**Міністерство освіти і науки України**

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра інформатики та програмної інженерії**

**Звіт**

з лабораторної роботи № 1 з дисципліни

«Проектування алгоритмів»

„ **Проектування і аналіз алгоритмів зовнішнього сортування**”

**Виконав(ла)**

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

*ІП-13 Нещерет В. О.*

**Перевірив**

(прізвище, ім'я, по батькові)

*Сопов О. О.*

Київ 2022

Зміст

[1 Мета лабораторної роботи 3](#_Toc109342184)

[2 ЗаВдання 4](#_Toc109342185)

[3 Виконання 6](#_Toc109342186)

[3.1 Псевдокод алгоритму 6](#_Toc109342187)

[3.2 Програмна реалізація алгоритму 6](#_Toc109342188)

[3.2.1 Вихідний код 6](#_Toc109342189)

[Висновок 7](#_Toc109342190)

[Критерії оцінювання 8](#_Toc109342191)

# Мета лабораторної роботи

Мета роботи – вивчити основні алгоритми зовнішнього сортування та способи їх модифікації, оцінити поріг їх ефективності.

# Завдання

Згідно варіанту (таблиця 2.1), розробити та записати алгоритм зовнішнього сортування за допомогою псевдокоду (чи іншого способу за вибором).

Виконати програмну реалізацію алгоритму на будь-якій мові програмування та відсортувати випадковим чином згенерований масив цілих чисел, що зберігається у файлі (розмір файлу має бути не менше 10 Мб, можна значно більше).

Здійснити модифікацію програми і відсортувати випадковим чином згенерований масив цілих чисел, що зберігається у файлі розміром не менше ніж двократний обсяг ОП вашого ПК. Досягти швидкості сортування з розрахунку 1Гб на 3хв. або менше.

Рекомендується попередньо впорядкувати серії елементів довжиною, що займає не менше 100Мб або використати інші підходи для пришвидшення процесу сортування.

Зробити узагальнений висновок з лабораторної роботи, у якому порівняти базову та модифіковану програми. У висновку деталізувати, які саме модифікації було виконано і який ефект вони дали.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Алгоритм сортування** |
| 1 | Пряме злиття |
| 2 | Природне (адаптивне) злиття |
| 3 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 4 | Багатофазне сортування |
| 5 | Пряме злиття |
| 6 | Природне (адаптивне) злиття |
| 7 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 8 | Багатофазне сортування |
| 9 | Пряме злиття |
| 10 | Природне (адаптивне) злиття |
| 11 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 12 | Багатофазне сортування |
| 13 | Пряме злиття |
| 14 | Природне (адаптивне) злиття |
| 15 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 16 | Багатофазне сортування |
| 17 | Пряме злиття |
| 18 | Природне (адаптивне) злиття |
| 19 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 20 | Багатофазне сортування |
| 21 | Пряме злиття |
| 22 | Природне (адаптивне) злиття |
| 23 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 24 | Багатофазне сортування |
| 25 | Пряме злиття |
| 26 | Природне (адаптивне) злиття |
| 27 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 28 | Багатофазне сортування |
| 29 | Пряме злиття |
| 30 | Природне (адаптивне) злиття |
| 31 | Збалансоване багатошляхове злиття |
| 32 | Багатофазне сортування |
| 33 | Пряме злиття |
| 34 | Природне (адаптивне) злиття |
| 35 | Збалансоване багатошляхове злиття |

# Виконання

## Псевдокод алгоритму

Основний алгоритм:

1. Роздітити вхідний файл на серії та записати їх у файли В.
   1. Створити список set, що позначатиме серію
   2. Ініціалізувати змінну counter = 0
   3. ПОКИ не кінець вхідного файла
      1. Зчитати наступний елемент elem
      2. ЯКЩО set пустий, або elem >= set.last()
         1. Додати elem до set
      3. ІНАКШЕ
         1. Записати set до файла В з номером counter
         2. Очистити set та записати у нього elem
         3. Збільшити сounter на 1
      4. КІНЕЦЬ ЯКЩО
   4. КІНЕЦЬ ПОКИ
2. Ініціалізувати змінну BC = true
3. ПОКИ не відсортовано повністю
   1. ЯКЩО BC = true
      1. Викликати функцію merge для злиття файлів В у файли С
   2. ІНАКШЕ
      1. Викликати функцію merge для злиття файлів С у файли В
   3. КІНЕЦЬ ЯКЩО
4. ВС = ! ВС
5. КИНЕЦЬ ПОКИ
6. ЯКЩО вихідний масив у файлі В1
   1. Скопіювати дані з файлу В1 у вихідний файл
7. ІНАКШЕ
   1. Скопіювати дані з файлу С1 у вихідний файл
8. КІНЕЦЬ ЯКЩО
9. Очистити вміст допоміжних файлів

