

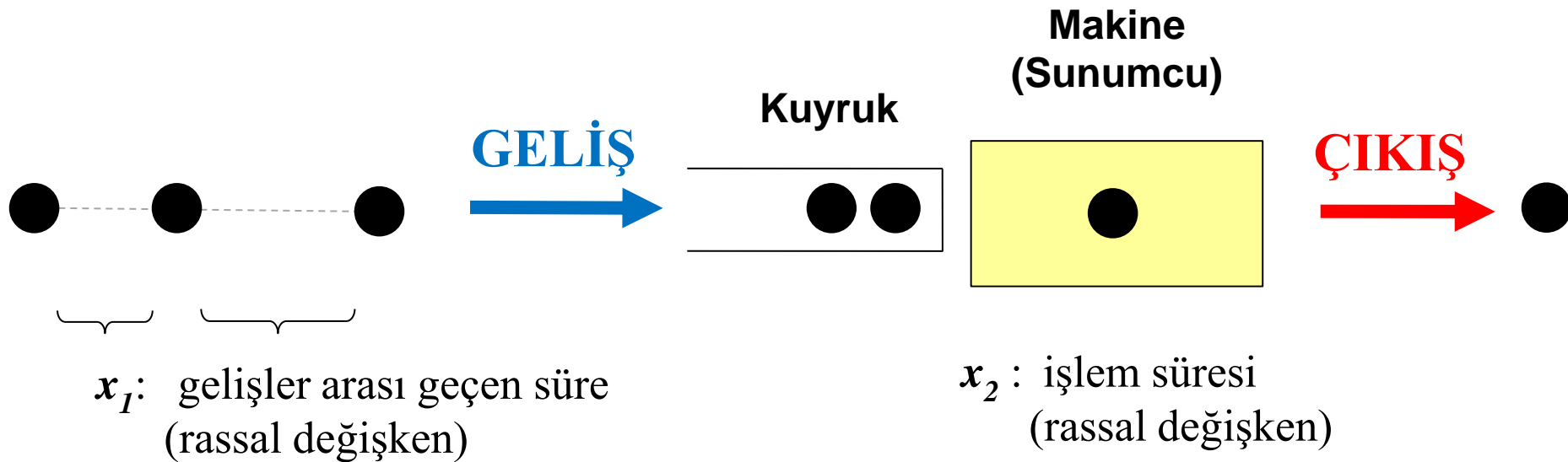


END303 Sistem Benzetimi

Kuyruk Modelleri ve Elle Benzetim

Queuing Model and Simulation by Hand

Tek Makineli (Sunumculu) Kuyruk* Modeli



* Single Machine (Server) Queue :

Eğer gelişler arası ve işlem süreleri genel bir dağılıma uyuyor ise → MM1 Queue

Elle Benzetim İçin Hazırlık İşlemleri

1 – Boş Bir Benzetim Tablosunun Sütun Başlıklarını Doldurarak Oluşturulması

Sütunlar: Zaman, Olay, Varlık, Kuyruk, Makine Durumu, Gelecek Olaylar Listesi

Satırlar : Benzetimdeki olaylar.

Her olay yeni bir satır olarak tabloya eklenecek, bu olaya göre gerekirse kuyruk, makine durumu ve gelecek olaylar listesi sütunları güncellenecek.

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi *

* Future Events List (FEL)

Benzetim Tablosu Sütunları

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi

Olayın zamanı:

$$t \geq 0$$

$$t \in \mathbb{R}^+$$

Varlık No:

Sisteme geliş
sırasına göre
verilen bir
numara
1,2,3,

**Makinenin
Dolu/Boş Olma
Durumu:**

0 : Boş

1 : Dolu

Gerçekleşecek olaylar:

Her bir olayın formatı

[Varlık No, Olay tipi, Zaman]

Olayın adı :

Geliş

Çıkış

Benzetim Başlangıç

Benzetim Bitiş

Kuyruktaki

varlıklar:

Örn: [4, 3]

Kuyrukta ilk sırada
olan en sağda olacak

Kuyruk boş ise []

Örn: [5, Geliş, 6.8]

5 nolu varlık, $t = 6.8$ 'de sisteme
gelecek

Gelecek olaylar listesinde kaç
olay listeleneceğinin sınırı yoktur.

Benzetim Tablosu Sütunları

Gelecek Olaylar Listesi (Future Events List – FEL), benzetim süresince dinamik olarak sonraki gelecek olayları kaydetmek ve bir sonra gerçekleşecek olayı takip etmek için kullanılır.

Benzetimde gerçekleşecek tüm olaylar aynı anda bu listede yer almaz,

Gelecek olaylar listesi, benzetim boyunca güncellenir (yeni bir olay eklenir, gerçekleşen olay çıkarılır)

Benzetim Saati (Zaman) benzetim başlangıcında sıfır olarak kabul edilir ($t = 0$)

Elle Benzetim İçin Hazırlık İşlemleri

2 – Benzetim Bitiş Kriterinin Belirlenmesi

İki tip bitiş kriterinden birisi kullanılabilir

- **Zamana Bağlı Bitiş**

Örn. $t = 20$ olduğunda benzetimi sonlandır

Bu durumda; *Benzetim Bitiş Olayı*, [- , Benzetim Bitiş, 20] şeklinde, benzetimin en başında, Gelecek Olaylar Listesine ve Tabloya eklenir. Bu olayın gerçekleşme zamanı geldiğinde benzetim sonlandırılır.

- **Varlık Sayısına ve Olaya Bağlı Bitiş**

Örn. 18'inci varlık sisteme girdiğinde benzetimi sonlandır.

Gelecek Olaylar Listesine Benzetim Bitiş olayı eklenmesine gerek yoktur, ancak belirtilen varlığın giriş (veya çıkış) olayı takip edilir, olay gerçekleştiği anda benzetim sona erdirilir.

Elle Benzetim İçin Hazırlık İşlemleri

3 – Varlıkların Gelişleri Arası Süreleri ve İşlem Sürelerinin Üretilmesi

Varlıkların sisteme gelişleri arası geçen süreleri birer rassal değişkendir. Modelde verilen dağılıma uygun olarak belirli bir miktarda varlığın sisteme gelişleri arası süreler benzetime başlamadan önce üretilerek (rassal değişken üretimi) bir tabloda kayıt altında tutulabilir. Gelişler arası geçen süreler kullanılarak, her bir varlığın sisteme hangi zamanda geleceği de bu süreler göre hesaplanır.

Gelişler arası süreler, en başta topluca üretilmeden, her yeni varlığın gelmesi planlandığında ayrı ayrı da üretilir. En baştan topluca üretmek benzetim esnasında kolaylık olur ancak benzetim bitiş kriteri zamana bağlı ise kaç tane varlık için üretileceğini kestirmek zor olabilir.

Gelişler arası süreler üretildikten sonra, ilk geliş (en erken gerçekleşecek geliş olayı) Gelecek Olaylar Listesine [1, Geliş, x_1] şeklinde eklenir. (x_1 : geliş zamanı)

Elle Benzetim İçin Hazırlık İşlemleri

3 – Varlıkların Gelişleri Arası Süreleri ve İşlem Sürelerinin Üretilmesi

Benzer şekilde, belirli sayıda varlığın makinedeki işlem süreleri de, benzetim başlangıcından önce, topluca üretilerek tabloda tutulabilir.

İşlem süreleri, çıkış olaylarının zamanlarını hesaplamak için kullanılacaktır.

Varlığın Çıkış Zamanı = İşleme başladığı zaman + İşlem süresi

Benzetim başlangıcında, gelecek olaylar listesine ve benzetim tablosuna herhangi bir bitiş olayı eklenmez (Varlık makineye işleme girdiğinde çıkış olayı planlanarak Gelecek Olaylar Listesine eklenecektir).

