

# STOKASTİK SİSTEMLERİN İNCELENMESİNDE KESİKLİ OLAY SİMÜLASYONU

Yrd.Doç.Dr. Oygur YAMAK

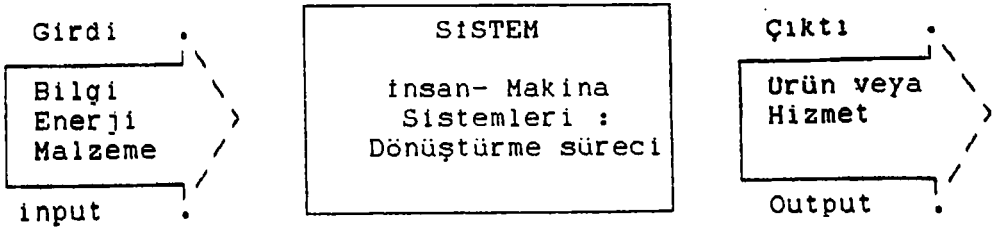
## 1. GİRİŞ

Simulasyon, sözcük anlamı olarak "gerçek duruma benzetmek" işlemi ya da "gerçeğin temsili"dir. Bu nedenle Türkçe literatürde "benzetim" terimi ile eşanlamlı olarak kullanılır.

Simülasyon, sistemleri temsil eden modellerin çözümlenmesinde kullanılan ve yönetime karar verme sürecinde yardımcı olan önemli bir araç ya da yöntemdir. Özellikle, analitik yöntemlerle modelin çözümünün olanaksız olduğu veya yetersiz kaldığı durumlarda yöneticinin sığındığı son çare olarak bilinir. Bu özelliğinden ötürü simulasyon; "hiçbir çözüm olanağı kalmadığı zaman ve en son başvurulacak bir yöntem" olarak tanımlanmaktadır.

## 2. SİMÜLASYONUN TANIMI

Simülasyon, gerçek bir sistemin dinamik davranışının kestirilmesi olarak da tanımlanabilir. Bir sistemin davranışlarını tümüyle aksettiren bir yöntemdir. Sistemleri davranış biçimlerine göre, kestirimli (deterministic) ve kestirimsiz (probabilistic) olarak sınıflandırmak mümkündür. Kestirimli sistemlerde, sisteme giren bilinirse, çıkışı da bilinir.



Şekil 1: Sistem ve Girdi-Çıktı İlişkisi

Sistemin girdisi bilindiği halde, davranışı kestirilemiyor ve çıktısı önceden bilinmiyorsa, bu tür sistemlerin davranışlarını simülasyon yöntemiyle incelemek gerekir.

Simülasyon bir "modelleme" tekniğidir. Modelin karmaşık olduğu durumlarda analitik yöntemlerin yerine geçer. Bilgisayarla yürütüldüğünde ise büyük ve karmaşık modellerin kurulmasına olanak verir. Simülasyon modellemesini şekil 2 üzerinde aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür:

### 2.1. SİMÜLASYON ÇALIŞMASININ AŞAMALARI

Bir simülasyon çalışması çeşitli aşamalar içerir. Herhangi bir simülasyonda bu aşamaların bir kısmının ya da tamamının bulunması gerektiği söylenebilir.

Simülasyon çalışmasının aşamaları sırasıyla şöyle özetlenebilir:

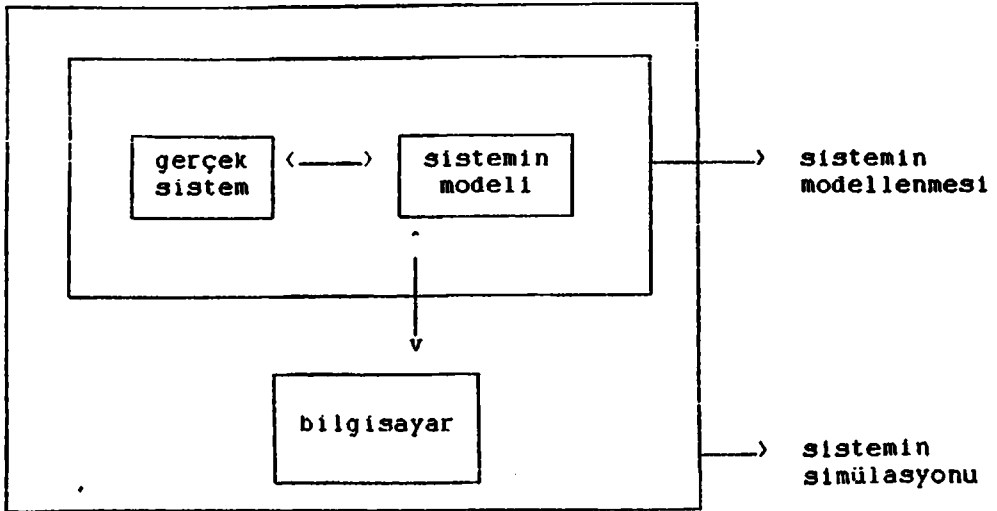
1. Gerçek sistemin belirlenmesi, ya da teşhis edilmesi,
2. Gerçek sistemin anlamlı özelliklerinin ayrılması,
3. Matematiksel modelin kurulması,
4. Model için bir bilgisayar programının (simülâtörün) yazılması,
5. Programın gerçek sistemden alınan verilerle çalıştırılması, yani model davranışının ölçülmesi,
6. Modelin davranışı ile gerçek sistemin davranışının karşılaştırılması,
7. Sistemin davranışları birbirini tutuncaya dek 1. ve 6. adımlar arasının sürekli tekrarlanması,
8. Ortaya çıkarılan simülâtörün gerçek sistemin gelecekteki davranışını ve/veya denetimini kestirmekte kullanılması.

Gerçek sistemin teşhis edilmesi; sistemin parçaları ve ilişkileri kadar özelliklerinin, parametrelerinin ve yapısının teşhis edilmesidir.

Anlamlı objelerin ve özelliklerinin ayrılması işlemi, simülasyonun amacıyla uyumlu modeli kurmak yolunda ilk adımı oluşturur. Gerekenden çok özellik ve objenin modele katılması, sistemin aşırı tanımlanmasına yol açar ki, bu da simülasyonun gereğinden fazla insan ve bilgisayar gücünü israf etmesi sonucunu doğurur.

Öte yandan, aşırı basit model ise, davranışının incelenmesi amaçlanan gerçek sistemin davranışından öteye düşmesi tehlikesini beraberinde getirir. Dolayısıyla, dengeli basitleştirme burada büyük önem taşır.

Bilgisayar programı (simülâtör) incelenen probleme en uygun dilde yazılmalı ve modüler bir yapıya sahip olmalıdır. Modüler yapıya sahip olması; çeşitli problemlere uyarlanabilme, genişleyebilme ve esnek olma anlamına gelir. Model için gerekli girdi verileri, özenli bir veri analizi ve veri indirgeme işlemi sonucu gerçek sistemden elde edilir.



Şekil 2. Sistem - Model - Simülasyon İlişkisi

## 2.2. SİMÜLASYON YÖNTEMİNİN KULLANILIŞ NEDENLERİ

Simülasyon, bir "eniyeleme" tekniği değildir, yalnızca bilgisayara tanımlanan sistemin ileriye dönük davranışlarını gözlemlene yöntemidir. Dolayısıyla, simülasyondan el-

de edilen sonuçlar sistemin ya da sorunun en iyi çözümünü vermez, fakat benzer denemeler sonucu "en iyi çözüm"ün bulunması olanağını verir.

Simülasyonun kullanılış nedeni, yalnızca sistemin gelecekteki davranışını belirlemenin olanaksız olduğu durumlarda değil, bunu anlayabilmenin oldukça pahalı ve tehlikeli olduğu durumlarda da başvurulabilecek bir yöntem oluşudur.

### 3. SİSTEM SİMÜLASYONU

Yapısında rassallık taşıyan stokastik (zaman bağımlı) sistemlerin simülasyon yöntemi vasıtasıyla incelenme olanağı bulunur. Sistemin herhangi bir andaki durumu, belirli parametreler dahilinde ve oluşumu tamamen rassallığa bağlı olan değişkene ilişkin olasılık dağılımından rassal sayı türetilmek suretiyle bilinirse, sistemin davranışı canlandırılabilir. Bu yöntem "monte karlo simülasyonu" adıyla da bilinir.

Rassal sayı türetilmesi için çeşitli yöntemler vardır. En çok kullanılan yöntemler; u-patıplık yöntemi (congruential method) ve kare ortası (mid - square) tekniğidir. Bu tekniklere makalenin kapsamı dışında kaldığından burada ayrıca değinilmeyecektir.

