CV Project 5: Image Compression Via Distance Transform C++

**Student:** Pawan Bhatta

**Project Due Date:** 03/30/2021

**Distance Transform- Pass 1 Algorithm:**

Step 0: image ← given Binary Image

Step 1: Scan image Left-Right & Top-Bottom

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: if P( i,j ) > 0 //is an object pixel

look at neighbors: a, b, c, d

P( i,j ) ← min( a, b, c, d ) + 1

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Distance Transform- Pass 2 Algorithm:**

Step 0: image ← given the result of Pass-1

Step 1: Scan image Right-Left & Bottom-Top

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: if P( i,j ) > 0 //is an object pixel

Look at neighbors: e, f, g, h and P( i,j )

P( i,j ) ← min( e+1, f+1, g+1, h+1 , P( i,j ) )

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Local Maxima Operation Algorithm:**

Step 0: image ← given the result of Pass-2

skeleton ← array of same size at image

Step 1: Scan image Left-Right & Top-Bottom

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: check if P( i,j ) is a Local Maxima:

P( i,j ) is a Local Maxima:

iff P( i,j ) >= a, b, c, d, e, f, g, h

skeleton( i,j ) ← P( i,j ) //retain the distance

else

skeleton( i,j ) ← 0

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Skeleton Image Compression Algorithm:**

Step 0: image ← given the result of Local Maxima Operation

output ← file for result of compression

Step 1: Scan image Left-Right & Top-Bottom

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: if P( i,j ) > 0 //is a Local Maxima

output ← i j P( i,j )

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Expansion Pass 1:**

Step 0: image ← load the File rendered by Skeleton Compression

Step 1: Scan image Left-Right & Top-Bottom

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: if P( i,j ) == 0

look at neighbors of P( i,j ): a, b, c, d, e, f, g, h

max ← max( a-1, b-1, c-1, d-1, e-1, f-1, g-1, h-1 )

if P( i,j ) < max

P( i,j ) ← max

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Expansion Pass 2:**

Step 0: image ← rendered by Expansion Pass 1

Step 1: Scan image Right-Left & Bottom-Top

P( i,j ) ← next pixel

Step 2: look at neighbors of P( i,j ): a, b, c, d, e, f, g, h

max ← max( a, b, c, d, e, f, g, h )

if P( i,j ) < max

P( i,j ) ← max-1

Step 3: repeat steps 1 to 2 until all pixels are processed

**Threshold Decompression Algorithm:**

Step 0: output ← open file for the decompressed image

image ← result of Expansion Pass-2

Step 1: write the original image header to the de-compressed file

output ← numRows , numCols , minVal , maxVal

Step 2: Threshold the image

Scan image Left-Right & Top-Bottom

P( i,j ) ← next pixel

Step 3: if P( i,j ) > 0

output ← 1 and a blank space

else

output ← 0 and a blank space

Step 4: repeat steps 2 to 3 until all pixels are processed

**Source Code:**

import java.io.\*;

import java.util.Scanner;

class ImageProcessing {

int numImgRows;

int numImgCols;

int minVal;

int maxVal;

int newMin;

int newMax;

int rowFrameSize;

int colFrameSize;

int extraRows;

int extraCols;

int[][] zeroFramedAry;

int[][] skeletonAry;

ImageProcessing(Scanner imgFile) {

setTotalFrameSize();

setFrameSize();

loadHeader(imgFile);

initializeArrays();

}

void initializeArrays() {

zeroFramedAry = new int[numImgRows + extraRows][numImgCols + extraCols];

skeletonAry = new int[numImgRows + extraRows][numImgCols + extraCols];

}

void setTotalFrameSize() {

extraRows = 2;

extraCols = 2;

}

void setFrameSize() {

rowFrameSize = extraRows / 2;

colFrameSize = extraCols / 2;

}

void loadHeader(Scanner imgFile) {

numImgRows = imgFile.nextInt();

numImgCols = imgFile.nextInt();

minVal = imgFile.nextInt();

maxVal = imgFile.nextInt();

}

void loadImg(Scanner imgFile) {

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

zeroFramedAry[i][j] = imgFile.nextInt();

}

}

}

void loadTriplets(Scanner compressedImg) {

int count = -1;

while (compressedImg.hasNextLine()) {

count++;