Benzetim Ana Döngüsü

Benzetim Bitiş Kriteri Gerçekleşene kadar tekrarla :

→ Gelecek Olaylar Listesinden, en yakın gerçekleşecek olayı seç.

Bu olay, *Benzetim Bitiş* Olayı ise :

Benzetimi Bitir.

Bu olay *Benzetim Bitiş* Olayı Değil ise:

Bu olay bir *Geliş* Olayı ise:

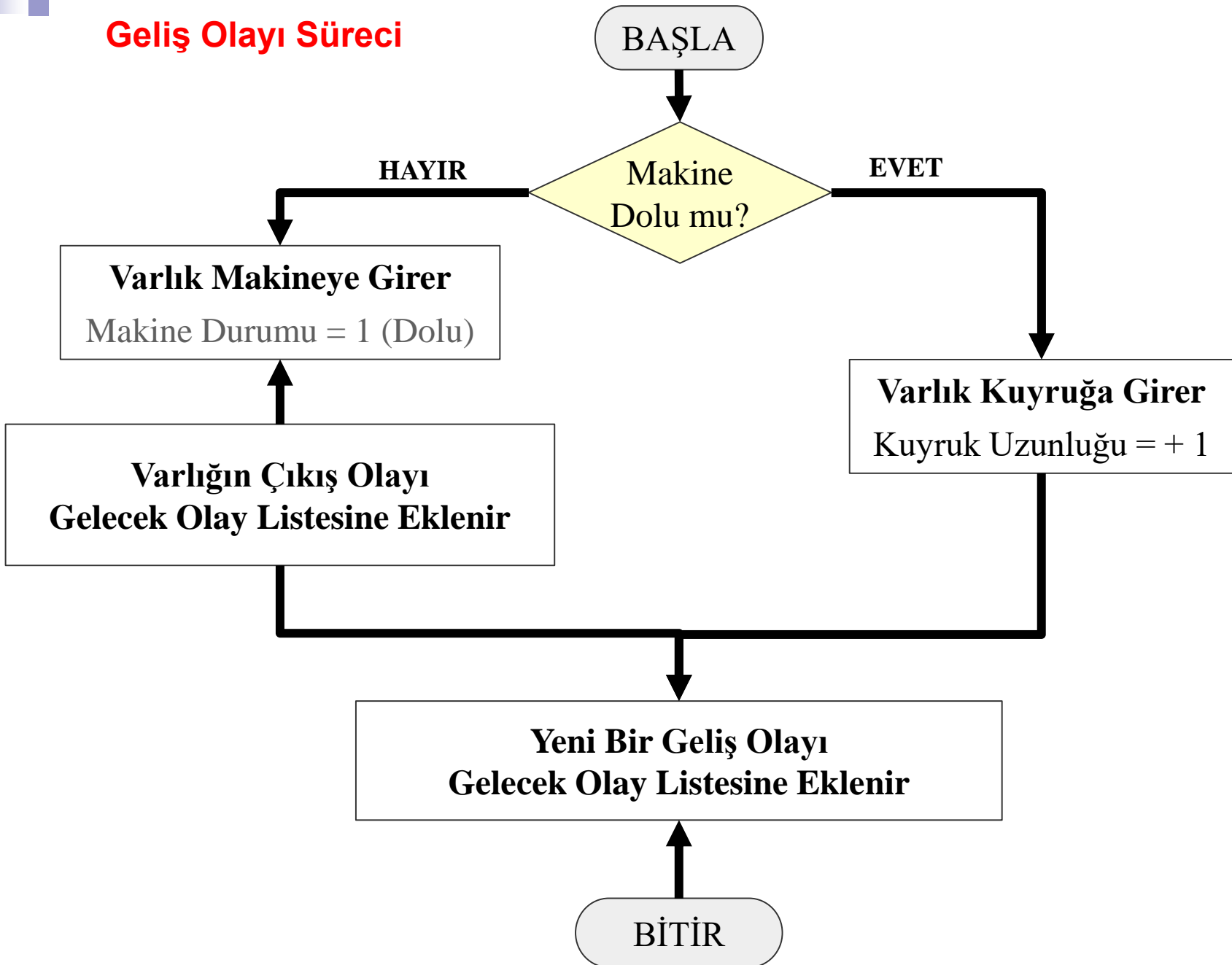
Geliş Olayı Sürecine Git.

Bu olay bir *Çıkış* Olayı ise:

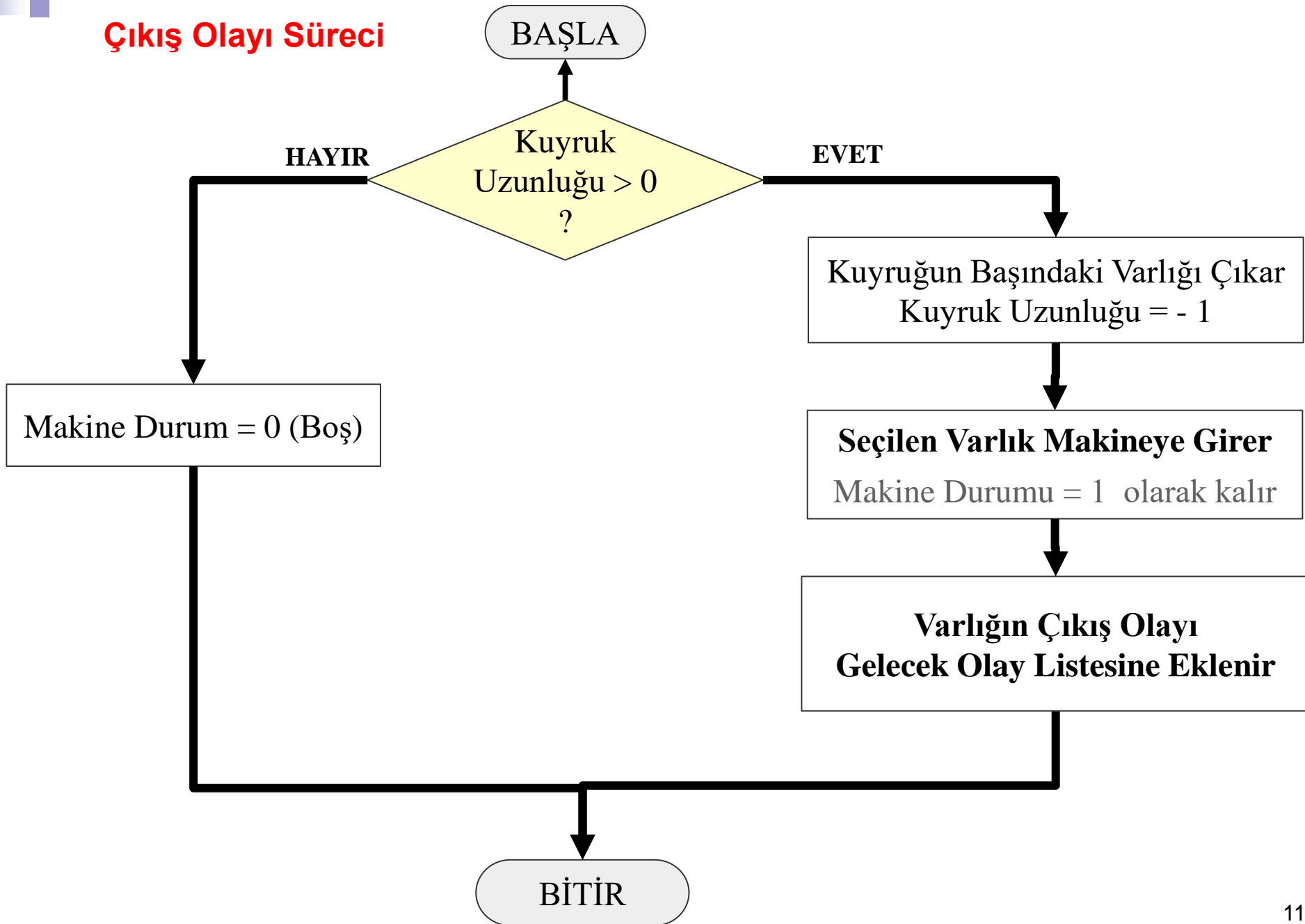
Çıkış Olayı Sürecine Git.

