

## Benzetim: Temel Kavramlar ve İlerlemeler

### Özet

Bu yazıda benzetimin ne olduğu ve türleri ile kullanılması nedenleri ve türleri açıklanmakta; deney yapmanın ve benzetimin önemi ile benzetimde ilerleme olanakları irdelenmektedir.

### 1. Giriş

Batı dillerinde benzetim karşılığı olarak şu terimler kullanılır: simulation (Almanca, Fransızca, İngilizce), simulazione (İtalyanca), simulación (İspanyolca), simulação (Portekizce) ve simulatie (Felemenkçe). Bu terimler, “benzer” anlamına gelen “similis” kökünden gelen, bir şeyin benzerini (taklidini) yapmak demek olan ve 14. yüzyıldan beri Latince kullanılan “simulare” sözcüğünden 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.

Türkçede, teknik olmayan anlamda “simulation” karşılığı olarak “yalancı,” “sahte” sözcükleri kullanılır ve teknik anlamda benzetim terimi uzun zamandan beri bilinir (Ören, Elçi ve Köksal 1985).

Tablo 1’de özetlendiği gibi, benzetim teknik anlamda, deneyim kazandırma ve deney yapma gibi iki ayrı amaçla kullanılır. Deneyim amaçlı benzetimde, gerçek sistemin bir modeli, bazen de özelkoşullardaki gerçek sistem kullanılır. Deney yapma amacıyla kullanıldığında, benzetim devingen modellerle amaca yönelik deney yapmaktır. Bir model gerçek sistemin bazı özelliklerini belli bir amaca uygun bir şekilde gösterir. Dolayısıyla, bir sistemin birden fazla modelinin olması doğaldır. Bir sistemin, belli bir amaca göre kabul edilmiş bir modelinin başka bir amaca göre uygun olmaması da doğaldır. Dvingen model, davranışı zamanla değişebilen modeldir. Örneğin adı bir diferansiyel denklemle tanımlanan ve bağımsız değişkeni zaman olan bir modelin davranışı zamanla değişir ve bu tür bir model devingen bir modeldir. Bir bekleme hattı ile gösterilen bir modelin davranışı da zamanla değişir, dolayısıyla bekleme hattı modelleri de devingen modeldir. Dvingen olmayan modellerle yapılan deneyler benzetim değildir.

### 2. Niçin Benzetim?

Deneyim kazanmanın ya da deneyin gerçek sistem yerine bir modeli ile yapılması gerektiği durumlarda benzetim gerekli olur. Bu durumlar şöyle özetlenebilir:

- Gerçek sistemin olmaması,
- Gerçek sisteme erişimin kolay olmaması,
- Gerçek sistemle deneyin tehlikeli olması,
- Gerçek sistemle deneyin rahatsız edici olması,

- Analitik çözüm tekniklerinin olmaması veya zor olması,
- Sistemin çok yavaş veya çok hızlı olması ve
- Ekonomi.

*Gerçek sistemin olmaması:* Var olmayan bir sistemin önce tasarımının yapılıp sonra gerçekleştirilmesi gereken durumlarda, seçenekleri irdelenmek için tasarımı yapılan model ile deney yapmak kaçınılmaz olmaktadır. Bu durumlar, geleneksel mühendislik uygulamalarında olduğu gibi somut sistemlerin veya sosyal uygulamalarda olduğu gibi soyut sistemlerin modellerini gerektirebilir. Mühendislik uygulamalarında kullanılan benzetim modelleri sanal prototip olarak da adlandırılır.

*Gerçek sisteme erişimin kolay olmaması:* Atmosfer ötesi veya okyanus dibindeki koşullarda yapılacak deneylerde olduğu gibi gerçek sisteme erişimin kolay olmadığı durumlarda deneyler modeller ile yapılmaktadır.

*Gerçek sistemle deneyin tehlikeli olması:* Uçak pilotlarının veya nükleer santral operatörlerinin deneyim kazanmaları, alınmaması gereken riskler taşıdığından, öğrenim benzetimci (simülasyon) üzerinde yapılır.

*Gerçek sistemle deneyin rahatsız edici olması:* Bir kentin otobüs hatlarında yapılacak değişikliklerin irdelenmesi, gerçek sistemde yapılacak deneyler yerine, sistemin modeli ile yapıldığında kullanıcılara hiç rahatsızlık verilmemiş olur.

*Analitik çözüm tekniklerinin olmaması veya zor olması:* Analitik çözümü olmayan diferansiyel denklem takımları ile gösterilen veya çok basit olmayan bekleme hattı problemlerinde, benzetim değişik deney koşullarında çözüm bulunmasında yararlı olur.

*Sistemin çok yavaş veya çok hızlı olması:* Çekirdek fiziği ya da yerbilim veya astronomik olaylar gibi devingenliğin çok hızlı veya yavaş olduğu durumlarda, benzetim çeşitli varsayımların sınanmasına olanak verecek model tabanlı deneylerin yapılmasını sağlar.

