O que é a detecao remota?

A detecao remota é um conjunto de métodos para adquirir informação acerca da superfície da Terra, sem esta em contacto com ela. Isto é conseguido através da detecao e registo da radiação electromagnetica (REM) refletida ou emitida pelos objetos na superfíeicie da terra e transportada até ao sensor (em geral a bodo de um satélite ou avião).

Tipos de infomacao adquirida:

- espacial (resolução geométrica)

- espectral (resolução da frequência)

- intensidade (resolução radiométrica)

- temporal (tempo de revisitação)

Difeentes tipos de sensores de detecao remota:

- sensores oticos e infravermelhos:

- passivos:

- alta resolução

- multiespectral, hipeespectral

- activo: lidar

- sensores microondas:

- passivos: radiómetros

- ativos (radares):

- altímetro, scatterometer

- radar de abertura sintética (SAR)

Em grande parte da deteccao remota o processo envolve uma interacao entre a radiação incidente e os alvos de interesse.

Os seis elementos que compõe o processo da deteccao remota do inicio ao fim são:

1. Fonte de energia
2. Interacao com atmosfera
3. Interacao com alvo
4. Registo da energia pelo sensor
5. Antena recetora
6. Analise computacional

Diagram

Description automatically generated

A energia solar é transferida para a Terra sob a forma de radiação eletromagnética. O fluxo da energia é feito à velocidade da luz sob a forma de um campo elétrico e magnético que constituem uma onda eletromagnética.

O espetro eletromagnetico vai desde os grandes comprimentos de onda (microondas, ondas rádio) aos pequenos comprimentos de onda (incluindo raios x e gama).

Comprimento de onda mais pequeno = maior frequência = maior energia (raios gamma, raios x)

Comprimento de onda maior = menor frequência = menos energia (microondas, radio)

Graphical user interface, diagram

Description automatically generated with medium confidence

Para a maioria das aplicações, o menor comprimento de onda utilizado na detecao remota é a porcao do espetro eletromagnetico correspondente aos ultravioleta (UV). Esta radiação esta imaediatamente abaixo do violeta (visível). A luz que os nossos olhos conseguem detetar é a porcao designada por espetro visível. É importante referir o quão pequeno é o visível relativamente ‘a totalidade do espectro – o visível vai desde os 0.4 μm aos 0.7 μm. Esta região do espectro está associada ao conceito de cor. O azul (0.446-0.5 μm) , verde (0.5-0.578 μm) e vermelho (0.62-0.7 μm) são as cores primárias ou comprimentos de onda do espetro visível. O infravermelho vai desde os 0.7 μm aos 100 μm. A região do infravermelho é dividida em duas categorias: IV refletico (0.7 a 3 μm) e IV térmico (3 a 100 μm). O IV térmico é diferente do refletido, uma vez que a energia é essencialmente a radiação emitida pela Terra sob a forma de calor. A região das microondas vai desde 1mm a 1m. Cobre a maior região do espetro utilizada na detecao remota. Os pequenos comprimentos de onda têm um comportamento idêntico ao infravermelho térmico, enquanto que os grandes comprimentos de onda têm um comportamento idêntico ‘as ondas radio. A região das microondas tb se designa RADAR (Radio Detection And Ranging).

Interacao com a atmosfera:

As partículas e gases da atmosfera afetam a radiação registada pelo sensor a bordo do satélite.

Dois mecanismos: Dispersao (scattering) e Absorcao (absorption).

A dispersão consiste na alteração da direcao de propagação da radiação eletromagnetica (ou do fotão) sem que ocorra troca de energia com a atmosfera. Tres tipos de dispersão: Rayleigh, Mie, Não seletivo. O processo de dispersão da radiação depende da relação entre o comprimento de onda da radiação incidente e o diâmetro (D) das partículas intervenientes.

X = 2 pi r / lambda

Onde r é o raio da partícula, lambda é o comprimento de onda da radiação e x é um parâmetro sem dimensões que caracteriza a interacao da partícula com a radiação incidente.

- objetos com x >> 1 atuam como formas geométricas dispersando a radiação de acordo com a sua area de reflexão

- objetos com x ~ 1: dispersão de Mie, os efeitos da interferência são observados como variações de fase sobre a superfície do objeto.

- x <<1 dispersao de Rayleigh aplica-se aos casos em que a partícula ‘e muito pequena e toda a superfície reflete com a mesma fase.

Dispersao Rayleigh:

Ocorre quando as partículas são muito pequenas comparadas com o comprimento de onda da radiação (pequenas partículas de po, moléculas de oxigénio ou nitrogénio). A dispersão de Rayleigh é o resultado de uma maior dispersão nos pequenos comprimentos de onda que nos grandes comprimentos de onda (por isso o céu é azul)

Dispersao de Mie:

A dispersão de Mie ocorre quando as partículas são do mesmo tamanho que o comprimento de onda da radiação. (ex pó, pólen, fumo, vapor de agua).

Estes elementos causam a dispersão Mie que tem tendência para afetar maiores comprimentos de onda que a dispersão Rayleigh. A dispersão de Mie ocorre nas porcoes mais baixas da atmosfera. É dominante em dias nublados, auréola branca em volta do sol.

Dispersao não seletiva ocorre quando as partículas são muito maiores que o comprimento de onda da radiação (pingos de agua, grandes partículas de pó). Afeta todos os comprimentos de onda por igual. Este tipo de dispersão faz com que o nevoeiro e as nuvens surjam brancas aos nossos olhos, porque o azul,verde e vermelho são afetados da mesma forma e a sua soma = luz branca.

Absorcao:

Este fenómeno faz com que as moléculas na atmosfera absorvam energia nos vários comprimentos de onda. O ozono, dióxido de carbono e vapor de agua são os três constituintes atmosféricos que absorvem radiação. O ozono absorve a radiação ultravioleta prejudicial ‘a maioria dos seres vivos.

O dióxido de carbono é o gas de efeito de estufa – tende a absorver fortemente radiação na porcao do espetro do infravermelho afastado (térmico) que provoca o aquecimento no interior da atmosfera. O vapor de água na atmosfera absorve muitos dos grandes comprimentos de onda no infravermelho afastado e nas microondas. A presença de vapor de agua na atmosfera varia muito no tempo e no espaco. O vapor de agua é um elemento importante na degradação da qualidade do registo da radiação pelo sensor.

