

Алгоритмы параллельных вычислений. Сортировка слиянием (Algorithm M)

В. С. Верхотуров

БСБО-05-20
РТУ МИРЭА

6 октября 2022 г.

Содержание

Определение

Реализация сортировки в одном потоке

Вычислительная и временная сложность

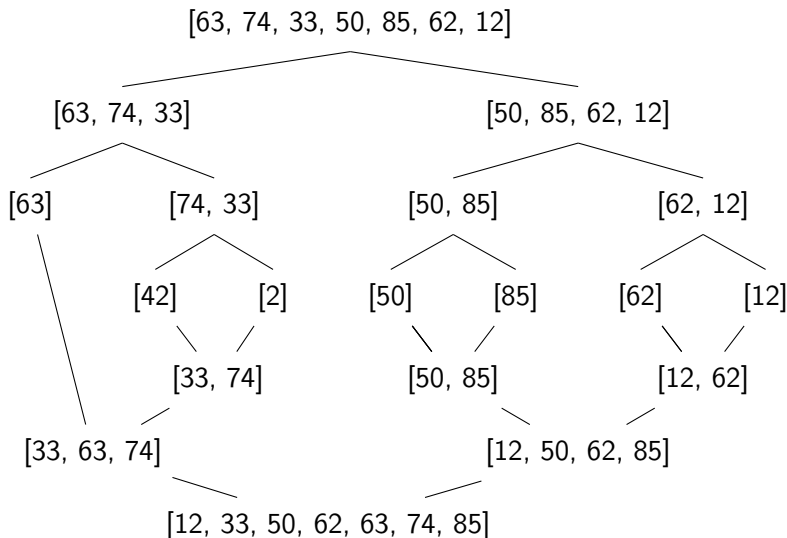
Параллельные вычисления в CPython

Многопроцессная реализация алгоритма слияния

Временная сложность многопроцессного алгоритма

Определение

Сортировка слиянием — это алгоритм «разделяй и властвуй».



$$\begin{cases} 33 & 63 & 74 \\ 12 & 50 & 62 & 85 \end{cases} \quad (1)$$

$$12 \quad \begin{cases} 33 & 63 & 74 \\ 50 & 62 & 85 \end{cases} \quad (2)$$

$$12 \quad 33 \quad \begin{cases} 63 & 74 \\ 50 & 62 & 85 \end{cases} \quad (3)$$

$$12 \quad 33 \quad 50 \quad \begin{cases} 63 & 74 \\ 62 & 85 \end{cases} \quad (4)$$

$$12 \quad 33 \quad 50 \quad 62 \quad \begin{cases} 63 & 74 \\ 85 \end{cases} \quad (5)$$

$$12 \quad 33 \quad 50 \quad 62 \quad 63 \quad \left\{ \begin{array}{l} 74 \\ 85 \end{array} \right. \quad (6)$$

$$12 \quad 33 \quad 50 \quad 62 \quad 63 \quad 74 \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ 85 \end{array} \right. \quad (7)$$

$$12 \quad 33 \quad 50 \quad 62 \quad 63 \quad 74 \quad 85 \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. \quad (8)$$

Реализация однопоточного алгоритма на CPython

```
from random import randint
from numbers import Number

def merge(arrays: list[list[Number]]) -> list[Number]:
    assert len(arrays) == 2
    x, y = arrays
    index_x = index_y = 0
    out = []
    while index_x < len(x) and \
          index_y < len(y):
        if x[index_x] < y[index_y]:
            out.append(x[index_x])
            index_x += 1
        else:
            out.append(y[index_y])
            index_y += 1
    out += x[index_x:] + y[index_y:]
    return out

def merge_sort(arr : list[Number]) -> list[Number]:
    if len(arr) <= 1:
        return arr
    if len(arr) == 2:
        return arr if arr[0] < arr[1] else [arr[1], arr[0]]
    mid = len(arr) // 2
    return merge(merge_sort(arr[:mid]), merge_sort(arr[mid:]))

def test_merge_sort():
    input_array = [randint(1, 100) for i in range(10)]
    print(merge_sort(input_array))

test_merge_sort()
```

Реализация однопоточного алгоритма на CPython.

Часть 1

```
def test_merge_sort():  
    input_array = [randint(1, 100)  
                    for i in range(10)]  
    print(merge_sort(input_array))  
  
test_merge_sort()
```

Реализация однопоточного алгоритма на CPython.