*Ekonomi:* Benzetim modelinin yapılması, modelin gerçeği gerektiği gibi gösterip göstermemesinin sağlanması, gereken deney koşullarında bilgisayarda deney(ler)in yapılabilmesi için gereken harcamalar, çözümün iyice irdelenmiş olmasının getireceği katma değerle maliyet etkin bir şekilde dengelenmelidir. Bu konuda, benzetimle seçeneklerin irdelenmeden yanlış çözümün seçilmesinin getireceği risk ve ek harcamalar da hesaba katılmalıdır.

### 3. Benzetim Türleri

Benzetimin ve benzetimde kullanılan modellerin ayrıntılı sınıflandırılmaları için bkz. (Ören, 1987a, b). Bu yazıda benzetimin kullanma amaçlarına göre bir sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1’de gösterildiği gibi kullanma amaçlarına göre benzetim iki ana gruba ayrılır: *Deneyim amaçlı benzetim ve deney amaçlı benzetim.*

Tablo 1. Benzetim: Kullanma amaçlarına göre bir sınıflama

|   |  | 3. Benzetimin kullanılma amacı   |  |
|---|--|--|--|
|   |  | 3.1 Deneyim kazandırma<br>(Öğretim/Eğitim)<br>(Deneyim amaçlı benzetim)  | 3.2 Dene yapma<br>(Deney amaçlı benzetim)  |
| Benzetim ve gerçek sistemin çalışmaları | birbirlerinden bağımsızdır:<br>(Bağımsız benzetim) | <p>3.1.1 (Deneyim amaçlı bağımsız benzetim)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Karar verme ve iletişim yeteneklerinin geliştirilmesi<br/>- <i>Yapıcı benzetim</i><br/>(Benzetim oyunları: harp oyunu, iş oyunu, ...)</li> <li>Fiziksel yetenek geliştirilmesi<br/>- <i>Sanal benzetim</i><br/>(Öğrenim benzeticisi)</li> </ul> | <p>3.2.1 (Deney amaçlı bağımsız benzetim)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Karar verme (karar desteği) <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem tasarımı, sanal prototip, sistem denetimi, eniyileme, duyarlılık çözümlenmesi, planlama, kavram kanıtlaması, tedarik</li> </ul> </li> <li>Eğitim</li> <li>Anlama</li> <li>Eğlence</li> </ul>  |
|   | etkileşimlidir:<br>(Etkileşimli benzetim)          | <p>3.1.2 (Deneyim amaçlı etkileşimli benzetim)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gerçek yaşama benzer deneyim<br/>- <i>Canlı benzetim</i></li> </ul>  | <p>3.2.2 (Deney amaçlı etkileşimli benzetim)</p> <p>Benzetimin gerçek sisteme katkısı:<br/>(Benzetim ve gerçek sistemin çalışmaları aynı zamandadır)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Benzetim tabanlı artırılmış gerçek</i></li> <li><i>Çevrimiçi tanıtım</i></li> </ul> <p>Benzetimin gerçek sistemi desteklemesi:<br/>(Benzetim ve gerçek sistem ardışık olarak çalışır)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Benzetim tabanlı karar destek sistemleri</i></li> </ul> |

Her iki tür benzetim, ayrıca benzetim ve gerçek sistemin çalışmalarının birbirlerinden bağımsız olup olmamalarına göre, *bağımsız benzetim* ve *etkileşimli benzetim* olarak iki türe ayrılır.

Bağımsız benzetim terimi, benzetim ve gerçek sistemin çalışmalarının birbirlerinden bağımsız olduğunu belirler. Pek çok benzetim çalışması bu türe girdiği için bu terim kullanılmadığı zaman ekseri bu tür benzetim bahis konusudur.

### 3.1 Benzetimin *deneyim kazanma* amacıyla öğrenim/eğitim için kullanılması

Benzetimin öğrenim amacıyla kullanılması, yani deneyim amaçlı benzetim, üç türdür ve iki büyük grupta incelenir.

#### 3.1.1 *Deneyim amaçlı bağımsız benzetim*

Bağımsız benzetimin deneyim kazandırmada iki ana tür kullanılışı vardır: yapıcı benzetim ve sanal benzetim. *Yapıcı benzetim* karar verme ve iletişim yeteneklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılır. İş

oyunları, harp oyunları ve barış oyunları gibi *benzetim oyunları* bu gruptadır. Benzetim oyunları en az iki takım arasında oynanır. Oyuncular denetim altındaki koşullarda karar verme ve iletişim deneyimi kazanır.

