Name: Jingshi Liu

Section: Image Processing

Project: **Project 3 - Morphological Operations**

Due Date: Sept 30th

Algorithm Steps

```
step 0: imgFile, structFile, img1, img2, outFile1, outFile2 <— open

step 1:  numImgRows, numImgCols, imgMin, imgMax  <— read from imgFile
numStructRows, numStructCols, structMin, structMax  <— read from structFile
rowOrigin, colOrigin <— read from structFile

step 2:  zeroFramedAry, structAry, morphAry, tempAry <— dynamically allocate // see
description in the above

step 3: zero2DAry(zeroFramedAry, rowSize, colSize) // see description in the above

step 4: loadImg (imgFile, zeroFramedAry) // see description in the above
prettyPrint (zeroFramedAry, outFile1) // write a meaningful caption before prettyPrint

step 5:   zero2DAry(structAry, numStructRows, numStructCols)
loadstruct (structFile, structAry) // see description in the above
```

```
prettyPrint (structAry, outFile1) // see description in the above

step 6:  zero2DAry(morphAry, rowSize, colSize)
ComputeDilation (zeroFramedAry, morphAry)
prettyPrint (morphAry, outFile1) // write a meaningful caption before prettyPrint

step 7:  zero2DAry(morphAry, rowSize, colSize)
ComputeErosion (zeroFramedAry, morphAry) // see algorithm below
prettyPrint (morphAry, outFile1) // write a meaningful caption before prettyPrint

step 8:  zero2DAry(morphAry, rowSize, colSize)
ComputeOpening (zeroFramedAry, morphAry, tempAry)
prettyPrint (morphAry, outFile1) // write a meaningful caption before prettyPrint

step 9:  zero2DAry(morphAry, rowSize, colSize)
ComputeClosing (zeroFramedAry, morphAry, tempAry)
prettyPrint (morphAry, putFile1) // write a meaningful caption before prettyPrint

step 10: PerformTask1(…) // objectExtraction(), fillHoles()

step 11: close all files
```

