CV Exam 2: Run Length Encoding/Decoding C++/Java

**Student:** Pawan Bhatta

**Source Code for Run Length Encoding:**

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <cstdarg>

using namespace std;

class Encoding

{

public:

int numRows;

int numCols;

int minVal;

int maxVal;

int startRow;

int startCol;

int greyScale;

int length;

int \*\*img;

Encoding(ifstream &inputFile)

{

loadHeader(inputFile);

img = new int \*[numRows];

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

{

img[i] = new int[numCols];

}

loadImage(inputFile);

}

void loadHeader(ifstream &inputImg)

{

inputImg >> numRows >> numCols >> minVal >> maxVal;

}

void loadImage(ifstream &inputImg)

{

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

{

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

{

inputImg >> img[i][j];

}

}

}

void print2DArray()

{

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

{

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

{

cout << img[i][j];

}

cout << "\n";

}

}

void encodeOneRow(int row, ofstream &encodeFile, ofstream &debugFile)

{

startRow = row;

startCol = 0;

greyScale = img[row][0];

length = 1;

for (int i = 1; i < numCols; i++)

{

if (img[row][i] == greyScale)

{

length++;

}

else

{

encodeFile << row << " " << i << " " << greyScale << " " << length << " ";

encodeFile << "\n";

length = 1;

greyScale = img[row][i];

}

if (i == numCols - 1)

{

encodeFile << row << " " << i << " " << greyScale << " " << length << " ";

encodeFile << "\n";

length = 1;

greyScale = img[row][i];

}

}

}

};

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

{

string inputFileName = argv[1];

ifstream inputFile;

inputFile.open(inputFileName);

string encodeFileName = argv[2];

ofstream encodeFile;

encodeFile.open(encodeFileName);

string debugFileName = argv[3];

ofstream debugFile;

debugFile.open(debugFileName);

if (inputFile.is\_open() && debugFile.is\_open() && encodeFile.is\_open())

{

Encoding t(inputFile);

encodeFile << t.numRows << " " << t.numCols << " " << t.minVal << " " << t.maxVal << endl;

for (int r = 0; r < t.numRows; r++)

{

t.encodeOneRow(r, encodeFile, debugFile);

}

}

else

{

cout << "Error reading file." << endl;

}

inputFile.close();

debugFile.close();

encodeFile.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