*Sanal benzetim* fiziksel yetenek geliştirilmesi amacıyla kullanılan *öğrenim benzeticileri* ile yapılır. Benzetimin öğrenim amacıyla kullanılması, araç kullanma becerisinin ve bununla ilgili karar verme yeteneğinin geliştirilmesi içindir. Kullanılan araç ekseri sanaldır ve bilgisayar denetimindedir. Aracın kullanılması çok çeşitli kullanım ortamlarında yapılabilir. Pilotların öğrenimi için kullanılan benzeticiler bu gruba aittir. Kullanılan araçlar sanal olduğu için bu tür benzetime sanal benzetim de denir.

#### 3.1.2 *Deneyim amaçlı etkileşimli benzetim*

Etkileşimli benzetimin deneyim kazandırmada kullanılmasına canlı benzetim denir. *Canlı benzetimde*, gerçek kişiler, gerçek yaşama benzer deneyim kazanabilmeleri için gerçek sistemde, bazıları gerçek bazıları gerçek olmayan araç/gereç kullanır.

### 3.2 Benzetimin *deney yapma* amacıyla kullanılması

Benzetimin deney yapma amacıyla kullanılması iki büyük grupta incelenir: Deney amaçlı bağımsız benzetim ve deney amaçlı etkileşimli benzetim. Deney yapılması zaten anlaşılıyorsa, “deney amaçlı” denmesine gerek kalmaz.

#### 3.2.1 *Deney amaçlı bağımsız benzetim*

*Deney amaçlı bağımsız benzetim* çok geniş bir uygulama alanında, karar verme, eğitim, anlama ve eğlence amaçlı olarak kullanılır. Bu tür uygulamalarda Benzetim terimi “deney amaçlı bağımsız benzetim” anlamına kullanılır.

*Karar Verme:* Benzetimin karar verme amacıyla kullanılması çok yaygın bir kullanımıdır ve modelin deney koşullarındaki davranışını üretmek sistemin davranışını öngörmeye dayanır. Sistem tasarımı, prototip yapma, sistem denetimi, eniyileme, duyarlılık çözümlemesi, kavram kanıtlanması, planlama ve tedarik gibi kullanış alanları vardır. Model çok zaman matematik bir modeldir. Bir gemi modeli veya rüzgâr tüneline kullanılan bir uçak modeli gibi bazı durumlarda fiziksel model de olabilir.

*Eğitim:* Benzetim eğitimin gerktirdiği laboratuvar çalışmalarının bir kısmının bilgisayar ortamında yapılmasını sağlar. Böylece deneylerin çok değişik koşullarda yapılmasına da olanak sağlar. Benzetim, örneğin fen bilimlerini öğretmek için büyük olanaklar sağlar (Güven, Ören 2005).

*Anlama:* Mevcut olan karmaşık sistemlerin anlaşılabilmesi için çeşitli varsayımların sınanması benzetim yardımı ile yapılabilmektedir. Benzetimin anlama amacıyla kullanıldığı sistemler, yerbilim gibi doğa bilimlerine ait olabildikleri gibi, sosyal bilimler ve davranış bilimleri ve sosyal bilimlere de ait olabilir.

*Eğlence Endüstrisi Uygulamaları:* Benzetimin bu amaçla kullanılması görselleştirmeye gerçekçi bir devingenlik sağlar ve devingen sistemleri de içeren ileri sanal gerçek uygulamalarına yol açar. Gerçeğe yakın fiziksel özellikli siberkişiler benzetimle gerçekleştirilen devingenlikleri ile gösterilebilir. İlginç bir gelişme, eğlence endüstrisinde kullanılan bazı özelliklerin savunma uygulamalarında da kullanılmasıdır (Zyda, 1997). Bu uygulamalara bilgisayarla üretilmiş kuvvetler ve çevre de dahildir.

#### 3.2.2 *Deney amaçlı etkileşimli benzetim*

Benzetimin deney amaçlı olarak etkileşimli kullanılması ileri uygulama yetenekleri sağlamaktadır ve iki ana türü vardır: benzetimin gerçek sisteme katkısı ve benzetimin gerçek sistemi desteklemesi.

(1) Benzetimin gerçek sisteme katkısını sağlamak için benzetim ve gerçek sistem aynı zamanda çalışır. Bu tür kullanımda iki amaç vardır:

- *Benzetim-tabanlı arttırılmış gerçek:* Bu tür uygulamalarda gerçek sistemin özellikleri benzetim yardımı ile arttırılır. Örneğin tank (veya uçak) öğrenimi yapılırken, özel gözlüklerle benzetim çıktıları çevre görüntüsüne çakışık olarak gösterilir.

- *Çevrimiçi tanıtı:* Sistem ile eşzamanlı olarak çalışan modelin çıkışı ile sistemin çıkışı otomatik olarak karşılaştırılır. Aradaki farkın belli bir toleransın dışında olması –modelin doğru çalıştığı kabul edildiğinde– sistemdeki bir arızayı gösterir.

(2) Benzetimin gerçek sistemi desteklemesi için benzetim ve gerçek sistem ardışık olarak çalışır.

