

Korekcja radiometryczna - jej celem jest przywrócenie prawidłowej radiometrii obiektom. Jest to wieloetapowy i skomplikowany proces, na który składają się:

1. Usunięcie błędów w rejestracji - występują zawsze. Do nich zalicza się np
 - a. prażkowanie, które spowodowany jest systematycznym błędnym przenoszeniem sygnału na matryce, w efekcie czego dochodzi do powstania pasków na obszarze, które usuwa się za pomocą specjalnych algorytmów. Nie zawsze ich usuwanie jest wskazane.
 - b. szumy - często są widoczne na obrazach wysokorozdzielczych (np. CHRIS), są regularne, ale rozmieszczone losowo, ich usuwanie wiąże się ze zmianą wartości odbicia dla całego obrazu, ale usuwa się je tylko gdy bardzo przeszkadzają w analizie (to jest dość trudny proces)
 - c. błędne linie i piksele - przypadkowe błędy w rejestracji promieniowania elektromagnetycznego na matrycy

2. Kalibracja detektorów - jest jednym z typów eliminacji wpływu atmosfery na wartości odbicia. Polega na konwersji wartości z DN na wartości radiancji spektralnej lub współczynnika odbicia. Generalnie przeprowadza się ją ze wzorów na podstawie albo stałych obliczonych dla danego skanera, albo minimalnej i maksymalnej wartości radiancji spektralnej (ALE NA POZIOMIE SATELITY), które znajdują się w metadanych satelity.

3. Korekcja atmosferyczna - wyeliminowanie lub ograniczenie niekorzystnego wpływu atmosfery. Wpływ ten związany jest z interakcją promieniowania z gazami zawartymi w atmosferze (jest rozpraszane, uginane). Najsilniej oddziałuje na promieniowanie para wodna. Najsilniejsze jest oddziaływanie na fale krótkie (zatem z pasma widzialnego), więc jeśli chcemy analizować coś z użyciem tych kanałów to korekcja jest KONIECZNA. Jest to proces bardzo skomplikowany, a jego pominięcie skutkuje strasznymi konsekwencjami jak np.:

- a. błędy w analizach ilościowych (np. wskaźniki)
- b. utrudnieniem w porównywaniu zdjęć z różnych okresów
- c. utrudnieniem w porównaniu sygnatur spektralnych
- d. utrudnienie porównywania obrazów z różnych poziomów (np. satelita, samolot, dane naziemne)
- e. dokładność klasyfikacji

Korekcja jest jednym z dwóch typów usuwania atmosfery. Generalnie dzieli się ją na korekcję względną i bezwzględną.

Korekcja bezwzględna oparta jest na modelowaniu atmosfery i jej parametrów. Wykorzystuje się w niej specjalne modele transferu promieniowania, dla których danymi wejściowymi (poza obrazem) są:

- a. profil atmosferyczny (=pogoda - p. wiejski, miejski, pustynny)
- b. rodzaj aerozolu
- c. wysokość
- d. kąt zenitalny słońca (która godzina)
- e. kąt widzenia sensora

Korekcja względna - polega na normalizacji. Wykorzystuje w tym celu porównanie wartości na obrazie analizowanym do innego obrazu lub pomiaru terenowego, który wykonywany był w tym samym czasie i w tych samych zakresach spektralnych. Niestety nie nadają się do usuwania zachmurzenia ani zamglenia. Są za to proste i nie trzeba dostarczyć żadnych

informacji na temat stanu atmosfery w czasie wykonywania zdjęcia. PRZELICZAJĄ NA WZGLĘDNY WSPÓŁCZYNNIK ODBICIA

Internal Average Relative Reflectance (IARR)

1. obliczana jest średnia wartość piksela dla wszystkich pikseli dla danego kanału
2. wartość każdego piksela w poszczególnym kanale dzielona jest przez średnią obliczoną dla danego kanału
3. nie wymaga niczego
4. jest słaba, bo wartości przekraczają 1, nie liczymy na niej wskaźników!
5. wartości współczynnika odbicia w zakresie bliskiej podczerwieni, są znacznie niższe
6. Wartość współczynnika odbicia jest wyższa dla krzywych uzyskanych po przeprowadzeniu korekcji IARR w zakresie widzialnym

