



# AGH

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA  
W KRAKOWIE**

**SPRAWOZDANIE**

**TEMAT: ZASIĘG LODU MORSKIEGO WOKÓŁ  
ANTARKTYDY NA PRZESTRZENI LAT**

Autorzy: Brunon Kania, Filip Hałys, Mateusz Mitan

Kierunek: Geoinformatyka

Wydział: Wydział Geologii, Geofizyki i ochrony środowiska

# 1. Cel Projektu

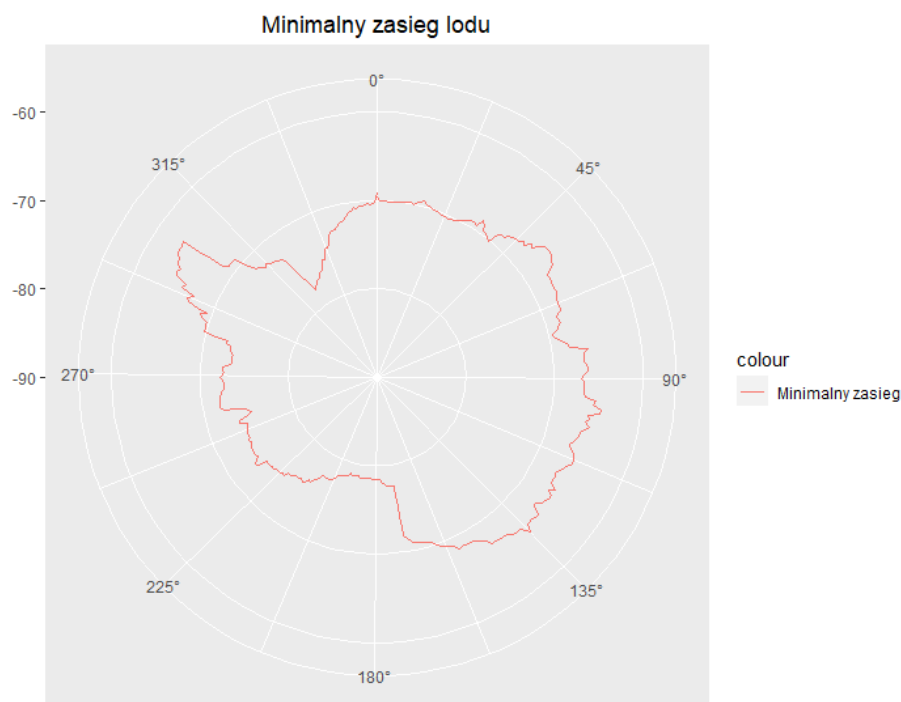
Celem projektu jest wykonanie animacji GIF ukazującej zmiany zasięgu lodu wokół Antarktydy na przestrzeni analizowanego czasu. Czas ten mieści się w przedziale; od 26 października 1978 roku do 16 maja 2009 roku. Przed wykonaniem animacji zamiarem było zapoznanie się z minimalnym zasięgiem lodu, czyli z kształtem Antarktydy. W celu wykonania animacji kluczowe było znalezienie modelu matematycznego zasięgu lodu w funkcji czasu (zwracając szczególną uwagę na próbkowanie w czasie i możliwość niewystępowania lodu dla danego kąta).

