Sistem modeli

- Multiprogramming ortamlarda çok sayıda process sınırlı kaynağı kullanmak için yarışır.
- Bir process bir kaynağa istek yaptığında, kaynak dolu ise bekleme durumuna geçer.
- **Bekleme durumundaki process, bazı durumlarda hiçbir zaman durumunu değiştiremez.** Buna deadlock (kilitlenme) denir.
- İşletim sistemleri genellikle deadlock önleme mekanizmalarını sağlamazlar.
- **Program geliştiricinin deadlock oluşmayacak şekilde program geliştirmesi gereklidir.**

Sistem modeli

- **Bir sistemdeki kaynaklar, CPU cycle, dosyalar, I/O cihazları (yazıcı, DVD sürücü) gibi farklı türdedir.**
- Bir kaynaktan birden fazla varsa (2 CPU, farklı noktalardaki 2 yazıcı), bu kaynakların da birbirinden ayrılması gereklidir.
- Bir process, bir kaynağı kullanmadan önce istek yapar **(request)**, kullandıktan sonra da serbest bırakır **(release)**.
- Bir process bir kaynağı aşağıdaki sırayla kullanır:
  - Request: Process kaynağa istek yapar. **Kaynak kullanılabilir değilse bekler.**
  - Use: Process kaynak üzerindeki **işlemini gerçekleştirir.**
  - Release: Process kaynağı serbest bırakır.
- **Cihaz** için **request()** ve **release()**, **dosya** için **open()** ve **close()**, **hafıza** için **allocate()** ve **free()** şeklindedir.

Sistem modeli

- **Request** ve **release** işlemleri, **semaforlar** için **wait()** ve **signal()**, **mutex kilitlemesi** için **acquire()** ve **release()** şeklinde tanımlanabilir.
- İşletim sistemleri **kaynakların boş veya atanmış olduğunu bir tablo ile tutarlar.**
- Kaynaklar, **fiziksel** (yazıcı, hafıza alanı, …) veya **mantıksal** (semafor, mutex lock) olabilir.
- Bir sistemde, 3 tane CD WR sürücüsü olsun. 3 process bu kaynakları kullanırken, **her process diğer CD WR sürücülerden birisine istek yaparsa deadlock oluşur.**
- Bir sistemde, 1 yazıcı ve 1 DVD sürücü olsun. **P0 process'i yazıcıyı**, **P1 process'i DVD sürücüyü tutarken, P1 yazıcıya** ve **P0 DVD sürücüye istek yaparsa deadlock oluşur.**
- Multithread uygulama geliştiriciler deadlock olasılığına dikkat etmelidir.

Konular

- Sistem modeli
- Deadlock tanımı ve özellikleri
- Deadlock yönetimi için metotlar
- Deadlock önleme
- Deadlock'tan kaçınma
- Deadlock algılama
- Deadlock'tan kurtulma

Deadlock tanımı ve özellikleri

Gerekli şartlar

- Bir **deadlock durumunda**, **process'ler hiçbir zaman sonlanamaz**, **sistem kaynakları atanmış durumdadır** ve **başka işler başlatılamaz**.
- Aşağıdaki 4 şart aynı anda oluştuğunda deadlock ortaya çıkabilir:
  - Mutual exclusion: Paylaşımsız kaynak bir process tarafından tutulurken **başka bir process bu kaynağa istek yaparsa**, ikinci **process kaynak boşalıncaya kadar bekler.**
  - Hold and wait: **Bir process bir kaynağı tutarken, başka bir kaynağı da bekler durumundadır.** Bu kaynak ise başka bir process tarafından kullanılır durumdadır.
  - No preemption: **Kaynaklar önceden boşaltılamaz.** Bir kaynağın boşaltılması için **kullanan process'in serbest bırakması gereklidir.**
  - Circular wait: **{P0, P1, …, Pn} processleri birbirini beklemektedir.** P0 process'i P1'i, P1 process'i P2'yi, …, Pn process'i de P0'ı beklemektedir.
- Her durum birbirinden tamamen bağımsız değildir. **Circular wait oluştuğunda**, **hold and wait durumu vardır.**

