

1. Analiza szeregów czasowych obserwacji satelitarnych

1.1. Zadanie do wykonania

Na podstawie wykresów szeregów czasowych stacji satelitarnych dostępnych na stronie Jet Propulsion Laboratory (JPL)¹ wybrać indywidualnie jedną ze stacji. Szeregi czasowe dla wybranej stacji w formie tekstowej dostępne są w plikach `*.series`².

Wyznaczyć prędkość liniową (trend) stacji w układzie horyzontalnym (*env*) wszystkich trzech składowych na podstawie szeregów czasowych w tym układzie. Wyznaczyć łącznie z uwzględnieniem składników harmonicznym (roczny i półroczny) oraz nieciągłości (wyznaczyć wartości skoków).

1.2. Więcej informacji

Wyznaczanie prędkości stacji satelitarnych jest jednym z najważniejszych zastosowań GNSS w badaniach geofizycznych i geodynamicznych. Prędkości tych stacji mogą służyć do konstruowania modeli ruchu płyt kontynentalnych, a także ruchów śródpłytowych. Ze zmian wysokości można pośrednio wnioskować o zasobach wodnych czy bilansie masy lodowców. Wiarygodne określanie tych prędkości jest bardzo ważne, zwłaszcza jeżeli dysponujemy krótkim okresem obserwacji.

Proste wyznaczenie trendu (jako wpasowanie prostej regresji) może w wielu przypadkach być nieodpowiednie i dawać fałszywe wyniki. Na ruch stacji wpływają też wyrazy sezonowe, w szeregach czasowych występują też skoki i nieciągłości różnego pochodzenia, a w niektórych rejonach świata istotnym elementem są również deformacje kosejsmiczne i postsejsmiczne. Ogólne równanie pozycji stacji wyrazi się równaniem,

$$y(t_i) = y_0 + vt_i + \sum_{b=1}^2 A_b \sin(2b\pi t_i + \varphi_b) + \sum_{j=1}^k H(t_i - t_{o_j}) O_j + \sum_{l=1}^m H(t_i - t_{q_l}) \left(c_l + p_l \ln(1 + (t_i - t_{q_l})/\tau_l^{\log}) \right) + \varepsilon_i. \quad (1)$$

Pierwszy składnik to wartość stała, v jest prędkością liniową (trendem), t_i to odpowiednio i -ta epoka obserwacyjna, O oznacza skok nieciągłości (offset), t_o to moment skoku nieciągłości A i φ to odpowiednio amplituda i faza wyrazów sezonowych (rocznego i półrocznego). Drugi wiersz tego wyrażenia odpowiada za deformacje sejsmiczne i w tym projekcie te

¹ <https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html>

² https://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Timeseries/repro2018a/raw/position/envseries/

elementy pominiemy. Funkcja Heaviside'a jest oznaczona jako H i jest to zwyczajnie wartość 0 przed wystąpieniem skoku i 1 później.

Każdą składową można opracować oddzielnie lub korzystając z jednego dużego równania. Aby skorzystać z wzoru 1 należy określić liczbę (j) i momenty wystąpienia skoków (to_j). Można to zrobić poprzez wizualną inspekcję wykresów szeregów czasowych, a także posiłkując się logami ze stacji, w których odnotowywane są wszystkie istotne zmiany odbiornika lub anten, które zazwyczaj są przyczyną nieciągłości i skoków w szeregach czasowych.

W zadaniu wyrównawczym mamy następujące niewiadome do wyznaczenia y_0 , v , wyraz sinusowy i cosinusowy sygnału rocznego i półrocznego oraz wartości przesunięcia w zadanych momentach skoków. Każda wartość w szeregu czasowym to jedna obserwacja. Stosując odpowiednie wzory rachunku wyrównawczego jesteśmy w stanie wyznaczyć szukaną wartość trendu (v).

Jako zadanie dodatkowe można przetestować jak długość szeregu czasowego, lub zaniebdanie wyrazów sezonowych, wpłynie na estymowane wartości. Jest to proste doświadczenie numeryczne polegające tylko na usunięciu wybranych wierszy lub kolumn w macierzy kształtu. Warto zauważyć również, że gdy zostawimy tylko dwie pierwsze kolumny w tej macierzy to nasz trend będzie współczynnikiem kierunkowym prostej regresji.

Ostatni element nad którym należy się zastanowić, to czy brak wstępnego czyszczenia danych (usunięcie obserwacji odstających) istotnie wpływa na otrzymywane wyniki.

1.3. Wskazówka do ułożenia macierzy kształtu

Poniżej znajduje się fragment kodu programu rozwiązującego to zadanie, odpowiedzialny za ułożenie macierzy kształtu. Traktując ten fragment jako prototyp czy pseudokod można stworzyć swoje własne rozwiązanie.

```
A = [  
  ones(size(t)) t ...  
  cos(2*pi*t) sin(2*pi*t) ...  
  cos(2*pi*2*t) sin(2*pi*2*t) ...  
  zeros(size(t,1), size(dane(i).steps,2))  
];
```