## 2. Wykonanie projektu

Na początku skupiono się na wykonaniu wykresu ukazującego minimalny zasięg lodu wokół Antarktydy. W tym celu do programu RStudio zaimportowano dane „daily\_ice\_edge.csv”. Dane te są w postaci ramki danych. Pierwsza kolumna przechowuje datę wykonania pomiaru. Następne kolumny przechowują wartości zasięgu lodu dla różnych stopni (od 0 do 360 z krokiem 1; w celu uniknięcia powtórzenia usunięto ostatnią kolumnę). Zatem każdy wiersz ramki danych przechowuje datę i wartości zasięgu lodu dla każdego kąta. W celu znalezienia minimalnego zasięgu lodu dla każdego kąta posłużono się funkcją `colMins` (funkcja ta wyszukuje najmniejsze wyrazy w każdej kolumnie macierzy). Następnie zwizualizowano otrzymane wyniki za pomocą funkcji `ggplot`. Zakres zwizualizowanych danych szerokości geograficznej ograniczono od -90 stopni (90°S) do -60 stopni (60°S). Kod ukazujący krok po kroku przygotowanie danych i ich wizualizację znajduje się poniżej:

```
1 library(animation)
2 library(ggplot2)
3 library(matrixStats)
4
5 dane <- read.csv("daily_ice_edge.csv")
6
7 rozmiar_danych <- dim(dane)
8 liczba_wierszy <- rozmiar_danych[1]
9 liczba_kolumn <- rozmiar_danych[2]
10 liczba_kolumn <- liczba_kolumn-1
11
12 dane_bezdat <- as.matrix(dane[1:liczba_wierszy,2:liczba_kolumn])
13 granica_lodu_min <- colMins(dane_bezdat)
14
15 katy <- c(0:359)
16
17 granica_lodu_min_dataframe <- data.frame(lon = katy, lat = granica_lodu_min)
18
19 ggplot(granica_lodu_min_dataframe, aes(x=lon,y=lat, col='Minimalny zasięg')) +
20   geom_path() +
21   coord_polar() +
22   labs(x='', y='', title='Minimalny zasięg lodu') +
23   theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5)) +
24   scale_x_continuous(breaks = seq(0, 360, 45), labels = c("0°", "45°", "90°", "135°", "180°", "225°", "270°", "315°", "360°")) +
25   ylim(-90,-60)
```

Efekt wizualizacji minimalnego zasięgu lodu wokół Antarktydy przedstawia (Rys.1).