Video: https://www.youtube.com/watch?v=iirFy02-jmI

Source Code:

```
//
// Created by Jingshi Liu on 9/24/23.
//
#include <iostream>
#include <fstream>

using namespace std;

namespace Util{
    static int** getArray(int rows, int cols){
        int** array = new int*[rows];
        for(int i = 0; i < rows; i++){
            array[i] = new int[cols];
            for(int j = 0; j < cols; j++){
                array[i][j] = 0;
            }
        }
        return array;
    }

    static int** copyArray(int** array, int rows, int cols){
        int** output = getArray(rows, cols);
        for(int i = 0; i < rows; i++){
            for(int j = 0; j < cols; j++){
                output[i][j] = array[i][j];
            }
        }
        return output;
    }
}

class Morphology{
public:
    int numImageRows,
        numImageCols,
        imageMin,
        imageMax,
        numStructRows,
        numStructCols,
        structMin,
        structMax,
        rowOrigin,
        colOrigin,
        rowFrameSize, // numStructRows / 2
        colFrameSize, // numStructCols / 2
        extractRows, // rowFrameSize * 2
        extractCols, // colFrameSize * 2
        rowSize, // numImageRows + extraRows
        colSize; // numImageCols + extraCols
    int** zeroFramedArray;
    int** morphArray;
    int** tempArray;
    int** structArray;

    Morphology(ifstream& imageFile, ifstream& structFile){
        imageFile >> numImageRows >> numImageCols >> imageMin >> imageMax;
        structFile >> numStructRows >> numStructCols >> structMin >> structMax >> rowOrigin >>
colOrigin;

        rowFrameSize = numStructRows / 2;
        colFrameSize = numStructCols / 2;
        extractRows = rowFrameSize * 2;
        extractCols = colFrameSize * 2;
        rowSize = numImageRows + extractRows;
        colSize = numImageCols + extractCols;

        zeroFramedArray = Util::getArray(rowSize, colSize);
        structArray = Util::getArray(numStructRows, numStructCols);
        morphArray = Util::getArray(rowSize, colSize);
        tempArray = Util::getArray(rowSize, colSize);

        loadImage(imageFile);
        loadStruct(structFile);
    }

    void zero2DArray(int** array, int rows, int cols){
        for(int i = 0; i < rows; i++){
            for(int j = 0; j < cols; j++){
                array[i][j] = 0;
            }
        }
    }

    // load image file to zeroFramedArray
    void loadImage(ifstream& imageFile){
        int pixelVal;
        for(int i = rowOrigin; i < rowSize - rowFrameSize; i++){
            for(int j = colOrigin; j < colSize - colFrameSize; j++){
                imageFile >> pixelVal;
                zeroFramedArray[i][j] = pixelVal;
            }
        }
    }

    void loadStruct(ifstream& structFile){
        int pixelVal;
        for(int i = 0; i < numStructRows; i++){
            for(int j = 0; j < numStructCols; j++){
                structFile >> pixelVal;
                structArray[i][j] = pixelVal;
            }
        }
    }

    void computeDilation(int** inputImage, int** outputImage){
        for(int i = rowOrigin; i < rowSize - rowFrameSize; i++){
            for(int j = colOrigin; j < colSize - colFrameSize; j++){
                if(inputImage[i][j] > 0){
                    onePixelDilation(i, j, inputImage, outputImage);
                }
            }
        }
    }

    void computeErosion(int** inputImage, int** outputImage){
        for(int i = rowOrigin; i < rowSize - rowFrameSize; i++){
            for(int j = colOrigin; j < colSize - colFrameSize; j++){
                if(inputImage[i][j] > 0){
                    onePixelErosion(i, j, inputImage, outputImage);
                }
            }
        }
    }

    void computeOpening(int** inputImage, int** outputImage, int** tempImage){
        computeErosion(inputImage, tempImage);
        computeDilation(tempImage, morphArray);
    }
```

```
    int** computeClosing(int** inputImage, int** outputImage, int** tempImage){
        computeDilation(inputImage, tempImage);
        computeErosion(tempImage, morphArray);
    }

    void onePixelDilation(int i, int j, int** inputImage, int** outputImage){
        int iOffset = i - rowOrigin,
            jOffset = j - colOrigin;
        for(int rIndex = 0; rIndex < numStructRows; rIndex++){
            for(int cIndex = 0; cIndex < numStructCols; cIndex++){
                if(structArray[rIndex][cIndex] > 0){
                    outputImage[iOffset + rIndex][jOffset + cIndex] = 1;
                }
            }
        }
    }

    void onePixelErosion(int i , int j, int** inputImage, int** outputImage){
        int iOffset = i - rowOrigin,
            jOffset = j - colOrigin;
        bool fitStructElement = true;
        for(int rIndex = 0; rIndex < numStructRows; rIndex++){
            for(int cIndex = 0; cIndex < numStructCols; cIndex++){
                if(structArray[rIndex][cIndex] > 0 && inputImage[iOffset + rIndex][jOffset +