Simülasyon, sistemden örneklenen öğelerin yine aynı sistem üzerindeki etkisini ölçmek suretiyle yürütüldüğüne göre, bunu başarmak için sistemin karakteristiklerini ve işletim kurallarını bilmek gereklidir. Değişebilirliğin bir bütün olarak sistem üzerindeki etkileri, ilgili olasılık dağılımlarından örnek alınmak suretiyle gözlenebilir.

Olasılık dağılımı; simülasyonun ya da modelin üzerine kurulacağı temel veriyi oluşturur. Herhangi bir değişkene ilişkin olasılık dağılımı histogramlarla verilirse kesikli olasılık dağılımı, eğer sürekli bir eğri olarak verilirse sürekli olasılık dağılımı söz konusudur. Olasılık dağılımının türüne göre, kesikli (discrete) ya da sürekli (continuous) simülasyondan söz etmek gerekir.

Sistem simülasyonuna bir örnek olarak; müşterilerin bir servis noktasına geldikleri ve servis görmek üzere sıralarını bekledikleri bir "kuyruk sistemi"ni gösterebiliriz:

Müşterilerin sisteme girdikleri andan başlayarak servis görüp sistemden ayrılana dek sistemde kalış süresini bilmek isteyebiliriz. Bu durumda, müşterilerin gelişleri arası zamanı dağılımını ve servis görevlisinin servis zamanı dağılımının bilinmesi gerekir. Söz konusu iki dağılım bilinirse, sistemden geçen örnek bir müşteri grubu yaratılır ve sistemden geçiş zamanları incelenir.

Örnek müşteri grubunu yaratabilmek için bir rassal sayılar kaynağına gerek vardır. Bu rassal sayıları kullanmak suretiyle gelişlerarası zaman dağılımından örnekleme yapılarak müşterilerin sisteme geliş sırası ve her bir müşterinin sisteme gelişinin saat zamanı belirlenir.

Bezer şekilde, servis zamanı dağılımından örneklenerek her müşterinin servis gördüğü zaman saptanır. Bu da her müşterinin sistemi terkettiği zamanı bilinmesini sağlar. Böylelikle herhangi bir andaki kuyruk uzunluğunun ve müşterilerin sistemde kalmış oldukları toplam zamanın bulunması mümkün olur.

#### 3.1. SİSTEM SİMÜLASYONUNDA TEMEL KAVRAMLAR

Sistem simülasyonunda tanımlanması gereken bazı kavramlar bulunmaktadır. Bu

kavramlar simüle edilecek sistemin tanıtılması ve tarif edilmesinde kullanılırlar.

Bu terimler; obje veya birim (entity), özellik (attribute), faaliyet (activity), sistem durumu (state of the system) ve olaylar (events) olarak sıralanabilir.

- a) **Obje veya birim:** Sistemin ana tanımında yer alan nesne olup, genellikle fiziksel bir varlıktır. Örneğin, bir trafik sisteminde obje "araba"dır veya "trafik ışıkları"dır. Bir mağaza simülasyonunda ise obje; müşteri, tezgahlar ya da satın alınan malzeme olabilir.
- b) **Özellik:** Objenin bir özelliği veya karakteristiğidir. Bir obje birden fazla özellik taşıyabilir. Gözönünde tutulacak husus bu özelliklerden yalnızca ilgili olanların simülasyon modelinde yer almasıdır. Örneğin, bir trafik sisteminde eğer obje olarak "otomobil" seçilmişse, özellikleri de otomobilin hızı, geliş zamanı, alınan yol, motorun hacmi ve otomobilin rengi olabilir. Trafik sisteminin simülasyonunda, bunlardan yalnızca ilk üçü anlamlıdır ve modelde yer alırlar, son ikisi ise ilgisiz özellik olduklarından modele girmezler.
- c) **Faaliyet:** Sistemde bir değişiklik olmasına yol açan bir süreçtir. Bir trafik sistemi içinde bir otomobilin hareketi ya da mağaza sisteminde müşteriye hizmet verme faaliyeti bir örnek teşkil eder.
- d) **Sistem durumu:** Sistemin tüm objeleri, faaliyetleri ve özelliklerinin belli bir andaki koşullarının tanımıdır. Kısacası, sistemin o andaki fotoğrafıdır.