Janelas atmosféricas:

Como estes gases absorvem energia eletromagnetica em regiões muito especificas do espetro, eles influenciam onde podemos “olhar” para efeitos da deteccao remota. Essas áreas do espetro que não são severamente influenciadas pela absorção atmosférica e são consequentemente uteis para a Detecao remota são chamadas janelas atmosféricas. A parte visível do espetro, a qual os nossos olhos são sensíveis, corresponde a uma janela atmosférica e também a um pico de energia do Sol.

Interacao radiação – alvo

A radiação que não ‘e absorvida ou dispersa na atmosfera pode chegar e interagir com a superfície da Terra. Existem três formas de interagir com a superfície: absorção, transmissão, reflexão. A energia total incidente ira interagir com a superfície de uma ou mais do que uma dessas formas.

Absorcao (A) ocorre quando a radiação é absorvida pelo alvo

Transmissao (T) ocorre quando a radiação passa pelo alvo

Reflexão (R) ocorre quando a radiação é refletida no alvo e é redirecionada.

Em DR estamos interessados em medir a radiação refletida nos alvos.

A categoria que caracteriza uma qualquer superfície é ditada pela rugosidade da superfície em comparação com o comprimento de onda da radiação incidente na superfície.

Separamos a reflexão em dois casos estremos:

Especular – numa superfície suave toda ou quase toda a energia é refletida numa única direcao

Diagram

Description automatically generated

Difusa – quando a superfície é rugosa e a energia é refletida uniformemente em todas as direcoes

A picture containing antenna

Description automatically generated

Se o comprimento de onda é muito mais pequeno que as variações da superfície ou o tamanho das partículas, dominara a reflexão difusa.

Ex interacao – folhas

O pigmento das folhas (clorofila) absorve radiação no visível para uso na fotossíntese. A estrutura das células das folhas reflete fortemente o infravermelho. No outono há menos clorofila e por isso menos absorção do vermelho (vermelho é refletido) e por isso as folhas surgem amarelas. A estruura interna das folhas têm uma forte reflexão nos comprimentos de onda do IV. Por isso, monitorizando a refletancia no IV é um indicador de saúde da vegetação.

Ex interacao – agua

A agua absorve mais os grandes comprimentos de onda do visível (vermelho) e IV do que os pequenos comprimentos de onda. Por isso a agua aparece azul aos nossos olhos e escura se vista nos maiores comprimentos de onda. Se existirem sedimentos em suspensão nas camadas superiores permitirá uma maior refletividade e um aspeto mais brilhante da água. A clorofila nas algas absorve mais o azul e reflete o verde fazendo parecer a água verde na presença das algas.

Medindo a energia que é refletida (ou emitida) pelos alvos em vários comprimentos de onda pode construir-se a resposta espetral para cada objeto. Comparando o padrao de resposta das diferentes entidades podemos distingui-las, mesmo que o conseguíssemos fazer analisando apenas um comprimento de onda.

Assinatura espetral

A resolução espetral dos sensores a bordo dos satélites é demasiado pequena para identificar muitos dos objetos pela sua forma ou detalhe espacial. Em alguns casos é possível identificar estes objetos por medições espetrais no terreno. Existe um grande interesse na medicao das assinaturas espetrais dos materiais como vegetação, solo, rocha, no intervalo espetral.

A detecao remota multiespectral baseia-se na possibilidade de distinguir os diferentes elementos da superfície com base na sua assinatura espetral.

Curva de Refletancia:

Descreve como varia a refletividade duma dada superfície num determinado intervalo espetral. Esta curva varia muito em função das condições ambientais e da tomada de imagem (geometria sol-superficie-terra).

Deteccao Passiva vs Ativa:

A energia do sol é refletida (no caso dos comprimentos de onda no visível) ou reemitida (no caso do IV térmico).

Sensores Passivos – os sistemas de DRM que registam a energia disponível – so funciona de dia quando há luz solar

Sensores Ativos – os sensores ativos têm a sua própria fonte de iluminação. O sensor emite radiação diretamente para o alvo a ser investigado. A radiação refletida pelo alvo é detetada e medida pelo sensor. As vantagens dos sensores ativos é que podem funcionar a qualquer hora do dia. Estes sensores podem ser usados para examinar a interacao com a superfície de comprimentos de onda que são fracamente fornecidos pelo Sol – tipo microondas.

Sensores oticos:

Cada pixel representa uma media em cada uma das três dimensões: espaco, comprimento de onda, tempo.

A média no tempo é geralmente muito pequena e é inconsequente na maioria das aplicações. A média no espaco e no tempo define as características dos dados nestas dimensões críticas.

Os scanners whiskbroom, como o landsat usam vários elementos detetores alinhados com a direcao do movimento para efettuar o varrimento paralelo

A picture containing text, antenna

Description automatically generated

Os scanners pushbroom como o spot têm um vetor linear de detetores (sensores) com milhares de elementos, alinhados cross track que varrem a totalidade da largura da imagem em paralelo.

A picture containing diagram

Description automatically generated

Se a taxa de amostragem é igual a um pixel por espacamento entre detetores, a relação para o GSD no nadir é simplesmente:

Diagram

Description automatically generated

GIFOV = dimensão dos detetores x H/f

Ou GIFOV = dimensão dos detetores x m

Em que m = H/f é a amplificação geométrica do solo para o plano focal do sensor.

A quantidade mais frequentemente usada é o IFOV (instantaneous field of view) definido como o ângulo subentendido por um único deteto no eixo do sistema otico.

IFOV = FOV / numero de pixéis

O IFOV é independente da altitude do satélite

O valor de GSD = GIFOV = 2H tg (IFOV/2)

A resolução espacial é o valor do GIFOV, a menor que é representada na imagem.

Dizemos que a resolução espacial é baixa ou grosseira quando não é possível observar elementos de pequena dimensão. Dizemos que a resolução é elevada quando os pequenos objetos são detetáveis.

Resolucao espetral

A resolução espetral é a capacidade do sensor definir intervalos de comprimentos de onda finos. Quanto mais fina a resolução espetral mais estreito o intervalo de comprimento de onda para uma determinada banda ou canal.

Muitos sistemas de DR registam a energia em vários intervalos de comprimentos de onda, separados com várias resoluções espetrais. Estes sensores são referidos por sensores multi-espetrais. Outros sensores mais avançados que detectam centenas de bandas muito estreitas desde o visível ao IV próximo e medio do e.m. são chamados hiper-espetrais.

Uma elevada resolução espetral facilita a discriminação ente diferentes alvos baseados na sua resposta espetral em cada uma das suas bandas estreitas.