- *Benzetim tabanlı ileri karar destek sistemlerinde,* karar vermeyi gerektiren sistem ile modeli, aynı model parametre değerleri ve aynı giriş değişkenlerinin etkisi altında çalışır. Benzetim sonucu elde edilen değerler istenen veya kabul edilebilir değerler ise, modelin giriş değişken(ler)inin değer(ler)ini gerçek sisteme de uygulanır. Bu tür uygulamalarda benzetim sonuçları *öngörüsül görüntülemeyi* sağlar.

## 4. Deney Yapmanın ve Benzetimin Önemi

Bilimselliğin ve dolayısıyla teknolojinin temellerinden olan deney yapmanın önemi, 1561-1626 yılları arasında yaşamış olan Francis Bacon’ın 1620’de yayımlanmış olduğu ‘Novum Organum’ adlı kitabı ile başlar (Bacon 1620). Bacon tekrarlanabilen deney kavramını ortaya atar ve savunurken, Batı kültürüne çok derin tesiri olan ve İÖ 384-322 yılları arasında yaşamış olan Aristo’nun ‘Organon’ adlı eserine tepki gösterir ve yalnız Aristo mantığına dayalı olan gerçeğe erişim yönteminden radikal bir şekilde ayrılır.

Benzetimin önemini sistematik bir şekilde öne çıkaran ve aynı zamanda bilişim toplumunun özelliklerini, endüstri sonrası toplum olarak vurgulayan, Daniel Bell’dir (1973). Bell endüstri öncesi, endüstri ve endüstri sonrası toplumların özelliklerini karşılaştırdığında, endüstri sonrası toplumların özellikleri hakkında şunları belirtir.

- *Ekonomik sektör:* 3. sektör (taşımacılık, servisler), 4. sektör (ticaret, finans, sigortacılık vb), 5. sektör (sağlık, araştırma, eğitim, devlet) ve eğlence sektörü. (Endüstri toplumunda: imalat sektörü)

- *Dönüşüm kaynağı:* Bilgi, enformasyon (bilgisayarlar ve iletişim sistemleri). (Endüstri toplumunda: elektrik, petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji türü enerji)

- *Stratejik kaynak:* Bilgi. (Endüstri toplumunda: kapital)

- *Teknoloji:* Entellektüel teknoloji. (Endüstri toplumunda: makine teknolojisi)

- *Beceri:* Bilim insanları, teknik ve profesyonel uğraşlar. (Endüstri toplumunda: mühendisler, yarı vasıflı işçiler)

- *Yöntembilim:* Soyut kuramlar, modeller, benzetim, karar kuramı, sistem çözümleme. (Endüstri toplumunda: Deney)

Benzetim konusunda çeşitli alanlarda yetmiş kadar dernek vardır (BD). Köklü bir dernek ABD’de 1952 yılında kurulmuş olan ve 2002’de 50. yılı kutlanan Uluslararası Modelleme ve Benzetim Derneğidir (The Society for Modeling and Simulation International – SCS). SCS’nin ve diğer derneklerin yayımlarından da izlenebileceği gibi, benzetimin gerek endüstri çağındaki gelişmelerin bir kısmında gerek bilişim çağının gelişmelerinde önemli katkısı vardır.

Benzetimin gerçek sistemle deney yapmaya ya da deneyim kazanmaya olan üstünlükleri önemlidir ve şöyle sıralanabilir:

- Gerçek sistem daha yokken ya da gerçek sisteme erişilemezken bile benzetimle gerçek sistemin modeli ile deney yapılabilir ya da bu modeli kullanılarak deneyim kazanılabilir. Örneğin yeni tip bir uçak daha yapılırken pilotu eğitim benzetiminde deneyim kazanabilir.
- Parametrik bir benzetim modeli kullanılarak çok değişik parametre değerleri ile deney yapılabilir.
- Benzetimde *her koşulda deney yapma olanağı* vardır. Örneğin bir uçağın düşmesinin ya da bir binanın şiddetli bir depreme dayanıklılığının çözümlenmesi gibi, gerçek sistemde yapılamayacak, deneyler benzetimde olağan bir şekilde yapılabilir.
- Genel olarak bilginin kaynağı ve doğası (epistemoloji) açısından bakıldığında, benzetim model tabanlı olan deneysel bilgi üretmedir; dolayısı ile başka bilgi işlem türleri ile birlikte kullanılabilir. Bilgi ve bilgi işlem hakkında genel bir sınıflandırma için bkz. Ören (1990). Benzetim aşağıda belirtilen diğer bilgi işlem türleri ile birlikte çalışabilir:

- Benzetim tabanlı artırılmış gerçekte olduğu gibi benzetimin gerçek sistemle beraber çalışması (gerçek sistem de bilgi üretim kaynağıdır.),
- Benzetimin (eniyeleme, istatistiksel, tümevarımsal, tümden gelişimsel akılyürütme ya da bulanık mantık uygulamaları gibi) deneysel olmayan bilgi üretimi teknikleri ile birlikte çalışması,
- Benzetimin yazılım etmenleri gibi ileri bir yapay zekâ uygulaması ile birlikte kullanılması. Bu tür uygulamalar şu olanakları sağlar: (1) Yazılım etmenleri ile gösterilebilen özerk ve akılyürütme yetenekli varlıkların benzetimini yapmak ve (2) Yazılım etmenlerini benzetim sistemlerini daha ileri düzeye getirmek için kullanmak.

