



Institutionen för
informationsteknologi
Teknisk databehandling

Besöksadress:
MIC hus 2, Polacksbacken
Lägerhyddsvägen 2

Postadress:
Box 337
751 05 Uppsala

Telefon:
018-471 0000 (växel)

Telefax:
018-52 30 49

Hemsida:
<http://www.it.uu.se>

Department of
Information Technology
Scientific Computing

Visiting address:
MIC bldg 2, Polacksbacken
Lägerhyddsvägen 2

Postal address:
Box 337
SE-751 05 Uppsala
SWEDEN

Telephone:
+46 18-471 0000 (switch)

Telefax:
+46 18-52 30 49

Web page:
<http://www.it.uu.se>

Miniprojekt: Sagan om de tre vattentornen

Din chef blev såpass nöjd med ditt arbete med Lutorp (miniprojekt 1) att du blivit befördrad till chef över programmeringsavdelningen på Pollax Pipes AB. Avdelningen arbetar med att utveckla effektiv programvara för dimensionering av vattenledningsnät.

Del 1 - Ett program för tryckberäkningen i Lutorp

Att manuellt härleda och skriva in ekvationssystem för vattenledningsnät blir snabbt mycket tidsödande. Därför har ditt konsultföretag beslutat att skapa ett program för att hantera detta. Den första delen är redan färdig, och består av funktionen `GenerateMatrix.m`, som automatiskt genererar systemmatrisen utifrån följande textfiler som beskriver ledningsnätet:

coords En lista över x - och y -koordinaterna för de olika nodpunkterna i nätet. Nodens radnummer blir dess index i nätet och i Lösningsektorn.

graph En lista över alla kopplingar i nätet. På varje rad står indexen (radnumren) för de två noder som är sammankopplade.

source En lista över källor och sänkor i nätet. På varje rad anges index för källan/sänkan, följt av 1 om det är en källa (vattentorn) eller 0 om det är en sänka (öppen kran).

Som ett exempel finns dessa filer för fallet tätorten Lutorp i miniprojekt 1 att ladda ned från hemsidan (`lutorp_coords.txt`, `lutorp_graph.txt` samt `lutorp_source.txt`). Dessa kan laddas in genom kommandot

```
[A,nodes] = GenerateMatrix('lutorp');
```

Förutom systemmatrisen A , returneras även vektorn `nodes` som innehåller indexen för de noder som är källor (dvs bara 1 för Lutorp). Dessutom ritas en bild över vattenledningsnätet upp, med blå punkter för öppna kranar, och röda punkter för vattentorn.

Uppgift: Börja med att testa att ladda in matrisen med hjälp av `GenerateMatrix.m` och se att matrisen blir samma som i miniprojekt 1. Skriv sedan ett huvudprogram som laddar in matrisen A för Lutorp med hjälp av `GenerateMatrix.m`, konstruerar högerled och löser systemet. Alla ekvationer utom den första har 0 i högerledet. Värdet i första ekvationens högerled är p_r , dvs vattentrycket i reservoaren. Användaren ska själv kunna mata in p_r från kommandotolken när programmet körs. Resultatet ska presenteras i en graf där man på x -axeln ska se knutpunkternas nummer och i y -led de beräknade tryckvärdena. Lös Lutorp-problemet med samma vattenreservoarstryck som i Del 2, miniprojekt 1, och jämför resultaten.



Frivillig uppgift: Skapa en egen stad, Newtown, genom att skriva egna filer: Newtown.coords, Newtown.graph och Newtown.source. Beräkna trycket i detta vattenledningsnät med hjälp av programmet du skrev i föregående uppgift.

Del 2 - Ett generellt program

Programmet ska vidare kunna användas för fler orter än Lutorp. Bland annat har Pollax Pipes AB fått in ett prestigefullt utlandsuppdrag i storstaden Wingtown, som är belägen runt några sjöar med befolkningen koncentrerad kring stränderna. I staden ska det byggas tre vattentorn, och uppdraget består i att dimensionera dessa för att trygga stadens vattenförsörjning. Nätfilerna för Wingtown finns att ladda hem från hemsidan.

Uppgift: Ändra i programmet så att användaren får mata in namnet på fallet, t.ex. lutorp för Lutorp, wingtown för Wingtown eller newtown för din egen stad. Observera att Wingtown har *flera* vattentorn som användaren skall kunna bestämma trycket i. Programmet ska kunna fungera oberoende av hur många vattentorn som finns i nätet.

Del 3 - Dimensionering av vattentornen i Wingtown

Du har fått huvudansvaret för att dimensionera vattentornen i Wingtown. Precis som i Lutorp vill man inte att medeltrycket i Wingtowns vattenledningsnät ska understiga 20 bar. Man vill även ha en jämn fördelning av trycket i nätet. Medelvärde¹ av trycket kan beräknas med hjälp av MATLABs inbyggda funktion `mean` som anropas enligt:

```
medeltryck = mean(p);
```

Kvaliteten på tryckfördelningen ska beräknas genom *standardavvikelsen*², vilket är ett mått från statistiken som beskriver hur mycket trycket varierar. Ett lågt värde på standardavvikelsen innebär en liten variation, dvs ett jämnfördelat tryck. I Matlab kan standardavvikelsen beräknas med hjälp av den inbyggda funktionen `std` som tar en vektor som input:

```
tryckvariation = std(p);
```

Uppgift: Utvidga programmet från Del 2 så att användaren kan testa sig fram till värden på vattentornstrycken som ger en jämn och tillräckligt hög tryckfördelning. När användaren testat olika tryck i vattentornen skall medeltryck och standardavvikelse visas på skärmen. När resultatet har presenterats, så ska användaren ges möjlighet att mata in nya tryck i vattentornen, se resultaten, mata in nya tryck i vattentornen, etc. Detta upprepas tills användaren väljer att inte mata in ytterligare värden. Det är inte säkert att användaren vill se en graf efter varje test, och därför ska detta kunna väljas efter varje beräkning. Det är viktigt att det inte tar för lång tid att köra programmet när man vill göra många test. Du ska implementera ett *effektivt* sätt att utföra de upprepade

¹Medelvärde av trycket är definierat som $\mu_p := \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i$, där N är antalet noder, p_i är trycket i nod i .

²Standardavvikelsen är definierad som $\sigma_p := \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - \mu_p)^2}$.



beräkningarna (motivera!), så att resultaten från tidigare beräkningar så långt som möjligt ska återanvändas när nya vattentornstryck behandlas. Gör din effektivisering att programmet går snabbare? Är det viktigare att effektivisera programmet för Wingtown än för Lutorp (jämför Del 4, miniprojekt 1)? Varför?

Frivillig uppgift 1: Ändra belastningen på vattenledningsnätet, dvs fördela om antalet öppna kranar genom att lägga till fler sänkor i filen **source** och gör om beräkningarna.

Frivillig uppgift 2 (utmaning): Om du vill kan du nu gå vidare och bygga ut programmet så att användaren inte behöver söka efter optimalt tryck i vattentornen i Wingtown utan att detta sker automatiskt. Användaren ska då bara behöva ange ett min- och maxvärde för varje vattentorn. Programmet ska sedan automatiskt söka igenom alla möjliga kombinationer av vattentryck inom de givna intervallen i tornen och hitta den optimala fördelningen på trycket. Använd att du vet hur många vattentorn det finns i Wingtown.

Redovisning

Projektrapporten ska inkludera grafer över trycket i Lutorp och Wingtown, samt programkod för alla deluppgifter och svar på frågorna i Del 3.