Deadlock tanımı ve özellikleri

Resource-allocation graph

- Deadlock'lar **bir yönlü graf (directed graph)** kullanılarak (system resource-allocation graph) tanımlanabilir.
- Graf üzerinde **düğümler V (vertices)** ile **kenarlar E (edge)** ile gösterilir.
- **V kümesi iki kısma ayrılır:**
  - P = {P1, P2, …, Pn} aktif process'ler, gösterir.
  - R = {R1, R2, …, Rm} sistemdeki tüm kaynakları gösterir.
- Bir Pi process'inden Rj kaynağına çizilen kenar Pi -> Rj şeklinde gösterilir.
- **Pi -> Rj kenarı ile Pi process'inin Rj kaynağına istek yaptığı** ve beklediği ifade edilir.
- **Rj -> Pi kenarı ile de Rj kaynağının Pi process'ine atandığı** ifade edilir.
- Pi -> Rj request edge, Rj -> Pi assignment edge olarak adlandırılır.

Deadlock tanımı ve özellikleri

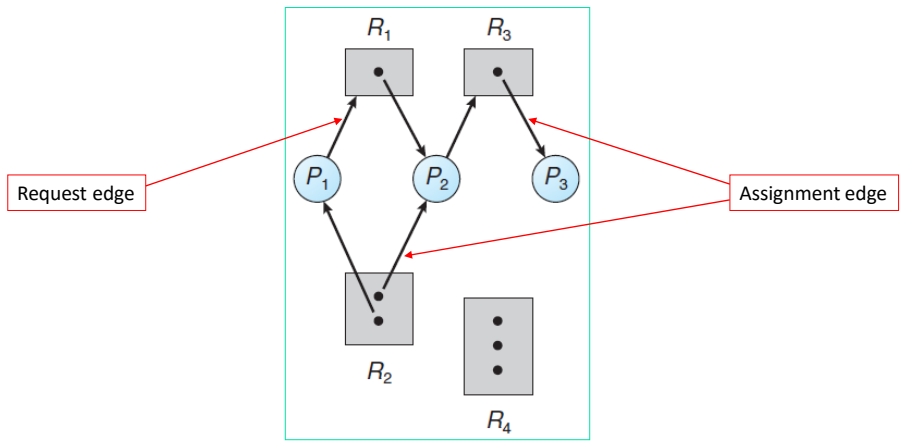
Resource-allocation graph

- Graf üzerinde her bir **process daire ile**, her bir **kaynak dikdörtgenle gösterilir.**
- **Bir kaynaktan birden fazla örnek varsa** (birden fazla CD WR) dikdörtgen içerisinde her örnek **ayrı nokta ile gösterilir.**
- Bir process, **bir kaynaktan bir örneğe istek yaparsa request edge çizilir.**
- **Bir process'in yaptığı istek karşılanırsa assignment edge'e dönüştürülür.**
- **Kaynak serbest bırakıldığında ise assignment edge silinerek kaynak serbest bırakılır.**

Deadlock tanımı ve özellikleri

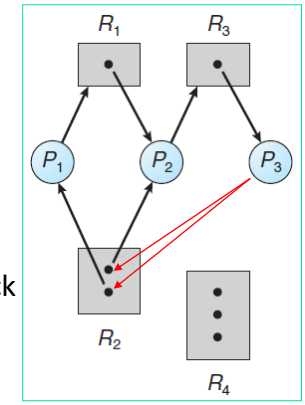
Resource-allocation graph

- $P = \{P_1, P_2, P_3\}$
- $R = \{R_1, R_2, R_3, R_4\}$
- $E = \{P_1 \rightarrow R_1, P_2 \rightarrow R_3, R_1 \rightarrow P_2, R_2 \rightarrow P_2, R_2 \rightarrow P_1, R_3 \rightarrow P_3\}$



