2024

Απόστολος Ζεκυριάς (1100554)

Σπυρίδων Μανταδάκης (1100613)

Παναγιώτης Παπανικολάου (1104804)

Αλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης (1100754)

ΔΟΜΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Απαντήσεις Project

# **Γενικές Πληροφορίες**

**Σχόλια: Κατά την ανάπτυξη της γραπτής αναφοράς, προσθέσαμε τον πηγαίο κώδικα κάθε προγράμματος που υλοποιήσαμε, διότι δεν ήμασταν σίγουροι για τα περιεχόμενα της αναφοράς μας. Κατά την ανάπτυξη των προγραμμάτων, δεν αντιμετωπίσαμε κάποιο σοβαρό πρόβλημα. Ωστόσο, δυσκολευτήκαμε στην υλοποίηση της δυαδικής αναζήτησης με Παρεμβολή. Δεν είμαστε 100% σίγουροι για τη λειτουργικότητα και αν είναι σωστή η κατασκευή του κώδικα.**

**Άλλη μία δυσκολία που αντιμετωπίσαμε ήταν στο 2ο μέρος της εργασίας, στο Β) Ερώτημα, όπου το μενού ζητάει να εμφανίζει ελάχιστο και μέγιστο count για εγγραφή. Δυσκολευτήκαμε στην κατανόηση, διότι το ζητούμενο είχε λίγη ασάφεια. Υλοποιήσαμε όλα τα ζητούμενα της εργαστηριακής άσκησης εκτός από τα bonus, τα οποία δεν προλάβαμε.**

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται οι απαντήσεις της ομάδας μας στο Project του μαθήματος "Δομές Δεδομένων". Σε αυτήν τη σελίδα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τα μέλη της ομάδας.

Η ομάδα αποτελέιται από τους εξής φοιτητές:

Απόστολος Ζεκυριάς

Σπυρίδων Μανταδάκης

Παναγιώτης Παπανικολάου

Αλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης

**Αναλυτικότερες Πληροφορίες:**

Αλέξανδρος Γεώργιος Χαλαμπάκης 1100754

[up1100754@ac.upatras.gr](mailto:up1100754@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

Σπυρίδων Μανταδάκης 1100613

[up1100613@ac.upatras.gr](mailto:up1100613@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

Απόστολος Ζεκυριάς 1100554

[up1100554@ac.upatras.gr](mailto:up1100554@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

Παναγιώτης Παπανικολάου 1104804

[up1104804@ac.upatras.gr](mailto:up1104804@ac.upatras.gr)

Φοιτητής 2ου έτους

**Περιεχόμενα**

## **PART I: “Sorting and Searching Algorithms”:**

1. Διαδικάσια Ανάπτυξης πρώτου μέρους................................................3
2. Merge Sort και Quick Sort…………………………………………………………...9
3. Heap Sort και Counting Sort……………………………………………………....18
4. Δυαδική Αναζήτηση και Αναζήτηση με Παρεμβολή…………………………....26
5. Δυαδική Αναζήτηση Παρεμβολή (BIS)…………………………………...…….....35

**PART II: “BSTs && HASHING”:**

1. Δυαδικό Δένδρο Αναζήτησης (ΔΔΑ)...........................................................40
2. Τροποποίηση ΔΔΑ...................................................................................49

Γ. HASHING.............................................................................................55

Ενοποίηση Α,Β,Γ.....................................................................................62

1. **Διαδικάσια Ανάπτυξης πρώτου μέρους**

Για την ανάπτυξη του πρώτου μέρους της εργασίας ξεκινήσαμε με την ανάγνωση του CSV αρχείου που περιέχει τα δεδομένα που θέλουμε να διαβάσουμε. Φτιάξαμε ένα header file (“read\_print.h”) που περιέχει μέσα τη δομή για τα στοιχεία κάθε γραμμής μέσα στο αρχείο και το array of structs, καθώς και τις συναρτήσεις για ανάγνωση των περιεχομένων του αρχείου και την εκτύπωσή τους.

Φτιάξαμε και ένα C++ αρχείο (“FileToStruct.cpp”) που εμπεριέχει το παραπάνω header αρχείο. Το αρχείο “FileToStruct.cpp” το χρησιμοποιούμε για να ελέγξουμε αν η υλοποίηση είναι σωστή και δεν μας δημιουργούνται προβλήματα στο τρέξιμο του κώδικα.

Παρακάτω φαίνεται ο κώδικας του αρχείου “FileToStruct.cpp” και η τελική μορφή του header file.

## **FileToStruct.cpp:**

#include "read\_print.h"  //access read\_print.h

#include <iostream>

#include <string>

using namespace std;

void Print\_Data()

{

    //for loop to print array of structs data

    for (int i = 0; i < row\_counter; ++i) {

        cout << "Period: " << data[i].Period << ", Birth\_Death: " << (data[i].Birth\_Death ? "Birth" : "Death") << ", Region: " << data[i].Region << ", Count: " << data[i].Count << endl;

    }

}

int main()

{

    Read\_Data(); //access Read\_Data() from read\_print.h

    Print\_Data(); //access Print\_Data() from read\_print.h

    return 0;

}

## **read\_print.h:**

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <sstream>

using namespace std;

struct Row {

    int Period;

    bool Birth\_Death;   //0=Death , 1=Birth

    string Region;

    int Count;

};

    const int MAXROWS = 648; //max number of rows

    const int MAXSUMS = 17; //max number of summedCount Regions

    Row data[MAXROWS]; //make array of Row structs

    int row\_counter=0;

struct SummedCount {

    string Region;

    int Sum;

};

SummedCount Summedcounts[MAXSUMS]; // Make array of summed count Regions

int Read\_Data()

{

    //open the file and check for errors

     ifstream inputFile("bd-dec22-births-deaths-by-region.txt");

    if (!inputFile) {

        cerr << "Error opening file." << endl;

        return 1;

    }

    string line;

    bool FirstLineSkipped = false;  // Flag to track whether the first line has been skipped

    while (getline(inputFile, line) && row\_counter < MAXROWS) {

        if (!FirstLineSkipped) {

            FirstLineSkipped = true;

            continue;          // skip first line

        }

        stringstream ss(line); //read and write in string line

        string token; // data from file to be read

        string tokens[4];

        int index = 0; //number of commas to be read

        while (getline(ss, token, ',')) {   //read row of file and return data(token) until it reaches a comma

            tokens[index++] = token;   //store data from between the commas of each row in tokens[]

            if (index >= 4) {

                break; // Avoid accessing out of bounds

            }

        }

        if (index != 4) {

            cerr << "Error: Invalid data format in line: " << line << endl;

            continue;   //incorrect amount of commas

        }

        try {

            //store read data into the array of structs

            data[row\_counter].Period = stoi(tokens[0]);

            data[row\_counter].Birth\_Death = (tokens[1] == "Births"); // Set true if "Births", false otherwise

            data[row\_counter].Region = tokens[2];

            data[row\_counter].Count = stoi(tokens[3]);

        } catch (const exception &e) {

            cerr << "Error: Invalid integer conversion in line: " << line << endl;

            continue; //catch errors when converting to integers

        }

        row\_counter++;  //go to the next row

    }

    inputFile.close();   //close file

}

// Function to calculate birth sums for each region between 2005 and 2022

void CalculateBirthSums() {

    // Initialize summed counts for each region to zero

    for (int i = 0; i < MAXSUMS; ++i) {

        Summedcounts[i].Region = data[i].Region;

        Summedcounts[i].Sum = 0;

    }

    // Calculate summed counts for each region between 2005 and 2022

    for (int i = 0; i < row\_counter; ++i) {

        if (data[i].Period >= 2005 && data[i].Period <= 2022 && data[i].Birth\_Death) { // if data[1].Birth\_Detah == 1

            // Find the index of the region in Summedcounts array

            int regionIndex = -1;

            for (int j = 0; j < MAXROWS; ++j) {

                if (Summedcounts[j].Region == data[i].Region) { //make a copies of the regions in data[] that have births

                    regionIndex = j;

                    break;

                }

            }

            // Add birth count to the summed count for the corresponding region

            if (regionIndex != -1) {

                Summedcounts[regionIndex].Sum += data[i].Count;

            }

        }

    }

}

// Function to calculate death sums for each region between 2005 and 2022

void CalculateDeathSums() {

    // Initialize summed counts for each region to zero

    for (int i = 0; i < MAXSUMS; ++i) {

        Summedcounts[i].Region = data[i].Region;

        Summedcounts[i].Sum = 0;

    }

    // Calculate summed counts for each region between 2005 and 2022

    for (int i = 0; i < row\_counter; ++i) {

        if (data[i].Period >= 2005 && data[i].Period <= 2022 && (!data[i].Birth\_Death)) { // if data[1].Birth\_Detah == 0

            // Find the index of the region in Summedcounts array

            int regionIndex = -1;

            for (int j = 0; j < MAXROWS; ++j) {

                if (Summedcounts[j].Region == data[i].Region) { //make a copies of the regions in data[] that have deaths

                    regionIndex = j;

                    break;

                }

            }

            // Add death count to the summed count for the corresponding region

            if (regionIndex != -1) {

                Summedcounts[regionIndex].Sum += data[i].Count;

            }

        }

    }

}

void PrintSummedCounts(SummedCount Summedcounts[], int size) {

    for (int i = 0; i < size; ++i) {

        cout << "Region: " << Summedcounts[i].Region << ", Sum: " << Summedcounts[i].Sum << endl;

    }

}

Παρακάτω φαίνεται το στιγμιότυπο που περιέχει ένα μέρος του output του “FileToStruct.cpp”.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

# **Merge Sort και Quick Sort**

Για την υλοποιήση του πρώτου ερωτήματος ξεκινήσαμε φτιάχνοντας ένα c++ αρχείο με όνομα "mergesort.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγόριθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "read\_print.h" // Access read\_print.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono> // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

// Merge function to merge two sorted arrays

void merge(SummedCount arr[], int l, int m, int r) {

    int n1 = m - l + 1; // Number of elements in the left subarray

    int n2 = r - m; // Number of elements in the right subarray

    // Create temporary arrays

    SummedCount L[n1], R[n2];

    // Copy data to temporary arrays L[] and R[]

    for (int i = 0; i < n1; i++)

        L[i] = arr[l + i];

    for (int j = 0; j < n2; j++)

        R[j] = arr[m + 1 + j];

    // Merge the temporary arrays back into arr[l..r]

    int i = 0; // Initial index of the first subarray

    int j = 0; // Initial index of the second subarray

    int k = l; // Initial index of the merged subarray

    while (i < n1 && j < n2) {

        if (L[i].Sum <= R[j].Sum) {

            arr[k] = L[i];

            i++;

        } else {

            arr[k] = R[j];

            j++;

