

EKONOMETRİK SİMULASYON MODELLERİ

Mustafa SEVÜKTEKİN*

1. GİRİŞ

Bilimsel bir model, öngörü veya kontrol amacıyla kullanılabilmesi için gerçek sistemlerin bir soyutlaması gibi tanımlanmalı ve modellenen bir sistemin görünen ve görünmeyen diğer yüzlerindeki değişimleri de içine alacak bir şekilde hazırlanarak bütüncül bir biçimde sistemi nasıl etkileyeceğini ifade etmede yeterli olmalıdır. Ayrıca bilimsel bir model 'gerçekçilik' ve 'basitlik' gibi iki temel ilkeyi taşımalıdır. Bir taraftan model gerçek sisteme yakın bir yaklaşımı vermeli ve sistemin önemli yüzlerinin birçoğunu bir araya getirmeye hizmet etmeli; diğer taraftan mümkün olduğu kadar anlaşılır ve kullanışlı (el yordamıyla kullanılabilme, çözülebilme özelliğine sahip) olmalıdır. Ancak şu gerçeği gözardı etmemek gerekir: "Gerçekçi modeller nadiren basittir ve basit modeller nadiren gerçektir".

Bilimsel modellerin en yaygın olanlarından birisi simülasyon modelleridir. Simülasyon modelleri, değişik araştırmalarda çokça başvurulan önemli tekniklerdendir. Simülasyon modellerinin oldukça farklı alanlarda uygulanma imkânı bulunduğu için adeta bilimler arası bir teknik olma özelliğine sahiptir. Örneğin; uzay, çevre, siyaset, şehirlerdeki trafik sıkışıklığı, endüstriyel ve zirai üretim sü-

* Yard. Doç. Dr.; Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü, Ekonometri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

reçlerinde, savaş oyunlarında... gibi kontrol edilebilen olaylar ve durumlar için yapılan birçok araştırmada simülasyon tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir¹.

Uygulanılması düşünülen olay ve durumlar için belirli özelliklere sahip matematiksel modeller kurulur ve yaklaşık olarak tanımlanmaya çalışılır ve mümkün olduğunca çok bilgiyle beslenerek modellemesi yapılan sistemin gerçekleşmiş sonuçları yeniden üretilmeye çaba sarfedilir. Model, esasen sistemin bir özetidir -matematiksel bir özetleme- yani bir soyutlama ve çok sayıdaki detaylar ile gerçeklerin bir temsili ifadesidir. Dolayısıyla gerçeği temsilen yaklaşık olarak kurulan model gerçeğin bir simülasyonunu yeniden üretme mekanizmasını sağlar.

Simülasyon ayrıca alternatif politikaların uyarlanması da başvurulan yararlı araçlardan birisidir. Örneğin, savunma harcamalarındaki bir artış, vergi oranlarındaki bir değişiklik ve parasal politikaların artırılması bir ülke için önemli sayılabilecek kararlardandır. Bu kararların bazı önemli ekonomik etkilerinin olacağı da açıktır. Bu etkilerin gelecekte alacağı seyri ve davranış kalıplarını politikacılar önceden bilmek isteyebilirler. Bu amaçla ekonometrisyenlerin kurdukları modellerin içerdiği değişkenler ve parametreler, politika değişimlerinin ekonomik sonuçlarını simüle etmede kullanılırlar. Böylece en azından politikacıların gelecekte vuku bulabilecek bazı olaylar ve durumlar hakkında yaklaşık olarak bilgi sahibi olabilirler ve politikalarını yeniden gözden geçirme ve tedbirler alma yollarını araştırabilirler.

2. SİMULASYONUN GENEL BİR TANIMI

Genel olarak simülasyon gerçeği temsil eden modeller üzerinde yapılan ve bu işlemde doğacak olan sonuçları izleyen bir yöntemdir. Ekzojen değişkenlere, geleceğe doğru uzatarak değer vermek ve buna bağlı olarak belli bir parametreler strüktürü çerçevesinde endojen değişkenlerin gelecekte alacağı değerleri bulmak bu yöntemin özünü oluşturur².

Bir başka tanıma göre simülasyon; karmaşık bir sistemin davranışını tasvir eden belirli tipdeki matematiksel modeller ile zaman dönemini sayısal bilgisayarlar yardımıyla uzatan bir tekniktir. Herhangi bir simülasyon deneyinin başlangıç noktası, simüle edilen sistemin modeli olmaktadır. Yani modelin matematiksel kalıbı formüle edilmiş ve parametreleri tanımlanmış olduğu varsayılmaktadır. 'Bir simülasyon' deneyi ile 'gerçek dünya deneyi' arasındaki fark gerçek bir sistem yerine onun gerçeğe yakın modelinin kullanılmasından ibarettir.

