## Reitinhaku verkossa

## **Testaus**

Harjoitustyössä käytetään automatisoitua yksikkötestausta. Testit voi suorittaa kommentoimalla pois pääohjelman rivi #define NDEBUG ja kääntämällä ohjelma uudelleen.

Yksikkötestaus koostuu kolmesta osasta: FileOperatorTest, HeapTest ja SearcherTest. Nämä testaavat tietostoissa FileOperator, Heap ja Searcher määriteltyjen operaatioiden toimintaa. Tarkastellaan seuraavaksi testien toimintaa hieman lähemmin.

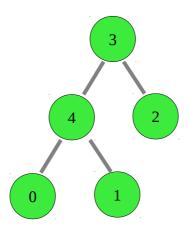
FileOperatorTest saa syötteenään tiedoston testmap.txt, jonka sisältö on kuvion 1 mu-kainen. Assert-makrot tarkistavat, että tiedostosta luetun kartan koko on 8 x 13 ruutua, ja että eräiden ruutujen arvot täsmäävät tiedoston sisältöön: esim. kaikkien sarakkeissa 0-2 sijaitsevien ruutujen arvon tulee olla 0.

8 13

Kuvio 1: tiedoston testmap.txt sisältö

HeapTest tarkastaa aluksi, että sen luoma keko on tyhjä. Tämän jälkeen kekoon lisätään solmut 0-4, joiden avaimet (eli etäisyydet lähtösolmusta) ovat 8, 5, 17, 0 ja 1. Kuviossa 2 on esitetty keon rakenne silloin, kun lisäys on suoritettu onnistuneesti.

Kun lisäys on valmis, tarkastetaan keon alkioiden lukumäärä, jonka tulee olla 5. Tämän jälkeen tarkastetaan, että operaatiot getParent, getLeft ja getRight palauttavat oikean taulukkoindeksin. Lopuksi tarkastetaan, että operaatio delMin palauttaa toistuvasti kutsuttaessa solmut järjestyksessä 3, 4, 1, 0 ja 2.



Kuvio 2: keon rakenne solmujen 0-4 lisäyksen jälkeen

SearcherTest generoi aluksi kuvion 1 karttaa vastaavan taulukon. Alkusijainniksi määritetään (0, 3) ja loppusijainniksi (7, 4). Tämän jälkeen testataan, että haku tuottaa oikean tuloksen sekä Dijkstran algoritmia että A\*:ä käytettäessä. Tulosten oikeellisuus selvitetään tarkastamalla path- ja distance- taulukkojen sisältö viiden eri indeksin osalta.

Tulosten lisäksi SearcherTest tarkastaa, että operaatiot locationToNode ja nodeToLocation toteuttavat sijaintien ja solmujen väliset kuvaukset oikein. Lopuksi tarkastetaan vielä, että operaatio initializeSingleSource alustaa taulukot path ja distance oikein.

Automaattisten testien lisäksi sovellusta on testattu manuaalisesti komentoriviltä. Syötteenä on annettu erilaisia karttapohjia ja sijainteja, ja käytettävää algoritmia on vaihdeltu A\*:n ja Dijkstran välillä.

Kuvio 3 esittää rinnakkain tiedostossa testmap.txt määritellyn kartan (vasemmalla) ja Dijkstran algoritmin löytämän lyhimmän polun (oikealla), kun alku- ja loppusijainnit ovat (0, 3) ja (7, 4). Kuvio 4 esittää vastaavat asiat A\*:n osalta. Kuvioista näkee, että molemmat algoritmit löytävät lyhimmän (ja tässä tapauksessa ainoan) polun annetulla kartalla.