Mağaza simülasyonundan örnek verirsek, simülasyon başladıktan 60 dakika sonra sistemin durumu şöyle tanımlanabilir:

Servisi tamamlanan müşteri sayısı : 9  
Beklemekte olan müşteri sayısı : 2  
Hiç beklemeden servise giren müşteri sayısı : 4  
Servis görevlisinin durumu : Meşgul

- e) **Olay:** Her faaliyetin başlangıç veya bitişini bir olay simgeler. Olay aynı zamanda sistem durumunun değiştiği tek andır. Örneğin, mağaza sisteminde müşterinin gelişi veya servisin bitiş ya da trafik sisteminde otomobilin sistemden ayrılışı gibi.

### 3.2. SİMÜLASYONDA ZAMAN UNSURUNUN TEMSİLİ

Simülasyon modeli kurulduktan sonra model üzerinde deneyler yaparak gerçek sistemin dinamik davranışı kestirilebilir. Şimdi simülasyonda sistemin nasıl işletildiğini ya da sistemin dinamik davranışının nasıl kestirilebildiğini görelim.

Gerçek sistem rassal kabul edilen aralıklarla oluşan olaylarla karşılaşır. Rassal aralıklar rassal sayı türetilmesi yoluyla oluşturulur. Olayların nasıl sıraya konulacağı "simülasyon zamanı" tarafından belirlenir ve sistemin "saat zamanı" (Clock time) olarak isimlendirilir. Saat zamanı programın işletilmesi ile simüle edilen zaman miktarını kümülatif olarak göstermektedir. Dolayısıyla, birkaç dakikalık bilgisayar işlem zamanı içerisinde birkaç yüz saatlik saat zamanı simüle edilebilir.

Saat zamanını simüle etmekte iki yöntem vardır : Birinci yöntem, uygun rassal sayı yaratarak sonraki olayın ne zaman oluşacağını belirlemek ve aralıkta hiçbir olay oluşma-

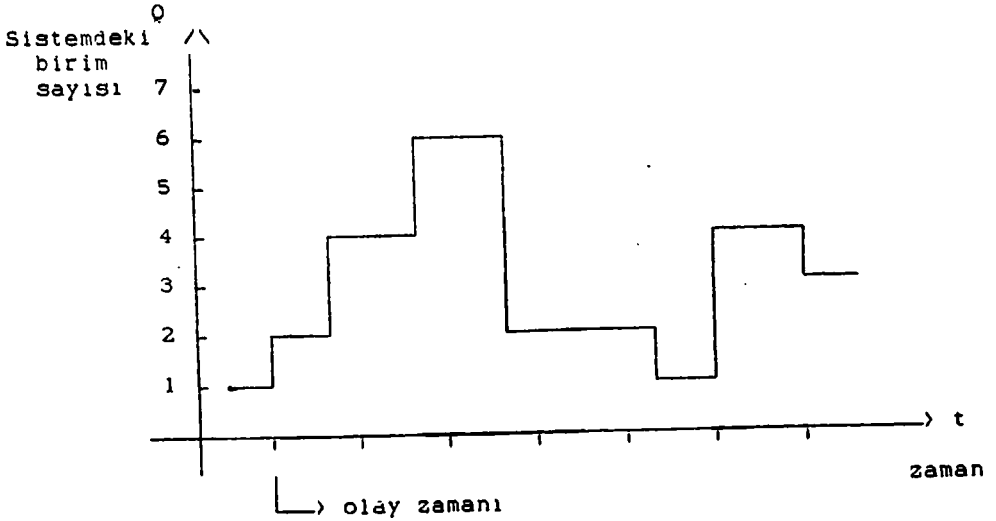
yacağından, saati bu zaman aralığı kadar ileriye almaktır. bu yöntem "olay yaklaşımı" olarak isimlendirilir ve kesikli olay simülasyonunda kullanılan yöntemidir.

### 3.3. SİMÜLASYON MODELİN KURULMASI

Simülasyon, sistemlerin modelleri üzerinde deneyler yapmamızı sağlayan sorun-çözücü bir teknik olduğuna göre, öncelikle incelenecek sistemin modelini kurmak, böylece sistemi tanımlamak gerekir. Gerçek sistemlerin mantıksal ve sayısal tahımlaması yapıldıktan sonra, bu tanıma göre yazılmış bir bilgisayar programı yardımıyla bilgisayar paketi çalıştırıldığında sistemin gelecekteki davranışlarını bir ölçüde kestirmek mümkün olur. Bir ölçüde diyoruz, çünkü simülasyon sonuçları hiçbir zaman kesin değildir, bununla beraber oldukça güvenilir olduğu kabul edilir.