1 Dutta (1975, s. 351).

2 Bakınız Kılıçbay (1980, s. 576-7) ve İşyar (1989, s. 417-8).

Simulasyon tanımını tam olarak kavrayabilmek için aşağıda çok kısa olarak verilmeye çalışılan temel çatıyı iyi bir şekilde dikkate almak gereklidir³:

Bir sistemin endojen değişkeni Y ile ve k sayıdaki ekzojen değişkenleri de X ile gösterilsin. Bu değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişki ise

$$(2.1) \quad Y = \emptyset (X)$$

şeklinde ifade edilir. Buradaki ilişkide yer alan değişkenler literatürde şu şekilde tanımlanmaktadır: Endojen değişkenler Y, açıklanan, öngörülen, cevaplanan veya kontrol edilemeyen ve ekzojen değişkenler X (yani X_i 'ler; burada $i = 1, 2, \dots, k$ dir), açıklayıcı, öngören, uyaran veya kontrol edilebilen değişkenler. Fonksiyon \emptyset ise cevaplamanın, uyarılmanın bir görünümünü ifade etmektedir. Yukarıda (2.1) ile verilen fonksiyonel ilişki doğrusal bir denklem veya model halinde şu şekilde ifade edilebilir:

$$(2.2) \quad Y = \sum_{i=1}^k \theta_i X_i$$

Burada θ_i 'ler parametreleri göstermektedir. (2.2)'nin bir tahminini yapmak için aşağıdaki ekonometrik modelden yararlanmak mümkündür:

$$(2.3) \quad Y = \sum_{i=1}^k \theta_i X_i$$

Burada θ ve Y sırasıyla θ_i ve Y_i 'nin tahminlerini vermektedir.

Yukarıda verilen denklem (2.3) simulasyon teknikleri ile birlikte analizin basitçe yapılabileceğini göstermektedir. Yani, model doğru analitik denklemleri ile çözülebilir, ancak sayısal analiz ve simulasyon kullanılmasını gerektirmez. Zira deterministik bir model olması, yani kesin bir ilişki denklemini tanımlamasından ötürü gerçekçi bir model olmaktan uzaktır. Modeli daha gerçekçi bir hale getirmek için, modele tesadüfi terim (kalıntı terimi, rassal terim) ilavesi yapılarak stokastik olasılıklı bir yapı haline dönüştürülür. Bu açıdan (2.3) ü yeniden şöyle yazabiliriz:

$$(2.4) \quad Y = \sum_{i=1}^k \theta_i X_i + u_i$$

burada u_i 'nin beklenen değeri sıfır ve sabit bir varyansla normal bir dağılım gösterdiğini varsaymaktayız.

3 Naylor (1971, s. 2-3).

3. SİMULASYON MODELLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Simulasyon, ekonomik realite (gerçekler) ile uygulanmış ekonometrik model arasında ilişki kuran bir tekniktir. Bilgisayar kullanımı bu tekniğin uygulanmasını son zamanlarda yoğun hale getirmiştir. Bir simulasyon modelinde temel olarak şu unsurların yer alması gereklidir: (a) Modelin yapısı, (b) Modeli oluşturan denklemler, değişkenler ve parametreler ve (c) Uygulama yöntemleri - tahmin yapabilme yöntemleri ya da ekonometrik yöntemler. Model ne kadar gerçeğe yakın, değişkenler ve aralarındaki ilişkiler gerçeği ne kadar yansıtırsa model o kadar güçlü olur ve simulasyonun başarı şansı o kadar artar. Modeli oluşturan değişkenler ne kadar sağlıklı ölçülür ve veri alanı ne kadar geniş tutulursa simulasyon o kadar başarılı olur. Ayrıca ekonometrik olarak temel modelin tahmini ne kadar güçlü, isabetli ve sağlıklı ise simulasyon o kadar iyi sonuç verir⁴.

Simulasyon ekonomik sistemin işleyişini, zaman içindeki davranışını, parametreleri tahmin edilen ekonometrik modele dayalı olarak belirler. Bu sebeple simulasyon ile ekonometrik uygulama birbiri ile bağlantılı ve yakın ilişkilidir⁵.

