

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

EME 3117
SİSTEM SİMULASYONU
Hafta 1

Yrd.Doç.Dr.Beyazıt OCAKTAN

Benzetim (Simülasyon) in Tarihsel Gelişimi

Simülasyon kelimesinin modern anlamda kullanılması 1940 yılı sonlarında Jhon Von Neumann ve Stanislaw Ulam'ın çalışmalarına **Monte Carlo Simülasyonu** adını vermeleri ile başlar. Bir nicelik miktar tekniği olarak Los Alamos Scientific Laboratuvarında nötronlarla ilgili çalışmalarında, Van Neumann Simülasyonu; elle veya fiziksel modellerle analizi karmaşık ve pahalı olan fizik problemlerini çözmede kullandı. Nötronların rassal yapısı ihtimalleri ile uğraşmada rulet tekeri kullanımını önerdi. Oyun yapısı nedeni ile Van Neumann Kanunların değişimi çalışmasını MonteCarlo Modeli olarak adlandırdı.1950'lerde iş bilgisayarlarının gelişimi ve birleşik kullanımı ile simülasyon bir yönetim aracı olarak gelişti.

Batı dillerinde benzetim karşılığı olarak kullanılan simulation, simulazione, simulación, simulação ve simulatie gibi terimler Latince 14. yüzyıldan beri kullanılan simulare teriminden türetilmiş olup teknik olmayan anlamda, bir şeyin benzeri veya sahtesi anlamında kullanılır. Bu terimler ancak 20. yüzyılda teknik bir anlam kazanmıştır. Günümüzde, Batı dillerinde benzetim terimi teknik olan ve olmayan anlamları ile kullanılmakta ve yerine göre hangi anlama geldiği anlaşılmaktadır.

Simulasyon, karmaşık, gerçek dünya sistemlerindeki işlemlerin zamana bağlı değişimlerini taklit eden bir teknik olarak tanımlanabilir. Bu, doğal olarak bir simulasyon modeli geliştirilerek yapılır. Simulasyon modeli genellikle sistemdeki olaylar hakkında varsayımlarla şekillenir ve sistemdeki ilgili objeler arasındaki mantıksal ve matematiksel ilişkiler olarak ifade edilir. Daha çok Yöneylem Araştırması dersinde göreceğiniz bir çok analitik modellerin var olan tam matematiksel çözümüne zıt olarak simulasyon süreci, performans ölçümlerinin örneklemelerini üretmek için modeli zaman boyunca genellikle bilgisayar yardımıyla çalıştırmayı içerir. Buna göre simulasyon, gerçek bir sistemin örneklem deneyleri olarak görülebilir. Örneğin, performans ölçümlerinin ortalamasının tahminin en iyi şekilde tahmin etmek için örneklem sonuçlarının ortalamasını alırız. Elbette ki ne kadar fazla sayıda örneklem noktası üretirsek, tahminimiz o kadar iyi olacaktır. Bununla birlikte simulasyonda simulasyonun başlangıç koşulları, simulasyon periyodunun uzunluğu, modelin doğruluğu gibi diğer faktörler de bizim son tahminimizin ne kadar iyi olduğu üzerinde etkilidir.

Simulasyonun Kullanım alanları:

Bir çok farklı sistem tiplerinde simulasyon kullanılabilmesine karşın bu derste başlıca üretim, hizmet ve ulaştırma sistemlerinin simulasyonu üzerinde durulacaktır. Üretim sistemlerine ait örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- Makine işlemleri
- Montaj işlemleri
- Malzeme taşıma sistemleri
- Depolama

Makine işlemleri, manuel yada otomatik kontrollü talaşlı imalat, soğuk şekil verme, kaynak ve üretim için kullanılan fabrika ekipmanlarını içeren süreçleri içerebilir. Montaj işlemleri, çoklu parçaların birleştirilmesini gerektiren herhangi bir tipteki montaj hattını yada üretim işlemini kapsar. Malzeme taşıma simulasyonları vinçlerin, forkliftlerin ve otomatik taşıma araçlarının analizinde kullanılır. Depo simulasyonları, hammaddelerin yada bitmiş ürünlerin manuel yada otomatik olarak depolanması ve depodan çıkarılması işlemlerini içerir.

Hizmet sistemlerine ait örnekler aşağıda verilmiştir:

- Hastaneler ve tıbbi klinikler
- Restoran ve eğlence tesisleri
- Bilişim teknolojisi
- Müşteri sipariş sistemleri

Hastane ve tıbbi kliniklerde gerekli oda, hemşire, doktor, vb. sayılarını belirlemek için simulasyon kullanılabilir. Sinema benzeri eğlence tesisleri kaç bilet gişesi açmaları gerektiği, kaç seans gösterimi olması gerektiği vb. sorulara simulasyonla yanıt arayabilir. Bilişim teknolojisi simulasyonları ise kaç tane ve hangi tip network ve destek kaynaklarına sahip olmaları gerektiğini araştırır. Müşteri sipariş sistemlerinin simulasyonları istenen müşteri hizmet düzeyini sağlamak için kaç müşteri sipariş temsilcisinin görev yapması gerektiği ile ilgilenir.