        }

        k++;

    }

    // Copy the remaining elements of L[], if any

    while (i < n1) {

        arr[k] = L[i];

        i++;

        k++;

    }

    // Copy the remaining elements of R[], if any

    while (j < n2) {

        arr[k] = R[j];

        j++;

        k++;

    }

}

// Main function of merge sort

void mergeSort(SummedCount arr[], int l, int r) {

    if (l < r) {

        // Find the middle point to divide the array into two halves

        int m = l + (r - l) / 2;

        // Call mergeSort for the first and second halves

        mergeSort(arr, l, m);

        mergeSort(arr, m + 1, r);

        // Merge the two halves sorted in the previous steps

        merge(arr, l, m, r);

    }

}

int main()

{

    Read\_Data(); // Call Read\_Data() to read the data

    CalculateBirthSums(); // Calculate and store summed birth counts for each region between 2005 and 2022

    // Start measuring time

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now();

    const int iterations = 1000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

        // Sort Summedcounts based on the total sum of each region in ascending order using MergeSort

        mergeSort(Summedcounts, 0, MAXSUMS - 1);

    }

    // Stop measuring time

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();

    // Calculate the duration of the sorting

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time);  // Calculate the duration in microseconds

    // Print the contents of the Summedcounts array

    cout << "Summed Birth Counts for each region between 2005 and 2022 :" << endl << endl;

    PrintSummedCounts(Summedcounts, MAXSUMS);

    // Print the average execution time of merge sort

    cout << "Average MergeSort execution time: " << duration.count() / iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί τη συγχώνευση (merge sort) για την ταξινόμηση πίνακα δομών “SummedCount”, ο οποίος περιέχει στοιχεία που αναπαριστούν άθροισμα και μέτρηση γεννήσεων για κάθε περιοχή και έτος μεταξύ 2005 και 2022.

Βιβλιοθήκες και ονοματοχώροι: Ο κώδικας χρησιμοποιεί βιβλιοθήκες όπως <iostream>, <string> για την επεξεργασία εισόδου/εξόδου και <chrono> για τη μέτρηση του χρόνου.

Δομή “SummedCount”: Περιέχει τουλάχιστον δύο μέλη: Sum (το σύνολο των γεννήσεων) και Count (ο αριθμός των γεννήσεων).

merge(): Η συνάρτηση merge() εκτελεί τη συγχώνευση δύο ταξινομημένων υποπινάκων σε έναν ταξινομημένο υποπίνακα. Χρησιμοποιείται στη συγχώνευση δύο ημιδιαχωρισμένων υποπινάκων κατά τη διάρκεια της merge sort.

mergeSort(): Η συνάρτηση mergeSort() είναι η κύρια συνάρτηση του αλγορίθμου merge sort, η οποία διαιρεί αναδρομικά τον πίνακα σε μικρότερα κομμάτια και καλεί την merge() για τη συγχώνευση τους.

main(): Στη συνάρτηση main(), γίνεται κλήση της Read\_Data() για την ανάγνωση δεδομένων, της CalculateBirthSums() για τον υπολογισμό των συνολικών αθροισμάτων γεννήσεων για κάθε περιοχή, και στη συνέχεια γίνεται η ταξινόμηση των δομών SummedCount χρησιμοποιώντας τον merge sort.

Μέτρηση χρόνου: Ο χρόνος εκτέλεσης του merge sort μετριέται χρησιμοποιώντας το <chrono>, και υπολογίζεται ο μέσος όρος του χρόνου εκτέλεσης από 1000 επαναλήψεις.

Έξοδος: Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης εκτυπώνονται με την PrintSummedCounts(), ενώ ο μέσος χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου merge sort εκτυπώνεται επίσης στην έξοδο.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Για την υλοποιηση της Quicksort φτιαξαμε ενα c++ αρχειο με ονομα quicksort.cpp. Ακολουθησαμε τα βηματα του αλγοριθμου και φτιαξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "read\_print.h" // Access read\_print.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono> // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

// Partition function for QuickSort

int partition(SummedCount arr[], int low, int high) {

    SummedCount pivot = arr[high]; // Choose the pivot element

    int i = low - 1; // Index of smaller element

    for (int j = low; j < high; j++) {

        // If current element is smaller than or equal to pivot

        if (arr[j].Sum <= pivot.Sum) {

            i++; // Increment index of smaller element

            swap(arr[i], arr[j]);

        }

    }

    swap(arr[i + 1], arr[high]);

    return i + 1;

}

// Main QuickSort function

void quickSort(SummedCount arr[], int low, int high) {

    if (low < high) {

        // pi is partitioning index

        int pi = partition(arr, low, high);

        // Recursively sort elements before and after partition

        quickSort(arr, low, pi - 1);

        quickSort(arr, pi + 1, high);

    }

}

int main() {

    Read\_Data(); // Access Read\_Data() from read\_print.h

    CalculateBirthSums(); // Calculate and store summed birth counts for each region between 2005 and 2022

    // Start measuring time

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now();

    const int iterations = 1000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

        // Sort Summedcounts based on the total sum of each region using QuickSort

        quickSort(Summedcounts, 0, MAXSUMS - 1);

    }

    // Stop measuring time

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();

    // Calculate duration of the sorting

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time);  // Calculate the duration in microseconds

    // Print the contents of Summedcounts array

    cout << "Summed Birth Counts for each region between 2005 and 2022 :" << endl << endl;

    PrintSummedCounts(Summedcounts, MAXSUMS);

    // Print the average execution time of quick sort

    cout << "Average Quicksort execution time: " << duration.count() / iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί τον αλγόριθμο QuickSort για την ταξινόμηση του πίνακα δομών “SummedCount”, ο οποίος περιέχει στοιχεία που αναπαριστούν άθροισμα και μέτρηση γεννήσεων για κάθε περιοχή και έτος μεταξύ 2005 και 2022.

Βιβλιοθήκες και ονοματοχώροι: Ο κώδικας χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες <iostream>, <string> για την επεξεργασία εισόδου/εξόδου και <chrono> για τη μέτρηση του χρόνου.

Δομή “SummedCount”: Περιέχει τουλάχιστον ένα πεδίο Sum, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύγκριση και την ταξινόμηση των δεδομένων.

partition(): Η συνάρτηση partition() δέχεται ως είσοδο έναν πίνακα “arr” και δύο δείκτες low και high που υποδεικνύουν τα όρια του τμήματος του πίνακα που θα γίνει διαίρεση (partition). Χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα στοιχεία μιας δομής” SummedCount” με βάση το πεδίο “Sum”.

quickSort(): Η κύρια συνάρτηση quickSort() εκτελεί την αναδρομική διαδικασία του QuickSort. Αρχικά καλεί την partition() για να χωρίσει τον πίνακα σε δύο υποπίνακες, και στη συνέχεια καλεί τον εαυτό της αναδρομικά για την ταξινόμηση των δύο νέων υποπινάκων.

main(): Στη συνάρτηση main(), γίνεται κλήση της Read\_Data() για την ανάγνωση δεδομένων, και της CalculateBirthSums() για τον υπολογισμό των συνολικών αθροισμάτων γεννήσεων για κάθε περιοχή. Έπειτα, ξεκινά η μέτρηση του χρόνου για την αξιολόγηση της απόδοσης του QuickSort.

Μέτρηση χρόνου: Η διάρκεια εκτέλεσης του QuickSort μετριέται με τη βοήθεια του <chrono>, και υπολογίζεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης από 1000 επαναλήψεις του αλγορίθμου.

Έξοδος: Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης εκτυπώνονται με την PrintSummedCounts(), ενώ ο μέσος χρόνος εκτέλεσης του QuickSort εμφανίζεται στην έξοδο.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

**Πειραματικη συγκριση**

## Merge Sort:

Είναι ένας σταθερός αλγόριθμος ταξινόμησης με πολυπλοκότητα O(n log n) στην χειρότερη, μέση και καλύτερη περίπτωση.

## Quick Sort:

Έχει πολυπλοκότητα O(n log n) στην μέση περίπτωση, αλλά μπορεί να φτάσει O(n²) στην χειρότερη περίπτωση λόγο κακής επιλογής του pivot.

Ωστόσο, είναι γενικά πιο γρήγορος από τον Merge Sort λόγω της μικρότερης σταθεράς και της in-place φύσης του, δηλαδή

δεν χρειάζεται επιπλέον χώρο μνήμης εκτός από το ίδιο το array.

Με βάση τον μέσο χρόνο εκτέλεσης του κάθε αλγόριθμου, παρατηρώ ότι ο MergeSort είναι πιο γρήγορος στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

Είναι πιο γρήγορος από τον quicksort, διότι σε κάθε περίπτωση έχει σταθερό μέσο χρόνο εκτέλεσης ένω ο Quick Sort δείχνει μεγαλύτερη διακύμανση, λόγο

του τρόπου που επιλέγονται τα pivot σε κάθε αναδρομική κλήση.

**Heap Sort και Counting Sort**

Για την υλοποίηση του δεύτερου ερωτήματος φτιάξαμε ενα c++ αρχείο με όνομα “heapsort.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγόριθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "read\_print.h"  // Access read\_print.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono>        // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

// Heapify function to maintain heap property

void heapify(SummedCount arr[], int n, int i) {

    int largest = i; // Initialize largest as root

    int l = 2 \* i + 1; // Calculate left child index

    int r = 2 \* i + 2; // Calculate right child index

    // If left child is larger than root

    if (l < n && arr[l].Sum > arr[largest].Sum)

        largest = l; // Update largest to left child index

    // If right child is larger than largest so far

    if (r < n && arr[r].Sum > arr[largest].Sum)

        largest = r; // Update largest to right child index

    // If largest is not root

    if (largest != i) {

        swap(arr[i], arr[largest]); // Swap root with largest

        // Recursively heapify the affected sub-tree

        heapify(arr, n, largest); // Recursively call heapify for the affected sub-tree

    }

}

// Heap sort algorithm

void heapSort(SummedCount arr[], int n) {

    // Build heap (rearrange array)

    for (int i = n / 2 - 1; i >= 0; i--)

        heapify(arr, n, i); // Call heapify to build the heap

    // One by one extract an element from heap

    for (int i = n - 1; i > 0; i--) {

        // Move current root to end

        swap(arr[0], arr[i]); // Swap root with last element

        // Call max heapify on the reduced heap

        heapify(arr, i, 0); // Call heapify to maintain heap property

    }

}

int main() {

    Read\_Data(); // Call Read\_Data() to read the data

    CalculateDeathSums(); // Calculate and store summed death counts for each region between 2005 and 2022

    // Start measuring time

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now();

    const int iterations = 1000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

        // Sort Summedcounts based on the total sum of each region in ascending order using HeapSort

        heapSort(Summedcounts, MAXSUMS);

    }

    // Stop measuring time

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();

    // Calculate duration of the sorting

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time); // Calculate the duration in microseconds

    // Print the contents of the Summedcounts array

    cout << "Summed Death Counts for each region between 2005 and 2022 :" << endl << endl;

    PrintSummedCounts(Summedcounts, MAXSUMS);

    // Print the average execution time of heapsort

    cout << "Average HeapSort execution time: " << duration.count() / iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί τον αλγόριθμο HeapSort για την ταξινόμηση του πίνακα δομών “SummedCount”, ο οποίος περιέχει στοιχεία που αναπαριστούν άθροισμα και μέτρηση θανάτων για κάθε περιοχή και έτος μεταξύ 2005 και 2022.