Ekonomik sistemlerin matematiksel modelleri bileşenler, değişkenler ve fonksiyonel ilişkiler gibi temel unsurları içerirler. Ekonomik modelin bileşenleri geniş ölçüde simule edilen ekonomik sisteme bağlı olsa da olmasa da farklı eğilimleri olan bir ekonomi, bir firma veya şirketler grubu ya da hanehalkı, işletme veya hükümet sektörü olarak düşünülebilir.

Ekonomik modellerde gözüken değişkenler bir bileşenin diğer bir bileşenle olan ilişkisinde kullanılmaktadır. Değişkenler ekzojen, durum ve endojen olarak tasnif edilebilir:

Ekzojen değişkenler, modelin bağımsız ve girdi değişkenleridir. Ayrıca ekzojen değişkenler önceden tanımlandığı gibi sistemden bağımsız olarak verilen değişkenler olarak bilinir. Bu değişkenler sistem üzerinde etkilidirler fakat sistem ile birlikte hareket etmezler. Ekzojen değişkenlerde nedenselliğin yönü, değişkenlerden sisteme doğrudur, sistemden değişkenlere doğru bir akım söz konusu değildir, yani karşılıklı bir nedensellik yoktur.

Ekzojen değişkenler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen gibi bir tasnife de tabi tutulabilir. Bir devlet değişkeni olarak politikacılar ve karar mekanizmaları tarafından üzerinde bazı oynamalar yaparak kontrol edilebilen birer değişken olarak dikkate alınabilir. Örneğin bir firma, belirli bir dönemde satın alabileceği ham madde miktarını, kullanabileceği işçi sayısını ya da hükümet içe-

4 İşyar (1989, s. 417).

5 İşyar (1989, s. 417).

risinde karar verme aşamasındaki politikacıların belirli bir planlama döneminde vergi oranlarının değiştirilmesi veya hükümet harcamalarının miktarı ve niteliği üzerinde bir ayarlama sözkonusu olabilir. Öte yandan kontrol edilemeyen ekzojen değişkenler, modellenen sistemin içinde mevcut olan çevre tarafından üretilir ve bu değişkenler özellikle sistemde olmayabilir ya da karar vericiler tarafından ele alınmayabilirler⁶.

Durum değişkenleri bir sistemde veya onun bileşenlerinin birisinde, zaman döneminin başlangıcı, sonu veya herhangi bir kesitinde tasvir edilebilir. Bu değişkenler sistemin varsayılan fonksiyonel ilişkilerine göre hem ekzojen, hem de endojen değişkenler ile karşılıklı olarak birbirlerini etkilerler. Belirli bir zaman kesitinde tanımlanan durum değişkenlerinin değeri, yalnızca daha önceki dönemlerin bazı ekzojen değişkenlerinin değerine değil, ayrıca bazı çıktı değişkenlerinin değerine de bağlıdır. Örneğin bir firma için durum değişkenleri olarak envanter, nakit ve borç durumları ele alındığında, gelecekte reklamcılık için yapılacak harcamalar aynı zamanda önceki yıllarda yapılan satış düzeyleri belirleyici bir faktör sayılabilir⁷.

Endojen değişkenler sistemin bağımlı ve çıktı değişkenleridir ve sistemin işlem karakterlerine göre ekzojen ve durum değişkenlerinin karşılıklı olarak etkileşmesinden üretilmektedir. Örneğin bir endüstrinin toplam işgücü, toplam satış miktarları ve toplam üretim miktarları birer endojen değişken olarak ele alınabilir.

Yine de belirli bir değişken ekzojen, endojen veya durum değişkeni olarak tanımlanmış olsa bile araştırmanın amacına göre farklı bir tasnif yapmak mümkün olabilir; örneğin milli gelir, bir makro ekonomik konjonktür modelinde endojen değişken olarak ele alınırken, belirli bir firmanın ürünleri için önsel talep ile ilgili mikro ekonomik bir modelde ekzojen değişken olarak ele alınabilir. Öte yandan ekzojen değişkenler simülasyon modellerinde iki farklı tarzda kullanılmaktadır. Birinci kullanımda değişkenler daha önce tahmin edilmiş bir biçimde parametrik değerleriyle birlikte kullanılır. İkinci kullanımda ise, stokastik olarak ele alınır⁸.