(Rys. 1) Minimalny zasięg lodu wokół Antarktydy w badanym zakresie czasu

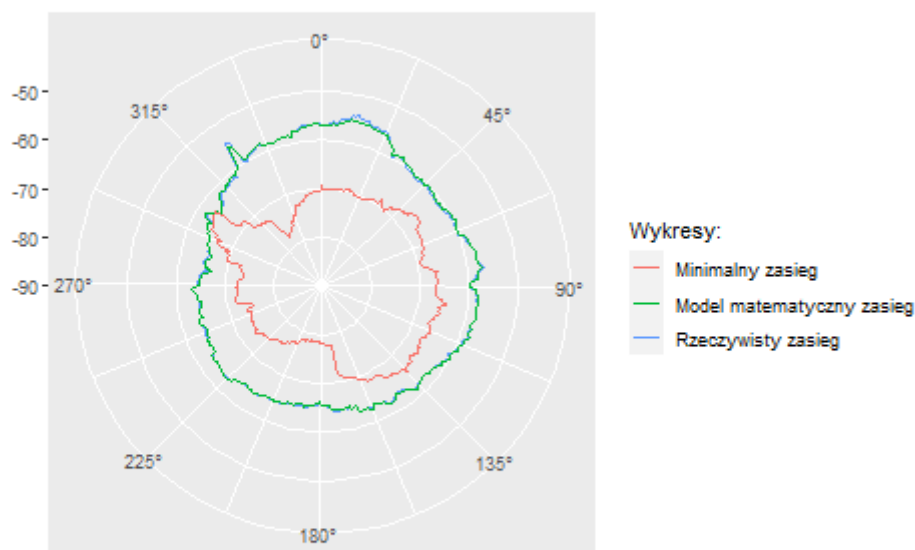
Następnie wykonano animację zmieniania się zasięgu lodu. W tym celu wygenerowano niespełna 10 000 wykresów (za pomocą funkcji ggplot) przedstawiających modele zasięgu lodu. Każdy wykres odpowiada dokładnie jednemu wierszowi z danych "daily\_ice\_edge.csv" oraz dokładnie jednej klatce w powstałej animacji. Na każdym pojedynczym wykresie umieszczono wygenerowany wcześniej minimalny zasięg lodu, a także zasięg rzeczywisty oraz model matematyczny zasięgu. Modele rzeczywiste są niczym innym, jak wykresami liniowymi ukazującymi zasięg lodu w danym dniu. Modele matematyczne są tylko przybliżeniem analogicznych modeli rzeczywistych (z tego samego dnia). Modele rzeczywiste wykonano poprzez narysowanie linii, których współrzędną x określono za pomocą kątów (z przedziału 0 do 359 stopni, czyli długość geograficzna), a współrzędną y za pomocą danych zasięgowych (maksymalna szerokość geograficzna do jakiej sięgał lód). Modele matematyczne również wykonano rysując linie, których współrzędne x odpowiadają długości geograficznej. Modele; rzeczywisty i matematyczny różnią się zasięgiem lodu względem szerokości geograficznej. Do obliczenia wymodelowanych matematycznie zasięgów użyto funkcji  $\cos()$  i  $\sin()$ . Funkcje te przyjmują argumenty w postaci radianów, więc wewnątrz nich konwertowano wartości długości i szerokości geograficznej z postaci stopniowej do radianowej. Wartości przypisywano do zmiennych odpowiednio; „long” i „latt”. Następnie funkcją lm tworząco model regresji liniowej zależności między zasięgiem rzeczywistym, a nowo utworzonymi zmiennymi „long” i „latt”. Następnie obliczano funkcją predict przewidywane wartości zasięgu lodu na podstawie modelu lm. Wykonano dokładnie 9530 takich zestawów modeli (jeden zestaw to jedna klatka), które zostały połączone w animację. Kod pozwalający na stworzenie animacji znajduje się poniżej:

```

29 ▾ saveGIF({
30
31   i <- 1
32
33   prog_bar <- txtProgressBar(min=0,max=liczba_wierszy,style=3)
34   stepi <- 0
35   id_daty <- 0
36 ▾ while ( i < liczba_wierszy) {
37
38     granica_lodu <- data.frame(lon = katy, lat = dane_bezdat[i,])
39
40     long <- cos( 2 * pi * granica_lodu$lon / 360 )
41     latt <- sin( 2 * pi * granica_lodu$lat / 180 )
42
43     lm <- lm(granica_lodu$lat~long+latt)
44     predict <- predict(lm, newdata = data.frame(granica_lodu$lon))
45     granica_lodu$predict <- predict
46     granica_lodu_mat <- data.frame(lon = katy, lat = predict)
47
48     x <- ggplot(granica_lodu, aes(x=lon,y=lat, col="Rzeczywisty zasięg")) +
49       geom_path() +
50       geom_line(data = granica_lodu_mat, aes(x=lon,y=lat,col="Model matematyczny zasięg")) +
51       geom_line(data = granica_lodu_min_dataframe, aes(x=lon,y=lat, col="Minimalny zasięg")) +
52       coord_polar() +
53       labs(x='', y='', title='Minimalny zasięg lodu') +
54       scale_x_continuous(breaks = seq(0, 360, 45),
55                          labels = c("0°", "45°", "90°", "135°", "180°", "225°", "270°", "315°", "360°")) +
56       ylim(-90,-45) +
57       ggtitle(dane[id_daty,1]) +
58       labs(color='Wykresy:')
59     print(x)
60     i = i+1
61     id_daty = id_daty+1
62
63     stepi <- stepi+1
64     setTxtProgressBar( prog_bar, stepi)
65 ▾ }
66 ▾ }, interval = 0.01)

```

Animację dla pierwszych pięciuset klatek przedstawia (*animacja 1*):



(animacja 1) – Animacja zmian zasięgu lodu z nałożonymi modelami; matematycznym i rzeczywistym

### 3. Wnioski

Zauważalne jest bardzo wysokie podobieństwo modelu matematycznego i rzeczywistego. Nie są one takie same, gdyż model matematyczny jest tylko przybliżeniem modelu rzeczywistego. Niemniej jednak są one bardzo do siebie zbliżone. Można wnioskować, iż model matematyczny jest modelem, który w bardzo dobry sposób odzwierciedla rzeczywistość. Jedynym mankamentem tego modelu jest fakt, że wartości przewidywane mogą znajdować się za czerwoną linią na animacji (*animacja 1*), czyli linią minimalnego zasięgu lodu. Jest to spowodowane tym, że zaprezentowany model nie rejestruje minimalnego zasięgu, a więc nie potrafi dostosować się do jego granic, więc je przekracza.

### 4. Bibliografia

<https://www.rdocumentation.org/packages/animation/versions/2.7>

<https://ggplot2.tidyverse.org/reference/>

<https://www.rdocumentation.org/packages/ggplot2/versions/3.4.2>