Resolucao Radiometrica

A resolução radiométrica de uma imagem descreve a capacidade de discriminar pequenas diferencas na energia. Quanto maior a resolução radiométrica de um sensor, mais sensível será na detecao de pequenas diferencas na energia refletida ou emitida. Quanto maior for o numero de bits para representar os valores da intensidade de uma imagem, maior sera a sua resolução radiométrica.

Resolucao Temporal

A resolução temporal é o período de revisita, ou seja, o tempo que demora um satélite a completar um ciclo orbital. O período de revisita é geralmente de vários dias. Ex Sentinel 1 12 dias, Landsat 15 dias, SPOT 26 dias. Alguns satélites têm a capacidade de redirecionar os sensores e permitir registar dados de uma area em passagens diferentes separados por períodos de um ate 5 dias.

Numero digital

Em cada pixel é medido pelo sensor a radiância de uma area relativamente pequena do total da imagem. A radiância vista pelo detetor em cada pixel é convertida num sinal elétrico e posteriormente quantificado um valor discreto inteiro: o numero digital (ND). Nos dados digitais é usado um numero finito de bits Q para codificar como números binários os dados contínuos de medicao. O numero discreto de DN é dado por N(DN) = 2^ Q (Q=8 bits, N =256 niveis)

Quanto maior o valor de Q, mais aproximado é o valor registado dos dados contínuos originais e maior a resolução radiométrica do sensor.

Os sensores SPOT e TM tem 8 bits por px enquanto que o MODIS, Landsat-8 e Sentinel-2 tem 12 bits.

Em resumo: um pixel é caracterizado numa primeira ordem por 3 quantidades: GIFOV (resolução efetiva no terreno), resolução espetral (numero de bandas), resolução radiométrica (nr de bits)

As imagens de DR são guardadas no disco num dos 3 formatos: BSQ (Band Sequential), BIP (band interleaved by Pixel / BIS band interleaved by sample), BIL (band interleaved by lines). Estes formato são determinados por diferentes ordenações das três dimensões dos dados.

Table

Description automatically generated with medium confidence

Slides 2 –

Caracteristicas da radiação eletromagnetica

Em física, a radiação é a emissão ou transmissão de energia na forma de ondas ou partículas através do espaço ou através de um meio material.

Modelo das partículas – planck

A radiação é transportada por fotões, ou quanta, que viajam ‘a velocidade da luz e cuja energia é proporcional ‘a frequência de oscilação

Q=hf + c= lambda f -> Q = hc /lambda

Q – energia de um fotão (joules), h – constante de planck (6.626x10 ^ -34 Js), f frequência em Hz e c velocidade da luz

Modelo das ondas

A teoria das ondas postula que a radiação eletromagnetica é um processo ondulatório composto por um campo eletrico e um campo magnético perpendiculares entre si e ‘a direccao de propagação.

Comprimento de onda (lambda)

É o comprimento de um ciclo de onda, que pode ser medido como a distancia entre duas cristas de onda. Unidade: m

Frequencia (f)

Numero de ciclos de uma onda que passa num ponto fixo por unidade de tempo.

Unidade: Hz – equivale a um ciclo por segundo.

Periodo (T) tempo necessário para uma onda dar uma volta completa pelo mesmo ponto.

Quantidades radiométricas:

Energia radiante (Q) – quantidade de radiação eletromagnetica recebida ou emitida por um corpo. Unidade: Joule

Fluxo Radiante (FI) – ou potencia radiante é a energia total radiada num ponto em todas as direcoes por unidade de tempo. Unidade: Watt

Emitancia (M) – fluxo radiante emitido por uma fonte por unidade de ‘area , em todas as direcoes. Unidade: Watt/m2 Diagram

Description automatically generated

Irradiancia (E) – energia radiada numa unidade de area incidente numa superfície elementar. A potencia recebida por unidade de area é fundamental para definir a SNR (relação sinal ruido) da imagem. Fluxo por unidade de area incidente. Unidades: W/m2

Diagram

Description automatically generated

Radiancia (L) – Fluxo radiante por unidade de angulo solido que é emitido ou transmitido por unidade de area projetada. Grandeza cónica. A radiância é um dos termos mais importantes em DR. ‘e a energia que chega ao sensor. Unidades W/m2 sr

Diagram

Description automatically generated

Radiância térmica:

Todos os corpos com temperatura superior a 0K emitem radiação com comprimento de onda lambda variável no espetro eletromagnetico. A quantidade de energia (radiância) que um objeto radia é função da temperatura do corpo e é dada pela lei de Planck do corpo negro.

Text

Description automatically generated with medium confidence

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

O comprimento de onda para o qual a curva de planck para a temperatura em função do comprimento de onda atinge o máximo esta relacionada com a sua temperatura pela lei do deslocamento de wien.

Text

Description automatically generated

Chart, radar chart

Description automatically generated

Para a terra o comprimento de onda dominante é 9.7 μm (IV termico) para o sol é 0.48 μm (amarelo)

Os materiais reais não se comportam como o corpo negro. Emitem apenas uma fracao da radiacao emitida por um corpo negro a uma temperatura equivalente. Esse facto ‘e tido em consideracao pela quantidade Emissividade ou coeficiente de emissividade:

Text

Description automatically generated

A emissividade é uma medida da capacidade de emissão de energia por radiação na sua superfície e tem valores de 0 a 1. Depende do comprimento de onda, da temperatura e de propriedades físicas do material como concentração de agua ou densidade.

Interacao da radiação com a matéria:

Quando a radiação eletromagnetica incide na superfície terrestre, podem acontecer três tipos de interacao: a energia é refletida, absorvida ou transmitida. Aplicando o principio da conservação de energia, podemos estabelecer a relação entre as três interacoes como:

E(Incidente) = E(refletida)+E(absorvida)+E(Transmitida) – (irradiancia)

Dividindo por EI temos

1 = ro + alfa + tau

Refletancia – a refletancia (ro) é a razão entre o fluxo radiante refletido e o incidente

Absorvidade – a absorvidade (alfa) é a razão entre o fluxo radiante absorvido e o incidente

Transmissividade – a transmissividade (tau) é a razão entre o fluxo radiante transmitido e o incidente.

Para uma superfície Lambertiana (refletor difuso ideal) a relação entre radiância espetral (grandeza cónica) e emitância espetral (grandeza hemisférica) é dada por

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Influencia da atmosfera no sinal IV térmico

Processos de dispersão são desprezáveis na região do IV térmico devido ao longo comprimento de onda, mas a absorção atmosférica e a emissão pelo vapor de agua, co2 e o3 são prevalentes. Nas janelas atmosférica os efeitos são menos severos.