Bu olayı Gelecek Olaylar Listesinden çıkar

Geliş Olayı Süreci



Çıkış Olayı Süreci



Örnek:

Tek sunumculu bir kuyruk sisteminin benzetimi yapılmak isteniyor.

Verilenler: Sisteme gelişler arası süre ve işlem süreleri dağılımları aşağıdadır.

Sisteme, 12 varlığın girişi planlanacaktır.

Benzetim Bitiş kriteri : $t = 36$

İstenen: Bu sistemin benzetim tablosu kullanarak elle benzetimini yapınız.

x_1 : gelişler arası geçen süre (dk.)

x_1	$p(x_1)$	$P(x_1)$
1	0.2	0.2
2	0.2	0.4
3	0.2	0.6
4	0.2	0.8
5	0,2	1

x_2 : işlem süresi (dk.)

x_2	$p(x_2)$	$P(x_2)$
1	0.05	0.05
2	0.05	0.10
3	0.25	0.35
4	0.35	0.70
5	0.30	1

Her iki rassal değişken de kesikli değişkendir.

Rassal Değişken Üretimi

Varlık No	u_1	Gelişler Arası Süre (x_1)	Geliş Zamanı (t)	u_2	İşlem Süresi (x_2)
1	0.191	1	1	0.892	5
2	0.755	4	5	0.056	2
3	0.265	2	7	0.092	2
4	0.925	5	12	0.651	4
5	0.052	1	13	0.955	5
6	0.045	1	14	0.141	3
7	0.349	2	16	0.338	3
8	0.447	3	19	0.674	4
9	0.658	4	23	0.026	1
10	0.818	5	28	0.033	1
11	0.921	5	33	0.055	2
12	0.919	5	38	0.882	5

* u_1 ve u_2 sütunundaki değerler rastgele üretilmiş, diğer sütunlar bu rassal sayıları kullanarak ilgili olasılık dağılımına göre hesaplanmıştır.

Benzetim Tablosu (Başlangıç)

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benzetim Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]



Benzetim Başlangıç Olayı

$t = 0$



Benzetim Başlangıcında
Kuyruk Boş
Makine Boş



Benzetim Bitiş Olayı



İlk Geliş Olayı



Benzetim Başlangıç Olayı satırında
«Varlık» sütunu boş bırakılır

Aynı durum, Benzetim Bitiş Olayı satırı için de geçerlidir

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benzetim Bitiş, 36] [1, Geliş , 1]



Bu olay seçilir ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benzetim Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitış, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]

- 1 nolu varlık, sisteme t=1'de geldi,
- Geldiği anda makine boş olduğundan, doğrudan makineye girdi (kuyruğa girmesine gerek kalmadı),
- Makine durumu = 1 (Dolu) yapıldı,
- Çıkış zamanı hesaplanarak, çıkış olayı, Gelecek Olaylar Listesine eklendi,
- Ayrıca, yeni bir geliş olayı (bir sonraki varlık için) Gelecek Olaylar Listesine eklendi

Makineye giriş zamanı : 1
İşlem Süresi : 5
+ -----
Çıkış Zamanı : 6

2 nolu varlık için hesaplanmış olan ve tabloya kaydedilen Geliş Zamanı

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benzetim Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitış, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]



Gelecek Olaylar Listesinde 3 olay var:

Bu olaylar arasında, en yakın zamanda gerçekleşecek olan olay 2 nolu varlığın geliş olayıdır [2,Geliş,5].

Bu olay listeden alınır ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]



2 nolu varlık geldiğinde, makine doludur, kuyruğa girer.

Makine durumu =1 olmaya devam eder (Hâla, 1 nolu varlığın işlemi devam ediyor).



Yeni bir geliş olayı (3 nolu varlık), Gelecek Olaylar Listesine eklenir.

Aksi belirtilmedikçe; kuyruk disiplini: ilk gelen ilk önce çıkar (FIFO – First In First Out)

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]



Gelecek Olaylar Listesinde 3 olay var:

Bu olaylar arasında, en yakın zamanda gerçekleşecek olan olay, 1 nolu varlığın Çıkış olayıdır [1, Çıkış, 6].

Bu olay listeden alınır ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]

1 nolu varlık çıkış yaptığında, kuyrukta bekleyen 2 nolu varlık hemen makineye girer

Bir varlığın kuyruktan çıkıp makineye girmesi ayrı bir olay olarak ele alınmaz ve kuyruktan makineye giriş anlık gerçekleşir (ayrıca bir süre gerekmiyor). Makine boşalınca otomatikman kuyruktan bir varlık alınır (kuyrukta bekleyen varsa).

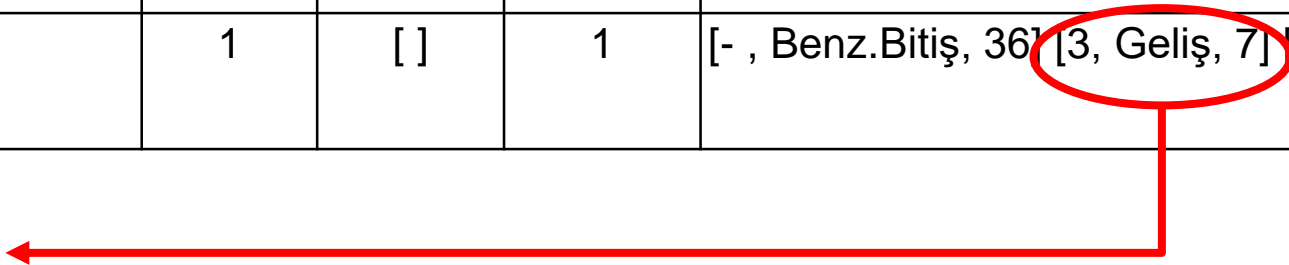
Makineye giren 2 nolu varlığın Çıkış Olayı Gelecek Olaylar Listesine eklenir.

Çıkış Zamanı = Makineye Giriş Zamanı + İşlem Süresi = 6 + 2 = 8

Makineye yeni bir varlık girdiğinde, varlığın çıkış olayı Gelecek Olaylar Listesine eklenir ! 20

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]



Gelecek Olaylar Listesinde 3 olay var:

Bu olaylar arasında, en yakın zamanda gerçekleşecek olan olay, 3 nolu varlığın Geliş olayıdır. [3, Geliş, 7]

Bu olay listeden alınır ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

Benzetim Tablosu

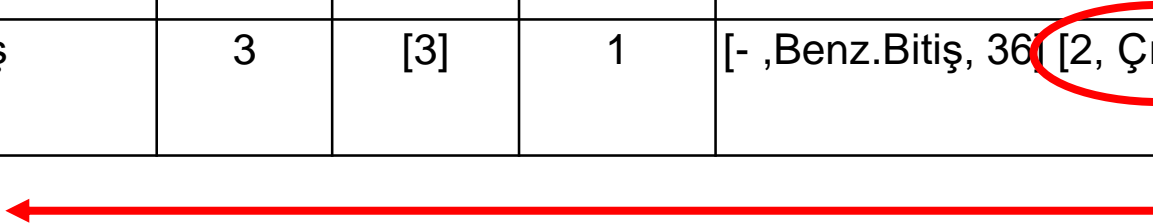
Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- ,Benz.Bitiş, 36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]

3 nolu varlık geldiğinde, makine doludur, kuyruğa girer.