Βιβλιοθήκες και ονοματοχώροι: Ο κώδικας χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες <iostream>, <string> για την επεξεργασία εισόδου/εξόδου και <chrono> για τη μέτρηση του χρόνου.

Δομή “SummedCount”: Περιέχει τουλάχιστον ένα πεδίο “Sum”, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύγκριση και την ταξινόμηση των δεδομένων.

heapify(): Η συνάρτηση heapify() χρησιμοποιείται για να διατηρήσει την ιδιότητα του σωρού (heap property) ενός υποδέντρου, όπου το κύριο στοιχείο (root) είναι μεγαλύτερο από τα παιδιά του.

heapSort(): Η κύρια συνάρτηση heapSort() καλείται για να ταξινομήσει τον πίνακα SummedCount με χρήση του αλγορίθμου HeapSort. Αρχικά, καλεί τη heapify() για να δημιουργήσει έναν σωρό (heap) από τον πίνακα, και στη συνέχεια επαναλαμβάνει την διαδικασία για να ταξινομήσει τον πίνακα σε αύξουσα σειρά.

main(): Στη συνάρτηση main(), γίνεται κλήση της Read\_Data() για την ανάγνωση δεδομένων και της CalculateDeathSums() για τον υπολογισμό των συνολικών αθροισμάτων θανάτων για κάθε περιοχή. Έπειτα, ξεκινά η μέτρηση του χρόνου για την αξιολόγηση της απόδοσης του HeapSort.

Μέτρηση χρόνου: Η διάρκεια εκτέλεσης του HeapSort μετριέται με τη βοήθεια του <chrono>, και υπολογίζεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης από 1000 επαναλήψεις του αλγορίθμου.

Έξοδος: Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης εκτυπώνονται με την PrintSummedCounts(), ενώ ο μέσος χρόνος εκτέλεσης του HeapSort εμφανίζεται στην έξοδο.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Για την υλοποίηση της Counting Sort φτιαξαμε ενα c++ αρχειο με όνομα “CountingSort.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγόριθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "read\_print.h"  // Access read\_print.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono>    // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

// Function to calculate the maximum value in Summedcounts array

int getMax(SummedCount arr[], int n) {

    int max = arr[0].Sum;

    for (int i = 1; i < n; i++) {

        if (arr[i].Sum > max) {

            max = arr[i].Sum;

        }

    }

    return max;

}

// Counting Sort function

void countingSort(SummedCount arr[], int n) {

    // Find the maximum element in the array

    int max = getMax(arr, n);

    int\* count = new int[max + 1] {0}; // Create count array and initialize to 0

    SummedCount\* output = new SummedCount[n]; // Create output array

    // Store the count of each element

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        count[arr[i].Sum]++;

    }

    // Change count[i] so that count[i] now contains the actual position of this element in output array

    for (int i = 1; i <= max; i++) {

        count[i] += count[i - 1];

    }

    // Build the output array

    for (int i = n - 1; i >= 0; i--) {

        output[count[arr[i].Sum] - 1] = arr[i];

        count[arr[i].Sum]--;

    }

    // Copy the output array to arr, so that arr now contains sorted elements

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        arr[i] = output[i];

    }

    delete[] count;

    delete[] output;

}

int main() {

    Read\_Data(); // Call Read\_Data() to read the data

    CalculateDeathSums(); // Calculate and store summed death counts for each region between 2005 and 2022

    // Start measuring time

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now();

    const int iterations = 1000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

        // Sort Summedcounts based on the total sum of each region in ascending order using Counting Sort

        countingSort(Summedcounts, MAXSUMS);

    }

    // Stop measuring time

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();

    // Calculate duration of the sorting

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time); // Calculate the duration in microseconds

    // Print the contents of Summedcounts array

    cout << "Summed Death Counts for each region between 2005 and 2022 :" << endl << endl;

    PrintSummedCounts(Summedcounts, MAXSUMS);

    // Print the average execution time of Counting sort

    cout << "Average Counting Sort execution time: " << duration.count() / iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί τον αλγόριθμο Counting Sort για την ταξινόμηση του πίνακα δομών “SummedCount”, ο οποίος περιέχει στοιχεία που αναπαριστούν άθροισμα θανάτων για κάθε περιοχή και έτος μεταξύ 2005 και 2022.

Βιβλιοθήκες και ονοματοχώροι: Ο κώδικας χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες <iostream>, <string> για την επεξεργασία εισόδου/εξόδου και <chrono> για τη μέτρηση του χρόνου.

Δομή “SummedCount”: Περιέχει τουλάχιστον ένα πεδίο “Sum”, το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύγκριση και την ταξινόμηση των δεδομένων.

getMax(): Η συνάρτηση getMax() χρησιμοποιείται για να εντοπίσει τη μέγιστη τιμή του πεδίου “Sum” στον πίνακα “SummedCount”.

countingSort(): Η κύρια συνάρτηση countingSort() υλοποιεί τον αλγόριθμο Counting Sort. Αρχικά, υπολογίζει τη συχνότητα κάθε τιμής “Sum” και την αποθηκεύει στον πίνακα “count”. Στη συνέχεια, χρησιμοποιεί τον πίνακα “count” για να οργανώσει τα στοιχεία του “arr” στον πίνακα “output” με τη σειρά, βασιζόμενη στην τιμή του “Sum”.

main(): Στη συνάρτηση main(), γίνεται κλήση της Read\_Data() για την ανάγνωση δεδομένων και της CalculateDeathSums() για τον υπολογισμό των συνολικών αθροισμάτων θανάτων για κάθε περιοχή. Έπειτα, ξεκινά η μέτρηση του χρόνου για την αξιολόγηση της απόδοσης του Counting Sort.

Μέτρηση χρόνου: Η διάρκεια εκτέλεσης του Counting Sort μετριέται με τη βοήθεια του <chrono>, και υπολογίζεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης από 1000 επαναλήψεις του αλγορίθμου.

Έξοδος: Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης εκτυπώνονται με την PrintSummedCounts(), ενώ ο μέσος χρόνος εκτέλεσης του Counting Sort εμφανίζεται στην έξοδο.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

**Πειραματικη συγκριση**

## Heap Sort:

Είναι ένας αλγόριθμος ταξινόμησης με πολυπλοκότητα O(n log n) σε όλες τις περιπτώσεις.

Είναι in-place, δηλαδή δεν χρειάζεται επιπλέον χώρο μνήμης εκτός από το ίδιο το array.

Είναι σχετικά αργός σε σχέση με άλλους αλγορίθμους όπως ο Quick Sort ή ο Merge Sort

λόγω της φύσης της διαχείρισης του σωρού.

## Counting Sort:

Είναι ένας αλγόριθμος ταξινόμησης με πολυπλοκότητα O(n + k), όπου n είναι ο αριθμός των στοιχείων και k είναι το εύρος των τιμών.

Είναι ιδιαίτερα αποδοτικός όταν το εύρος των τιμών (k) είναι μικρό σε σύγκριση με το πλήθος των στοιχείων (n).

Δεν είναι in-place, καθώς απαιτεί επιπλέον χώρο για τους πίνακες καταμέτρησης και εξόδου.

Μπορεί να είναι πολύ αποδοτικός όταν τα δεδομένα είναι περιορισμένα σε εύρος τιμών,

αλλά μπορεί να καταστεί αναποτελεσματικός όταν το εύρος είναι μεγάλο.

Με βάση τον μέσο χρόνο εκτέλεσης του κάθε αλγόριθμου, παρατηρώ ότι ο heap Sort είναι πιο γρήγορος στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο Counting Sort έχει χειρότερη πολυπλοκότητα χρόνου στην περίπτωση όπου το

εύρος των τιμών που πρέπει να ταξινομηθούν είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τον αριθμό των στοιχείων.

**Δυαδική Αναζήτηση και Αναζήτηση Παρεμβολής**

Για την υλοποίηση του τρίτου ερωτήματος φτιάξαμε ένα c++ αρχείο με όνομα “BinarySearch.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγόριθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "heapsort.h"  //access heapsort.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono> // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

bool printOnce= false;  //boolean value to print the found counts once

   void BinarySearch(SummedCount Summedcounts[], int size, int b1, int b2) {

    int left = 0, right = size - 1;  // define the index left and right of the array

    int leftBoundary = -1;           // leftboundary = the first sum to be greater than b1

    while (left <= right) {       //check if all sums between b1 and b2 have been searched

        int mid = left + (right - left) / 2;   //Calculate median

        int i =0;

        if (Summedcounts[mid].Sum >= b1 && Summedcounts[i].Sum <= b2) {     // if the sum of the median index is >= b1 and the sum of the i index is <= b2

                                                                            // then make the median the leftboundary

            leftBoundary = mid;

            right = mid - 1;      //update the number of right to the updated number of cells in Summedcounts

            i =+ mid;             //update i by moving it mid number positions right

        } else {

            left = mid + 1;       //if the sum of the median index is <= b1 and the sum of the i index >=b2, update left by moving it one cell after the median

        }

    }

    if (!printOnce){ //if printOnce is false then print the found regions

    // If no valid boundary found, return

    if (leftBoundary == -1) {

        cout << "No regions found with summed birth counts in the given range." << endl;

        return;

    }

    // Print regions with summed birth counts in the range [b1, b2]

    cout << "Regions with summed birth counts in the range [" << b1 << ", " << b2 << "]:" << endl;

    for (int i = leftBoundary; i < size && Summedcounts[i].Sum <= b2; ++i) {

        cout << "Region: " << Summedcounts[i].Region << ", Sum: " << Summedcounts[i].Sum << endl;

    }

    }

}

int main()

{

    Read\_Data(); //access Read\_Data() from read\_print.h

    CalculateBirthSums(); // Calculate and store summed birth counts for each region between 2005 and 2022

    // Sort the Summedcounts array using heap sort based on the Sum value

    heapSort(Summedcounts, MAXSUMS);

    int b1, b2; //define bound b1 and bound b2

    cout << "Enter the lower bound (b1) and upper bound (b2) for the birth counts range: ";

    cin >> b1 >> b2;

 // Start measuring time

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now();

    const int iterations = 2000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

    BinarySearch(Summedcounts, MAXSUMS, b1, b2);  // Perform Binary Search on the data

    printOnce = true;

    }

    // Stop measuring time

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time); // Calculate the duration in microseconds

    // Print the average execution time of Binary Search

    cout << "Binary Search execution time: " << duration.count() / iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας περιέχει ένα πρόγραμμα C++ που περιλαμβάνει την υλοποίηση ενός δυαδικού αλγορίθμου αναζήτησης (Binary Search) για την αναζήτηση περιοχών στις οποίες η συνολική γέννηση είναι στο εύρος [b1, b2].