String line = compressedImg.nextLine();

if (count == 0) {

continue;

}

String[] splitStr = line.trim().split("\\s+");

int i = Integer.parseInt(splitStr[0]);

int j = Integer.parseInt(splitStr[1]);

zeroFramedAry[i + rowFrameSize][j + colFrameSize] = Integer.parseInt(splitStr[2]);

}

}

void writeHeader(BufferedWriter outFile) throws IOException {

outFile.write(numImgRows + " " + numImgCols + " " + newMin + " " + newMax + "\n");

}

void prettyPrint(BufferedWriter outFile) throws IOException {

writeHeader(outFile);

int maxLength;

maxLength = Integer.toString(newMax).length();

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

if (zeroFramedAry[i][j] == 0) {

outFile.write(". ");

} else {

outFile.write(Integer.toString(zeroFramedAry[i][j]) + " ");

}

int currentLength;

currentLength = Integer.toString(zeroFramedAry[i][j]).length();

while (currentLength < maxLength) {

outFile.write(" ");

currentLength++;

}

}

outFile.write("\n");

}

}

void prettyPrint(BufferedWriter outFile, int[][] arrayToPrint) throws IOException {

writeHeader(outFile);

int maxLength;

maxLength = Integer.toString(newMax).length();

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

if (arrayToPrint[i][j] == 0) {

outFile.write(". ");

} else {

outFile.write(Integer.toString(arrayToPrint[i][j]) + " ");

}

int currentLength;

currentLength = Integer.toString(arrayToPrint[i][j]).length();

while (currentLength < maxLength) {

outFile.write(" ");

currentLength++;

}

}

outFile.write("\n");

}

}

void print2DArray(int[][] array) {

for (int i = 0; i < array.length; i++) {

for (int j = 0; j < array[0].length; j++) {

System.out.print(array[i][j]);

}

System.out.print("\n");

}

System.out.print("\n\n");

}

int findMin(int... array) {

int minVal = 9999;

for (int i : array) {

if (i < minVal) {

minVal = i;

}

}

return minVal;

}

int findMax(int... array) {

int maxVal = 0;

for (int i : array) {

if (i > maxVal) {

maxVal = i;

}

}

return maxVal;

}

void passOne8Connectedness() {

newMin = 9999;

newMax = 0;

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

int pixelVal = zeroFramedAry[i][j];

if (pixelVal > 0) {

int a = zeroFramedAry[i - 1][j - 1];

int b = zeroFramedAry[i - 1][j];

int c = zeroFramedAry[i - 1][j + 1];

int d = zeroFramedAry[i][j - 1];

zeroFramedAry[i][j] = findMin(a, b, c, d) + 1;

}

// Updating newMin and newMax

if (zeroFramedAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (zeroFramedAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

}

}

void passTwo8Connectedness() {

newMin = 9999;

newMax = 0;

for (int i = numImgRows + rowFrameSize - 1; i >= rowFrameSize; i--) {

for (int j = numImgCols + colFrameSize - 1; j >= colFrameSize; j--) {

int pixelVal = zeroFramedAry[i][j];

if (pixelVal > 0) {

int e = zeroFramedAry[i][j + 1];

int f = zeroFramedAry[i + 1][j - 1];

int g = zeroFramedAry[i + 1][j];

int h = zeroFramedAry[i + 1][j + 1];

zeroFramedAry[i][j] = findMin(e + 1, f + 1, g + 1, h + 1, pixelVal);

}

// Updating newMin and newMax

if (zeroFramedAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (zeroFramedAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

}

}

boolean isLocalMaxima(int p, int[] neighbours) {

boolean returnVal = true;

for (int neighbour : neighbours) {

if (p < neighbour) {

returnVal = false;

}

}

return returnVal;

}

void localMaxima() {

newMin = 9999;

newMax = 0;

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

int pixelVal = zeroFramedAry[i][j];

int a = zeroFramedAry[i - 1][j - 1];

int b = zeroFramedAry[i - 1][j];

int c = zeroFramedAry[i - 1][j + 1];

int d = zeroFramedAry[i][j - 1];

int e = zeroFramedAry[i][j + 1];

int f = zeroFramedAry[i + 1][j - 1];

int g = zeroFramedAry[i + 1][j];

int h = zeroFramedAry[i + 1][j + 1];

int[] neighbours = { a, b, c, d, e, f, g, h };

if (isLocalMaxima(pixelVal, neighbours)) {

skeletonAry[i][j] = zeroFramedAry[i][j];