Yeni bir geliş olayı (4 nolu varlık için), Gelecek Olaylar Listesine eklenir.

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- ,Benz.Bitiş, 36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]



Gelecek Olaylar Listesinde 3 olay var:

En yakın zamanda gerçekleşecek olan olay, 2 nolu varlığın Çıkış olayıdır. [2,Çıkış, 8]

Bu olay listeden alınır ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- ,Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]
8	Çıkış	2	[]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [4,Geliş,12] [3, Çıkış, 10]

2 nolu varlık çıkış yaptığında, kuyrukta bekleyen 3 nolu varlık hemen makineye girer

Makineye giren 3 nolu varlığın Çıkış Olayı Gelecek Olaylar Listesine eklenir.

Çıkış Zamanı = Makineye Giriş Zamanı + İşlem Süresi = 8 + 2 = 10

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- ,Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]
8	Çıkış	2	[]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [4,Geliş,12] [3, Çıkış, 10]



En yakın zamanda gerçekleşecek olan olay: 3 nolu varlığın Çıkış olayı. [3,Çıkış, 10]
 Bu olay listeden alınır ve bir sonraki satırda bu olay gerçekleştirilir !

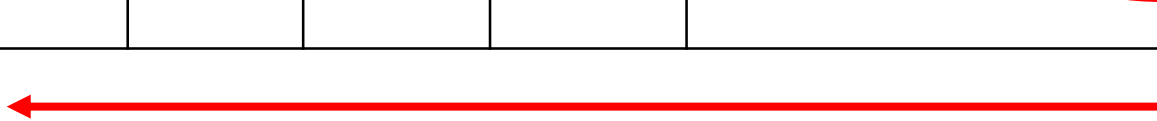
Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]
8	Çıkış	2	[]	1	[- , Benz.Bitiş,36] [4, Geliş, 12] [3, Çıkış, 10]
10	Çıkış	3	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [4, Geliş, 12]

3 nolu varlık çıkış yaptığıında, kuyrukta bekleyen olmadığından, makineye giriş olmadı, makine durumu = 0 (Boş) olarak değiştirildi. **Yeni bir Geliş olayı planlanmadı !**

Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]
8	Çıkış	2	[]	1	[- , Benz.Bitiş,36] [4, Geliş, 12] [3, Çıkış, 10]
10	Çıkış	3	[]	0	[- , Benz.Bitiş,36] (4, Geliş, 12)



Benzetim Tablosu

Zaman	Olay	Varlık	Kuyruk	Makine Durumu	Gelecek Olaylar Listesi
0	Benzetim Başlangıç	-	[]	0	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Geliş, 1]
1	Geliş	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [2, Geliş, 5]
5	Geliş	2	[2]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [1, Çıkış, 6] [3, Geliş, 7]
6	Çıkış	1	[]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [3, Geliş, 7] [2, Çıkış, 8]
7	Geliş	3	[3]	1	[- , Benz.Bitiş, 36] [2, Çıkış, 8] [4, Geliş, 12]
8	Çıkış	2	[]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [4, Geliş, 12] [3, Çıkış, 10]
10	Çıkış	3	[]	0	[- ,Benz.Bitiş,36] [4, Geliş, 12]
12	Geliş	4	[]	1	[- ,Benz.Bitiş,36] [4, Çıkış, 16] [5, Geliş, 13]

Benzetim Tablosu

Bu şekilde, benzetimin bitiş kriterine kadar devam edilir.

Ödev Çalışması - 1:

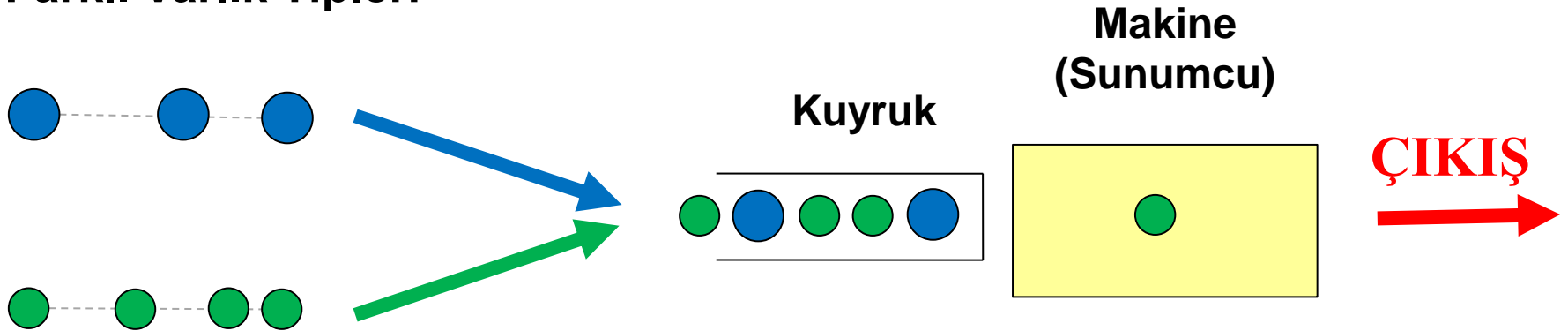
Tabloyu tamamlayın ve tamamlanan tabloya göre;

- a. Zamana göre kuyruk uzunluğu grafiğini çizin,*
- b. Aşağıdaki istatistikleri hesaplayın:*
 - Kişi başına kuyrukta bekleme süresi ortalaması (beklenen değeri),*
 - Ortalama kuyruk uzunluğu (kuyrukta bekleyen kişi sayısı),*
 - En yüksek ve en düşük bekleme süresi,*
 - Makinenin doluluk oranı (kullanım oranı),*

❖ İki ve Daha Fazla Sunumculu (Paralel) Model benzetimi nasıl yapılır ? Farkı ne olur?

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Farklı Varlık Tipleri



Varlıkların tek tip değil, farklı tipte olma durumu bir çok sistemde karşılaşılan bir durumdur. Bazen bu farklılığı dikkate almadan tek varlık tipi olarak modellemek yeterlidir (örneğin; tüm varlıkların tek tip müşteri olması) ancak bazen bu ayrımı yapmak daha doğru bir modelleme için gerekli olabilir.

Varlık tiplerinin; gelişler arası süreleri ve/veya işlem süreleri de birbirinden farklı ise modelde farklı gösterilmeleri ve buna göre model içerisinde ayrı ele alınmaları gerekir.

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Farklı Varlık Tipleri

Örneğin;

Bir limana giriş yapacak gemilerin kılavuz kaptan ve çekici vasıta hizmeti alması ile ilgili bir benzetim modeli için farklı gemi tipleri modele tanımlanabilir (örneğin; tanker, konteyner, kruvaziyer, yat, askeri gemi vb.)



Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Örneğin;

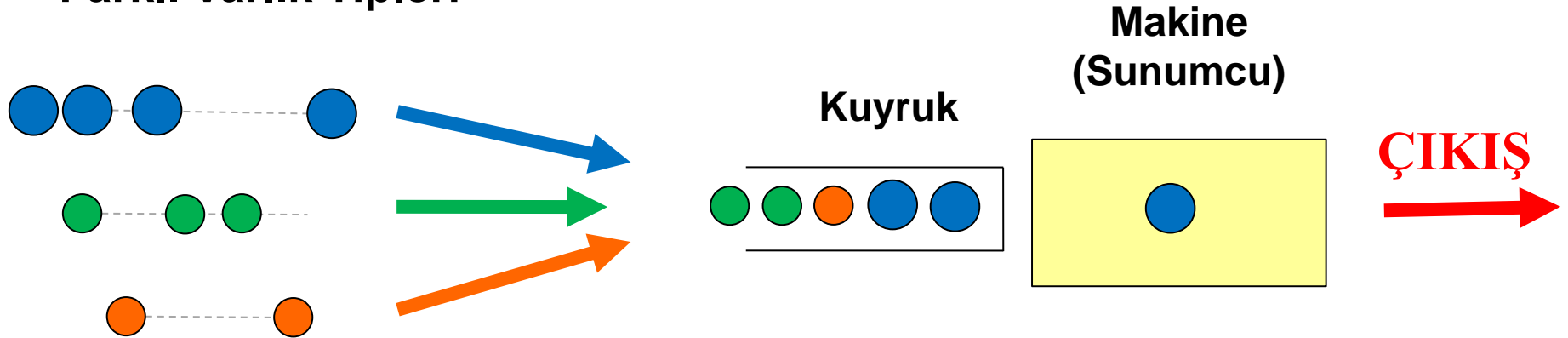
Her bir tip geminin farklı geliş yoğunluğu olabilir ve genellikle de öyledir (örneğin; askeri gemi daha seyrek, kruvaziyer daha sık vb.).

Her bir gemi tipinin limana aborda olmaya kadar geçen süre, yani kılavuz kaptanı ve çekici vasıta kullanım süresi de genellikle farklı olasılık dağılımlarına uygundur (örneğin; tanker gemilerinin işlemi ortalamada daha uzun süre alır ve bu süre çok değişmez, kruvaziyerler için gerekli süre ortalamada daha kısa ancak varyansı daha fazla olabilir)



Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Farklı Varlık Tipleri



Farklı varlık tipleri için farklı olasılık dağılımı verilmiş ise, her bir varlık tipi için rassal değişkenleri ayrı ayrı dağılımlardan üretilir. Olasılık dağılımının adı aynı olabilir ancak sadece dağılımın parametresi farklı ise bile dağılımı farklıdır denir.

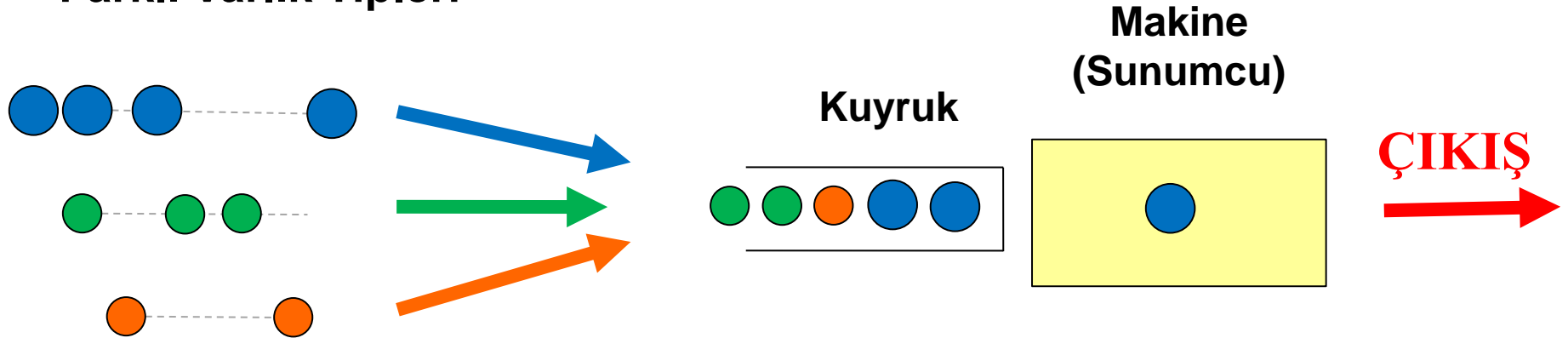
Örneğin: Konteynerlerin gelişler arası süresi ~ Üstel Dağ (Ort. 12 saat)

Kruvaziyerlerin gelişler arası süresi ~ Üstel Dağ (Ort. 18 saat)

Tanker gemilerin gelişler arası süresi ~ Üçgen Dağ (12, 18, 48) saat

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Farklı Varlık Tipleri



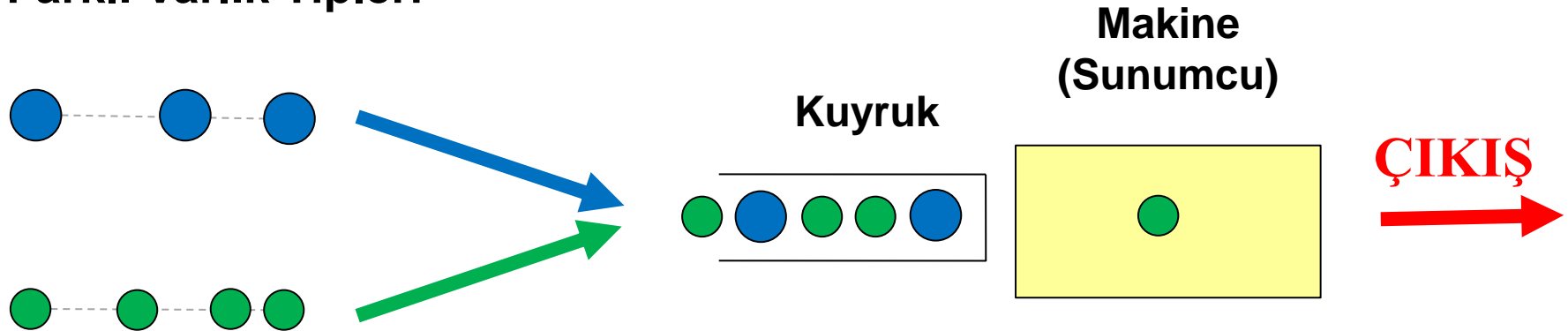
Ayrıca, bazı sistemlerde kuyruk içerisinde varlık tipine göre bir öncelik durumu olması da bazı sistemlerde mümkündür. Örneğin; liman modelinde, kılavuz kaptan bekleyen gemiler arasında askeri gemilere öncelik verilmesi.

Bu durumda model içerisinde, kuyrukta bekleyenlerin sırası bu önceliğe göre belirlenir (Aksi belirtilmedikçe kuyruk disiplini FIFO kabul edilir).

Bunun yanında, bazı sistemlerde, her varlık aynı işlemlerden geçmeyebilir, bazı varlık tipleri bazı işlemlerden muaf olabilirler. Bu da modelde, varlık tipine göre sürecin değişmesi demektir. (Tek sunumculu kuyruk modeli için geçerli değil !)

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Farklı Varlık Tipleri



Gelen varlık hangi tip ise sistemde ona göre kuyrukta sıraya girer ve işlem görür.

Bu modellerde, varlığın tipini benzetim içerisinde takip edebilmek için;

