

# Harjoitus 10

**Yleisohje:** Noudata seuraavia ohjeita, koska ne helpottavat tehtävien tarkistusta. Arvostelussa huomioidaan se, että käytät aina tiedostoille tehtävässä pyydettyjä nimiä. Lähetä **ainoastaan** tehtävässä pyydyt tiedostot. Lähetä palautukset assistentillesi sähköpostin otsikolla: **TilaI,2017**

Jos et ole ohjelmoanut aikaisemmin, niin valitse vain toinen ohjelmointikielistä (**octave/python**) äläkä vaihda sitä kurssin aikana. Jos olet varma, että haluat kokeilla molempia kieliä, voit toki tehdä molempien kielten harjoitukset. Palauta kuitenkin tehtävät assistentille vain yhdellä kielellä.

- **Tehtävä 10a: python** tai **octave** osion ohjeet ovat samat, koska tehtävän tavoite on sama.

Kotisivulla on kaksi kuvaa. Kuva **H10aPmalli.jpg** on laadittu **python**:lla. Kuva **H10aOmalli.jpg** on laadittu **octave**:lla. Molemmissa kuvissa on edellisen laskuharjoituksen 9b **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** dokumentissa **H9bmalli.pdf** kuvattu tehospektrin periodogrammi  $z(f_j)$ .

Periodogrammi  $z(f_j)$  on laskettu aikapisteille  $t_i$  ja havainnoille  $y_i = y(t_i)$  tiedostosta **H7ainput.dat**. Tiedoston ensimmäinen sarake sisältää  $t_i$  arvot ja toinen sarake sisältää  $y_i$  arvot. Testattu periodiväli on  $P_{\min} = 1.0$  ja  $P_{\max} = 10$ .

Kuvien yläosissa on plotattu havainnot  $y_i$  ajan  $t_i$  funktiona.

Kuvien alaosissa esitetään havaintojen tehospektri. Laske ensin havaintojen keskiarvo  $m_y = [\sum y_i]/n$ . Vähennä keskiarvo havainnoista, jolloin saat  $y'_i = y_i - m_y$ . Laske tehospektrin arvo testattavalla frekvenssillä  $f_j$  kaavalla

$$z(f_j) = \frac{\{\sum_{i=1}^n y'_i \cos [2\pi f_j(t_i - \tau)]\}^2}{2 \sum_{i=1}^n \{\cos [2\pi f_j(t_i - \tau)]\}^2} + \frac{\{\sum_{i=1}^n y'_i \sin [2\pi f_j(t_i - \tau)]\}^2}{2 \sum_{i=1}^n \{\sin [2\pi f_j(t_i - \tau)]\}^2},$$

missä  $\tau$  toteuttaa

$$\tan(4\pi f_j \tau) = \left[ \sum_{i=1}^n \sin(4\pi f_j t_i) \right] \left[ \sum_{i=1}^n \cos(4\pi f_j t_i) \right]^{-1}$$

Testattava frekvenssiväli on  $f_{\min} = 1/P_{\max}$  ja  $f_{\max} = 1/P_{\min}$ . Etäisyys kahden riippumattoman testattavan frekvenssin välillä on  $f_0 = 1/\Delta T$ , missä  $\Delta T = t_n - t_1$  eli havaintovälin koko pituus. Tee testattavien frekvenssien välisestä etäisyydestä kymmenen kertaa tiheämpi kuin  $f_0$  eli  $f_{\text{step}} = f_0/\text{OFAC}$ , missä  $\text{OFAC} = 10$  on vakio. Testattavia frekvenssejä sopii testattavaan frekvenssiväliin

$$M = \text{INT}[(f_{\max} - f_{\min})/f_{\text{step}}]$$

kappaletta, missä  $\text{INT}$  poistaa argumentin desimaaliosan (Esim:  $\text{INT}[1.23] = 1$ ). Laske tehospektrin  $z(f_j)$  arvo kaikille seuraaville frekvenssien arvoille

$$f_j = f_{\min} + j f_{\text{step}},$$

missä  $j = 0, 1, 2, 3, \dots, M$ .

Plottaa kuvan alaosassa tehospektri  $z_j = z(f_j)$  testattavien frekvenssien  $f_j$  funktiona. Merkitse kuvaan tehospektrin  $z(f_j)$  korkein piikki kohdassa  $1/f_{\text{best}} = P_{\text{best}}$ . Saatu  $P_{\text{best}}$  arvo on paras periodi näille havainnoille. Laskentatarkkuudesta ja lukujen pyöristämisestä johtuen saattavat **python** ja **octave** ohjelmaversiot antaa hiukan erilaiset arvot, esimerkiksi  $P_{\text{best}} = 1.91$  tai  $1.92$ .

