15.5.6.2 Mudança climática regional
 - 15.5.7 Plano de gerenciamento da BRM
- 15.6 Perspectivas futuras

Referências

16 Modelo Universal de Previsão de Safra Agrícola (MUPSA)

- 16.1 Introdução
- 16.2 Fundamento teórico
 - 16.2.1 Revisão de conceitos importantes
 - 16.2.1.1 Estimativa de área plantada e de produtividade
 - 16.2.1.2 Modelos estatísticos agrometeorológicos
 - 16.2.1.3 Modelos de processos fisiológicos
 - 16.2.1.4 Modelos de índices de vegetação via satélite
 - 16.2.1.5 Modelos de produtividade primária
 - 16.2.2 MUPSA
- 16.3 Metodologia
 - 16.3.1 Área de estudo
 - 16.3.1.1 Primeira etapa: estudo-piloto (dois anos)
 - 16.3.2 Dados de estações meteorológicas, culturas e satélites
 - 16.3.3 Estimativa de área plantada pelo MUPSA
 - 16.3.3.1 Ciclo fenológico inferido por NDVI de nível de um pixel
 - 16.3.3.2 Geração da curva de evolução temporal de NDVI
 - 16.3.3.3 Datas de iniciação e duração do ciclo fenológico determinadas por GDD
 - 16.3.3.5 Identificação dos efeitos de nutrientes e doenças e pragas na curva de NDVI
 - 16.3.3.6 Delineamento das áreas ocupadas por uma determinada cultura
 - 16.3.4 Estimativa de produtividade pelo MUPSA
 - 16.3.4.1 Estimativa de produtividade em função de NDVI e PAR
 - 16.3.5 Estimativa de produtividade pelo MODIS PSN

- 16.3.6 Delineamento da unidade homogênea
- 16.3.7 Cálculo da PSN em nível municipal
- 16.3.8 Estimativa de produtividade
- 16.3.9 Sistema operacional de previsão de safra agrícola
- 16.3.10 Sistema MUPSA do globo
- 16.4 Cronograma de atividades de execução (24 meses)
 - 16.4.1 Primeira etapa
 - 16.4.2 Segunda etapa
- Referências
- Anexo 16A Experimentos para a validação do MUPSA
- Lista de siglas
- Índice de assuntos
- Índice de autores