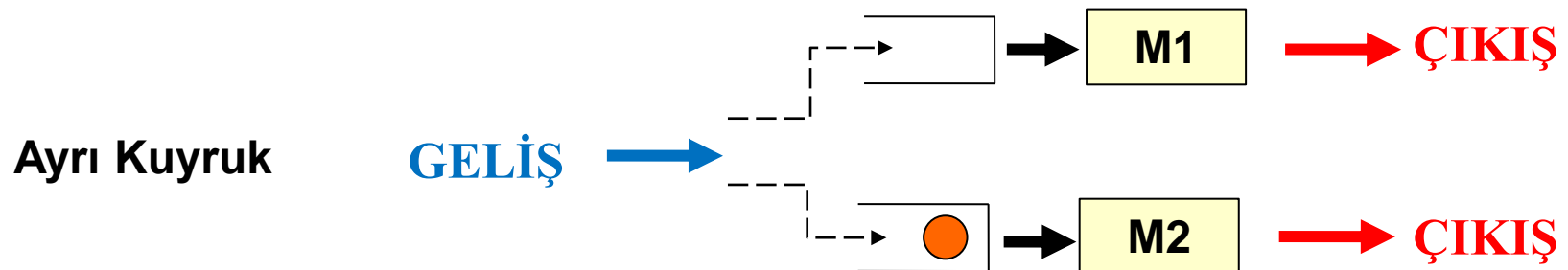
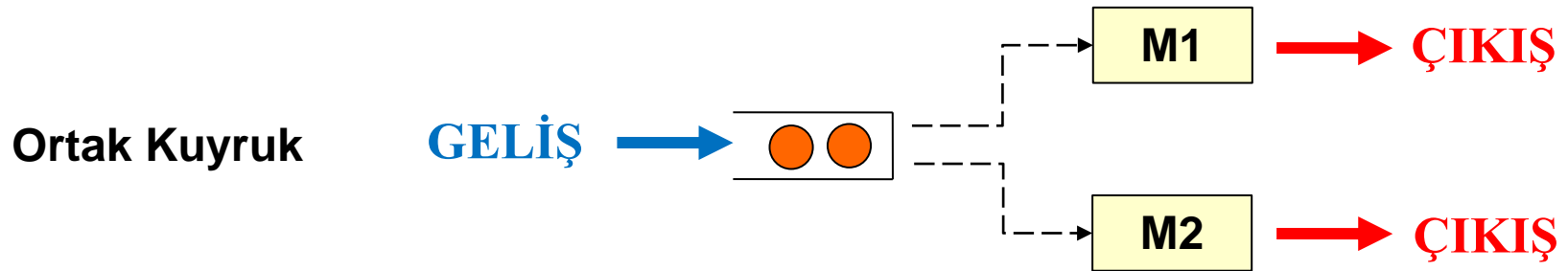
- Her varlık tipinin adı farklı olabilir (ARENA programında: Entity Type) veya
- Varlık adı ortak ancak «tip» adında ayrıca bir özellik (attribute) kullanılır.

Örneğin; varlığımız gemi, her bir gemi varlığının «tip» özelliği olması.

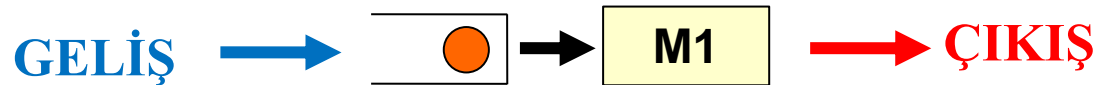
gemi1.tip = Tanker gemi2.tip = yat gemi3.tip = Konteyner vb.

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

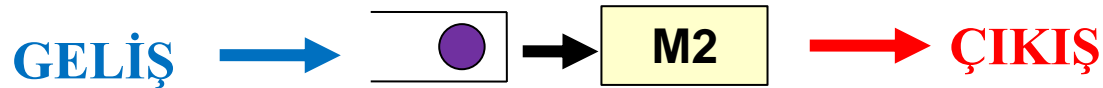
Bir İşlem için Paralel Makineler



Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar



Ayrı Geliş
Ayrı Kuyruk

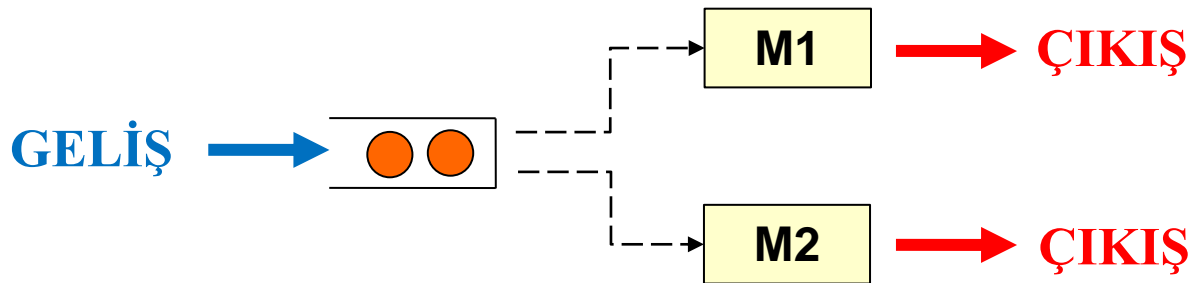


Paralel Makine olarak kabul edilmez.

Birbirinden ayrı iki farklı Tek Sunumculu Kuyruk Modelidir.

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Aynı işlemi yapan paralel makineler için; hemen hemen her zaman ortak kuyruk uygulanır. Aksi belirtilmedikçe, ortak kuyruk kullanılacağı kabul edilir.



Paralel Makinelerin işlem hızları farklı olabilir !

(Makinelerin modeli, yaşı veya görevli personelin tecrübesi vb. nedenler ile)

Örneğin : M1 İşlem Süresi : Üstel Dağılım (Ort 5 dk)

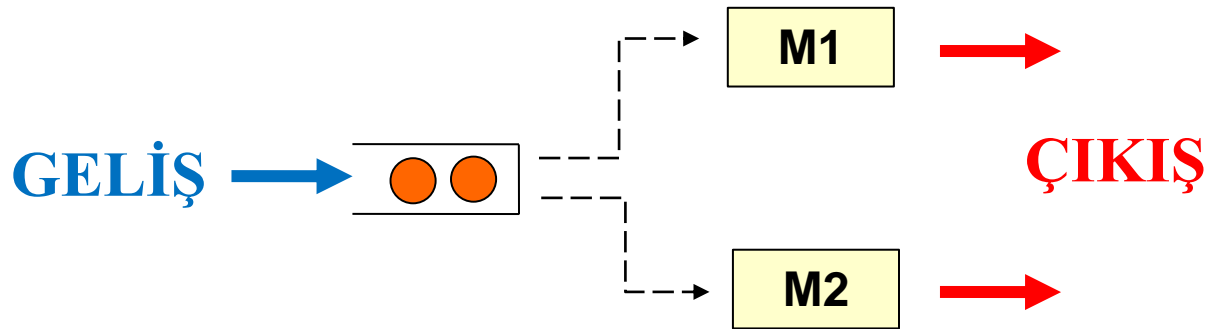
M2 İşlem Süresi : Üstel

Dağılım (Ort 4 dk)

** Aynı kuyruk kullanıldığını gördüğünüz veya bildiğiniz bir sistem var mı ?*

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Bir İşlem için Paralel Makineler



Boşta duran birden fazla makine olması durumunda, varlıkların işlem göreceği makineyi neye göre seçeceği kuralı (farklı alternatifler):

- Daha hızlı işlem yapan makine/ görevli personel
- Daha tecrübesiz (yavaş) olan görevli personel (tecrübesi artması, öğrenmesi için)
- Kullanım oranı en düşük olan makine/ görevli (çalışma sürelerini dengelemek için)
- Rastgele

Ödev Çalışması - 2:

Tek sunumculu elle benzetim örneğinde verilen sistem için aşağıdaki hususları dikkate alarak, yeni bir benzetim tablosu doldurun, grafik, istatistikleri güncelleyin:

Varlıkların gelişler arası süreleri ve buna bağlı olarak hesaplanmış olan geliş zamanları değişmeyecek (aynı sayıları kullanın).

Tek makine yerine 2 makine (M1, M2) paralel (işlem ikisinden birinde yapılabilir)

M1 daha yeni bir makine ve işlem M1 'de yapılırsa 3 dakika sürüyor (sabit), M2 'de yapılırsa 4 dk sürüyor (sabit).

