

\* در نصب Visual Studio به مشکل برخوردیم پس برای بخش های خواسته شده از terminal در لینوکس استفاده کردم.

نتیجه اولین اجرا برنامه :

```
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ g++ -o main main.c -lm -fopenmp
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 50000 iterations

Time Elapsed: 16.129939 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.250841 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 11.319040 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.398356 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.148769 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.951350 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.811562 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.827622 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 11.157767 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 11.747227 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
```

نتیجه در زمان دیگر :

```
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 50000 iterations

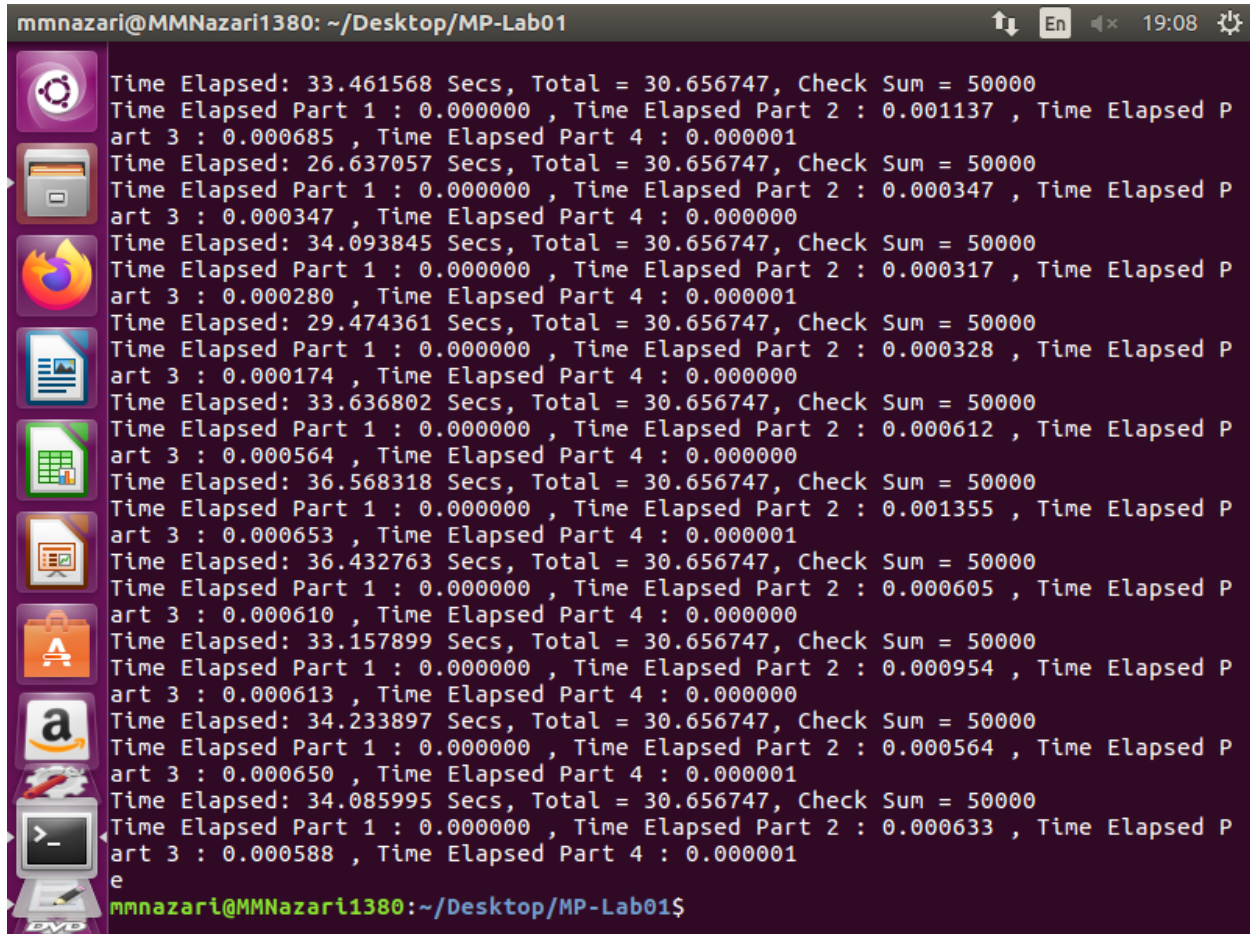
Time Elapsed: 37.237978 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 32.928845 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.319476 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.166202 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.247389 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.140650 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.321162 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 33.364876 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 34.008350 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 34.099342 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
k
```

مرحله اول (

سوالات :

۱. بخش های مختلف کد با استفاده از `omp_get_wtime()` بررسی شدند و مشخص است که دو حلقه وسطی که `sumx` و `sumy` را محاسبه میکنند بیشترین زمان را میگیرند(زمان بدست آمده برای آخرین تکرار