Алгоритм злиття:

1. Очистити вміст вихідних файлів
2. Ініціалізувати змінну counter = 0
3. ПОКИ не закінчились дані у всіх вхідних файлах
   1. Ініціалізувати масив для відсортованих чисел sortedList
   2. Ініціалізувати масив tempList
   3. ЦИКЛ і ВІД 0 ДО кількість файів
      1. Зчитати наступне значення із файлу і у змінну line
      2. ЯКЩО line містить число
         1. Зберегти line до tempList
      3. КІНЕЦЬ ЯКЩО
   4. КІНЕЦЬ ЦИКЛА
   5. ПОКИ не закінчилась поточна серія у всіх файлах
      1. Ініціалізувати змінні minValue та minIndex
      2. ЯКЩО tempList не пустий
         1. ЦИКЛ і ВІД 0 ДО розмір tempList
            1. ЯКЩО tempList[i] <= minValue

minValue = tempList[i]

minIndex = i

* + - * 1. КІНЕЦЬ ЯКЩО
      1. КІНЕЦЬ ЦИКЛА
      2. Додати значення minValue до sortedList
      3. Видалити елемент minValue з tempList
      4. Зчитати наступне значення з файлу minIndex та додати до tempList
    1. ІНАКШЕ
       1. Вивести у вихідний файл з номером counter масив sortedList
       2. Очистити sortedList
       3. Counter = (counter + 1) % кількість файлів
    2. КІНЕЦЬ ЯКЩО

## Програмна реалізація алгоритму

### Вихідний код

fun main() {

val inputFileName = "input.txt"

var fileLength: ULong = 0uL

var blockLength = 0

when (inputFileType()) {

"small" -> {

fileLength = 10uL \* 1024uL \* 1024uL

blockLength = 500

}

"normal" -> {

fileLength = 500uL \* 1024uL \* 1024uL

blockLength = 50\_000

}

"large" -> {

fileLength = 8uL \* 1024uL \* 1024uL \* 1024uL

blockLength = 500\_000

}

}

val startGeneratingTime = System.currentTimeMillis()

generateFile(inputFileName, fileLength, blockLength)

val startSortingTime = System.currentTimeMillis()

val totalTimeOfGenerating = startSortingTime - startGeneratingTime

println(

"Generating time ${"%02d".format(totalTimeOfGenerating / (60\_000))}" +

":${"%02d".format(totalTimeOfGenerating / 1000 % 60)}" +

".${totalTimeOfGenerating % 1000}"

)

newMultiwayMergeSort(inputFileName, "output.txt")

/\* externalSort(inputFileName, 3)\*/

val totalSortingTime = System.currentTimeMillis() - startSortingTime

println(

"Sorting time ${"%02d".format(totalSortingTime / (60\_000))}" +

":${"%02d".format(totalSortingTime / 1000 % 60)}" +

".${"%03d".format(totalSortingTime % 1000)}"

)

}

import java.io.File

import kotlin.random.Random

fun inputFileType(): String {

var fileType: String

print(

"Enter length of the file (small/normal/large) " +

"\nSmall - 10 MB " +

"\nNormal - 500 MB " +

"\nLarge - 8 GB \n"

)

do {

fileType = readln().lowercase()

} while (!setOf("small", "normal", "large").contains(fileType))

return fileType

}

fun generateFile(name: String, length: ULong, blockLength: Int) {

val file = File(name)

file.writeText("")

do {

val tempList = MutableList(blockLength) { Random.nextInt() }

file.appendText(tempList.joinToString(separator = "\n", postfix = "\n"))

} while (file.length().toULong() < length)

}

import java.io.BufferedReader

import java.io.File

import java.io.FileReader

fun externalSort(fileName: String, numOfFiles: Int) {

val inputFile = File(fileName)

val filesB = List(numOfFiles) { i -> File("B${i + 1}.txt").also { it.writeText("") } }

val filesC = List(numOfFiles) { i -> File("C${i + 1}.txt").also { it.writeText("") } }

splitFile(inputFile, filesB, numOfFiles)

var BC = true

while (!isFullySorted(File(fileName), filesB[0], filesC[0])) {

if (BC) {

merge(filesB, filesC, numOfFiles)

