

WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

*Modelowanie w Naukach o Ziemi:
Projekt zaliczeniowy - Sprawozdanie*

Autor:
Kierunek studiów:

Agnieszka Ramian, Piotr Powroźnik, Piotr Życki
Geoinformatyka

Kraków, 2023

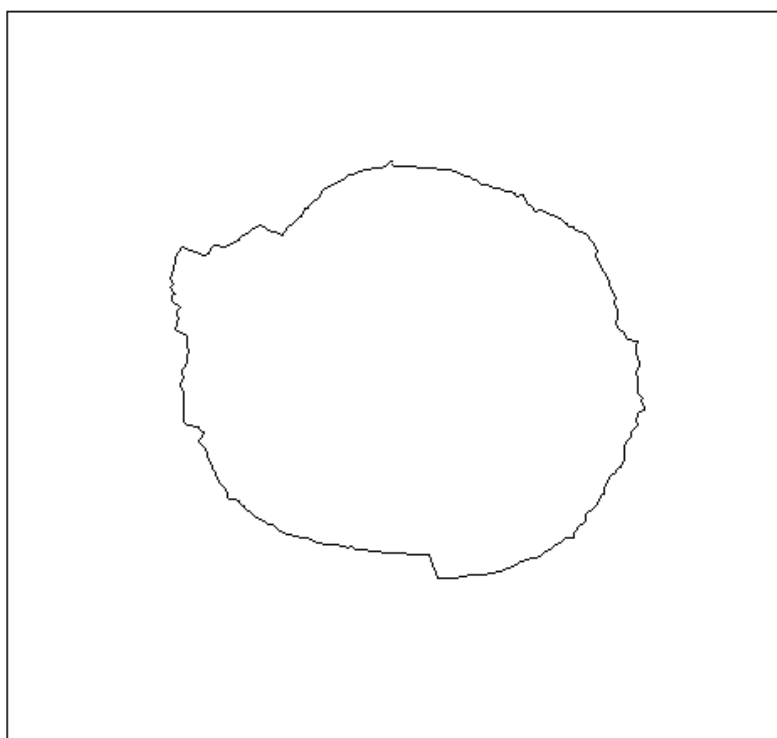
Opis projektu zaliczeniowego

Na podstawie danych z pliku `daily_ice_edge.csv`, zawierającego informacje o zasięgu lodu morskiego wokół Antarktydy dla wszystkich długości geograficznych na przestrzeni wielu lat, należy znaleźć model matematyczny zasięgu lodu w funkcji czasu. Stworzyć animację przedstawiającą zmianę w czasie, zarówno rzeczywistego, jak i wymodelowanego, zasięgu lodu morskiego.

Wykonanie projektu

- 1) Wyznaczono minimalny zasięg lodu w analizowanym okresie dla każdego z kątów. Zasięg ten wyświetlono z wykorzystaniem współrzędnych biegunowych, aby otrzymany kontur kształtem odpowiadał granicom Antarktydy.