Flat Field

1. Zakłada normalizację obrazu do obszaru o znanej wartości odbicia
2. Dla zdefiniowanego obszaru, o jednolitym odbiciu spektralnym we wszystkich kanałach (np. piasku, chmur) liczona jest średnia pikseli w każdym z kanałów, a następnie tworzona jest uśredniona krzywa odbicia spektralnego dla tego obszaru
3. Wszystkie piksele są następnie dzielone przez wartości odbicia spektralnego w poszczególnych kanałach
4. Wybrane obszary muszą mieć wysokie albedo
5. W podczerwieni przebieg i wartości wsp. odbicia są b. zbliżone do krzywej referencyjnej
6. W zakresie widzialnym są znacznie niższe od krzywej wzorcowej
7. Korekcja daje wartości znormalizowane - nie nadaje się do klasyfikacji
8. Wykorzystuje się ją dla danych hiperspektralnych

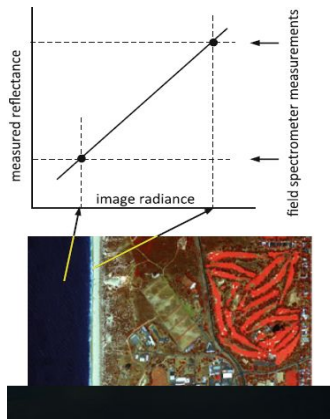
Dark Object Substraction

1. Opiera się na znalezieniu na obrazie obiektu jak najbardziej zbliżonego do ciała doskonale czarnego, które pochłania całość promieniowania - całe promieniowanie od niego pochodzące musi więc być promieniowaniem rozproszonym - wartość tego piksela powinna być równa 0
2. Od każdego piksela obrazu w każdym kanale odejmuje się wartość wybranego piksela doskonale czarnego
3. Najlepiej na podstawie analizy w VIS wybrać głębokie jezioro, cienie (w obszarze miejskim)
4. Metoda wykorzystywana tylko dla danych wielospektralnych
5. Są dwie opcje - manualna i automatyczna. W manualnej minusem jest to, że można pominąć najciemniejszy piksel, przez co wprowadzona poprawka będzie za mała. W automatycznej jako ciemny piksel może zostać wybrany piksel z błędem i poprawka będzie zbyt duża.
6. Dobór ciemnych pikseli - albo przez ROI, albo wybór kilku pikseli, które wydają się być najciemniejsze i następnie wybór w krzywej najniższych punktów.
7. Skutki - błędy w NDVI na jeziorach

Empirical Line

1. Wybierane są charakterystyczne jasne i ciemne punkty, których odbicie spektralne mierzone jest w terenie. Obiekty muszą się różnić od siebie (jasne i ciemne), żeby można było zbudować obiektywne równanie regresji

2. Konstruuje się równanie i krzywą regresji na podstawie tych punktów, na jego podstawie przeliczane są wartości dla każdego kanału i piksela
3. Tylko dla danych hiperspektralnych, nie nadaje się do wielospektralnych bo instrumenty rejestrujące promieniowanie w terenie mają inne zakresy od skanerów lotniczych



4. Daje super efekty, ale trzeba przeprowadzić badania terenowe (najlepiej w tym samym dniu)

Korekcja słoneczna:

1. Uwzględnienie wpływu położenia Słońca w momencie rejestracji danych
2. Uwzględnienia zmiany oświetlenia w ciągu roku i w różnych porach dnia (zmienia się nachylenie i kąt padania promieni słonecznych - geometria układu sensor - wiązka promieniowania)
3. Do jej przeprowadzenia jest niezbędny czas wykonania sceny
4. Wykonuje się ją w oparciu o model odbicia

$$E = E_0 \cdot \cos \Theta / d^2$$

Korekcja topograficzna:

1. Uwzględnienie wpływu deniwelacji i niejednorodnego oświetlenia - stoki południowe na półkuli pn są lepiej oświetlone i vice versa.
2. Wykonuje się ją na obszarach górskich i zurbanizowanych
3. Usuwa cienie
4. Metody parametryczne - wykorzystują położenie słońca, model terenu (np. DEM), obliczane jest znormalizowane odbicie
5. Metody nieparametryczne - obliczenie nowych kanałów w oparciu o stare

Filtrowanie

- Służy akcentowaniu lub usuwaniu informacji z obrazu
- w procesie filtracji obliczane są nowe wartości pikseli
- wykorzystywany jest proces konwolucji, polegający na pomnożeniu piksela w obrazie wyjściowym przez wagę w oknie, następnie przekształceniu nowych wartości przez daną funkcję (np. średnią, medianę)
- operacja konwolucji wykonywana jest dla przemieszczającego się okna o zdefiniowanej wielkości - najczęściej 3x3, 5x5, 9x9
- wartość wyjściowego piksela jest zależna od tego piksela i jego sąsiedztwa
- stosuje się zabiegi, że wykorzystywany jest tylko jeden kanał do wydobywania jakiejś cechy - np. podświetlenia do wyodrębnienia granic pól