### Βιβλιοθήκες και Ορισμοί:

Χρησιμοποιούνται οι βιβλιοθήκες <iostream>, <string> και <chrono> για τις βασικές εισόδους/εξόδους, τη διαχείριση συμβολοσειρών και τη μέτρηση του χρόνου αντίστοιχα.

Η “SummedCount” είναι η δομή δεδομένων που περιέχει πληροφορίες περιοχών (Region) και συνολικής γέννησης (Sum).

## Δυαδική Αναζήτηση (BinarySearch):

Αναζητεί πρώτα την αριστερή συνοριοθέτηση (leftBoundary) των περιοχών όπου η συνολική γέννηση είναι τουλάχιστον b1.

Χρησιμοποιεί δυαδική αναζήτηση σε ταξινομημένο πίνακα (Summedcounts[]) για αποδοτική αναζήτηση.

Αφού βρει την leftBoundary, εκτυπώνει τις περιοχές όπου η συνολική γέννηση είναι στο εύρος [b1, b2].

Κύρια Συνάρτηση (main):

Καλεί δύο σημαντικές λειτουργίες Read\_Data() και CalculateBirthSums() που δεν παρατίθενται εδώ, αλλά προφανώς διαβάζουν δεδομένα και υπολογίζουν τις συνολικές γεννήσεις για κάθε περιοχή από το 2005 έως το 2022.

Ταξινομεί τον πίνακα Summedcounts χρησιμοποιώντας heap sort με βάση την τιμή “Sum”.

Ζητά από το χρήστη να εισάγει τα όρια b1 και b2.

Μετρά και εκτυπώνει τον μέσο χρόνο εκτέλεσης της δυαδικής αναζήτησης για 2000 επαναλήψεις, χρησιμοποιώντας την <chrono> για μέτρηση του χρόνου.

Παράδειγμα εκτέλεσης του προγράμματος:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Για την υλοποίηση της Interpolation Search φτιάξαμε ένα c++ αρχείο με όνομα “InterpolationSearch.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγόριθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "heapsort.h"  //access heapsort.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono> // Include chrono for time measurements

using namespace std;

using namespace chrono;

bool printOnce= false;  //boolean value to print the found counts once

void InterpolationSearch(SummedCount Summedcounts[], int size, int b1, int b2) {

    int low = 0, high = size - 1;  // define the index low and high of the array

    int leftBoundary = -1; // leftboundary = the first sum to be greater than b1

    bool countsFound = false;  // Flag to track if counts are found within the range

    // Perform Interpolation Search to find the left boundary (first element >= b1)

    while (low <= high && b1 >= Summedcounts[low].Sum && b1 <= Summedcounts[high].Sum) {

        if (low == high) { // If low and high point to the same element

            if (Summedcounts[low].Sum == b1)

                leftBoundary = low; // Set leftBoundary if element equals b1

            break;

        }

        // Calculate the position using the interpolation formula

        int pos = low + (((high - low) / (Summedcounts[high].Sum - Summedcounts[low].Sum)) \* (b1 - Summedcounts[low].Sum));

        if (Summedcounts[pos].Sum == b1) {

            leftBoundary = pos; // If element at pos equals b1, leftBoundary = pos

            break;

        }

        if (Summedcounts[pos].Sum < b1) {  // If element at pos less than b1

            low = pos + 1; //update the number of index low to the updated number of cells in Summedcounts

        }

         // If element at pos greater than b1

        else {

            high = pos - 1; //update the number of index high to the updated number of cells in Summedcounts

        }

    }

    if (!printOnce){ //if printOnce is false then print the found regions

    if (leftBoundary == -1) {

        leftBoundary = low; // If leftBoundary not found, set it to low

    }

    cout << "Regions with summed birth counts in the range [" << b1 << ", " << b2 << "]:" << endl;

    // Iterate from leftBoundary to the end or until the sum exceeds b2

    for (int i = leftBoundary; i < size && Summedcounts[i].Sum <= b2; ++i) {

        cout << "Region: " << Summedcounts[i].Region << ", Sum: " << Summedcounts[i].Sum << endl;

        countsFound = true;  // Set flag to true if any counts are found within the range

    }

    if (!countsFound) {  // if countsfound = false

        cout << "No regions found with summed birth counts in the given range." << endl;

    }

    }

}

int main() {

    Read\_Data(); //access Read\_Data() from read\_print.h

    CalculateBirthSums(); // Calculate and store summed birth counts for each region between 2005 and 2022

    // Sort the Summedcounts array using heap sort based on the Sum value

    heapSort(Summedcounts, MAXSUMS);

    int b1, b2; //define bound b1 and bound b2

    cout << "Enter the lower bound (b1) and upper bound (b2) for the birth counts range: ";

    cin >> b1 >> b2;

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now(); // Start measuring time

    const int iterations = 2000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

    InterpolationSearch(Summedcounts, MAXSUMS, b1, b2); // Perform interpolation search on the data

    printOnce = true;

    }

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();  // Stop measuring time

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time); // Calculate the duration in microseconds

    // Print the average execution time of Interpolation Search

    cout << "Interpolation Search execution time: " << duration.count() /iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα C++ που χρησιμοποιεί τη μέθοδο αναζήτησης με Παρεμβολή (Interpolation Search) για να βρει περιοχές όπου η συνολική γέννηση είναι εντός ενός καθορισμένου εύρους [b1, b2].

### Βιβλιοθήκες και Δήλωσεις:

Περιλαμβάνονται οι βιβλιοθήκες <iostream>, <string> και <chrono> για τις βασικές εισόδους/εξόδους, τη διαχείριση συμβολοσειρών και τη μέτρηση του χρόνου αντίστοιχα.

Υπάρχει μια δήλωση printOnce που χρησιμοποιείται για να ελέγχει αν έχουν εκτυπωθεί οι εύρεσης για το εύρος [b1, b2].

## Συνάρτηση Αναζήτησης (InterpolationSearch):

Αρχικοποιείται η low και η high για τα όρια του πίνακα “Summedcounts”.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος της διασταύρωσης για να βρει τον leftBoundary, που είναι το πρώτο στοιχείο του πίνακα με συνολική γέννηση >= b1.

Αν το leftBoundary δεν βρεθεί κατά τη διάρκεια της αναζήτησης, τότε ορίζεται στο low.

Εκτυπώνονται οι περιοχές όπου η συνολική γέννηση είναι στο εύρος [b1, b2], χρησιμοποιώντας το leftBoundary ως σημείο έναρξης.

### Κύρια Συνάρτηση (main):

Καλείται η Read\_Data() και η CalculateBirthSums() για την ανάγνωση δεδομένων και τον υπολογισμό των συνολικών γεννήσεων για κάθε περιοχή.

Ο ταξινομημένος πίνακας “Summedcounts” χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του αλγορίθμου heapsort.

Ζητούνται από τον χρήστη τα όρια b1 και b2.

Η διαδικασία αναζήτησης με διασταύρωση (InterpolationSearch) εκτελείται επαναληπτικά για 2000 επαναλήψεις για τη μέτρηση του μέσου χρόνου εκτέλεσης.

Εκτυπώνεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της αναζήτησης.

Παράδειγμα εκτέλεσης του προγράμματος:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

**Πειραματικη συγκριση**

## Δυαδική Αναζήτηση:

Ο αλγόριθμος αυτός απαιτεί ταξινομημένα δεδομένα.

Ο μέσος χρόνος περίπτωσης της δυαδικής αναζήτησης είναι O(log n), όπου n είναι το πλήθος των στοιχείων.

Επηρεάζεται από την κατανομή των δεδομένων, καθώς αν τα δεδομένα είναι ευαίσθητα στην ταξινόμηση,

(π.χ., εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές), τότε μπορεί να επιτύχει πολύ καλή απόδοση.

Ωστόσο, εάν τα δεδομένα δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα ή δεν είναι καλά ταξινομημένα,

ο αλγόριθμος μπορεί να αποδειχθεί λιγότερο αποδοτικός.

## Αναζήτηση με Παρεμβολή:

Ο αλγόριθμος αυτός είναι μια εκτελεστική βελτίωση της δυαδικής αναζήτησης που προσπαθεί να εκτιμήσει περισσότερο τη θέση του στοιχείου που αναζητούμε.

Ο μέσος χρόνος περίπτωσης της αναζήτησης με παρεμβολή είναι O(loglogn) και ο χρόνος χειρότερης περίπτωσης ειναι O(n), όπου n είναι το πλήθος των στοιχείων.

Ο αλγόριθμος είναι επίσης ευαίσθητος στην κατανομή των δεδομένων και μπορεί να παρουσιάσει καλή απόδοση όταν τα δεδομένα είναι καλά διανεμημένα.

Ωστόσο, εάν τα δεδομένα δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα ή δεν ακολουθούν ένα μοντέλο πρόβλεψης, η απόδοση του αλγορίθμου αναζήτησης με διαδοχικές προσεγγίσεις μπορεί να είναι αντίστοιχα χειρότερη.

Με βάση τους μέσους χρόνους περίπτωσης του κάθε αλγόριθμου παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος Interpolation Search με μέσο χρόνο περίπτωσης O(loglogn) έιναι σχετικά πιο αποδοτικός σε σχέση με τον αλγοριθμο Binary Search με μέσο χρόνο περίπτωσης O(logn).

**Δυαδική Αναζήτηση Παρεμβολής**

Για την υλοποίηση του τέταρτου ερωτήματος φτιάξαμε ένα c++ αρχείο με όνομα “BinaryInterpolationSearch.cpp”. Ακολουθήσαμε τα βήματα του αλγορίθμου και φτιάξαμε το παρακάτω πρόγραμμα.