Ulaştırma sistemleri örnekleri aşağıdadır:

- Havaalanı operasyonları
- Liman nakliye işlemleri

- Tren ve otobüs ulaşımı
- Dağıtım ve lojistik

Havaalanı operasyonlarının simülasyonu genelde havaalanı güvenlik kontrolleri, yolcu sayıları ve kapı atamalarında uygulanır. Liman nakliye simülasyonları gemilere yükleme/boşaltma için kaç tane vinç ve kamyon gerektiğinin belirlenmesini içerebilir. Tren ve otobüs ulaşımında simülasyon uygulamaları ilgili rotaların analizini içerebilir. Dağıtım ve lojistik sistemlerinin simülasyonu ise taşıma merkezlerinin tasarımının ve yerinin analizini içerebilir.

Simülasyonun Amaçları

Farklı sistemlerin simülasyonu ve analizi başlıca şu amaçlarla yapılır:

- Sistemin çalışması hakkında anlayışlar kazanmak
- Sistemin performansını arttırmak için işletim yada kaynak politikaları geliştirmek
- Uygulamaya geçmeden önce yeni konseptleri yada sistemleri test etmek
- Mevcut sistemi bozmaksızın bilgi toplamak

Bazı sistemler çok karmaşıktır ve bu sistemlerin içindeki etkileşimleri ve işlemleri dinamik bir model olmaksızın anlamak çok zordur. Diğer bir deyişle sistemin çalışmasını durdurmaksızın bu sistemi incelemek mümkün olmayabilir. Üretim sürecinde dar boğazın nasıl oluştuğunu anlamaya çalışmak bu durumun tipik örneğidir.

Anladığınız fakat geliştirmek istediğiniz bir sisteminiz olabilir. Bunu yapmanın iki temel yolu işletim yada kaynak politikalarını değiştirmek olabilir. İşletim politikalarındaki değişiklikler siparişler için farklı çizelgeleme öncelikleri olabilir. Kaynak politikalarındaki değişiklikler çalışan düzeyini yada mola çizelgelemesini içerebilir.

Sistem henüz mevcut değilse yada siz yeni bir sistem satın almayı düşünüyorsanız, bir simülasyon model amaçlanan yeni sistemin ne kadar iyi performans göstereceği hakkında size fikir verebilir. Yeni bir sistemin modelleme maliyeti, herhangi bir üretim sürecini üretime alma maliyetiyle karşılaştırıldığında çok küçüktür. Farklı düzey ve maliyetlere sahip ekipmanların sistem performansına etkisi simülasyonla analiz edilebilir. Uygulamaya geçmeden önce bir simülasyon modelinin kullanımı, seçilen ekipman konfigürasyonunun yeniden tanımlanmasına yardımcı olabilir.

Simulasyon, sistemler üzerinde onları tahrip etmeksizin deney yapmanın muhtemelen tek yoludur. Bazı sistemler o kadar kritik yada duyarlıdır ki, sistemi analiz etmek için herhangi bir işletim yada kaynak politikasını değiştirmek olanaksızdır. Bu tip bir sistemin klasik örneği bir havaalanındaki güvenlik noktası olabilir. Bu sistemde işletim politikası yada kaynak düzeyi deneyi yürütmek sistemin işletim yeteneğini veya güvenlik etkinliğini ciddi şekilde etkiler.

Simulasyon Ne Zaman Uygun Bir Araçtır?

Simulasyon aşağıda sıralanan amaçlarla kullanılabilir:

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin içsel etkileşimlerinin incelenmesine olanak tanır.
- Bilişsel, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simüle edilebilir ve bu değişimlerin modelin davranışı üzerindeki etkileri gözlemlenebilir.
- Bir simülasyon modeli tasarımından elde edilen bilgi, incelenen sistemde iyileştirme önerilerine büyük katkı sağlayabilir.
- Simülasyonun girdilerini değiştirip, çıkan sonuçları gözleyerek en önemli değişkenlerin neler olduğunu ve değişkenlerin nasıl etkileşim gösterdiğine ilişkin çıkarımlar yapılabilir.
- Simülasyon analitik çözüm metodolojilerini pekiştirmek için bir eğitim aracı olarak kullanılabilir.
- Simülasyon gerçekte olabilecek şeylere hazırlıklı olabilmek için uygulamaya konmadan önce yeni tasarım veya politikalarla ilgili deneyler yapmak için kullanılabilir.
- Simülasyon analitik çözümleri doğrulamak için kullanılabilir.
- Bir makinenin farklı yeterlilikleri simüle edilerek gereksinimler belirlenebilir.
- Eğitim için tasarlanan simülasyon modelleri işi kesintiye uğratmadan ve maliyetsiz bir şekilde öğrenmeye olanak tanır.
- Animasyonlar, simüle edilen işlemlerle sistemi gösterir, böylece planlar görselleştirilebilir.
- Fabrikalar, hizmet organizasyonları vb. karmaşık sistemlerdeki etkileşimler çoğu zaman sadece simülasyonla değerlendirilebilir.