Interacoes:

Unscattered – radiação refletida pela superfície L su lambda

Down-scattered – luz do ceu, refletida pela superfície Lsd lambda

Path- scattered – radiação que não atinge a superfície Lsp lambda

A picture containing diagram

Description automatically generated

A componente não dispersa (unscattered) – sobre a superfície terrestre chega apenas uma fracao da energia emitida pelo sol. A atmosfera desempenha uma função de filtragem. As bandas de absorção estão essencialmente associadas ao vapor de agua e dióxido de carbono. A atmosfera altera significativamente a irradiancia espetral antes de chegar ‘a terra – irradiancia na superfície depende do angulo de incidência.

Downscattered – depende da irradiancia do ceu, topografia (modelo do terreno), transmissividade na direcao do satélite

Path-scattered – combinação da dispersão de Rayleigh e Mie

A radiância espetral total recebida pelo sensor é linearmente proporcional á refletividade difusa da superfície, modificada por um termo multiplicativo, fator variável espectralmente e espacialmente e que depende da forma do terreno; um termo aditivo, espacialmente invariante e espectralmente dependente devido ‘a dispersão do percurso de vista do sensor. Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Os dados da detecao remota devem ser corrigidos dos efeitos atmosfericos e solares se o objetivo for a comparacao com curvas de refletividade espetral medidas no terreno.

Conversao de ND para radiancia

O calculo do valor da radiancia espetral no sensor é essencial para a conversao de dados imagem de multiplos sensores e plataformas nua quantidade com significado fisico numa escala radiometrica comum.

Distorcao geometrica das imagens:

Qualquer sistema de DR tera distorcoes geometricas. Este ‘e um problema inerente ‘a DR uma vez que pretendemos representar a superficie da terra 3d numa imagem bidimensional. Os elementos que contribuem para a distorcao geometrica das imagens são:

1. O movimento do sistema de varrimento
2. A instabilidade da plataforma
3. A altura da plataforma
4. O relevo do terreno
5. Curvatura e rotação da terra

Os dados recolhidos pelos sensores de deteccao remota precisão de um conjunto de correcoes para eliminar ou atenuar as distorções introduzidas pela aquisição e transmissão. Esta fase de pre-tratamento pode ser dividido em dois tipos de correcoes: correcoes radiométricas e correcoes geométricas.

As correcoes radiométricas são usadas para calibrar os sensores, corrigir os erros devidos ao seu mau funcionamento e mitigar os efeitos devidos ‘a propagação da radiação na camada atmosférica. Essas podem ser divididas em:

Calibracao radiométrica

Equalização do sensor

Correcao atmosférica – método dark pixel – usa a radiância de pixéis escuros que correspondem a tipos de solo que refletem pouco e para os quais o sensor deveria supostamente medir uma radiância bastante baixa para determinar a transmitância e radiância atmosférica.

Correcao de linhas e pixéis não gravados – pode acontecer que durante a scanerizaca de uma imagem occoram erros nas imagens. Este tipo de erros ocorre sobre a forma de linhas escuras ou uniformemente cinzentas ou de pixéis com valores anómalos.

Correcoes geométricas:

Como as imagens de DR são usadas em conjunto com outra informação, sobretudo de origem cartográfica, é preciso corrigir geometricamente as imagens no sentido de usar a mesma referencia cartográfica.

As imagens de detccao remota são caracterizadas por diferentes tipos de distorções geométricas que em geral são corrigidas usando dois tipos de técnicas de correcoes:

Correcoes sistemáticas

Correcoes de posicionamento

As correcoes de posicionamento para alem de corrigir geometricamente a imagem de maneira coerente com o sistema de referencia escolhido, podem também corrigir os efeitos devidos ‘a topografia. Os sistemas de transformação que são geralmente usados podem ser divididos em duas categorias:

Polinomial

Orto-retificacao

Correcao pelo método polinomial

Identifica-se um conjunto de pontos de controlo no terreno e na imagem, chamados ground control points. Com base nesse conjunto de pontos ‘e definido um conjunto de equações de transformação que ligam as coords imagem e as coords cartográficas. Essas esquacoes podem ser polinómios de diferente ordem.

Reamostragem/resampling:

No processo de correcao radiométrica da imagem ‘e necessário calcular o valor radiométrico de cada pixel na sua nova posição. O procedimento do calculo do valor do nível radiométrico de cada pixel na imagem final designa-se por reamostragem.

Os algoritmos mais usados são:

Vizinho mais próximo

Bilinear

Bicubico

Vizinho mais próximo

O valor de radiância DN (x,y) que vamos escrever no px de output é o valor correspondente ao pixel que tem as coordenadas linha coluna mais perto das coordenadas (x,y) obtidas pela transformação. Como resultado obtemos imagens com efeito de degrau. Por outro lado mantem-se inalterados os valores dos pixéis originais.

A picture containing diagram

Description automatically generated

Bilinear

O novo valor de radiância DN (x,y) é calculado por interpolação que abrange os quatro pixéis mais próximos ao ponto de coordenadas (x,y) obtidas pela transformação geométrica. Os valores de radiância originais são alterados e a imagem obtida ‘e caracterizada por menos contrastes e variações radiométricas mais suaves.

Diagram

Description automatically generated

Bicubica

Neste caso a interpolação abrange os 16 vizinhos mais próximos. Do ponto de vista geométrico este método é mais fiável mas o conteúdo radiométrico é mais alterado. Esta técnica so faz muito sentido se o fim for a interpretação visual da imagem interpolada mas não deve ser usada nos casos de analise numérica dos valores radiométricos.

Radiacao Solar

Podemos considerar que o Sol emite radiação no interior de um cone que tem como base o disco solar (r) e como altitude a distancia sol-terra (d). No topo da atmosfera a irradiancia do sol é dada por:

A picture containing application

Description automatically generated

“Constante solar “

Slides 3

Missoes de observação da terra

Tipos:

1. Metereologicas
2. Geopotenciais
3. Altimetria de satélite
4. Observação da terra

Satélites/Sensores metereologicos

A monitorização e previsão do tempo foi uma das primeiras aplicações civis da detecao remota com satélites. A resolução temporal dos satélites metereologicos é bastante elevada e a sua resolução espacial bastante grosseira

Existem dois tipos de satélites metereologicos, geoestacionários e orbita polar, cada um melhor a detetar diferentes tipos de eventos metereologicos.

