

Sprawozdanie 2

November 10, 2023

0.1 Transformacja współrzędnych elipsoidalnych samolotu na kartezjańskie

Autor: **Radosław Dąbkowski**

Numer indeksu: **325683**

0.2 Treść zadania

Celem ćwiczenia jest przekształcenie współrzędnych elipsoidalnych lecącego samolotu do układu lokalnego. Dane do zadania zawierają współrzędne geodezyjne (szerokość , długość , i wysokość h) samolotu w odstępach czasu. Współrzędne te należy przeliczyć na współrzędne ortokartezjańskie, a następnie na współrzędne horyzontalne względem znanego lotniska. Dodatkowo, należało określić moment, w którym samolot znika poniżej horyzontu.

Dane do zadania: * dane o locie samolotu z portalu [Flightradar24](#) w pliku `lot2.csv`

Wykonane wizualizacje to: * trajektoria lotu na mapie wraz z kolorem oznaczającym to, czy samolot jest powyżej czy poniżej horyzontu względem Warszawy, * wykres zależności prędkości samolotu od czasu

```
[ ]: # -*- coding: utf-8 -*-
      """
      Created on Mon Oct 17 12:38:20 2022

      @author: mgrzy
      """

import numpy as np

def read_flightradar(file) -> np.array:
    """
    Parameters
    -----
    file : .csv file - format as downloaded from flightradar24
    DESCRIPTION.
    Returns
    -----
    all_data : numpy array
        columns are:
            0 - Timestamp - ?
```

```

1 - year
2 - month
3 - day
4 - hour
5 - minute
6 - second
7 - Latitude [degrees]
8 - Longitude [degrees]
9 - Altitude [feet]
10 - Speed [?]
11 - Direction [?]
'''
with open(file, 'r') as f:
    i = 0
    size= []
    Timestamp = []; date = []; UTC = []; Latitude = []; Longitude = [];
    Altitude = []; Speed = []; Direction = []; datetime_date = []
    for linia in f:
        if linia[0:1]!='T':
            splited_line = linia.split(',')
            size.append(len(splited_line))
            i+=1
            Timestamp.append(int(splited_line[0]))
            full_date = splited_line[1].split('T')
            date.append(list(map(int,full_date[0].split('-'))))
            UTC.append(list(map(int, full_date[1].split('Z')[0].split(':
↪'))))

            Callsign = splited_line[2]
            Latitude.append(float(splited_line[3].split("'")[1]))
            Longitude.append(float(splited_line[4].split("'")[0]))
            Altitude.append(float(splited_line[5]))
            Speed.append(float(splited_line[6]))
            Direction.append(float(splited_line[7]))

    all_data = np.column_stack((np.array(Timestamp), np.array(date), np.
↪array(UTC),
                                np.array(Latitude), np.array(Longitude), np.
↪array(Altitude),
                                np.array(Speed), np.array(Direction)))

    return all_data

def blh2xyz(fi, lam, h) -> np.array:
    '''
    Parameters
    -----
    fi : float
        latitude [rad].

```

```

    lam : float
        longitude [rad].
    h : float
        height [m].
    Returns
    -----
    xyz : numpy array
        x, y, z [m].
    '''
    a = 6378137.0
    e2 = 0.00669438002290
    N = a/np.sqrt(1-e2*np.sin(fi)**2)
    x = (N+h)*np.cos(fi)*np.cos(lam)
    y = (N+h)*np.cos(fi)*np.sin(lam)
    z = (N*(1-e2)+h)*np.sin(fi)
    xyz = np.array([x, y, z])
    return xyz

def Rneu(phi, lamb) -> np.array:
    '''
    Parameters
    -----
    phi : float
        latitude [rad].
    lamb : float
        longitude [rad].
    Returns
    -----
    R : numpy array
        rotation matrix.
    '''
    R = np.array([[ -np.sin(phi)*np.cos(lamb), -np.sin(lamb), -np.cos(phi)*np.
↪cos(lamb)],
                  [ -np.sin(phi)*np.sin(lamb), np.cos(lamb), -np.cos(phi)*np.
↪sin(lamb)],
                  [ np.cos(phi), 0, -np.sin(phi) ]])
    return R