0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0

Kuvio 3: Dijkstran algoritmi sovellettuna tiedostoon testmap.txt

```
1 0
         0 0 0
              0
                0
       1
         1
           1 1
              0
                 0
             1
              0
     0
       0
         0
           0
             1
              1 1
              0
                0
         0
           0
             0
     0
       1
         1
           1 1 1 1
                  1
                    0 0
                             0
                               0
           0 0 0 0
   0
     0
      1
         0
                  0
                    0 0
                               0
                                 0
                                   *
                                     0
                                       0
                                         0
                                           0
                                             0
0 0 0 0 * 0 0 0 0 0 0 0
```

Kuvio 4: A\* sovellettuna tiedostoon testmap.txt

Toista tarkastelua varten molemmille algoritmeille annettiin syötteeksi tiedosto map2.txt, jossa määritellään jälleen 8 x 13 ruudun kokoinen kartta. Tällä kertaa kartalla on kuitenkin useita mahdollisia polkuja alkusijainnista (0, 7) ja loppusijaintiin (7, 12). Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty vasemmalla alkuperäinen kartta ja oikealla algoritmien löytämät lyhimmät reitit. Jälleen nähdään, että molemmat algoritmit löytävät lyhimmän polun sen sijaan, että esimerkiksi oikaisisivat ruudun (4, 10) kautta.

```
6
             5
1
                         0 0
      1
         1
           1
             7
                0 0
                    1
                      1
                         1 1
                                                 0
                  3 1
      0
         0
           0
             7
                0
                                             0
                                               7
                                                 0
                                                    3
                                                      *
                                                        0
                                 7
                                                 3
    1
      1
        1
           3 7
                3 3 1
                      8
                         1 1
                                             3
                                                    3
5
   4 5
        1 1 1 3 3 1 0
                         1 9
                                                 3
                                                    3
                                        5
2 3 4 4 3 3 1 1 1 1 0
                                 2 3 4
                                        4
                                          3 3
                                               *
                         1 1
                                                        0
3 3 3 3 3 3 2 2 3 3 0 3 1
                                 3 3 3 3 3 3 2 2 3 3
```

Kuvio 5: Dijkstran algoritmin löytämä reitti tiedoston map2.txt kartalla

```
5
               0
                  4
                    3
         7
           1
                  1
                     0
              1
                1
                                                        0
      1
                  0
                    1
                                                     0
      0
         0
           0
              7
                0
                  3
                    1
                       0
                                              0
                                                   0
                                                     3
                3
                  3
                                                   3
                                                     3
           3
                    1
                       8
                         1 1
               3
      5
         1
           1
             1
                  3 1
                       0
                         1 9
                                  5
                                    5 4
                                         5
                                              *
                                                   3
                                                     3
                                                   *
2 3 4
      4
         3 3 1 1 1 1 0
                         1 1
                                  2 3 4
                                         4
                                            3
                                              3
                                                *
                                                     *
3 3 3 3 3 3 2 2 3 3 0 3 1
                                  3 3 3 3 3 3 2 2 3 3 0 3 *
```

