

# CYFROWE PRZETWARZANIE OBRAZÓW – WYKŁADY

Wykład 1 – 19.02.2016

0,4 – ocena z ćwiczeń

0,6 – ocena z wykładu

## Zaliczenie wykładu:

- Projekt (50% oceny)
- Test (50% oceny)

## Zagadnienia:

1. Wstęp do przetwarzania danych
2. Schemat przetwarzania danych
3. Bazy danych teledetekcyjnych
4. Analiza danych wizualna
5. Wykrywanie obiektów
6. Kalibracja danych
7. Korekcja atmosferyczna
8. Korekcja geometryczna obrazów
9. Wstępne przygotowanie danych (filtrowanie, wzmocnienie przestrzenne i spektralne)
10. Maskowanie fragmentów obrazów
11. Klasyfikacja danych
12. Analiza zmian na obrazach
13. Zastosowania przetwarzania obrazów w badaniach roślinności, terenów miejskich, hydrologii

## Projekt:

- Wykonanie polecenia z zakresu cyfrowego przetwarzania obrazów – wybór i pozyskanie danych do analizy, korekcja danych, wykonanie
- Opis:
  - Cel pracy, problemy badawcze, obszar badań
  - Opis wykonanych etapów, metodyka
  - Interpretacja wyników, wnioski
- Prezentacja projektów na dwóch ostatnich wykładach w semestrze w postaci prezentacji
- Wykonany w oprogramowaniu ENVI
- 2 zajęcia projektowe
- np. Ocena kondycji roślin, pokrycie terenów leśnych, itp.

8.04 – kolokwium

Teledetekcja środowiska:

- Źródło promieniowania
- Atmosfera
- Interakcja z obiektem
- Sensor
- Przesyłanie danych
- Interpretacja i analiza
- Zastosowanie

**Pozyskiwanie zdjęć satelitarnych:**

Segment kosmiczny → segment naziemny → segment dystrybutorów i użytkowników

**Segment kosmiczny:**

- obejmuje zaprojektowanie zbudowanie i umieszczenie satelity na orbicie:
  - NASA
  - ESA
  - E-Geos
  - Digital Globe

**Segment naziemny:**

- Sieć naziemnych stacji odbiorczych mających bezpośredni kontakt z satelitą.
- Stacje maja za zadanie programowanie monitorowanie i odbieranie sygnałów

**Segment dystrybutorów i użytkowników:**

- Obejmuje zadania związane z dystrybucją przetwarzaniem zobrazowań oraz świadczeniem usług a także wykorzystaniem danych do różnego rodzaju analiz

**Wybór danych:**

- Określenie celu
- Jakie są możliwości?
- Jakie są ograniczenia?
- Określenie najlepszej rozdzielczości danych
- Wybór danych

**Podział sensorów teledetekcyjnych ze względu na źródło pochodzenia promieniowania:**

- Pasywne – rejestrują promieniowanie pochodzące od istniejących w środowisku źródeł energii np. Słońca
- Aktywne – emitują własną energię która wchodzi w interakcje z badanymi obiektami i powraca z powrotem do sensora

## Charakterystyka zdjęć satelitarnych

Promieniowanie elektromagnetyczne	
Gamma	0.01 nm – 1nm
Rentgenowskie	1 nm – 100 nm
UV (np. analiza minerałów, skał)	100 nm – 400 nm
VIS	400 nm - 700 nm
IR	700 nm – 1mm
Mikrofale	1mm – 1cm
Fale radiowe	1 cm – 10 cm

Rozdzielczość:

- Przestrzenna
- Spektralna
- Czasowa
- Radiometryczna

**Rozdzielczość spektralna** – ilość, zakres i szerokość zakresów widma elektromagnetycznego, w jakich satelita rejestruje promieniowanie

- QuickBird: 4 kanały 60-140 nm
- Landsat ETM+: 7 kanałów 60-2080 nm
- EnMAP: 228 kanałów o rozdzielczości 5-10 nm

LANDSAT 5 :

1. Niebieski 0.45 – 0.52	2. zielony 0.52-0.6	3. czerwony 0.63-0.69	4. NIR 0.76-0.9
5. SWIR 1.55- 1.75	6. TIR 10.40 – 12.50	7. SWIR 2.08 – 2.35	

**Podczerwień:**

- NIR –Near Infrared – bliska podczerwień - 0,7 do 1,5 mikrometrów
- SWIR – Short Wavelength Infrared -podczerwień krótkofalowa 1,5 do 3 mikrometrów
- MWIR – Mid Wavelength Infrared - podczerwień średnia - 3 do 8 mikrometrów
- LWIR –Long Wavelength Infrared- podczerwień daleka - 8 do 15 mikrometrów

MWIR i LWIR – podczerwień termalna

Obrazy termalne

Fale radarowe:

1mm – 1m

### Częstotliwość ->patrz zależność

Kanał (Ghz)	Dł. fali (cm)
P	0.44
L	1.28
S	3
C	5.3
X	9.6

### Obrazy radarowe:

- Powstają w wyniku rejestracja fal radiowych odbitych od powierzchni Ziemi
- Możliwość wykonywania pomiarów niezależnie od pory dnia oraz warunków atmosferycznych (możliwość przenikania fal przez chmury)
- Jakość obrazu zależy od szorstkości powierzchni, wilgotności gruntu

### Rozdzielczość przestrzenna:

- Sensory wysokorozdzielcze np. Ikonos, QuickBird: 0,6 do 4 m
- Sensory satelitów środowiskowych: 4-1000m, WorldView 2: 4m, Landsat ETM+: 15-60m, Spot 10-1000m
- Sensory meteorologiczne: kilka km, np. MSG SEVIRI 1-3km, NOAA 1km

Przykład: Jeżeli chcemy zobaczyć pojedynczy dach to rozdzielczość przestrzenna powinna wynieść około 0.2m, a jeżeli stadion w Kapsztadzie to około 0.61m.

### Rozdzielczość czasowa:

- Czas, w jakim dany satelita jest w stanie dwukrotnie zobrazować dany obszar na Ziemi
- Dla satelitów meteorologicznych (Meteosat – 30 min)
- Dla satelitów Środowiskowych kilkanaście dni (Ikonos – 11 dni, Landsat – 16 dni)

### Rozdzielczość radiometryczna:

- Ilość poziomów szarości jaka może być zarejestrowana przez jeden piksel na obrazie
- Podawana w bitach
- Pojemność danych
- Im więcej bitów tym ten obraz więcej zajmuje na dysku, więcej poziomów szarości
- Etapy:
  1. Zapis danych sensora (w macierzy)
  2. Obraz w odcieniach szarości
  3. Przybliżenie (zoom)

### Dane wektorowe:

- Wektorowe:
  - Złożone z punktów, linii, poligonów
  - Można dowolnie powiększać obraz
  - Zajmują mało miejsca

- Metadane

### **Dane rasterowe:**

- Rasterowe:
  - Obrazy teledetekcyjne
  - Wielokanałowe
  - Najmniejszym elementem jest piksel
  - Zajmują dużo miejsca
  - Mają ograniczoną rozdzielczość przestrzenną
- Metadane

### **Zastosowanie:**

#### 1. Rolnictwo:

- a. Prognozowanie plonów
- b. Inwentaryzacja
- c. Analiza gleby
- d. Analiza kondycji
- e. Zmienność w obrębie pól
- f. Uszkodzenia upraw
- g. Ocena biomasy
- h. Obszary nawadniane

#### 2. Leśnictwo:

- a. Inwentaryzacja
- b. Kartowanie
- c. Analiza zmian
- d. Analiz kondycji lasów
- e. Analiza wylesień
- f. Mapy dróg leśnych
- g. Wysokość drzew (LiDAR)
- h. Analiza gatunków

#### 3. Geologia i górnictwo:

- a. Mapa litologiczna
- b. Mapa tektoniczna
- c. Analiza skażenia
- d. Analizy obszarów górniczych
- e. Wykrywanie złóż (dane hiperspektralne)

#### 4. Kartografia

- a. Mapy tematyczne
- b. Modele miast
- c. Inwentaryzacja infrastruktury
- d. DEM (Numeryczne Modele Tereny)
- e. Rozwój miast
- f. Planowanie miasta 3d

#### 5. Środowisko

- a. Użytkowanie i pokrycie terenu
- b. Hydrologia
- c. Mapy siedlisk
- d. Wykrywanie gatunków roślin
- e. Mapy gleb
- f. Mapy skażenia gleb
- g. Mapy skażenia wód
- h. Monitoring obszarów podmokłych
- i. Wykrywanie dzikich wysypisk
- j. Analiza skażeń
- k. Analiza pustynnienia

6. Zarządzanie kryzysowe

- a. Powódzie
- b. Przepuszczalność gruntu
- c. Temperatura wulkanów
- d. Osuwiska i ruchy masowe
- e. Analiza śniegu
- f. Pożary
- g. Wycieki ropy
- h. Sztormy, huragany
- i. Trzęsienia Ziemi

7. Badania morskie:

- a. Cielenie się gór lodowych
- b. Erozja wybrzeża
- c. Lokalizacja gór lodowych
- d. Przemieszczanie się lodu
- e. Przemieszczanie się statków
- f. Poszukiwanie łowisk
- g. Transport sedymentów
- h. Batymetria
- i. Rify koralowe
- j. Rośliny podwodne mapy frontów i prądów morskich

8. Bezpieczeństwo

- a. DEM
- b. Model miast

## Wykład 2 - 26.02.2016

**Rodzaje danych:** pomiary terenowe, dane lotnicze i satelitarne

Zależności:

➤ **Rozdzielczość czasowa, a przestrzenna**

Terrestrick survey	50 lat	0.1m
Aerial photographs	5 lat	1m
Satelite photographs	3 lata	5m
SPOT	26 dni	15m
Landsat TM	17 dni	30m

<b>NOAA</b>	12 h	1 km
<b>Meteosat</b>	30 min	5 km

Im dłuższy okres wykonania ponownego zobrazowania, tym rozdzielczość przestrzenna jest większa

➤ **Rozdzielczość przestrzenna, a liczba kanałów**

Im większa liczba kanałów, tym wyższa rozdzielczość przestrzenna

➤ **Rozdzielczość przestrzenna, a wielkość sceny**

Im wyższa rozdzielczość przestrzenna, tym większy rozmiar sceny

### **Poziomy przetworzeń danych satelitarnych**

- 0- Obraz pozyskany, surowe dane i brak korekcji
- 1- Korekcja geometryczna (parametryczna) <-> korekcja atmosferyczna
- 2- Produkt końcowy użytkownika ???