Benzetimin çalışmalarının gerektiği gibi yapılmamasından dolayı ortaya çıkabilecek sorunları irdeleyen ve bu şekilde benzetimin önemini vurgulayan güncel bir çalışma için bkz. (Ören 2002).

## 5. Modelleme ve Benzetimde İlerlemeler

Benzetim, yüzlerce uygulama alanına altyapı sağlayan bir teknoloji olmasının dışında aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı hâlâ ilerlemeye açık bir bilim ve teknoloji alanıdır: Bilgisayar donanım ve

yazılım niteliklerindeki gelişmeler, karmaşık sistemlerin modellerinin yapılabilmesine olanak sağlayan sistem kuramlarındaki gelişmeler, uygulama alanlarındaki artan bilgi ve kullanıcıların daha yetenekli benzetim sistemlerine olan gereksinimleri. Bu konudaki bazı kaynaklar için bkz. Fujimoto (2002) ve Lunceford ve Page (2002). Aşağıdaki kısım Ören (2002)’den özetlenmiştir. Benzetim konusunda hâlâ ilerlemeye açık konuların bir kısmı aşağıda belirtilen gruplarda toplanabilir:

- Modelleme ve benzetimin bilim, yöntembilim ve teknolojisi,
- Modelleme ve benzetimde güvenilirlik, nitelik ve etkinlik,
- Uygulama alanları,
- Modelleme ve benzetim bilgisinin birleştirilmesi ve yaygınlaştırılması,
- Modelleme ve benzetimde profesyonellik.

### 5.1 Modelleme ve benzetimin bilim, yöntembilim ve teknolojisi

Bazı olanaklar aşağıda sıralanmıştır:

*Sistem kuramları ve yeni yöntembilimler:*

Sistem kuramları temel alındığında, karmaşık sistemlerin modellerinin yapılabilmesi için güçlü modelleme yöntembilimleri ortaya çıkmaktadır. Bu tür gelişmelerin en önemlilerinden biri, ayrık olaylı benzetimine kuramsal bir temel getiren DEVS formalizmasıdır (Zeigler 2000). DEVS konusunda epey bir bilgi birikimi olmasına rağmen hâlâ gelişmeler devam etmektedir.

*Çoklu model:* Bir modelin birden fazla altmodelinin olması durumunda, altmodellerden yalnız bir tanesinin, bazılarının veya hepsinin aynı anda etkin olması ve altmodeller arası bilgi, enerji, kitle ve veya başka tür akışların olabilmesi çok güçlü bir modelleme olanağı sağlamaktadır (Ören 2001).

*Değişen yapıli modeller:* Benzetimde kullanılan modellerin yapıları çok zaman hiç değişmez. Bu durum, özellikle uzun bir zaman dilimi için yapılan benzetim çalışmalarının gerçekçi olmayan koşullarda yapılmasına neden olur. Benzetimle gözlemlenen değişkenlerin zamana endekslenmiş yörüngeleri üretilir. Değişken yapıli modellerle yapısal davranışın değişimi irdelenebilir. Bu tür modellerle yapılan benzetim çalışmalarıyla uyarılma ve evrimsel dönüşüm gibi olaylar incelenebilir.

*Çoklu benzetim:* Gerçek sistemin, bazen birbirlerine aykırı olabilen birden fazla yönünün, aynı zamanda benzetimlerinin yapılabilmesi, benzetimde yeni bir görüş getirmektedir (Ören 2001).

*Deneylerin otomatik olarak tasarımı:* Bu konu ancak başlayan ve önemli bir gelişme konusudur.

*Etmen yönlendirmeli benzetim:* Yazılım etmenlerinin benzetimde kullanılması çok önemli bir konudur. Başarılı uygulamalara ve konunun yöntembilimine

katkıda bulunacak daha pek çok ilerleme olanağı vardır.

*Tümdeşlerin ve tümdeşsel etmenlerin benzetimde kullanılmaları:* Tümdeşlerin amaca yönelik bilgi işlem ve karar verme yetenekleri vardır. Tümdeşlerle işbirliği yapmanın yöntembilimi ve pratiği irdelenebilir. Bir sistemin ögesi olan tümdeşlerin herbiri tüm sistemin amacını gerçekleştirebilmesi için kendilerine kısıtlama getirebilir. Tümdeşsel etmenler, hem tümdeş hem yazılım etmeni yeteneklerine sahip yazılım birimleridir.

