CV Project 6: Thinning C++

**Student:** Pawan Bhatta

**Project Due Date:** 04/10/2021

**The North Algorithm:**

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

Step 2: P( i,j ) ← get next pixel

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

Change P( i,j ) to 0 under the following conditions:

(1) NORTH Neighbor of P( i,j ) is 0

(2) P( i,j ) has at least 4 object neighbors (i.e. > 0)

(3) P( i,j ) is not a connector, i.e., by flipping P( i,j ) to 0 will not create more than one Connected Component in P’s 3x3 neighborhood.

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

**Thinning Algorithm Steps:**

Step 0: img ← given Binary Image

Step 1: Thin NORTH (1 layer)

Step 2: Thin SOUTH (1 layer)

Step 3: Thin WEST (1 layer)

Step 4 Thin EAST (1 layer)

Step 5: repeat steps 1 to 4 until no more

pixels change from 1 to 0

**Source Code:**

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <cstdarg>

using namespace std;

class Thinning

{

public:

int numRows;

int numCols;

int minVal;

int maxVal;

int newMin;

int newMax;

int rowFrameSize;

int colFrameSize;

int extraRows;

int extraCols;

int changeFlag;

int cycleCount;

int \*\*aryOne;

int \*\*aryTwo;

Thinning(ifstream &input)

{

loadHeader(input);

rowFrameSize = 1;

colFrameSize = 1;

extraRows = 2 \* rowFrameSize;

extraCols = 2 \* colFrameSize;

//dynamic allocation of zeroframeArray

aryOne = new int \*[numRows + extraRows];

aryTwo = new int \*[numRows + extraRows];

for (int i = 0; i < numRows + extraRows; i++)

{

aryOne[i] = new int[numCols + extraCols];

aryTwo[i] = new int[numCols + extraCols];

}

zero2D(aryOne, numRows + extraRows, numCols + extraCols);

zero2D(aryTwo, numRows + extraRows, numCols + extraCols);

changeFlag = 1;

}

void loadHeader(ifstream &input)

{

input >> numRows >> numCols >> minVal >> maxVal;

}

void loadImage(ifstream &input)

{

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

input >> aryOne[i][j];

}

}

}

void zero2D(int \*\*ary, int numOfRows, int numOfCols)

{

for (int i = 0; i < numOfRows; i++)

{

for (int j = 0; j < numOfCols; j++)

{

ary[i][j] = 0;

}

}

}

void print2DArray(int \*\*ary, int numOfRows, int numOfCols)

{

cout << numRows << " " << numCols << " " << minVal << " " << maxVal << endl;

for (int i = 0; i < numOfRows; i++)

{

for (int j = 0; j < numOfCols; j++)

{

cout << ary[i][j] << " ";

}

cout << endl;

}

}

void imgReformat(ofstream &outFile, int \*\*ary)

{

outFile << numRows << " " << numCols << " " << minVal << " " << maxVal << endl;

string str = to\_string(newMax);

int width = str.length();

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

if (ary[i][j] == 0)

{

outFile << "."

<< " ";

}

else

{

outFile << ary[i][j] << " ";

}

str = to\_string(ary[i][j]);

int ww = str.length();

while (ww < width)

{

outFile << " ";

ww++;

}

}

outFile << endl;

}

}

void printImg(ofstream &outFile)

{

outFile << numRows << " " << numCols << " " << minVal << " " << maxVal << endl;

string str = to\_string(newMax);

int width = str.length();

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

outFile << aryOne[i][j] << " ";

str = to\_string(aryOne[i][j]);

int ww = str.length();

while (ww < width)

{

outFile << " ";

ww++;

}

}

outFile << endl;

}

}

void copyArys(int \*\*arr1, int \*\*arr2)

{

for (int i = 0; i < numRows + extraRows; i++)

{

for (int j = 0; j < numCols + extraCols; j++)

{

arr1[i][j] = arr2[i][j];

}

}

}

bool hasXNeighbors(int i, int j, int numOfObjectNeighbors)

{

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

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

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

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

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

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

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

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

int sum = a + b + c + d + e + f + g + h;

if (sum >= numOfObjectNeighbors)

{

return true;

}

return false;

}

bool isConnector(int i, int j)

{

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

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

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

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

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

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

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

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

//case 1

if (d == 0 && e == 0 && (a == 1 || b == 1 || c == 1) && (f == 1 || g == 1 || h == 1))

{

return true;

}

//case 2

if (b == 0 && g == 0 && (a == 1 || d == 1 || f == 1) && (c == 1 || e == 1 || h == 1))

{

return true;

}

//case Alpha

if (b == 0 && d == 0 && a == 1)

{

return true;

}

//case Beta

if (d == 0 && g == 0 && f == 1)

{

return true;

}

//case Gamma

if (b == 0 && e == 0 && c == 1)

{

return true;

}

//case delta

if (g == 0 && e == 0 && h == 1)

{

return true;

}

return false;

}

void NorthThinning(int \*\*arr1, int \*\*arr2)

{

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

if (arr1[i][j] > 0)

{

arr2[i][j] = 1;

//Must follow all 3 conditions to flip this pixel

//FIRST CONDITION= North neighbour is 0

if (arr1[i - 1][j] == 0 && hasXNeighbors(i, j, 4) && !isConnector(i, j))

{

arr2[i][j] = 0;

changeFlag++;

}

}

}

}

}

void SouthThinning(int \*\*arr1, int \*\*arr2)

{

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

if (arr1[i][j] > 0)

{

arr2[i][j] = 1;

//Must follow all 3 conditions to flip this pixel

//FIRST CONDITION= South neighbour is 0

if (arr1[i + 1][j] == 0 && hasXNeighbors(i, j, 4) && !isConnector(i, j))

{

arr2[i][j] = 0;

changeFlag++;

}

}

}

}

}

void EastThinning(int \*\*arr1, int \*\*arr2)

{

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

if (arr1[i][j] > 0)

{

arr2[i][j] = 1;

//Must follow all 3 conditions to flip this pixel

//FIRST CONDITION= East neighbour is 0

if (arr1[i][j + 1] == 0 && hasXNeighbors(i, j, 3) && !isConnector(i, j))

{

arr2[i][j] = 0;

changeFlag++;

}

}

}

}

}

void WestThinning(int \*\*arr1, int \*\*arr2)

{

for (int i = rowFrameSize; i < numRows + rowFrameSize; i++)

{

for (int j = colFrameSize; j < numCols + colFrameSize; j++)

{

if (arr1[i][j] > 0)

{

arr2[i][j] = 1;

//Must follow all 3 conditions to flip this pixel

//FIRST CONDITION= West neighbour is 0

if (arr1[i][j - 1] == 0 && hasXNeighbors(i, j, 3) && !isConnector(i, j))

{

arr2[i][j] = 0;

changeFlag++;

}

}

}

}

}

~Thinning()

{

for (int i = 0; i < numRows + extraRows; i++)

{

delete[] aryOne[i];

delete[] aryTwo[i];

}

}

};

int main(int argc, const char \*argv[])

{

//READ

string inputName = argv[1];

ifstream input;

input.open(inputName);

//WRITES

string thiningOutputName = argv[2], prettyPrintName = argv[3];

ofstream thinningOutput, rfPrettyPrint;

rfPrettyPrint.open(prettyPrintName);

thinningOutput.open(thiningOutputName);

//Checking if IO operations succeeds

if (input.is\_open())

{

if (rfPrettyPrint.is\_open() && thinningOutput.is\_open())

{

Thinning t(input);

t.loadImage(input);

t.cycleCount = 0;

rfPrettyPrint << "Original Image" << endl;

t.imgReformat(rfPrettyPrint, t.aryOne);

while (t.changeFlag > 0)

{

t.changeFlag = 0;

t.NorthThinning(t.aryOne, t.aryTwo);

t.copyArys(t.aryOne, t.aryTwo);

t.SouthThinning(t.aryOne, t.aryTwo);

t.copyArys(t.aryOne, t.aryTwo);

t.WestThinning(t.aryOne, t.aryTwo);

t.copyArys(t.aryOne, t.aryTwo);

t.EastThinning(t.aryOne, t.aryTwo);

t.copyArys(t.aryOne, t.aryTwo);

t.cycleCount++;

rfPrettyPrint << "\nResult of Thinning (N,S = 4): Cycle - " << t.cycleCount << endl;

t.imgReformat(rfPrettyPrint, t.aryOne);

}

t.printImg(thinningOutput);

}

else

{

cout << "ERROR: Some output files is missing or couldnt be opened." << endl;

}

}

else

{

cout << "ERROR: The input file with following name does not exists or there was problem reading it: " << inputName << endl;

}

input.close();

rfPrettyPrint.close();

thinningOutput.close();

return 0;

}

**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

Before Thinning

30 40 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 1 1 1 1 . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 1

30 40 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 1 1 . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 2

30 40 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 1 1 1 1 1 . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 3

30 40 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 . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 4

30 40 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 1 . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 5

30 40 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 1 1 1 1 1 1 1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 6

30 40 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 1 1 1 1 1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 7

30 40 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 1 1 1 1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 8

30 40 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 1 1 1 1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Final Skeleton Image after Thinning

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Before Thinning

45 64 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 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 1

45 64 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 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . . . . . 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 2

45 64 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 1 . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 3

45 64 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 . . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 4

45 64 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 5

45 64 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 6

45 64 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Result of Thinning (N,S = 4): Cycle – 7

45 64 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 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 . . . . . . . . . . . 1 . . . . . . . . . . . .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Final Skeleton Image After Thinning

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

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

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

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

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