### **Bazy danych teledetekcyjnych:**

- Dane darmowe np.
  - Landsat
  - Modis
  - Noaa
  - Próbkki danych komercyjnych np. Hyperion, Aster
- Bazy danych
  - Glovis
  - Usgs
  - Earth explorer
  - LAADS

### **National aeronauticus and space administrtation NASA;**

- Działania od 1958
- badania kosmosu i powierzchni ziemi
- ok. 65 misji (obserwacji powierzchni Ziemi, pozyskiwanie oryginalnych danych, tworzenie produktów)
- przykładowa misja: Landsat

### **Misje NASA – obserwacje Ziemi:**

- atmosfera
- klimat
- geodynamika i ruchy kontynentalne
- grawitacja
- huragany
- pokrywa lodowa
- ziemia i roślinność
- oceany

- ozon
- słońce i jego wpływ na ziemie
- obieg wody
- pożary

#### **Wybrane produkty:**

- AVHRR
- Digital Elevation
- E01
- Landsat
- Nasa – Aster,modis,srtm
- Radar
- Spot
- Monitoring roślinności

#### **Advanced Very High Resolution Radiometer AVHRR (NOAA):**

- NOAA

Kanał 1 (0.58-0.68)	Dzienne obrazowanie chmur i lądów
Kanał 2	Granice między wodą i lodem
Kanał 3a	Wykrywanie śniegu i lodu
Kanał 3b	Nocne obrazowanie chmur
Kanał 4	
Kanał 5	
Każdy kanał ma zastosowanie	

- Rozdzielczość przestrzenna 1km

#### **AVHRR-dostępne produkty:**

- Advanced Very High Resolution Radiometer (Avhrr) 1-km, dane wielospektralne od 1979
- NDVI – kompozycje tygodniowe i dwutyg., 1-km, od 1989

#### **AVHRR:**

- Dla całej ziemi jeden obraz
- Wskaźnik roślinności ndvi
- Dodatkowe informacje o geometrii obrazu

#### **LANDSAT:**

- Earth Resources Technology Sattelite ERTS-1 (Landsat-1)
- 23 czerwca 1972
- od lutego 2013 działa landsat 8

#### **Landsat – produkty:**

##### **Archiwum obrazów – dane surowe**

- Landsat 8 OLI/TIRS
- Landsat ETM+



- Skaner:

	<b>MSS</b>	<b>TM (ETM)</b>	<b>OLI/TIRS</b>
<b>Przestrzenna</b>	80 m (240 term)	30m (60,120)	30m (100 term)
<b>Spektralna</b>	4 kanały	7 kanałów	11 kanałów
<b>Radiometryczna</b>	6 bitów	8 bitów	12 bitów
<b>czasowa</b>	18 dni	16 dni	16 dni

#### **Landsat produkty:**

- Archiwum obrazów – dane surowe
- Dane po korekcji atmosferycznej (po Landsat 4)

#### **Format danych – dane surowe:**

- LandsatLook „Natural Color” Image (4,8MB)
- LandsatLook „Thermal” Image
- LandsatLook „quality” – nie zawsze występują
- LandsatLook images with Geographic Reference
- Level 1 GeoTIFF Data Product (888.2MB) – od razu do ściągnięcia po zamówieniu, służy do przetwarzania

#### **Format danych Landsat:**

Landsat: \*.gzip, \*.g.rar

- TIF file – geotif
- GTF File
- txt
- GCP
- MTL

#### **ASTER:**

- format hdf.
- 14 kanałów
- NIR/SWIT/TIR

#### **Hyperion:**

- Sensor hiperspektralny na satelicie EO-1 – 21.11.2000
- Rozdzielczość radiometryczna 12 bitów
- 220 kanałów w zakresie od 357 do 2576 nm, szerokość kanałów 10 nm
- rozdzielczosc przestrzenna 30m
- rozdzielczosc czasowa 16 dni
- Produkty:
  - Standard Format (2582,MB)
  - L1R Product
  - L1T Product
  - Full Resolution JPEG

### **Advanced Land Imager (ALI)**

- Sensor wielospektralny na satelicie EO-1
- 10 kanałów w zakresie od ok 400 do 2500 nm
- rozdzielczość przestrzenna 30m i 10m
- rozdzielczość czasowa 16dni
- Produkty
  - Standard Format
  - L1T Product
- Full Resolution JPEG

### **Numeryczne modele terenu:**

- Numeryczna reprezentacja powierzchni terenu
- Określa wysokość punktów o konkretnych współrzędnych
- Odtwarza kształt – spadek, krzywizna, ekspozycja
- Dostępne źródła:
  - LiDAR (centralny ośrodek dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej)
  - SRTM (GLOVIS, EartEplorer)

### **LiDAR:**

- Technika wykorzystująca wiązkę promieniowania elektromagnetycznego o określonej długości fali do określenia położenia obiektów w przestrzeni
- Skaner laserowy wysyła silny impuls świetlny a następnie umieszczony w tym samym urządzeniu detektor rejestruje natężenie powracającej wiązki

### **LiDAR – DEM:**

- W formacie LAS
- Standardowy format do przechowywania trójwymiarowej chmury punktów
- 3 wymiary przestrzeni:
  - X (longitude)
  - Y
  - Z

### **SRTM:**

- Z danych radarowych, kanał (5,6cm)
- Dane rastrowe
- Około 30 metrowe dla USA
- Około 90 metrowy dla pozostałych obszarów

### **MODIS:**

- rozdzielczość spektralna: 36 kanałów, (0,4 mikrometrow do 14,4)
- rozdzielczość przestrzenna:
  - 250m : kanały 1-2
  - 500m: kanały 3-7
  - 1000m: kanały 8-36
- rozdzielczość czasowa:
  - 4 obrazy dzienne
- rozdzielczość Radiometryczna

- 12 bitów
- Na satelitach Terra i Aqua

#### **Stopnie przetworzenia danych MODIS:**

- poziom 0 (L0) – dane bez korekcji
- Poziom 1 (L1) = dane wstępnie przetworzone
- Poziom 2 – podstawowe dane tematyczne
- Poziom 3 - dane tematyczne w kompozycjach dobowych

#### **Produkty:**

- > mają określone kody i oryginalne nazwy np.

Nazwa	
MOD04	Aerosol Product - właściwości aerozolu atm.
MOD09	Skorygowany współczynnik odbicia
MOD10	Snow Cover – pokrywa śnieżna
MOD13	Wskaźniki roślinności
MOD14	Wykrywanie obszarów narażonych na pożary

#### **Europejska Agencja kosmiczna – ESA:**

- Współpraca od 1964
- 30 maja 1975
- 22 państwa członkowskie
- siedziba w Paryżu, kosmodrom w Gujanie Francuskiej
- od marca 2013 Polska jest członkiem
- 10 państw ubiegających się o członkostwo

#### **Misje ESA (1):**

- ENVISAT (2002 – 2012), największy zbudowany satelita
- 10 instrumentów do obserwacji lądu, atmosfery, lodu i oceanów
  - ASAR
  - MERIS
  - AATSR
  - instrument MERIS – 300 m, 15 kanałów (VIS-NIR) - obraz radarowy, pokrycie chmurami
- ERS:
  - ERS-1 (1991-2000) – wysokościomierz radarowy, pomiary temperatury powierzchni oceanów, wiatrów na morzu  
Np. możemy analizować anomalie poziomu morza – El Nino
  - ERS-2 (1995-2011) – dodatkowo instrument do pomiaru ozonu w atmosferze
- Earth Explorerers:
  - Niewielkie satelity o zawężonej tematyce