Aşağıda sıralanan durumlarda ise simülasyon kullanımını uygun değildir:

- Sağduyu ile çözülebilecek durumlarda benzetimi çözüm tekniği olarak kullanmamak gerekir. Örneğin bir araba yıkama istasyonuna her 5 dakikada 1 araba geliyorsa ve bir aracın yıkanması 20 dk. Sürüyorsa, gerekli çalışan sayısı $20/5=4$ işçidir.
- Analitik çözüm metotlarının kullanılabilceği durumlarda benzetim kullanılmamalıdır.
- Eğer gerçek sistemde deney yapmak kolay ise benzetime gerek olmayabilir
- Maliyeti gelirinden fazla olacaksa benzetim tercih edilmemelidir.
- Kaynaklar ve zaman yeterli değilse benzetim yapılmamalıdır.
- Benzetim yapmak için veriye ihtiyaç vardır. Eğer veriler hazır değilse benzetim tavsiye edilmemektedir.
- Doğrulama (Verification) ve Geçerlilik Analizi (Validation) yapacak zaman ve personel hazır değilse benzetim uygun olmayabilir.
- Eğer yöneticilerin benzetimden beklentisi çok fazla ve çok kısa zamanda çok şeyler bekliyorlarsa,
- Eğer sistemin davranışı çok kompleks ve tanımlanamıyorsa benzetim uygun olmaz. İnsan davranışlarını modellemek bazen oldukça kompleksir.

Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Simülasyonun çıktısı, gerçek sistemden kaydedilen çıktılarla doğrudan ilişkili olmalıdır. Ayrıca, matematiksel olarak çözülebilmesi için her rassal değişkenin aynı ve özdeş dağılımı gibi (i.i.d.) tartışmalı varsayımlar olmaksızın bir sistemin simülasyon modeli geliştirmek mümkündür. Bu ve diğer nedenlerle simülasyon, problem çözümede sıklıkla seçilen bir tekniktir. Simülasyon, karmaşık sistemlerin analizinde sıkça kullanılan çok güçlü bir tekniktir. Simülasyonun en büyük avantajı, simülasyon teorisinin göreceli olarak kolay anlaşılır olmasıdır. Genelde simülasyon metotlarını uygulamak analitik metotlardan daha kolaydır. Analitik metotlar çözüm için bizim çok sayıda basitleştirici varsayımlarda bulunmamızı gerektirirken, simülasyonun bu çeşit kısıtlamaları daha azdır ve böylece gerçek sistemi temsil etmede daha fazla esnekliğe olanak tanır. Bir kez simülasyon modeli kurulduktan sonra bu model farklı politikaları, parametreleri ve tasarımları analiz etmek için tekrar tekrar kullanılabilir. Örneğin kendi stok sisteminin simülasyon modelini kuran bir işletmeyi ele alalım. İşletme kendi gerçek dünya sistemi üzerinde denemeksizin model üzerinde farklı stok politikalarını deneyebilir. Bununla birlikte simülasyon bir optimizasyon tekniği değildir. Simülasyon genellikle şöyle olsaydı ne olurdu (what-if) türü sorularla analiz için kullanılır.

Simulasyonun avantajlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Gerçek sistemin süregelen işlemlerini kesmeden yeni politikalar, işletim prosedürleri, karar kuralları, bilgi akışları geliştirilebilir.
- Yeni donanım tasarımları, fiziksel yerleşimler, taşıma sistemleri vb. kaynak tahsis edilmeksizin test edilebilir.
- Sistemin performansına değişkenlerin önemi hakkında çıkarımlar yapılabilir.
- Süreçteki işlerin, malzemelerin ve bilginin nerede tıkanıldığını göstermek için darboğaz analizi gerçekleştirilebilir.
- Bir simülasyon çalışması sistemin gerçekte nasıl çalıştığını anlamaya yardımcı olabilir.
- Özellikle yeni sistem tasarımında kullanışlı olan What-If (Ne-Eğer) soruları yanıtlanabilir.

Simulasyonla optimizasyon elbetteki yapılabilir, ancak bu süreç çok zaman alır. Simulasyon maliyetli de olabilir. Bununla birlikte özel amaçlı simulasyon dillerinin gelişimiyle hesaplama maliyeti oldukça azalmıştır, ve simulasyon metodolojilerinin gelişimiyle maliyet problemi önemsizleşmiştir.

Simulasyonda doğru sonuçlar elde etmek için her şeyden önce girdilerin doğru olması gerekir. “garbage in, garbage out”, yani “çöp girerse, çöp çıkar”. Kurulan simulasyon modeli ne kadar iyi olursa olsun modelde yanlış girdi verisi kullanılırsa, doğru çıktılar elde etmek beklenemez. Veri toplama, simulasyon sürecinin en zor kısmı olmasına rağmen, genelde bu sürece çok az zaman ayrılması simulasyonun başarısız olmasına yol açar.