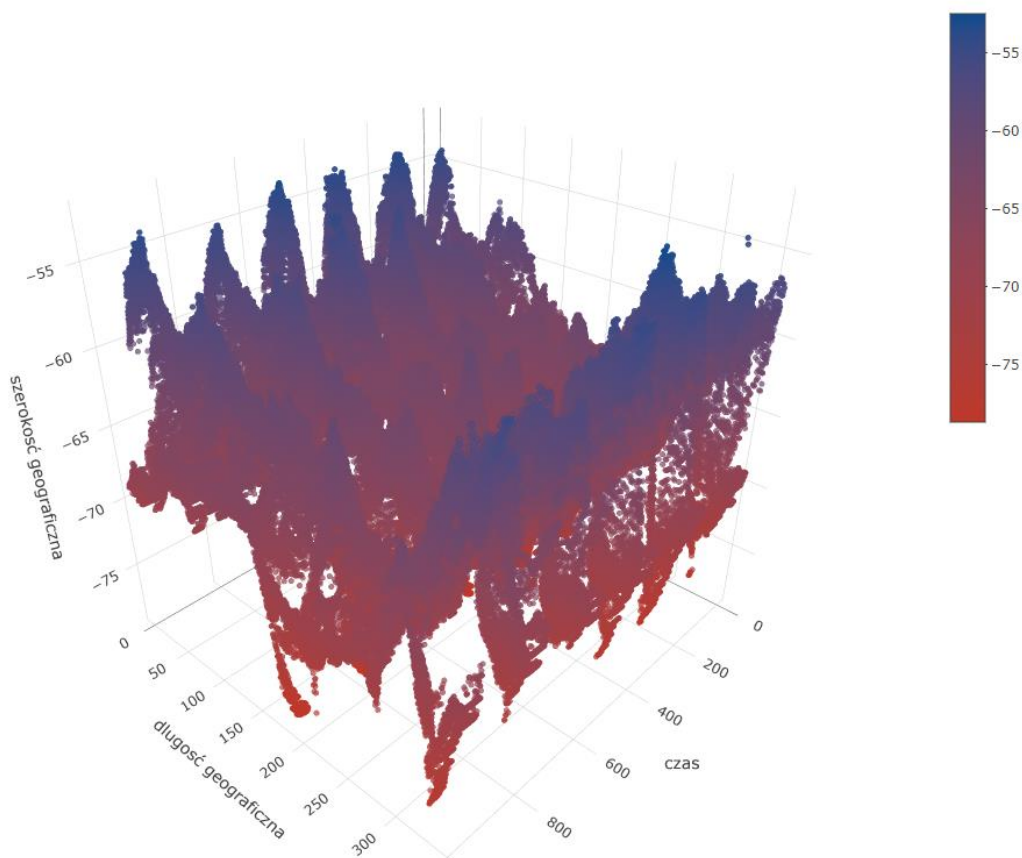
Minimalny zasięg lodu morskiego dla każdego z kątów



- 2) Aby znaleźć model matematyczny zasięgu lodu w funkcji czasu, należało w pierwszej kolejności ujednolicić krok czasowy próbkowania danych do 2 dni, aby był on stały dla całego okresu. Korzystając z funkcji „spectrum”, wyznaczono okres drgań wartości, a następnie określono wzór funkcji (1), która najlepiej odzwierciedla zmianę zasięgu lodu w czasie. Aby uwzględnić przypadek, gdy dla części z kątów występuje brak lodu morskiego w pewnym okresie, modelowi matematycznemu przypisano w tych dniach wartość minimalnego zasięgu lodu.

$$f(t) = \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right). \quad (1)$$

- 3) Utworzono animację (zasieg_lodu.gif), której poszczególne klatki przedstawiają zmianę w czasie zasięgu lodu morskiego z odstępem co 2 dni. Na animacji wyrysowano zarówno rzeczywisty zasięg lodu (kontur czarny), jak i wymodelowany (kontur czerwony).
- 4) W celu znalezienia modelu zasięgu lodu, biorącego pod uwagę jednocześnie szerokość i długość geograficzną oraz czas, zaproponowano dopasowanie do posiadanych danych modelu matematycznego w postaci funkcji trójwymiarowej $f(\text{lat}, \text{lon}, t)$. Aby tego dokonać, należało wpierw zmodyfikować dane w taki sposób, aby każdemu wierszowi macierzy odpowiadała pojedyncza wartość szerokości geograficznej, długości i czasu. Następnie dane zostały przedstawione w trzech wymiarach w postaci wykresu punktowego (z uwagi na ilość danych została przedstawiona jedynie ich część).



Jako kolejny krok należałoby dopasować do przedstawionych danych model matematyczny, który funkcją trzyargumentową przybliżałby ich rozkład.