```

0.2.1 Opis rozwiązania

1. Przeliczenie współrzędnych ϕ , λ , h na współrzędne ortokartezjańskie XYZ

Obliczenie promienia przekroju Ziemi w kierunku I Wertykału (N) używając wzoru:

$$N = a * \sqrt{1 - e2 * \sin^2(\phi)}$$

Gdzie:

$$a = 6,378,137 \text{ m}$$

e2 = 0,006 694 380 022 90

Obliczenie współrzędnych X, Y, Z używając wzorów:

```
X = (N + h) * cos( ) * cos( )
Y = (N + h) * cos( ) * sin( )
Z = [N * (1 - e2) + h] * sin( )
```

2. Obliczenie wektora samolot - lotnisko Xs

Obliczenie wektora różnicy między współrzędnymi XYZ samolotu (Xs) i lotniska (Xl).

3. Transformacja współrzędnych wektora Xs do układu współrzędnych lokalnych

Zdefiniowanie wektora normalnego do elipsoidy w danym punkcie (u) używając wzoru:

```
u = [cos( ) * cos( ), cos( ) * sin( ), sin( )]
```

Obliczenie osi n i e używając wzorów:

```
n = [-sin( ) * cos( ), -sin( ) * sin( ), cos( )]
e = [1, 0, 0]
```

Skomponowanie macierzy obrotu między układem współrzędnych geocentrycznych a lokalnymi (Rneu) używając obliczonych osi n i e. Przekształcenie wektora Xs do układu lokalnego używając macierzy obrotu Rneu.

