

**PROJEKTY KOŃCOWE DO WYKŁADU Z METOD TELEDETEKCJI W BADANIACH  
ATMOSFERY,  
ROK AKADEMICKI 2020/2021**

**1. Wyznaczanie temperatury powierzchni wody SST na podstawie danych satelitarnych (SEVIRI/MSG)**

Wyznacz temperaturę powierzchni Morza Bałtyckiego a następnie narysuj jej przestrzenną zmienność przy użyciu metody dwu-kanalowej (zależnej od kąta zenitalnego satelity) omawianej na wykładzie. W tym celu należy zaproponować prostą metodę odrzucania pikselu zachmurzonych (maska chmurowa) w oparciu o wartość progową współczynnika odbicia w zakresie widzialnym. Dla wybranego sektora i zdjęć MSG z zakresu długofalowego wyznacz temperatury radiacyjne a następnie transmisję atmosfery w dwóch kanałach spektralnych. W celu wyznaczenia transmisji atmosfery skorzystaj z programu GENSPECT edytując i uruchamiając funkcje water.m. Obliczyć transmisję uwzględniając tylko wpływ pary wodnej oraz dwutlenku węgla. Wyznaczyć średnią wartość transmisji dla kanału 9 i 10 uwzględniając ich charakterystykę spektralną. Wyznacz błąd SST metody.  
[http://www.eumetsat.int/Home/Main/What\\_We\\_Do/Satellites/Meteosat\\_Second\\_Generation/Space\\_Segment/SP\\_1138096039033?l=en](http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/Meteosat_Second_Generation/Space_Segment/SP_1138096039033?l=en)

**2. Wyznaczanie grubości optycznej chmur warstwowych na podstawie pomiarów pyranometrem.**

Na podstawie pomiarów promieniowania słonecznego przy użyciu pyranometru prowadzonych w Laboratorium Transferu Radiacyjnego wyznaczyć grubość optyczną chmur warstwowych. W tym celu należy wybrać dzień z całkowitym zachmurzeniem, ale bez opadów (najlepiej w okresie letnim) a następnie użyć prostego modelu transferu promieniowania (smodel.m <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>) w celu wyznaczenia zależności strumienia promieniowania od grubości optycznej chmury. Kluczowym parametrem modelu jest całkowita zawartość pary wodnej w pionowej kolumnie powietrza, która można założyć stałą w ciągu dnia. Jej wartość przyjąć na podstawie sondażu aerologicznego z Legionowa (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>). Ponadto założyć w modelu:

albedo pojedynczego rozpraszania = 1

parametr asymetrii chmury  $g=0.85$ .

wykładnik Angstroma = 1

albedo podłoża  $rg=0.15$ .

Kąt zenitalny Słońca wyznaczyć na podstawie programu w matlabie sunpos.m (<http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>).

Dane z pyranometru dostępne są w bazie danych Poland-AOD.

**Literatura:**

Boers, R., A. van Lammeren, and A. Feijt, 2000: Accuracy of Cloud Optical Depth Retrievals from Ground-Based Pyranometers. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **17**, 916–927.

Model radiacyjny (spectral model: smodel.m) znajduje się na stronie: <http://www.igf.fuw.edu.pl/meteo/stacja/kody.php>

### 3. Wyznaczenie rozkładu wielkości aerozolu na podstawie pomiarów spektralnych grubości optycznej.

Na podstawie pomiarów spektralnych grubości optycznej aerozolu wykonanych fotometrem słonecznym wyznaczyć rozkład wielkości aerozolu rozwiązując równanie Fredholma. Jądro operatora całkowitego wyznaczyć na podstawie teorii Lorenza-Mie (funkcja mie.m ze strony <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>) zakładając współczynnik refrakcji aerozolu:  $n=1.45 + 0.005i$ .

#### Literatura

[http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/docs/King%20et%20al.%20\(1978\).pdf](http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/docs/King%20et%20al.%20(1978).pdf)

### 4. Badanie odbiciowości radarowej.

Porównać współczynniki rozpraszania wstecznego dla sferycznych kropeł wody i lodu obliczone na podstawie teorii Rayleigha i Lorentza-Mie. W przypadku teorii MIE użyć dostępnego programu w matlabie: <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>. Wywołanie programu ma postać: `[S1,S2,Qe,Qs,Qb,g]=mie(x,n,nteta)`, gdzie S1 i S2 są funkcjami do wyznaczania funkcji fazowej, Qe, Qs, Qb to efektywne przekroje czynne na ekstynkcję, rozpraszanie oraz rozpraszanie wsteczne, g parametr asymetrii, zaś parametry wejściowe to: x – parametr wielkości, n – zespolony współczynnik refrakcji, nteta liczba kątów do wyznaczania funkcji fazowej np. 100.

Współczynnik refrakcji wody i lodu można wyznaczyć na podstawie kodów:

[http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody/ref\\_water.m](http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody/ref_water.m) wraz z bazą danych:

<http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody/refwater.dat>

oraz [http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody/ref\\_ice.m](http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody/ref_ice.m) z bazą danych:

[http://www.igf.fuw.edu.pl/meteo/~kmark/kody/IOP\\_2007\\_ASCIItable.dat](http://www.igf.fuw.edu.pl/meteo/~kmark/kody/IOP_2007_ASCIItable.dat)

gdzie parametrem wejściowym jest długość fali w  $[\mu\text{m}]$ . Porównać wyniki w zależności od wielkości cząstek rozpraszających. W jakim zakresie wielkości przybliżenie Rayleigha jest uzasadnione w przypadku radarów o długości fali 5.7 cm. Zbadać jak zmienia się zależności odbiciowości radarowej od średnicy obiektów czy ma ona postać  $D^6$ ?