Satelites metereologicos são primariamente utilizados para monitorizar o tempo o clima da Terra. Estes satélites monitorizam nuvens e sistemas de nuvens (como furacões) mas também são utilizados para monitorizar eventos ambientais que interagem com a atmosfera e que tem uma cobertura aérea extensa, como fogos florestais, nuvens de cinza vulcânica, tempestades de areia, cobertura de neve e temperaturas de oceanos.

Alguns satélites metereologicos operacionais:

Table

Description automatically generated

GOES

* Imagens frequentes de pequena escala da superfície da terra e da cobertura de nuvens
* Fazem parte de uma rede de satélites separados 70º em longitude que fornecem uma cobertura permanente da América.
* 2 satelites
* Orbitas geoestacionárias
* 36000 km altitude sobre o equador
* Um esta localizado a 75º W e outro a 135º W
* Medem a radiação emitida e refletida a partir da qual se pode determinar a temperatura da atmosfera, ventos e cobertura de nuvens
* Antigos: 5 bandas, entre o visível e o IR distante, resolução espacial 1km visivel / 4km IR
* Atuais: 16 bandas, resolução espacial 1km

NOAA

* Orbitas heliosincronas, quase polares
* 830-870 km altitude
* Informação complementar ao sistema GOES
* Dois satélites – tempo de revisitação 6h

MSG (meteostat second generation)

* Projeto conjunto entre a ESA e o EUMETSAT
* 4 satelites metereologicos
* Geoestacionários
* Dois instrumentos: GERB – estudos climáticos e SERIVI – previsão metereologica
* SEVIRI – 8 bandas no infravermelho térmico com resolução espacial de 3km, 4 bandas no visível IV prox com resolução espacial de 3km e 1km para a banda de alta resolução no visível

MetOp

* Primeiro satélite europeu de orbita polar dedicado ‘a metereologia
* 3 satelites
* 817 km altitude
* Varios instrumentos – IASI – temperatura, vapor de agua, ozono. AMSU-A – temperatura, MHS – vapor de agua atmosférico, HIRS – perfis de temperatura e humidade, temperatura ‘a superfície, parâmetros de nuvens, GOME-2 – medicao de radiação back-scattered da atmosfera, AVHRR – cobertura de nuvens, temperatura ‘a superfície do mar, cobertura de neve, gelo e vegetação, ASCAT – vetor de vento ‘a superfície do mar

Altimetria Espacial

Tecnica de medir altitudes, é medido o tempo que um pulso radar leva a viajar do satélite ‘a superfície e a regressar ao satélite. Em combinação com posicionamento preciso da localização do satélite, a medicao de altimetria resulta em medicao das altitudes da superfície do mar. A magnitude e forma dos ecos contem também informação sobre as características da superfície que causou a reflecao. Os melhores resultados são obtidos por cima do oceano, que é espacialmente homogéneo.

Algumas missoes ESA de altimetria:

* ERS1
* ERS2
* ENVISAT
* CryoSat
* Sentinel-3

Sentinel-3

Sentinel-3 é primariamente uma missão para os oceanos, no entanto também é capaz de fornecer aplicações atmosféricas e terrestres. O principal objetivo do sentine-3 é a medicao da topografia da superfície do mar, temperatura de terra e oceano, e cor da terra e oceano, como apoio para os sistemas de previsão oceânica e para monitorização ambiental e climatérica.

Missoes Geopotenciais Espaciais

* Reduzida altitude
* Distancia inter-satelite
* Acelerómetros
* Ex:
  + CHAMP, GRACE, Missoes europeias (GOCE, SWARM)
* CHAMP – determinação de campo magnético, variações temporais de campos gravíticos
* GRACE/GRACE-FO – Aumento do conhecimento das estimativas das componentes do geoide com variabilidade temporal
* GOCE – determinação do geoide estático de alta precisão.

Missoes para o campo gravítico

As 3 missoes são baseadas em diferentes segmentos espaciais que têm em comum a sua orbita baixa e quase polar, rastreamento continuo e 3D por GPS e a sua abilidade de separar partes de sinal gravitacional e não gravitacional

O principal objetivo do GOCE é medir o geoide com uma precisão de cerca de 1cm, anomalia gravítica de 1mGal e uma resolução espacial de cerca de 70km.

Os dados do GOCE irao levar a um sistema de altitudes global unificado para que se possa estudar a variação do nível do mar consistentemente em marégrafos e dados de altimetria de satélite.

Missoes de observação da Terra:

Landsat

* Inicio em 1972
* Landsat-7 (1999), Landsat-8 (2013) e Landsat-9 (2021) atualmente em operação
* Landsat-8:
  + Heliosincrone
  + Orbita quase polar
  + Altitude 705 km
  + Inclinação 98.2 graus
  + Período 99 min
  + Dois instrumentos pushbroom: Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS)
  + Resolucao espetral: 11 bandas. OLI: 9 bandas, incluindo pancromático. TIRS: 2 bandas
  + Resolucao espacial – 15m – banda pancromática, 30m – OLI, 100m – TIRS
  + Resolucao radiométrica: 12-bits (16 bits quando processado em produtos de nível 1)
  + Resolução temporal – 16 dias revisitação
  + Pegada: 170km x 185 km
  + Bandas: 1) coastal, 2) Azul, 3)Verde, 4) vermelho, 5) NIR, 6) SWIR1, 7) SWIR2, 8)Pancromatico, 9)Cirrus (1-9 bandas OLI), 10) Thermal IR 1, 11) Thermal IR 2

MODIS – moderate resolution imaging spectroradiometer

* Instrumento chave a bordo dos satélites Terra e Aqua
* Pegada 2 330 Km
* Superfície inteira da terra coberta a cada 1-2 dias
* 36 bandas espectrais entre 0.4 e 14.4 μm
* 3 resolucoes espaciais: 250m, 500m, 1000m
* Os produtos derivados de observações MODIS descrevem propriedades da terra, oceanos e atmosfera que podem ser usados para estudos de processos e tendências em estudos locais e globais.