} else {

skeletonAry[i][j] = 0;

}

// Updating newMin and newMax

if (skeletonAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (skeletonAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

}

}

void skeletonImgCompression(BufferedWriter outFile) throws IOException {

writeHeader(outFile);

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

int pixelVal = skeletonAry[i][j];

if (pixelVal > 0) {

outFile.write((i - rowFrameSize) + " " + (j - colFrameSize) + " " + pixelVal + "\n");

}

}

}

}

void expansionPassOne() {

newMin = 9999;

newMax = 0;

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

if (zeroFramedAry[i][j] == 0) {

int a = zeroFramedAry[i - 1][j - 1];

int b = zeroFramedAry[i - 1][j];

int c = zeroFramedAry[i - 1][j + 1];

int d = zeroFramedAry[i][j - 1];

int e = zeroFramedAry[i][j + 1];

int f = zeroFramedAry[i + 1][j - 1];

int g = zeroFramedAry[i + 1][j];

int h = zeroFramedAry[i + 1][j + 1];

int max = findMax(a, b, c, d, e, f, g, h) - 1;

if (zeroFramedAry[i][j] < max) {

zeroFramedAry[i][j] = max;

}

}

// Updating newMin and newMax

if (zeroFramedAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (zeroFramedAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

}

}

void expansionPassTwo() {

newMin = 9999;

newMax = 0;

for (int i = numImgRows + rowFrameSize - 1; i >= rowFrameSize; i--) {

for (int j = numImgCols + colFrameSize - 1; j >= colFrameSize; j--) {

int a = zeroFramedAry[i - 1][j - 1];

int b = zeroFramedAry[i - 1][j];

int c = zeroFramedAry[i - 1][j + 1];

int d = zeroFramedAry[i][j - 1];

int e = zeroFramedAry[i][j + 1];

int f = zeroFramedAry[i + 1][j - 1];

int g = zeroFramedAry[i + 1][j];

int h = zeroFramedAry[i + 1][j + 1];

int max = findMax(a, b, c, d, e, f, g, h, zeroFramedAry[i][j]);

if (zeroFramedAry[i][j] < max) {

zeroFramedAry[i][j] = max - 1;

}

// Updating newMin and newMax

if (zeroFramedAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (zeroFramedAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

}

}

void threshold(int thrVal, BufferedWriter outFile) throws IOException {

newMin = 9999;

newMax = 0;

outFile.write(numImgRows + " " + numImgCols + " " + 0 + " " + 1 + "\n");

for (int i = rowFrameSize; i < numImgRows + rowFrameSize; i++) {

for (int j = colFrameSize; j < numImgCols + colFrameSize; j++) {

if (zeroFramedAry[i][j] >= thrVal) {

outFile.write(1 + " ");

} else {

outFile.write(0 + " ");

}

// Updating newMin and newMax

if (zeroFramedAry[i][j] > newMax) {

newMax = zeroFramedAry[i][j];

}

if (zeroFramedAry[i][j] < newMin) {

newMin = zeroFramedAry[i][j];

}

}

outFile.write("\n");

}

}

static String splitAndAddExtension(String originalString, String extension) {

String[] parts = originalString.split("\\.");

String returnVal = parts[0] + "\_" + extension + "." + parts[1];

return returnVal;

}

public static void main(String[] args) throws IOException {

String inputName1 = args[0]+".txt";

FileReader inputReader1 = null;

BufferedReader buffInReader1 = null;

Scanner imgFile = null;

String outputName1 = args[1]+".txt";

FileWriter outputWriter1 = null;

BufferedWriter prettyPrintFile = null;

String outputName2 = args[0]+"\_skeleton.txt";

FileWriter outputWriter2 = null;

BufferedWriter compressedImg = null;

String outputName3 = args[0]+"\_decompressed.txt";

FileWriter outputWriter3 = null;

BufferedWriter expandedImg = null;

String outputName4 = args[2]+".txt";

FileWriter outputWriter4 = null;