Simulasyonun bazı dez avantajları aşağıda sıralanmıştır:

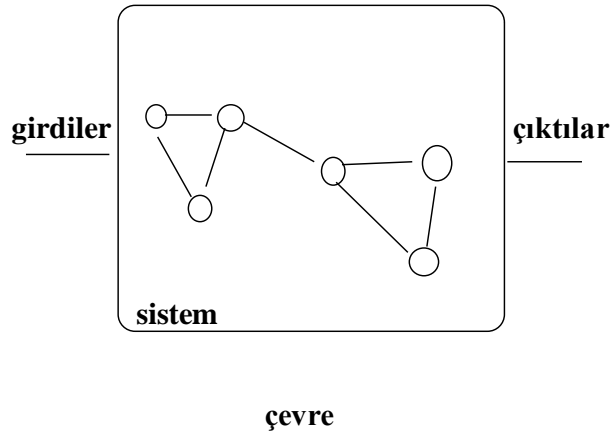
- Modelleme özel bir eğitim gerektirmektedir ve zamanla ve tecrübe ile öğrenilen bir sanattır. İki farklı bireyin geliştirdiği modellerin benzerliği olmasına rağmen her ikisinin tamamıyla aynı olması pek mümkün değildir.
- Benzetim sonuçlarını yorumlamak zordur. Birçok benzetim çıktıları rassal değişkenler oldukları için (Rassal girdilere bağlı olduklarından dolayı) gözlemin sistemdeki etkileşimlerin mi yoksa rassallığın mı bir sonucu olduğu kesin değildir.
- Benzetim modellemesi ve analizi zaman alıcı ve pahalı olabilmektedir. Modelleme yaparken kaynaklarda cimrilik etmek, analizin ve benzetim modelinin iş için yetersiz olmasına sebep olabilir.
- Benzetim bazen analitik çözümlerin mümkün ve tercih edildiği durumlarda kullanılmaktadır.

Yukarıdaki dezavantajlar şu sebeplerden dolayı hafiflemekte ve **benzetim şu nedenlerden dolayı savunulmaktadır**:

- Benzetim paket programları yazarlar sadece girdilere (verilere) ihtiyaç duyan paket programlar geliştirmekte, bir çok iş paket program tarafından yapılmaktadır.
- Birçok paket program detaylı çıktı analizi yapabilmektedir.
- Benzetim bugün dünden daha hızlı yapılabilmektedir ve yarınında da bu günden daha hızlı yapılacağı beklenmektedir. Bu hız donanımdaki ve benzetim paket programlarındaki gelişmelerden kaynaklanmaktadır.
- Kapalı formdaki modellerin çoğu günlük hayatta karşılaşılan kompleks sistemleri çözmede ve analiz etmede yetersizdir.

Sistem Nedir?

Sistem belli bir amacı gerçekleştirmek için bir araya gelmiş elemanlar (nesnelar) topluluğu olarak tanımlanır. Simulasyon açısından sistemi şekil 1.1' de gösterildiği gibi girdiler alan ve çıktılar dağıtan elemanlar topluluğu olarak tanımlayabiliriz. Sistemin elemanları girdilerin çıktılara nasıl dönüştüğünü belirler.



Şekil 1.1 Bir sistemin kavramsallaştırılması

Bir sistem sık sık çevresindeki değişimlerden etkilenir. Sistemleri modelleyebilmek için öncelikle sistem ve çevresi arasındaki sınırlara karar verilmelidir. Bu karar yapılan çalışmanın amacına bağlıdır. Örneğin bir fabrika sisteminde siparişlerin gelişini etkileyen etkenlerin fabrikanın etkisinin dışında olduğu ve bu nedenle bu etkenlerin sistemin çevresinin elemanları olduğu düşünülebilir. Bununla birlikte talep üzerinde tedarikin etkisi inceleniyorsa fabrikanın

çıkıtısı ve siparişlerin gelişi arasında bir ilişki vardır ve bu ilişki sistemin bir faaliyeti olarak düşünölmelidir.

Sistemin Bileşenleri

Bir sistemin anlaşılıp, analiz edilebilmesi için aşağıdaki terimlerin tanımlanması gerekir. Ders notlarında Arena programında kullanmamız gereken terimlerin İngilizceleri verilecektir. Sistemin durumu (state), çalışmanın amaçlarına göre her hangi bir anda sistemi tanımlamak için gerekli tüm değişkenler olarak tanımlanır. Entity (varlık), sistemde ilgilenilen nesnedir. Attribute (özellik) ise bir entity'nin özelliğidir. Activity (faaliyet) belirli uzunluktaki zaman periyodunu ifade eder.

Çoğu zaman, özellikle hizmet sistemlerinde entity, insandır. Örneğin bir banka sistemi inceleniyorsa entity'ler, müşteriler olabilir. Bir fabrikada ise entity'ler makinelerde işlenmeyi bekleyen parçalar olabilir. Yine bir banka sisteminde attribute, müşterilerin hesap bakiyesi olabilir. Yada bir fabrikada parçaların barkodları, renkleri, ebatları vs. attribute olabilir. Bir bankada activity, müşterinin para yatırma işlemi olabilir. Bir fabrikada parçaların kesilmesi, delinmesi, taşınması vb. olabilir.