Часть 2

```
def merge_sort(arr : list[Number]) -> list[Number]:  
    if len(arr) <= 1:  
        return arr  
    if len(arr) == 2:  
        return arr  
        if arr[0] < arr[1]  
        else [arr[1], arr[0]]  
    mid = len(arr) // 2  
    return merge(merge_sort(arr[:mid]),  
                merge_sort(arr[mid:]))
```


Реализация однопоточного алгоритма на CPython.

Часть 3

```
def merge(arrays: list[list[Number]]) \
    -> list[Number]:
    assert len(arrays) == 2
    x, y = arrays
    index_x = index_y = 0
    out = []
    while index_x < len(x) and \
        index_y < len(y):
        if x[index_x] < y[index_y]:
            out.append(x[index_x])
            index_x += 1
        else:
            out.append(y[index_y])
            index_y += 1
    out += x[index_x:] + y[index_y:]
    return out
```

Вычислительная сложность

Худшая выч. сложность:

$$O(n \log n) \quad (9)$$

Лучшая выч. сложность:

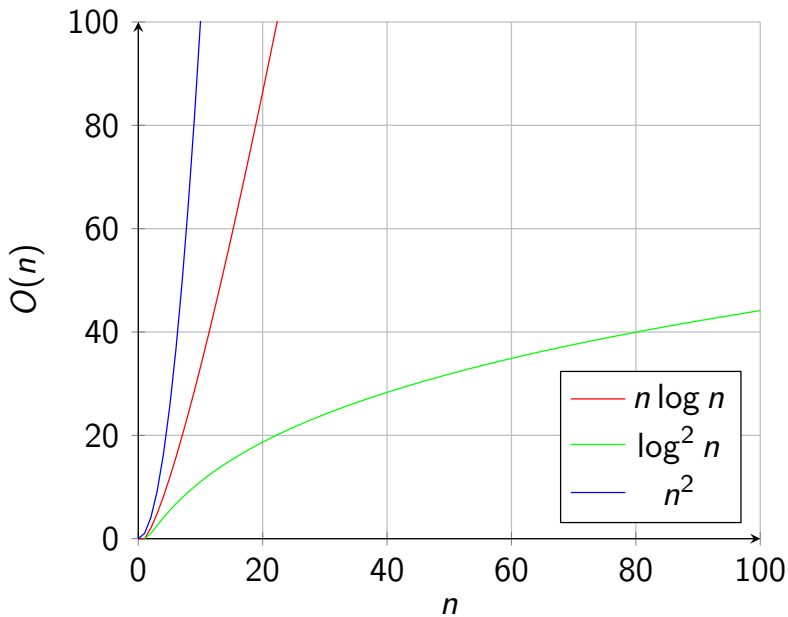
$$O(n \log n) \quad (10)$$

Средняя выч. сложность:

$$O(n \log n) \quad (11)$$

Временная сложность:

$$\begin{aligned} T^{\text{sort}}(n) &= 2 T^{\text{sort}}\left(\frac{n}{2}\right) + T^{\text{merge}}(n) = \\ &= T^{\text{sort}}\left(\frac{n}{2}\right) + \Theta(\log^2 n) \end{aligned} \quad (12)$$



Параллельные вычисления в CPython (side-stepping the GIL (Global Interpreter Lock))



Рис.: Иллюстрация GIL

- ▶ `multiprocessing.Process`, `multiprocessing.Pool`
<https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html>,
- ▶ С-расширение, расширение на Cython
- ▶ `os.system("python_child.py"),`

или...

Многопроцессная реализация алгоритма слияния

```
import multiprocessing
import math

def parallel_merge_sort(arr: list[Number]) -> list[Number]:
    processes = multiprocessing.cpu_count()
    pool = multiprocessing.Pool(processes = processes)
    size = math.ceil(len(arr) / processes)
    arr = [arr[i * size:(i + 1) * size]
           for i in range(processes)]
    arr = pool.map(merge_sort, arr)
    while len(arr) > 1:
        extra = arr.pop() if len(arr) % 2 == 1
                        else None
        arr = [[arr[i], arr[i + 1]]
               for i in range(0, len(arr), 2)]
        arr = pool.map(merge, arr) + \
              ([extra] if extra else [])
    return arr[0]
```

Временная сложность

$$T^{sort}(n) = T^{sort}\left(\frac{n}{2}\right) + T^{merge}(n) = T^{sort}\left(\frac{n}{2}\right) + \Theta(\log^2 n) \quad (13)$$



Код из презентации:
github.com/ValeryVerkhoturov/merge-sort-presentation