Kuvio 6: A\*:n löytämä reitti tiedoston map2.txt kartalla

Kolmannessa tarkastelussa käytettiin tiedostoa map.txt, jossa määritelty 30 x 30 ruudun kokoinen kartta on esitetty kuviossa 7. Jälleen sekä Dijkstran algoritmi että A\* löysivät saman reitin alkusijainnista (0, 0) loppusijaintiin (29, 29). Reitin todistaminen lyhimmäksi mahdolliseksi on jo hieman työläämpää ja on jätetty tässä tekemättä. Tärkeää kuitenkin on, että molemmat algoritmit ylipäätään löytävät reitin, ja että reitti on riippumaton käytetystä algoritmista. Kuvio 8 esittää löydettyä reittiä.

```
2 2
           6
              6
                 5
                    0
                       4
                           3
                              3
                                       9
                                          1 1
                                               1 6
                                                     6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                                                                              9
1
         1
                           0
                              0
                                 0
                                    0
                                          1
                                             7
                                                1
                                                         1
                                                            1
                                                               0
                                                                  0
                                                                     0
                                                                           0
                                                                               1
                                                                                        1
               1
                  1
                        0
                                       1
                                                   7
                                                      1
                                                                        0
  9
     6
        1
           1
               1
                  3
                     3
                        0
                           1
                              1
                                 1
                                    1
                                       1
                                          1
                                             1
                                                1
                                                   1
                                                      1
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                  1
                                                                     1
                                                                        1
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                  9
                                                                                        1
  1
     0
        0
            0
               0
                  0
                     0
                        3
                           1
                              0
                                 9
                                    1
                                       1
                                          1
                                             0
                                                0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                        0
                                                                        9
7
     1
        1
           1
               3
                 3
                     3
                       3
                           1
                              0
                                1
                                    1
                                       7
                                          1
                                             1
                                                1
                                                   1
                                                      3
                                                         3
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           1
                                                                               7
                                                                                  1
                                                                                       1
5
  5
        5
               1
                  1
                     3
                        3
                           1
                              0
                                 1
                                    9
                                       5
                                          5
                                             2
                                                5
                                                   1
                                                      1
                                                         1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           9
                                                                               5
                                                                                        5
            3
                     1
                           1
                                 1
                                    1
                                       2
                                          3
                                             3
                                                   3
                                                      3
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                              2
2
               3
                  1
                       1
                              0
                                                4
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           1
        3
            3
               3
                  2
                    2 3
                           3
                              0
                                 3
                                    1
                                       3
                                          3
                                             4
                                                3
                                                   3
                                                      3
                                                         2
                                                            2
                                                               3
                                                                  3
                                                                     0
                                                                        3
                                                                           1
                                                                               3
                                                                                        3
3
     3
                                                                                  3
        1
           6
              6
                 5
                    0
                       4
                           3
                              3
                                2
                                    2
                                       9
                                          1
                                             5
                                                1
                                                   6
                                                     6
                                                        5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                                                                               9
1
           7
              1
                  1
                     1
                       0
                           0
                              0
                                0
                                    0
                                       1
                                          1
                                             6
                                                1
                                                   7
                                                      1
                                                         1
                                                            1
                                                               0
                                                                  0
                                                                     0
                                                                        0
                                                                               1
  9
        1
            1
                  3
                     3
                       0
                           1
                              1
                                 1
                                    1
                                       1
                                          9
                                             7
                                                1
                                                   1
                                                      1
                                                         3
                                                            3
                                                               0
                                                                  1
                                                                     1
                                                                           1
                                                                               1
1
     6
                                                                        1
     0
        0
           0
               0
                  0
                     0
                        3
                           1
                              0
                                 9
                                    1
                                       1
                                          1
                                             8
                                                0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        9
                                                                           1
                                                                               1
        1
           1
               3
                 3
                     3
                       3
                           1
                              0
                                 1
                                    1
                                       7
                                          1
                                             2
                                                1
                                                   4
                                                      3
                                                         3
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           1
                     3
                       3
                           1
                                 1
                                    9
                                       5
                                          5
                                                5
                                                   1
                                                      1
                                                         1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                           9
                                                                                       5
5
            1
               1
                  1
                              0
                                             4
                                                                     0
                                                                        1
                                                                               5
2
  3
            3
               3
                 1
                     1
                        1
                           1
                                 1
                                    1
                                       2
                                          3
                                             4
                                                   3
                                                      3
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                        1
                                                                           1
                                                                               2
                              0
                                                4
                                                                  1
                                                                     0
        3
            3
               3
                  2
                     2
