

# SPRAWOZDANIE

Astronomia geodezyjna

Autor:

Weronika Hebda 311532

Politechnika Warszawska

Wydział: Geodezji i Kartografii

Kierunek: Geoinformatyka

Przedmiot: Wybrane zagadnienia geodezji wyższej

## Spis treści

1.	Wstęp teoretyczny .....	3
1.1.	Układ współrzędnych równikowych równonocnych – $\delta, \alpha$ .....	3
1.2.	Układ współrzędnych równikowych godzinnych – $\delta, t$ .....	3
1.3.	Układ współrzędnych horyzontalnych – $A, h$ .....	4
2.	Cel ćwiczenia .....	4
3.	Przebieg ćwiczenia .....	5
3.1.	Wybranie danych .....	5
3.2.	Skrypt obliczeniowy .....	5
4.	Wyniki .....	7
5.	Wnioski .....	10

## 1. Wstęp teoretyczny

W dawnych czasach ludzie wierzyli, że Ziemia znajduje się w środku Układu Słonecznego, a wszystkie gwiazdy kręcą się wokół niej. Jednym z „dowodów” był kolisty ruch gwiazd na niebie. Dzisiaj wiemy, że jest to jedynie ruch pozorny, powodowany przez ruch obrotowy Ziemi wokół własnej osi.

Wyjątkiem jest Gwiazda Polarna, która znajduje się prawie idealnie na przedłużeniu osi Ziemi na biegunie północnym. Z tego powodu jej ruch pozorny na niebie jest znikomy i przed postępem technologicznym, wykorzystywana było często do nawigacji np. na morzu, ponieważ zawsze wskazuje północ.

Wiemy już, że z perspektywy obserwatora położenie gwiazdy różni się od jej faktycznego. Obecnie w astronomii używa się specjalnie stworzonych układów współrzędnych, aby obrazować położenie gwiazd.

### 1.1. Układ współrzędnych równikowych równonocnych – $\delta$ , $\alpha$

Jest to układ astronomiczny, który przypomina układ współrzędnych geograficznych. Można sobie wyobrazić, że linie siatki geograficznej zostały rozszerzone i otaczają Ziemię. Położenie gwiazd jest definiowane przez dwie wartości:

- deklinacja  $\delta$  – odpowiada szerokości geograficznej. Nad równikiem znajduje się równik niebieski ( $0^\circ$ ), wartości wahają się od  $-90^\circ$  w kierunku południowego bieguna niebieskiego i  $+90^\circ$  w kierunku północnego bieguna południowego.
- rektascensja  $\alpha$  – odpowiada długości geograficznej. Koła wielkie przechodzące przez bieguny niebieskie nazywa się kołami godzinnymi. Wartość jest łukiem równika niebieskiego zawartym pomiędzy punktem Barana (odpowiednik Greenwich), a płaszczyzną koła godzinowego danego ciała niebieskiego. Przyjmuje ona wartości godzinne z zakresu od  $0^h$  do  $24^h$  w kierunku wschodnim, gdzie  $15^\circ$  to  $1^h$ .

Zarówno linie rektascensji, jak i deklinacji pozostają prawie stałe (zjawisko precesji) względem gwiazd, dlatego można je trwale nanosić na mapach nieba.

### 1.2. Układ współrzędnych równikowych godzinnych – $\delta$ , $t$

Jest bardzo podobny do powyższego, jednakże zamiast rektascensji używa się kąta godzinnego:

- kąt godzinny  $t$  - kąt dwuścienny zawarty pomiędzy płaszczyzną lokalnego południka i płaszczyzną koła godzinowego danego obiektu.

Dzięki niemu i rektascensji możemy obliczyć czas gwiazdowy według wzoru (zależność między układami):

$$S = \alpha + t$$

(czas gwiazdowy = rektascensja + kąt godzinny)

### 1.3. Układ współrzędnych horyzontalnych – A, h

Jest to układ astronomiczny lokalny związany z pozycją obserwatora. Przyjmuje kształt półkuli, gdzie płaszczyzną jest horyzont, a biegunami są zenit i nadir. W tym układzie położenie danego ciała niebieskiego określa się podając dwie współrzędne:

- Azymut astronomiczny A – kąt między południkiem (od północy) a płaszczyzną przechodzącą przez obiekt (liczony na wschód). Przyjmuje wartość od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .
- Wysokość h – kąt między płaszczyzną horyzontu, a danym ciałem niebieskim. Waha się od  $0^\circ$  do  $90^\circ$ .

Dodatkowo:

- Odległość zenitalna z – kątowa odległość ciała niebieskiego od zenitu (dopełnienie wysokości od  $90^\circ$ ). Przyjmuje wartości od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .

Transformacja z układu współrzędnych godzinowych na układ horyzontalny odbywa się według następujących zależności:

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{-\cos \delta \sin t}{\cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos t}$$

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było wybranie gwiazdy i przeanalizowanie jej ruchu na niebie w czasie jednej doby z trzech pozycji na Ziemi: na półkuli południowej, na półkuli północnej i w okolicach równika.

Należało pobrać deklinacje oraz rektascensje wybranej gwiazdy, a następnie owe dane dla wszystkich miejsc:

- Przeliczyć na współrzędne w układzie horyzontalnym (Az, h).
- Uzyskane współrzędne zaprezentować na wykresie zależności wysokości od czasu oraz azymutu od czasu.
- Stworzyć prezentację drogi gwiazdy na sferze w układzie horyzontalnym.

Do wykonania ćwiczenia użyto środowiska MATLAB.

### 3. Przebieg ćwiczenia

#### 3.1. Wybranie danych

Do obserwacji wybrano gwiazdę Sadalsuud, która jest najjaśniejszą gwiazdą Gwiazdozbioru Wodnika. Jako datę obserwacji przyjęto 24.01.2001r., a jako miejsca wybrano trzy miasta: Warszawę (półkula północna), Buenos Aires (półkula południowa) oraz Libreville (okolice równika).

#### 3.2. Skrypt obliczeniowy

Na początku wprowadzono wybrane dane, zwracając uwagę na ujemne wartości współrzędnych punktów zamiast oznaczeń N/S, E/W.

```
%wybrana gwiazda Wodnika - Sadalsuud
delta = (-5.571175); % deklinacja
alfa = 21.52598 ; %Rektascensja

%wybrane przeze mnie miejsca
%półkula N - warszawa
lambda_w=21;
fi_w=52;

%półkula S -buenos aires
lambda_b = -59;
fi_b = -34;

%okolice równika - Libreville
lambda_l = 9.5;
fi_l=0.25;
```

Następnie przeliczono datę na liczbę dni kalendarza juliańskiego, aby uniknąć błędów np. zmiany kalendarza w XVI wieku oraz brak roku zerowego.

```
%przeliczanie na liczbe dni juliańskich
jd = julday(2001,1,24);

%przeliczenie daty na kalendarz juliański
function jd = julday(y,m,d)
    if m <= 2, y = y-1; m = m+12; end
    jd = floor(365.25*(y+4716))+floor(30.6001*(m+1))+ d-1537.5;
end
```

Utworzono funkcje, obliczające kąt godzinny gwiazdy, który jest zależny od daty, godziny oraz współrzędnych równikowych równonocnych. Funkcja ta ma za zadania transformacje na układ współrzędnych równikowych godzinnych, czyli podać kąt godzinny. Do tego celu potrzebna była również funkcja obliczająca czas gwiazdowy Greenwich.

```

%czas gwiazdowy Greenwich
function g = GMST(jd)
T = (jd-2451545)/36525;
g = 280.46061837 + 360.98564736629*(jd-2451545)+0.000387933*T.^2-T.^3/38710000;
g = mod(g,360);
end

%Przeliczenie czasu słonecznego UT na czas gwiazdowy S
%oraz obliczenie kąta godzinnego
function [t] = katgodz(y,m,d,h,lambda,alfa)
jd = julday(y,m,d); %dni
g = GMST(jd); %stopnie
UT1 = h*1.002737909350795; %godziny

%obliczenie czasu gwiazdowego(w stopniach)
S = UT1*15 + lambda + g;

%obliczenie kąta godzinnego(w stopniach)
t = S - alfa*15;
end

```

Następnie napisano funkcję zmieniającą współrzędne godzinne najpierw na współrzędne horyzontalne z uwzględnieniem godzin, a następnie na współrzędne xyz, aby można było umieścić je na wykresie...

```

%funkcja na obliczanie wspolrzednych horyzontalnych
function [x,y,z,wys,azymut] = oblicz(fi,lam,alfa,delta)
for i = 1:25
hour(i) = katgodz(2001,01,24,i-1,lam,alfa);
zenit(i) = acosd(sind(fi)*sind(delta)+cosd(fi)*cosd(delta)*cosd(hour(i)));
azymut(i) = Az(fi,delta,hour(i));

wys(i) = 90 - zenit(i);
end
for i = 1:24
x(i) = sind(zenit(i))*cosd(azymut(i));
y(i) = sind(zenit(i))*sind(azymut(i));
z(i) = cosd(zenit(i));
end
end

```

...oraz funkcję obliczającą azymuty zgodnie z ćwiartkami geodezyjnymi.

```

%obliczenie azymutu
function A = Az(fi,delta,t)
a =(-cosd(delta)*sind(t));
b =(cosd(fi)*sind(delta)-sind(fi)*cosd(delta)*cosd(t));
if (a > 0) && (b > 0)
A=atand(a/b);
elseif (a > 0) && (b < 0)
A=atand(a / b)+ 180;
elseif (a < 0) && (b < 0)
A=atand(a / b)+ 180;
elseif (a < 0) && (b > 0)
A=atand(a / b)+ 360;
end
end