SPOT – systeme pour l’observation de la Terre

* Operacional desde 1986
* SPOT 1,2,3 : pancromático + 3 bandas verde, vermelho, NIR. Resolucao espacial 10m pan, 20m outras
* SPOT 4: monoespetral, verde, vermelho, NIR, SWI. Res espacial 10m mono, 20m outras
* SPOT 5: Pancromatico, verde,vermelho, NIR, SWIR. Res espacial 2.5 ou 5m pan, 10m G R NIR, 20m SWIR.
* O SPOT-6 e SPOT-7 juntaram-se ‘a constelação Pleiaese vao cobrir áreas mais longas com uma resolução de 1.5m, enquanto os satélites Pleiades 1A e 1B vao cobrir zonas com maior nível de detalhe, resolução de 50cm
* SPOT-6/7: resolução espetral: 5 bandas incl pancromático, Res espacial 1.5m pancromático, 6m 4 bandas multiespectrais (B,G,R,NIR). Resolucao radiométrica 12bits. Resolucao temporal 2x dia. Pegada 60km no nadir
* Pleiades 1A/1B – resolução espetral 5 bandas incl pancromático. Res espacial 0.5m pancromático, 2m – 4 bandas multi espetrais (B,G,R,NIR) Resolucao radiométrica 12 bits, resolução temporal diária, pegada 20km no nadir.
* SPOT6/7 + pleaides 1A/1B mesmo plano orbital, inclinação 98.2 graus. Ciclo repete-se a cada 26 dias.

Missoes ESA

Missoes centrais – para cobrir objetivos primários do programa de exploração da terra: interior da terra, clima, geoesfera e biosfera, atmosfera e ambiente marinho.

* GOCE- campo gravítico e geoide
* ADM-Aeolus – vetores de velocidade do vento
* EarthCARE – medicao de nuvens, aerossóis e radiação.

Missoes oportunidade – missoes mais pequenas, com objetivos específicos – instrumentação acessória a outros programas, demonstrações de pesquisas e tecnológicas, novas técnicas de observação.

* SMOS – humidade do solo e salinidade do ocean
* Cryosat-2 – elevação e espessura do gelo
* SWARM – campo magnético e medições dinâmicas do núcleo terrestre.

SENTINEL

* Sentinel-1 – Imagem SAR
  + Constelacao de 2 satelites
  + 180º de separação
  + Altitude 700km
  + Tempo de revisitação 6 dias
  + Tempo de revisitação nos polos <1 dia, no equador 3 dias
* Sentinel-2 – imagem superespetral
  + 2 satelites
  + Orbita polar
  + Mesma orbita heliosincrona
  + 180º de separação
  + Largura pegada 290km
  + Tempo de revisitacao 5 dias com 2 satelites no equador, 2-3 dias a latitudes medias
  + Limites de cobertura entre latitudes 56º S e 84º N
  + Altitude 786km
  + Sensor Pushbroom: Multispectral Imager (MSI) – 13 bandas espetrais
* Sentinel-3 – Monitorização oceânica
* Sentinel-4 – Geoestacionario atmosférico
* Sentinel-5 – Atmosférico de baixa orbita

Slides 4

Modelo de transferência radiativa (RTM)

Os dados de detecao remota devem ser corrigidos dos efeitos atmosféricos e solares se o objetivo for a comparação com curvas de refletancia espetral medidas no terreno

Text

Description automatically generated

São necessárias correcoes atmosféricas relativas, se as assinaturas espetrais de uma imagem numa data são para comparar com imagens adquiridas numa outra data, i.e se o objetivo é um estudo multi-temporal. Os métodos de correcao atmosférica das imagens dividem-se em dois grupos baseado no facto de haver ou não dados sobre as condições atmosféricas no momento da aquisição da imagem.

Não havendo observações metereologicas é calculada a refletancia espetral da superfície terrestre ao nível do topo da atmosfera

Text

Description automatically generated

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Assinatura espetral

As diferencas em refletancia tornam possível identificar diferentes características da superfície terreste ou materiais pela analise das suas assinaturas de refletancia espetral. As curvas de refletancia espetral graficam a refletancia espetral de objetos em função do seu comprimento de onda

Vegetacao

A absorção da luz vermelha comeca a decair no limite do visível e a refletancia infraermelha aumenta rapidiamente. Se a refletancia for medida na região do visível e infravermelho, então a curva vai ser mutio elevada na região do infravermelho comparada com a região do vermelho numa vegetação de folha saudável.

Chart, line chart

Description automatically generated

Este comportamento no infravermelho ajuda os investigadores a estudar a vegetação. Também ajuda a diferenciar entre vegetação e não vegetação.

A refletancia infravermelha também ajuda a diferenciar classes de vegetação e valores de refletancia diferentes para vegetação diferente. Se as plantas estão amadurecidas ou sob stress elas comportam-se de forma diferente no infravermelho ou no visível, mas este tipo de características é mais identificável na região do infravermelho.

Chart, line chart

Description automatically generated

Indices de vegetação

Baseiam-se no facto de que a vegetação “verde” interage de forma especifica com a radiação eletromagnetica

Os índices de vegetação relacionam a refletancia na zona do infravermelho e na zona do visível

Indice razão (simple ratio) = vermelho / NIR

Indice de vegetação normalizado NDVI = NIR-vermelho / (NIR+Vermelho)

Sempre entre -1 e 1. Valores superiores a 0.5 indicam a presença de vegetação no pleno do seu estado vegetativo.

Indice da água

Chart, line chart

Description automatically generated

NDWI – conteúdo de agua na vegetação

NIR-SWIR2/(NIR+SWIR2)

NDWI2 – elemento agua

Verde – NIR / (Verde+NIR)

Aplicacoes dos índices:

Segmentacao de imagem – divisão da imagem em regiões ou objetos, segundo um critério.

A classificação de imagem refere-se ‘a tarefa de extrair as classes de informação de uma imagem raster multibanda. Analisa as propriedades numéricas de vários objetos na imagem e organiza os dados em diferentes categorias – como categorização de imagem. Os algoritmos de classificação de dados normalmente empregam duas fases de processamento – treino e teste.

A classificação de imagem esta relacionada com a atribuição de pixéis a classes espetrais especificas utilizando a informação espetral disponível. Esta operação pode ser vista como uma função de mapeamento.

Podemos dividir os procedimentos de classificação de imagens em duas categorias:

Unsupervised (clustering) – os pixéis numa imagem são atribuídos a classes espetrais sem intervenção do utilizador, sem o conhecimento prévio da existência ou nome das classes.

Supervised (training áreas) – na classificação supervisada é o utilizador que define as classes espetrais e que seleciona os dados treino.

Podem ser:

Paramétricas – assumido que as classes espetrais podem ser descritas por uma distribuição de probabilidade no espaco multiespectral

Não-parametricas – ISOData, K-means, Aprendizagem automática

Métodos não supervisionados – unsupervised

Não é necessário ter um conhecimento prévio do terreno nem ter dados treino.