Deadlock tanımı ve özellikleri

Resource-allocation graph



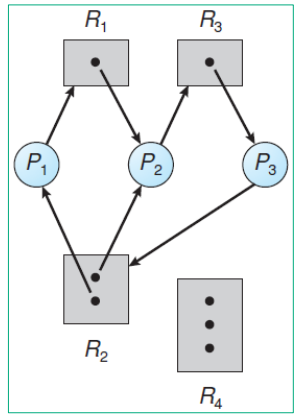
- Eğer graf üzerinde **döngü yoksa deadlock yoktur,**

  döngü varsa deadlock olabilir.
- **Her kaynaktan sadece 1 örnek varken graf üzerinde döngü varsa, deadlock oluşur.**
- Döngü içerisinde yer alan tüm process'ler deadlock durumundadır.
- **Kaynaklardan birden fazla olması durumunda, deadlock için döngü oluşması gereklidir ancak yeterli değildir.**
- Döngü dışındaki bir process'e atanmış kaynak seçilebilir.

Deadlock tanımı ve özellikleri

Resource-allocation graph

- Şekilde P1, P2 ve P3 deadlock durumundadır.

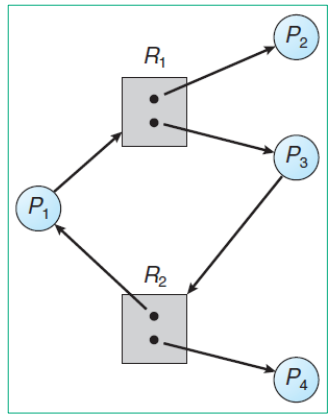


$$P_1 \rightarrow R_1 \rightarrow P_2 \rightarrow R_3 \rightarrow P_3 \rightarrow R_2 \rightarrow P_1$$
$$P_2 \rightarrow R_3 \rightarrow P_3 \rightarrow R_2 \rightarrow P_2$$

Deadlock tanımı ve özellikleri

Resource-allocation graph

- Şekilde döngü vardır, ancak deadlock yoktur.
- P4, R2'nin kopyasını serbest bırakırsa P3 kullanabilir.



$$P_1 \rightarrow R_1 \rightarrow P_3 \rightarrow R_2 \rightarrow P_1$$

Konular

- Sistem modeli
- Deadlock tanımı ve özellikleri
- Deadlock yönetimi için metotlar
- Deadlock önleme
- Deadlock'tan kaçınma
- Deadlock algılama
- Deadlock'tan kurtulma

Deadlock yönetimi için metotlar

- Deadlock problemi için 3 farklı yol izlenebilir:
  - **Deadlock'lardan kaçınmak için protokol kullanılabilir.** Sistem hiçbir zaman deadlock durumuna düşmez.
  - Sistemin deadlock durumuna düşmesine izin verilir, **deadlock algılanır ve çözülür.**
  - **Deadlock problemi tamamen gözardı edilir** ve sistemde deadlock hiçbir zaman olmayacak gibi davranılır.
- Üçüncü durum işletim sistemleri tarafından yaygın kullanılır (Linux, Windows).
- **Linux ve Windows işletim sistemleri, deadlock yönetimini uygulama geliştiricilere bırakır.**

Deadlock yönetimi için metotlar

- Bir sistemde hiçbir zaman **deadlock olmamasını garanti etmek için,** deadlock-prevention veya deadlock-avoidance yöntemleri kullanılabilir.
- **Deadlock prevention**, **kaynak isteklerini sınırlandırarak** deadlock oluşmasını önler.
- **Deadlock avoidance,** bir kaynağa istek yapan process'in yanı sıra, **hangi zaman aralığında kullanacağını da bilmek ister.**
- Deadlock avoidance, kaynak isteği yapan process'in beklemesine veya kaynağın atanmasına karar verebilir.
- **Bir sistem, deadlock prevention veya deadlock avoidance yöntemlerini kullanmazsa deadlock oluşabilir.**
- Bu sistemler, **deadlock olup olmadığını kontrol eden bir algoritma** ve **deadlock oluştuğunda çözümünü sağlayan bir algoritma** sağlamalıdır.