} else {

merge(filesC, filesB, numOfFiles)

}

BC = !BC

}

if (filesB[0].length() == inputFile.length()) {

filesB[0].copyTo(File("output.txt"), true)

} else {

filesC[0].copyTo(File("output.txt"), true)

}

for (i in 0 until numOfFiles) {

filesB[i].writeText("")

filesC[i].writeText("")

}

}

fun splitFile(inputFile: File, outputFiles: List<File>, numOfFiles: Int) {

var set = mutableListOf<Int>()

val reader = BufferedReader(FileReader(inputFile))

var counter = 0

while (!isEOFs(listOf(reader))) {

val element = reader.readLine().toInt()

if (set.isEmpty() || element >= set.last()) set.add(element)

else {

outputFiles[counter].appendText(set.joinToString(separator = "\n", postfix = "\n"))

set = mutableListOf(element)

counter = (counter + 1) % numOfFiles

}

}

outputFiles[counter].appendText(set.joinToString(separator = "\n", postfix = "\n"))

}

fun merge(inputFiles: List<File>, outputFiles: List<File>, numOfFiles: Int) {

for (file in outputFiles) file.writeText("")

val buffReaders = List(numOfFiles) { i -> BufferedReader(FileReader(inputFiles[i])) }

var outputFileCounter = 0

while (!isEOFs(buffReaders)) {

val sortedList = mutableListOf<Int>()

val tempList = mutableListOf<Pair<Int, Int>>()

for (i in buffReaders.indices) {

val line = checkLine(buffReaders[i])

if (line != null && line != "") {

tempList.add(Pair(i, line.toInt()))

}

}

var flag = true

while (flag) {

var minValue = Int.MAX\_VALUE

var minIndex = -1

if (tempList.isNotEmpty()) {

var indexForDel = 0

for (i in tempList.indices) {

if (tempList[i].second <= minValue) {

minValue = tempList[i].second

minIndex = tempList[i].first

indexForDel = i

}

}

sortedList.add(minValue)

tempList.removeAt(indexForDel)

buffReaders[minIndex].readLine()

val line = checkLine(buffReaders[minIndex])

if (line != null && line != "" && line != "-") {

if (sortedList.isEmpty() || line.toInt() >= sortedList.last()) {

tempList.add(Pair(minIndex, line.toInt()))

}

}

} else {

outputFiles[outputFileCounter].appendText(sortedList.joinToString(separator = "\n", postfix = "\n"))

sortedList.clear()

outputFileCounter = (outputFileCounter + 1) % numOfFiles

flag = false

}

}

}

}

fun checkLine(reader: BufferedReader): String? {

reader.mark(50)

val line = reader.readLine()

reader.reset()

return line

}

fun isFullySorted(fileA: File, fileB: File, fileC: File): Boolean {

return fileA.length() == fileB.length() || fileA.length() == fileC.length()

}

fun isEOFs(buffReaders: List<BufferedReader>): Boolean {

for (i in buffReaders) {

if (checkLine(i) !in setOf("", null)) return false

}

return true

}

Висновок

При виконанні даної лабораторної роботи я реалізував алгоритм збалансованого багатошляхового злиття для зовнішнього сортування. В результаті, алгоритм проводить сортування файла розміром 10 магабайт за 44 секунди, використовуючи при цьому 3 допоміжні файли. Цей час, звісно, завеликий для файлів розміром кілька гігабайт. Проте, програмну реалізацію можна вдосконалити декількома способами. Наприклад, варто змінити процес зчитування данних з початкового файла, визначаючи серії не порівнянням елементів, а сортуючи в оперативній пам’яті деяку зчитану послідовність чисел заданої довжини. Також, час запису данних до файлів можна зменшити, якщо використовувати об’єкт BufferedWriter, який зберігає в буфері деяку чистину файла і тим самим зменшує кількість звертань до жорсткого диску.

Загалом, я дізнався багато нового про зовнішнє сортування, спробував себе у проєктуванні алгоритмів та покращив знання щодо роботи з файловою системою.

Критерії оцінювання

У випадку здачі лабораторної роботи до 09.10.2022 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 09.10.2022 максимальний бал дорівнює – 1.

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

* псевдокод алгоритму – 15%;
* програмна реалізація алгоритму – 40%;
* програмна реалізація модифікацій – 40%;
* висновок – 5%.