'Deneyisel tasarım' literatüründe ekzojen değişkenler veya parametreler 'faktörler' olarak tanımlanır. Bir ekonomik modelin değişkenleri ve bileşenlerinin karşılıklı etkileşimini tasvir eden fonksiyonel ilişkiler, özdeşlikler ve işlem

6 Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 10-1).

7 Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 12).

8 Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 12).

karakterleri sistem davranışını tasvir etmede kullanılır. Özdeşlikleri modelin bileşenleri hakkında tanımsal bilgileri veren ifadeler olarak algılamak gerekir.

Bir işlem karakteri sistemin endojen, ekzojen ve durum değişkenlerini içeren matematiksel denklem olarak ele alınabilir. Örneğin bir ekonomi için tüketim ve yatırım fonksiyonları, bir firma için üretim fonksiyonları ekonomik sistemin işlem karakterlerinden sayılabilir. Stokastik süreçler için işlem karakterleri olasılık yoğunluk fonksiyonları olabilir.

Aşağıda matematiksel bir model ele alınarak yukarıda verilmeye çalışılan temel unsurlardaki ayrımları göstereyim. Bu modelin bileşenleri hanehalkı, işletme ve hükümet sektörüdür. Modelin amacı belirli bir T döneminde ekonomi için milli gelir ile toplam tüketim (hanehalklarının), toplam yatırım (işletmelerin) ve hükümet harcamalarının ilişkisini ortaya koymaktır. Modelin ihtiva ettiği parametre, değişken, işlem karakterleri ve özdeşlikler aşağıdaki gibi tasnif edilebilir⁹:

Ekzojen Değişkenler:

u_T = Bilinen bir olasılık dağılıma sahip stokastik değişme veya tesadüfi terim, beklenen değeri sıfır ve sabit bir standart sapması vardır.

v_T = Bilinen bir olasılık dağılıma sahip diğer bir stokastik değişme veya tesadüfi terim, beklenen değeri sıfır ve sabit bir standart sapması vardır.

G_T = T dönemindeki hükümet harcamaları.

Endojen Değişkenler:

C_T = T dönemindeki tüketim harcamaları.

I_T = T dönemindeki yatırım harcamaları.

Y_T = T dönemindeki milli gelir.

Parametreler:

c = Marjinal tüketim meylli.

b = Hızlandırıcı katsayısı.

İşlem Karakterleri (Eşitlikler - Denklemler):

$$(3.1) \quad C_T = c Y_{T-1} + u_T$$

$$(3.2) \quad I_T = b (Y_{T-1} - Y_{T-2}) + v_T$$

9 Daha fazla bilgi için bakınız Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 13-5).

Özdeşlik:

(3.3)

$$Y_T \equiv C_T + I_T + G_T$$

4. SİMULASYON MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Simulasyon modellerinin tasnifini ya da sınıflandırılmasını farklı biçimlerde ele almak mümkündür. Ancak sınıflandırmaya geçmeden önce simulasyon modellerinin hangi sınıfa dahil olursa olsun içerilmesi gereken bazı temel kriterlerden söz etmek gerekecektir. Bu kriterler simulasyon modellerinin temel yapılarıyla alâkalıdır. Kriterleri kısaca şöyle özetleyebiliriz¹⁰: (1) Simulasyon modeli bir sürece, bir aktiviteye veya bir duruma bağlı olmalıdır. (2) Başlangıç süreci veya durumu kopya edilebilmelidir. Örneğin gerçek veya gerçeği temsil eden farazi bir modelin endüstrideki çalışmaları, diğer alanlara da uygulanarak bir kontrolü yapılmalıdır. (3) Laboratuvar tipi bir model ile, endüstriyel sürecin laboratuvar modelleri diğer alanlara uygulanarak örnekleri çoğaltılır. (4) Başlangıç durumlarını yansıtan ve temel unsurlarını veren bütüncül bir suni özet çıkarılır. (5) Oluşturulacak olan kapalı bir modelin genellikle yaklaşık sayısal bir stokastik özelliğe sahip olduğunu unutulmamalıdır.

Bir simulasyon modelinin yukarıda özetlenmeye çalışılan temel kriterlerin tamamını veya birçoğunu içermelidir. Bunların dışında simulasyon modellerinin sınıflandırmasını genel kabul görmüş şekilde deterministik, stokastik, statik ve dinamik olmak üzere ele alabiliriz.