- Misje podstawowe: dane związane z grawitacją (GOCE, ADM, Biomass, Earth-care)
- Misje dodatkowe: wilgotność gleby, zasolenie oceanu (SMOS, CryoSAT)
- **SENTINEL:**
  - Wspólny program UE i USA
  - Umieszczenie na orbicie okołoziemskiej całej konstelacji satelitów służących do monitoringu środowiska
  - Każda z misji bazuje na konstelacji 2 satelitów mających pracować równocześnie → uzyskanie bardzo dokładnego pokrycia Ziemi
- **SENTINEL -1** (kwiecień 2014)- dane radarowe, 5m, kontynuacja satelitów ERS-1, ERS-2, Envisat. Badania morskie, arktyczne, leśne, sytuacje kryzysowe
- **SENTINEL - 2** (czerwiec 2015) – dane wielospektralne (rewizyta co 10 dni dla satelity, co 5 dla 2), zakres VIS i NIR, 10m, 20m 60m. Analiza pokrycia terenu, jego zmian, obliczanie wskaźników stanu roślinności, indeksów pokrywy śnieżnej, wskaźników ryzyka i skutków pożarów parametrów lasów, monitorowanie skutków powodzi . Kontynuacja SPOT i Landsat.
- **SENTINEL - 3** (luty 2016) -  
Instrument OLCI: 21 kanałów, 300m, monitoring oceanów  
Instrument SLSTR: 9 kanałów 500 m i 1 km. Monitoring obszarów morskich, poziomu wód, temperatury
- (przyszłość)**SENTINEL 4-5** – obserwacje atmosfery Ziemi, przekazywanie w czasie rzeczywistym informacji dotyczących jej składu chemicznego, zanieczyszczeń, zawartości ozonu i aerozoli. Informacje o chemicznym składzie atmosfery , w tym o gazach śladowych i cieplarnianych:
  - S 4 – orbita geostacjonarna, rewizyta co 1 godzina, zakres UV, VIS, NIR
  - S 5 – orbita heliosynchroniczna, rewizyta co 29 dni, zakres UV, VIS, NIR
- **SENTINEL 6** – wysokościomierz radarowy, obserwacje topografii oceanów, zmiany poziomu mórz, prądy, oceaniczne, prędkość wiatrów, zarządzanie strefami przybrzeżnymi, rewizyta co 10 dni

#### Misje ESA (2):

- Proba-V(maj2013) – sporządzenie globalnej mapy roślinności, 1km rozdzielczość przestrzenna produktu 1km
- PROBA-1 (CHRIS) – obrazy hiperspektralne o rozdzielczości 18m
- MSG Meteorological Second Generation (MSG-1, 2,3,4) – dane do analiz meteorologicznych, MSG-4 od 2015r., pozyskiwane co 15 minut
- MetOp (The Meteorological Operational Satellite programme)
- Belgijskie VITO – udostępnia dane MetOp-AVHRR, Envisat-Meris i Proba-V, bezpłatnie

#### Misje ESA (3):

- Misje innych krajów i instytucji wspierane przez ESA:
  - ALOS
  - Ikonos 2
  - Kompsat-2 koreański satelita, rozdzielczość przestrzenna 4 m (wielospektralne) i 1m (panchromatyczne)
- Copernicus GMES – program obserwacji Ziemi Copernicus:
  - UE we współpracy z ESA

- Od grudnia 2012 r. Nazwa GMES
- Wypracowanie metod zdalnego monitorowania stanu środowiska
- Dane pozyskane za pomocą satelitów i z pomiarach insitu
- Sześć głównych obszarów tematycznych:
  - Monitorowanie środowiska lądowego (Land Monitoring)
  - Monitorowanie środowiska morskiego (Marine Environment)
  - Monit stanu atmosfery
  - Sytuacje kryzysowe
  - Bezpieczeństwo (Security)
  - Zmiany klimatu (Climat Changes)

#### **Polska w kosmosie:**

- Przełom XV i XVI w. – Mikołaj Kopernik (o orbitach sfer niebieskich)
- Wiek później – Jan Heweliusz (konstrukcje przyrządów astronomicznych, obserwacje nieba)
- Kazimierz Siemienowicz – podstawy konstrukcji rakiet wielostopniowych
- XX w. – międzynarodowy program Interkosmos, współpraca ze Związkiem Radzieckim
- 1973 – satelita Kopernik 500 – pierwszy polski instrument do pomiarów promieniowania słońca
- 1976 – powołanie Centrum Badań Kosmicznych PAN

#### **Polska Agencja Kosmiczna (POLSA):**

- 26.09.2014
- wspieranie polskiego przemysłu kosmicznego przez polaczenie świata biznesu i nauki
- pomoc przedsiębiorcom w pozyskiwaniu funduszy z ESA
- działanie na rzecz rozwoju technik satelitarnych stosowanych w komunikacji, nawigacji, monitoringu środowiska, prognozowaniu pogody
- zwiększenie potencjału obronnego państwa przez wykorzystanie systemów satelitarnych
- siedziba w Gdańsku
- dotychczasowe działania:
  - współpraca międzynarodowa: umowy z Francją, Ukrainą i Włochami
  - współpraca konferencji naukowych i spotkań środowiska kosmicznego
  - współpraca z nauką i przemysłem dotyczącą przygotowania projektów...

#### **Polskie satelity:**

- PW-Sat – zbudowany przez studentów PW, 2012-2014
- LEM – 21.11.2013 – satelita astronomiczny należący do projektu BRITE, kooperacja kanadyjsko-austriacko-polska
- Heweliusz
- PW-Sat2 – projekt 2016

#### **PRZETWARZANIE DANYCH:**

**Surowy obraz** (bez przetworzeń) → element obowiązkowy: **korekcje** (kalibracja, korekcja atmosferyczna, korekcja topograficzna, korekcja słoneczna, rejestracja)

obrazu)→element fakultatywny: **wstępne przetwarzanie**(filtracja, usuwanie szumu, kompresja danych, wzmocnienie przestrzenne)→**analiza tematyczna** (transformacja danych, wskaźniki, teledetekcyjne, klasyfikacja)

## WIZUALNA ANALIZA DANYCH:

### Odróżnienie obiektów na obrazach:

- Dopasowanie odpowiedniego obrazu –wybór sensora
- Określenie, czy obiekt różni się od pozostałych – ma inne wartości odbicia

## Wykład 3 – 04.03.2016

### KOREKCJA GEOMETRYCZNA:

- Prowadzi do usunięcia błędów topologicznych obrazu oraz jego dowiązania do określonego układu współrzędnych
- Istnieją 3 układy współrzędnych:
  - Współrzędne płaskie – odwzorowanie kartograficzne które przedstawia powierzchnie ziemi na płaszczyźnie
  - Układ współrzędnych geograficznych – ma współrzędne elipsoidalne opisywane przez długość i szerokość geograficzna
  - Lokalne współrzędne – linie i kolumny zgodne z układem macierzy obrazu rastrowego
- Przekształcenie obrazu surowego tak, aby dla każdego piksela przypisane były współrzędne geograficzne a dla całego obrazu odwzorowanie

### Dystorsja (zniekształcenie) obrazu:

- Pozyskiwanie obrazów za pomocą systemów teledetekcyjnych przypisuje współrzędne bezpośrednio do obrazów( projekcja)
- Podczas pobierania obrazu mogą wystąpić zakłócenia co prowadzi do odchyień między rzeczywistym punktem na powierzchni ziemi i współrzędnymi punktu obrazu
- Przyczyny zależą od systemu pozyskiwania oraz środka transportu (samolot, satelita)

### Korekcja geometryczna – metody:

- Parametryczne – na podstawie parametrów sensora
  - Urządzenie – obraz – rzeczywistość
- Nieparametryczna – na podstawie innych materiałów
  - Wykorzystuje się inny obraz lub mapę jako dane do porównania
  - Wykorzystywane są terenowe punkty kontrolne(GCP)

### Jak wygląda korekcja geometryczną?

- Nadanie georeferencji
- Punkty na obrazie oraz odpowiadające im punkty referencyjne przedstawione za pomocą współrzędnych

- Punkty referencyjne określone przy użyciu odbiornika GPS w terenie lub na mapach (skrzyżowania ulic, mosty nad wodą, itp.)
- Wyznaczone punkty połączone z identycznymi miejscami na nie posiadającym georeferencji obrazie

#### **Transformacje obrazów:**

- Punkty kontrolne, równomiernie rozłożone na obrazie
- Za pomocą funkcji piksele obrazu zniekształconego są przeniesione i zastosowane do układu współrzędnych obrazu referencyjnego

**Resampling** – ponowne przeliczenie wartości pikseli, interpolacja jasności pikseli wynikowych na podstawie danych źródłowych

#### **KOREKCJA RADIOMETRYCZNA**

##### **Etapy korekcji radiometrycznej:**

1. Usunięcie błędów radiometrycznych
2. Kalibracja detektorów
3. Korekcja atmosferyczna
4. Korekcja słoneczna
5. Korekcja topograficzna

##### **Usunięcie błędów radiometrycznych:**

- Usunięcie dystorsji radiometrycznych
- Wynikają z :
  - Niejednakowego przenoszenia sygnału – błędne linie lub piksele
  - Błędów transmisji danych – prążkowanie

##### **Kalibracja detektorów:**

- Niweluje błędy radiometryczne spowodowane wadami sensora, zmianami kąta skanowania, geometrią sensora, szumów spowodowanych działaniem sensora
- Przelicza z wartości radiometrycznych DN(digital number) na wartości radiancji, a potem na wartości odbicia
- Radiancja – ilość natężenia promieniowania padającego w danym kierunku
- Uwzględnia:
  - Maxymalne i minimalne wartości DN
  - Najniższa i najwyższa wartość radiancji spektralnej na poziomie satelity

##### **Przeliczenie radiancji na współczynnik odbicia:**

- radiancja
- Odległość Ziemia –Słońce
- Średnie natężenie promieniowania na poziomie górnej granicy atmosfery
- Kat zenitalny słońca wyrażony w stopniach

#### **KOREKCJA ATMOSFERYCZNA**

##### **Wpływ atmosfery na rejestrowane promieniowanie elektromagnetyczne**

- Odbicie od chmur, itp.