Deadlock yönetimi için metotlar

- Bir sistemde **deadlock algılama ve çözme algoritması yoksa,** aynı kaynağa istek yapan ve kilitlenen process sayısı artmaya başlar, bir süre sonra sistem çalışamaz hale gelir ve **en sonunda manuel olarak sistemin restart yapılması gerekir.**
- Deadlock algılama ve çözümleme yöntemleri çoğu işletim sisteminde kullanılmaz.
- Bazı sistemler, başka durumlar için kullandığı yöntemleri deadlock yönetiminde de kullanırlar.
- Bazı sistemlerde, deadlock durumu yoktur. Bunun yerine **process'in donmuş durumu (frozen state) vardır.**
- Bu durumda **process işletim sistemine geri dönemez.**

Konular

- Sistem modeli
- Deadlock tanımı ve özellikleri
- Deadlock yönetimi için metotlar
- Deadlock önleme
- Deadlock'tan kaçınma
- Deadlock algılama
- Deadlock'tan kurtulma

Deadlock önleme

Mutual exclusion

- Deadlock oluşması için 4 durumun da (**mutual exclusion**, **hold and wait**, **nopreemption**, **circular wait**) gerçekleşmesi gereklidir.
- **Bu şartların birisi engellenirse deadlock önlenmiş olur.**
- **Mutual exclusion'da en azından bir kaynak paylaşılamaz (eş zamanlı erişilemez) durumdadır.**
- Paylaşılabilir kaynaklar deadlock oluşturmaz.
- **Read-only dosyalar** paylaşılabilir kaynaklardır ve **deadlock oluşturmaz.**
- **Paylaşılamaz kaynaklara birden fazla process tarafından eş zamanlı erişim yapılamaz** (Semafor veya mutex lock ile engellenir).

Deadlock önleme

Hold and wait

- **Bir sistemde hold and wait durumunun oluşmaması için**, bir process bir kaynağa istek yaptığında **başka bir kaynağı tutmaması gerekir.**
- Bir protokol kullanılarak, **bir process çalışmaya başlamadan önce ihtiyaç duyacağı tüm kaynaklar kendisine atanabilir.**
- Başka bir protokolde ise, **eğer bir process kaynak kullanmıyorsa yeni kaynak için istek yapabilir.**
- Bir process, DVD sürücüdeki dosyayı diske kaydetsin, dosyayı sıralasın, ardından yazıcıdan çıktı alsın.
- Birinci protokolde, tüm çalışma süresince DVD sürücü, dosya ve yazıcı process'e atanır **(verimsiz kullanım)**.
- İkinci protokolde, kaynaklar ihtiyaç duyduğunda sırayla process'e atanır **(Bir process sık istek yapılan bir kaynağı süresiz bekleyebilir.)**.

Deadlock önleme

No preemption

- Bir kaynak bir process tarafından tutuluyorsa, **kaynak process tarafından serbest bırakılmadan önce boşaltılamaz.**
- Bir protokol kullanılarak, bir process bir kaynak isteğinde bulunursa ve **bekleme durumuna geçerse, tutmakta olduğu tüm kaynakları serbest bırakır.**
- Başka bir protokol kullanılarak,
  - **Bir process bir kaynağa istek yaptığında kullanılabilir olduğu kontrol edilir.** Uygunsa tahsis edilir.
  - **İstek yapılan kaynak başka process tarafından tutuluyorsa,** tutan process'in başka bir kaynağı bekleyip beklemediği kontrol edilir. **Başka bir kaynağı bekliyorsa,** istek yapılan kaynak boşaltılıp (preempt) yeni istek yapan process'e atanır.
  - **İstek yapılan kaynak uygun değilse ve kullanan process başka bir kaynağı beklemiyorsa,** istek yapan process bekletilir.