BufferedWriter expansionPrettyPrint = null;

try {

inputReader1 = new FileReader(inputName1);

buffInReader1 = new BufferedReader(inputReader1);

imgFile = new Scanner(buffInReader1);

outputWriter1 = new FileWriter(outputName1);

prettyPrintFile = new BufferedWriter(outputWriter1);

outputWriter2 = new FileWriter(outputName2);

compressedImg = new BufferedWriter(outputWriter2);

outputWriter3 = new FileWriter(outputName3);

expandedImg = new BufferedWriter(outputWriter3);

outputWriter4 = new FileWriter(outputName4);

expansionPrettyPrint = new BufferedWriter(outputWriter4);

// Compression steps begins

ImageProcessing d = new ImageProcessing(imgFile);

d.loadImg(imgFile);

d.passOne8Connectedness();

prettyPrintFile.write("Result of: Pass One 8 connectness Distance Transform\n");

d.prettyPrint(prettyPrintFile);

d.passTwo8Connectedness();

prettyPrintFile.write("\nResult of: Pass Two 8 connectness Distance Transform\n");

d.prettyPrint(prettyPrintFile);

d.localMaxima();

prettyPrintFile.write("\nResult of: Local Maxima Operation\n");

d.prettyPrint(prettyPrintFile, d.skeletonAry);

d.skeletonImgCompression(compressedImg);

if (compressedImg != null)

compressedImg.close();

// Decompression Steps Begins

FileReader inputReader2 = new FileReader(outputName2);

BufferedReader buffInReader2 = new BufferedReader(inputReader2);

Scanner compressedInputFile = new Scanner(buffInReader2);

// Reinitializing everything

ImageProcessing d2 = new ImageProcessing(compressedInputFile);

d2.loadTriplets(compressedInputFile);

d2.expansionPassOne();

expansionPrettyPrint.write("\nResult of: Expansion Pass 1\n");

d2.prettyPrint(expansionPrettyPrint);

d2.expansionPassTwo();

expansionPrettyPrint.write("\nResult of: Expansion Pass 2\n");

d2.prettyPrint(expansionPrettyPrint);

d2.threshold(1, expandedImg);

if (compressedInputFile != null) {

compressedInputFile.close();

}

} finally {

if (imgFile != null)

imgFile.close();

if (prettyPrintFile != null)

prettyPrintFile.close();

if (expandedImg != null)

expandedImg.close();

if (expansionPrettyPrint != null)

expansionPrettyPrint.close();

}

}

}

**Outputs**

**Data\_1:**

Original Image

30 40 0 1

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 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0

0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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 0 0 0 0 0

Result of: Pass One 8 connectedness Distance Transform

30 40 0 10

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

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 3 3 3 2 1 1 . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 4 4 4 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . .

. . . . . . 1 2 2 3 3 3 2 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . .

. . . . . . 1 2 3 3 4 3 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . .

. . . . . . 1 2 3 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . 1 1 2 3 4 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 . .

. . . 1 1 1 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 1 1 1 . . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 6 6 5 5 4 4 . . .

. . . 1 2 2 2 2 3 4 5 4 3 2 2 2 2 2 1 . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 7 7 6 6 5 5 . . . .

. . . 1 2 3 3 3 3 4 5 4 3 3 3 3 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 7 6 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 4 4 5 4 4 4 4 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 8 7 . . . . . . .

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

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

. . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 2 3 4 5 6 7 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 5 4 3 2 2 2 2 2 2 2 3 4 5 6 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 4 4 3 3 2 2 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 3 3 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 4 4 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 6 6 5 5 . . . . . . . . .

. . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 8 8 8 8 8 8 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 8 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Result of: Pass Two 8 connectness Distance Transform

30 40 0 7

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

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 3 3 3 2 1 1 . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 4 4 4 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . .

. . . . . . 1 2 2 3 3 3 2 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . .

. . . . . . 1 2 3 3 4 3 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . .

. . . . . . 1 2 3 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . 1 1 2 3 4 5 6 6 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 3 2 2 1 1 . .

. . . 1 1 1 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 1 1 1 . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 1 1 . . .

. . . 1 2 2 2 2 3 4 5 4 3 2 2 2 2 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 1 . . . .