- W atmosferze znajdują się gazy, pyły oraz większe cząstki, które pochłaniają lub rozpraszają promieniowanie
- Bilans energii słonecznej, promieniowanie słoneczne padające:
  - 50% absorbowane przez pow. ziemi
  - 20% odbite od chmur
  - 20% absorbowane przez atmosferę i chmury
  - 6% odbite od atmosfery
  - 4% odbite od pow. ziemi
- Niewiele promieniowania dochodzi do pow. ziemi i tylko część z tego jest odbita i dochodzi do sensora

#### **Okna atmosferyczne:**

- Przedziały spektrum, które przenikają atmosferę nazywane są oknami atmosferycznymi
- Zniekształcenia i zakłócenia sygnału – część promieniowania zostaje rozproszona, pochłonięta oraz odbita od substancji w atmosferze. Część tego odbicia jest rejestrowana przez sensor, wprowadzając zniekształcenia

#### **Rodzaje korekcji radiometrycznej:**

- Pełna korekcja radiometryczna: zmiana DN na wartości współczynnika odbicia na powierzchni ziemi:
  - Kalibracja detektora
  - Korekcja atmosferyczna
- Normalizacja, czyli dostosowanie wartości radiometrycznych porównywanych obrazów satelitarnych: dopasowanie rozpiętości radiometrycznych obrazów przez wykorzystanie parametrów statystycznych (właściwości, wielkości odbicia) obszarów stabilnych pod względem radiometrycznym

#### **Metody korekcji atmosferycznej:**

- Bezwzględne:
  - Opierające się na modelowaniu atmosfery i parametrach atmosferycznych w czasie wykonywania obrazu
- Względne (najczęściej normalizacja):
  - Bazujące na informacji zawartej w obrazie
  - Wykorzystujące pomiary terenowe

#### **Metody względne przeprowadzania korekcji atmosferycznej:**

- Porównywane są wartości na obrazie analizowanym do innego obrazu lub pomiaru terenowego, wykonanego w tym samym czasie i w tych samych zakresach spektralnych
- Metody mogą być zastosowane wyłącznie do konkretnego analizowanego obrazu. Usuwają wpływ atmosfery, bez badania jej stanu
- Nie nadają się do usuwania zachmurzenia ani zamglenia
- Dane wyjściowe to względny współczynnik odbicia

#### **Internal Average Relative Reflectance – algorytm wewnętrznego uśredniania odbicia względnego:**

- Bardzo podstawowe narzędzie
- Obliczana jest średnia ze wszystkich wartości jasności pikseli dla danego kanału



- Następnie wartość każdego piksela jest dzielona przez tą średnią
- Nie wymaga żadnego definiowania od użytkownika

### **Dark Object Subtraction (DOS):**

- Nie wymaga dodatkowych danych, w tym terenowych
- Wykorzystywane są obiekty jak najbardziej zbliżone do ciała doskonale czarnego, które pochłaniają jak najwięcej promieniowania np. Głęboka, czysta woda lub głęboki cień
- Wartość tego piksela powinna być równa 0, bo w tym miejscu pochłaniane jest całe promieniowanie
- Następnie sprawdzana jest wartość współczynnika odbicia dla tego obiektu dla każdego kanału
- Odczytana wartość należy odjąć od wartości pikseli na całym obrazie dla wszystkich kanałów
- + możemy sami szukać najciemniejszych obiektów lub automatycznie, należy wyeliminować tło (bo jest czarne)

### **KOREKCJA SŁONECZNA**

- Korekcja wpływu położenia Słońca
- Uwzględnia nachylenie i kierunek opadania promieni słonecznych
- Uwzględnia zmienność oświetlenia wzdłuż linii lotu satelity i zmian między kątem widzenia sensora i kątem padania promieni słonecznych
- Pozwala na porównanie w różnych porach roku

### **KOREKCJA TOPOGRAFICZNA:**

- Usuwa wpływ deniwelacji zacienienia
- Na obszarach o różnym nachyleniu usuwa różne oświetlenie stoków
- Przydatna do terenów górskich i zurbanizowanych

### **Dlaczego należy przeprowadzać korekcje radiometryczną/atmosferyczną?**

- Obrazy z różnych terminów rejestracji mają inne wartości ze względu na zmiany oświetlenia, warunki atmosferyczne
- Obrazy z różnych obszarów, nawet położonych blisko siebie, różnią się charakterystykami atmosfery (różna topografia, topoklimat)
- Stan atmosfery wpływa na absorpcje i rozpraszanie promieniowania oraz stan detektorów skanerów dokonujących rejestracji danych satelitarnych

### **Co może spowodować pominięcie korekcji?**

- Błędy w analizach ilościowych
- Utrudnienie porównania serii danych wieloczasowych
- Utrudnienie porównania pomiarów radiometrycznych naziemnych i pomiarów satelitarnych lub lotniczych
- Utrudnienie przy porównywaniu sygnatur spektralnych (informacja o odbitym promieniowaniu w czasie i/lub przestrzeni)
- Zmniejszenie dokładności klasyfikacji obrazów

## Wykład 4 – 11.03.2016

### Formaty zapisu danych rastrowych:

- BSQ – band sequential, format zapisu obrazu z sekwencją kanałów dla 4 przykładowych kanałów (niebieski, zielony, czerwony i bliska podczerwień) Zapisuje każdy zakres spektralny w osobnym pliku.
- BIL – band interleaved by line, format zapisu obrazu z przeplotem linii dla 4 przykładowych kanałów (niebieski, zielony, czerw, blisk podcz) Zapisuje w jednym pliku kolejne wiersze zarejestrowane w poszczególnych zakresach spektrum.
- BIP- zapisuje wartości kolejnych pikseli w poszczególnym kanale, band interleaved by pixel, format zapisu obrazu z przeplotem pikseli dla 4 przykładowych kanałów (niebieski, zielony, czerw, bliska podczerwień)

### Wstępne przetwarzanie obrazów:

- Filtrowanie danych
- Transformacje
  - Usuwanie szumów – analiza składowych głównych PCA
  - Analiza obrazów – Tasseled Cap
- Wzmocnienie przestrzenne

### Filtrowanie danych:

- Akcentowanie lub usuwanie informacji
- Do usuwania szumów, wyodrębniania granic i konturów obiektów, zwiększenia ostrości obrazu
- Do obliczania nowej wartości piksela brane są pod uwagę wartości punktów z jego otoczenia
- Każdy piksel z otoczenia wnosi swój wkład – wagę podczas przeprowadzania obliczeń
- Wagi zapisywane są w postaci kernela (okna)

#### *W jaki sposób to się odbywa?:*

- Zastosowanie specjalnego okna przesuwanego w obrazie pierwotny wzdłuż wierszy – kolumna po kolumnie. Na podstawie wszystkich pikseli z okna obliczana jest wartość jasności tylko jednego piksela obrazu wynikowego
- Nie ma możliwości wliczenia jasności dla wierszy i kolumn skrajnych

### Filtr uśredniający:

- Najprostszy rodzaj filtracji uśrednienie jasności obrazu
- Nowa wartość piksela obliczana na podstawie wartości piksela w ruchomym oknie filtra uśr.... (wartości z sąsiedztwa???)

### Częstotliwość przestrzenna:

- Wynika z liczby zmian wartości jasności na danym odcinku obrazu
- Obraz zawiera wysokie częstotliwości gdy na krótkich jego odcinkach następują duże zmiany jasności pikseli

### Filtr górnoprzepustowy:

- Tłumi niskoczęstotliwościowe elementy obrazu, wzmacnia natomiast elementy o wysokich częstotliwościach (szczegóły)

- Małe jasności stają się jeszcze mniejsze a duże zwiększają się
- Wynikiem jest podkreślenie elementów obrazu o dużej częstotliwości poprzez zwiększenie ich jasności
- Efektem jest zwiększenie kontrastu poprzez podkreślenie ostrych krawędzi obiektów

#### **Filtr dolnoprzepustowy:**

- Rozmycie obrazu
- Do usuwania szumów
- Usuwa elementy o wysokiej częstotliwości – szczegóły
- Przepuszcza elementy o niskiej częstotliwości – ogólne kształty
- Wykorzystywany do eliminacji zakłóceń

#### **Filtr kierunkowy:**

- Wykrywanie krawędzi w określonym kierunku
- Analiza określonego kąta
- Wzmacnia cechy obrazu, które mają określony kierunek
- Obszary o jednolitych wartościach pikseli są zerowane, natomiast te, które są zmienne są przedstawione jako jasne krawędzie

#### **Medianowy:**

- Do usuwania zakłóceń punktowych typu pieprz i sól
- Wartość centralnego piksela obrazu wynikowego ustalana jest jako mediana – liczba środkowa w szeregu pikseli, uporządkowanych wg wartości
- Usuwa szum

#### **Kompresujący, erozyjny:**

- Wybranie z okna piksela o najmniejszej wartości w obrębie okna
- Obniża wartości pikseli na obrazie
- Erozja obrazu – zmniejszenie wielkości obiektów

#### **Openig:**

- Wygładzanie konturów, usunięcia wąskich obiektów, połączenie obiektów, przylegających, eliminacja małych obiektów
- Zmniejszenie wartości pikseli
- Erozja obrazu i rozszerzenie obiektów