*Bir varlık sisteme geldiğinde, makineler dolu ise kuyruğa girecek (Makinelerden önce tek bir kuyruk var). Kuyrukta, varlık numarası **tek sayı** olanlar öncelikli.*

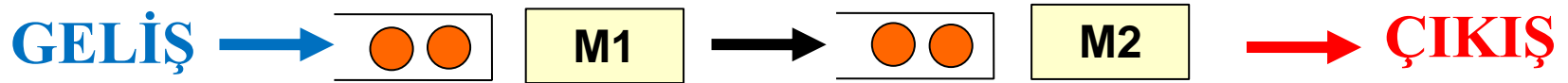
Varlıklar, hangi makine boş ise ona girecek. Eğer her iki makine de boş ise M1 tercih edilecek.

Benzetim bitiş kriteri : 10 nolu varlık sistemden çıkış yaptığında bitir.

** Makine Durumunu göstermek için; M1 ve M2 için ayrı ayrı 2 sütün gerekecek.*

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Seri Olarak Bağlı Birden Fazla İşlem



Birbirini takip eden işlemler seri olarak bağlı ise (örn. İmalat hattı); sonraki işleme geliş zamanı için ayrıca rassal değişken üretilmez.

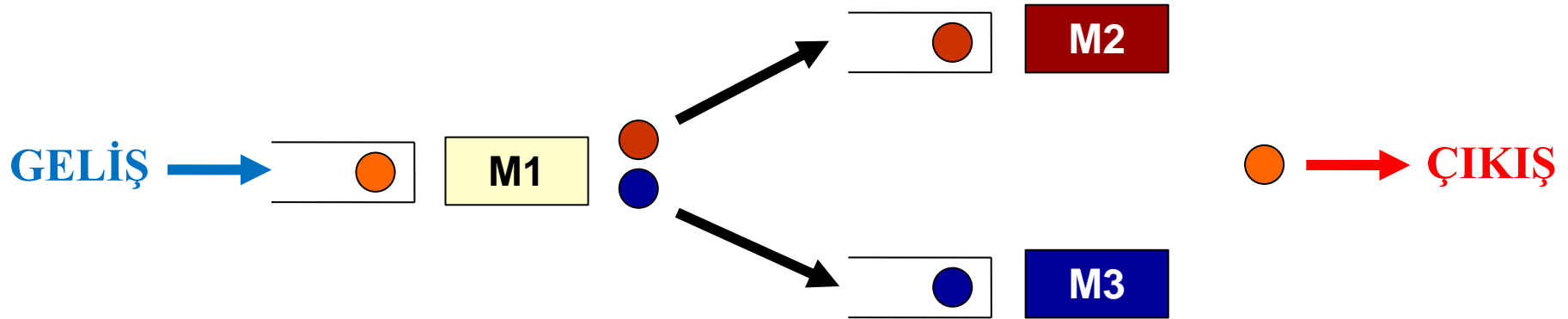
Önceki işlemde çıkış zamanı, sonraki işleme geliş zamanı olur !

İşlem sürelerinin olasılık dağılımı birbirinden farklı olabilir (farklı işlemler olduğundan çok büyük ihtimalle farklı olacaktır zaten)

** Hangi durumda, sonraki işlemin kuyruğu genel bir artış gösterir ?*

Kuyruk Benzetim Modelleri : Farklı Varyasyonlar

Paralel Yürüeyebilen İşlemler



Bazı sistemlerde, sürecin bir kısmındaki bazı işlemler birbirine paralel yürütülebilir.

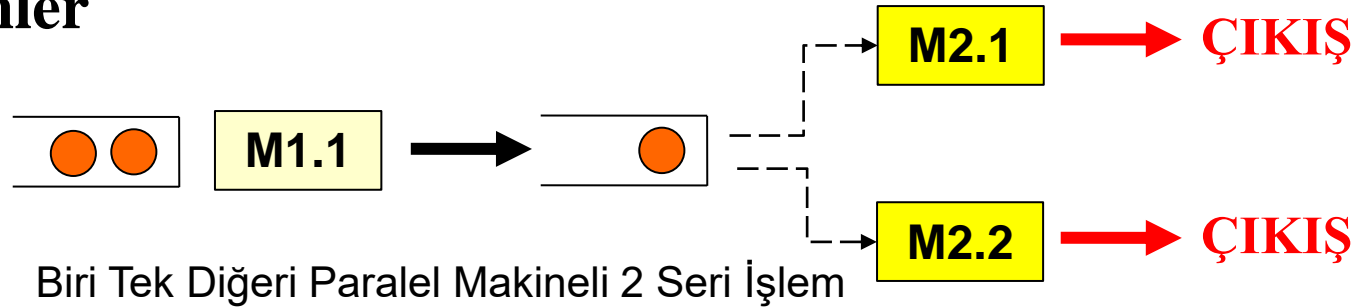
Çıkış için; her bir paralel işlemin tümü (veya belirli kısmı) tamamlanması gerekir.

Örneğin; Servise gelen bir otomobil için önce kayıt yapılır ve servis alanına çekilir. Daha sonra usta inceleme yaparken, idari bürodaki sekreter evrak işlerini (kasko vb.) yapabilir. Ayrıca, yedek parça tedarik işlerini yapacak olan kişi de paralel olarak işlerini yürütebilir. Servisten çıkış için tüm işlerin tamamlanması gerekir.

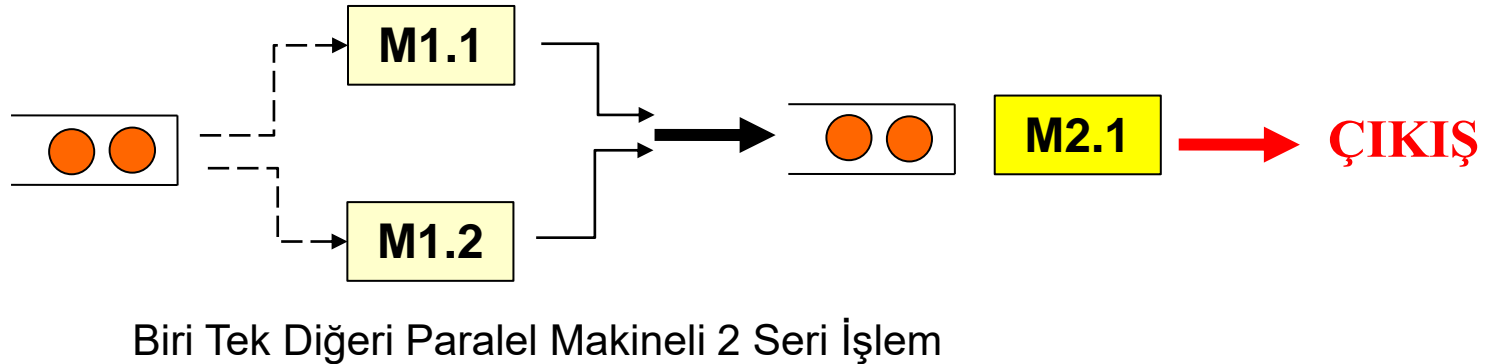
Alım-satım, tersanede gemi bakımı, okula başvuru gibi süreçlerde de bu durum kısmen geçerlidir.