```

Mając już wszystkie potrzebne funkcje przystąpiono do zamiany danych na współrzędne horyzontalne oraz ich graficznej reprezentacji. W tym celu użyto wbudowanych funkcji matlaba: plot, surf oraz scatter3.

```
godz = [1:25];
%dla Warszawy%
[xw,yw,zw,wysw,azymutw] = oblicz(fi_w,lambda_w,alfa,delta);

%wykres wysokości od czasu
figure(1)
plot(godz,wysw)
grid on
title('Wykres zależności wysokości od czasu dla Warszawy ')
xlabel('czas [h]');
ylabel('Wysokość gwiazdy nad horyzontem [°]');
xticks([0:24])

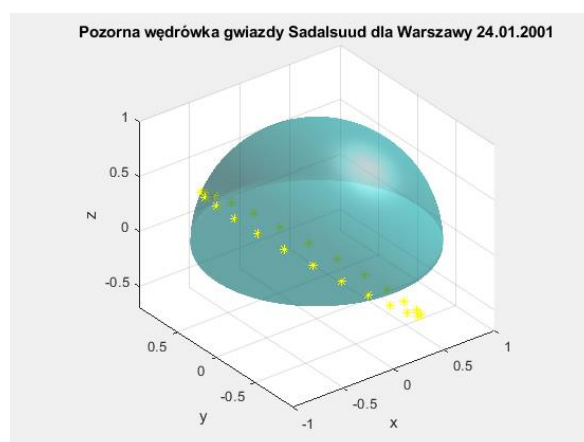
%wykres azymutu od czasu
figure(2)
plot(godz,azymutw)
grid on
title('Wykres zależności azymutu od czasu dla Warszawy')
xlabel('czas [h]');
ylabel('azymut [°]');
xticks([0:24])

%rysowanie sfery
figure(3)
[x,y,z] = sphere(50);
z(z<0) = 0;
S = surf(x,y,z,'facecolor', '#26f3f7','edgealpha', 0);
S.EdgeColor = 'blue';
S.FaceAlpha = 0.4;
light;
lighting gouraud;
axis equal;
hold on
scatter3(xw,yw,zw, 'yellow','*');
title('Pozorna wędrówka gwiazdy Sadalsuud dla Warszawy 24.01.2001')
xlabel('x');
ylabel('y');
zlabel('z');
```

## 4. Wyniki

Wyniki zostały zaprezentowane na poniższych wykresach:

- Dla Warszawy:

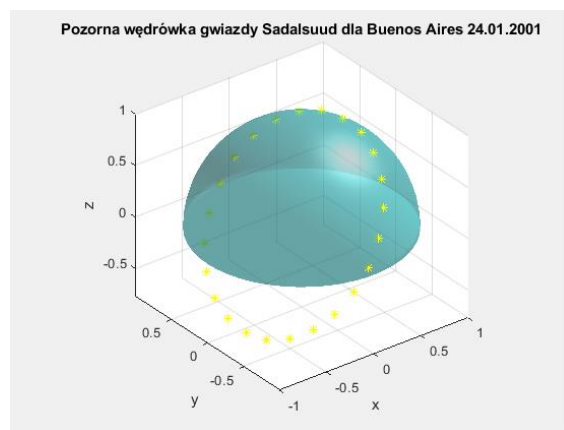


Rysunek 1. Pozorna wędrówka gwiazdy na sferze w Warszawie.

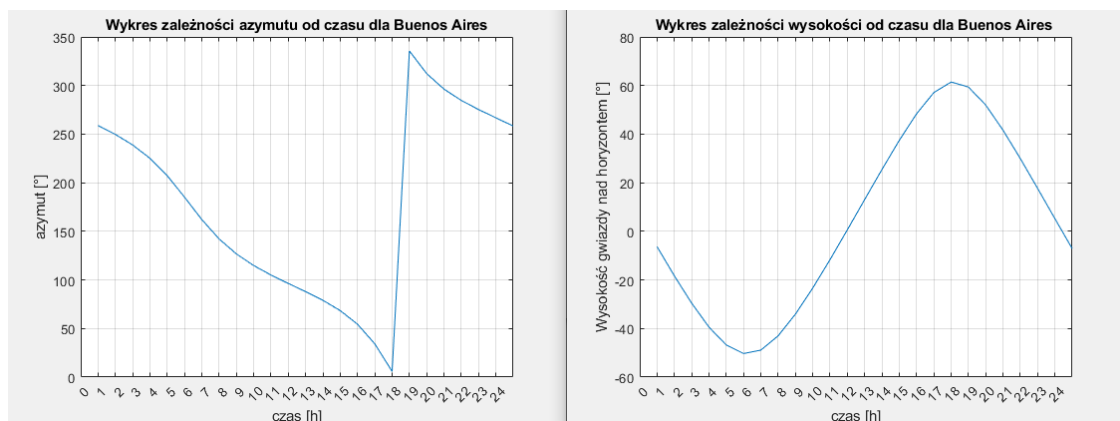


Rysunek 2. Wykresy dla Warszawy.