cIndex] <= 0){
                        fitStructElement = false;
                }
            }
        }
        if(fitStructElement){
            outputImage[i][j] = 1;
        }else{
            outputImage[i][j] = 0;
        }
    }
```

```
void outputImageToFile(int** imageArray, ofstream& outFile){
    outFile<<numImageRows<<" "<<numImageCols<<" "<<imageMin<<" "<<imageMax<<"\n";
    for(int i = rowOrigin; i < rowOrigin + numImageRows; i++){
        for(int j = colOrigin; j < colOrigin + numImageCols; j++){
            outFile<< imageArray[i][j]<< " ";
        }
        outFile<< "\n";
    }
}



    void prettyPrint(int** imageArray, int rows, int cols, ofstream& outFile){
        for(int i = 0; i < rows; i++){
            for(int j = 0; j < cols; j++){
                if(imageArray[i][j] == 0){
                    outFile << ". ";
                }else{
                    outFile <<"1 ";
                }
            }
            outFile << "\n";
        }
    }

    void objectExtraction(int** inputImage, int** outputImage){
        zero2DArray(tempArray, rowSize, colSize);
        zero2DArray(outputImage, rowSize, colSize);
        computeOpening(inputImage, outputImage, tempArray);
    }

    void fillHoles(int** inputImage, int** outputImage){
        zero2DArray(tempArray, rowSize, colSize);
        zero2DArray(outputImage, rowSize, colSize);
        computeClosing(inputImage, outputImage, tempArray);
    }
};

int main(int argc, const char* argv[]){
    ifstream imageFile(argv[1]),
             structFile(argv[2]),
             taskImageFile(argv[3]),
             structImageFile(argv[4]);
    ofstream outFile1(argv[5]),
             outFile2(argv[6]);

    Morphology* morphology = new Morphology(imageFile, structFile);

    outFile1<< "Data 1 Image \n";
    morphology->prettyPrint(morphology->zeroFramedArray, morphology->rowSize, morphology-
>colSize, outFile1);
    outFile1<< "\n\nStructure Element\n";
    morphology->prettyPrint(morphology->structArray, morphology->numStructRows, morphology-
>numStructCols, outFile1);

    // Step 6
    morphology->computeDilation(morphology->zeroFramedArray, morphology->morphArray);
    outFile1<< "\n\nData1 Image after Dilation\n";
    morphology->prettyPrint(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology-
>colSize,outFile1);

    // Step 7
    morphology->zero2DArray(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology->colSize);
    morphology->computeErosion(morphology->zeroFramedArray, morphology->morphArray);
    outFile1<< "\n\nData1 Image Erosion\n";
    morphology->prettyPrint(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology-
>colSize,outFile1);

    // Step 8
    morphology->zero2DArray(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology->colSize);
    morphology->computeOpening(morphology->zeroFramedArray, morphology->morphArray, morphology-
>tempArray);

    outFile1<< "\n\nData1 Image Opening\n";

    morphology->prettyPrint(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology-
>colSize,outFile1);


    // Step 9

    morphology->zero2DArray(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology->colSize);

    morphology->zero2DArray(morphology->tempArray, morphology->rowSize, morphology->colSize);

    morphology->computeClosing(morphology->zeroFramedArray, morphology->morphArray, morphology-
>tempArray);

    outFile1<< "\n\nData1 Image Closing\n";

    morphology->prettyPrint(morphology->morphArray, morphology->rowSize, morphology-
>colSize,outFile1);


    // Step 10 — Task 1: extract large blobs and fill holes in the blobs

    Morphology* taskMorphology = new Morphology(taskImageFile, structImageFile);

    outFile2<< "Image 1\n";

    taskMorphology->prettyPrint(taskMorphology->zeroFramedArray, taskMorphology->rowSize,
taskMorphology->colSize, outFile2);


    // Structuring Element

    outFile2<< "\n\n\nStructure Element for objectExtraction()\n";

    taskMorphology->prettyPrint(taskMorphology->structArray, taskMorphology->numStructRows,
taskMorphology->numStructCols, outFile2);


    // objectExtraction

    taskMorphology->objectExtraction(taskMorphology->zeroFramedArray, taskMorphology-
>morphArray);

    outFile2<< "\n\nObject Extraction\nOperation: Opening\nImage 1 after objectExtraction().\n";

    taskMorphology->prettyPrint(taskMorphology->morphArray, taskMorphology->rowSize,
taskMorphology->colSize ,outFile2);


    // fillHoles

    taskMorphology->fillHoles(Util::copyArray(taskMorphology->morphArray, taskMorphology-
>rowSize, taskMorphology->colSize),
                                taskMorphology->morphArray);

    outFile2<< "\n\nFill Holes\nOperation: Closing\nImage after objectExtraction() and
fillHoles()\n";
```

```
    taskMorphology->prettyPrint(taskMorphology->morphArray, taskMorphology->rowSize,
taskMorphology->colSize ,outFile2);


}
```