حلقه یعنی  $j = 49999$  است که بیشترین بار محاسباتی را دارد. برای موازی سازی برنامه باید حلقه for دوم را موازی سازی کنیم ( دارای متغیر VERYBIG ). میتوان دو حلقه داخل این حلقه که شامل  $k$ ,  $j$  است را هم موازی کرد.



```
mmnazari@MMNazari1380: ~/Desktop/MP-Lab01
Time Elapsed: 33.461568 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.001137 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000685 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 26.637057 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000347 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000347 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 34.093845 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000317 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000280 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 29.474361 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000328 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000174 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 33.636802 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000612 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000564 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 36.568318 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.001355 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000653 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 36.432763 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000605 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000610 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 33.157899 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000954 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000613 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 34.233897 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000650 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 34.085995 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000633 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000588 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
e
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$
```

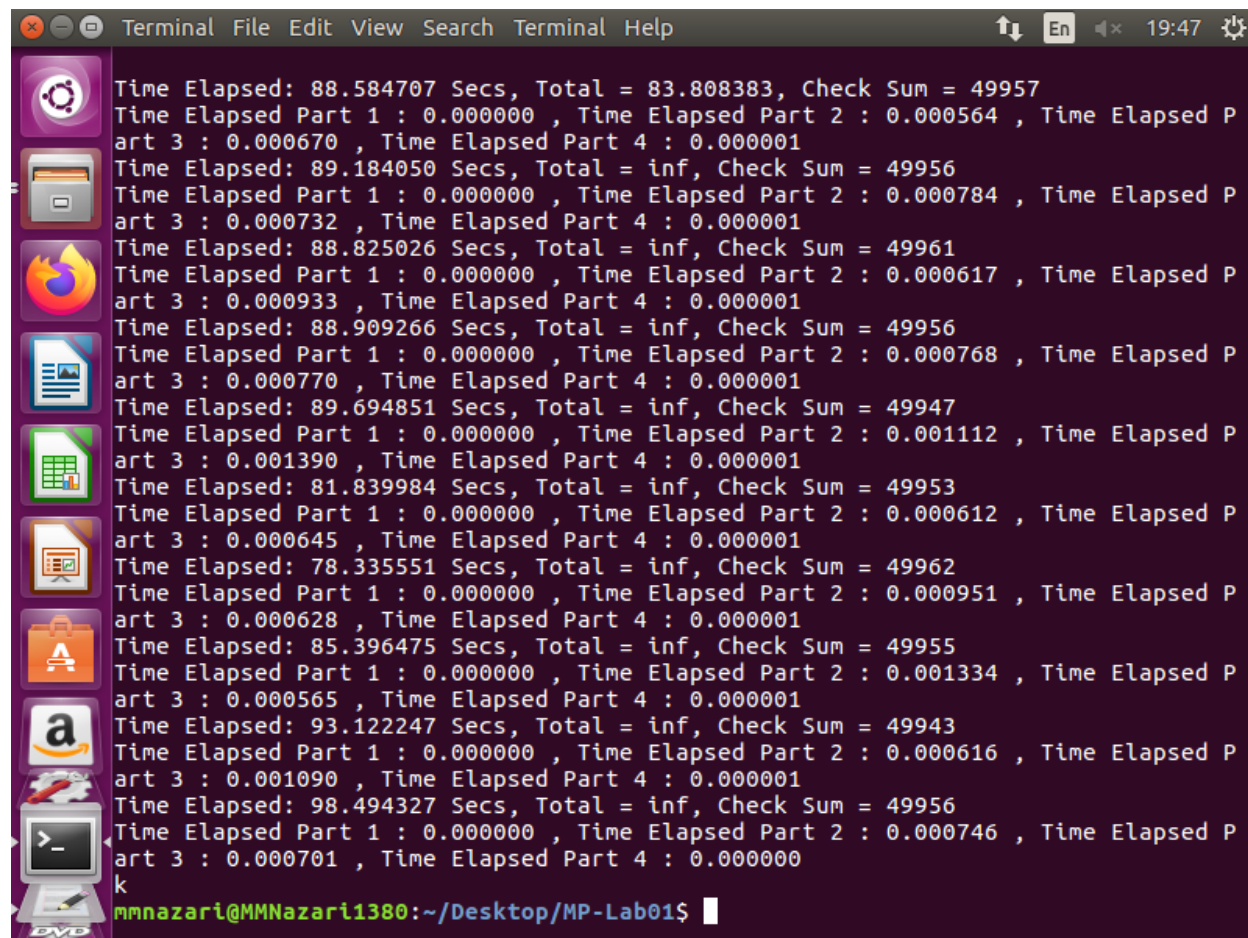
۲. تکرار ده بار برای این است که متوجه شویم با هربار اجرا زمان مصرف شده متفاوت است بدلائل مختلف مثل کامپایلر یا سیستم عامل که در کد در هر ۱۰ بار Elapsed Time متفاوتی بدست می آید اما نتایج محاسباتی مثل check sum و total یکسان است.