Model zasięgu lodu można opisać przy pomocy powierzchni regresji, jednak jej zastosowanie wiązałoby się ze znaczną generalizacją danych. Powierzchnia regresji pozwoliłaby na łatwe wyznaczenie czy powierzchnia lodu morskiego wokół Antarktydy ma tendencję do powiększania się z czasem, czy też do zmniejszania.

Model można także obliczyć stosując trójwymiarową transformatę Fouriera (3DFT). Zastosowanie tej metody pozwoliłoby na utworzenie względnie dokładnego modelu, jednak wiązałoby się to z zastosowaniem skomplikowanych obliczeń.

5) Kod programu

Przygotowanie danych do analizy

```
library(fmsb)
```

```
#odczytanie danych z pliku csv
```

```
data0 <- read.csv("daily_ice_edge.csv", header=TRUE,  
encoding="UTF-8")
```

```
data<-data0[,-1] #pominiecie kolumny z datami
```

Wyznaczenie minimalnego zasięgu lodu dla każdego z kątów

```
data_m <- matrix(, nrow = length(data), ncol = 1) #pusta macierz  
(361 x 1)
```

```
for (i in 1:length(data_m)) {
```

```
  data_m[i] <- min(data[,i]) #minimalna wartosc z kazdej kolumny
```

```
}
```

Wyświetlenie minimalnego zasięgu przy użyciu współrzędnych biegunowych

```
#przeliczanie na współrzędne biegunowe
```

```
r <- 90 + (data_m) + 30; #90 pozwala "wywrocic na lewa strone";  
+30 by powiekszyt model
```

```
x <- matrix(, nrow = length(r), ncol = 1)
```

```
y <- matrix(, nrow = length(r), ncol = 1)
```

```
for(i in 1:(length(r))){
```

```
  x[i] <- r[i] * cos(pi*(length(r)-(i-1)+90)/180) #pi * kat /  
180 = radiansy
```

```
  y[i] <- r[i] * sin(pi*(length(r)-(i-1)+90)/180) #+90 by  
przenieść kat 0 stopni na gore (niczym w radiochart'cie)
```

```
}
```

```
png(filename="D:/plot_min.png", width = 550, height = 550)
```

```
par(mar = c(4,3,4,3))
```

```
plot(x,y, type='l', col="black", main="Minimalny zasięgu lodu  
morskiego dla każdego z kątów", xlim=c(-80,80), ylim=c(-80,80),  
xlab="", ylab="", axes=FALSE, frame.plot=TRUE)
```

```
dev.off()
```

Ujednolicenie kroku czasowego dla całego okresu

```
everyTwoDays <- data0[0:1590,] #uciecie danych gdzie pomiar
wykonywany jest co 2 dni
everyDay <- data0[1592:nrow(data0),] #uciecie danych gdzie
pomiar wykonywany jest co 1 dzien
everyDay <- everyDay[seq(1, nrow(everyDay), 2), ] #pominięcie
części danych
allDataEveryTwoDays0 <- rbind(everyTwoDays, everyDay)
#połączenie danych
rownames(allDataEveryTwoDays0) <- 1:nrow(allDataEveryTwoDays0)
#nadanie wierszom nowych nazw
allDataEveryTwoDays<-allDataEveryTwoDays0[,-1] #usunięcie
kolumny z datami
```

Dopasowanie modelu matematycznego do posiadanych danych

```
#utworzenie macierzy na wymodelowane wartosci
expected <- matrix(, nrow = nrow(allDataEveryTwoDays), ncol =
ncol(allDataEveryTwoDays))

for (i in 1:ncol(allDataEveryTwoDays)) {
  ydata <- allDataEveryTwoDays[,i] #zmiany zasięgu lodu dla
pojedynczego kata
  t <- 1:nrow(allDataEveryTwoDays) #przedział czasowy

  ssp <- spectrum(ydata,plot=FALSE) #spectral density
  per <- 1/ssp$freq[ssp$spec==max(ssp$spec)] #okres drgan
  reslm <- lm(ydata ~ sin(2*pi/per*t)+cos(2*pi/per*t)) #funkcja
opisująca zmiany wartości dla danego kata

  func <- fitted(reslm)
  func[func<=data_m[i]] <- data_m[i] #przypisanie minimalnej
wartości zasięgu gdy lodu morskiego nie ma

  for (j in 1:nrow(allDataEveryTwoDays)){
    expected[j,i] <- func[j] #zapisanie wymodelowanych wartości
do macierzy
  }
}
```