1. Górnoprzepustowy

- a. nadaje się dobrze do klasyfikacji obiektowych, gdy trzeba wyodrębnić jakiś obiekt
- b. Podkreślają lokalne zmiany w wartości pikseli
- c. Im większe okno tym lepiej podkreślone krawędzie większych obiektów
- d. Podkreśla wysokoczęstotliwościowe piksele, tłumi niskoczęstotliwościowe

2. Dolnoprzepustowy

- a. dobry przy klasyfikacjach pikselowych, kiedy dość ważne jest żeby odbicie spektralne było w miarę jednolite w obrębie klasy
- b. Umożliwia redukcję szumów na obrazach satelitarnych
- c. Piksele mnożone są przez wagi kernela a następnie wyciągana jest średnia dla analizowanego piksela. Następnie okno się przesuwa i powtarzana jest procedura. Jeżeli piksel ma większą wartość niż średnia - jego wartość jest obniżana, jeżeli wartość jest niższa - podwyższana.
- d. Zmniejsza wariancję
- e. Im gorsza rozdzielczość tym daje gorsze efekty

3. Medianowy

- a. Dobry do redukcji efektu pieprz i sól
- b. nie rozmywa krawędzi, ale ujednolica teksturę
- c. Dobrze sprawdza się dla danych średniorozdzielczych

4. Kierunkowy

- a. dobry do wykrywania nagłych zmian ciągłości - np. uskoki, granice lądu
- b. Wykonywany jest przy użyciu dwóch kerneli - prawego i lewego, następnie obydwa są brane pod uwagę przy wyliczeniu nowych wartości dla piksela

Resampling

- sposób tworzenia nowej macierzy
- wykorzystuje się przy zmianie struktury rastra - np. wielkości pikseli lub ich przestrzennego rozłożenia
- trzeba dobrać metodę do danych

Nearest Neighbourhood

- bierze pod uwagę tylko najbliższego sąsiada (wartość z najbliższego piksela)
- wartość będzie przyjmowała takie same wartości jak wartości innych pikseli w tym obszarze (czyli jeśli skala jest od 0-256 int to przyjmie od 0-256 int)
- nadaje się do nomial data (cechy jakościowe?)
- powstają ostre granice
- jest szybka no i zachowuje oryginalne wartości obrazu

Bilinear Interpolation

- nie nadaje się do cech jakościowych (np klasyfikacji)!
- używa średniej ważonej z 4 najbliższych pikseli - piksel położony najbliżej ma największą wartość, najdalej położony - najniższą
- można osiągnąć dobry efekt gradientu zjawiska, jakby rozmyte krawędzie
- dobry przy skalach ciągłych - wysokość, temperatura

Metoda splotu sześciennego

- uwzględnia się 16 pikseli
- W oparciu o 16 pikseli sąsiedztwa budowany jest wielomian, który pozwala wyinterpolować nowe wartości. Wielomian uwzględnia bliskość pikseli - wagi.
- Jest dobra, ale bardzo długo trwa
- wartości mogą wychodzić poza skalę obrazu wyjściowego - wielomian jest funkcją i akurat jeśli punkt będzie w szczycie lub w dołku funkcji to zostanie przeszacowany
- nie dla danych jakościowych, bardzo dobra przy danych ciągłych

PCA

1. Umożliwia redukcję wymiarowości danych

2. Umożliwia odfiltrowanie szumów
3. Polega na liniowej transformacji danych do nowego układu współrzędnych, którego osie wyznaczają osie największej wariancji
4. Wartości pikseli przedstawiane są w n-wymiarowym układzie współrzędnych, którego osie wyznaczone są przez kolejne osie, reprezentujące kolejne kanały danego obrazu. Punkty te mają tendencje do układania się w kształt elipsy. Następnie wyznaczane są nowe osie układu. Pierwsza oś, a więc pierwsza składowa, wskazuje kierunek największej wariancji. Druga oś (druga składowa) wskazuje na kierunek największej wariancji z pominięciem pierwszej składowej (jest prostopadła do pierwszej). Każda kolejna składowa ma mniejszą informacyjność
5. eigenvalue - w tej jednostce wyrażana wariancja nowych kanałów (składowych). Rozciągłość punktów wzdłuż osi (eigenvector) to eigenvalue, czyli im większa tym większa rozciągłość i większa wariancja. Jeśli eigenvalue = 0 - kanał nie ma informacyjności.
6. Nie można już wykorzystać po transformacji wiedzy dotyczącej spektralnych właściwości danego obrazu do jego interpretacji
7. Nowe kanały nie mają przypisanej długości
8. Jest metodą detekcji zmian - dobrze nadaje się do wskazania zmian, ale bez określenia jakości (kierunku)
9. Spektralne różnice między pasmami są ostrzejsze i mogą ujawniać subtelne cechy obrazu niedostrzegalne w oryginalnych danych (działa trochę jak filtr)
10. PCA może służyć jako metoda selekcji cech jeśli wykonamy transformację a potem powrócimy do 'normalnej przestrzeni' - to jest możliwe bo PCA jest transformacją liniową, można wykonać równanie odwrotne
11. Jest szybka, działa bardzo dobrze na dużych zestawach danych
12. Przy użyciu PCA do klasyfikacji trzeba uważać, żeby nie odfiltrować ważnych cech