۳. از visual studio استفاده نکردم اما اگر بخواهیم کلی بررسی کنیم حالت release کد را بهینه کرده و اجرا میکند که باعث میشود سریعتر از حالت debug باشد که کدرا بهینه نمی کند.

۴. در این کد برای موازی سازی حلقه دومی از Task Parallelism استفاده کردیم. اگر بخواهیم دو حلقه داخلی هم موازی کنیم از روش Fork-Join استفاده میکنیم اما چون در ادامه فقط حلقه دومی موازی شده، حلقه های داخلی را دیگر موازی نمیکنیم

مرحله دوم )

۴.



```
Terminal File Edit View Search Terminal Help
Time Elapsed: 88.584707 Secs, Total = 83.808383, Check Sum = 49957
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000670 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 89.184050 Secs, Total = inf, Check Sum = 49956
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000784 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000732 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 88.825026 Secs, Total = inf, Check Sum = 49961
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000617 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000933 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 88.909266 Secs, Total = inf, Check Sum = 49956
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000768 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000770 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 89.694851 Secs, Total = inf, Check Sum = 49947
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.001112 , Time Elapsed P
art 3 : 0.001390 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 81.839984 Secs, Total = inf, Check Sum = 49953
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000612 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000645 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 78.335551 Secs, Total = inf, Check Sum = 49962
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000951 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000628 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 85.396475 Secs, Total = inf, Check Sum = 49955
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.001334 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000565 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 93.122247 Secs, Total = inf, Check Sum = 49943
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000616 , Time Elapsed P
art 3 : 0.001090 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 98.494327 Secs, Total = inf, Check Sum = 49956
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000746 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000701 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
k
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$
```

۶.

```
Terminal File Edit View Search Terminal Help
Time Elapsed: 88.199387 Secs, Total = inf, Check Sum = 49780
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000613 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000579 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 68.887307 Secs, Total = inf, Check Sum = 49872
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000620 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 73.096768 Secs, Total = inf, Check Sum = 49887
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000632 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 84.718280 Secs, Total = inf, Check Sum = 49787
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000613 , Time Elapsed P
art 3 : 0.001032 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 92.450995 Secs, Total = inf, Check Sum = 49796
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.001036 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 65.504912 Secs, Total = inf, Check Sum = 49879
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000610 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000579 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 72.684104 Secs, Total = inf, Check Sum = 49856
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000602 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000579 , Time Elapsed Part 4 : 0.000000
Time Elapsed: 58.490904 Secs, Total = inf, Check Sum = 49916
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.001012 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 90.363866 Secs, Total = inf, Check Sum = 49795
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000564 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000906 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
Time Elapsed: 74.127490 Secs, Total = inf, Check Sum = 49847
Time Elapsed Part 1 : 0.000000 , Time Elapsed Part 2 : 0.000580 , Time Elapsed P
art 3 : 0.000968 , Time Elapsed Part 4 : 0.000001
k
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$
```

.y

```
Serial Timings for 50000 iterations
Time Elapsed: 25.471037 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.391917 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.331689 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.414285 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.317632 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.218504 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 24.526841 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.928244 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.774387 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 26.361078 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
k
```



۹.

#### Serial Timings for 50000 iterations

```
Time Elapsed: 25.482173 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.312306 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.322078 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.241154 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 23.174143 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.236453 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 26.140052 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.195554 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.243601 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 25.264168 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
k
```

۱۰.

اولین اجرای برنامه حاصل بدون موازی سازی است.

قسمت ۴ همین بخش هم حاصل موازی سازی شده بدون critical, atomic, reduction است.

اگر منظور از این بخش هندل کردن شرایط مسابقه بصورت دستی است این کار در فایل ضمیمه شده است (Part10.c) و نتیجه اجرا آن این است:

```
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ g++ -o Part10 Part10.c -lm -fopenmp
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./Part10
Serial Timings for 50000 iterations

Time Elapsed: 10.839891 Secs, Total = 30.655481, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.938521 Secs, Total = 30.652117, Check Sum = 49999
Time Elapsed: 10.763171 Secs, Total = 30.642100, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.615946 Secs, Total = 30.654757, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.993610 Secs, Total = 30.654456, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 13.509536 Secs, Total = 30.648082, Check Sum = 49999
Time Elapsed: 9.819308 Secs, Total = 30.649357, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 10.527426 Secs, Total = 30.656851, Check Sum = 49999
Time Elapsed: 13.808807 Secs, Total = 30.656069, Check Sum = 49999
Time Elapsed: 9.036526 Secs, Total = 30.655607, Check Sum = 50000
k
```

همانطور که مشاهده میکنیم کار را درست انجام میدهد منتها با خطای بسیار کم و خیلی بهتر نسبت به حالت های قبلی بررسی شده . بهتر است که دستی برای هندل کردن دیتای حیاتی عمل نکنیم .