Wykonanie animacji

```
for (k in 1:nrow(allDataEveryTwoDays))
{
  #przeliczenie na współrzędne biegunowe (obserwowane)
  r <- 90 + (allDataEveryTwoDays[k,]) + 30;
  x <- matrix(, nrow = length(r), ncol = 1)
  y <- matrix(, nrow = length(r), ncol = 1)
  for(i in 1:(length(r))){
    x[i] <- r[i] * cos(pi*(length(r)-(i-1)+90)/180)
    y[i] <- r[i] * sin(pi*(length(r)-(i-1)+90)/180)
  }

  #przeliczenie na współrzędne biegunowe (model)
  r1 <- 90 + (expected[k,]) + 30;
  x1 <- matrix(, nrow = length(r1), ncol = 1)
  y1 <- matrix(, nrow = length(r1), ncol = 1)
  for(i in 1:(length(r1))){
    x1[i] <- r1[i] * cos(pi*(length(r1)-(i-1)+90)/180)
    y1[i] <- r1[i] * sin(pi*(length(r1)-(i-1)+90)/180)
  }

  #utworzenie pojedynczej klatki animacji
  plotpath <- file.path("D:", "rpplots",
paste("plot_",k,".png",sep=""))
  png(filename = plotpath, width = 550, height = 550)
  par(mar=c(4,3,4,3))
  plot(x,y, type='l', col="black", main="Zmiana zasięgu lodu
morskiego na Antarktydzie w latach 1978 - 2009", xlim=c(-80,80),
ylim=c(-80,80), xlab="", ylab="", axes=FALSE, frame.plot=TRUE)
  lines(x1,y1, col="red")
  legend("topright", legend=c("rzeczywisty zasięg lodu",
"wymodelowany zasięg lodu"),
        col=c("black", "red"), lty=c(1,1), cex=0.8)
  text(-68,79,allDataEveryTwoDays0[k,1])
  dev.off()
}
```

Przedstawienie danych w postaci wykresu punktowego 3D

```
testData <- allDataEveryTwoDays[1:1000,] #problem z
wyświetleniem wykresu dla wszystkich danych

x3d <- testData[,1] #szerokosc geograf
for (i in 2:ncol(testData)){
  x3d <- append(x3d, testData[,i])
}

ss <- seq(1,nrow(testData),1) #czas
y3d <- list()
for (j in 1:ncol(testData)){
  y3d <- append(y3d, ss)
}

z3d <- list() #dlugosc geogr
num <- 0
for (i in 1:ncol(testData)){
  z3d <- append(z3d, rep(num, nrow(testData)))
  num <- num + 1
}

lista <- list(y3d, z3d, x3d)
d3d <- matrix(unlist(lista), ncol = 3)
sd3d <- d3d[order(d3d[, 1]), ]
dd3d <- data.frame(x=sd3d[,1],y=sd3d[,2],z=sd3d[,3])

p <- plot_ly(data=dd3d, x=dd3d$x, y=dd3d$y, z=dd3d$z, color =
dd3d$z, colors = c('#BF382A', '#0C4B8E'), size = 6)
p <- p %>% add_markers()
p <- p %>% layout(scene = list(xaxis = list(title = 'czas'),
yaxis = list(title = 'dlugosc geograficzna'),
zaxis = list(title = 'szerokosc geograficzna'))))
p
```