                        3
                           3
                              0
                                 3
                                    1
                                       3
                                          3
                                             3
                                                3
                                                   3
                                                      3
                                                         2
                                                            2
                                                               3
                                                                  3
                                                                     0
                                                                        3
                                                                           1
                                                                               3
                                                                                        3
                 5
                           3
                              3
                                 2
                                    2
                                          1
                                             1
                                                   6
                                                         5
                                                            0
                                                                  3
                                                                     3
                                                                           2
               6
                    0
                       4
                                       9
                                                1
                                                      6
                                                               4
                                                                        2
                                                                               9
           7
                 1
                           0
                                0
                                    0
                                       1
                                          1
                                             7
                                                1
                                                         1
                                                            1
                                                                           0
                                                                               1
               1
                     1
                       0
                              0
                                                   7
                                                      1
                                                               0
                                                                  0
                                                                     0
                                                                        0
  9
        1
           1
              1
                  3
                     3
                        0
                           1
                                 1
                                    1
                                       1
                                          9
                                             6
                                                1
                                                   1
                                                      1
                                                         3
                                                            3
                                                                  1
                                                                     1
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                       1
                              1
                                                               0
1
1
  1
     0
        0
           0
               0
                 0
                    0
                       3
                           1
                              0
                                 9
                                    1
                                       1
                                          1
                                             0
                                                0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        9
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                  1
                                                                                        0
                 3
                           1
                                 1
                                    1
                                          1
                                             1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                               7
7
  1
        1
            1
               3
                     3
                       3
                              0
                                       7
                                                1
                                                   1
                                                      3
                                                         3
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           1
                                                                                  1
5
           1
              1
                           1
                              0
                                 1
                                    9
                                       5
                                          5
                                             4
                                                5
                                                   1
                                                      1
                                                         1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                           9
                                                                               5
                 1
                    3
                       3
                                                                        1
                                                                                  5
2
  3
           3
               3
                 1
                    1
                       1
                           1
                                 1
                                    1
                                       2
                                          3
                                             4
                                                4
                                                   3
                                                      3
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        1
                                                                           1
                                                                               2
                                                                                  3
                                                                                        4
                              0
  3
     3
        3
           3
               3
                  2
                    2
                       3
                           3
                              0
                                 3
                                    1
                                       3
                                          3
                                             3
                                                3
                                                   3
                                                      3
                                                         2
                                                            2
                                                               3
                                                                  3
                                                                     0
                                                                        3
                                                                           1
                                                                               3
                                                                                  3
                                                                                     3
                                                                                       3
3
        0
            0
               0
                  0
                     0
                        3
                           1
                              0
                                 9
                                    1
                                       1
                                          1
                                             0
                                                0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        9
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                  1
1
9
     1
        1
           6
               6
                 5
                    0
                       4
                           3
                              3
                                 2
                                    2
                                       9
                                          1
                                             1
                                                1
                                                   6
                                                      6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                                                                              9
                                                                                  1
1
  1
     7
        1
           7
               1
                 1
                     1
                       0
                           0
                              0
                                0
                                    0
                                       1
                                          1
                                             7
                                                1
                                                   7
                                                      1
                                                         1
                                                            1
                                                               0
                                                                  0
                                                                     0
                                                                        0
                                                                           0
                                                                               1
                                                                                 1
                                                                                        1
                  3
                    3
                                          9
                                             6
                                                1
                                                   1
                                                      1
                                                         3
                                                            3
     6
        1
           1
               1
                       0
                           1
                              1
                                 1
                                    1
                                       1
                                                               0
                                                                  1
                                                                     1
                                                                        1
                                                                           1
                                                                               1
                                                                                    6
           6
                 5
                           3
                              3
                                 2
                                    2
                                       9
                                          1
                                             1
                                                1
                                                   6
                                                      6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                                                                              9
                                                                                 1
     1
        1
               6
                    0
                       4
7\ 1\ 1\ 1\ 1\ 3\ 3\ 3\ 1\ 0\ 1\ 1\ 7\ 1\ 1\ 1\ 1\ 3\ 3\ 3\ 3\ 1\ 0\ 1\ 1\ 7\ 1
```