**Vihje:** Laskuharjoituksessa **H6b** laskettiin aiemmin  $\tau$ ,  $z_1(f_j)$  ja  $z_2(f_j)$  arvot yhden testattavan frekvenssin tapaukselle.

## Tehtävän 10a suoritus

Laadi **python** ohjelma **H10aavalmis.py**, joka tekee kuvan **H10aPvalmis.jpg**. Ohjelman tekemän kuvan tulee olla **sisällöltään** samanlainen kuin kotisivun kuvan **H10aPmalli.jpg**. Ohjelma ei saa kaatua komennolla **python H10aavalmis.py**.

tai

Laadi **octave** ohjelma **H10aavalmis.m**, joka tekee kuvan **H10aOvalmis.jpg**. Ohjelman tekemän kuvan tulee olla **sisällöltään** samanlainen kuin kotisivun kuvan **H10aOmalli.jpg**. Ohjelma ei saa kaatua komennolla **octave H10aavalmis.m**.

- **Tehtävä 10b:** `python` tai `octave` osion ohjeet ovat samat, koska tehtävän tavoite on sama.

Kotisivulla on kaksi kuvaa. Kuva `H10bPmalli.jpg` on laadittu `python`:lla. Kuva `H10b0malli.jpg` on laadittu `octave`:lla. Molemmissa kuvissa on edellisen laskuharjoituksen 9b  $\LaTeX$  dokumentissa `H9bmalli.pdf` kuvattu pienimmän neliösumman sovitus havaintoihin.

Aikapisteet  $t_i$  ja havainnot  $y_i = y(t_i)$  on luettu tiedostosta `H7ainput.dat`. Tiedoston ensimmäinen sarake sisältää  $t_i$  arvot ja toinen sarake sisältää  $y_i$  arvot.

Havaintoihin parhaiten sopivaa periodia  $P_{\text{best}} = 1.91$  vastaa frekvenssi  $f_{\text{best}} = 1/P_{\text{best}}$ . Havaintojen vaiheet ovat tällä periodilla laskettuna

$$\phi_i = \text{FRAC}[(t_i - t_0)f_{\text{best}}],$$

missä  $t_0 = 0$  ja  $\text{FRAC}[x]$  poistaa argumentin  $x$  kokonaislukuosan (Esim:  $\text{FRAC}[21.34] = 0.34$ ). Kuvaan on plotattu havainnot  $y_i = y(t_i) = y(\phi_i)$  vaiheiden  $\phi_i$  funktiona.

Nämä havainnot on mallinnettu pienimmän neliösumman sovituksella

$$g(t, \bar{\beta}) = M + A \cos(2\pi\phi_i) + B \sin(2\pi\phi_i),$$

missä vapaat parametrit ovat  $\bar{\beta} = [M, A, B]$ . Sovituksen antama malli esitetään kuvassa jatkuvana käyränä. Samassa kuvassa annetaan myös vapaille parametreille  $M$ ,  $A$  ja  $B$  saadut arvot.

### Tehtävän 10b suoritus

Laadi `python` ohjelma `H10bvalmis.py`, joka tekee kuvan `H10bPvalmis.jpg`. Ohjelman tekemän kuvan tulee olla **sisällöltään** samanlainen kuin kotisivun kuvan `H10bPmalli.jpg`. Ohjelma ei saa kaatua komennolla `python H10bvalmis.py`.

tai

Laadi `octave` ohjelma `H10bvalmis.m`, joka tekee kuvan `H10b0valmis.jpg`. Ohjelman tekemän kuvan tulee olla **sisällöltään** samanlainen kuin kotisivun kuvan `H10b0malli.jpg`. Ohjelma ei saa kaatua komennolla `octave H10bvalmis.m`.

### Tehtävien palautus

Lähetä assistentille e-mailin liitetiedostona tiedostot:

H10a: `H10aavalmis.py` & `H10aPvalmis.jpg` tai `H10aavalmis.m` & `H10a0valmis.jpg`

H10b: `H10bvalmis.py` & `H10bPvalmis.jpg` tai `H10bvalmis.m` & `H10b0valmis.jpg`