. . . 1 2 3 3 3 3 4 5 4 3 3 3 3 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 4 4 5 4 4 4 4 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 6 6 6 6 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 2 3 4 5 4 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 6 7 7 6 6 5 4 3 2 2 2 2 2 2 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 5 6 6 6 6 5 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 5 5 6 6 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 3 4 4 5 5 5 5 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 2 3 3 4 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

Result of: Local Maxima Operation

30 40 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 5 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . 5 5 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . 6 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 6 . 5 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . 1 . . . . . 6 6 . 5 5 . 4 . 3 . 2 . 1

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . 6 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . 5 5 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 7 7 7 7 . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 7 7 7 7 . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 7 7 . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . 4 . 3 . 2 . 1 . . . . .

. . . . . . . . . . 6 6 . . . . 4 4 4 4 4 4 4 4 4 . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 4 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Skeleton/ Compressed Image via Distance Transform

30 40 0 7

1 10 1

3 10 2

4 26 5

4 27 5

5 10 3

5 26 5

5 27 5

7 10 4

7 27 6

8 27 6

8 28 6

8 30 5

9 10 5

9 21 1

9 27 6

9 28 6

9 30 5

9 31 5

9 33 4

9 35 3

9 37 2

9 39 1

10 10 5

10 27 6

11 10 5

12 10 5

12 26 5

12 27 5

13 10 5

13 26 5

14 10 5

14 26 5

15 10 5

15 26 5

16 26 5

17 26 5

18 9 7

18 10 7

18 11 7

18 12 7

18 26 5

19 9 7

19 10 7

19 11 7

19 12 7

19 26 5

20 10 7

20 11 7

20 26 5

21 26 5

21 28 4

21 30 3

21 32 2

21 34 1

22 10 6

22 11 6

22 16 4

22 17 4

22 18 4

22 19 4

22 20 4

22 21 4

22 22 4

22 23 4

22 24 4

24 10 5

24 11 5

26 10 4

26 11 4

Result of: Expansion Pass 1

30 40 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . 4 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . . 2 2 2 1 . . . . . . . . . . . 3 4 5 5 4 3 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 2 3 2 1 . . . . . . . . . . 2 3 4 5 5 4 3 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 3 3 3 2 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 3 2 1 . . . . . . .

. . . . . . . . 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 3 2 1 . . . . .

. . . . . . . 1 2 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . . 1 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . 1 1 2 3 4 5 6 6 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1

. . . . . . . 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 3 2 2 1 1 . .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 1 1 . . .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 1 . . . .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . . . . 1 2 3 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 . . . . . . . .

. . . . . . 1 2 6 6 6 6 6 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 3 4 5 6 6 7 7 6 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . . 2 3 4 5 5 6 6 6 6 5 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 5 5 6 6 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 3 4 4 5 5 5 5 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 2 3 3 4 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

Result of: Expansion Pass 2

30 40 0 7

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

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 3 3 3 2 1 1 . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 4 4 4 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . .

. . . . . . 1 2 2 3 3 3 2 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . .

. . . . . . 1 2 3 3 4 3 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . .

. . . . . . 1 2 3 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . 1 1 2 3 4 5 6 6 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 5 5 4 4 4 3 3 2 2 1 1 .

. . . . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 4 4 3 3 3 2 2 1 1 . .

. . . 1 1 1 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 1 1 1 . . . 1 2 3 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 1 1 . . .

. . . 1 2 2 2 2 3 4 5 4 3 2 2 2 2 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 1 . . . .

. . . 1 2 3 3 3 3 4 5 4 3 3 3 3 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 4 4 5 4 4 4 4 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 6 6 6 6 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 . . . 1 2 3 4 5 4 3 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 7 7 7 7 6 5 4 3 2 1 1 1 1 1 2 3 4 5 4 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 6 6 7 7 6 6 5 4 3 2 2 2 2 2 2 2 3 4 5 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 4 5 5 6 6 6 6 5 5 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . .

. . . 1 2 3 4 4 5 5 6 6 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . .

. . . 1 2 3 3 4 4 5 5 5 5 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . .

. . . 1 2 2 3 3 4 4 5 5 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 4 3 3 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

Decompressed Image

30 40 0 1

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 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0

0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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 0 0 0 0 0

**Data\_2:**

Original Image

45 64 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 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 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 0 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 1 1 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 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 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 1 1 1 1 1 1 1 1 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 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 1 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 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 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 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 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 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 1 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 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Result of: Pass One 8 connectedness Distance Transform

45 64 0 9

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 5 5 4 4 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 5 5 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 2 3 4 5 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 4 4 5 5 6 6 7 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 4 5 5 6 6 7 7 8 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 8 8 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

. . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 . . . . . . . . 1 1 2 2 2 3 4 4 4 5 4 3 3 3 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 2 3 4 5 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 4 5 5 5 4 4 4 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 2 3 . . . . . . . . . . 1 2 3 3 4 4 4 5 6 5 5 5 4 3 3 2 2 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 5 5 6 6 6 5 4 4 3 3 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 6 7 6 5 5 4 4 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 5 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 6 6 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 6 7 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Result of: Pass Two 8 connectedness Distance Transform

45 64 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 4 4 5 5 6 6 7 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 2 2 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 1 2 3 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 2 2 3 3 4 3 3 2 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 2 3 3 3 4 4 4 3 2 2 2 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 2 3 4 4 4 5 4 3 3 3 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Result of: Local Maxima Operation

45 64 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 5 5 . 4 . 3 . 2 . 1 . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 6 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 7 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . 4 . 5 . 6 . 7 7 7 . 6 . 5 . 4 . 3 . 2 . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 7 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 6 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5 . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . 1 . 2 . 3 3 . . 5 5 5 . 4 . 3 . 2 . 1 . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 . . . 5 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Skeleton/Compressed Image via Distance Transform

45 64 0 7

3 30 1

5 30 2

7 10 1

7 30 3

7 51 4

8 51 4

9 10 2

9 30 4

9 51 4

10 51 4

11 10 3

11 30 5

11 51 4

12 21 1

12 23 2

12 25 3

12 27 4

12 29 5

12 30 5

12 31 5

12 33 4

12 35 3

12 37 2

12 39 1

12 51 4

13 10 4

13 30 5

13 51 4

14 51 4

15 10 5

15 30 4

15 51 4

16 51 4

17 10 6

17 30 3

17 51 4

18 51 4

19 10 7

19 31 2

19 51 4

20 3 4

20 5 5

20 7 6

20 9 7

20 10 7

20 11 7

20 13 6

20 15 5

20 17 4

20 19 3

20 21 2

20 23 1

20 51 4

21 10 7

21 30 1

21 51 4

22 30 1

22 51 4

23 10 6

23 51 4

24 30 2

24 51 4

25 10 5

25 51 4

26 30 3

26 51 4

27 10 4

27 51 4

28 31 4

28 51 4

29 10 3

29 51 4

30 31 5

30 35 3

30 51 4

31 10 2

31 21 1

31 23 2

31 25 3

31 26 3

31 29 5

31 30 5

31 31 5

31 33 4

31 35 3

31 37 2

31 39 1

31 51 4

32 26 3

32 30 5

33 10 1

34 30 4

36 30 3

38 30 2

40 30 1

Result of: Expansion Pass 1

45 64 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 2 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 1 3 3 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 2 2 2 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 2 3 2 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 3 3 3 2 1 . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 2 4 4 4 3 2 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 3 4 5 4 3 2 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 2 3 5 5 5 4 3 2 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 2 4 5 6 5 4 3 2 1 . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 3 4 6 6 6 5 4 3 2 1 . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 2 3 4 4 5 5 6 6 7 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 2 2 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 4 4 4 3 2 2 2 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 2 2 4 4 4 5 4 3 3 3 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Result of: Expansion Pass 2

45 64 0 7

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . 1 1 1 2 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 4 4 5 5 6 6 7 7 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 2 2 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 1 2 3 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 . . . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 2 2 3 3 4 3 3 2 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 1 2 3 3 3 4 4 4 3 2 2 2 1 . . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 2 3 4 4 4 5 4 3 3 3 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 4 5 5 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . 1 2 3 4 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . 1 1 1 . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 5 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . 1 2 3 3 3 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 4 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . 1 2 2 2 2 2 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 4 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 3 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 3 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 2 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 2 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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

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

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Decompressed Image

45 64 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 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 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 0 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 1 1 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 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 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 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 1 1 1 1 1 1 1 1 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 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 1 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 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 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 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 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 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 1 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 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 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 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0