1- Deterministik Modeller: Deterministik modellerde ne ekzojen, ne de endojen değişkenler, tesadüfi değişken olarak tanımlanırlar ve işlem karakteristikleri olasılık yoğunluk fonksiyonlarından ziyade tam ilişkili oldukları varsayılr. Deterministik modellerin, stokastik modellerden daha az bilgisayar tanımları vardır. Bu modeller maksimumlaştırma veya minimumlaştırma teknikleri ile sık sık analitik olarak çözümlenmeleri mümkündür. Mikro ekonomik teorideki modellerin çoğu deterministik modellerdendir. Çok faktörlü, çok ürünlü J.R. Hicks modeli iyi bilinen deterministik modellerdendir¹¹. Deterministik simulasyon modellerinin Monte Carlo analiz yöntemleri ile çözümlenmeleri oldukça fazladır¹².

10 Fisher (1951, s. 591).

11 Clark (1961).

12 Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 16-7) ve Dutta (1975, s. 342-46).

2- Stokastik Modeller: İşlem karakteristiklerinden en az biride bir olasılık fonksiyonu veri olan modellere stokastik modeller denir. Stokastik modeller deterministik modellerden daha karmaşık olduğu için bu modellere çözümler bulmak ve bulunan çözümlerin analitik olarak yeterli olması oldukça güçtür. Bu açıdan simulasyon tekniği stokastik modellerin analizi ve çözümünde en çok başvurulan temel tekniklerden biri olmuştur. Ya da bir başka ifadeyle, simulasyon tekniği deterministik modellerden ziyade, stokastik modellerin analizi ve çözümünde kullanılan bir methodur. Stokastik modeller ayrıca bilimsel araştırmaların 'gözleme' ya da 'test etme' aşamalarında kullanılan verilerin tesadüfi örneklemelerini elde etmede de kullanılmaktadır¹³.

3- Statik Modeller: Statik modellerde zaman değişkeni tam olarak ele alınmaz. Ekonomik teoride sözde denge modellerinin birçoğu ve bir bütün olarak ekonominin klasik modeli statik modele örnek olarak gösterilebilir¹⁴. Yöneylem araştırmalarında sınırlı beklemeyle ilgili doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama ve oyun teorisi alanlarındaki çalışmaların birçoğu statik modellerle ilgilidir. Ancak simulasyon tekniği statik modellerin analizi için iki amaçla kullanılır: İlki statik modellerin hemen tamamı deterministiktir ve çözümler optimalite hesapları ve matematiksel programlamada olduğu gibi belirli bir doğrultudaki analitik teknikler yardımıyla bulunur. İkinci olarak ve en önemlisi ekonomi ve yöneylem araştırmalarındaki statik denge modellerinin J. Robinson tarafından açıklanan kapalı ekonomi görüşlerine uymasındadır.

4- Dinamik Modeller: Zaman değişimi ile karşılıklı olarak etkileşimi olan matematiksel modellere dinamik modeller denir. Ekonomide dinamik modeller ilişkisinde Baumol 'ekonomik dinamizm' olarak adlandırdığı bir kavramı kullanmaktadır. Simulasyon ekonomik dinamizm alanında çokça kullanılmaktadır. Ekonomik dinamizmde simulasyonun iyi bilinen kullanımları arasında; konjunktur simulasyonu ve makro ekonomik büyüme modelleri ile firma simulasyon modelleri ve kuyruk, envanter, iş-mağaza modelleri sayılabilir.

Samuelson dinamik sistemin tasnifini altı grupta sunmaktadır¹⁵:

1. Statik ve durağan,
2. Statik ve tarihsel,

13 Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 17).

14 Baily (1964, s. 164).

15 Granger ve Hatanaka (1964, s. 315-17) ve Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968, s. 18-20).

3. Dinamik ve nedensel,
4. Dinamik ve tarihsel,
5. Stokastik ve tarihsel olmayan,
6. Stokastik ve tarihsel.

'Statik ve durağan' sistemler, statik denge sistemleri olarak adlandırılan ve bütünüyle zamanı modelden soyutlayan sistemlerdir. Yani sistemde vuku bulan değişmelere yer verilmez ve zaman akımı hiçbir şekilde mülahâza edilmez.