Este método baseia-se em algoritmos que analisam todos os pixéis e formam conjuntos de pixéis (os chamados cluster ou padroes) apenas olhando aos valores dos pixéis. Em geral o utilizador pode escolher alguns parâmetros como o numero máximo de padroes ou o numero mínimo de pixels para formar um cluster.

Metodos (ex):

K-means

Processo iterativo no qual são definidos o numero M de classes e calculados valores médios para M classes distribuídas aleatoriamente no espaco e depois agregados iterativamente os restantes pixéis a essas classes usando a medida da mínima distancia. Cada iteração recalcula a média e reclassifica os pixéis relativamente á nova média. Todos os pixéis são classificados na classe mais próxima a menos que um limite seja especificado. O processo é continuado até que o numero máximo de iterações seja atingido

1. Selecionar k pontos como centroides iniciais
2. Formar k clusters associando cada objeto ao seu centroide mais próximo
3. Recalcular o centroide de cada cluster
4. Ate que os centroides não apresentem mudanças

ISOData (iterative self organising data analysis techniques)

Identico ao anterior mas em que o numero de clusters é automaticamente ajustado durante o processo iterativo por juncao e/ou divisão de clusters com valores muito elevados do desvio padrao.

Classificacao supervisada:

Passos na classificação supervisada:

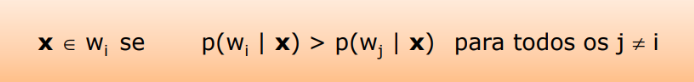
1. Escolher a legenda (spectral classes) – escolher os tipos de ocupação do solo nos quais a imagem sera segmentada. Estas são as classes de informação e podem ser: água, região urbana, floresta, pinhal, etc.
2. Escolher os pixéis representativos de cada classe legenda (sample data, training dataset) – estes pixéis são designados por dados treino. Os conjuntos de treino podem ser obtidos por visitas aos locais, mapas, fotografia aérea ou fotointerpretação de uma composição colorida dos dados imagem.
3. Usar os dados treino para estimar os parâmetros de um determinado algoritmo de classificação – estes parâmetros serão as propriedades do modelo de probabilidades usado ou serão as equações que definem as partições no espaco multiespectral – esses parâmetros são referidos como assinatura espetral de uma classe.
4. Classificar – classificar cada pixel da imagem numa das classes definidas previamente usando o classificador treinado. Todos os pixéis são classificados.
5. Calcular a exactidao da classificação e produzir a tabela de confusão que resume os resultados da classificação.

Classificacao de maxima verosimilhanca (maximum likelihood)

Classificacao de Bayes:

A determinação da classe á qual um pixel na posição x pertence pode ser visto como uma probilidade condicional:

p(wi|x), 1=1,..M – probaibilidade de ser classe wi dada a posição x



Regra de decisao

A pretendida p(wi|x) e a existente p(x|wi) (estimada com dados de treino) estão relacionadas pelo teorema de Bayes:

P(wi|x) = p(x|wi) x p(wi)/p(x)

Em que p(wi) é a probabilidade da classe wi ocorrer na imagem. Se por ex 20% dos pixéis de uma imagem pertencerem á classe espetral wi então p(wi) = 0.2

P(x) depende de p(x|wi) e p(wi) e não ‘e importante na classificação, enetoa temos que:

X pertence a wi se p(x|wi) x p(wi) > p(x|wj) x p(wj) para todos j dif i

Esta regra é mais interessante que a anterior uma vez que p(x|wi) é conhecido dos dados treino e ‘e aceitável que p(wi) também seja conhecido ou pode ser estimado pelo conhecimento que temos da imagem.

Text

Description automatically generated

Assumimos que a distribuição de probabilidade para cada classe é do tipo multivariada normal.Isto é um pressuposto e não uma propriedade demonstrável das classes espetrais. Chegamos ‘a função discriminante para classificação de maxima verosimilhanca

Text

Description automatically generated with medium confidence

Limites

Os pixéis em qualquer ponto do espaco multiespectral serão classificados numa das classes espetrais, independentemente de quão pequena seja a probabilidade de pertenca a essa classe.

Isto pode acontecer se as classes são sobrepostas ou sabendo da existência de outras classes não dispomos de dados terreno suficientes para estimar os parâmetros da sua distribuição.

Minimum distance

A qualidade do classificador de maxima verosimilhanca depende da exactidao na determinação do vetor da media e da função covariância de cada classe espetral. Essa determinação é dependente de ter um numero suficiente de dados treino para cada uma das classes.

Quando não dispomos de um numero suficiente de dados para treino é preferível usar um classificador que não requeira função covariância mas que dependa apenas da posição média das classes espetrais. A média é sempre mais bem determinada que a covariância – o classificador da distancia mínima satisfaz este requisito (distancia mínima ao valor médio da classe)

Text

Description automatically generated Text, letter

Description automatically generated

Desvantagem: a associacao dum pixel ao padrao mais perto poderia introduzir efeitos desagradaveis como por exemplo associar um pixel ao padrao mais perto mas que é bastante afastado e portanto com um valor radiometrico bastante diferente.

Classificador Mahalanobis Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated  
Classificador paralelipipedo

O classificador do paralelipipedo é treinado por analise dos histogramas de componentes espetrais com base nos dados treino. Histograma das componentes bidimensionais de dados treino corresponde a uma única classe espetral. Os limites inferiores e superiores são identificados como os vértices e um paralelipipedo.

Desvantagem: nem sempre é possível classificar um px de maneira unívoca.

Calendar

Description automatically generated

Analise da precisão de classificação:

A avaliação baseia-se na tabela de contingências que compara, numa amostra de pixéis, o resultado da classificação efetuada pelo computador e a verdadeira ocupação do solo obtida por um outro qualquer processo independente (fotografias, imagens,mapas)

Há dois possíveis tipos de erro:

Omissao – pixéis que deveriam ser atribuídos a uma classe e foram erradamente atribuídos a outra classe (ex, px agua não classificado como agua)

Comissao – pixéis atribuídos a uma classe e que deveriam ser atribuídos a outra classe. (px classificado como agua na realidade é floresta).

Ao longo da diagonal do quadro de contingengias esta’ o numero de pixéis corretamente classificados para cada uma das classes.