*Modelleme ve benzetimde belirleme dilleri ve ileri benzetim ortamları:* İleri benzetim ortamlarında ekseri grafik arayüzlerle benzetim çalışmasının betimlemesi yapılır ve gereken bilgisayar programı bir program üreticisi tarafından üretilir. Benzetim çalışmasının üst düzeyde bir benzetim dilinde betimlenmesinin çeşitli avantajları vardır:

- Güncelleme benzetim programı yerine model ve benzetimin tanımında yapılabilir,
- Model ve benzetimin tanımlarının simgesel olarak işlenip tutarsızlık gibi bazı hataların yazılım araçlarıyla bulunma olanakları sağlanır ve
- Model tabanları kullanılarak mevcut modellerden yeni modellerin betimlenebilir.

5.2 Modelleme ve benzetimde güvenilirlik, nitelik ve etkinlik

*Güvenilirlik:* Karmaşık sistemlerin benzetiminde çok önemli bir konu, geçerleme adı verilen ve modelin, deney amaçlarına uygun olarak, gerçek sistemi doğru gösterip göstermediğinin sınanmasıdır. Ayrıca, modelin ve deney koşullarının bilgisayar programında doğru olarak gösterilmesi ve bilgisayarlaşmanın başka hatalardan arınmış bir şekilde yapılmış olmasından emin olmak gerekir. Bu işleme de doğrulama denir. Benzetimde çok önemli konulardan olan doğrulama ve geçerleme konusunda ARGE devam etmektedir.

Doğrulama ve geçerleme çalışmalarında çok zaman benzetim programları esas alınır. Başka bir yaklaşım modelleme ve benzetim çalışmalarında kullanılan betimlemelerin güvenilirliğinin sağlanması için gereken denetimin daha bilgisayar programı üretilmeden yapılması ve ayrıca benzetim programı üreten program üreticilerinin bilgisayarlaşmayı doğru yaptıklarından emin olunacak denetimlerin yapılmasıdır.

*Yapay zekâ:* Benzetimde yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasından dolayı, kural tabanlı yapay zekâ kullanımındaki olası hataların da dikkate alınması gerekmektedir. Benzetimde yazılım etmenlerinin kullanılması ve etmenlerin özerkliği, benzetimdeki güvenilirlik sorunlarına başka bir boyut getirmektedir.

5.3 Uygulama alanları

Yüzlerce uygulama alanında başarıyla kullanılmakta olan benzetim, bu alanlardaki katkısına

devam ederken, başka alanlarda da ileri uygulama olanakları sağlamaktadır. Bu uygulama alanları şunlardır:

- İşbirliği
- Anlaşmazlık yönetimi ve barış desteği
- İnsan davranışı ve sosyal sistemler
- Öğrenme yetenekli sistemlerin öğrenimleri

*İşbirliği:* İşbirliği kavramı iki açıdan önem kazanmaktadır: (1) Kazan-kazanalım dünya görüşüne uygun olarak rekabet yerine işbirliğinin yeğlenmesi olarak ve (2) Bazı konularda rekabet eden kişi, kuruluş veya devletlerin diğer bazı konularda işbirliği yapmalarını öngören rekabetli işbirliği kavramı doğrultusunda salt rekabet yerine odaklanmış işbirliği olarak.

*Anlaşmazlık yönetimi ve barış desteği:* Harp oyunları 19. yüzyılın sonlarından beri (önceleri bilgisayar desteği olmadan) çok yaygın olarak kullanılmaktadır. İşbirliği kavramının yararlarının kavranmasıyla, benzetimin anlaşmazlık yönetimi ve barış desteği öğretimi için kullanılması ümit verici ve çok önemli uygulamalar arasındadır.

*İnsan davranışı ve sosyal sistemler:* Uzun yıllardan beri yapılmakta olmasına rağmen, insanın birey ve toplumsal davranışı konulu benzetimin pratik uygulamaları ve bu konudaki araştırmalar son zamanlarda önem kazanmıştır. İnsan davranışının karar verme sistemlerinde, kişilik, kültür ve duygusal süzgeçler oluşturması çeşitli çalışmalara yol açmıştır (Pew ve Mavor, 1998, Ören ve Ghasem-Aghaee 2003). İnsan davranışı bilgileri, etmen yönlendirmeli benzetimde de önemli uygulama alanları bulmaktadır.

*Öğrenme yetenekli sistemlerin öğrenimleri:* Benzetimin makine öğrenmesine sağladığı bu olanak henüz tüm potansiyeli ile kullanılmaktan uzak bir ileri uygulama konusudur.