### 4. KESİKLİ OLAY SİMÜLASYONU

Sayısal bilgisayarlarla yürütülen simülasyonlarda fiziksel süreçleri temsil eden matematiksel denklemler gözönüne alınır. Simülasyon zamanı, kesikli değerlerle gösterilen ve sistemin farklı elemanları arasındaki etkileşimleri temsil eden kesikli zaman aralıklarla-



Şekil: 3- Kesikli olay simülasyonu

rına bölünmüştür. Aralıkların birbirine eşit olması gereği yoktur. Matematiksel olmaktan çok, mantıksal nitelikteki ilişkiler, sistemi bir etkileşim noktasından diğerine taşırlar. Kesikli olay simülasyonunun esası budur.

Kesikli olay simülasyonu; bir sistemin işlemlerinin zaman içinde kesikli noktalarda incelenmesidir. Sistemin performans ölçütleri olay zamanlarında ölçülür ve kesikli değerler alırlar. Sistemi olay zamanlarında incelemek suretiyle bir sistemin davranışı yeniden canlandırılabilir. Sistemin davranışının canlandırılması olanacağı sistemin performansı hakkında fikir edinebilmek için kullanılır. Gerçekten de, kesikli olay simülasyonunun amacı; sistemin davranışının yeniden yaratılmasıdır.

Sistemin davranışı incelenmek ve işlem karakteristikleri ölçülmek suretiyle sistemin işleyişi, kritik parametreleri ve darboğazları hakkında bilgi edinilir. Dolayısıyla simülas-

yon; sistem kurulmadan önce sistemin performans ölçülerini incelemek ve sistem gerçekten kurulmadan önce sistemin performans ölçütlerini incelemek ve sistemin değişik işletim koşulları altında nasıl davranacağını kestirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Sistemlerin bu şekilde incelenebilmesi için, herşeyden önce sayısal olarak tanımlanmaları gerekir. Sistem durumu tanımının nasıl yapılacağına kısaca değinelim.

Eğer, sistem bir dizi değişken sayesinde ifade edilebiliyorsa ve bu değişkenlere ait değerlerin değişik kombinasyonlarından her biri sistemin tek bir durumunu temsil ediyorsa, o zaman değişkenlerin almış oldukları değerler sistemin bir durumdan diğerine geçişini simüle eder. Simülasyon; çok iyi tanımlanmış işletim kurallarına uygun olarak sistemin ileriye dönük davranışının temsil edilmesidir.

Bir başka tanımla, kesikli olay simülasyonu; sistemin dinamiğini etkileyen tüm süreçlerin simülasyon zamanı içinde kesikli noktalarda gözlenmesidir. Süreçler, sistem dinamiğinin temel taşları olan "olaylar" tarafından tanımlanır. Kesikli olay deyiminde de anlaşılacağı üzere, simülasyon sürekli olmayan ve yekdiğerleriyle zamanın kesikli noktalarında etkileşen programlar tarafından yürütülür. Sisteme özgü olayların gerçekleşmesinden doğan durum değişimlerinin almış olduğu biçimden sistemin davranışı hakkında fikir edinilir.

## 5.SONUÇ

Bu makalede kesikli stokastik sistemlerin simülasyonuna ilişkin temel kavramlar tanımlanmakta ve simülasyonun işletilmesi için gerekli yaklaşımlar açıklanmaktadır. bu şekilde, ana hatlarıyla özetlenen kesikli olay simülasyonuna ilişkin model kurulması ve bir işletme sorununa uygulanması konuları başka bir makalede ele alınacaktır.

### YARARLANILAN KAYNAKLAR:

- 1- PRITSKER ve KIVIAT; Simulation with GASP II, Prentice Hall, 1969
- 2- EATON ve HATTER; Systems Analysis and Computing, Elec Science, 1975
- 3- Mc MILLAN ve GONZALES; Systems Analysis: A Computer Approach, Richard Irwin, 1975
- 4- MİZE ve COX; Essentials of Simulation, Prentice Hall, 1968
- 5- NAYLOR; Computer Simulation Experiments with models of Economic System, Wiley, 1971
- 6- HALAÇ, Osman; İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, İ.Ü. İşletme Fakültesi yayını, 1982
- 7- SAYDAM, Tuncay; Discrete Stochastic Systems Dynamics: An Event Simulation Approach, B.Ü. yayını no: 222, 1980