#### **Closing:**

- Wygładzanie konturów, łączy wąskie przerwy i długie cienkie wcięcia między obiektami, eliminuje luki
- Działa jak filtr openig z końcową erozją
- Erozja obrazu, rozszerzenie, erozja
- + „rozmywa informacje”

#### **Transformacje obrazów:**

- Do analizy obrazów
- Usuwanie szumów

- Eksponowanie cech obiektów

## **ANALIZA GÓWNYCH SKŁADOWYCH**

### **Transformacja składowych głównych (Principal Component Analyses)**

- Statystyczna metoda analizy
- PCA tworzy nowe nieskorelowane ze sobą kanały
- Niezależne od długości fali
- Utworzone obrazy – główne składowe, pierwsze składowe zawierają najwięcej informacji
- Usuwa szum

#### **PCA:**

- Przesunięcie i obrót układu współrzędnych
- Osie głównych składowych dobierane są tak aby wyznaczały kierunki o największej zmienności wartości pikseli.
- Pierwsza os (PC1) – os wyrównująca zbiór danych, wzdłuż kierunków największej wariancji, 2 jest prostopadła (PC2)
- W nowym układzie współrzędnych dane nie są już ze sobą skorelowane

Transformacja składowych głównych

### **Transformacja Tasseled Cap:**

- Do analiz wegetacyjnych
- Stosowana do danych wielospektralnych, głównie Landsat
- Wszystkie kanały redukowane są do 3 kanałów
- Kanały są pozbawione szumów zakłócających odbiór
- Transformacja jest liczona na podstawie matematycznej kombinacji 6 kanałów
- Tworzone są trzy kanały:
  - Brightness – jasność obrazu, najczęściej określa gleby i odkryte powierzchnie
  - Greenness – „zieloność”, do wykrywania wegetacji
  - Wetness – wilgotność, określa dla gleby i roślinności jednoczenie

#### **Poszczególne kanały TC:**

- Kanał greenness – jasne piksele reprezentują wysoki stopień pokrycia roślinnością oraz dużą ilość zielonej biomasy
- Kanał brightness – najjaśniejsze obszary charakteryzują się dużym odbiciem przeważnie są to obszary antropogeniczne, skały, odkryte gleby, itp.
- Kanał wetness – najwyższe wartości wskazują obszary najbardziej wilgotne

Po zastosowaniu TC łatwiejsza jest analiza rozwoju roślinności i wilgotności gleb

## FUZJA OBRAZÓW (DATA FUSION)

**Data fusion** – łączenie danych obrazowych, ma na celu uzyskanie nowej informacji z dostępnych źródeł danych obrazowych

## WZMOCNIENIE PRZESTRZENNE (PANSHARPENING)

### **Wzmocnienie przestrzenne:**

- Zwiększenie rozdzielczości przez połączenie obrazów z mniejszej z kanałem o większej rozdzielczości przestrzennej
- Wynikiem jest obraz wielospektralny o wyższej rozdzielczości
- Do zwiększenia możliwości odróżniania i rozpoznawania obiektów i zjawisk i wizualizacji
- Dopasowanie histogramów obrazu panchromatycznego i kanału, pod który podstawiany jest obraz panchromatyczny

### **Wzmocnienie przestrzenne kompozycji RGB:**

#### IHS (Intensity, Hue, Saturation)

- 3 wybrane kanały spektralne transformuje się z modelu barw RGB do modelu barw IHS
- rozdzielenie informacji przestrzennej w postaci I (jasności) do informacji spektralnej w postaci obrazów H (barwa) i S (nasycenie)
- w 2 kroku za składowa I podstawia się obraz panchromatyczny o wyższej rozdzielczości po czym następuje transformacja powrotna do modelu barw RGB
- wiele modyfikacji metody

#### PCA:

- zasada działania podobna jak w przypadku IHS
- transformacja z oryginalnej przestrzeni kanałów do nowej przestrzeni – tym razem głównych składowych
- następnie dokonuje się podmiany kanałów niosących informację przestrzenną i przeprowadza się transformację odwrotną
- nie tylko 3 ale więcej kanałów
- zastąpienie pierwszej głównej składowej (PC1)

#### **Metoda HPF:**

- high – pass filter
- zastosowanie filtra górnoprzepustowego na obrazie panchromatycznym
- zakłada się, że tego typu filtracja usuwa większość informacji spektralnej, pozostawiając przede wszystkim informację wysokoczęstotliwościową, które głównie odnoszą się do informacji przestrzennej

#### **Ocena jakości wzmocnienia przestrzennego:**

- analiza wizualna
- analizy statystyczne, np. Średni błąd kwadratowy

## Wykład 5 – 18.03.2016

Klasyfikacja obrazów – podział danych na kategorie, analiza pokrycia terenu, wykrywanie pogorzelisk, powodzi, użytkowanie ziemi itp.

Teledetekcja tematyczna – klasyfikacja

Teledetekcja ilościowa – modelowanie np. Powierzchnia listowia, biomasa, zawartość wody

### **Klasyfikacja danych rastrowych:**

- grupowanie danych na podstawie jednej lub kilku cech (wartości odbicia)
- celem jest wyodrębnienie poszczególnych obiektów na danym obrazie
- klasyfikacja danych rastrowych to określenie przynależności piksela/klastra do określonej, zdefiniowanej grupy obiektów – klasy
- podstawą są wartości liczbowe pikseli zapisane w kanałach w postaci spektralnej

### **Przestrzeń spektralna (cech):**

- wartość odpowiedzi spektralne dla kilku różnych zakresów promieniowania
- obiekty należące do tej samej klasy mają podobne charakterystyki spektralne co w interpretacji geometrycznej oznacza, że ich piksele w przestrzeni cech tworzą skupienia

### **Etapy klasyfikacji cyfrowej:**

1. wstępna analiza i wybór metod
2. wybór danych wejściowych wzmocnienie obrazu
3. wzmocnienie obrazu
4. klasyfikacja
5. procesy poklasyfikacyjne
6. ocena dokładności

### **Wstępna analiza i wybór metod:**

- cel klasyfikacji
- ograniczenia posiadanych danych (rozdzielczości)
- ograniczenia i wymagania poszczególnych metod klasyfikacji
- wybór metody

### **Cel klasyfikacji:**

- po co wykonywana jest klasyfikacja
- jaki obszar jest analizowany
- ile i jakiego rodzaju klasy?
- Jaki rodzaj danych mamy?
- Oczekiwania odbiorcy
- Koszty
- Czas

### **Ograniczenia danych:**

1. Charakterystyka używanych danych
  - a. Rozdzielczość
2. Specyfikacja finalnej mapy
  - a. Format mapy wyjściowej (raster/wektor)
  - b. Najmniejsza jednostka
3. Specyfika analizowanego obszaru
  - a. Strefa klimatyczno-roślinna
  - b. Rodzaj pokrycia terenu
4. Dostępność dodatkowych danych
  - a. Mapy
  - b. Dane do wprowadzenia poligonów testowych i referencyjnych
  - c. Dane terenowe

#### **Specyfika analizowanego obszaru:**

- Zróżnicowanie geograficzne
  - Urbanizacja
  - Strefa klimatyczna
  - Szerokość geograficznaPodział na podregiony
- Opłacalność analizy
  - Szybkość klasyfikacji (przetwarzania i przygotowania)
- Pokrycie terenu – wstępne rozpoznanie
  - Mapy/obrazy/zdjęcia
- Miksele

#### **Wybór danych wejściowych:**

- Dopasowanie danych wyjściowych do celu klasyfikacji
- Określenie rozdzielczości
- Do ustalenia:
  - Czy dane pozwolą na zidentyfikowanie założonych obiektów (czy są kanały, gdzie są różnice w odbiciu między obiektami)
  - Korekcja obrazu
  - Dodatkowa informacja do określania pól treningowych
  - Pomiary w terenie

#### **Dodatkowe dane wejściowe:**

- Ciągłe
  - Wysokość
  - Nachylenie
  - Wskaźniki
- Klasy
  - Gleba
  - Użytkowanie terenu
  - Itp.
- Rozdzielczość przestrzenna

#### **Wzmocnienie klasyfikowanego obrazu:**

- Zwiększenie rozdzielczości przestrzennej

- Zmiana rozdzielczości spektralnej
- Likwidacja szumów = filtracja

### **Klasyfikacja:**

- Wybór metody klasyfikacji
- Faza treningowa – selekcja danych wzorcowych
- Klasyfikacja obrazu

### **Miksele:**

- a) Obecność małych elementów na pikselach
- b) Granice ciągłych klas pokrycia terenu
- c) Stopniowe przejście między klasami pokrycia terenu
- d) Udział obszarów poza obszarem reprezentowanym

### **Różnice między klasyfikacjami:**

<b>PIKSELOWA</b>	<b>OBIEKTOWA</b>
Bazuje na wartościach pikseli	Oprócz wartości pikseli użytkownik może uwzględnić np. Sąsiedztwo klas, kształt segmentów
Jeden etap	wieloetapowa
Klasyfikowanie małych grup pikseli (sól i pieprz), często wymaga użycia filtrów	Brak wyizolowanych pikseli

### **Podjęcie obiektowe:**

- Podobne do interpretacji wizualnej
- Rozmiar i kształt
- Jednorodność obiektów
- Relacje z otoczeniem