Deadlock önleme

Circular wait

- Circular wait durumunun önlenmesi için **tüm kaynaklar sıralanır ve bir process kaynak isteğini artan sırada yapabilir.**

$$F(\text{tape drive}) = 1$$
$$F(\text{disk drive}) = 5$$
$$F(\text{printer}) = 12$$

- Bir process, **başlangıçta bir kaynağı isteyebilir.** Ardından **yapacağı istekler artan sırada olmak zorundadır.**
- Bir process, Ri kaynağından sonra Rj kaynağını isteyebilir (F(Ri) < F(Rj)).
- Eğer bir process **tape drive ile yazıcıyı aynı anda kullanmak isterse**, **önce tape drive** atanır **ardından yazıcı** atanır.

Konular

- Sistem modeli
- Deadlock tanımı ve özellikleri
- Deadlock yönetimi için metotlar
- Deadlock önleme
- Deadlock'tan kaçınma
- Deadlock algılama
- Deadlock'tan kurtulma

Deadlock'tan kaçınma

- **Deadlock önleme algoritmaları ile kaynak erişimi sınırlanır.**
- **Deadlock oluşmasını sağlayan durumlardan en az bir tanesi engellenir.**
- Bu durumda, **verimsiz kullanım** ve **düşük throughput** ortaya çıkar.
- **Deadlock'tan kaçınma yöntemlerinde, deadlock oluşumunu engellemek için kaynakların nasıl istendiğinin bilinmesi gerekir:**
  - **P process'i önce tape sürücü ardından yazıcı** istemektedir ve ikisini birlikte serbest bırakmaktadır.
  - **Q process'i ise önce yazıcı ardından tape sürücü** istemektedir.
- **Sistem**, ileride deadlock oluşmayacak şekilde **kaynakları planlayarak tahsis eder.**
- Basit bir yöntemde, **tüm process'ler ihtiyaç duydukları kaynakları başlangıçta bildirirler**, sistem **circular wait oluşmayacak şekilde kaynakları tahsis eder.**

Deadlock'tan kaçınma

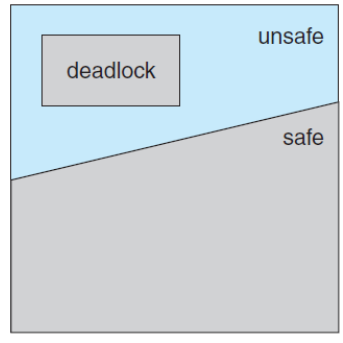
Safe state

- Eğer bir **sistem**, kaynakları process'lere belirli bir sırada (safe sequence) **maksimum ihtiyaçları kadar** atayabiliyorsa ve **deadlock oluşmuyorsa bu durum safe state olarak adlandırılır**.
- Eğer bir sistemde safe sequence varsa sistem safe state durumundadır.
- **<P1, P2, …, Pn> sırası mevcut atama durumu için safe suquence**'dir, eğer aşağıdaki durumlar sağlanırsa:
  - **Pj process'inin tüm kaynak istekleri mevcut boş kaynaklarla** ve **tüm Pi'ler (i < j) tarafından tutulan dolu kaynaklarla karşılanır (tüm Pi'lerin sonlanması gerekir.).**
  - Eğer Pj'nin istediği kaynaklar kullanılabilir değilse, **tüm Pi'ler sonlanıp kaynakları boşaltıncaya kadar bekler.**
  - **Pj** kaynak kullanımını **sonlandırdığında**, **Pj+1 process'i kaynağı alıp kullanabilir.**

Deadlock'tan kaçınma

Safe state

- Bir **safe sequence yoksa** sistem **unsafe durumundadır** (deadlock oluşabilir).
- Safe, unsafe ve deadlock state şekilde görülmektedir.