Wzmocnienie przestrzenne

Celem jest poprawa rozdzielczości przestrzennej przy zachowaniu jak najbardziej zbliżonej do oryginału krzywej odbicia spektralnego

1. IHS(HSV)

- transformacja z przestrzeni barwnej RGB do IHS
- Dopasowanie histogramu obrazu PAN do składowej I
- Zastąpienie składowej I obrazem PAN
- Transformacja do przestrzeni RGB
- główną wadą jest to, że uwzględnia tylko 3 kanały - utrata informacji spektralnej, dobrze za to wyostrza

2. Color normalized

- Wzmacnia tylko kanały RGB
- Wykonywana jest według algorytmu, w którym każdy z 3 kanałów wielospektralnych jest mnożony przez kanał panchromatyczny, a następnie uzyskany wynik dzielony jest przez sumę tych kanałów w danym segmencie (w pewnym znaczeniu jest to normalizacja względem danych barwnych)
- Dobrze się sprawdza dla obszarów o małych kontrastach (bo wtedy średnia piksela w MSI jest reprezentatywna)
- Problemem jest lekkie przesunięcie obrazu - matryce MSI i PAN nie są dopasowane
- największe różnice między MSI a MSI+PAN - światło widzialne

3. PC Pansharping

- idea jest podobna do IHS, z tą różnicą, że uwzględniona może zostać dowolna liczba kanałów
- Dokonuje się transformacji wartości wejściowego obrazu do nowej przestrzeni spektralnej, a następnie oś wskazująca największą wariancję (I składowa) jest zamieniana z kanałem panchromatycznym (oczywiście najpierw dopasowuje się histogramy). Pierwsza składowa zawiera informację typową dla wszystkich wejściowych kanałów obrazu (czyli informację przestrzenną).
- Powrót do normalnej przestrzeni - uwzględniona jest zarówno informacja przestrzenna (pan) jak i spektralna (dalsze składowe)
- daje różną jakość wzmocnienia przestrzennego dla każdego z kanałów
- słabe efekty jakości spektralnej, duże różnice w krzywej odbicia występują zwłaszcza w NIR (dla roślinności za wysokie, dla gleb - zbyt niskie)
- dość dobrze wychodzi woda (może dlatego, że nie ma praktycznie odbicia w NIR?)

4. Gran Smith Pansharping

- utworzenie symulowanego na podstawie MS kanału panchromatycznego
- Dekorelacja kanałów w sztucznej przestrzeni; ortogonalizacja G-S
- zamiana sztucznego kanału pan na prawdziwy
- resampling kanałów MS do PAN
- inwersja do normalnej przestrzeni
- czasem daje bardzo dobre efekty, zarówno jeśli chodzi o jakość przestrzenną jak i spektralną, ale generalnie dużo zależy od konkretnego obrazu
- trzeba mieć długości fali

Sprawdzanie jakości wzmocnienia przestrzennego

- a. jakościowe spektralne - sprawdzana jest różnica wynikowego obrazu i obrazu MSI dla każdego kanału; można też obliczyć taki wskaźnik ale znormalizowany (wtedy trzeba podzielić to przez wartość w MSI). Liczy się często też wskaźnik RMSE
- b. jakościowe przestrzenne - zastosowanie filtru górnoprzepustowego i obliczenie różnicy między nim a MSI+PAN (powinny być podobne, gdyż filtrowany obraz uwypatnia informację o wysokiej częstotliwości)

Analiza ilościowa

Wskaźniki

- mówią o INTENSYWNOŚCI jakiegoś zjawiska
- ich interpretacja zależy od rozdzielczości przestrzennej
- możliwości interpretacji zależą od obszaru, zjawiska, sensora, korekcji (ważne przy porównywaniu żeby była jednolita!)
- Interpretacja w oparciu o literaturę, wzorce maksimum i minimum
- Najwięcej jest wskaźników opracowanych dla roślinności, jest też sporo dla geologii (minerały ilaste, tlenki żelaza), pożarów (BAI, NBR), zabudowy (Build-up Index, Normalized Difference Snow Index, Difference Mud Index)
- niektóre wskaźniki dedykowane są konkretnym sensorom

Wprowadzanie wskaźników

- band math
- ważne jest uwzględnienie typu danych (FLOAT!!!)