Bir banka için muhtemel durum değişkenleri meşgul vezne sayısı, kuyrukta hizmet almak için bekleyen müşteri sayısı vb. değişkenler olabilir. Bir fabrika için durum değişkenleri benzer şekilde makine önünde bekleyen parça sayıları, makine sayıları, hatalı parça sayıları vb. değişkenler olabilir.

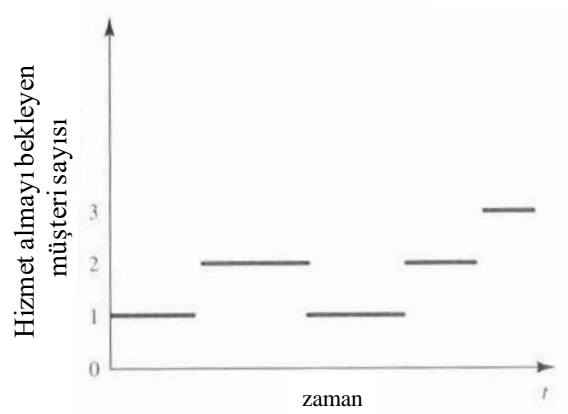
Bir olay (event), sistemin durumunu değiştirebilen anlık oluşlardır. İçsel faaliyet/olay (endogenous) sistemin içinde meydana gelen faaliyet/ olayları tanımlar. Dışsal faaliyet/olay ise sistemi etkileyen çevrede gerçekleşen faaliyet/olayları tanımlar. Bir banka için bankaya müşteri gelişi dışsal olay, bir müşterinin işleminin veznede tamamlanması ise içsel bir olaydır. Bazı sistemler için entity'ler, attribute'ler, faaliyetler, olaylar ve durum değişkenleri tablo 1.1' de tanımlanmıştır.

Tablo 1.1 Sistemler ve elemanlarına ilişkin örnekler

Sistem	Entities (Varlıklar)	Attributes (Özellikler)	Activities (Faaliyetler)	Events (Olaylar)	State Variables (Durum Değişkenleri)
Banka	Müşteriler	Hesap bakiyesi	Para yatırma, para çekme	Müşteri gelişi, müşterinin ayrılışı	Vezne sayısı, bekleyen müşteri sayısı
Demiryolu İşletmesi	Yolcular	Kalkış yeri, varış yeri	Seyahat etmek	Yolcuların istasyona gelişi, yolculuğun tamamlanması	Her istasyonda bekleyen yolcu sayısı, transit giden yolcu sayısı
Üretim	Parça	Uzunluk, şekil, delik sayısı	Delme işlemi	Parçanın matkaba gelişi, delme işleminin başlaması, bitişi	Bekleyen parça sayısı, matkap sayısı
Üretim	Makineler	Makine hızı, kapasitesi, bozulma oranı	Kaynak yapma	Bozulma	Makinenin durumu (boş kalma, meşgul olma veya bozuk olma)
Stok	Depolar	Depo kapasitesi	Depodan ürün çekme	Talep	Stok düzeyi, ertelenen talepler

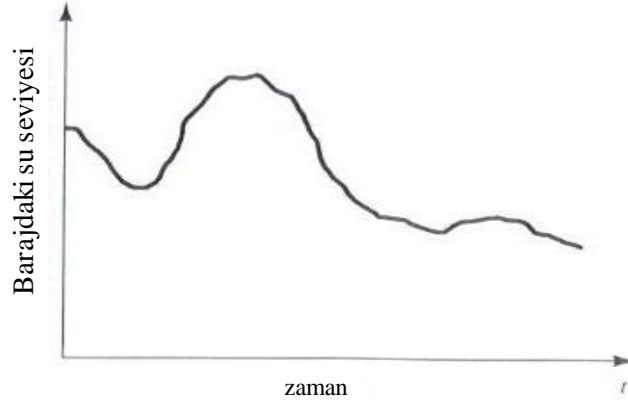
Kesikli ve Sürekli sistemler

Sistemler kesikli ve sürekli olarak kategorize edilebilir. Pratikte çok az sistem tamamıyla kesikli yada sürekli, ancak çoğu sistemde bunlardan biri baskın olduğu için genellikle bir sistemi kesikli yada sürekli olarak sınıflandırmak mümkündür. Örneğin bir banka sistemi için durum değişkeni bankadaki müşteri sayısı ise, durum değişkeni sadece bankaya müşteri geldiğinde ve müşterilerin işlemi tamamlanıp bankadan ayrıldıklarında değiştiği için bu sistem kesiklidir. Şekil 1.2 de müşteri sayısının kesikli zaman noktalarında nasıl değiştiği gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Kesikli sistemlerde durum değişkeninin değişimi

Sürekli sistem, durum değişkenlerinin zamanla sürekli olarak değiştiği sistemlerdir. Bir barajdaki su seviyesi bu tür sistemlere örnek olarak verilebilir. Yağmur yağarken baraj gölü suyla dolar. Sel taşkınlarını kontrol etmek ve elektrik üretmek için ise barajdan su bırakılır. Buharlaşmayla da sürekli olarak barajın su seviyesi azalır. Sistemin durum değişkeni barajdaki su seviyesi sürekli olarak zamanla değişir. Şekil 1.3'te sürekli durum değişkeni su seviyesinin zamanla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Sürekli sistem durum değişkeninin değişimi