Deadlock'tan kaçınma

Safe state - örnek

- Bir sistemde **12 tape sürücü** ve **3 process** (P0, P1 ve P2) olsun.
- **P0** process'i maksimum **10 tane**, **P1** process'i **4 tane** ve **P2** process'i **9 tane** tape sürücüye ihtiyaç duymaktadır.
- **t0 anında**, **P0** process'i **5** tane, **P1** process'i **2** tane ve **P2** process'i **2** tane tape sürücü kullanıyor.
- **t0 anında, 3 tane tape sürücü boştadır.**

	Maximum Needs	Current Needs
P_0	10	5
P_1	4	2
P_2	9	2

- **t0 anında <P1, P0, P2> safe sequence'inde sistem safe durumundadır.**

Deadlock'tan kaçınma

Safe state - örnek

- **<P1, P0, P2> safe sequence için, t1 anında** P2 process'i 1 tane kaynak daha alsın (Safe sequence bozuldu!!!). **Boş kaynak sayısı 2'ye düşer.**

	Maximum Needs	Current Needs
P_0	10	5
P_1	4	2
P_2	9	2

3 olur.

- Bu durumda sadece P1 process'i tüm kaynaklarını alabilir (2 tane daha).
- **P1 tüm kaynaklarını boşaltsa toplam 4 kaynak boşta olur.**
- P0 ve P2 aynı anda tüm kaynakları kullanmak isterse deadlock oluşur.
- P0 process'i 5 kaynak ister, P2 process'i ise 6 kaynak ister (4 kaynak boş).
- **P2'ye yeni kaynak ataması yapılmadan önce**, kendisinden **önceki processlerin tüm kaynaklarını serbest bırakması beklenmelidir.**

Deadlock'tan kaçınma

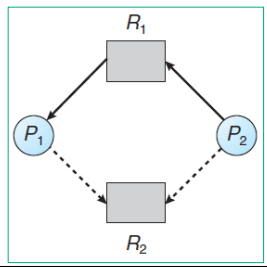
Resource-allocation-graph algorithm

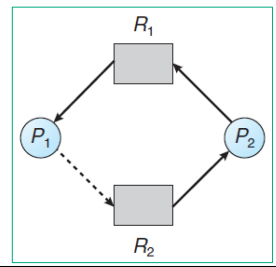
- **Her kaynaktan bir örnek olan sistemlerde** resource-allocation graf değiştirilerek kullanılabilir.
- **Resource-allocation grafına yeni bir kenar eklenir (claim edge).**
- **Pi -> Rj claim edge**, Pi process'inin Rj kaynağını **ileriki zamanda isteyebileceğini gösterir.**
- **Claim edge** graf üzerinde **noktalı çizgiyle gösterilir.**
- **Pi process'i Rj kaynağını istediğinde** ise **request edge yapılır.**
- **Rj kaynağı** Pi process'i tarafından **serbest bırakıldığında**, assignment edge **claim edge'e dönüştürülür.**
- Pi process'i **çalışmaya başlamadan önce tüm claim edge'leri graf üzerinde görüntülenir.**

Deadlock'tan kaçınma

Resource-allocation-graph algorithm

- **Pi process'i Rj kaynağını istediğinde** claim edge request edge'e dönüşür.
- Assignment edge yapılabilmesi için **resource-allocation graf üzerinde döngü oluşmaması gereklidir.**
- Şekilde P2 process'i, R2'yi istediğinde boş olmasına rağmen atanmaz (Döngü oluştuğundan sistem unsafe durumuna geçer).
- Daha sonra **P1 process'i R2'yi istediğinde deadlock oluşur.**