Kuvio 7: Kartta tiedostosta map.txt

```
3 2 2
                                      9 1 1
                                                        5 0
                                                                 3 3
                                               1
                                                  6
                                                    6
                                                   0
                                                               3
                 0
                     0
                       3
                                9
                                    1
                                      1
                                         1
                                             0
                                               0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                                  1
                                                                     0
                                                                        9
                       3
                                    1
                                          1
                                                   1
                                                      3
                                                         3
                                                            3
                                          5
                                             2
                                       5
                                               5
                                                   1
                                                      1
                                          3
                                       2
                                             3
                                                      3
                     2
                           3
                                3
                                          3
                                                   3
                                                         2
                                                            2
                                                               3
                       3
                              0
                                    1
                                       3
                                             4
                                                3
                                                      3
                                                                  3
                                                                        3
                           3
                              3
                                2
                                    2
                                       9
                                         1
                                             5
                                               1
                                                   6
                                                         5
                                                            0
                                                                  3
                                                                     3
                                                                           2
                 1
                           0
                                0
                                    0
                                       1
                                          1
                                             6
                                                      1
                                                         1
                                                            1
                          1
                                    1
                                       1
                                          9
                                             7
                                                1
                                                            3
                                                                  1
                                                                     1
  1
            0
                 0
                     0
                       3
                          1
                              0
                                9
                                    1
                                       1
                                          1
                                             8
                                               0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                            0
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
        1
           1
               3
                 3
                       3
                          1
                                1
                                   1
                                      7
                                         1
                                             2
                                               1
                                                   4
                                                         3
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                              7
7
                    3
                              0
                                                     3
                                                                     0
                                                                                 1
                                                                                      1
           1
                    3
                          1
                                1
                                    9
                                       5
                                         5
                                             4
                                               5
                                                  1
                                                      1
                                                         1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                              5
              1
                 1
                       3
                              0
                                                                     0
                                                                           9
2
           3
               3
                 1
                     1
                       1
                          1
                                1
                                    1
                                      2
                                          3
                                             4
                                               4
                                                   3
                                                      3
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                  1
                              0
                                                                     0
                                                      3
                                                         2
                                                            2
     3
        3
           3
                 2
                    2
                       3
                          3
                              0
                                3
                                    1
                                      3
                                         3
                                             3
                                               3
                                                  3
                                                               3
                                                                  3
                                                                     0
                                                                        3
                                                                                       3
                           3
                                    2
                                             1
     1
        1
               6
                 5
                    0
                        4
                              3
                                2
                                      9
                                         1
                                               1
                                                   6
                                                      6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                                                                              9
                                                                                      1
1
           7
              1
                 1
                    1
                       0
                          0
                             0
                                0
                                    0
                                      1
                                         1
                                             7
                                               1
                                                   7
                                                      1
                                                         1
                                                            1
                                                               0
                                                                 0
                                                                     0
                                                                        0
1
  9
              1
                 3
                     3
                       0
                          1
                              1
                                1
                                    1
                                       1
                                          9
                                             6
                                               1
                                                   1
                                                      1
                                                         3
                                                            3
                                                               0
                                                                  1
                                                                     1
                                                                                 9
                          1
                                    1
                                          1
                                                      0
                                                            0
                                                               3
            0
                 0
                    0
                       3
                              0
                                9
                                       1
                                             0
                                               0
                                                   0
                                                         0
                                                                  1
                                                                     0
7
        1
            1
               3
                 3
                    3
                       3
                          1
                              0
                                1
                                    1
                                      7
                                          1
                                             1
                                               1
                                                   1
                                                     3
                                                         3
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
                                                                              7
                                                                                 1
           1
              1
                 1
                    3
                       3
                          1
                              0
                                1
                                    9
                                      5
                                         5
                                             4
                                               5
                                                  1
                                                     1
                                                         1
                                                            3
                                                               3
                                                                  1
                                                                     0
2
               3
                 1
                     1
                       1
                           1
                              0
                                1
                                    1
                                      2
                                          3
                                             4
                                               4
                                                   3
                                                      3
                                                         1
                                                            1
                                                               1
                                                                  1
                                                                     0
                    2
                        3
                          3
                                    1
                                      3
                                         3
                                             3
                                                   3
                                                      3
                                                         2
                                                            2
                                                               3
                              0
                                3
                                                                  3
                                                                     0
                       3
                          1
                                9
                                    1
                                      1
                                          1
                                             0
                                                            0
                                                               3
            0
                 0
                              0
                                               0
                                                   0
                                                      0
                                                         0
                                                                  1
                                                                        9
                                2
                                    2
           6
               6
                 5
                     0
                       4
                           3
                              3
                                      9
                                          1
                                             1
                                               1
                                                   6
                                                      6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                           0
                                0
                                    0
                                       1
                                          1
                                                         1
                                                                 0
                           1
                                          9
                                                            3
           6
               6
                     0
                       4
                           3
                              3
                                2
                                    2
                                      9
                                          1
                                             1
                                                1
                                                   6
                                                      6
                                                         5
                                                            0
                                                               4
                                                                  3
                                                                     3
                                                                        2
                                                                           2
                          1
                                            1
                                                           3
                                                              3
        1
           1 3
                 3
                    3 3
                             0
                                1 1 7 1
                                               1
                                                  1 3 3
                                                                 1
                                                                       1
                                                                          1
                                                                     0
```

Kuvio 8: A\*:n ja Dijkstran algoritmin löytämä reitti kuvion 7 esittämällä kartalla