Problemy

- błędne wartości wskaźników, np. w znormalizowanych wychodzące poza skalę 1 - -1. Wiążą się z błędnymi pikselami, obiektami które nie nadają się do analizy przy użyciu danego wskaźnika (np. NDVI nie jest dedykowane wodzie)

Wybrane wskaźniki

Normalized Build-up Index

- podobne odbicia dla gleby i miast
- przynosi dobre rezultaty

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)}$$

Normalized Difference Water Index

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

NDWI = NIR-SWIR/SWIR+NIR

- mierzy ilość wody w liściach, która obniża odbicie spektralne w SWIR
- monitoring suszy
- wysokie wartości dla łąk i zabudowy!
- słabo się sprawdza dla danych LANDSAT
- MNDWI - dobre rozróżnienie roślin/nieroślina; lepiej od NDWI wskazuje wodę bo woda lepiej odbija w green niż w NIR (więc wskaźnik ma wyższe wartości od NDWI)

Soil Adjusted Vegetation Index

- jest podobny do NDVI ale uwzględnia wpływ gleby
- Nadaje się dobrze do detekcji roślinności o rzadkim pokryciu, tam gdzie gleba stanowi >40% pokrycia terenu
- w związku z tym we wzorze uwzględniany jest specjalny współczynnik L, który zależy od pokrycia roślinnością; zmienia się on od 1 do 0, gdzie 1 jest używane dla zerowego pokrycia roślinnością. Zazwyczaj przyjmuje się 0,5.

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} * (1 + L)$$

Wskaźniki roślinności:

- *Broadband Greenness* – najprostsze, mierzące ogólną wielkość wegetacji oraz wigor roślin, np. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI),
- *Narrowband Greenness* – wrażliwe na koncentrację chlorofilu, powierzchnię, zwartość liści oraz struktury komórkowe, np. *Red Edge Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI₇₀₅), *Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index* (mNDVI₇₀₅),
- *Light Use Efficiency* – przeznaczone do pomiarów ilości promieniowania na potrzeby fotosyntezy, np. *Structural Independent Pigment Index* (SIPI),
- *Canopy Nitrogen* – mierzący zawartość związków azotu, np. *Normalized Difference Nitrogen Index*,
- *Dry or Senescent Carbon* – służące do szacowania ilości węgla poprzez analizę ligniny i celulozy w suchej masie, np. *Cellulose Absorption Index* (CAI), *Plant Senescence Reflectance Index* (PSRI),
- *Leaf pigments* – mierzące zawartość barwników fotosyntetycznie czynnych, np. *Optical index for chlorophyll estimation ANMB650-725*, *Anthocyanin Reflectance Index*

- *Canopy Water Content* – określające zawartość wody w pokrywie roślinnej, np. *Normalized Difference Water Index (NDWI)*, *Water Band Index (WBI)*, *Moisture Stress Index (MSI)*, *Normalized Difference Infrared Index (NDII)*.

$$RENDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$$

Chlorophyll Absorption Ratio

- względnie wąskie zakresy

Sum green index

- szacowana jest zmienna biofizyczna
- uwzględnia ilość biomasy

Tasseled Cap

- Jest to pewna odmiana wskaźników, bardzo złożonych
- transformacja powstała w celu redukcji danych
- składowe obliczane są na podstawie sumy ważonej ze wszystkich kanałów; pierwsze trzy składowe - brightness, greeness, wetness, każda kolejna powstaje ortogonalnie do wcześniejszej
- Brightness - nawiązuje do odkrytej gleby, skał, żwiru, asfaltu, betonu
- Greeness - dobre wartości też dla łąk, słabe dla lasów iglastych; dobrze wskazuje na ilość biomasy
- Wetness - w Landsacie bardziej nawiązuje do żółtego, nie zielonego, dobrze na nim wychodzą dojrzałe zboża, ogólnie dojrzałość roślin; w teorii określa zawartość wody w glebie, wilgoć itd.
- kolejne kanały - szumy, chmury, kąt słońca (??); trzy pierwsze mają jednak 97% informacyjności
- Dla każdego sensora jest inny wzór - w envi tylko Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM+, IKONOS, and QuickBird\
- Dobra przy analizach jest też kompozycja barwna TC - wody są granatowe, łąki - żółte, odkryta gleba turkusowa