Deadlock'tan kaçınma

Banker algoritması

- Resource-allocation algoritması **aynı kaynaktan birden fazla olan sistemlerde uygulanamaz.**
- Aynı kaynaktan birden fazla olan sistemlerde **banker algoritması (banker's algorithm) kullanılabilir.**
- Banka sisteminde, bir banka parasını tüm müşterilerinin ihtiyacını karşılayamayacak seviyeye hiçbir zaman düşürmez.
- **Bir process sisteme geldiğinde** tüm kaynaklar için **maksimum ihtiyaçlarını bildirir.**
- Bu kaynak miktarı sistemin tüm kaynaklarından fazla olamaz !!!
- **Bir process bir grup kaynak istediğinde**, sistem bu atamanın yapılması halinde **safe state'in korunup korunmadığına bakar.**

Deadlock'tan kaçınma

Banker algoritması

- Banker algoritması aşağıdaki veri yapılarını kullanır:
  - Available: Bir vektördür. Sistemde boştaki tüm kaynakların sayısını tutar. **Available(j) = k** ise, sistemdeki **Rj** kaynağından **k adet boştadır.**
  - Max: n * m matristir. Her process'in maksimum kaynak talebini tutar. **Max[i][j] = k** ise **Pi process'i Rj kaynağından en fazla k tane isteyebilir.**
  - Allocation: n * m matristir. Her process'in kullanmakta olduğu kaynak miktarını tutar. **Allocation[i][j] = k ise, Pi process'i Rj kaynağından k adet kullanmaktadır.**
  - Need: n * m matristir. Her process'in kalan ihtiyaç miktarını tutar. **Need[i][j] = k ise Pi process'i Rj kaynağından k adet daha kullanabilir.** Need[i][j] = Max[i][j] – Allocation[i][j] olur.
- Veri yapısındaki veri boyutu (satır) ve değerleri dinamik olarak değişebilir (çalışan process sayısı değişebilir).

Deadlock'tan kaçınma

Banker algoritması - örnek

- Sistemde **5 process** vardır. **A kaynağından 10**, **B kaynağından 5** ve **C kaynağından 7 tane var (10, 5, 7).** T0 anında sistem görüntüsü aşağıdadır.

	Allocation	*Max*	*Available*
	A B C	*A B C*	*A B C*
P_0	0 1 0	7 5 3	3 3 2
P_1	2 0 0	3 2 2	
P_2	3 0 2	9 0 2	
P_3	2 1 1	2 2 2	
P_4	0 0 2	4 3 3	

	Need
	A B C
P_0	7 4 3
P_1	1 2 2
P_2	6 0 0
P_3	0 1 1
P_4	4 3 1

- Yukarıdaki durumda <P1, P3, P4, P2, P0> safe sequence'dir.
- P1 ihtiyacının tamamını alırsa, **boşta (2, 1, 0) kalır.** Tümünü bırakırsa **(5, 3, 2)** boştadır. **Ardından P3 tümünü alabilir!!!**

Deadlock'tan kaçınma

Banker algoritması - örnek

- **P1 = (1, 0, 2)** isteğinde bulunursa, öncelikle boşta olanların sağlayıp sağlamadığına bakılır ((1, 0, 2) <= (3, 3, 2)). **Boşta kalan (2, 3, 0).**
- Kaynak ataması yapıldıktan sonraki durum aşağıdadır.

	Allocation	*Need*	*Available*
	A B C	*A B C*	*A B C*
P_0	0 1 0	7 4 3	2 3 0
P_1	3 0 2	0 2 0	
P_2	3 0 2	6 0 0	
P_3	2 1 1	0 1 1	
P_4	0 0 2	4 3 1	

- Yeni durum için <P1, P3, P4, P0, P2> safe sequence'dir.
- Eğer, **P4 = (3, 3, 0) isterse yeterli kaynak olmadığından atanamaz.**
- P0 = (0, 2, 0) atanırsa (P0 need (7, 2, 3) kalır), boş (2, 1, 0) ve **sistem unsafe durumuna geçer.**