Rozważyć przypadek topniejącego gradu i wyznaczyć współczynniki rozpraszania wstecznego przy pomocy metody coated sphere jako funkcje wielkości lodu w stosunku do otaczającej go warstwy wody (<http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>). Metoda ta umożliwia wyznaczanie własności optycznych obiektów w postaci sferycznych dwóch kul. W tym przypadku są to lód i woda. Wywołanie tego programu na postać: `[Qe,Qs,Qb]=coat(x1,x2,m1,m2);`

gdzie parametry wejściowe x1 i x2 oznaczają parametry wielkości dla wewnętrznej i zewnętrznej kulki, zaś m1 i m2 oznaczają odpowiednio współczynniki refrakcji tych kul. Porównać jak zmienia się odbiciowość radarowa, gdy grad topi się i pojawia się cienka warstwa wody pokrywająca lód.

### 5. Symulowanie opóźnienia sygnału GPS w atmosferze

Wyznaczyć opóźnienie sygnału GPS w troposferze w oparciu o profile radiosondażowe z Legionowa dla wybranych 3 dni. Napisać program do wyznaczania całkowitej zawartości pary wodnej (PW). Przebadać wpływ parametrów termodynamicznych na błędy wyznaczania PW w atmosferze na podstawie opóźnienia sygnału w troposferze (bez wpływu jonosfery). W szczególności przebadać wpływ stałego gradientu temperatury w troposferze w zależności od profilu rzeczywistych profili temperatury i pary wodnej na błąd PW. Dodatkowo, wyznaczyć efekt zakrzywienia (refrakcji) promieniowania elektromagnetycznego w zakresie sygnału GPS.

## 6. Całkowita zawartość ozonu w kolumnie powietrza

Opracować i zaimplementować metodę trójkanałową do wyznaczania całkowitej zawartości ozonu w pionowej kolumnie powietrza na podstawie naziemnych pomiarów promieniowania bezpośredniego w zakresie UV. Metoda powinna umożliwiać wybór dowolnych 3 długości fali poniżej 330 nm, w których wykonywany jest pomiar promieniowania bezpośredniego. Zaproponować metodę szacowania niepewności pomiarowej ozonu. Sztuczne dane pomiarowe należy wyznaczyć przy założeniu grubości optycznej aerozolu 0.2 dla 500 nm i wykładniku Angstroma 1.5. Można założyć zaniedbywalny wpływ  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$ . Współczynniki absorpcji dla ozonu wyznaczać na podstawie modelu MODTRAN [http://modtran.spectral.com/modtran\\_home](http://modtran.spectral.com/modtran_home)

## 7. Stopień zachmurzenia

Opracować metodę szacowania stopnia zachmurzenia na podstawie zdjęć nieboskłonu (180 stopni), wykonywanych przez kamerę całego nieba, uwzględniając zmienność kątową radiancji nieboskłonu. W tym celu zastosować przybliżenie pojedynczego rozpraszania lub podobną metodę (<http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/kody.php>). Należy opracować dane z kamery nieba dla kilku wybranych dni z różnym stopniem i rodzajem zachmurzenia i wykreślić jego przebieg dobowy. Przykładowe zdjęcia znajdują się na stronie: <http://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/stacja/PolandAODdata.php?type=15&date=2021-05-10&next=0&lev=1&stat=1>

## 8. Całkowita zawartość pary wodnej w kolumnie powietrza

Napisać program do wyznaczenia całkowitej zawartości pary wodnej w atmosferze na podstawie pomiarów strumienia promieniowania długofalowego docierającego do powierzchni ziemi (pyrgeometr) oraz temperatury powietrza przy ziemi podczas bezchmurnych warunków. Wykorzystać w tym celu model transferu radiacji Fu-Liou <https://cloudsgate2.larc.nasa.gov/cgi-bin/fuliou/runfl.cgi> oraz wyniki pomiarów z laboratorium transferu radiacji IGF UW. Dane dostępne poprzez bazę danych Poland-AOD.

## 9. Metoda odwrotna

Napisać uniwersalny program do rozwiązywania zagadnień odwrotnych w oparciu o metodę Rogersa, 2000 ([https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=1654](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=1654) wzór 2.31) lub metodę 3D-VAR. Na wejściu podawany jest wektor obserwacji oraz wektor pierwszego przybliżenia z odpowiednimi macierzami kowariancji błędów. Program wyznacza wektor stanu w oparciu o minimalizację funkcji kosztu wraz z jego błędem. Przeanalizować działanie programu na podstawie wybranego problemu odwrotnego teledetekcji atmosferycznej.

## 10. Profil temperatury:

Wyznaczyć profil temperatury powietrza na podstawie spektralnych pomiarów promieniowania w pasmie absorpcji przez  $\text{CO}_2$  (ok 15  $\mu\text{m}$ ) dochodzącego z zenitu do powierzchni ziemi. W tym celu wykorzystać syntetyczne dane wygenerowane w oparciu o model transferu radiacji. Do wyznaczenia współczynników absorpcji wykorzystać model MODTRAN [http://modtran.spectral.com/modtran\\_home](http://modtran.spectral.com/modtran_home).