5.4 Modelleme ve benzetim bilgisinin birleştirilmesi ve yaygınlaştırılması

Bu konu, özellikle aşağıda belirtilen alanlarda ilerlemelere açıktır:

- Modelleme ve benzetimin bilgi varlığının sistemli bir şekilde saptanması,
- Akademik programların geliştirilmeleri,
- Sözlük hazırlanması
- Elektronik kitap ve ansiklopediler, ve
- Bilginin sistemli bir şekilde dağılması.

*Bilgi varlığının sistemli bir şekilde saptanması:* Matematik gibi klasik konularda epistemolojik çalışmalar yapılmış olup matematiğin bilgi varlığı ve altgruplarının sınıflandırılmaları yapılmıştır. Yazılım mühendisliği ve ilişkin konular gibi daha genç konularda da bu tür çalışmalar çok ilerlemiş durumdadır (IT). Modelleme ve benzetimde konunun önemi profesyonellerce kabul edilmiş olup çalışmalar devam etmektedir (MB-BV).

*Akademik programların geliştirilmeleri:* Modelleme ve benzetimde lisans, lisans üstü ve doktora düzeylerinde akademik programların geliştirilmeleri yanısıra, ders programlarının hazırlanmaları çalışmalarının önemi anlaşılmış olmasına rağmen henüz kayda değer bir ilerleme olamamıştır. Mevcut ve geliştirilecek akademik programların niteliklerinin sağlanmasında ve denetiminde gerek ulusal ve uluslararası öğrenci ve akademisyen değişimi gibi konular için modelleme ve benzetim ders içeriklerinin standartlaştırılması önkoşul olmaktadır.

*Sözlük hazırlanması:* Modelleme ve benzetim konulu kapsamlı bir sözlük basım aşamasındadır (Ören ve diğerleri 2006). Çok yönlü olan bu konu aşağıda belirtilen konularla da örtüşmektedir:

- Model formalizmaları ve modellerin simgesel işlenmeleri açısından sistem kuramları ve sibernetik,
- Benzetim dilleri ve ortamları ile bilgisayarlaştırma açısından yazılım mühendisliği, bilgisayar programlama dilleri ve bilgisayar destekli problem çözme ortamları,
- Karar verme teknikleri ve bazı tür modeller açısından yöneylem araştırması,
- Rassal sayılar açısından olasılık,
- Deney tasarımı ile veri ve çıktı çözümlemesi açılarından istatistik ve istatistiksel deney tasarımı ve
- Diferansiyel denklemlerin sayısal ve simgesel yöntemlerle çözümlerinin bulunması açısından sayısal hesap ve simgesel bilgi işlem.

*Elektronik kitap ve ansiklopediler:* Modelleme ve benzetim konusunda bazı elektronik kitaplar varsa da bunlar matematik ve hatta yazılım mühendisliği gibi konularda olduğu gibi geniş kapsamlı değildir. Ayrıca modelleme ve benzetim konulu bir ansiklopedi henüz geliştirilmemiştir.

*Bilgilerin sistemli bir şekilde dağıtılması:* Yazılım mühendisliği konusundaki konferans ve akademik pozisyon bilgisine SEWORLD'un Web sitesinden, ve bu sitye abone olunduğunda, e-posta yoluyla da erişilebilmektedir. Modelleme ve benzetim konusunda bu tür kapsamlı bilgi erişimi henüz merkezleştirilmemiştir.

## 5.5 Modelleme ve benzetimde profesyonellik

2002 yılında ilk toplantısını yapan SimSummit grubu modelleme ve benzetimde profesyonelliğin önemini vurgulamaktadır. Çeşitli etkinlikler arasında, iki konu öncelik kazanmıştır. Bunlar: profesyonel sertifikasyon ve benzetimciler için profesyonel etikdir.

*Profesyonel sertifikasyon:* Benzetimciler için profesyonel sertifikasyon çalışmaları ABD'de Ulusal Öğretim Sistemleri Derneği (NTSA)'nın gözetiminde Modelleme ve Benzetimde Profesyonel Sertifikasyon Komisyonu (M&SPCC) tarafından yapılmaktadır. Daha fazla bilgi M&SPCC'nin Web sitesinden elde edilebilir.

*Profesyonel etik:* Modelleme ve benzetimde etik çalışmaları 1999 yılında Hollanda'da yapılan bir toplantı ile başlamış ve benzetimciler için hazırlanmış olan profesyonel etik ilkeleri SCS Derneğince 2003 yılında kabul edilmiştir. Etik ilkelere, niçin bu ilkelere gereksinim olduğu bilgilerine, ilkeleri kabul etmiş olan kuruluş ve diğer bilgilere Web sitesinden erişmek kabildir (SCS-SimEthics)

## 7. Sonsöz

Benzetim, gerek deneyim kazanma gerek deney yapma amacıyla, devingen sistemlerle ilgili uygulamalarda altyapı sağlayan önemli bir teknolojidir. Yöntembilim ve uygulama alanlarında da ileri araştırma olanakları vardır..

