

Harjoitus 1: Johdatus matemaattiseen mallintamiseen (Matlab)

SCI-C0200 Fysiikan ja matematiikan menetelmien studio 2022



MyCourses

- Kurssilla käytetään MyCourses-ympäristöä:

<https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=31656>

- Opetusmateriaali
- Harjoitustehtävien palautus
- Kurssin tiedotus
- Visailut

Tietokoneharjoitusten palauttaminen

- Tunti- ja kotitehtävät ovat kalvojen lopussa ja vaadittavat vastaukset on merkitty seuraavasti:

 = kirjoita vastaus

 = liitä kuva

- Vastaukset palauttaan viikottain yhtenä **pdf-tiedostona MyCoursesiin**, jossa nimi ja opiskelijanumero
- Kaikki tehtävät tehdään, arvostelu 0-6 pistettä seuraavasti:

1p muotoilusta

2p tuntitehtävistä

3p kotitehtävistä

Tietokoneharjoitusten palauttaminen

- Yhteenveto tietokoneharjoitusten palautuksiin vaadituista muotoiluseikoista löytyy MyCoursesista ”Tietokoneharjoitus 1”-välilehdeltä.
- Jos palautus myöhästyy deadlinesta, niin pisteistä vähennetään yksi piste jokaista alkavaa vuorokautta kohden.
- Jos et saanut palautuksesta täysiä pisteitä, niin sinulla on mahdollisuus korottaa pisteitäsi korjaamalla palautusta saamasi palautteen perusteella. Lopullinen pistemäärä on tällöin ensimmäisen ja toisen palautuksen pisteiden keskiarvo. Eli esimerkiksi jos olet saanut neljä pistettä, niin korjauksen jälkeen voit saada viisi pistettä.
- Assarit tarkastavat palautukset seuraavan viikon sunnuntaihin mennessä, jonka jälkeen on viikko aikaa tehdä korjaukset ja palauttaa korjattu versio MyCoursesiin vanhan version tilalle.

Ensimmäinen harjoituskierrros

Aiheet

- Tutustuminen matemaattiseen mallintamiseen
- Tutustuminen Matlab-ohjelmistoon
- Tutustuminen Latex-ympäristöön

Oppimistavoitteet

1. Osaat käyttää Matlabin komentoikkunaa sekä komentojonotiedostoja.
Osaat tärkeimmät peruskomennot.
2. Osaat visualisoida tuloksia Matlabilla ja viedä visualisointeja julkaisuihin

Matemaattinen mallintaminen

- Malli on todellisuuden jäljitelmä.
- Fysikaaliset lait, tilastollinen päättely, simulointi ...
- Hyvä malli on mahdollisimman yksinkertainen. Sopiva yksinkertaistuksen aste riippuu käyttätarkoituksesta.
- Mallin avulla systeemiä voidaan tarkastella ilman kokeiden tekemistä.
 - Kokeiden tekeminen systeemistä voi olla liian vaikeaa, kallista, tai mahdotonta.

White Box - Black Box

- **White box** -malli: Systemin riippuvuussuhteet tunnetaan.
 - Luonnonlait
 - Fysikaalinen mallintaminen
 - Esim. sähköpiirin mallintaminen
- **Black box** -malli: Systemin riippuvuussuhteita ei tunneta, vaan malli sovitetaan mittausdataan.
 - Identifiointi
 - Esim. kansantalouden mallintaminen
- Välimaastossa **Gray Box** -mallintaminen
 - Systemin rakenne osittain tunnettu, mittausdataa käytetään parametrien määrittämiseen.

Mallien käyttötarkoituksia 1/2

- Ennustaminen
 - Esim. kuinka suuri sähkön kulutus tulee olemaan ensi vuonna?
- Optimointi
 - Esim. mikä on paras mahdollinen tuotannon määrä yritykselle?
- Sääto
 - Esim. kuinka paperikonetta tulisi ohjata, jotta lopputulos olisi tasalaatuista?

Mallien käyttötarkoituksia 2/2

- Päätöksenteko
 - Esim. pitäisikö Suomeen rakentaa lisää ydinvoimaa?
- Maailmankuvan muodostaminen
 - Esim. mitkä tekijät vaikuttavat Suomen kansantalouden kehittymiseen?

Mallien luokittelu 1/2

- Deterministinen - Stokastinen
- Dynaaminen - Staattinen
- Jatkuva-aikainen - diskreettiaikainen
- Keskitetyt parametrit - Jakautuneet parametrit
- Jatkuva-aikainen - Tapahtumaorientoitunut
- Parametrinen - Ei-parametrinen
- Single-input-single-output (SISO) - Multi-input-multi-output (MIMO)
- Lineaarinen - Epälineaarinen
- Aikavariantti - Aikainvariantti
- Aikatasomalli - Taajuustasomalli

Mallien luokittelu 2/2

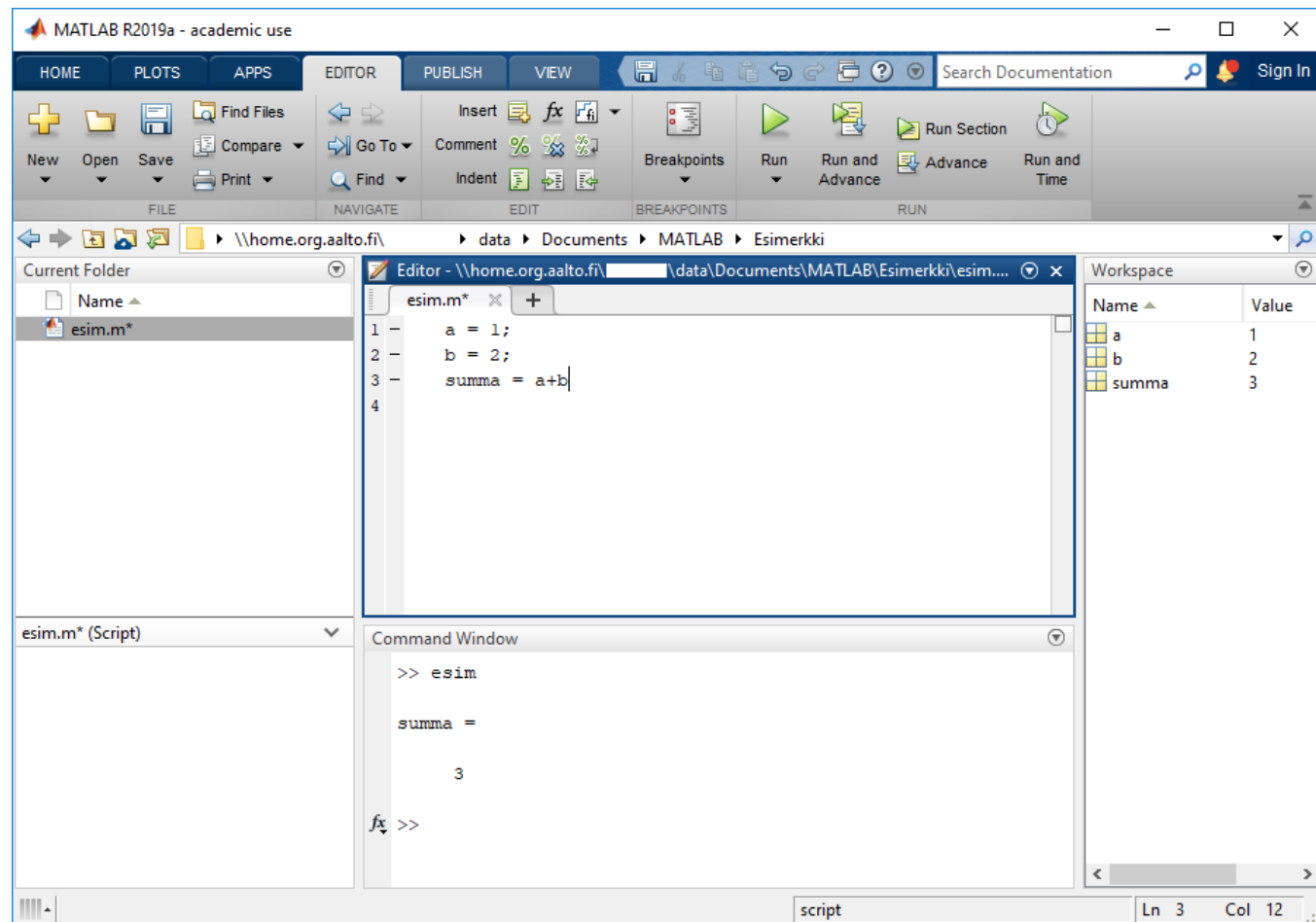
- Mallit voidaan myös jaotella [aiheen](#) mukaan:
 - Matemaattiset mallit esim.
 - Fysiikassa
 - Lääketieteessä
 - Psykologiassa
 - Taloustieteessä
- TAI [ratkaisutekniikan](#) mukaan:
 - Matemaattinen mallintaminen esim.
 - Differentiaaliyhtälöillä
 - Graafeilla
 - Matemaattisella ohjelmoinnilla
 - Neuroverkoilla

Mallinrakennuksen vaiheet

- (1) Tehtävän määrittely
- (2) Mallin muodostaminen
 - Puetaan kohdan (1) tehtävä matemaattiselle kielelle.
- (3) Mallin ratkaiseminen
 - Suoraviivaisin osuus, perustuu yleensä hyvin määriteltyyn matemaattiseen teoriaan.
- (4) Validointi
 - Vastaako malli niihin kysymyksiin, johon sen piti vastata?
- (5) Ratkaisun käyttöönotto
 - Toimintaohjeita mallin käyttäjälle.

Matlab

- Matlab (MATrix LABoratory): numeeriseen laskentaan tarkoitettu ohjelma.
- Käytetään laajasti eri insinöörialoilla.



Matlabin käyttöliittymä, toolboxit

- Command Window - Komentoja voidaan syöttää yksi kerrallaan.
- Workspace - Työtilaan tallennetut muuttujat.
- Editor - Ns. [m-tiedostojen](#) (funktioiden ja komentojonotiedostojen) muokkaamista varten.
- Help - Minkä tahansa funktion helpin saa auki seuraavasti:
help funktio
- Matlabissa eri sovellusalueille tehtyjä valmiita työkalupaketteja
 - Statistics Toolbox
 - Optimization Toolbox
 - Symbolic Math Toolbox
 - Curve Fitting Toolbox

Matriisien käsittely Matlabissa

- Matriisit ovat perustietorakenne Matlabissa.
- Matriisit syötetään alkioittain hakasulkujen sisään.
- Välilyönti (tai pilkku) erottaa samalla rivillä olevat alkiot.
- Puolipiste erottaa rivit toisistaan.
- Vektorit luodaan vastaavalla tavalla.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

```
>> A=[1 2 3 ; 4 5 6 ; 7 8 9]
A =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9
```

Matriisin alkioihin viittaaminen 1/2

- Viittaus sulkujen avulla muodossa (*rivi,sarake*)

```
A =
```

```
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
```

```
>> A(2,1)
```

```
ans =
```

```
    4
```

- **Huom!** Indeksointi alkaa 1:sta, ei 0:sta (toisin kuin esim. Javassa)

Matriisin alkioihin viittaaminen 2/2

- Voidaan myös viitata useamman alkion muodostamaan alueeseen kaksoispisteen (:) avulla.

```
>> A(1:2,1)
```

```
ans =
```

```
1
```

```
4
```

```
>> A(:,1) % pelkkä kaksoispiste valitsee koko sarakkeen/rivin
```

```
ans =
```

```
1
```

```
4
```

```
7
```

```
>> A(2:end,1) % end viittaa viimeiseen alkioon
```

```
ans =
```

```
4
```

```
7
```

Matriisien muokkaaminen

- Matriiseja voidaan myös luoda liittämällä toisia matriiseja yhteen.

```
>> B=[A A]
```

```
B =
```

```
     1     2     3     1     2     3
     4     5     6     4     5     6
     7     8     9     7     8     9
```

- Tiettyä matriisin alkiota voidaan muuttaa seuraavasti.

```
>> A(1,1)=100
```

```
A =
```

```
   100     2     3
     4     5     6
     7     8     9
```

Matriisin transpoosi

- Matriisin transpoosiin käytetään heittomerkkiä (').

```
A =
```

```
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
```

```
>> A'
```

```
ans =
```

```
    1    4    7
    2    5    8
    3    6    9
```

Peruslaskutoimitukset 1/2

- Yhteen- ja vähennyslasku (+, -)

```
>> C=[1 2;3 4] , D=[5 6;7 8]
```

```
C =
```

```
    1    2
```

```
    3    4
```

```
D =
```

```
    5    6
```

```
    7    8
```

```
>> C+D
```

```
ans =
```

```
    6    8
```

```
   10   12
```

```
>> C-D
```

```
ans =
```

```
   -4   -4
```

```
   -4   -4
```

Peruslaskutoimitukset 2/2

- Kerto- ja jakolasku ($*$, $.*$, $/$, $./$)

```
>> C*D % Matriisitulo
```

```
ans =  
    19    22  
    43    50
```

```
>> C.*D % Alkiioittainen tulo
```

```
ans =  
     5    12  
    21    32
```

```
>> C/D % Matriisijakolasku
```

```
(vastaa laskua C*inv(D))
```

```
ans =  
    3.0000   -2.0000  
    2.0000   -1.0000
```

```
>> C./D % Alkiottainen jakolasku
```

```
ans =  
    0.2000    0.3333  
    0.4286    0.5000
```

Käänteismatriisi, lineaarisen yhtälöryhmän ratkaisu

- Matriisin \mathbf{A} käänteismatriisi \mathbf{A}^{-1} on olemassa täsmälleen silloin, kun $\det(\mathbf{A}) \neq 0$.
- Käänteismatriisille pätee:
 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{I}$ (Yksikkömatriisi).
- Yhtälöryhmän $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$ ratkaisu:
 - \mathbf{A} on $n \times n$ matriisi, $\mathbf{x} = [x_1 \dots x_n]^T$, $\mathbf{b} = [b_1 \dots b_n]^T$.
 $\Leftrightarrow (\mathbf{A}^{-1} \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$
 $\Leftrightarrow \mathbf{I}\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$
 $\Leftrightarrow \mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$
 - Matlabissa: `x=inv(A)*b` tai `x=A \ b`

Peräkkäisistä luvuista koostuvan vektorin luominen

- Kaksoispisteen (`:`) avulla voidaan luoda näitä vektoreita.

```
>> x=10:16
```

```
x =
```

```
    10    11    12    13    14    15    16
```

```
>> y=10:2:16 % alkioden välinen erotus 2
```

```
y =
```

```
    10    12    14    16
```

- Huom! `%` on kommentointimerkki. (Matlab ei suorita sen jälkeen samalla rivillä olevia komentoja.)

Komentojonotiedostojen luominen editorilla

- Komentojonotiedoston (muotoa *.m) avulla voidaan ajaa usea komento peräkkäin. Komentojonotiedosto luodaan editorilla, joka aukeaa vasemman yläkulman kohdasta "New Script" tai Ctrl+N.
- Komentojonotiedoston syntaksi on sama kuin komentorivillä
- Komentojonotiedosto ajetaan kirjoittamalla tiedoston nimi komentoriville tai painamalla editorissa F5
- Komentojonotiedoston muuttujat tallentuvat Matlabin Workspaceen
 - Muuttujat käytettävissä myös komentojonotiedoston suorittamisen päätyttyä
 - Komentojonotiedosto voi käyttää workspacessa olevia muuttujia
 - Huom! Vaarana tallentaa tärkeiden muuttujien päälle

- HUOM! Käytä Matlabissa aina komentojonotiedostoja, kun suoritat useamman kuin yhden komennon. Hyvä työskentelytapa tällä kurssilla on esimerkiksi tehdä (vähintään) yksi komentojonotiedosto jokaista tehtävää kohden.

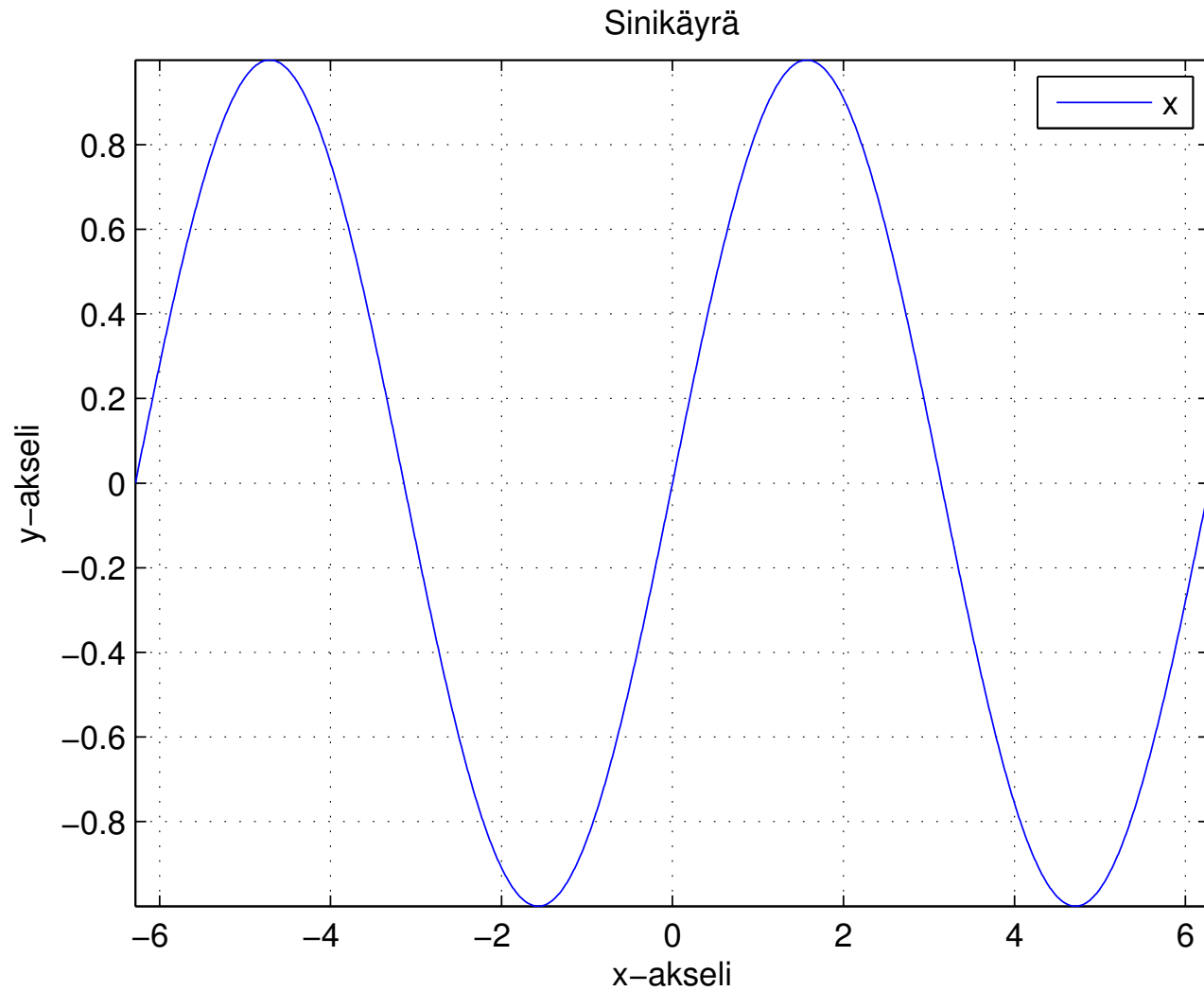
Kuvaajat 1/2

- plot-funktion avulla voidaan piirtää kuvaajia, ks. [help plot](#)

```
>> x=-2*pi:0.1:2*pi; % Luodaan x-vektori
>> y=sin(x);        % Luodaan y-vektori
>> plot(x,y);       % Piirretään kuvaaja
                        (vaaka-akselilla x, pystyakselilla y)
>> grid on          % Kuvaajan ruudukko päälle
>> axis tight       % Akselit ilman tyhjää tilaa laidoilla
>> title('Sinikäyrä') % Kuvaajan otsikko
>> xlabel('x-akseli') % Tunniste x-akselille
>> ylabel('y-akseli') % Tunniste y-akselille
>> legend('x')      % Kuvateksti
```

- Edelliset komennot kannattaisi kirjoittaa perätysten yhteen komentojonotiedostoon, jotta niiden uudelleen ajaminen ja muokkaaminen olisi tulevaisuudessa helpompaa.

Kuvaajat 2/2



Tehtävä A: tutustuminen Matlabiin

Saat ohjeita komentojen käyttämiseen komennolla `help`. Esimerkiksi `help inv`. Käytä helppiä hyväksesi aina kun et pääse muuten eteenpäin.

1. Luo muutama matriisi, esim. $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$, $C = \text{eye}(3)$, $D = \text{ones}(3,2)$ ja $E = \text{zeros}(2,3)$. Kokeile matriisien yhteen- ja kertolaskua esimerkiksi matriiseilla A ja B. Kokeile myös komentoja `det`, `inv`, `diag`, `size` ja `eig`.

✎ Mitä tekee funktio `eig`?

✎ Mitä tekee komento `clear all`?

2. Luo vektorit $a = [1 \ 2 \ 3]$ ja $b = [1 \ 5 \ 9]$.

✎ Mitä saat vastaukseksi seuraavista laskutoimituksista?

$a*b'$, $a'*b$, $a.*b$, $a.*a$, $a.^2$

3. Luo vektori jossa on luvut 1, 3, 5, ..., 99 kahdella eri tavalla:

kaksoispisteen käytöllä ja `linspace`-komennolla.

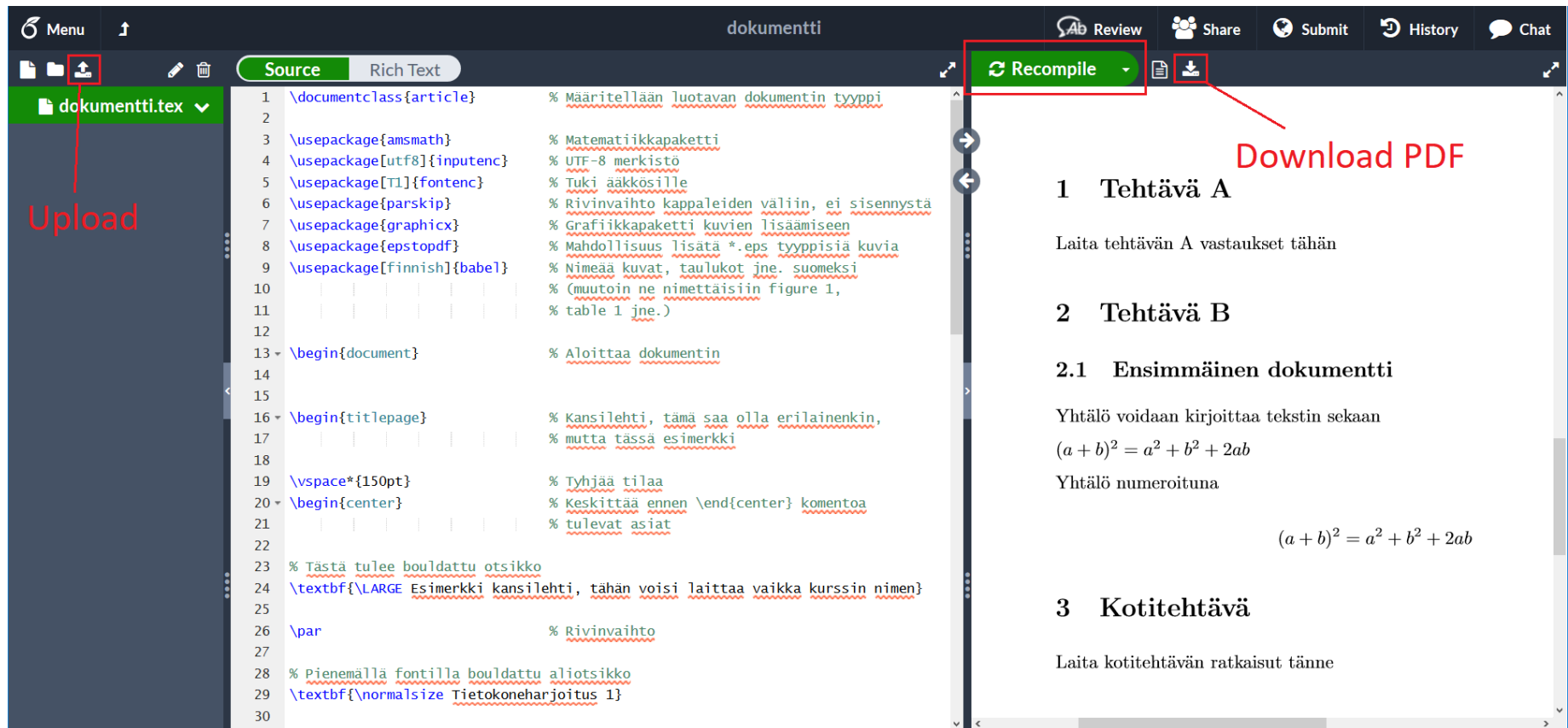
- ✎ Kirjoita komennot tarkasti vastauksiisi.
- 4. Piirrä funktion $\sin(x)$ kuvaaja välillä $x \in [-\pi, \pi]$. Piirrä samaan kuvaan funktio $\cos(2x)$. Käytä piirtämiseen funktioita `figure`, `plot`, `axis`, `grid`, ja `hold on`. Lisää kuvaan myös `legend`, sekä `title`, ja piirrä kuvaajat erityylisillä viivoilla.
- ✎ Millä komennolla saat monta kuvaajaa samaan koordinaatistoon?
- ✎ Mitä tekee komento `close all`?

Tehtävä B: Tutustuminen Overleafiin

- Overleaf on online Latex editori ja kääntäjä
 1. Aloita menemällä osoitteeseen <https://www.overleaf.com/edu/aalto> (Aallon kautta opiskelijoilla on Overleaf professional lisenssioikeudet)
 2. Luo itsellesi uusi käyttäjä (jos sinulla on jo Overleaf käyttäjä niin voit tietenkin käyttää sitä)
 3. Seuraavaksi klikkaa **Projects** oikeassa yläreunassa → klikkaa **Create First Project** → **Upload Project** (tai **New Project** → **Upload Project** jos olet käyttänyt Overleafia aiemmin) → lataa MyCoursesista Lisämateriaali-osiosta dokumentti.zip ja raahaa se aukeavaan ikkunaan Overleafissa

Seuraavalla dialla kuva siitä, miltä tässä vaiheessa pitäisi suunnilleen näyttää

Tehtävä B: Tutustuminen Overleafiin

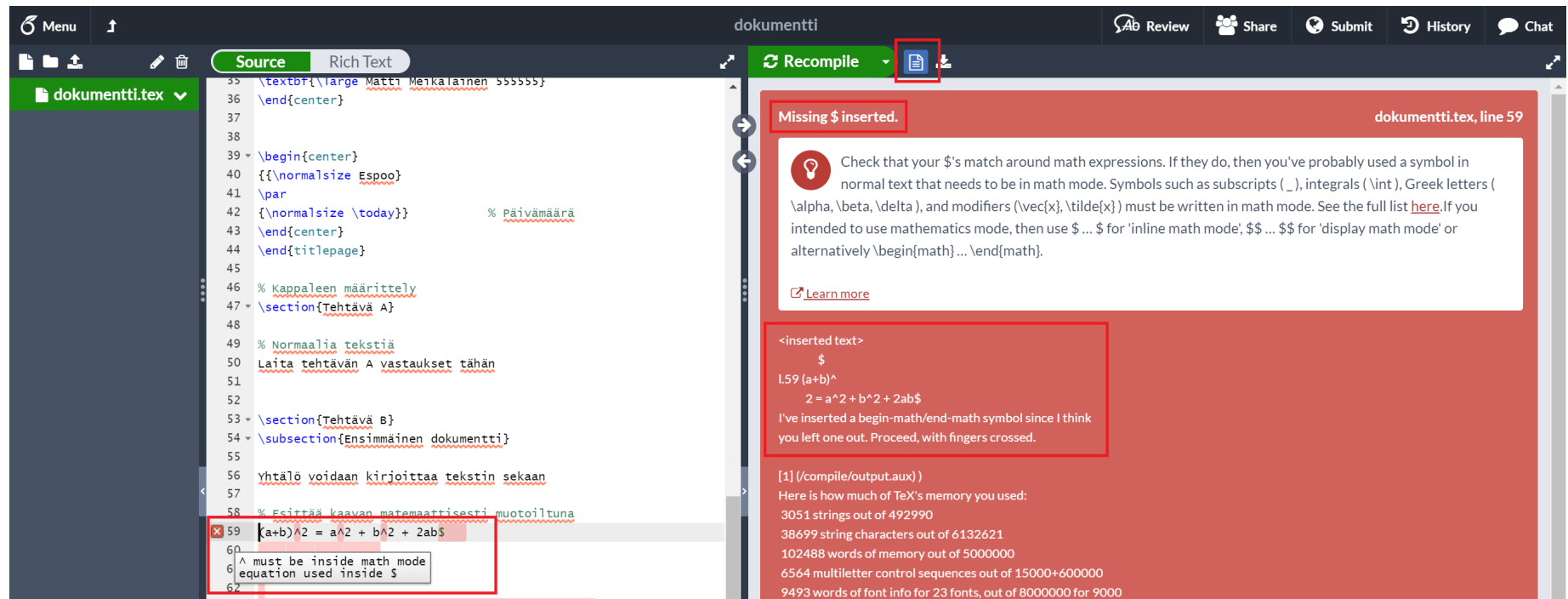


- % -merkillä alkavat lauseet ovat **kommentteja**, joita ei oteta huomioon dokumenttia käännettäessä

Tehtävä B: Kääntäminen pdf-tiedostoksi

- Jos `Auto Compile` -asetus on päällä, Overleaf kääntää tekstin jokaisen muutoksen jälkeen dokumentiksi. Muussa tapauksessa voit aina halutessasi kääntää tekstin painamalla `Recompile` painiketta yläreunassa. `Auto Compile` asetusta voit muuttaa `Recompile` -painikkeen viereisestä nuolesta avautuvasta valikosta.
- Valmiin pdf-dokumentin voit ladata `Recompile` painikkeen oikealla puolella olevasta `Download PDF` painikkeesta
- Editori pyrkii varoittamaan virheistä. Osan virheistä se yrittää käänösvaiheessa korjata automaattisesti. Näistä esimerkki seuraavassa kuvassa, jossa käänös onnistui virheestä huolimatta, mutta virhe on editorissa merkitty punaisella ruksilla ja `Logs and output files` -kohdasta nähdään tarkempia tietoja virheestä ja sen korjauksesta.
- Jos käänös ei onnistu, näytetään virheilmoitukset automaattisesti

Tehtävä B: Kääntäminen pdf-tiedostoksi



- Esimerkki: kääntäjä ilmoittaa virheen löytyvän riviltä 59
- Virhe: kirjoittaja on unohtanut lisätä \$-merkin
- Korjaus: \$-merkki lisättiin automaattisesti

Tehtävä B: Valmis dokumentti

```
1 \documentclass{article} % Määritellään luotavan dokumentin tyyppi
2
3 \usepackage{amsmath} % Matematiikkapaketti
4 \usepackage[utf8]{inputenc} % UTF-8 merkitö
5 \usepackage[T1]{fontenc} % Tuki ääkköosille
6 \usepackage{parskip} % Rivinvaihto kappaleiden väliin, ei sisennystä
7 \usepackage{graphicx} % Grafiikkapaketti kuvien lisäämiseen
8 \usepackage{epstopdf} % Mahdollisuus lisätä *.eps tyyppisiä kuvia
9
10 \begin{document} % Aloittaa dokumentin
11
12 \section{Ensimmäinen dokumentti} % Kappaleen määrittely
13
14 Yhtälö voidaan kirjoittaa tekstin sekaan % Normaalaa tekstiä
15
16 $(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$ % Esittää kaavan matemaattisesti muotoiltuna
17
18 Yhtälö numeroituna
19
20 \begin{equation} % Aloittaa automaattisesti numeroidun yhtälön.
21 (a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab % Yhtälön sisällä ei saa käyttää $ -merkkejä
22 \end{equation} % Päättää yhtälön
23
24 \end{document} % Päättää dokumentin
```

→ 1 Ensimmäinen dokumentti

Yhtälö voidaan kirjoittaa tekstin sekaan

→ $(a + b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$

Yhtälö numeroituna

→ $(a + b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$ (1)

- Tämä ja seuraavat kuvat eivät ole Overleafista, mutta samat säännöt pätevät muillakin Latex-kääntäjillä

Tehtävä B: Dokumentin muokkaaminen

1. Jatketaan dokumentin muokkaamista. Lisää yhtälö (2) (normaalijakauman kertymäfunktio) dokumenttiin

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt \quad (2)$$

- Tarvittavat symbolit ja komennot:

$$\backslash\text{Phi} \rightarrow \Phi \quad \backslash\text{frac}\{a\}\{b\} \rightarrow \frac{a}{b} \quad \backslash\text{sqrt}\{a\} \rightarrow \sqrt{a}$$

$$\backslash\text{pi} \rightarrow \pi \quad \backslash\text{int}_{\{0\}}^{\{\infty\}} \rightarrow \int_0^{\infty} \quad x^{\{a/b\}} \rightarrow x^{a/b}$$

- Vinkki: vertaa allaolevaan esimerkkiin

```
22 \begin{equation}
23 \rho(x) = \frac{\alpha}{\beta} \int_0^x t dt
24 \end{equation}
```

$$\rho(x) = \frac{\alpha}{\beta} \int_0^x t dt \quad (1)$$

Tehtävä B: Dokumentin muokkaaminen

2. Lisää differentiaaliyhtälöt (3) ja (4) dokumenttiin.

$$\frac{d}{dt}x(t) = ax(t) - bx(t)y(t) \tag{3}$$

$$\frac{d}{dt}y(t) = -py(t) + qx(t)y(t) \tag{4}$$

- Vinkki: käytä `\begin{align}` ympäristöä ja `&` merkkiä tasataksesi yhtälöt siististi. Vertaa allaolevaan esimerkkiin

```

29 \begin{align}
30 2x_1 + 3x_2 + x_3 &= a \\
31      2x_2 + x_3 &\geq b \\
32 \end{align}

```

% Aloittaa tasauksen
 % 1. rivi; tasaus '=' -merkkiin; rivinvaihto \\
 % 2. rivi; tasaus '\geq' (>= -merkkiin)
 % Päättää tasauksen

$$2x_1 + 3x_2 + x_3 = a \tag{1}$$

$$2x_2 + x_3 \geq b \tag{2}$$

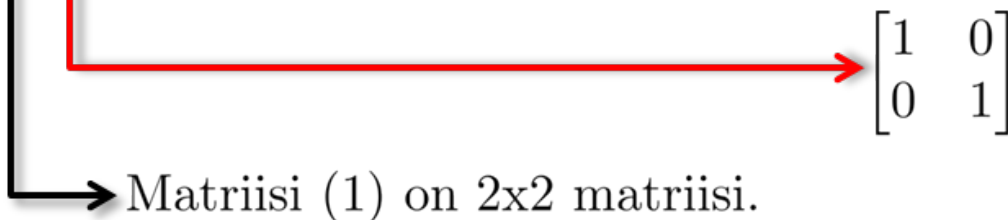
Tehtävä B: Dokumentin muokkaaminen

3. Tutki, mitä Matlabin komento `magic` tekee. Lisää dokumenttiin matriisi `magic(3)`. Anna matriisille nimi komennolla `\label{nimi}` ja viittaa siihen myöhemmin komennolla `\eqref{nimi}`

- Vinkki: matriisin $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ lisääminen ja siihen viittaaminen.

```

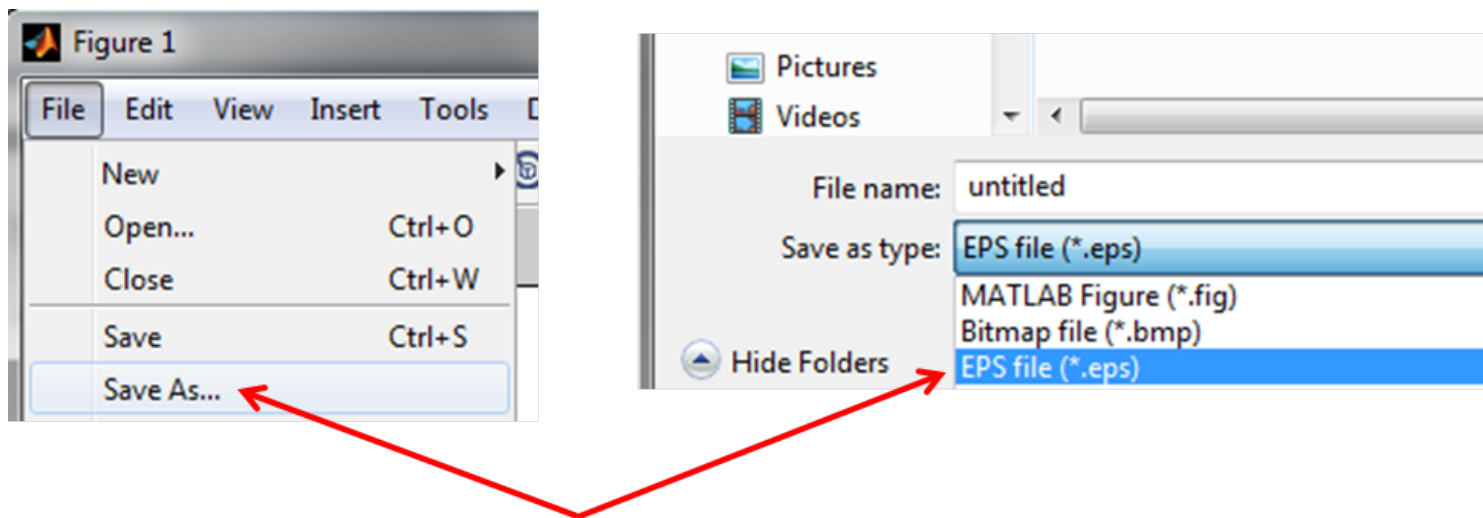
22 \begin{equation} % Aloittaa yhtälön
23 \label{mat1} % Nimi viittausta varten
24 \begin{bmatrix} % Aloittaa matriisin
25 1 & 0 \\ % 1. rivi, \\ rinvaihto
26 0 & 1 % 2. rivi
27 \end{bmatrix} % Päättää matriisin
28 \end{equation} % Päättää yhtälön
29
30 Matriisi \eqref{mat1} on 2x2 matriisi.
    
```



(1)

Tehtävä B: Dokumentin muokkaaminen

4. Piirrä Matlabilla funktion $\cos(2x)$ kuvaaja välillä $x \in [-\pi, \pi]$. Käytä piirtämiseen funktioita `figure`, `plot` ja `axis`. Lisää kuvaan myös `xlabel`, `ylabel`. Tallenna kuva `.png` tiedostoksi ja laita se samaan kansioon dokumentin kanssa vasemmassa yläkulmassa olevasta `Upload` painikkeesta (ks. dia 31). Lisää kuva dokumenttiin.



- Vinkki: kuvan lisääminen dokumenttiin

```
46 \begin{figure}           % Aloittaa kuvan
47 \centering              % Kuvan keskitys
48 \includegraphics[width=65mm]{kuva.eps} % Lisäys, koon säätö
49 \caption{Funktio  $\sin(x)$  kuvaaja} % Kuvateksti
50 \label{kuva1}          % Nimi viittausta varten
51 \end{figure}           % Päättää kuvan
52
53 Kuvassa \ref{kuva1} on esitetty... % Viittaus kuvaan
```

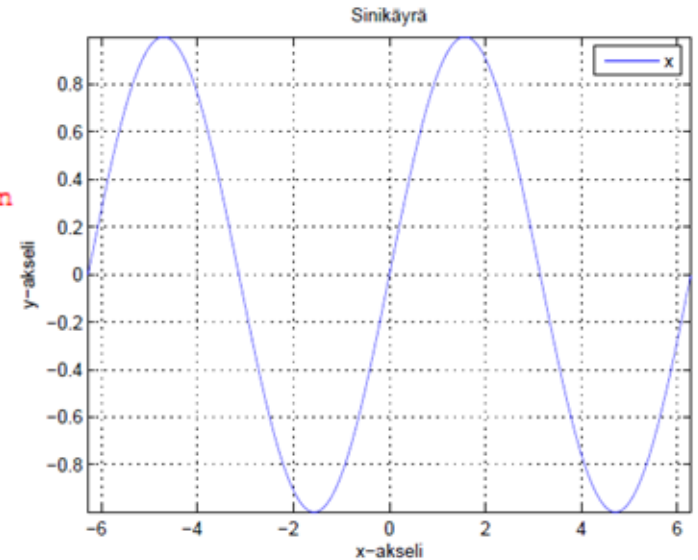


Figure 1: Funktion $\sin(x)$ kuvaaja


Kuvassa 1 on esitetty...

📄 Täytä tuottamaasi dokumenttiin myös A-tehtävän ja kotitehtävän vastaukset ja palauta näin tuottamasi pdf dokumentti tämän viikon palautuksena.

Kotitehtävä: osakeanalyysi

- MyCoursesissa on kahden osakkeen päivittäiset hintatiedot (xls-tiedostot) tietyltä ajanjaksolta:
 - New Yorkin pörssissä noteerattu IBM, ja
 - NASDAQ-pörssissä noteerattu Microsoft.
- Tällaisia ajan suhteen arvoja saavia muuttujia kutsutaan yleisesti aikasarjoiksi.
- Tehtävänäsi on tarkastella Matlabilla *silmämääräisesti* miten paljon IBM:n ja Microsoftin osakekursseilla on keskinäistä riippuvuutta, ja miten paljon ne vaihtelevat Dow Jones Industrial Average -indeksin (DJIA) tahdissa (käytä tarkastelussasi pörssin sulkemishetken arvoja, eli close -sarakkeesta löytyviä arvoja).
- DJIA-arvot löytyvät myös MyCourses-sivulta.


- Vinkki: Tarvittaessa Excelissä desimaalierottimen (piste tai pilkku) voi vaihtaa kohdasta File -> Options -> Advanced
 - Vinkki: Datan siirtämiseen .xls tiedostosta Matlabiin voit käyttää komentoa xlsread.
1. Piirrä samaan kuvaikkunaan mutta eri kuviin (subplot, plot) kolme eri aikasarjaa: IBM:n ja Microsoftin osakekurssi sekä DJIA-indeksin arvo ajanjaksolla 2.1.2013 - 9.8.2013. Käännä tarvittaessa aikasarjat oikein päin flipud -komennolla. Vaaka-akseleilla tulee olla pörssipäivät (sitä että 2.1.2013 on pörssipäivä nro 1). Osakkeiden kohdalla pystyakseleilla tulee olla dollarimääräinen hinta (arvo pörssin sulkemishetkellä), indeksin kohdalla voit miettiä itse mitä siihen kirjoitat.

 Liitä kuva vastauksiisi.

 Kommentoi kurssien samankaltaisuuksia ja eroja.

2. Piirrä samaan kuvaikkunaan mutta eri kuviin kolme hajontakuviota (subplot, scatter): IBM:n hinta Microsoftin hintaa vasten, ja erikseen IBM:n hinta DJIA-indeksiä vasten ja Microsoftin hinta DJIA-indeksiä vasten. Nimeä akselit sopivasti.

Vahvista silmämääräisiä havaintojasi laskemalla Pearsonin korrelaatiokertoimet (corr) eri aikasarjojen välillä. Laita kunkin hajontakuvion otsikoksi tämän korrelaatiokertoimen arvo.

 Liitä kuva vastauksiisi.

 Kommentoi miten paljon osakkeiden hinnat korreloivat keskenään ja miten paljon indeksin kanssa.