Sistemin Modellenmesi

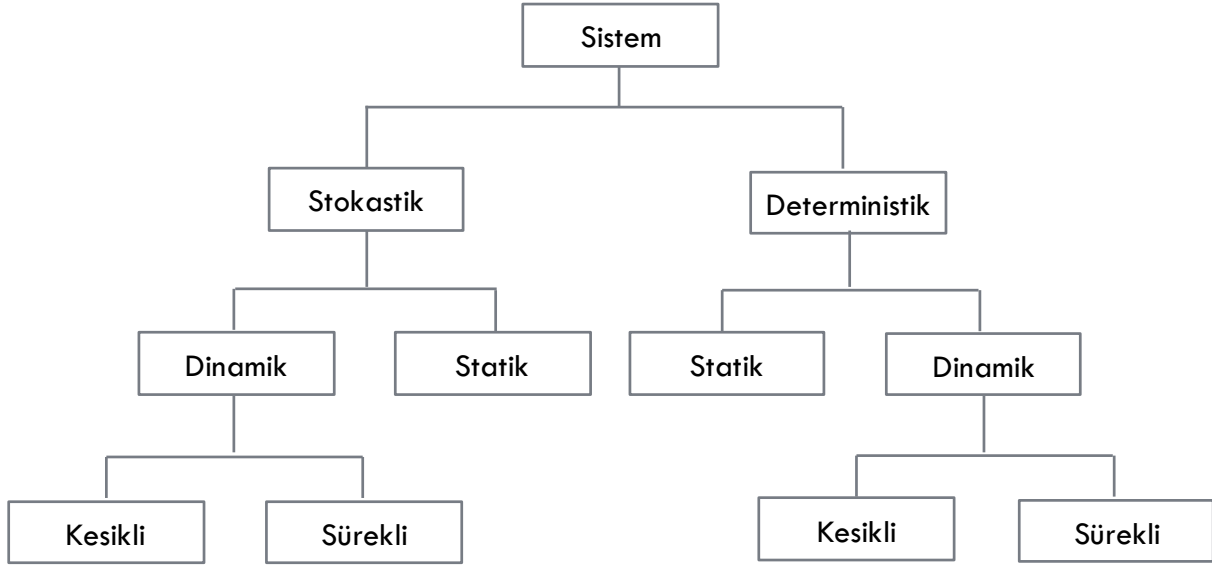
Çoğu zaman sistemin elemanları arasındaki ilişkileri anlamak için yada sistemin yeni bir politika altında nasıl çalışacağını tahmin etmek için sistemi inceleriz. Bunun bir yolu sistemin kendisi üzerinde deneyler yapmaktır, ancak bu her zaman mümkün olmaz. Örneğin yeni sistem henüz oluşturulmamış sadece tasarım aşamasında olabilir yada sistem mevcut olsa bile üzerinde deneyler gerçekleştirmek uygulanabilir olmayabilir. Örneğin Banka sisteminde vezne sayısını azaltmanın müşterilerin kuyrukta bekleme uzunluğunu nasıl etkilediğini incelediğimizi düşünelim. Gerçek bir banka şubesinde mevcut vezne sayısını düşürdüğümüzde uzayan bekleme süreleri nedeniyle büyük olasılıkla banka müşteri kaybına uğrayacaktır. Sonuç olarak genellikle sistemin kendisi yerine modeli üzerinde denemeler gerçekleştirilir.

Model, sistemin bir temsili olarak tanımlanır ve gerçek sistemi inceleme amacıyla kullanılır. Çoğu zaman sistemin sadece bizi ilgilendiren yönlerinin ele alınması gerekir ve sistemin modelinde sistemin bu özellikleri temsil edilir. Buna karşın kurulan model gerçek sistem hakkında elde edilecek sonuçların geçerli olmasına olanak sağlayacak derecede detaylandırılmalıdır.

Modellerin Sınıflandırılması

Modeller başlıca matematiksel ve fiziksel modeller olarak iki bölümde sınıflandırılabilir. Matematiksel modeller sistemi temsil etmek için sembolik notasyonlar ve matematiksel denklemler kullanır. Simulasyon modeli, matematiksel modellerin bir türüdür.

Simulasyon modelleri için şekil 1.4'te gibi statik, dinamik; deterministik, stokastik; kesikli, sürekli olarak alt sınıflandırmalara gidilebilir.



Şekil 1.4 Sistem Modellerinin sınıflandırılması

Bazen Monte Carlo Simulasyonu diye de isimlendirilen statik simulasyon modeli, sistemi zamanın belli bir noktasında temsil eder. Diğer bir deyişle sistemin durumu zamandan bağımsızdır. Dinamik simulasyon modeli ise zamanla değişen sistemleri temsil eder. Örneğin saat 09.00 dan 16.00'a kadar geçen süre için bir bankanın simulasyonu, dinamik bir modeldir. Rassal değişken içermeyen simulasyon modelleri deterministik olarak sınıflandırılır.