İkinci tasnifte, ekzojen ve ekonomik olmayan nedenlere tamamiyle injekte olunmamakta ve ekonomik sistem içerisindeki tesadüflüklere yer verilmektedir. Örneğin belirli bir dönemdeki milli gelir, bazen önceki dönemlerdeki doğum oranlarına -ki bu iyi bilinen ekonomik olmayan nedenlerden birisidir- bağlı olarak etkilenebilir. Ağustos ayındaki havalandırma cihazına olan talep Haziran ve Temmuz aylarındaki ortalama sıcaklık derecelerine bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, Samuelson tamamiyle ekonomik bir dönem içinde mülahâza edilen ve belirli bir dönem için hiçbir özel analizi geçerli olmayan ekonomik sistemin tasvirine bağlılığından ötürü 'tarihsel' kelimesini kullanmıştır.

'Dinamik ve nedensel' sistemler, ekonominin başlangıç şartlarını veri olarak ileri sürülen zaman dönemi içerisinde sistemin davranışını öngören ekonomik sistemlerdir. Örneğin çarpan hızlandıran modellerinde eğer iki başlangıç dönemi için milli gelirin değerleri veri iken gelecekte herhangi bir dönem için düz bir doğru ile fark denklemi analizleri ile -milli gelir, yatırım ve tüketimi- tanımlayabiliriz. Dolayısıyla sistemin gelecekteki davranışı tam anlamıyla ekonomik değişkenlere bağlı olacaktır.

Dördüncü tasnif üçüncüye benzer, ayrıca ekonomik olmayan kalıntıların olasılığını da dikkate alır, yani gelecek zaman dönemlerinde sistemin davranışı yalnızca ekonominin başlangıç şartlarına bağlı değil, ayrıca ekonomik olmayan başlangıç şartlarına ve alıntılara da bağlıdır. Örneğin bir firmanın çıktı oranı yalnızca başlangıçta kullanılan teçhizat türüne, kullanılan işçi sayısına ve başlangıçta tüketilen hammadde miktarına bağlı değildir. Ayrıca işçilerin etkinliğine, yaş durumlarına, evli olup olmadıklarına, hava şartlarına, sağlık durumlarına ve benzer birçok ekonomik olmayan değişkenlere, faktörlere de bağlıdır.

4. EKONOMETRİK SİMULASYON MODELLERİ

Ekonometrik simülasyon modelleri başlığı altında eş-anlı denklem simülasyon modellerinin kurulması, değerlendirilmesi ve analizi tartışılacak ve bu tür modellerin politika saptama (analizinde) ve önraporlamada kullanılması üzerinde durulacaktır. Özellikle son zamanlarda büyük ve karmaşık olan simülasyon

modelleri kamu politikalarının belirlenmesinde önemi gittikçe artmaktadır¹⁶. Kurulan veya kullanılan simülasyon modellerinin davranışlarını gereği gibi ve anlayarak değerlendirebilmek güçtür. Bu nedenle konu biraz sınırlandırılarak ekonometrik simülasyon modelleriyle ilgili örneklere yer verilecektir. Bu modeller önce ekonometrik temele dayandırılmakta ve daha sonra ekonometrik tekniklerin kullanılmasıyla denklemlerin tahminleri yapılmaktadır. Burada tartışılan model kurma teknikleri şirket (firma) modelleri¹⁷ ile sosyal ve politika modellerine de uygulanabilir¹⁸. Simülasyon modellerini yalnızca ekonometrisyenler veya iktisatçılar kullanmazlar, ayrıca analiz ve öngörü için şirket planlamacıları, politika saptayıcılar ve ilgili birçok kişi yoğun bir şekilde bu modellere başvurmaktadır.

Bu çalışmada güdülen amaçlardan bir tanesi bir simülasyon modelinin nasıl kurulduğu hakkında okuyucuya bilgi vermektir. Ekonometrik simülasyon modelleri, tek tek tahmin edilip birleştirilen denklemler sisteminden daha zor ve karmaşıktır. Bireysel olarak tarihsel verilere iyi bir uyum sağlayan regresyon denklemleri eşanlı bir denklem modeli şeklinde bir araya getirildiği ve simülasyon amacıyla kullanıldığı zaman gerçek durumu yansıtmaya açısından benzerlik azalabilir. Çünkü bireysel denklemlerin bir araya getirilmesiyle sistemin dinamik yapısının anlaşılmasını sağlayan simülasyon modelinin kurulmasından ve aynı zamanda sürecin de belirgin olmamasından ötürü ortaya bazı problemler çıkmaktadır.