Program Output

OutFile1

```
Data 1 Image

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 .
. 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . .
. . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . .
. . 1 . 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 . . . .
. . . 1 . . . . . . 1 1 . 1 1 . . 1 1 1 . 1 1 . . . . 1 . . . . .
. . . . . 1 . 1 . . 1 1 1 1 1 . . 1 1 . 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 . 1 . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . . . .
. . . . . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . . .
. . . . . . . . 1 . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . . . 1 . . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 . . . . . . . . .
. . . . . . 1 . 1 . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . 1 . 1 1 1 1 . . . . .
. . . . . 1 . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . 1 1 . 1 . . 1 1 . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . 1 1 . . . . 1 1 . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 . 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . .
. . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . .
. . . . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . .
. . . 1 1 . 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . .
. . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . . . .
. 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .


Structure Element

. 1 .
```

```
1 1 1
. 1 .


Data1 Image after Dilation
. 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 .
1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 1
1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 .
. 1 1 . . 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . .
. . . . 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . .
. . . 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 . . . .
. . 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . .
. . 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . .
. 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . .
. . 1 1 1 1 . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . .
. . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 . . . . .
. . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . .
. . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . .
. . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . .
. . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 . . . . . . .
. . . . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . . .
. . . . . . . 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . .
. . . . . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 . . . 1 . . . . . .
. . . . 1 . . 1 . . . . . . . 1 1 1 . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . .
. . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 . . . . . .
. . . . 1 . . 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . . . .
. . . . . . 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . .
. . . . . 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . .
. . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . .
. . 1 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . .
. . . 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 . . .
. . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 . . . .
. . . 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . 1 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . 1 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . .
. . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . .
. . . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 . . . .
. . . 1 1 . 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 . 1 1 1 . . . .
. . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 1 . 1 . . . . .
. 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . .
1 1 1 1 . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . . . .
. 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```

```
Data1 Image Erosion
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 1 . . 1 1 1 . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 1 . . 1 1 . 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 . 1 . . . . 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 . . . 1 . . . 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . . 1 . 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . . . 1 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .


Data1 Image Opening
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 1 . . 1 1 1 . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . 1 1 . 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 . 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```

```
Data1 Image Closing
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 .
. 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . .
. . . 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . .
. . 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . .
. . . . 1 1 . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 . . . . .
. . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . .
. . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 . . . . . . . .
. . . . . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . .
. . . . . . . . 1 . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . . . 1 . . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . .
. . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . . . .
. . . . . . 1 . 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . 1 1 1 1 . . . . .
. . . . . 1 . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . 1 1 1 . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .
. . . 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . .
. . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . .
. . . . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . .
. . . . . . . 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . .
. . . 1 1 . 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . .
. . 1 1 . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . 1 1 . . . . . . .
. 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```

OutFile 2 - output of Task 1, objeceExtraction() and fillHoles()

```
Image 1
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 . . . . 1 1 . . . 1 . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . 1 1 . . . . . 1 . . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 . . 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 . 1 . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . . 1 1 1 . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 . . 1 . . . 1 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . 1 . . . 1 . . . . 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . . 1 . 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 . . . 1 . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . 1 . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . . 1 . . . 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . 1 1 . . . . . . . 1 1 1 . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . 1 1 1 . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 . 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . .
. . 1 1 1 . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . 1 1 1 . . . 1 1 . 1 . 1 1 1 . . . . . 1 . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . . . 1 1 . . 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 . 1 . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 . . . 1 1 . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 . . . 1 . . . . 1 . .
. . . 1 . . . 1 1 1 . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . . . . . 1 1 1 . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . 1 . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 . . . 1 . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 . . . 1 1 . .
. . 1 1 1 . . 1 1 1 . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . 1 1 . . . . 1 . . . 1 . . 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . 1 . . . 1 1 . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . . . 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . 1 . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 . . . . 1 1 . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . 1 1 1 . 1 1 1 . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 . . 1 1 . .
. . . 1 . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 . 1 . . .
. . . 1 . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 1 . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 1 1 . . 1 1 1 1 . 1 . . 1 1 1 . . . . . .
. . 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 . . 1 1 1 1 . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . 1 . . . 1 1 . .
. . 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 1 . . 1 . . . 1 . . 1 1 1 . .
. . . 1 . . . . . . . . 1 . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 . . . 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . 1 . .
. . . . . . . . . . . . . 1 . . 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```

```
Structure Element for objectExtraction()
. . 1 . .
. 1 1 1 .
1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
. 1 1 1 .
. . 1 . .
```

```
Object Extraction
Operation: Opening
Image 1 after objectExtraction().
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .


Fill Holes

Operation: Closing

Image after objectExtraction() and fillHoles()

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
```