## سوالات :

۱. در حالتی که تعداد نخ هارا تعیین نکنیم ، سیستم عامل به ازای هر هسته یک نخ میسازد. من با ماشین مجازی اجرا کردم که از دوهسته استفاده میکند پس دو نخ داریم که با (`omp_get_num_threads()`) هم چک کردم.

```
Serial Timings for 50000 iterations
Number of Threads = 2    Number of Threads = 2    Time Elapsed: 8.702780 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Time Elapsed: 9.322909 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Number of Threads = 2    Time Elapsed: 9.872574 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Time Elapsed: 9.334522 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Number of Threads = 2    Time Elapsed: 10.991201 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Number of Threads = 2    Time Elapsed: 10.895561 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Number of Threads = 2    Time Elapsed: 13.390760 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Time Elapsed: 12.253169 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Time Elapsed: 9.291437 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Number of Threads = 2    Time Elapsed: 10.345194 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
```

۲.

بله در این کد از `atomic` هم میتوان برای `sum` استفاده کرد چونکه آپدیت های ما ساده هستند. برای `total` هم میتوان استفاده کرد فقط اینکه داخل `if` باید تعریف شود ولی `critical` را بیرون `if` هم میتوان استفاده کرد.

۳.

خیر زمان اجرای بخش ۷ و ۹ فرق خاصی باهم ندارند که به ازای `VERYBIG = 50000` و ۲ تا نخ بررسی شد. به ازای ۱ نخ هم هردو برنامه سریال میشوند و فرقی باهم ندارند.

حال برنامه را با ۳ حالت زیر مقایسه میکنیم :

۱ - تعداد ۴ نخ و `VERYBIG = 50000` :

Reduction :

```
MMNazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 50000 iterations
Time Elapsed: 20.623530 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.505940 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.228861 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.770304 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.372981 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.120411 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.510583 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.489404 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.705701 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.413604 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
k
```

Critical :

```
MMNazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 50000 iterations
Time Elapsed: 20.729580 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.476659 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.324240 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.631963 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.506579 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.159358 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.363008 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.485820 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.828253 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
Time Elapsed: 20.542058 Secs, Total = 30.656747, Check Sum = 50000
k
```

در دو حالت زیر برای صرفه جویی در زمان تعداد تکرار به ۲ کاهش پیدا کرده .

۲ - تعداد ۲ نخ و VERYBIG = 100000 :

Reduction(پایین) :

Critical : (بالا)

```
MMNazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 100000 iterations
Time Elapsed: 101.898752 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
Time Elapsed: 101.508218 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
k
MMNazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ g++ -o main main.c -lm -fopenmp
MMNazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 100000 iterations
Time Elapsed: 101.461677 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
Time Elapsed: 100.651725 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
k
```

۳ - تعداد ۴ نخ و VERYBIG = 100000 :

Reduction (بالا) :

Critical (پایین) :

```
k
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ g++ -o main main.c -lm -fopenmp
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 100000 iterations

Time Elapsed: 81.134079 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
Time Elapsed: 81.922719 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
k
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ g++ -o main main.c -lm -fopenmp
mmnazari@MMNazari1380:~/Desktop/MP-Lab01$ ./main
Serial Timings for 100000 iterations

Time Elapsed: 81.398613 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
Time Elapsed: 79.420430 Secs, Total = 32.617277, Check Sum = 100000
k
```

با توجه به نتایج اجراها با افزایش تعداد نخ یا متغیر VERYBIG تغییر محسوسی بین دو حالت وجود ندارد .

تسریع را نمیتوان با دقت خوب و مطمئنی محاسبه کرد چونکه زمان اجرای برنامه در زمان های مختلف بنابر دلایل مختلف فرق میکند پس با توجه به حالات محاسبه شده ، حداقل و حداکثر آن را محاسبه میکنیم.

$\text{SpeedUp} = \text{Average Serial Time Elapsed} / \text{Average Parallel Time Elapsed}$

$\text{MAX}(\text{SpeedUp}) = 33.783 \text{ sec} / 20.474 \text{ sec} = 1.65$

$\text{MIN}(\text{SpeedUp}) = 11.374 \text{ sec} / 88.238 \text{ sec} = 0.13$

\* فایل کد ضمیمه شده است (main.c) ( در فایل کد فقط یک حالت اجرا نشان داده شده و بقیه حالت های دستور کار کامنت شده است ) .