### **Rodzaje klasyfikacji**

#### **Kategorie:**

- 1) Typ uczenia:
  - a) Nadzorowana
  - b) nienadzorowana
- 2) Założenia dotyczące dystrybucji danych
  - a) Parametryczna
  - b) Nieparametryczna
- 3) Rodzaj danych wyjściowych – ilość informacji dla jednej jednostki
  - a) Twarda
  - b) Miękka

### **Określenie pól treningowych:**

- Pola treningowe określające klasy, jakie występują na obszarze
- Musza w jednoznaczny sposób definiować klasę
  - Obszar najbardziej charakterystyczny
  - Najlepiej, żeby jedną klasę reprezentował więcej niż jeden poligon
- Obszary testowe zaznaczane są na obrazie, mogą bazować
  - Na klasyfikacji nienadzorowanej
  - Informacji terenowej



- Interpretacji wizualnej
  - Na bibliotekach spektralnych
- Na podstawie pól treningowych są tworzone sygnatury
  - Sygnatury parametryczne: dla pól treningowych obliczane są parametry statystyczne (średnia, odchylenie standardowe)
  - Sygnatury nieparametryczne: wyznaczane są w przestrzeni cech, nie są obliczane dla nich normalne parametry statystyczne
- Pola treningowe dla każdej z klas powinny być od siebie niezależne

## **Metody klasyfikacji: twarda i miękka**

### 1) Twarda:

- Obrazem wynikowym zawsze jest jeden obraz z określonymi klasami
- Jeden piksel przynależy do jednej klasy

### 2) Miękka:

- Każdy piksel ma określony procent prawdopodobieństwa przynależności do danej klasy
- Każdy piksel może należeć do więcej niż jednej klasy

### IsoData:

- Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique
- Klasyfikacja nienadzorowana
- Dzieli obraz na klasy ze względu na podobieństwo spektralne pikseli
- Użytkownik określa liczbę klas i parametry definiujące zakończenie klasyfikacji: liczbę iteracji lub maksymalny dopuszczalny procent pikseli zmieniających klasę
- Klasyfikacja najczęściej używana jako wstępna i wtedy, gdy nie ma dokładnych informacji o terenie

### IsoData:

- 1 iteracja – algorytm równomiernie rozdziela piksele. Czarne kropki – centra klas
- na skutek nierównomiernego rozłożenia pikseli w przestrzeni spektralnej dla każdej klasy obliczane są wartości średnie – nowe środki klas. Piksele przyporządkowywane do najbliższej klasy
- procedura zatrzymuje się, gdy liczba zmian przyporządkowania pikseli jest mała lub zostanie wykonana dopuszczalna liczba zmian

## **Klasyfikacja najmniejszych odległości (minimum distance):**

- przydziela piksele do klasy na podstawie odległości piksela od obliczanego środka klasy
- nie występują piksele niesklasyfikowane
- nie uwzględnia zmienności w obrębie klas

## **Metoda odległości Mahalanobisa:**

- podobna jest do algorytmu najmniejszych odległości
- bierze pod uwagę macierz kowariancji pikseli w poszczególnych klasach, uwzględnia miarę rozproszenia wewnątrz klasy (odchylenie standardowe obliczane na podstawie poligonów testowych)

- lepsza w przypadku obszarów o znacznym zróżnicowaniu (tereny zurbanizowane)

### **Największego prawdopodobieństwa (maximum likelihood):**

- obliczana z sygnatur funkcja prawdopodobieństwa- określa prawdopodobieństwo wystąpienia pikseli o określonej jasności w każdej z klas
- w przypadku znajomości terenu, możliwe jest nadanie poszczególnym klasom odpowiednich wag
- klasyfikacja bierze pod uwagę:
  - łączne prawdopodobieństwo
  - zmienność (miarę rozproszenia)
  - odległość od środka klasy

### **Procesy poklasyfikacyjne:**

- generalizacja(MMU – Minimum Mapping Unit)
- usunięcie efektu soli i pieprzu – eliminacja poligonów małych określonej wielkości
- połączenie klas, które są do siebie zbliżone (agregacja klas)
- analizy:
  - mniejszości – uwypukla szczegóły
  - większości – generalizacja obrazu, gdzie pojedyncze piksele lub ich grupy są dołączone do największego poligonu w sąsiedztwie
- ponowne sklasyfikowanie małych poligonów z wybranych klas
- usunięcie klas o małej powierzchni
- usunięcie wyizolowanych pikseli bez dołączenia do określonej klasy

**Majority analysis** – generalizacja, usuwanie pojedynczych pikseli, wygładzenie granic

**Minority analysis** - ....

### **Sieve classes:**

- do wyizolowanych pikseli
- odsiewa piksele pojedyncze (lub o małej liczbie) i przekształca je w niesklasyfikowane
- analizowanie jest sąsiedztwo 4 lub 8 pikseli
- jeśli...

Konwersja do formatu wektorowego

### **Ocena dokładności:**

- weryfikacja wyników klasyfikacji odbywa się przez porównanie obrazu sklasyfikowanego z danymi bezbłędnymi (dane referencyjne)
- źródła danych referencyjnych:
  - pomiary terenowe
  - część danych treningowych nie użytych do klasyfikacji
  - losowo rozrzucone punkty
- program sprawdza ile pikseli zostało poprawnie sklasyfikowane – powstaje macierz błędów
- do oceny dokładności używane są charakterystyki liczbowe

**Dokładność:**

- dokładność całkowita (overall accuracy) obliczana przez sumowanie liczby pikseli sklasyfikowanych poprawnie podzielonej przez liczną liczbę pikseli na obrazie
- współczynnik Kappa – pokazuje proporcjonalną redukcję błędów w porównaniu do klasyfikacji przeprowadzonej losowo
- macierz błędów – obliczana na podstawie porównania każdego sklasyfikowanego piksela....

**Dokładność użytkownika i producenta:**

- Dokładność producenta dla klasy - liczba pikseli poprawnie zaklasyfikowanych do klasy / łączna liczba pikseli w klasie wzorcowej (liczba pikseli, ...)
- dokładność użytkownika dla klasy – liczba pikseli poprawnie zaklasyfikowanych do klasy / liczba pikseli w klasie wg klasyfikacji (weryfikowanej)

**Wykład 6 – 01.04.2016****Teledetekcyjne badania roślinności:**

- analiza jak rośliny odbijają, pochłaniają i przepuszczają promieniowanie
- kartowanie roślinności
- analiza roślinności z użyciem teledetekcyjnych wskaźników roślinności
- modelowanie
- badanie kondycji roślinności
- rolnictwo precyzyjne

Widzialna część promieniowania (0,4 – 0,7 mikrometrów) jest kontrolowana przez pigmenty w chloroplastach. Kolory pigmentów są determinowane przez odbicie fal, Chlorofil jest głównym absorberem promieniowania w zakresie VIS (zielony pigment). Kardenoidy (żółto-pomarańczowo-czerwony barwnik, odpowiedzialny za kolor niektórych kwiatów owoców) ksantofile (kolor liści jesienią)

**Krzywa odbicia spektralnego:**

- „red edge” –krawędź czerwieni
- strefa przejściowa pomiędzy zakresem czerwonym a NIR
- wyznacza granice pomiędzy pochłanianiem przez chlorofil w zakresie widzialnym a wysokim odbiciem związanym ze strukturą komórkową w zakresie NIR
- Zakresy wykorzystywane w wielu wskaźnikach roślinności (np. NDVI, NDVI705, mNDVI705).
- Właściwości optyczne w zakresie NIR (0,7-1,3 mikrometrów) są wyjaśniane przez strukturę liści
- Komórki gąbczaste mezofilu wewnątrz liści silnie odbijają promieniowanie NIR
- Intensywność odbicia jest często większa dla roślinności niż materiałów nieorganicznych

(wysoki współczynnik odbicia dla liści z wyjątkiem 2 głównych pasm absorpcji związanych z wodą (0,96 i 1,1 mikrometrów)

- Obszar środkowej podczerwieni (1,301-2,5 mikrometrów) zawiera informacje dotyczące absorpcji promieniowania przez wodę, celulozę i ligniny i innych składników biochemicznych
- Pozwala na identyfikację stresu roślinności związanego z jej wysuszeniem

### **Krzywa odbicia spektralnego a teledetekcyjne wskaźniki roślinności:**

- Teledetekcyjne wskaźniki roślinności są miarami, które porównują odbicie w więcej niż jednym kanale spektralnym
- Są ściśle związane z parametrami biofizycznymi roślin i charakterystykami wegetacji