Deterministik modeller bilinen girdi setlerine sahiptir ve tek bir çıktı üretir. Örneğin tüm hastaların geliş zamanlarının (randevuların) çizelgelendiği bir doktor muayenesi için hastaların geliş süreci rassallık içermez ve deterministiktir. Stokastik simulasyon modeli, girdi olarak bir yada daha fazla rassal değişkeni içeren modellerdir. Rassal girdiler, rassal çıktılarla sonuçlanır. Rassal olduğu için çıktılar, yalnızca bir modelin gerçek karakteristiklerinin bir tahmini olarak düşünülebilir. Bir bankanın simulasyon modeli genellikle rassal geliş süreleri ve rassal hizmet süreleri içerir ve bu nedenle stokastik bir modeldir. Stokastik simulasyonda ortalama bekleyen müşteri sayısı, bir müşterinin ortalama bekleme süresi vb. çıktı ölçümleri

gerçek sistem karakteristiklerinin istatistiksel tahminleridir. Ders kapsamında başlıca kesikli, dinamik ve stokastik modeller ele alınacaktır.

Simulasyon Çalışmasının Adımları

Şekil 1.5'te akış diyagramında verilen simulasyon çalışmasının adımları aşağıda detaylandırılmıştır.

Problemi Tanımı

Problem tanımı, yapılacak simulasyon çalışmasının kapsamını ve ilgilenilen sistem sınırını ve birimleri belirleyeceğinden net bir tanımlama yapılması gerekir. Örnek olarak; problem bir tesiste yaşanan darboğazlardan dolayı bir kapasite kaybı olarak belirlenebilir. Bu durumda tezgah tezgah modelleme yapmak gerekebilir. Ya da üretim planında yapılan değişikliklerden dolayı kapasite kaybı olabilir. Bu durumda her bir atölyeyi bir tezgah olarak kabul edip bir modelleme yapılabilir.

Amaçları Belirlenmesi & Proje Planı Oluşturma

Problem belirlendi ve amaç olarak o problemin giderilmesi ve yapılacak çalışmanın başarılı kabul edilebilmesi için bir takım hedefler ortaya konduktan sonra sıra proje planının hazırlanmasına gelir. Simulasyon çalışmasında veri toplamadan modellemeye kadar paralel gerçekleştirilecek faaliyetler vardır. Buna ek olarak simulasyon çalışmasının takım olarak gerçekleştirilmesi ve alternatif süre üretme kabiliyetinin de olması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak bu tip bir çalışmada proje yönetimi ve takım çalışması esastır.

Model Tasarımı

Bu adımda konsept olarak bir model oluşturulur. Bu aşamada kolaylık olması açısından; önce basit bir model tasarlanıp, bunun daha karmaşık bir modele doğru geliştirilmesi yerinde olacaktır.

Veri Toplama

Bu adımda model için gerekli verilerin toplanması ve bu verilerin istatistiksel analizi gerçekleştirilir. Modelin karmaşıklığına göre ihtiyaç duyulan veriler farklılık gösterebilir.

Kod Yazımı

Bu adım, konsept olarak hazırlanmış modelin bilgisayar ortamına taşındığı adımdır. Bu adımda kullanılacak iyi bir benzetim yazılımı modellemeci için ciddi bir avantaj sağlar. Buna ek olarak artık günümüz benzetim yazılımları girdi analizinden deney tasarımına kadar başka benzetim adımlarını da desteklemektedir. Bunun için yapılacak benzetim projesinin amaçları doğrultusunda ve benzetim sürecini mümkün olduğunca iyi bir şekilde destekleyen bir benzetim yazılımını seçmek çalışmanın başarılı olmasında önemli faktörlerden biridir.

Kod Doğrulama

Bu adımda, modelin doğru çalışıp çalışmadığına bakılır. Bu konuda artık simülasyon yazılımları ciddi “debuggerler” içermektedir.

Model Doğrulama

Bu adımda, modelin gerçek sistemi doğru olarak yansıtıp yansıtmadığına bakılır. Modellemede genel olarak ayrıntı düzeyi git gide artırılarak bir modelleme yapılır. Eğer model gerçek sistemi yansıtmakta yetersiz kalıyorsa bu adımda model tasarlama adımına dönülerek model biraz daha detaylandırılır. Yada kullanılan verilerden elde edilen istatistiksel dağılımlar uygun değildir. Biraz daha veri toplamaya ihtiyaç olabilir.

Deney Tasarımı

Artık modelin, gerçek sistemi belli düzey bir güvenilirlikte yansıttığına kanaat getirildikten sonra, sıra denenecek senaryoların tespitine gelir.

Deney Yapma & Analiz Etme

Bu adımda tasarlanan deneyler model üzerinde denir. Bu adımda dikkat edilmesi gereken husus, modelin bir defa çalıştırılması ile elde edilen sonucun yeterli olmayacağı, belli bir sayıda aynı deneyi yaparak elde edilen değerlerin ortalamasını dikkate almak gerektiğidir. Örneğin bir X makinesi için deneyin birinde verim %80 birinde %85 çıkabilir. Bunların ortalaması alınmalıdır. Buna ek olarak benzetim çalıştırdıktan belli bir süre sonra ürettiği istatistikler dikkate alınmalıdır. Bu süreye simülasyonun ısınma evresi(warm up) denir.