- Dla Buenos Aires:



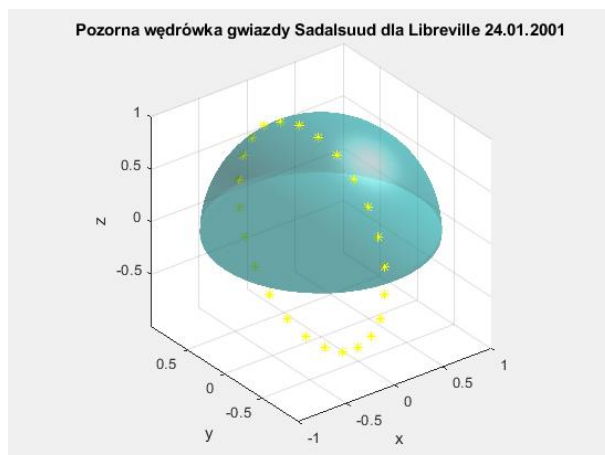
Rysunek 3. Pozorna wędrówka gwiazdy na sferze w Buenos Aires.



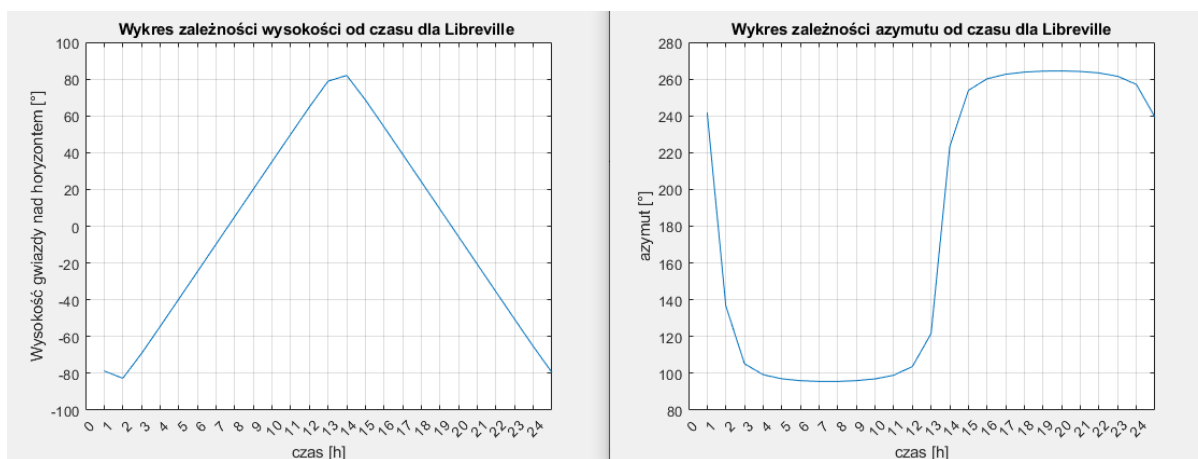
Rysunek 4. Wykresy dla Buenos Aires.



- Dla Libreville:



Rysunek 5. Pozorna wędrówka na sferze w Libreville.



Rysunek 6. Wykresy dla Libreville.

Z wykresów można odczytać momenty wschodu i zachodu gwiazdy chociażby na podstawie wysokości nad horyzontem. W Warszawie wschód nastąpi między godziną 7 a 8, a zachód między 18 a 19. W Buenos Aires wschód około godziny 12, a zachód po 24. W Libreville wschód gwiazdy odbędzie się między 7 a 8, a zachód między 19 a 20.

## 5. Wnioski

- 5.1. Ruch pozorny gwiazdy na niebie zależy od miejsca obserwacji na Ziemi oraz od daty, czyli czasu.
- 5.2. Pozorny ruch gwiazd ma zawsze kształt okręgu i odbywa się wokół biegunów niebieskich północnego i południowego odpowiednio na różnych półkulach.
- 5.3. Momenty wschodu i zachodu gwiazdy dają się łatwo określić dzięki zmianie danych na układ horyzontalny. Są one inne w różnych miejscach na Ziemi.
- 5.4. Na równiku gwiazdy poruszają się prawie prostopadle do płaszczyzny horyzontu, a ich moment górowania jest coraz niżej wraz ze zbliżaniem się do biegunów.