### **Teledetekcyjne wskaźniki roślinności – grupy:**

1. Pomiar ogólnego wigoru roślin – **Broadband Greenness**
  - Najprostsze wskaźniki mierzące ogólną wielkość wegetacji oraz wigor roślin
  - Kanały widzialne i bliska podczerwień
  - Normalized Difference Vegetation Index(NDVI), Simple Ratio Index(SR), EVI – Enhanced Vegetation Index, ARVI – Atmospherically Resistant Vegetation Index
  - **NDVI:**
    - Przyjmuje wartości od -1 do 1
    - Dla roślin zielonych optymalna wartość w przedziale od 0,2 do 0,8
    - Iloraz różnicy odbicia w kanałach bliskiej podczerwieni oraz czerwonym do sumy odbicia w tych kanałach
    - $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$
2. Pomiar zawartości i struktury chlorofilu – **Narrowband Greenness:**
  - Wrażliwe na koncentrację chlorofilu, powierzchnię, zawartość liści oraz ich strukturę
  - Wykorzystywany zakres promieniowania 690-740 nm
  - NDVI705, mSR705, mNDVI705, VOG1...
  - **Red Edge Normalized Difference Vegetation Index:**
    - Modyfikacja NDVI
    - Różni się wykorzystanymi długościami fal zawierającymi się w paśmie bliskiej podczerwieni na „krawędzi” z pasmem czerwony (red edge)
    - Stosowany przy danych hiperspektralnych, wykorzystuje się go do planowania upraw, monitorowania lasów, wykrywania stresu wodnego roślin
    - Osiąga wartości od -1 do 1 gdzie optimum dla roślin zielonych od 0,2 do 0,9
3. Pomiar ilości światła jakie wykorzystują rośliny w procesie fotosyntezy **Light Use Efficiency**
  - Stosunek odbicia w zakresie widzialnym w zależności od ??????????
  - **Structural Independent Pigment Index:**
    - Wrażliwy na zawartość chlorofilu i karotenoidów
    - Stosuje się go do monitorowania kondycji roślin, wykrywania stresu roślinności oraz szacowania wielkości plonów
    - Przyjmuje wartości od 0 do 2 przy czym dla roślin zielonych od 0,8 do 1,8

#### 4. Pomiar zawartości azotu - **Canopy Nitrogen**

- NDNI
- Pomiar ilości węgla zawartej w suchej masie celulozy i ligniny – Dry or senscent Carbon
- NDLI
- Cellulose Absorption Index:
  - Służy do obliczania ilości suchej biomasy reprezentowanej głównie przez celulozę
  - Wykorzystuje się go do badania produktywności roślin
  - Wartości od -3 do ponad 4 gdzie zakres dla roślin zielonych zazwyczaj od -2 do 4

#### 5. Pomiar karotenoidów (pigmentów) – **Leaf Pigments**

- Wskaźniki mierzące zawartości pigmentów związanych ze stresem roślin
- CRI1, CRI2, ARI1, ARI2

#### 6. Pomiar zawartości wody w pokrywie roślinnej – **Canopy Water content**

- WBI, NDII, MSI,
- Moisture Stress Index:
  - Wrażliwy na wzrost zawartości wody w liściach
  - Wrażliwość ta spowodowana jest silną absorpcją fal od długości 1599 nm
  - Zastosowanie w badaniach stresu wodnego zagrożenia pożarowego produktywności oraz fizjologii ekosystemu
  - Wartości od 0 do ponad 3, optymalny zakres dla roślin to 0,4 – 2

### **ANALIZA ZMIAN**

#### **Badanie zmian na obrazach:**

- Analiza zmian pozwala na wyszczególnienie różnic pomiędzy 2 obrazami
- Wykrywa, opisuje i mierzy zmiany ilościowe oraz jakościowe, jakie zaszły w analizowanym czasie lub pomiędzy 2 zjawiskami na tym samym terenie

#### **Zmiany:**

- Zagospodarowanie terenu
- Inne czynniki:
  - Zmiany warunków atmosferycznych
  - Zmiany kąta padania promieni słonecznych
  - Różnice w wilgotności gleby
  - Fenologiczny cykl wegetacji
  - Cykl hydrologiczny
- W przypadku badania zmian zagospodarowania konieczne jest wyeliminowanie innych czynników

#### **Dane źródłowe:**

- Rozdzielczość czasowa badań
- Dobór odpowiedniego sensora lub sensorów
- Rozdzielczości: radiometryczna, przestrzenna, spektralna
- Obszar badań

**Korekcja:**

- Na ogół niemożliwe jest uzyskanie zobrazowań w identycznych warunkach
- Konieczna jest korekcja atmosferyczna lub normalizacja radiometryczna

**Rodzaje badania zmian:**

1. Analizy wizualne
2. Metody algebraiczne
3. Transformacje
4. Klasyfikacje
5. Zastosowanie systemów informacji przestrzennej
6. Modele
7. Inne podejścia

**Interpretacja wizualna:**

- Użycie kompozycji barwnych
- Analiza wizualna zmian
- Bardzo czasochłonna procedura
- Wymaga wiedzy interpretatora
- Eliminuje problem korekcji różnego rodzaju danych

Wylesianie, pożary

**Działania algebraiczne:**

- Działania na wartościach pikseli obrazów wieloczasowych:
  - Różnica obrazów
  - Stosunek wartości obrazów – dzielenie obrazów
  - Regresja obrazów – znalezienie zależności między 2 obrazami, a następnie przekształcenie za pomocą równania regresji
- Odejmować i dzielić można wartości w kanałach i wskaźniki

**Różnica obrazów:**

- Odjęcie wartości odbicia promieniowania elektromagnetycznego zarejestrowanej na 1 obrazie od wartości z 2 obrazu tego samego obszaru, piksel po pikselu
- Obszary niezmiennione powinny oscylować wokół 0
- Ważne wyznaczenie progów????????

**Transformacje:**

1. Analiza składowych głównych
2. TAP

**PCA (2 sposoby):**

1. Przeprowadzenie analizy jednocześnie na kanałach z 2 obrazów i wyznaczenie zmian w poszczególnych komponentach
2. Przeprowadzenie analizy na 2 obrazach osobno.....

**Klasyfikacje:**

1. Klasyfikacje wszystkich kanałów razem
2. Analiza postklasyfikacyjna – porównanie 2 niezależnych klasyfikacji, przeprowadzonych na 2 obrazach tego samego terenu

**Klasyfikacja łączna:**

- Klasyfikacja nienadzorowana
- Nadzorowana może sugerować ....

**Analiza postklasyfikacyjna:**

- 1 z najbardziej popularnych
- długotrwała
- bardzo łatwa w analizie
- porównanie 2 niezależnych klasyfikacji, przeprowadzonych na 2 obrazach tego samego teren
- porównanie klasyfikacji
- uzyskiwana jest informacja, jaka klasa zmienia się na jaka

**GIS:**

- porównywanie map historycznych z aktualnymi
- odpowiednie, gdy sa inne zrodla informacji – mapa,obraz
- tworzenie odpowiednich warstw, które sa przedmiotem zainteresowania np. Lasy
- analiza zmian polega na nakładaniu na siebie warstw z różnych terminów i przetworzeniach (przecinanie, odejmowanie)

**Modele:**

- do bardziej szczegółowych analiz
- wymagają dużej liczby danych wejściowych, nie tylko obrazy
- np. Model geometryczno-optyczny – do szacowania wielkości i gęstości drzew na podstawie danych teledetekcyjnych. Bazuje na trójwymiarowej strukturze baldachimu roślinności jako główny czynnik wpływu.....

**Przy projekcie uwzględnić:**

- Cel badań
- Obszar badań, opis obszaru
- Zastosowane obrazy
- Dane wejściowe → korekcja obrazów → przygotowanie obrazów (wycięcie obrazu do analizy, wymaskowanie obszarów nie pokrytych roślinnością) → obliczenie wskaźników → przygotowanie map (podział wskaźników na klasy, przygotowanie map rozkładu wskaźników) → maskowanie (maska chmur, itp.) → analiza
- Wskaż określ kondycje roślin i zawart chlorofil
- Wsk określ zawartość wody
- Różnice we wskaźnikach
- Przedstawienie
- Podsumowanie
- Wnioski
  - Czy zastosowane metody pozwoliły na osiągnięcie postawionego celu
  - Czy rozwilano problemy badawcze
  - Jakie były problemy w przetwarzaniu/ pozysk danych
  - Co udało się osiągnac

**Idea danych hiperspektralnych:**

- Dane teledetekcyjne obejmujące ponad 40 kanałów spektralnie ciągłych
- Obejmują krzywe odbicia spektralnego oraz zobrazowania
- Powiązane ze współrzędnymi terenowymi
- Dla każdego piksela możliwe jest utworzenie krzywej odbicia spektralnego na podstawie ...

**Historia teledetekcji hiperspektralnej:**

- Lata 70. XX w. – wykorzystanie do celów wojskowych (detekcja obiektów militarnych ukrytych wśród roślinności)
- Lata 80. XX w. Analiza odbicia spektralnego minerałów i skał, konstrukcja spektrometrów nieobrazujących
- 1987 r. – lotniczy spektrometr obrazujący AAVIRIS
- 2000 r. – 1 satelitarny sensor hiperspektralny Hypernion

**Rozdzielczość spektralna** - szerokość połówkowa (full width at half maximum) = szerokość kanałów

**Rozdzielczość radiometryczna:**

- 1 bit = 2 odcienie szarości
- 8 bitów -256
- 10 bitów -1024
- 16 bitów – 65 536

**Pozyskiwanie danych hiperspektralnych:**

- dane naziemne – spektrometry np. *ASD FieldSpec*
- Dane satelitarne np. *Hypernion*, *CHRIS/PROBA*, *EnMAP*
- Dane lotnicze np. *ALSA*, *APEX*...