## Kaynakça

- Bacon, F. (1620). Novum Organum: Tabiatın Yorumu ve İnsan Alemi Hakkında Özlü Sözler. (Türkçe çeviri: S.Ö. Akkaş, 1999, Doruk Yayıncılık, İstanbul.
- BD – Benzetim dernekleri: <http://www.site.uottawa.ca/~oren/links-MS-AG.htm>
- Bell, D. (1973). The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. Basic Books, New York, ABD.
- Fujimoto, R. ve diğerleri (2002). Grand Challenges and Simulation – Dagstuhl Report <http://www.informatik.uni-rostock.de/%7Elin/GC/report/>
- Güven, İ. ve T.İ. Ören (2005). Fen Eğitiminde Benzetim. *IETC 2005* – 5. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Konferansı. Sakarya, Türkiye, Eylül 21-23, 2005.
- Lunceford, W.H. ve E.H. Page (editör) (2002). Bildiri Kitabı: International Conference on Grand Challenges for Modeling and Simulation, Ocak 27-31, 2002, San Antonio, Teksas, ABD.
- M&SPCC, <http://www.simprofessional.org>
- MB-BV – Modelleme ve Benzetim: Bilgi Varlığı <http://www.site.uottawa.ca/~oren/MSBOK/MSBOK-index.htm>
- Ören, T.I. (1987a). Simulation: Taxonomy. In: Systems and Control Encyclopedia, M.G. Singh (ed.), Pergamon Press, Oxford, England, s. 4411-4414.
- Ören, T.I. (1987b). Simulation Models: Taxonomy. In: Systems and Control Encyclopedia, M.G. Singh (ed.), Pergamon Press, Oxford, England, s. 4381-4388.
- Ören, T.I. (1990). A Paradigm for Artificial Intelligence in Software Engineering. In: Advances in Artificial Intelligence in Software Engineering - cilt. 1, T.I. Ören (ed.), JAI Press, Greenwich, Connecticut, s. 1-55.

- Ören, T.I. (2001). Towards a Modelling Formalism for Conflict Management. In: Discrete Event Modeling and Simulation: A Tapestry of Systems and AI-based Theories and Methodologies. H.S. Sarjoughian and F.E. Cellier (eds.), Springer-Verlag, New York, s. 93-106
- Ören, T.I. (2002). Growing Importance of Modelling and Simulation: Professional and Ethical Implications. Bildiri kitabı: The Asian Simulation Conference / the 5th International Conference on System Simulation and Scientific Computing, Cheng, Zongji et al., eds., Kasım. 3-6, 2002, Shanghai, China. International Academic Publishers / Beijing World Publishing Corp. cilt.1, s. 22-26.
- Ören, T.I., Elçi, A., ve Köksal, A. (1985). Benzetimin Temel Kavramları için Türkçe Terimler Önerisi. Bilişim (Türkiye Bilişim Derneği Dergisi), sayı 21-22 Eylül-Aralık 1985, s. 57-59.
- Ören, T.I. ve Ghasem-Aghaee, N. (2003). Personality Representation Processable in Fuzzy Logic for Human Behavior Simulation, Bildiri Kitabı: The 2003 Summer Computer Simulation Conference, Montreal, PQ, Canada, July 20-24, 2003, s. 11-18.
- Ören, T.I., L. Torres, F. Amblard, R. Duboz, D. Hill, ve diğerleri. (2006 – Basımda). Modelleme ve Benzetim Sözlüğü – İngilizce-Fransızca-Türkçe, Marsilya, Fransa.  
[http://www.site.uottawa.ca/~oren/SCS\\_MSNet/simDic.htm](http://www.site.uottawa.ca/~oren/SCS_MSNet/simDic.htm)
- Pew R.W. ve Mavor, A.S. (ed.) (1998). Modeling Human and Organizational Behavior – Application to Military Simulations. National Academy Press, Washington, D.C., ABD.
- SCS – The Society for Modeling and Simulation International. <http://www.scs.org>
- SCS-SimEthics, [http://www.site.uottawa.ca/~oren/SCS\\_Ethics/ethics.htm](http://www.site.uottawa.ca/~oren/SCS_Ethics/ethics.htm)
- SEWORLD <http://www.cs.colorado.edu/serl/seworld/>
- Zeigler, B.P., Praehofer, H., and Kim, T.K. (2000). Theory of Modeling and Simulation – Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems (2. ed.), Academic Press, San Diego, CA, ABD.
- Zyda, M. ve diğerleri (1997). Modeling and Simulation: Linking Entertainment and Defense. National Academic Press, ABD.

Tuncer Ören  
Ottawa Üniversitesi (Kanada)

Ören, T.I. (2006 - Basımda). Benzetim: Temel Kavramlar ve İlerlemeler.. Türkiye Bilişim Ansiklopedisi, Papatya Yayıncılık, İstanbul.