#include "heapsort.h"  // access heapsort.h

#include <iostream>

#include <string>

#include <chrono>

#include <cmath> // Include cmath for sqrt

using namespace std;

using namespace chrono;

bool printOnce = false; //boolean value to print the found counts once

void BinaryInterpolationSearch(SummedCount Summedcounts[], int size, int b1, int b2) {

    int low = 0, high = size - 1; // define the index low and high of the array

    int leftBoundary = -1;     // leftboundary = the first sum to be greater than b1

    bool countsFound = false;   // Flag to track if counts are found within the range

    // Perform Interpolation Search to find the left boundary (first element >= b1)

    while (low <= high && b1 >= Summedcounts[low].Sum && b1 <= Summedcounts[high].Sum) {

        if (low == high) {  // If low and high point to the same element

            if (Summedcounts[low].Sum == b1)

                leftBoundary = low;   // Set leftBoundary if element equals b1

            break;

        }

        // Calculate the position using the interpolation formula

        int pos = low + (((high - low) / (Summedcounts[high].Sum - Summedcounts[low].Sum)) \* (b1 - Summedcounts[low].Sum));

        if (Summedcounts[pos].Sum == b1) {  // If element at pos equals b1, leftBoundary = pos

            leftBoundary = pos;

            break;

        }

        if (Summedcounts[pos].Sum < b1) {  // If element at pos less than b1

            low = pos + 1;  //update the number of index low to the updated number of cells in Summedcounts

             // If element at pos greater than b1

        } else {

            high = pos - 1;  //update the number of index high to the updated number of cells in Summedcounts

        }

        int size = high - low + 1;  //update size

        if (size <= 3) {

            int next = (size\* (b1 - Summedcounts[low].Sum) / (Summedcounts[high].Sum - Summedcounts[low].Sum));     //if updated size is <=3 calculate next

            while (Summedcounts[next].Sum != b1) {    //while sumcount at next index is not b1

                int i = 0;    //  define i=0

                size = high - low + 1;   //update size

                    if ( Summedcounts[next].Sum < b1) {   //if sumcount at index next < b1

                        while (b1 > Summedcounts[next + i \* (int)sqrt(size) - 1].Sum) {

                            i++;      //increment i while b1> summedcounts at index   next + i\*root(size) -1

                        }

                        high = next + i \* sqrt(size);   //update high to next + i \* root(size)

                    } else {

                        while (b1 < Summedcounts[next - i \* (int)sqrt(size) + 1].Sum) {

                            i++;     //increment i while b1< summedcounts at index   next - i\*root(size) + 1

                        }

                        high = next - (i - 1) \* sqrt(size);    //update high to next - (i-1)\*root(size)

                    }

                    low = next - i \* sqrt(size);      //update low to next - i\* root(size)

                next = low + ((high - low + 1) \* (b1 - Summedcounts[low].Sum)) / (Summedcounts[high].Sum - Summedcounts[low].Sum);   //update next

                if (Summedcounts[next].Sum == b1) {    //if sumcount at index next = b1

                    leftBoundary = next;              //leftboundary found at next

                    break;

                } else {

                    return;            //else return

                }

            }

        }

    }

    if (!printOnce) {  //if printOnce is false then print the found regions

        if (leftBoundary == -1) {

            leftBoundary = low;  // If leftBoundary not found, set it to low

        }

        cout << "Regions with summed birth counts in the range [" << b1 << ", " << b2 << "]:" << endl;

        // Iterate from leftBoundary to the end or until the sum exceeds b2

        for (int i = leftBoundary; i < size && Summedcounts[i].Sum <= b2; ++i) {

            cout << "Region: " << Summedcounts[i].Region << ", Sum: " << Summedcounts[i].Sum << endl;

            countsFound = true; // Set flag to true if any counts are found within the range

        }

        if (!countsFound) {  // if countsfound = false

            cout << "No regions found with summed birth counts in the given range." << endl;

        }

    }

}

int main() {

    Read\_Data(); //access Read\_Data() from read\_print.h

    CalculateBirthSums(); // Calculate and store summed birth counts for each region between 2005 and 2022

    // Sort the Summedcounts array using heap sort based on the Sum value

    heapSort(Summedcounts, MAXSUMS);

    int b1, b2; //define bound b1 and bound b2

    cout << "Enter the lower bound (b1) and upper bound (b2) for the birth counts range: ";

    cin >> b1 >> b2;

    auto start\_time = high\_resolution\_clock::now(); // Start measuring time

    const int iterations = 2000; // Number of iterations to find average execution time of the algorithm

    for (int i = 0; i < iterations; ++i) {

    BinaryInterpolationSearch(Summedcounts, MAXSUMS, b1, b2); // Perform Binary interpolation search on the data

    printOnce = true;

    }

    auto end\_time = high\_resolution\_clock::now();  // Stop measuring time

    auto duration = duration\_cast<microseconds>(end\_time - start\_time); // Calculate the duration in microseconds

    // Print the average execution time of Interpolation Search

    cout << "Binary Interpolation Search execution time: " << duration.count() /iterations << " microseconds" << endl;

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί τη μέθοδο αναζήτησης με διασταύρωση (Binary Interpolation Search) για την εύρεση περιοχών με συνολικές γεννήσεις σε ένα καθορισμένο εύρος [b1, b2].

Βιβλιοθήκες και Δήλωσεις:

Περιλαμβάνονται οι βιβλιοθήκες <iostream>, <string>, <chrono> και <cmath> για τη διαχείριση εισόδου/εξόδου, την χρονομέτρηση και τις μαθηματικές λειτουργίες όπως η τετραγωνική ρίζα (sqrt).

Ορίζεται η μεταβλητή printOnce για να ελέγχει αν έχουν εκτυπωθεί οι ευρεσιτεχνίες για το εύρος [b1, b2].

### Συνάρτηση BinaryInterpolationSearch:

Αρχικοποιούνται οι μεταβλητές low και high ως τα όρια του πίνακα Summedcounts.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος αναζήτησης με διασταύρωση για να βρει το leftBoundary, που είναι το πρώτο στοιχείο με συνολική γέννηση >= b1.

Υπάρχει έλεγχος μέγεθους του παραθύρου αναζήτησης. Όταν το μέγεθος γίνεται μικρότερο ή ίσο του 3, η αναζήτηση μεταβαίνει σε γραμμική αναζήτηση.

Εκτυπώνονται οι περιοχές όπου η συνολική γέννηση είναι στο εύρος [b1, b2] από το leftBoundary έως το τέλος του πίνακα ή όταν η συνολική γέννηση υπερβαίνει το b2.

Υπάρχει επίσης έλεγχος για τυχόν περιοχές που δεν βρέθηκαν εντός του εύρους [b1, b2].

### Κύρια Συνάρτηση (main):

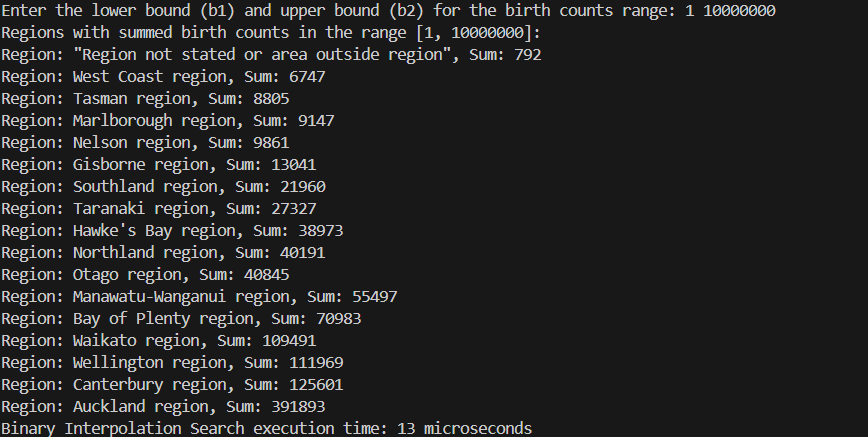
Καλούνται οι συναρτήσεις Read\_Data() και CalculateBirthSums() για την ανάγνωση δεδομένων και τον υπολογισμό των συνολικών γεννήσεων για κάθε περιοχή.

Ο ταξινομημένος πίνακας Summedcounts χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του αλγορίθμου heapsort.

Ζητούνται από τον χρήστη τα όρια b1 και b2.

Η αναζήτηση BinaryInterpolationSearch εκτελείται επαναληπτικά για 2000 επαναλήψεις για τη μέτρηση του μέσου χρόνου εκτέλεσης.

Εκτυπώνεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της αναζήτησης.



**Πειραματικη συγκριση**

Ο μέσος χρόνος περίπτωσης της δυαδικής αναζήτησης με παρεμβολή είναι O(loglogn) και ο χρόνος χειρότερης περίπτωσης στην δική μας υλοποίηση ειναι O(n) και όχι Ο(sqrtn) διότι στην υλοποίηση του αλγόριθμου έχουμε χρησιμοποιήσει loop μέσα σε loop, όπου n είναι το πλήθος των στοιχείων.

Η χειρότερη περίπτωση πολυπλοκότητας του αλγορίθμου Binary Interpolation Search μπορεί να αναλυθεί λαμβάνοντας υπόψη σενάρια όπου η αναζήτηση πρέπει να διασχίσει ένα σημαντικό μέρος του πίνακα πολλές φορές.

Στη χειρότερη περίπτωση, ο αλγόριθμος BIS μπορεί να απαιτήσει περισσότερα βήματα για να βρει τον στόχο σε σύγκριση με τον Βελτιωμενο αλγόριθμο BIS . Αυτό συμβαίνει επειδή ο δεύτερος αλγόριθμος επιτρέπει μεγαλύτερα βήματα κατά την αναζήτηση λογο της εκθετικης αυξησης, οδηγώντας σε ταχύτερη σύγκλιση προς τον στόχο.

Επομένως στην πλειόνοτητα των εκτελέσεων του βελτιωμενου BIS αλγόριθμου παρατηρούμε ότι είναι γρηγορότερος από τον BIS χωρίς την παραλλαγή.

1. **Δυαδικό Δέντρο Αναζήτησης**

Ακολουθήσαμε παρόμοια διαδικασία ανάπτυξης όπως και στο πρώτο μέρος με τη διαφορά ότι φτιάξαμε δεύτερη δομή Node για τα υποδέντρα και προσθέσαμε λειτουργίες πάνω στο δυαδικό δέντρο αναζήτησης που θα καλούνται μέσα από το μενού επιλογών του χρήστη. Το δυαδικό δέντρο αποτελείται από κόμβους, όπου ο καθένας αποτελείται από διαφορετική εγγραφή και διατάσσονται όλοι με βάση την περιοχή.

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <sstream>

using namespace std;

struct Row {

    int Period;

    bool Birth\_Death;   // 0=Death , 1=Birth

    string Region;

    int Count;

};

// Structure of a BST node

struct Node {

    Row data;

    Node\* left; //pointer to left subtree

    Node\* right;  //pointer to right subtree

};

// Function to create a new node that returns itself

Node\* createNode(Row data) {

    Node\* newNode = new Node();   //make newNode that points to struct Node

    newNode->data = data;         // copy elements of struct row and transfer them to struct newNode

    newNode->left = newNode->right = nullptr;      //make left and right subtree pointer null

    return newNode;               //return new node

}

// Function to insert a new node into the BST

void insertNode(Node\*& root, Row data) {

    // Only insert if the data is for births

    if (!data.Birth\_Death) {

        return;

    }

    if (root == nullptr) {          //if there is no root create one

        root = createNode(data);

        return;

    }

    // Compare the new region with the current node's region to decide where to insert

    if (data.Region < root->data.Region) {   // if the region I want to insert is alphabetically < than the root's

        insertNode(root->left, data);        // then insert it as a left child of the root

    } else if (data.Region > root->data.Region) {  // if the region I want to insert is alphabetically > than the root's

        insertNode(root->right, data);             // then insert it as a right child of the root

    } else {

        // If region is the same, decide based on period

        if (data.Period < root->data.Period) { // if the period of the region I want to insert is < than the root's

            insertNode(root->left, data);      // then insert it as a left child of the root

        } else {                                // if the period of the region I want to insert is > than the root's

            insertNode(root->right, data);      // then insert it as a right child of the root

        }

    }

}

// Function to read data from the file and build the BST

Node\* buildBST() {

    //open the file and check for errors

    ifstream inputFile("bd-dec22-births-deaths-by-region.txt");

    if (!inputFile) {

        cerr << "Error opening file." << endl;

        return nullptr;

    }

    string line;

    bool FirstLineSkipped = false;  // Flag to track whether the first line has been skipped

    Node\* root = nullptr;     // root that points to the struct Node is given null value

    while (getline(inputFile, line)) {

        if (!FirstLineSkipped) {

            FirstLineSkipped = true;

            continue;   // skip first line

        }

        stringstream ss(line);     //read and write in string line

        string token;              // data from file to be read

        string tokens[4];

        int index = 0;    //number of commas to be read

        while (getline(ss, token, ',')) {  //read row of file and return data(token) until it reaches a comma

            tokens[index++] = token; //store data from between the commas of each row in tokens[]

            if (index >= 4) {

                break;  // Avoid accessing out of bounds

            }

        }

        if (index != 4) {

            cerr << "Error: Invalid data format in line: " << line << endl;

            continue;   //incorrect amount of commas

        }

        try {

            //store read data in struct rowdata

            Row rowData;

            rowData.Period = stoi(tokens[0]);

            rowData.Birth\_Death = (tokens[1] == "Births"); // Set true if "Births", false otherwise

            rowData.Region = tokens[2];

            rowData.Count = stoi(tokens[3]);

            insertNode(root, rowData);   //insert the read data into a new node

        } catch (const exception& e) {

            cerr << "Error: Invalid integer conversion in line: " << line << endl;

            continue;  //catch errors when converting to integers

        }

    }

    inputFile.close();   //close file

    return root;  //return root that points to struct Node

}

// Function to traverse and print the BST in inorder with region headers

void inorderTraversal(Node\* root, string& currentRegion) {

    if (root != nullptr) {

        inorderTraversal(root->left, currentRegion);   // Traverse left subtree

        // If the region changes, print it as a header

        if (root->data.Region != currentRegion) {

            currentRegion = root->data.Region;

            cout << "\n\nREGION: " << currentRegion <<"\n"<< endl;

        }

        // Print period and count

        cout << "Period: " << root->data.Period << ", Count: " << root->data.Count << endl;

        inorderTraversal(root->right, currentRegion);  // Traverse right subtree

    }

}

// Function to search for the number of births for a specific time period and region

int searchBirthCount(Node\* root, int period, const string& region) {

    // Compare the period and region with the current node's data

    if (root == nullptr) {

        // If the root is null, the data doesn't exist

        return -1;

    } else if (root->data.Region == region && root->data.Period == period) {

        // If found, return the count

        return root->data.Count;

    } else if (root->data.Region > region || (root->data.Region == region && root->data.Period > period)) {

        // If the target period and region are smaller, search in the left subtree

        return searchBirthCount(root->left, period, region);

    } else {

        // If the target period and region are greater, search in the right subtree

        return searchBirthCount(root->right, period, region);

    }

}

// Function to modify the number of births for a specific time period and region

void modifyBirthCount(Node\* root, int period, const string& region, int newCount) {

    // If the root is null, the data doesn't exist

    if (root == nullptr) {

        cout << "Data not found." << endl;

        return;

    }

    // Compare the period and region with the current node's data

    if (root->data.Region == region && root->data.Period == period) {

        // If found, modify the count

        root->data.Count = newCount;

        cout << "Number of births for period " << period << " in " << region << " modified to " << newCount << endl;

    } else if (root->data.Region > region || (root->data.Region == region && root->data.Period > period)) {

        // If the target period and region are smaller, search in the left subtree

        modifyBirthCount(root->left, period, region, newCount);

    } else {

        // If the target period and region are greater, search in the right subtree

        modifyBirthCount(root->right, period, region, newCount);

    }

}

// Function to merge two subtrees

Node\* mergeSubtrees(Node\* left, Node\* right) {

    // If one of the subtrees is empty, return the other subtree

    if (left == nullptr) return right;

    if (right == nullptr) return left;

    // Find the rightmost node of the left subtree

    Node\* temp = left;

    while (temp->right != nullptr) {

        temp = temp->right;

    }

    // Attach the right subtree to the right of the rightmost node of the left subtree

    temp->right = right;

    return left;

}

// Function to delete all nodes with the given region from the BST

Node\* deleteNode(Node\* root, const string& region) {

    // If the tree is empty

    if (root == nullptr) {

        return root;

    }

    // Recursively delete nodes in left and right subtrees

    root->left = deleteNode(root->left, region);

    root->right = deleteNode(root->right, region);

    // If the current node has the region to be deleted, delete it and return its child

    if (root->data.Region == region) {

        Node\* temp = root;

        root = mergeSubtrees(root->left, root->right);

        delete temp;

    }

    return root;

}

// Function to delete a record based on the region

void deleteRecordByRegion(Node\*& root, const string& region) {

    root = deleteNode(root, region);

    cout << "All records with region " << region << " deleted successfully." << endl;

}

// Function to display the menu

void displayMenu() {

    cout << "Menu:" << endl;

    cout << "1. Display the BST with inorder traversal." << endl;

    cout << "2. Search for the number of births for a specific time period and region." << endl;

    cout << "3. Modify the number of births for a specific time period and region." << endl;

    cout << "4. Delete a record based on the region." << endl;

    cout << "5. Exit the application." << endl;

}

int main() {

    Node\* root = buildBST();   //Read file and create BST

    if (root != nullptr) {   //if tree not empty

        cout << "Binary Search Tree built successfully." << endl;

        int choice;

        do {

            displayMenu(); // Display menu options

            cout << "Enter your choice: ";

            cin >> choice;

            //switch case for menu options

            switch (choice) {

                case 1:{

                    cout << "Inorder Traversal:" << endl;

                    string currentRegion = "";  // Initialize with an empty string

                    inorderTraversal(root, currentRegion);

                    break;}

                case 2:{

                    int searchPeriod, searchCount;

                    string searchRegion;

                    cout << "Enter the period to search: ";

                    cin >> searchPeriod;

                    cin.ignore(); // Ignore newline character

                    cout << "Enter the region to search: ";

                    getline(cin, searchRegion);

                    searchCount = searchBirthCount(root, searchPeriod, searchRegion);

                    if (searchCount != -1) {

                        cout << "Number of births for period " << searchPeriod << " in " << searchRegion << ": " << searchCount << endl;

                    } else {

                        cout << "Data not found." << endl;

                    }

                    break;

                }

                case 3: {

                    int modifyPeriod, newCount;

                    string modifyRegion;

                    cout << "Enter the period to modify: ";

                    cin >> modifyPeriod;

                    cin.ignore(); // Ignore newline character

                    cout << "Enter the region to modify: ";

                    getline(cin, modifyRegion);

                    cout << "Enter the new count: ";

                    cin >> newCount;

                    modifyBirthCount(root, modifyPeriod, modifyRegion, newCount);

                    break;

                }

                case 4: {

                    string deleteRegion;

                    cout << "Enter the region to delete: ";

                    cin.ignore(); // Ignore newline character

                    getline(cin, deleteRegion);

                    deleteRecordByRegion(root, deleteRegion);

                    break;

                }

                case 5:

                    cout << "Exiting the application." << endl;

                    break;

                default:

                    cout << "Invalid choice. Please enter a number between 1 and 5." << endl;

            }

        } while (choice != 5);

    } else {

        cerr << "Failed to build Binary Search Tree." << endl;   //if tree is empty print error

    }

    return 0;

}

### Δομή Row και Node:

Row δηλώνει τα δεδομένα που θα αποθηκεύονται σε κάθε κόμβο του δέντρου.

Node δηλώνει έναν κόμβο του δέντρου με τα δεδομένα τύπου Row και δείκτες σε αριστερό και δεξί υποδέντρο.

### Συναρτήσεις για το BST:

createNode: Δημιουργεί ένα νέο κόμβο BST με δεδομένα Row.

insertNode: Εισάγει ένα νέο κόμβο στο BST με βάση το χαρακτηριστικό Region και Period.

Ανάγνωση και δημιουργία BST από αρχείο:

buildBST: Διαβάζει δεδομένα από το αρχείο κειμένου (bd-dec22-births-deaths-by-region.txt) και δημιουργεί το BST με δεδομένα για γεννήσεις (Births).

Αναζήτηση, τροποποίηση και διαγραφή κόμβων:

searchBirthCount: Αναζητά τον αριθμό γεννήσεων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και περιοχή.

modifyBirthCount: Τροποποιεί τον αριθμό γεννήσεων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και περιοχή.

deleteRecordByRegion: Διαγράφει όλους τους κόμβους με τη συγκεκριμένη περιοχή από το BST.

Εκτύπωση BST:

inorderTraversal: Εκτελεί ενδοτερατική διάσχιση στο BST και εκτυπώνει τα δεδομένα συμπεριλαμβανομένων επικεφαλίδων περιοχής όταν αλλάζει η περιοχή.

Κύρια συνάρτηση main:

Διαβάζει και δημιουργεί το BST από το αρχείο.

Προσφέρει ένα μενού επιλογών (εμφάνιση δέντρου, αναζήτηση, τροποποίηση, διαγραφή κόμβων, έξοδος).

Παράδειγμα εμφάνισης Μενού επιλογών:

A screen shot of a computer

Description automatically generated

**Β. Τροποποιηση ΔΔΑ**

Για την τροποποίηση του ερωτήματος Α, αλλάξαμε στην κατασκευή του δέντρου, την σύγκριση των περιοχών σε σύγκριση αριθμών γεννήσεων. Αλλάξαμε επίσης και τις επιλογές του μενού.

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <sstream>

#include <vector>

using namespace std;

struct Row {

    int Period;

    bool Birth\_Death;   // 0=Death , 1=Birth

    string Region;

    int Count;

};

// Structure of a BST node

struct Node {

    Row data;

    Node\* left; //pointer to left subtree

    Node\* right;  //pointer to right subtree

};

// Function to create a new node that returns itself

Node\* createNode(Row data) {

    Node\* newNode = new Node();   //make newNode that points to struct Node

    newNode->data = data;         // copy elements of struct row and transfer them to struct newNode

    newNode->left = newNode->right = nullptr;      //make left and right subtree pointer null

    return newNode;               //return new node

}

// Function to insert a new node into the BST

void insertNode(Node\*& root, Row data) {

    // Only insert if the data is for births

    if (!data.Birth\_Death) {

        return;

    }

    if (root == nullptr) {    //if there is no root create one

        root = createNode(data);

        return;

    }

    // Compare the new count with the current node's count to decide where to insert

    if (data.Count < root->data.Count) {     // if the count I want to insert is  < than the root's

        insertNode(root->left, data);        // then insert it as a left child of the root

    } else if (data.Count > root->data.Count) {  // if the count I want to insert is > than the root's

        insertNode(root->right, data);           // then insert it as a right child of the root

    } else {

        // If region is the same, decide based on period

        if (data.Period < root->data.Period) { // if the period of the region I want to insert is < than the root's

            insertNode(root->left, data);      // then insert it as a left child of the root

        } else {                                // if the period of the region I want to insert is > than the root's

            insertNode(root->right, data);      // then insert it as a right child of the root

        }

    }

}

// Function to read data from the file and build the BST

Node\* buildBST() {

    //open the file and check for errors

    ifstream inputFile("bd-dec22-births-deaths-by-region.txt");

    if (!inputFile) {

        cerr << "Error opening file." << endl;

        return nullptr;

    }

    string line;

    bool FirstLineSkipped = false;     // Flag to track whether the first line has been skipped

    Node\* root = nullptr;              // root that points to the struct Node is given null value

    while (getline(inputFile, line)) {

        if (!FirstLineSkipped) {

            FirstLineSkipped = true;

            continue;           // skip first line

        }

        stringstream ss(line);     //read and write in string line

        string token;              // data from file to be read

        string tokens[4];

        int index = 0;    //number of commas to be read

        while (getline(ss, token, ',')) {  //read row of file and return data(token) until it reaches a comma

            tokens[index++] = token; //store data from between the commas of each row in tokens[]

            if (index >= 4) {

                break;  // Avoid accessing out of bounds

            }

        }

        if (index != 4) {

            cerr << "Error: Invalid data format in line: " << line << endl;

            continue;   //incorrect amount of commas

        }

        try {

            //store read data in struct rowdata

            Row rowData;

            rowData.Period = stoi(tokens[0]);

            rowData.Birth\_Death = (tokens[1] == "Births"); // Set true if "Births", false otherwise

            rowData.Region = tokens[2];

            rowData.Count = stoi(tokens[3]);

            insertNode(root, rowData);   //insert the read data into a new node

        } catch (const exception& e) {

            cerr << "Error: Invalid integer conversion in line: " << line << endl;

            continue;  //catch errors when converting to integers

        }

    }

    inputFile.close();   //close file

    return root;  //return root that points to struct Node

}

void displayMenu() {

    cout << "Menu:" << endl;

    cout << "1. Search for Region/Regions with the minimum Count of Births." << endl;

    cout << "2. Search for Region/Regions with the maximum Count of Births." << endl;

    cout << "3. Exit." << endl;

}

// Function to find the minimum count in the tree

Row findMin(Node\* root) {

    if (root == nullptr) {

        throw runtime\_error("Tree is empty");   // If the root is null, print error: tree is empty

    }

    Node\* current = root;            // set the root to be the current root

    while (current->left != nullptr) {     // while the left sub tree of the current root points somewhere

        current = current->left;           // set the root of the left subtree as current root

    }

    return current->data;                  //return the data of the node with the min count

}

// Function to find the maximum count in the tree

Row findMax(Node\* root) {

    if (root == nullptr) {

        throw runtime\_error("Tree is empty");   // If the root is null, throw error

    }

    Node\* current = root;            // set the root to be the current root

    while (current->right != nullptr) {     // while the right sub tree of the current root points somewhere

        current = current->right;           // set the root of the right subtree as current root

    }

    return current->data;                  //return the data of the node with the max count

}

int main() {

    Node\* root = buildBST();     //Read file and create BST

    if (root != nullptr) {       //if tree not empty

        cout << "Binary Search Tree built successfully." << endl;

        int choice;

        do {

            displayMenu();        // Display menu options

            cout << "Enter your choice: ";

            cin >> choice;

            //switch case for menu options

            switch (choice) {

                case 1: {

                    try {

                        Row minRow = findMin(root); //give minRow the return value of findMin

                        //print the data of the node with the min count

                        cout << "Period with minimum Count of Births: " << minRow.Period << endl;

                        cout << "Region: " << minRow.Region << endl;

                        cout << "Count: " << minRow.Count << endl;

                    } catch (const runtime\_error& e) {  // if there is runtime error print that error

                        cerr << e.what() << endl;

                    }

                    break;

                }

                case 2: {

                    try {

                        Row maxRow = findMax(root);  //give maxRow the return value of findMax

                        //print the data of the node with the max count

                        cout << "Period with maximum Count of Births: " << maxRow.Period << endl;

                        cout << "Region: " << maxRow.Region << endl;

                        cout << "Count: " << maxRow.Count << endl;

                    } catch (const runtime\_error& e) {  // if there is runtime error print that error

                        cerr << e.what() << endl;

                    }

                    break;

                }

                case 3:

                    cout << "Exiting the application." << endl;

                    break;

                default:

                    cout << "Invalid choice. Please enter a number between 1 and 3." << endl;

            }

        } while (choice != 3);

    } else {

        cerr << "Failed to build Binary Search Tree." << endl;      //if tree is empty print error

    }

    return 0;

}

### Δομή Row και Node:

Row αποθηκεύει τα δεδομένα για κάθε εγγραφή, όπως περίοδος, τύπος (γέννηση ή θάνατος), περιοχή και αριθμός.

Node αποτελεί τον κόμβο του BST που περιέχει τα δεδομένα τύπου Row και δείκτες στα αριστερά και δεξιά παιδιά του.

### Συναρτήσεις για το BST:

createNode: Δημιουργεί ένα νέο κόμβο BST με δεδομένα Row.

insertNode: Εισάγει ένα νέο κόμβο στο BST, με βάση τον αριθμό γεννήσεων (Count). Αν υπάρχει ισοτιμία στον αριθμό γεννήσεων, τότε αποφασίζει με βάση την περίοδο.

Ανάγνωση και δημιουργία BST από αρχείο:

buildBST: Διαβάζει δεδομένα το αρχείο κειμένου και δημιουργεί το BST με δεδομένα για γεννήσεις (και ενδεχομένως θάνατους).

Αναζήτηση του κόμβου με τον ελάχιστο αριθμό γεννήσεων:

findMin: Βρίσκει και επιστρέφει τον κόμβο με τον ελάχιστο αριθμό γεννήσεων στο BST.

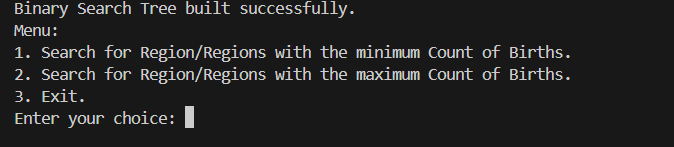
Αναζήτηση του κόμβου με τον μέγιστο αριθμό γεννήσεων:

findMax: Βρίσκει και επιστρέφει τον κόμβο με τον μέγιστο αριθμό γεννήσεων στο BST.

### Κύρια συνάρτηση main:

Αναγνωρίζει την είσοδο από τον χρήστη για να εκτελέσει επιλογές αναζήτησης του κόμβου με τον ελάχιστο ή μέγιστο αριθμό γεννήσεων, ή για έξοδο από την εφαρμογή.

Παράδειγμα εμφάνισης Μενού επιλογών:



**Γ. Hashing**

Για την υλοποίηση του ερωτήματος Γ, αντί για χρήση δυαδικού δέντρου αναζήτησης, τροποποιήσαμε τον κώδικα του ερωτήματος Α ώστε να χρησιμοποιεί hashing με αλυσίδες. Κάναμε επίσης αλλαγές στο μενού επιλογών ώστε να υλοποιεί τα ζητούμενα της εκφώνησης.

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <string>

#include <sstream>

#include <vector>

#include <list>

#include <limits>

using namespace std;

// Define a structure to hold data for each row in the file

struct Row {

    int Period;         // Period of data

    bool Birth\_Death;   // Flag indicating if the data is for births (true) or deaths (false)

    string Region;      // Region for the data

    int Count;          // Number of births or deaths

};

// Hash table class with chaining

class HashTable {

private:

    vector<list<Row>> table;    // Vector of lists for the hash table

    int size;                   // Size of the hash table

    // Hash function to calculate the index in the table based on the region

    int hashFunction(const string& region) {

        int sum = 0;

        for (char ch : region) {

            sum += static\_cast<int>(ch);

        }

        return sum % size;

    }

public:

    // Constructor to initialize hash table with given size

    HashTable(int s) : size(s), table(s) {}

    // Function to insert a row into the hash table

    void insert(Row data) {

        if (!data.Birth\_Death) return; // Only insert if the data is for births

        int index = hashFunction(data.Region);

        table[index].push\_back(data);

    }

    // Function to search for a row in the hash table

    Row\* search(int period, const string& region) {

        int index = hashFunction(region);

        for (auto& row : table[index]) {

            if (row.Period == period && row.Region == region) {

                return &row;

            }

        }

        return nullptr;

    }

    // Function to update a row in the hash table

    bool update(int period, const string& region, int newCount) {

        int index = hashFunction(region);

        for (auto& row : table[index]) {

            if (row.Period == period && row.Region == region) {

                row.Count = newCount;

                return true;

            }

        }

        return false;

    }

    // Function to delete rows by region in the hash table

    void deleteByRegion(const string& region) {

        int index = hashFunction(region);

        table[index].remove\_if([&region](const Row& row) {

            return row.Region == region;

        });

    }

    // Function to display all entries in the hash table

    void display() {

        for (int i = 0; i < size; ++i) {

            if (!table[i].empty()) {

                cout << "Bucket " << i << ":\n";

                for (const auto& row : table[i]) {

                    cout << "Region: " << row.Region << ", Period: " << row.Period << ", Count: " << row.Count << endl;

                }

                cout << endl;

            }

        }

    }

};