**Sposoby pozyskiwania obrazów hiperspektralnych:**

- Piksele (whiskbroom)
- Linie (pushbroom)
- Pełne klatki obrazów (filter wheel systems)

**Korekcje obrazów hiperspektralnych:**

- Korekcja radiometryczna:
  - Kalibracja sensora
  - Atmosferyczna
  - topograficzna
- Korekcja geometryczna

**Korekcja geometryczna danych hiperspektralnych:**

- Każda linia obrazu jest rejestrowana niezależnie
- Pozycja i orientacja skanera może się zmieniać wielokrotnie w obrębie jednego obrazu
- Konieczne jest zastosowanie odpowiedniej korekcji do każdego piksela indywidualnie



- Korekcja parametryczna, gdzie parametrami są elementy określające położenie i orientację skanera w trakcie rejestracji danej linii, a także wysokość terenu obrazowanego przez dany piksel
- Konieczne użycie DEM (numeryczny numer terenu)

#### **Przetwarzanie danych hiperspektralnych:**

- Inne algorytmy niż przy danych wielospektralnych
- Duża objętość danych – kompresja
- Duża ilość informacji selekcja właściwych kanałów
- Analizy podpikselowe
- Modelowanie

#### **Redukcja objętości danych:**

- Selekcja kanałów – ocena wizualna
- Kompresja danych

#### **Kompresja danych hiperspektralnych:**

- Zakłócenia technologiczne podczas rejestracji danych lub też
- Niedostateczna ilość promieniowania docierającego do sensora,
- Zła jakość bądź nadmiar (wysoka korelacja pomiędzy kanałami)

#### **Do czego prowadzi kompresja danych hiperspektralnych:**

- Redukcja objętości
- Usunięcie szumów
- Wzrost informacyjności

#### **Minimum Noise Fraction MNF:**

- Minimalizowanie szumów
- Do redukcji wymiarów przestrzeni spektralnej
- Składa się z 2 kaskadowych transformacji PCA
  1. Dekorelacja szumu (wykorzystując macierz kowariancji)
  2. Standardowa transformacja PCA przeprowadzana na danych po oddzieleniu szumu
- nowe kanały uszeregowane są od największej do najmniejszej wariancji

#### **Piksele czyste spektralnie Pixel purity Index (PPI):**

- PPI stosuje się do wyszukania ze zbioru danych zobrazowania hiperspektralnego pikseli o ekstremalnym położeniu, czyli spektralnie czystych
- Index czystości piksela oblicza się przez iteracyjne odwzorowywanie ich wartości na niezależne n-wymiarowe wektory przestrzeni spektralnej (endmembers)
- Powstaje obraz którego pikselom przypisywana jest wartość stanowiąca wielokrotność z jaką dany piksel został zarejestrowany jako ekstremalny
- Informacje o czystości używane są do wzorców klas

#### **Metody klasyfikacji:**

- Podpikselowe
- Drzewa decyzyjne

- Sztuczne sieci neuronowe
- Uczenie maszynowe

### **Metody klasyfikacji dedykowane danym hiperspektralnym:**

- Nieparametryczne, miękkie
- Bazują na krzywych odbicia spektralnego (pobranych w terenie lub endmembers)
  - SAM (spectra Angle Mapper) – porównanie wektorów spektralnych każdego piksela na analizowanym obrazie z wektorami spektralnymi obiektów czystych spektralnie
  - SU (Spectral Unmixing) – dla każdego piksela określany jest udział form pokrycia terenu czystych spektralnie, czyli klas

### **Sztuczne sieci neuronowe:**

- Nieparametryczna metoda, miękka lub twarda
- Zawierają serie warstw, które składają się z elementów uczących się
- Wszystkie neurony są ze sobą połączone
- Proces klasyfikacji:
  - Najpierw sieci są uczone przez wprowadzenie wzorców
  - W procesie uczenia się tworzone są reguły klasyfikujące
  - Na podstawie reguł określone są klasy lub stopień prawdopodobieństwa z jakim dane piksele należą do poszczególnych klas
- Długi proces uczenia

### **Uczenie maszynowe:**

- Rozpoznawanie wzorców
- Bardzo szybko rozwijająca się dziedzina,
- Podział algorytmów ze względu na metodę uczenia:
  - Nadzorowane
  - Nienadzorowane
  - Ze wzmocnieniem
- Zastosowanie:
  - Gry
  - Rozpoznawanie pisma, obrazów
  - Filtrowanie poczt (SPAM)
  - Serwisy społecznościowe
  - Automatyczne tłumaczenie
  - Rozpoznawanie i diagnozowanie chorób
  - Sterowanie pojazdami

### **SENSORY HIPERSPEKTRALNE**

1. AVIRIS (Airborne Visual and Infra-Red Imaging Spectrometer)
  - a. Pierwszy sensor hiperspektralny, używany od 1988
  - b. Zakres spektralny 380-2500nm
  - c. 224 kanały spektralne, rozdzielczość spektralna 10nm
  - d. rozdzielczość radiometryczna – 12 bitów
  - e. Whiskbroom

2. APEX (Airborne Prism Experiment)
  - a. 288 kanałów spektralnych o szerokościach 0,6-6,3 nm (VNIR), 6,2 - 11nm(SWIR), zakres 380,5-2500nm
  - b. rozdzielczość radiometryczna -16 bitów
  - c. rozdzielczość przestrzenna 0,5-1,75 m przy wysokości lotu 1000-3500m,
  - d. pushbroom
3. HySpex
  - a. Dwa detektory: VNIR i SWIR
  - b. Rozdzielczość spektralna VNIR: 3,26 nm w zakresie 400-1000 nm (182 kanały), SWIR: 5,45 nm w zakresie 930-2500nm (288 kanałów)
  - c. Rozdzielczość radiometryczna 16 bitów
  - d. Pushbroom
4. Misja EnMAP
  - a. The environmental mapping and analysis program
  - b. Niemiecka satelitarna misja hiperspektralna do monitoringu środowiska skali globalnej
  - c. Planowane wystrzelenie na orbite 2018r.
  - d. Sensor typu pushbroom
  - e. Zakres spektralny od 420 do 1000 nm (VNIR) i 900-2450 (SWIR)
  - f. Szerokość sceny 30km, dlg. 1000km
  - g. Rozdzielczość przestrzenna 30m
  - h. Czas rewizyty 4 dni

#### **Symulacja danych EnMAP:**

- End to-end simulation (EeTeS)
- Generowanie realistycznych obrazów misji EnMAP, zgodnych z parametrami technicznymi
- Na podstawie wartości odbicia spektralnego z innych danych hiperspektralnych
- Wsparcie misji i rozwój koncepcji instrumentu
- Przyszły rozwój algorytmów
- The German Research Centre for Geosciences (GFZ), Postdam

#### **ZASTOSOWANIE DANYCH HIPERSPEKTRALNYCH:**

- **Badanie roślinności, ekologia, leśnictwo:** zawartość chlorofilu i innych pigmentów, wody w liściach, celulozy, struktury liści i roślin, rozpoznawanie gatunków roślin, zawartość metali ciężkich
- **Planowanie przestrzenne:** klasyfikacja terenów zabudowanych i planowanych pod zabudowę, analiza zmian, analiza infrastruktury
- **Wody:** badanie zanieczyszczeń, ilości chlorofilu, planktonu, sedimentów, chemizmu, batymetrii
- **Geologia i gleby:** wykrywanie i rozpoznanie minerałów i typów skał, rozpoznawanie typu gleb
- **Rolnictwo:** prognozowanie plonów, inwentaryzacja upraw, badanie zmian upraw, ocena kondycji roślinności
- **Analizy śniegu i lodu:** analiza pokrywy śnieżnej, topnienia, rodzajów śniegu
- **Pożary:** analiza dymu, wykrywanie miejsc potencjalnego występowania ognia, określanie rozmiarów pożaru

- **Kłęski żywiolowe:** ocena zasięgu, skali i wielkości skażenia
- **Prognozowanie zjawisk przyrodniczych:** modelowanie obliczanie wartości zmiennych przyrodniczych
- **Atmosfera:** para wodna, właściwości chmur, badanie aerozoli, zanieczyszczenia pyły

Analiza jakości wód Zalewu zegrzyńskiego:

- Wskaźnik widzialności krążka sechiego
- Stężenie rozpuszczonej materii organicznej (CDOM)
- Zawartość chlorofilu CRI1

**Zastosowanie technik hyperspektralnych w Polsce:**

- Klasyfikacja – tereny miejskie, zbiorowiska i gatunki roślin
- Analiza stanu roślinności, wód
- Modelowanie
- Badania naukowe we współpracy z firmami i urzędami
  - Koszt danych
  - Czas przetwarzania danych

Zagadnienia:

1. Rozdzielczosci danych teledetekcyjnych przykłady sensorow
2. Zastosowanie danych powiazanie rozdzielczosci sensorow z zastosowaniami
3. Schemat przetwarzania danych
4. Poziomy przetworzeń obrazow satelitarnych produkty
5. Agencje kosmiczne i ich mmisje (satelity, glowne programy)
6. Korekcje obrazow (geometryczna, radiometryczna)
7. Filtrowanie obrazow, wzmacnienie przestrzenne (rodzaje w jakim celu sa stosowane)
8. Transformacje pca i tasseled cap (czemu sluza co jest wynikiem)
9. Etapy klasyfikacji cyfrowej
10. Rodzaje i metody klasyfikacji ocena dokladnosci klasyfikacji
11. Zakresy promieniowanie używane do badaniea roslinnosci
12. Teletekcyjne wskaz roslinnosci(czym sa na jakie grupy się dziela przykłady)
13. Rodzaje badania zmian na obrazach
14. Dane hyperspektr, przykłady sensorow, zastosowanie

Do 17.04 – termin przesłania wstępnych konspektów projektów (dane pobrane, określanie celu pracy, problemu badawczego, planowych do wykorzystania metod)