Karma Sistemler

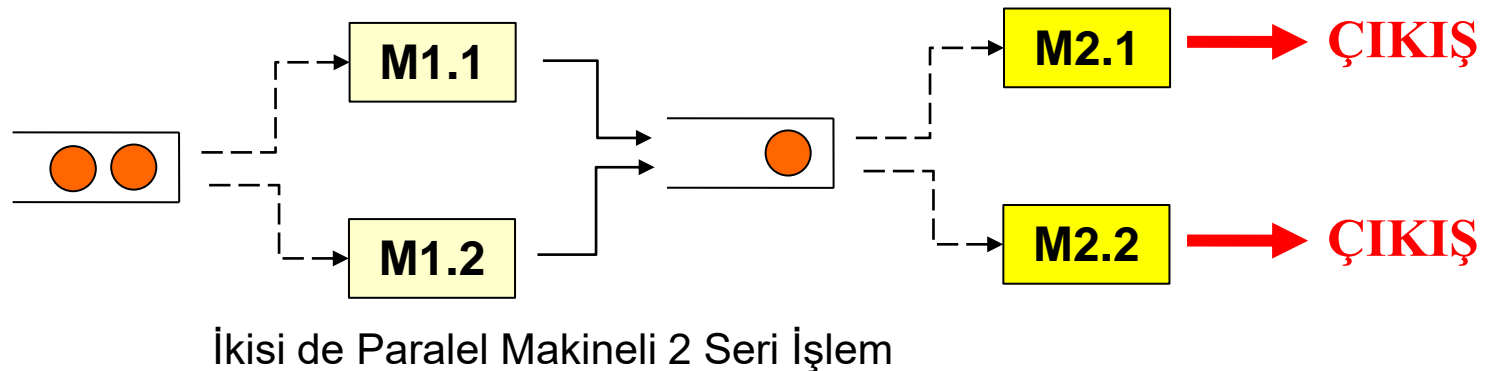
GELİŞ →



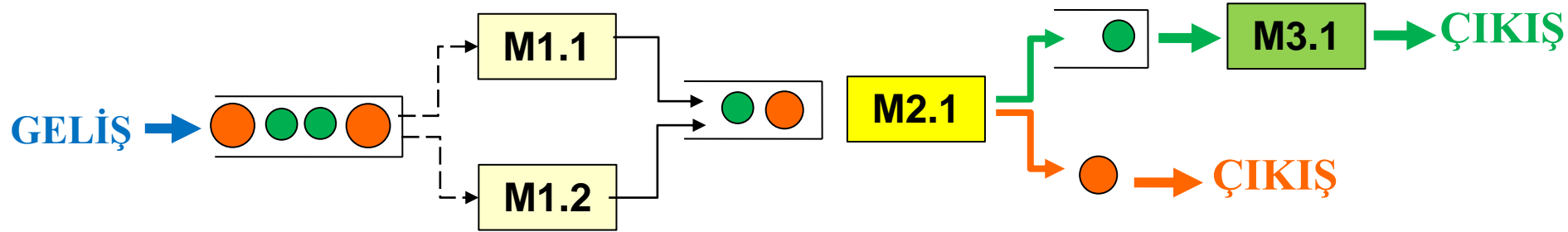
GELİŞ →



GELİŞ →



Koşullu Karma Sistemler



Bazı sistemlerde, varlıkların hangi işlemleri takip edecekleri belirli koşullara bağlıdır.

Bu koşullar;

- İşlemlere girecek varlığın kendisine (tipi veya diğer özelliklerine),
- Sistemdeki diğer varlıklara (bekleyen diğer varlıkların sayısına, tipine vb),
- Kullanılacak kaynaklara (makine, işçi vb.)
- Ortam ve çevre koşullarına (hava durumu, deniz durumu vb.) bağlı olabilir.

Bunların biri (veya birkaçı) belirli koşulların belirlenmesinde kullanılabilir.

Koşullu Karma Sistemler

Örneğin;

İstanbul Tersanesinde bulunan taş havuzda, aynı anda birkaç gemi havuza alınabilmektedir ve bunlar genellikle farklı tipte olmaktadır. Her gemi tipi için ortak işlemler olmakla birlikte, bazı işlemler sadece belirli gemi tipleri için yapılmaktadır (örn. sonarı bulunan gemilerin sonar domunun temizlenmesi).

Helikopter platformunun özel boyanması gerekmektedir. Bu işlemi bekleyen birden fazla başka gemi var ise, bu işlem yapılması beklenmeden tersaneden çıkılabilir.

Denizaltı ile denizde eğitim yapan bir korvet, denizaltının tipine göre farklı eğitimler icra edebilir (farklı cihaz ve torpido tipi). Varlık: Korvet , Resource: D/A

Tersanede iskeleye aborda vaziyetteyken, hava şartları müsait ise kreynlerin yağlanması yapılabilir, değil ise hava şartları müsait olana kadar tersanede beklenebilir veya başka bir tersane bakım periyoduna ertelenebilir.

Koşullu Karma Sistemler

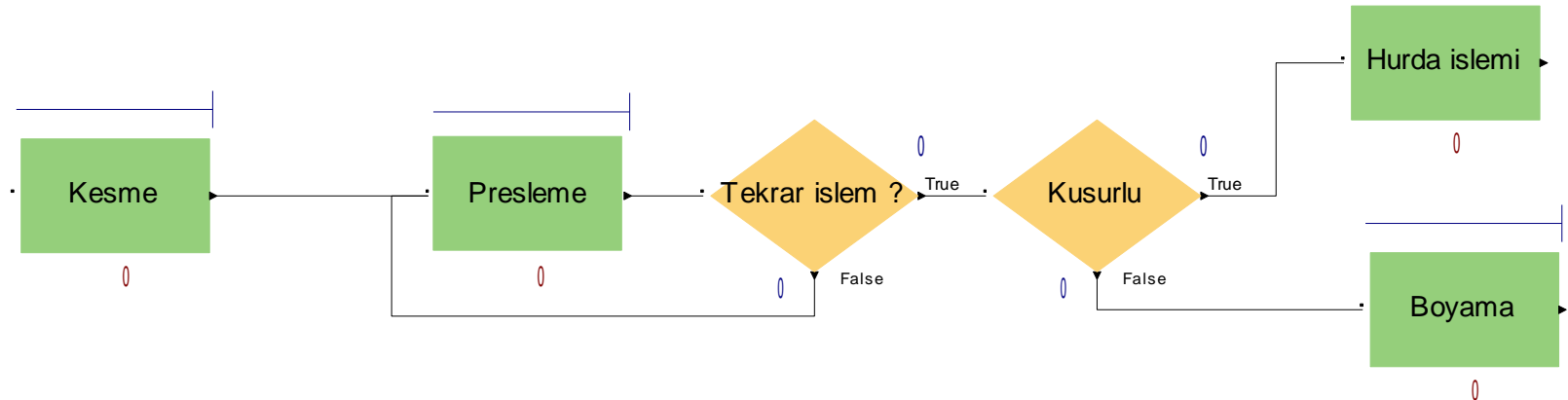
Bu koşulların bazıları ise belirli olasılıklara bağlı (rassal) olabilir.

Bu olasılıkların nasıl bir dağılıma uyduğu geçmiş verilere göre belirlenmiş olabilir.

Örneğin;

İmalat sürecinde presleme işleminden geçen bir parça %5 olasılıkla kusurlu olarak hurdaya ayrılmakta, %10 olasılıkla tekrar preslenmek için yeniden pres makinesine getirilmekte olduğu bilgisi alınmıştır.

Buna göre; yapılan benzetim modelinde presleme işlemi çıkışından sonra bazı parçalar hurda işlemine gidecek, bazı parçalar tekrar preslenmek için aynı işlemin başındaki kuyruğa geri dönecek, bazıları ise bir sonraki işleme geçecektir.



Koşullu Karma Sistemler

Olasılıklı Koşullar Örnek (Devam)

- Mezun olan subayların %30'u özel ihtisas kurşunlarından birisine başvurmak istemekte, bunların %10'u sadece SAT kursuna, %20'si sadece SAS kursuna, %10'u sadece Birinci Sınıf Dalgıç kursuna, %30'u sadece pilotaj kursuna, %30'u da tümüne başvuruda bulunmak istemekte,
- SAT kursuna başvuranların, %70'i kursa kabul edilmekte, kursa kabul edilenlerin %60'ı kursu başarı ile bitirmekte, kursu bitirenlerin %10'u ilk 5 yıl içerisinde SAT ihtisasından düşmekte,
- Seyir radarı arızalarının %70'i elektrik besleme sisteminden kaynaklanmakta