4. Wykonanie wizualizacji

Wizualizację trasy przelotu wykonano w bibliotece folium. Kolorem niebieskim oznaczono odcinek trasy, w którym samolot znajdował się powyżej horyzontu, a kolorem czerwonym oznaczono odcinek trasy, w którym samolot znajdował się poniżej horyzontu.

```
[ ]: import matplotlib.pyplot as plt
import folium
import os

m = folium.Map(location=[52.1657, 20.9671], zoom_start=5)

# for lot in the folder loty
dane = read_flightradar(f"lot2.csv")
# delete unchanging height
dane = np.delete(dane, np.where(dane[:,9]==dane[0,9]), axis=0)
flh = dane[:,[7,8,9]]
flh[:,1] = flh[:,1]*0.3048 + 135.4

flh_lotnisko = flh[0,:]
flh = np.delete(flh, np.where(flh[:,2]==flh_lotnisko[2]), axis=0)
xyz_lotnisko = blh2xyz(np.deg2rad(flh_lotnisko[0]), np.
    ↪deg2rad(flh_lotnisko[1]), flh_lotnisko[2])

R = Rneu(np.deg2rad(flh_lotnisko[0]), np.deg2rad(flh_lotnisko[1]))
```

```

last_coords = [dane[0,7], dane[0,8]]
velocities = []
azimuths = []
odleglosci = []

for i, (fi, lam, h) in enumerate(flh):
    xyz = blh2xyz(np.deg2rad(fi), np.deg2rad(lam), h)
    xsl = xyz - xyz_lotnisko
    neu = R.T.dot(xsl)
    Az = np.rad2deg(np.arctan2(neu[1],neu[0]))
    azimuths.append(Az)
    s = np.sqrt(neu[0]**2 + neu[1]**2 + neu[2]**2) / 1000
    odleglosci.append(s)
    # ...

    z = None
    if neu[2]/s >= -1 and neu[2]/s <= 1:
        z = 90 - np.rad2deg(np.arcsin(neu[2]/s))
    else:
        z = 90

    lat = dane[i,7]
    lon = dane[i,8]

    # calculate plane visibility on the horizon
    if neu[2] < 0:
        color = 'green'
    else:
        color = 'red'

    folium.PolyLine(locations=[[last_coords[0], last_coords[1]], [lat, lon]],
        ↪color=color).add_to(m)
    last_coords = [lat, lon]

    # calculate velocity
    v = dane[i,10]
    velocities.append(v)

m

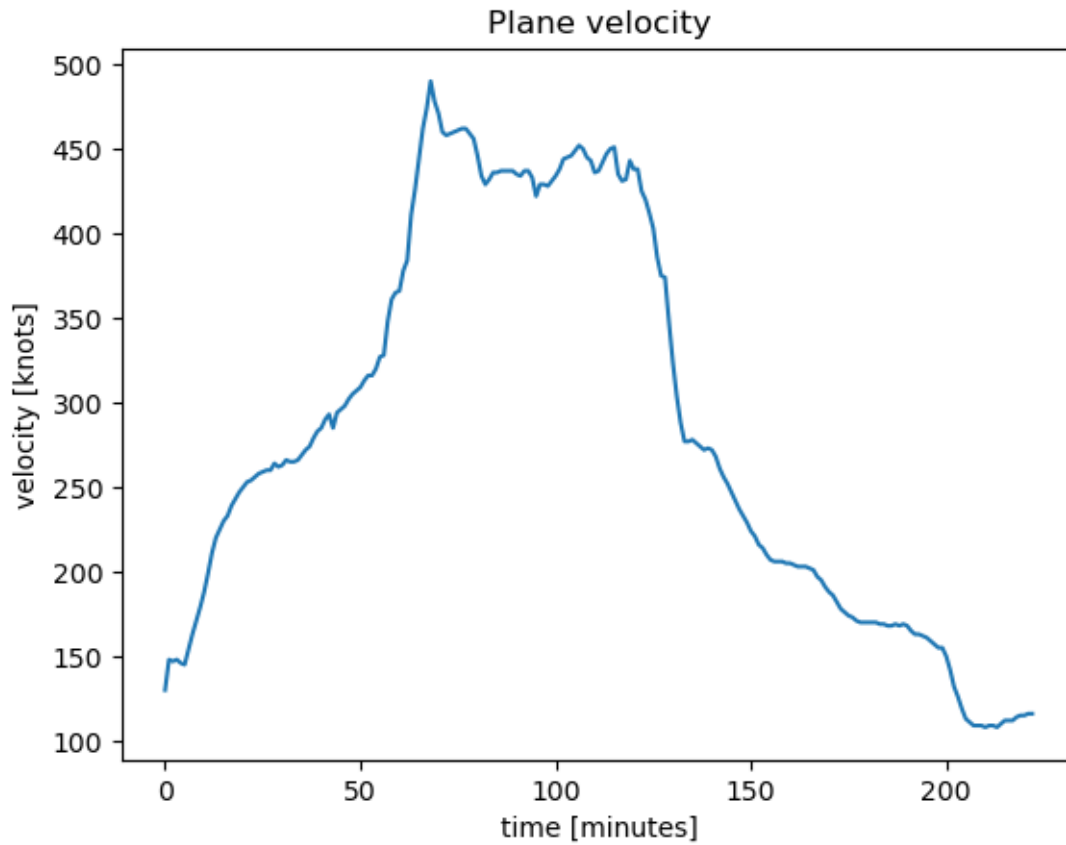
```

```
[ ]: <folium.folium.Map at 0x7ff2a5a90ad0>
```

Wykres prędkości samolotu

```
[ ]: # create a velocity plot
plt.plot(velocities)
plt.xlabel('time [minutes]')
```

```
# w węzłach
plt.ylabel('velocity [knots]')
plt.title('Plane velocity')
plt.show()
```



```
[ ]: # polar azimuth distance plot
plt.polar(np.deg2rad(azimuths), odleglosci)
plt.title('Wykres azymutu i odległości samolotu od lotniska w km')
plt.show()
```

Wykres azymutu i odległości samolotu od lotniska w km