Table

Description automatically generated  
A percentagem dos pixéis corretamente classificados é dada pela soma dos pixéis na diagonal onde a classe conhecida = classe classificação dividida pelo numero total de pixels da imagem.- Overall accuracy

User accuracy / precision / exactidao do utilizador

Numero de pixéis corretamente classificados na classe a / Numero de pixéis classificados como classe a (falsos positivos+ verdadeiros positivos)

Comissao = 1-precisao

Producer accuracy / recall / revocacao / exatidao do produtor

Numero de pixéis classificados corretamente na classe a / numero de pixéis que pertencem ‘a classe a (verdadeiros positivos + falsos negativos)

Omissao = 1-revocacao

O F1 score, com valores entre 0 e 1, corresponde á media ponderada entre a precisão e a revocacao, dando igual peso aos dois valores:

F1 score = 2x (precisão\*revocacao)/(precisão+revocacao)

O F1 score é obtido para cada classe, sendo calculada a média aritmética simples para obter um valor único (macro-averaged F1 score). Tendo em conta o número de amostras de cada classe torna-se mais interessante olhar para o F1-score ponderado.

Aula 5

O que é machine learning – aprendizagem automatizada evoluiu do estudo do reconhecimento de padroes e da teoria de aprendizagem computacional na inteligência artificial. Um computador aprende com a experiencia E com respeito a uma classe de tarefas T e medida de performance , se a sua performance em tarefas T medida por P melhora com experiencia E.

Tarefas para machine learning:

As tarefas mais comuns são preditivas, no sentido em que se focam na predicao de uma variável alvo dos atributos:

* Classificação binaria e multiclasse – alvo categórico
* Regressão – alvo numérico
* Clustering – alvo escondido

Os modelos de machine learning podem ser distinguidos de acordo com a sua principal intuição:

- modelos geométricos utilizam intuições da geometria como hyper planos separadores, transformações lineares e medidad de distancia

- modelos probabilísticos veem a aprendizagem como um processo de redução de incerteza, modelada por meio de distribuições probabilísticas

- modelos lógicos são definidos em termos de expressões logicas facilmente interpretáveis

Alternativamente, podem ser caracterizados pelo seu modus operandi:

- modelos agrupadores – dividem o espaco em segmentos, em cada segmento um modelo muito simples é aprendido

- modelos de classificação – aprendem um único modelo global no espaco da instancia.

Diagram

Description automatically generated

Diagram

Description automatically generated

Um classificador é um mapeador de x pertence a uma classe C, onde C é um numero finito e normalmente pequeno de etiquetas de classe.

Se um modelo é capaz de fazer previsões exactas de dados não vistos, podemos dizer que é capaz de generalizar a partir do conjunto de treino para o set de teste. Queremos construir um modelo que seja capaz de generalizar com a maior exatidao possível.

Overfitting ocorre quando ajustamos um modelo demasiadamente próximo ‘as particularidades do conjunto de treino e obtemos um modelo que funciona bem no conjunto de treino mas que não é possível generalizar para novos dados.

Regra geral:

Quanto mais complexo o modelo – melhor a capacidade de predicao nos dados de treino

Demasiado complexo – demasiado foco nos dados de treino – não generaliza bem para novos dados

KNN – K nearest neighbour

Modelo considera para a classificação um numero arbitrário (k) de vizinhos. Quando consideramos mais do que um vizinho, utilizamos votação para atribuir uma classe. Isto significa que para cada ponto de teste é necessário contar quantos vizinhos pertencem a cada uma das classes e depois atribuímos a classe mais frequente.

Decision Trees

Arvores de decisão são modelos amplamente utilizados para classificação e regressão. Essencialmente eles aprendem uma hierarquia de questoes if/else que levam a uma decisão.

Cada no na arvore corresponde a uma questão ou um no terminal (também chamado folha) que contem a resposta.

Aprender uma arvore de decisão significa aprender a sequencia de if/else que mais rapidamente nos levara ‘a resposta verdadeira. No cenário de machine learning estas questões são chamadas testes.

Normalmente os dados não vem na forma de sim/não (binário) mas em intervalos contínuos. Os testes utilizados são do tipo “a característica i é maior que valor a?”

Para construir uma arvore o algoritmo procura todos os testes possíveis e encontra aquele que é mais informativo sobre a variável alvo. Cada iteração faz uma nova separação dos dados.

Tipicamente construir uma arvore iterativamente e continuar até todas as folhas serem puras leva a modelos muito complexos e com grande overfit ao conjunto de treino. A presença de folhas puras indica uma arvore que é 100% exata no conjunto de treino.

Em vez de olhar para a arvore inteira há propriedades uteis que podem ser derivadas para fazer um sumario da arvore. O sumario mais utilizado ‘e a importância da característica (feature importance) que avalia a importância de cada característica para uma decisão que a arvore toma. É um numero entre 0 e 1 onde 0 significa “não usado de todo” e 1 significa “prevê perfeitamente a classe”

Conjuntos de arvores de decisão:

Random forest tem menos sobreajustamento do que as arvores individuais. Numa aplicação real utilizaríamos muitas arvores (centenas ou milhares) para obter limites suavizados.

Rede neuronal

São generalizações de modelos lineares que executam múltiplas etapas de processamento para chegar a uma decisão. Funciona por um processo de coeficientes de aprendizagem e pesos dados a cada input para chegar a um output. O processo de calculo das somas ponderadas é repetido múltiplas vezes. Apos calcular uma soma ponderada para cada unidade “escondida”, uma função não linear é aplicada ao resultado – relu / tanh. Um parâmetro importante que precisa de ser definido pelo utilizador é o numero de nós nas camadas escondidas.

Diagram

Description automatically generated

Sumario da utilização de cada modelo:

Nearest neighbour – conjuntos de dados pequenos, bom como base, fácil de explicar

Arvores de decisão – muito rápido, não precisa de escalamento de dados, pode ser visualizado e facilmente explicado

Random forests – quase sempre tem melhor performance que uma arvore de decisão, muito robusto e poderoso. Não precisa escalamento dos dados. Não é muito bom para dados dispersos com elevada dimensionalidade.

Support vector machines – potente para conjuntos de dados de tamanho médio com características semelhantes. Requer escalamento de dados, sensível aos parâmetros.

Neural networks – pode construir modelos muito complexos, particularmente para conjuntos de dados grandes. Sensivel ao escalamento dos dados e ‘a escolha de parâmetros. Modelos grandes precisam de muito tempo para treinar

CNN – convolutional neural network

Aplicacao de filtros verticais e horizontais múltiplos em cada camada

Layers de pooling – calculo de max media min

Arquiteturas CNN já treinadas disponíveis na net como LeNet-5 e AlexNet