Yeni Deney Tasarımı

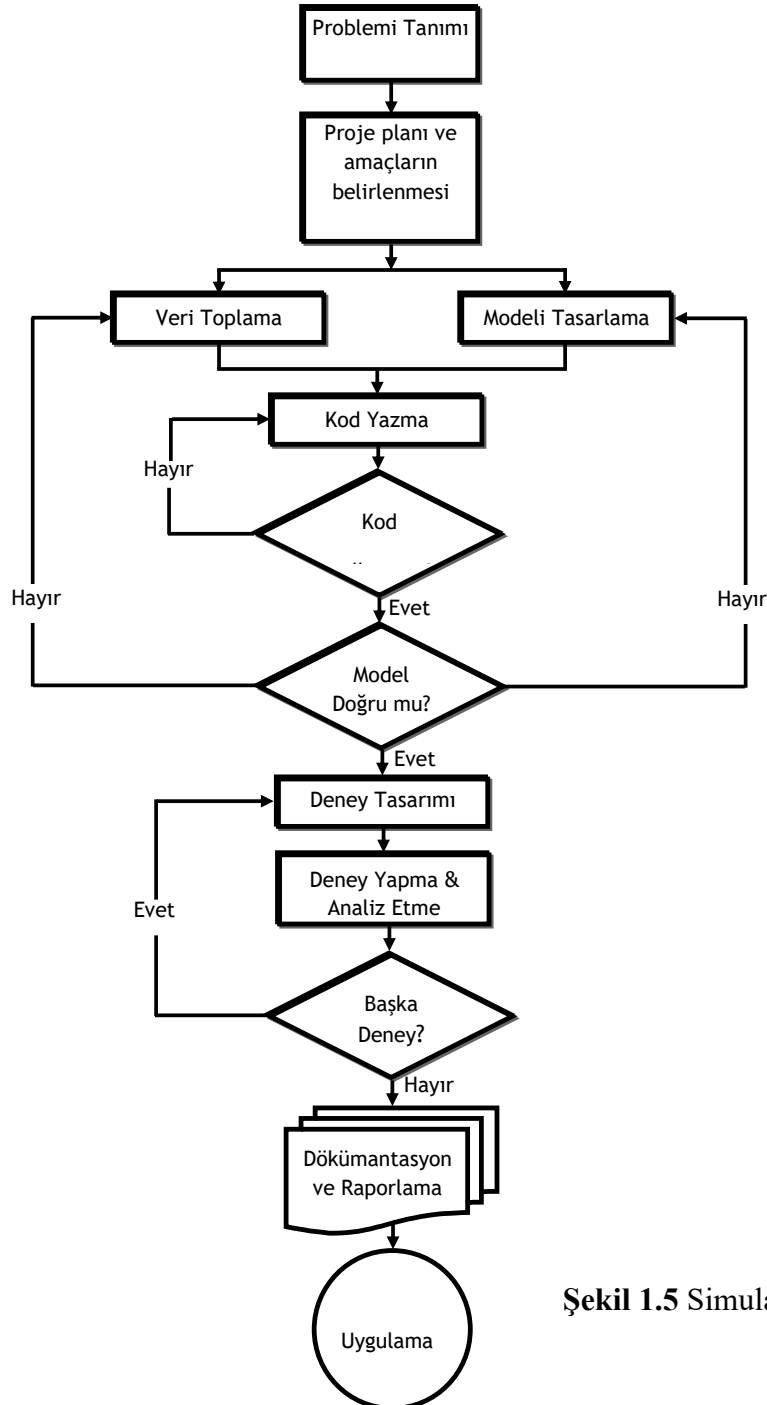
Simülasyonun sonucuna göre yeni deney tasarımları gerçekleştirilebilir.

Dökümantasyon ve Raporlama

Bu aşamada programın ve ilerleme durumunun dökümantasyonu ve raporlaması yapılmaktadır. Programın daha sonrada kullanılabileceği düşünülerek işleyişinin belgelendirilmesi gereklidir. İlerleme raporlanması ise, benzetim projesinin geçirdiği süreç hakkında bilgi vermesi açısından önemlidir. Periyodik (en azından aylık) bir raporlama sistemi tavsiye edilmektedir.

Uygulama

Artık güvenilir bir modelden elde edilen sonuçlar gerçek sistem üzerine uygulanabilir.



Şekil 1.5 Simulasyon çalışmasının adımları

Kaynaklar

- J. Banks, J. S. Carson B. L. Nelson, and D. M. Nicol. Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. ISBN 0-13-217449-9
- M.D.Rosetti.Simulation Modeling and Arena.2010, John Wiley&Sons,Inc., ISBN 978-0-470-09726-7
- A.Maria, Introduction to modeling and simulation, Proceeding of the 1997 Winter Simulation Conference.
- C.A.Chung. Simulation Modeling Handbook. 2004, CRC Press LLC, ISBN 0-8493-1241-8
- E.Gündođar, Benzetim Ders Notları. 2012, Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü