

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ



Paralel ve Dağıtık Sistem Programlama
İşlem Yoğunluğuna Sahip Matrislerin İşlem Sürelerinin Hesaplanması

Oğulcan Uçarsu
185172014

ÖĞRETİM GÖREVLİSİ
DOÇ. DR. Hikmet Hakan GÜREL

KASIM 2019

1.Giriş

Matrisler, bilim ve alt dallarında kullanılan matematiksel hesaplama araçlarından bir tanesidir. Matris çarpımı, boyutları birbiri ile uyumlu 2 matrisin çarpılarak yeni bir matris oluşturulduğu matematiksel işlemdir. Matrislerin satır ve sütunlarının sayısı matrisin boyutu olarak bilinmektedir. Yüksek işlem sayısı ve performans içeren algoritmaların optimizasyonu yapılırken matris çarpımları kullanılmaktadır. 2 tane matrisi çarpabilmek için 1. matrisin sütun sayısı ile 2. matrisin satır sayısı aynı olmak zorundadır[1,2,3].

2.Yöntem

2 Kare matrisin çarpımı C programlama dili yazılacak kod parçacığı ile hesaplanacaktır. Matrisler çarpılırken kullanılan Bilgisayar'ın Bellek ve İşlemcisi üzerinde ki işlem seviyeleri ve yoğunlukları izlenecektir. Matris çarpımı yapacak olan Bilgisayar'ın özellikleri şu şekildedir.

- Marka: Asus
- İşlemci: Intel Core i7-4700HQ CPU 2.40 Ghz
- Bellek: 32 GB
- Sistem Türü: 64 bit, İşletim Sistemi Windows 10

Çarpılacak olan kare matrislerin, çarpım sürelerini en iyi şekilde görebilmek ve optimizasyonu sağlamak için aşağıda ki matris boyutlarına göre çarpımlar yapılacaktır. Çarpılacak 2 matrisinde boyutları aynı olacak şekilde belirlenmiştir.

- 500*500
- 1000*1000
- 1500*1500
- 2000*2000
- 2500*2500
- 3000*3000
- 3500*3500
- 4000*4000
- 4500*4500
- 5000*5000
- 6000*6000
- 7000*7000
- 8000*8000
- 9000*9000
- 10000*10000

2.1 Matris çarpımı yapacak olan kodun oluşturulması

Matris çarpımını yapacak olan kod yazılırken, C programlama dili kullanılmıştır. Sebebi ise C, C++, Fortran gibi programlama dilleri, paralel ve seri programlama yaparken de kullanılabildiği için ve MPI vb. paralel programlama kütüphaneleri ile uyumlu çalıştığı için tercih edilmiştir. C kodu yazılırken, 'Pointer' ve 'Malloc' mantıksal yapıları kullanılmıştır. Bu mantıksal yapıların kullanılma sebebi ise büyük matrislerin çarpımları yapıldığı için, matris elemanlarının 'stack' yerine 'heap'

üzerinde tutularak bellek problemi yaşamamasının önüne geçilmiştir. 'Pointer' ve 'Malloc' mantıksal yapıları kullanılmadığında, matris elemanları 'stack' üzerinde tutulacaktır. 'stack' üzerinde ki boyut sınırlı olduğu için program çalıştırıldığında hata alınabilir. Aşağıda ki şekillerde ilgili kod parçacıkları anlatılacaktır.

```
int r=10000, c=10000, len=0;
int *ptrFirst, *ptrSecond, *ptrFinally;
int **first,**second;
int **multiply;
int count = 0,i,j;
SYSTEMTIME t;

len = sizeof(int *) * r + sizeof(int) * c * r;

first = (int **)malloc(len);
second = (int **)malloc(len);
multiply = (int **)malloc(len);
```

Şekil – 1 Matris çarpımında kullanacağımız elemanların tanımlaması

İlk önce kullanılacak değişkenler tanımlanır. 'r' ve 'c' değişkenleri matrisin satır ve sütun sayısını ifade eder, 'len' olarak tanımlanan değişken ise matris çarpımında satır ve sütun elemanları sırasıyla çarpıldıktan sonra toplanarak sonuç matrisinde ki ilgili satır ve sütun elemanını bulmamıza yardımcı olacağı için bellekte o kadarlık yer ayrılır.

```
ptrFirst = (int *)(first + r);
ptrSecond = (int *)(second + r);
ptrFinally= (int *)(multiply + r);

for(i = 0; i < r; i++)
|   first[i] = (ptrFirst + c * i);

for(i = 0; i < r; i++)
|   second[i] = (ptrSecond + c * i);

for(i = 0; i < r; i++)
|   multiply[i] = (ptrFinally + c * i);

for (i = 0; i < r; i++)
|   for (j = 0; j < c; j++)
|       first[i][j] = rand()%21+10;

for (i = 0; i < r; i++)
|   for (j = 0; j < c; j++)
|       second[i][j] = rand()%21+10;

for(int i=0; i<r; ++i){
|   for(int j=0; j<c; ++j){
|       multiply[i][j]= 0;
|   }
}
```

Şekil – 2 Matrislere bellekte oluşturulması ve değerlerin atanması

Çarpım yapacak olan matrislerin ve çarpım sonucunu gösterecek olan matrisler içinde ilk önce bellek üzerinde değer ataması yapılır, daha sonra çarpım yapacak olan matrislere 21 ile 30 arasında ki sayılar 'rand' fonksiyonu kullanılarak random şekilde değerler atanır. Ayrıca sonucu gösterecek olduğumuz matris içinde bütün değerler ilk önce sıfır atanır.

```

GetLocalTime(&t);
printf("Year: %d, Month: %d, Day: %d, Hour: %d, Minute: %d, Second: %d, Millisecond: %d", t.wYear, t.wMonth, t.wDay, t.wHour, t.wMinute, t.wSecond, t.wMilliseconds);
printf("\n\n");
for(int i=0; i<n; ++i){
    for(int k=0; k<n; ++k){
        for(int j=0; j<n; ++j){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}
GetLocalTime(&t);
printf("Year: %d, Month: %d, Day: %d, Hour: %d, Minute: %d, Second: %d, Millisecond: %d", t.wYear, t.wMonth, t.wDay, t.wHour, t.wMinute, t.wSecond, t.wMilliseconds);
printf("\n\n");

```

Şekil – 3 Matris çarpımı yapan kod parçacığı.

500*500'den 10000*10000'e kadar sırayla belirlenen matrisler yukarıda ki matris çarpımı yapan kod parçacığı ile sonuç matrisini oluşturacaktır. En içte bulunan 'for' döngüsü içerisinde ki kod parçası her bir adımda sonuç matrisinin bir elemanını hesaplar.

2.2 Belirlenen matrislerin çarpım sonuçları ve işlemci üzerinde ki performans durumu

Aşağıda 500*500'den 10000*10000'e kadar belirlenen matrislerin çarpım sonuçlarının değerlendirilmesi yapılacaktır.

- 500*500 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 770 Milisaniye'de işlem tamamlanmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\simst1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute: 31, Second: 17, Millisecond: 676
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute: 31, Second: 18, Millisecond: 446
-----
Process exited after 0.8635 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 4 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.

Görev Yöneticisi					
Dosya Seçenekler Görüntüle					
İşlemler Performans Uygulama geçmişi Başlangıç Kullanıcılar Ayrıntılar Hizmetler					
Ad	Durum	%8 CPU	%10 Bellek	%1 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (4)					
> ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%0,5	9,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Dev-C++ IDE (32 bit)		%0,1	30,6 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Görev Yöneticisi		%1,9	22,3 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Windows Gezini		%0,5	56,8 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (62)					

Şekil – 5 Bellek ve işlemci performansı

- 1000*1000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 8 Saniye 409 Milisaniye'de işlem tamamlanmıştır.

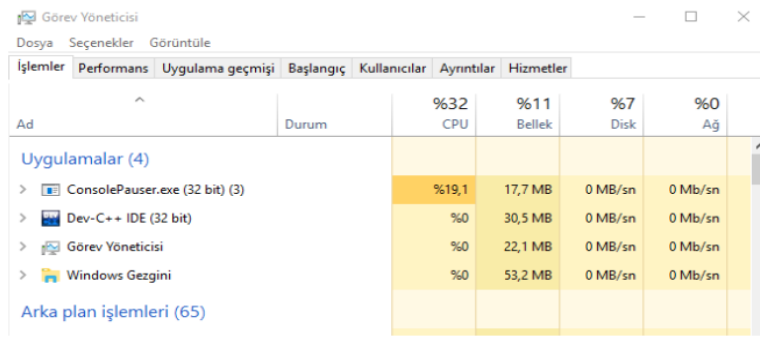
```

C:\Users\ogulc\Desktop\simst1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute: 37, Second: 2, Millisecond: 601
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute: 37, Second: 10, Millisecond: 10
-----
Process exited after 7.465 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 6 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%32 CPU	%11 Bellek	%7 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (4)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%19,1	17,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0	22,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Windows Gezini		%0	53,2 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (65)					

Şekil – 7 Bellek ve işlemci performansı

- 1500*1500 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 39 Saniye 912 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\simisiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:38, Second: 50, Millisecond: 486
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:39, Second: 30, Millisecond: 398
-----
Process exited after 40.1 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 8 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%30 CPU	%11 Bellek	%16 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%17,9	32,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0,3	22,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (64)					

Şekil – 9 Bellek ve işlemci performansı

- 2000*2000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 1 Dakika 11 Saniye 5 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\simisiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:41, Second: 0, Millisecond: 380
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:42, Second: 11, Millisecond: 385
-----
Process exited after 71.22 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 10 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%21 CPU	%11 Bellek	%1 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%18,4	52,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0	22,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (62)					

Şekil – 11 Bellek ve işlemci performansı

- 2500*2500 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 3 Dakika 17 Saniye 409 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.


```

C:\Users\ogulc\Desktop\İşimsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:44, Second: 2, Millisecond: 96
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:47, Second: 19, Millisecond: 505
-----
Process exited after 197.7 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 12 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%21 CPU	%11 Bellek	%0 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%18,3	77,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0,3	22,2 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (62)					

Şekil – 13 Bellek ve işlemci performansı

- 3000*3000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 5 dakika 36 Saniye 538 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\İşimsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:51, Second: 7, Millisecond: 830
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:56, Second: 42, Millisecond: 368
-----
Process exited after 334.9 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 14 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%19 CPU	%11 Bellek	%0 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%18,4	109,2 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0	22,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (56)					

Şekil – 15 Bellek ve işlemci performansı

- 3500*3500 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 11 Dakika 227 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

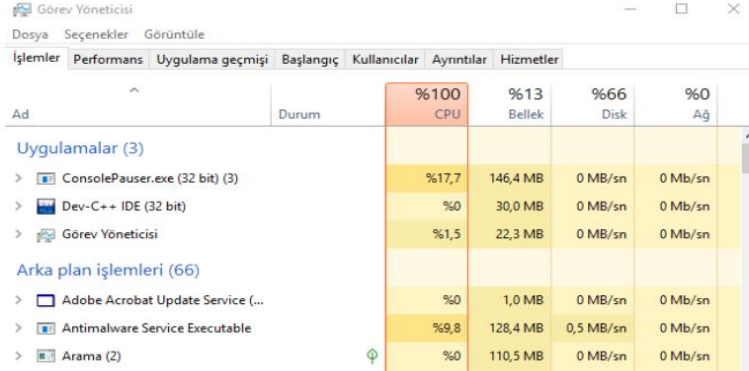
```

C:\Users\ogulc\Desktop\simisiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 22, Minute:59, Second: 21, Millisecond: 521
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:10, Second: 21, Millisecond: 748
-----
Process exited after 660.7 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 16 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%100 CPU	%13 Bellek	%66 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%17,7	146,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%1,5	22,3 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (66)					
Adobe Acrobat Update Service (...)		%0	1,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Antimalware Service Executable		%9,8	128,4 MB	0,5 MB/sn	0 Mb/sn
Arama (2)		%0	110,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn

Şekil – 17 Bellek ve işlemci performansı

- 4000*4000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 12 Dakika 1 Saniye 227 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

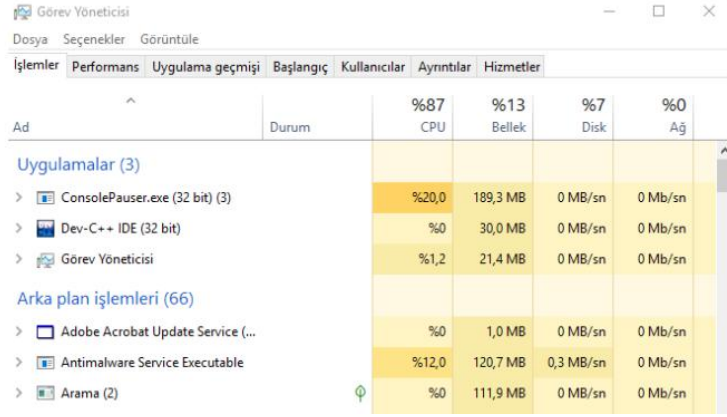
```

C:\Users\ogulc\Desktop\simisiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:15, Second: 21, Millisecond: 853
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:27, Second: 33, Millisecond: 574
-----
Process exited after 732.4 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 18 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%87 CPU	%13 Bellek	%7 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%20,0	189,3 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%1,2	21,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (66)					
Adobe Acrobat Update Service (...)		%0	1,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Antimalware Service Executable		%12,0	120,7 MB	0,3 MB/sn	0 Mb/sn
Arama (2)		%0	111,9 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn

Şekil – 19 Bellek ve işlemci performansı

- 4500*4500 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 23 Dakika 30 Saniye 818 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\simtsiz.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:32, Second: 1, Millisecond: 527
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:55, Second: 22, Millisecond: 345
-----
Process exited after 1402 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 20 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%28 CPU	%13 Bellek	%3 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%17,4	238,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0	22,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (62)					

Şekil – 21 Bellek ve işlemci performansı

- 5000*5000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 27 Dakika 56 Saniye 291 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\simtsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 2, Hour: 23, Minute:56, Second: 44, Millisecond: 80
Year: 2019, Month: 11, Day: 3, Hour: 0, Minute:24, Second: 40, Millisecond: 371
-----
Process exited after 1677 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 22 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.

Ad	Durum	%31 CPU	%13 Bellek	%0 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%17,6	292,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	30,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0,7	30,6 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (61)					

Şekil – 23 Bellek ve işlemci performansı

- 6000*6000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 45 Dakika 41 Saniye 977 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\İsimsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 3, Hour: 1, Minute:11, Second: 40, Millisecond: 255
Year: 2019, Month: 11, Day: 3, Hour: 1, Minute:57, Second: 22, Millisecond: 232
-----
Process exited after 2743 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 24 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.

Ad	Durum	%35 CPU	%11 Bellek	%3 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%17,5	418,3 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	27,9 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%0,5	23,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (55)					

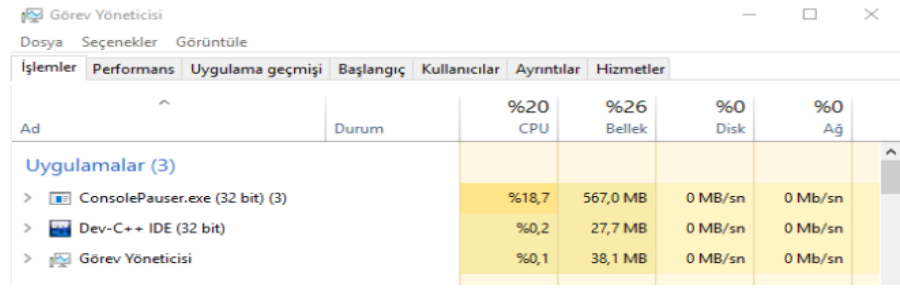
Şekil – 25 Bellek ve işlemci performansı

- 7000*7000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 1 Saat 19 Dakika 9 Saniye 574 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

```
C:\Users\ogulc\Desktop\İsimsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 3, Hour: 22, Minute:53, Second: 51, Millisecond: 923
Year: 2019, Month: 11, Day: 4, Hour: 0, Minute:13, Second: 1, Millisecond: 497
-----
Process exited after 4751 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 26 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%20 CPU	%26 Bellek	%0 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
> ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%18,7	567,0 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Dev-C++ IDE (32 bit)		%0,2	27,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Görev Yöneticisi		%0,1	38,1 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn

Şekil – 27 Bellek ve işlemci performansı

- 8000*8000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 2 Saat 4 Dakika 50 Saniye 571 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

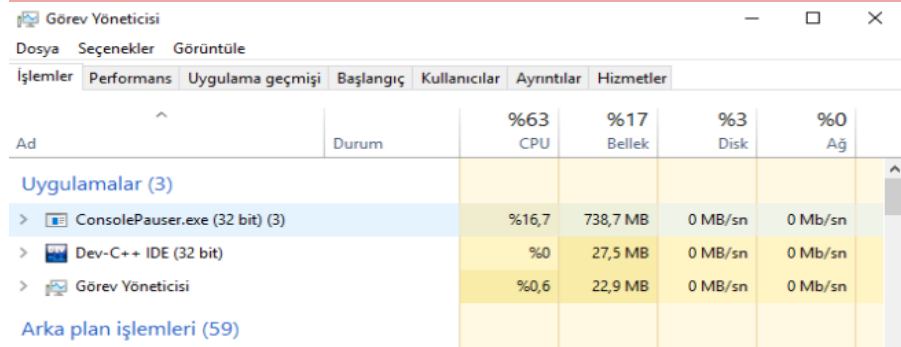
```

C:\Users\ogulc\Desktop\simst1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 6, Hour: 0, Minute:24, Second: 19, Millisecond: 817
Year: 2019, Month: 11, Day: 6, Hour: 2, Minute:29, Second: 10, Millisecond: 388
-----
Process exited after 7491 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 28 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%63 CPU	%17 Bellek	%3 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
> ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%16,7	738,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	27,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
> Görev Yöneticisi		%0,6	22,9 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arka plan işlemleri (59)					

Şekil – 29 Bellek ve işlemci performansı

- 9000*9000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 3 Saat 1 Dakika 21 Saniye 949 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

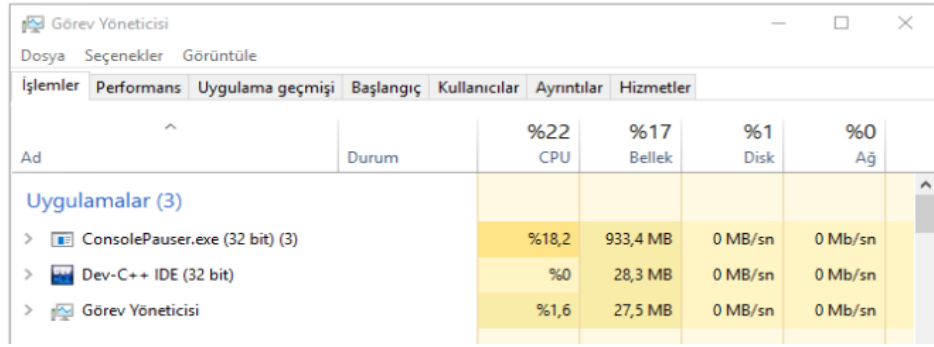
```

C:\Users\ogulc\Desktop\simst1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 8, Hour: 23, Minute:54, Second: 15, Millisecond: 457
Year: 2019, Month: 11, Day: 9, Hour: 2, Minute:55, Second: 37, Millisecond: 400
-----
Process exited after 1.088e+004 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 30 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%22 CPU	%17 Bellek	%1 Disk	%0 Ağ
Uygulamalar (3)					
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%18,2	933,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Dev-C++ IDE (32 bit)		%0	28,3 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Görev Yöneticisi		%1,6	27,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn

Şekil – 31 Bellek ve işlemci performansı

- 10000*10000 matris
 - İşlem süresi aşağıda ki şekilde gösterilmiştir. 4 Saat 1 Dakika 13 Saniye 271 Milisaniye’de işlem tamamlanmıştır.

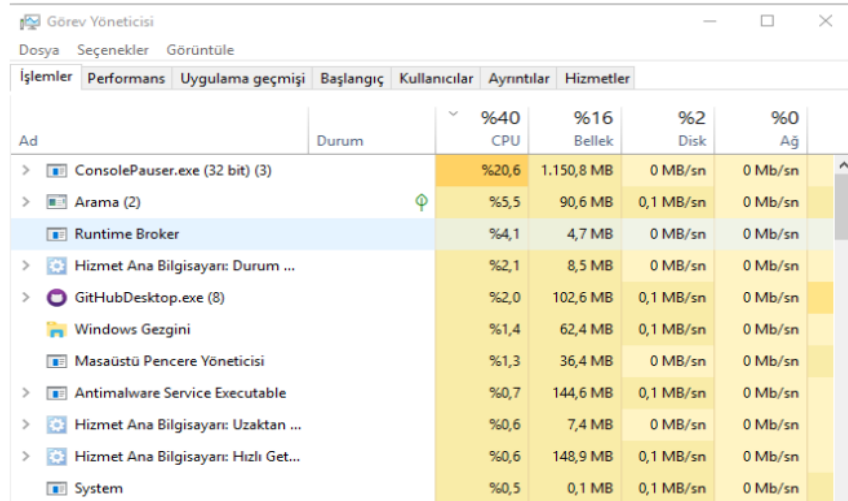
```

C:\Users\ogulc\Desktop\şimsiz1.exe
Year: 2019, Month: 11, Day: 12, Hour: 0, Minute:3, Second: 27, Millisecond: 812
Year: 2019, Month: 11, Day: 12, Hour: 4, Minute:4, Second: 41, Millisecond: 183
-----
Process exited after 1.448e+004 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 32 İşlem süresi

- Çarpım anında bellek ve işlemcinin durumu aşağıda ki şekilde gösterilmiştir.



Ad	Durum	%40 CPU	%16 Bellek	%2 Disk	%0 Ağ
ConsolePauser.exe (32 bit) (3)		%20,6	1.150,8 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Arama (2)		%5,5	90,6 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn
Runtime Broker		%4,1	4,7 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Hizmet Ana Bilgisayarı: Durum ...		%2,1	8,5 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
GitHubDesktop.exe (8)		%2,0	102,6 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn
Windows Gezgini		%1,4	62,4 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn
Masaüstü Pencere Yöneticisi		%1,3	36,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Antimalware Service Executable		%0,7	144,6 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn
Hizmet Ana Bilgisayarı: Uzaktan ...		%0,6	7,4 MB	0 MB/sn	0 Mb/sn
Hizmet Ana Bilgisayarı: Hızlı Get...		%0,6	148,9 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn
System		%0,5	0,1 MB	0,1 MB/sn	0 Mb/sn

Şekil – 33 Bellek ve işlemci performansı

İşlem süreleri katlayarak artan bir süre biçimde artmaktadır. Bellek ve işlemci performansları incelendiğinde bütün çarpımlarda, çarpım esnasında işlemci %17-20 arasında çalışmaktadır. Sürekli bu aralıkta çalışma sebebi ise Windows işletim sistemlerinde tek ‘thread’ üzerinde işlemi yapıyor olmasından dolayı %20 sınırını geçmemektedir. Çarpım işlemi olduğu sırada bilgisayara ‘I/O’ işlemi geldiğinde işlemci tavan yapmaktadır. Bellekte ise ilgili matrislerin boyutları kadar yer ayırdığımız için boyut büyüdükçe bellekte ayrılan miktar büyümektedir.

2.2 En hızlı çarpım yapan ‘for’ döngüsünün bulunması

2 Matrisin çarpımını gerçekleştiren kod parçasında, iç içe 3 tane ‘for’ döngüsü bulunmaktadır. Çarpma işlemi bu 3 ‘for’ döngüsünün bitmesi ile sonuçlanmaktadır. ‘for’ döngüsünde bulunan kod parçasığında ki basit değişiklikler ile ön bellek kullanım optimizasyonu değiştirilerek matrislerin daha hızlı çarpması sağlanmaktadır. 3 ‘for’ döngüsünde bulunan i,j,k elemanlarının sıraları değiştirilerek 6 farklı sonuç elde edilmektedir. Aşağıda ilk önce 6 farklı çarpma işleminin kod parçası ve 2000, 6000, 10000 boyutlu dizilerin 6 farklı çarpma sırasına göre çarpma süreleri bulunmaktadır.

```
//i, j1, j2, k
for(int i=0; i<r; ++i){
    for(int j=0; j<r; ++j){
        for(int k=0; k<r; ++k){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}

// j, i1, i2, k
for(int j=0; j<r; ++j){
    for(int i=0; i<r; ++i){
        for(int k=0; k<r; ++k){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}

// i, k1, k2, j
for(int i=0; i<r; ++i){
    for(int k=0; k<r; ++k){
        for(int j=0; j<r; ++j){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}

// k, i1, i2, j
for(int k=0; k<r; ++k){
    for(int i=0; i<r; ++i){
        for(int j=0; j<r; ++j){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}

//j, k1, k2, i
for(int j=0; j<r; ++j){
    for(int k=0; k<r; ++k){
        for(int i=0; i<r; ++i){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}

//k, j1, j2, i
for(int k=0; k<r; ++k){
    for(int j=0; j<r; ++j){
        for(int i=0; i<r; ++i){
            multiply[i][k] += first[i][j]*second[j][k];
        }
    }
}
```

Şekil – 34 6 farklı varyasyona göre matris işlemi

- 2000*2000 matrisin 6 farklı ‘for’ döngüsüne göre işlem süresi sonuçları şu şekildedir.
 - i, j1, j2, k -> 35 Saniye 434 Milisaniye (1)
 - j, i1, i2, k -> 35 Saniye 598 Milisaniye (2)
 - i, k1, k2, j -> 1 Dakika 10 Saniye 949 Milisaniye (4)
 - k, i1, i2, j -> 59 Saniye 194 Milisaniye (3)
 - j, k1, k2, i -> 2 Dakika 36 Saniye 495 Milisaniye (6)
 - k, j1, j2, i -> 2 Dakika 34 Saniye 254 Milisaniye (5)

```

C:\Users\ogulc\Desktop\Da-4k Sistemler\simsiz1.exe
i, j1, j2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:38, Second: 51, Millisecond: 882
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:39, Second: 27, Millisecond: 316
i, j1, j2, k bitti
j, i1, i2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:39, Second: 27, Millisecond: 317
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:40, Second: 2, Millisecond: 915
j, i1, i2, k bitti
i, k1, k2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:40, Second: 2, Millisecond: 916
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:41, Second: 13, Millisecond: 865
i, k1, k2, j bitti
k, i1, i2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:41, Second: 13, Millisecond: 867
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:42, Second: 12, Millisecond: 957
k, i1, i2, j bitti
j, k1, k2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:42, Second: 12, Millisecond: 960
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:44, Second: 49, Millisecond: 455
j, k1, k2, i bitti
k, j1, j2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:44, Second: 49, Millisecond: 456
Year: 2019, Month: 11, Day: 18, Hour: 23, Minute:47, Second: 23, Millisecond: 710
k, j1, j2, i bitti

```

Şekil – 35 6 farklı varyasyona göre çarpım sonucu

- 6000*6000 matrisin 6 farklı 'for' döngüsüne göre işlem süresi sonuçları şu şekildedir.
 - i, j1, j2, k -> 15 Dakika 26 Saniye 382 Milisaniye (1)
 - j, i1, i2, k -> 15 Dakika 30 Saniye 749 Milisaniye (2)
 - i, k1, k2, j -> 44 Dakika 41 Saniye 261 Milisaniye (4)
 - k, i1, i2, j -> 39 Dakika 32 Saniye 814 Milisaniye (3)
 - j, k1, k2, i -> 1 Saat 42 Dakika 16 Saniye 634 Milisaniye (6)
 - k, j1, j2, i -> 1 Saat 41 Dakika 36 Saniye 372 Milisaniye (5)

```

C:\Users\ogulc\Desktop\Da-İk Sistemler\simisiz1.exe
i, j1, j2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 21, Minute:37, Second: 40, Millisecond: 899
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 21, Minute:53, Second: 7, Millisecond: 281
i, j1, j2, k bitti
j, i1, i2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 21, Minute:53, Second: 7, Millisecond: 282
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 22, Minute:8, Second: 38, Millisecond: 31
j, i1, i2, k bitti
i, k1, k2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 22, Minute:8, Second: 38, Millisecond: 32
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 22, Minute:53, Second: 19, Millisecond: 293
i, k1, k2, j bitti
k, i1, i2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 22, Minute:53, Second: 19, Millisecond: 294
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 23, Minute:32, Second: 52, Millisecond: 108
k, i1, i2, j bitti
j, k1, k2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 19, Hour: 23, Minute:32, Second: 52, Millisecond: 111
Year: 2019, Month: 11, Day: 20, Hour: 1, Minute:15, Second: 8, Millisecond: 745
j, k1, k2, i bitti
k, j1, j2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 20, Hour: 1, Minute:15, Second: 8, Millisecond: 746
Year: 2019, Month: 11, Day: 20, Hour: 2, Minute:56, Second: 45, Millisecond: 118
k, j1, j2, i bitti
-----
Process exited after 1.915e+004 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 36 6 farklı varyasyona göre çarpım sonucu

- 10000*10000 matrisin 6 farklı ‘for’ döngüsüne göre işlem süresi sonuçları şu şekildedir.
 - i, j1, j2, k -> 1 Saat 2 Dakika 25 Saniye 313 Milisaniye (1)
 - j, i1, i2, k -> 1 Saat 12 Dakika 45 Saniye 092 Milisaniye (2)
 - i, k1, k2, j -> 3 Saat 52 Dakika 43 Saniye 359 Milisaniye (4)
 - k, i1, i2, j -> 3 Saat 26 Dakika 12 Saniye 683 Milisaniye (3)
 - j, k1, k2, i -> 8 Saat 9 Dakika 54 Saniye 515 Milisaniye (6)
 - k, j1, j2, i -> 8 Saat 7 Dakika 19 Saniye 395 Milisaniye (5)

```

C:\Users\ogulc\Desktop\Da-İk Sistemler\simsiz1.exe
i, j1, j2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 1, Minute:26, Second: 37, Millisecond: 589
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 2, Minute:39, Second: 2, Millisecond: 902
i, j1, j2, k bitti
j, i1, i2, k basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 2, Minute:39, Second: 2, Millisecond: 902
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 3, Minute:51, Second: 47, Millisecond: 994
j, i1, i2, k bitti
i, k1, k2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 3, Minute:51, Second: 47, Millisecond: 995
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 7, Minute:44, Second: 31, Millisecond: 354
i, k1, k2, j bitti
k, i1, i2, j basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 7, Minute:44, Second: 31, Millisecond: 355
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 11, Minute:10, Second: 44, Millisecond: 38
k, i1, i2, j bitti
j, k1, k2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 11, Minute:10, Second: 44, Millisecond: 40
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 19, Minute:20, Second: 38, Millisecond: 555
j, k1, k2, i bitti
k, j1, j2, i basladi
Year: 2019, Month: 11, Day: 22, Hour: 19, Minute:20, Second: 38, Millisecond: 557
Year: 2019, Month: 11, Day: 23, Hour: 3, Minute:27, Second: 57, Millisecond: 952
k, j1, j2, i bitti
  
```

Şekil – 37 6 farklı varyasyona göre çarpım sonucu

3 farklı Matris çarpımı incelendiğinde, en hızlı çarpım yapan ‘for’ döngüsünün **i, j1, j2, k** sırasında olan döngü olduğu anlaşılmıştır. En yavaş çarpım yapan ‘for’ döngüsünün **j, k1, k2 i** sırasında olan döngü olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bütün matris çarpımlarında, 6 tane for döngüsünün en hızlıdan en yavaşa olan sırası hiçbir zaman değişmemesi gerekmektedir.

2.2 Seri programın hızlandırılması ve optimizasyonu

İlgili matris çarpımı yapılırken, sırası ile 3 tane ‘for’ döngüsü çalışarak, sonuç matrisinde ki her bir satır ve sütun elemanları bulunmaktadır. Matris çarpımının hızlandırılıp optimize edilmesi için, bir çok yol bulunmaktadır. Bu bölümde optimizasyon işlemi ‘loop-unrolling’ metodu ile sağlanacaktır.

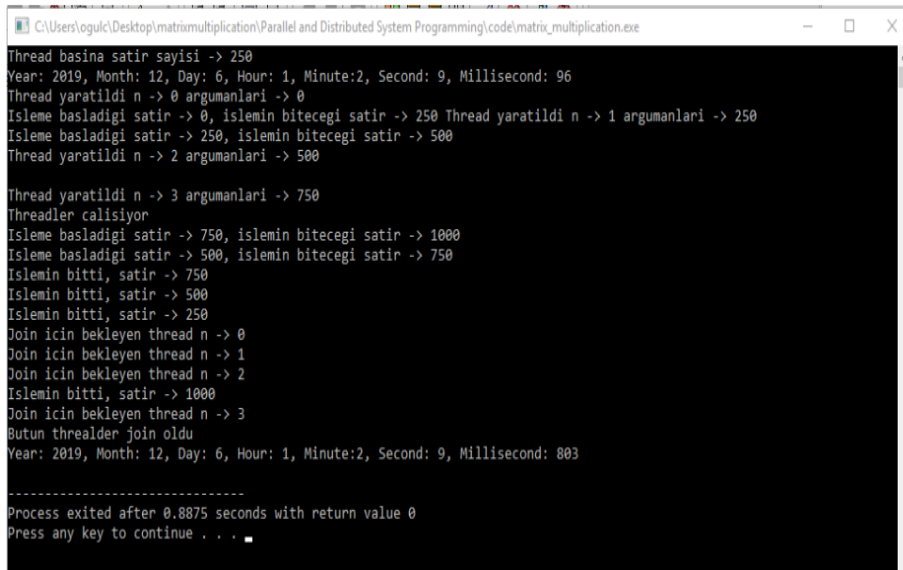
‘loop-unrolling’ optimizasyonu Türkçe’de döngü açma olarak bilinmektedir. Programın çalışma süresini en iyiye getiren bir tekniktir. Temel olarak döngülerin sayısını azaltır veya kaldırır[4,5,6]. Matris çarpımında ise, ‘threadler’ kullanılarak döngülerin sayısı farklı ‘threadlere’

paylaştırılarak hızlanma kaydedilmesi hedeflenmektedir. ‘threadler’ kullanılarak, optimizasyon sağlanacak matris çarpımları aşağıdaki şekildedir.

- 1000*1000
- 2000*2000
- 2500*2500
- 3000*3000
- 4000*4000
- 5000*5000
- 6000*6000
- 10000*10000

Matrisler çarpılırken, 4 tane ‘thread’ üzerinde işlemler yapılacaktır. Her bir ‘threadin’ oluşturulmasında, işlemin yapılmasında ve ‘threadlerin’ sonucu oluştururken hata durumları kontrol edilecektir. Her bir ‘threade’ hangi satır ve sütunları çarpılacağı bilgisi verilerek, aynı anda birden fazla satır ve sütun üzerinde çarpma işlemi olacağı için döngü sayısı azalmış olacaktır[7,8].

- 1000*1000 2 matris çarpımının 4 ‘thread’ ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 707 Milisaniye.



```
C:\Users\ogulc\Desktop\matrimultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satır sayısı -> 250
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:2, Second: 9, Millisecond: 96
Thread yaratildi n -> 0 argumanlari -> 0
Isleme basladigi satir -> 0, islemin bitecegi satir -> 250 Thread yaratildi n -> 1 argumanlari -> 250
Isleme basladigi satir -> 250, islemin bitecegi satir -> 500
Thread yaratildi n -> 2 argumanlari -> 500

Thread yaratildi n -> 3 argumanlari -> 750
Threadler calisiyor
Isleme basladigi satir -> 750, islemin bitecegi satir -> 1000
Isleme basladigi satir -> 500, islemin bitecegi satir -> 750
Islemin bitti, satir -> 750
Islemin bitti, satir -> 500
Islemin bitti, satir -> 250
Join için bekleyen thread n -> 0
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
Islemin bitti, satir -> 1000
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threaller join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:2, Second: 9, Millisecond: 803

-----
Process exited after 0.8875 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 38 1000*1000 matrisin 4 ‘thread’ ile çarpım sonucu

- 2000*2000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 17 Saniye 446 Milisaniye.
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %65-70 arasında çalışmıştır.
 - En iyi i,j,k sıralamasına göre 2 kat daha hızlı çalışmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\matrixmultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_mult...
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:3, Second: 21, Millisecond: 70
Thread yaratildi n -> 0 argumanlari -> 0
Isleme basladigi satir -> 0, islemin bitecegi satir -> 500
Isleme basladigi satir -> 500, islemin bitecegi satir -> 1000
Thread yaratildi n -> 1 argumanlari -> 500
Thread yaratildi n -> 2 argumanlari -> 1000
Isleme basladigi satir -> 1000, islemin bitecegi satir -> 1500 Thread yaratildi n -> 3 arguma
nları -> 1500Isleme basladigi satir -> 1500, islemin bitecegi satir -> 2000

Threadler calisiyor

Islemin bitti, satir -> 500
Join için bekleyen thread n -> 0
Islemin bitti, satir -> 1000
Islemin bitti, satir -> 2000
Join için bekleyen thread n -> 1
Islemin bitti, satir -> 1500
Join için bekleyen thread n -> 2
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threaldler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:3, Second: 38, Millisecond: 516

-----
Process exited after 17.66 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 39 2000*2000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 2500*2500 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 39 Saniye 36 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %65-70 arasında çalışmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\matrixmultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basina satir sayisi -> 625
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:5, Second: 23, Millisecond: 753
Thread yaratildi n -> 0 argumanlari -> 0
Isleme basladigi satir -> 0, islemin bitecegi satir -> 625
Thread yaratildi n -> 1 argumanlari -> 625
Isleme basladigi satir -> 625, islemin bitecegi satir -> 1250
Thread yaratildi n -> 2 argumanlari -> 1250
Isleme basladigi satir -> 1250, islemin bitecegi satir -> 1875 Thread yaratildi n -> 3 argumanlari -> 1875
Isleme basladigi satir -> 1875, islemin bitecegi satir -> 2500

Threadler calisiyor

Islemin bitti, satir -> 1875
Islemin bitti, satir -> 2500
Islemin bitti, satir -> 1250
Islemin bitti, satir -> 625
Join için bekleyen thread n -> 0
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threaldler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:6, Second: 2, Millisecond: 789

-----
Process exited after 39.32 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 40 2500*2500 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 3000*3000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 1 Dakika 7 Saniye 883 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %70-75 arasında çalışmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\matrimultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satır sayısı -> 750
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute: 7, Second: 42, Millisecond: 516
Thread yaratıldı n -> 0 argumanlari -> 0
İsleme basladığı satır -> 0, islemin biteceği satır -> 750
Thread yaratıldı n -> 1 argumanlari -> 750
İsleme basladığı satır -> 750, islemin biteceği satır -> 1500
Thread yaratıldı n -> 2 argumanlari -> 1500
İsleme basladığı satır -> 1500, islemin biteceği satır -> 2250 Thread yaratıldı n -> 3 argumanlari -> 2250
Threadler çalışıyor
İsleme basladığı satır -> 2250, islemin biteceği satır -> 3000

İslemin bitti, satır -> 2250
İslemin bitti, satır -> 1500
İslemin bitti, satır -> 3000
İslemin bitti, satır -> 750
Join için bekleyen thread n -> 0
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threadler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute: 8, Second: 50, Millisecond: 399

-----
Process exited after 68.25 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 41 3000*3000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 4000*4000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 3 Dakika 32 Saniye 372 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %70-100 arasında çalışmıştır.

```

C:\Users\ogulc\Desktop\matrimultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satır sayısı -> 1000
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute: 10, Second: 34, Millisecond: 942
Thread yaratıldı n -> 0 argumanlari -> 0
İsleme basladığı satır -> 0, islemin biteceği satır -> 1000 Thread yaratıldı n -> 1 argumanlari -> 1000
İsleme basladığı satır -> 1000, islemin biteceği satır -> 2000
İsleme basladığı satır -> 2000, islemin biteceği satır -> 3000
Thread yaratıldı n -> 2 argumanlari -> 2000

Thread yaratıldı n -> 3 argumanlari -> 3000
Threadler çalışıyor
İsleme basladığı satır -> 3000, islemin biteceği satır -> 4000
İslemin bitti, satır -> 4000
İslemin bitti, satır -> 1000
Join için bekleyen thread n -> 0
İslemin bitti, satır -> 3000
İslemin bitti, satır -> 2000
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threadler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute: 14, Second: 7, Millisecond: 324

-----
Process exited after 213 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 42 4000*4000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 5000*5000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 7 Dakika 16 Saniye 608 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %70-100 arasında çalışmıştır.

```

C:\Users\ogul\Desktop\matrixmultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satır sayısı -> 1250
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:16, Second: 5, Millisecond: 487
Thread yaratıldı n -> 0 argumanlari -> 0
İsleme başladığı satır -> 0, işlemin biteceği satır -> 1250 Thread yaratıldı n -> 1 argumanlari -> 1250
İsleme başladığı satır -> 1250, işlemin biteceği satır -> 2500 Thread yaratıldı n -> 2 argumanlari -> 2500
Thread yaratıldı n -> 3 argumanlari -> 3750
Threadler çalışıyor

İsleme başladığı satır -> 2500, işlemin biteceği satır -> 3750
İsleme başladığı satır -> 3750, işlemin biteceği satır -> 5000
İslemin bitti, satır -> 3750
İslemin bitti, satır -> 2500
İslemin bitti, satır -> 1250
Join için bekleyen thread n -> 0
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
İslemin bitti, satır -> 5000
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threadler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:23, Second: 22, Millisecond: 95

-----
Process exited after 437.6 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 43 5000*5000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 6000*6000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 12 Dakika 46 Saniye 284 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %70-100 arasında çalışmıştır.
 - En iyi i,j,k sıralamasına göre 3 dakika daha hızlı çalışmıştır.

```

C:\Users\ogul\Desktop\matrixmultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satır sayısı -> 1500
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:25, Second: 27, Millisecond: 323
Thread yaratıldı n -> 0 argumanlari -> 0
İsleme başladığı satır -> 0, işlemin biteceği satır -> 1500
İsleme başladığı satır -> 1500, işlemin biteceği satır -> 3000
Thread yaratıldı n -> 1 argumanlari -> 1500
Thread yaratıldı n -> 2 argumanlari -> 3000
İsleme başladığı satır -> 3000, işlemin biteceği satır -> 4500 Thread yaratıldı n -> 3 argumanlari -> 4500İsleme başladı
gi satır -> 4500, işlemin biteceği satır -> 6000
Threadler çalışıyor

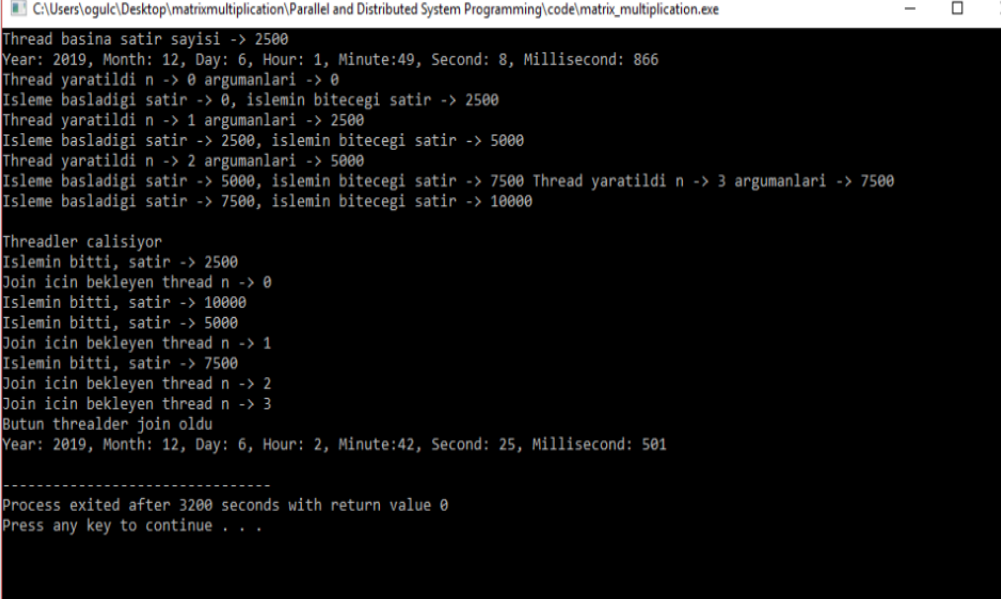
İslemin bitti, satır -> 1500
Join için bekleyen thread n -> 0
İslemin bitti, satır -> 4500
İslemin bitti, satır -> 6000
İslemin bitti, satır -> 3000
Join için bekleyen thread n -> 1
Join için bekleyen thread n -> 2
Join için bekleyen thread n -> 3
Butun threadler join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:38, Second: 13, Millisecond: 607

-----
Process exited after 767.5 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .

```

Şekil – 44 6000*6000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

- 10000*10000 2 matris çarpımının 4 'thread' ile çarpım sonucu
 - İşlem süresi 54 Dakika 8 Saniye 635 Milisaniye
 - CPU durumu, çarpım işlemi süresince %70-100 arasında çalışmıştır.
 - En iyi i,j,k sıralamasına göre 8 dakika daha hızlı çalışmıştır.



```
C:\Users\ogulc\Desktop\matrixmultiplication\Parallel and Distributed System Programming\code\matrix_multiplication.exe
Thread basına satir sayisi -> 2500
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 1, Minute:49, Second: 8, Millisecond: 866
Thread yaratildi n -> 0 argumanlari -> 0
Isleme basladigi satir -> 0, islemin bitecegi satir -> 2500
Thread yaratildi n -> 1 argumanlari -> 2500
Isleme basladigi satir -> 2500, islemin bitecegi satir -> 5000
Thread yaratildi n -> 2 argumanlari -> 5000
Isleme basladigi satir -> 5000, islemin bitecegi satir -> 7500 Thread yaratildi n -> 3 argumanlari -> 7500
Isleme basladigi satir -> 7500, islemin bitecegi satir -> 10000

Threadler calisiyor
Islemin bitti, satir -> 2500
Join icin bekleyen thread n -> 0
Islemin bitti, satir -> 10000
Islemin bitti, satir -> 5000
Join icin bekleyen thread n -> 1
Islemin bitti, satir -> 7500
Join icin bekleyen thread n -> 2
Join icin bekleyen thread n -> 3
Butun threalder join oldu
Year: 2019, Month: 12, Day: 6, Hour: 2, Minute:42, Second: 25, Millisecond: 501

-----
Process exited after 3200 seconds with return value 0
Press any key to continue . . .
```

Şekil – 45 10000*10000 matrisin 4 'thread' ile çarpım sonucu

Referanslar

1. Young C.Y. Precalculus. John Wiley Sons, 2010.
2. Leise K.B.T. The linear algebra behind Google, SIAM Review, 48:3 569-581, 2006
3. Godsil C.R. Gordon Algebraic Graph Theory, Springer-Verlag, 2004.
4. <https://www.d.umn.edu/~gshute/arch/loop-unrolling.xhtml>
5. http://astroa.physics.metu.edu.tr/MANUALS/intel_ifc/mergedProjects/optaps_for/common/optaps_hlo_unrl.htm
6. <https://www.geeksforgeeks.org/loop-unrolling/>
7. <https://www.includehelp.com/articles/threading-in-c-programming-language-with-gcc-linux.aspx>
8. <https://www.tutorialspoint.com/multithreading-in-c>