// Function to read data from the file and build the hash table

HashTable buildHashTable(int size) {

    ifstream inputFile("bd-dec22-births-deaths-by-region.txt");

    if (!inputFile) {

        cerr << "Error opening file." << endl;

        return HashTable(size);

    }

    string line;

    bool firstLineSkipped = false;

    HashTable hashTable(size);

    while (getline(inputFile, line)) {

        if (!firstLineSkipped) {

            firstLineSkipped = true;

            continue; // Skip the first line

        }

        stringstream ss(line);

        string token;

        string tokens[4];

        int index = 0;

        while (getline(ss, token, ',')) {

            tokens[index++] = token;

            if (index >= 4) break; // Avoid accessing out of bounds

        }

        if (index != 4) {

            cerr << "Error: Invalid data format in line: " << line << endl;

            continue;

        }

        try {

            Row rowData;

            rowData.Period = stoi(tokens[0]);

            rowData.Birth\_Death = (tokens[1] == "Births");

            rowData.Region = tokens[2];

            rowData.Count = stoi(tokens[3]);

            hashTable.insert(rowData);

        } catch (const exception& e) {

            cerr << "Error: Invalid integer conversion in line: " << line << endl;

            continue;

        }

    }

    inputFile.close();

    return hashTable;

}

// Function to display the menu

void displayMenu() {

    cout << "Menu:" << endl;

    cout << "1. Display all entries in the hash table." << endl;

    cout << "2. Search for the number of births for a specific time period and region." << endl;

    cout << "3. Modify the number of births for a specific time period and region." << endl;

    cout << "4. Delete a record based on the region." << endl;

    cout << "5. Exit the application." << endl;

}

int main() {

    const int tableSize = 11; // Size of the hash table

HashTable hashTable = buildHashTable(tableSize); // Build the hash table

cout << "Hash Table built successfully." << endl;

int choice;

do {

    displayMenu(); // Display the menu

    cout << "Enter your choice: ";

    cin >> choice; // Get user's choice

    if (cin.fail()) {

        cin.clear(); // Clear the error flag

        cin.ignore(numeric\_limits<streamsize>::max(), '\n'); // Ignore invalid input

        cout << "Invalid choice. Please enter a number between 1 and 5." << endl;

        continue; // Loop again to get a valid choice

    }

    switch (choice) {

        case 1: { // Display all entries in the hash table

            cout << "Displaying all entries in the hash table:" << endl;

            hashTable.display();

            break;

        }

        case 2: { // Search for the number of births for a specific time period and region

            int searchPeriod;

            string searchRegion;

            cout << "Enter the period to search: ";

            cin >> searchPeriod;

            cin.ignore(numeric\_limits<streamsize>::max(), '\n'); // Ignore newline character

            cout << "Enter the region to search: ";

            getline(cin, searchRegion);

            Row\* result = hashTable.search(searchPeriod, searchRegion);

            if (result) {

                cout << "Number of births for period " << searchPeriod << " in " << searchRegion << ": " << result->Count << endl;

            } else {

                cout << "Data not found." << endl;

            }

            break;

        }

        case 3: { // Modify the number of births for a specific time period and region

            int modifyPeriod, newCount;

            string modifyRegion;

            cout << "Enter the period to modify: ";

            cin >> modifyPeriod;

            cin.ignore(numeric\_limits<streamsize>::max(), '\n'); // Ignore newline character

            cout << "Enter the region to modify: ";

            getline(cin, modifyRegion);

            cout << "Enter the new count: ";

            cin >> newCount;

            if (hashTable.update(modifyPeriod, modifyRegion, newCount)) {

                cout << "Number of births for period " << modifyPeriod << " in " << modifyRegion << " modified to " << newCount << endl;

            } else {

                cout << "Data not found." << endl;

            }

            break;

        }

        case 4: { // Delete a record based on the region

            string deleteRegion;

            cout << "Enter the region to delete: ";

            cin.ignore(numeric\_limits<streamsize>::max(), '\n'); // Ignore newline character

            getline(cin, deleteRegion);

            hashTable.deleteByRegion(deleteRegion);

            cout << "All records with region " << deleteRegion << " deleted successfully." << endl;

            break;

        }

        case 5: // Exit the application

            cout << "Exiting the application." << endl;

            break;

        default:

            cout << "Invalid choice. Please enter a number between 1 and 5." << endl;

    }

} while (choice != 5); // Continue the loop until user chooses to exit

return 0;

}

Αυτός ο κώδικας αναπτύχθηκε για να διαχειριστεί δεδομένα για γεννήσεις (ή θανάτους) ανά περιοχή και χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας έναν πίνακα κατακερματισμού (hash table) με αλυσίδες για την αντιμετώπιση συγκρούσεων.

### Δομή Row:

Αποθηκεύει τα δεδομένα για κάθε εγγραφή, όπως περίοδος, τύπος (γέννηση ή θάνατος), περιοχή και αριθμός.

### Κλάση HashTable:

Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων μέσω ενός πίνακα κατακερματισμού με αλυσίδες (vector<list<Row>> table).

Συνάρτηση κατακερματισμού (hashFunction): Υπολογίζει το δείκτη (index) στον πίνακα βάσει της περιοχής (χρησιμοποιώντας το άθροισμα ASCII των χαρακτήρων).

Συναρτήσεις (insert, search, update, deleteByRegion): Επιτρέπουν την εισαγωγή, αναζήτηση, ενημέρωση και διαγραφή εγγραφών από τον πίνακα κατακερματισμού βάσει της περιοχής και της περιόδου.

Συνάρτηση display: Εμφανίζει όλες τις εγγραφές στον πίνακα κατακερματισμού.

### Συνάρτηση buildHashTable:

Διαβάζει τα δεδομένα από ένα αρχείο κειμένου και δημιουργεί τον πίνακα κατακερματισμού με τα δεδομένα για γεννήσεις .

### Κύρια συνάρτηση main:

Δημιουργεί ένα αντικείμενο HashTable καλώντας την buildHashTable.

Εμφανίζει ένα μενού επιλογών για τον χρήστη (displayMenu).

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από τις ακόλουθες επιλογές:

Εμφάνιση όλων των εγγραφών στον πίνακα κατακερματισμού.

Αναζήτηση αριθμού γεννήσεων για συγκεκριμένη περίοδο και περιοχή.

Τροποποίηση αριθμού γεννήσεων για συγκεκριμένη περίοδο και περιοχή.

Διαγραφή εγγραφών βάσει της περιοχής.

Έξοδος από την εφαρμογή.

Παράδειγμα εμφάνισης Μενο΄θ επιλογών:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

**Ενοποιηση Α,Β,Γ**

Για την ενοποίηση των προηγούμενων ερωτημάτων φτιάξαμε ένα καινούργιο πρόγραμμα που θα ρωτάει με μενού τον χρήστη με ποιον τρόπο θέλει να φορτώσει τα δεδομένα. Για την επιλογή φόρτωσης σε δυαδικό δέντρο αναζήτησης, ρωτάει το πρόγραμμα αν θέλουμε διάταξη των κόμβων με βάση την περιοχή ή τον αριθμό γεννήσεων.

#include <iostream>

#include <cstdlib> // For system() function

using namespace std;

// Function prototypes

void displayMenu();

void loadIntoBST();

void loadIntoHashing();

// Function to display the main menu

void displayMenu() {

    cout << "Select the data structure type for loading the file:" << endl;

    cout << "1. Binary Search Tree (BST)" << endl;

    cout << "2. Hashing with chaining" << endl;

    cout << "3. Exit Program" << endl; // Option to exit the program

    cout << "Choice: ";

}

// Function to load data into Binary Search Tree (BST)

void loadIntoBST() {

    int choice;

    cout << "Select the type of Binary Search Tree (BST):" << endl;

    cout << "1. Load based on REGION" << endl;

    cout << "2. Load based on BIRTH COUNT" << endl;

    cout << "3. Back to main menu" << endl; // Option to go back to main menu

    cout << "4. Exit Program" << endl; // Option to exit the program

    cout << "Choice: ";

    cin >> choice;

    string filename;

    switch (choice) {

        case 1:

            filename = "makeBST-A.exe"; // Assuming the executable file is named makeBST-A.exe

            break;

        case 2:

            filename = "makeBST-B.exe"; // Assuming the executable file is named makeBST-B.exe

            break;

        case 3:

            return; // Return to main menu

        case 4:

            exit(0); // Exit the program

        default:

            cout << "Invalid choice. Please try again." << endl;

            return;

    }

    // Execute the selected file

    cout << "Executing " << filename << "..." << endl;

    system(filename.c\_str());

}

// Function to load data into Hashing with chaining

void loadIntoHashing() {

    string filename = "Hashing.exe"; // Assuming the executable file is named Hashing.exe

    // Execute the selected file

    cout << "Executing " << filename << "..." << endl;

    system(filename.c\_str());

}

int main() {

    int choice;

    do {

        displayMenu();

        cin >> choice;

        switch (choice) {

            case 1:

                loadIntoBST();

                break;

            case 2:

                loadIntoHashing();

                break;

            case 3:

                exit(0); // Exit the program

            default:

                cout << "Invalid choice. Please try again." << endl;

                break;

        }

    } while (choice != 3);

    return 0;

}

Αυτός ο κώδικας υλοποιεί ένα απλό μενού για την επιλογή δομής δεδομένων για φόρτωση δεδομένων από αρχείο.

### Συνάρτηση displayMenu:

Εμφανίζει τις επιλογές για τον τύπο της δομής δεδομένων που θέλει ο χρήστης να φορτώσει τα δεδομένα από αρχείο.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε BST, Hashing με αλυσίδες ή να αποχωρήσει από το πρόγραμμα.

### Συναρτήσεις loadIntoBST και loadIntoHashing:

loadIntoBST: Παρουσιάζει επιλογές για την εκτέλεση δύο διαφορετικών εκτελέσιμων αρχείων (makeBST-A.exe και makeBST-B.exe) που φορτώνουν δεδομένα σε ένα Binary Search Tree (BST) ανάλογα με την επιλογή του χρήστη.

loadIntoHashing: Εκτελεί ένα εκτελέσιμο αρχείο Hashing.exe που φορτώνει δεδομένα σε μια δομή Hashing με αλυσίδες.

### Συνάρτηση main:

Ένας βρόχος do-while χρησιμοποιείται για την εμφάνιση και την επεξεργασία του μενού.

### Επιλογές:

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να φορτώσει σε BST (επιλογή 1) ή σε Hashing (επιλογή 2).

Υπάρχει επίσης η επιλογή για έξοδο από το πρόγραμμα (επιλογή 3).

Εάν η επιλογή δεν είναι έγκυρη, εκτυπώνεται αντίστοιχο μήνυμα λάθους.

Παράδειγμα εμφάνισης Μενού επιλογών:

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

# ΤΕΛΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