Simülasyon modellerini kurmak ve kullanabilmek için modelin bir değerlendirilmesi ve aynı farazi sürecin alternatif modelleri ile bir karşılaştırmasının yapılması gereklidir. Bu nedenle, ilk aşamada değerlendirme sorunuyla ilgilenilecek ve eşanlı denklem simülasyon modellerinin doğrulanmasına çalışılacaktır. Tek denklem regresyon durumunda modelin doğrulanması bir dizi problemi de beraberinde getirir, çünkü denklemin uyumunun iyiliği hakkında bir yargıya varabilmek için R^2 ve t gibi istatistikleri incelemek gerekir. Çok denklemlili bir modelde yer alan her bir bireysel denklem istatistiksel olarak iyi bir uyum gösterebilir, fakat bir bütün olarak model ele alındığında, tarihsel veriler iyi bir şekilde yansıtması söz konusu olmayabilir. Böyle bir durumun tersi vuku bulabilir, yani modelin bireysel denklemleri istatistiksel olarak iyi bir uyum sağlayamamakta, fakat model bir bütün olarak ele alındığında tarihsel verileri iyi bir şekilde yansıtmaktadır.

Vurgulanması gereken diğer önemli bir nokta ise kurulan modelin maliye-

16 Bu konuda daha fazla bilgi için bakınız Greenberger, Crenson ve Crissey (1976).

17 Örnek için bakınız Elliot (1973, Bölüm 13); Davis, Cacappolo ve Chaudry (1973) ve Naylor (1979, Bölüm 4 ve 9).

18 Örnek için bakınız Brunner ve Breqer (1971).

ti ile faydasını (getirisini, yararını) karşılaştırmaktır. Örneğin amaç kısa-dönemli bir faiz oranı önraporlaması yapmak ise, çok-denklemlili para piyasası simülasyon modelini kullanmaktansa tek-denklemlili bir regresyon modelini kullanmak daha pratik olacaktır. Sorun, burada eş-anlı denklem modellerinin ek faydası kurulmasında karşılaşılan ek maliyetten daha önemli olup olmadığıdır.

Simülasyon sürecinin ana hatları açıklandıktan sonra simülasyon modellerinin değerlendirme problemi tartışılacak ve yararlı birkaç değerlendirme kriteri sunulacaktır. Bu tartışma, alternatif model kurma metodlarının değerlendirilmesinde başvurulan kriterlerin geliştirilmesi için önemli olacaktır. Aşağıdaki satırlarda eş-anlı denklem modelinin tahmin edilme problemi tartışılacak ve uygulamada kullanılan tahmin metodları üzerinde kısaca durulacaktır.

5. SİMULASYON SÜRECİ

Burada kullanılan 'simülasyon' kavramının kelime anlamı basitçe eş-anlı fark denklemleri setinin matematiksel çözümünü ima etmektedir. Bir 'simülasyon modeli' ise denklemler setini göstermektedir. Aşağıda verilen örnek son derece basit makroekonometrik bir model ile ilgilidir¹⁹:

$$(5.1) \quad C_t = a_1 + a_2 Y_{t-1}$$

$$(5.2) \quad I_t = b_1 + b_2 (Y_{t-1} - Y_{t-2})$$

$$(5.3) \quad Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Modelde yer alan değişkenlerden C_t , t yılındaki tüketim harcamalarını I_t , t yılındaki yatırım harcamalarını ve Y_t ise gayri safi milli hasılayı gösteren modelin endojen değişkenleridir. G_t ise t yılındaki hükümet harcamalarını gösteren ekzojen değişkendir. G_t değişkeni modelin dışından tanımlanmaktadır. Bu modelle literatürde genel 'çarpan-hızlandırıcı' modeli denilmektedir.

Modelde yer alan a_1 , a_2 , b_1 ve b_2 parametrelerinin değerleri biliniyor; C ve I değişkenleri için başlangıç değerleri açıkça belirtilmiş ve ekzojen değişken G için zaman içinde aldığı yol verilmişse yukarıda verilen üç denklemlili sistemin çözümü endojen değişkenlerin (C, I ve Y) her biri için zaman içinde takip edeceği yollar gösterilebilecektir. Bir modelin parametrelerinin tahmin edildiği (ya da sayısal değerleri başka bir şekilde sunulduğunda), endojen değişkenler için

19 Bu konuda daha fazla bilgi için bakınız Pindyck ve Rubinfeld (1981, Bölüm 12).

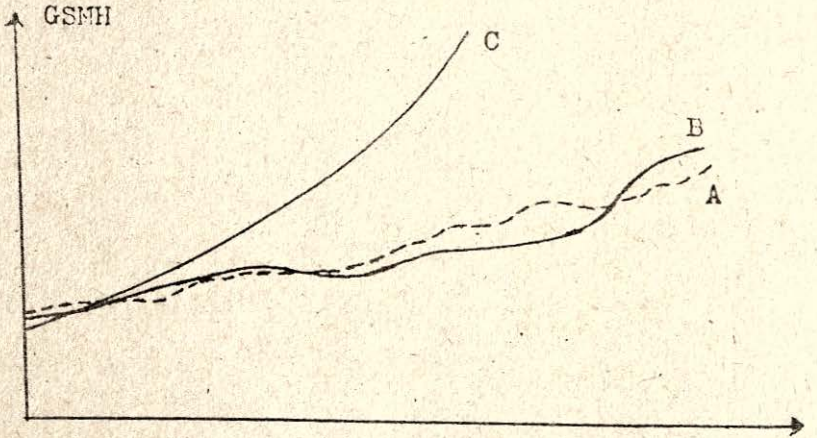
başlangıç değerleri (yani temel yıldaki değer) ve ekzojen değişkenler için zaman dizisi veri iken (bu diziler tarihsel zaman dizilerini gösterebileceği gibi dizilerin gelecekteki davranışları hakkında ileri sürülen hipotezleri de gösterebilir), modelin endojen değişkenlerinin her biri için elde edilen çözümlerin bazı zaman dizilerine ait oldukları görülür.

Yukarıdaki modelde Denklem (5.1) ile Denklem (5.2)'yi Denklem (5.3) içerisine koyarak matematiksel olarak çözüp aşağıdaki şekilde yeniden düzenleyebiliriz:

$$(5.4) \quad Y_t - (a_2 + b_2) Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} = (a_1 + b_1) + G_t$$

Sonuçta ikinci dereceden bir fark denklemi elde edilir²⁰. Bu denklemin çözümü, G ekzojen değişkeninin gelecekteki bütün değerleri kadar başlangıçtaki şartlarına da bağlıdır. Ayrıca çözümün kararlı ya da kararsız olup olmadığı durumları da önemlidir. Basit bir modelde çözümün kararlı olması için modelin parametrelerine dair şartların tanımlanması daha kolaydır. Oysa daha karmaşık modellerde (doğrusal olmayabilir) kararlılık için gerekli şartları araştırmak daha zordur.

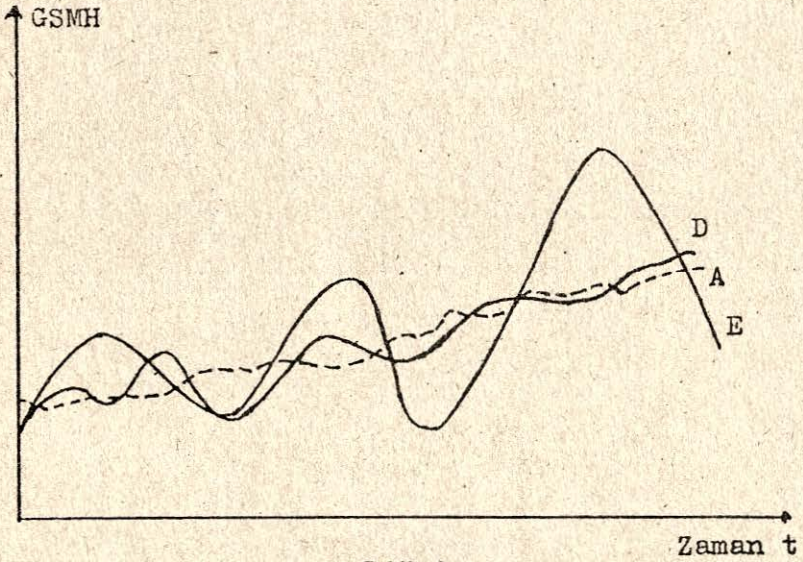
Modelin kararlı olması önemli bir faktördür, çünkü gerçek hayatın kararlı olduğuna inanılır. Örneğin aşağıdaki Şekil 1'de GSMH geçmişte 20 yıl boyunca



Şekil: 1
Kararlı ve kararsız çözümler

20 Fark denklemi, bir değişkenin cari değerini ve diğer değişkenlerin cari ve geçmiş değerlerini gösteren bir niteliğe sahiptir. Fark denklemlerinin en iyi örneklerini gecikmeli modeller oluşturur. Bu konuda bakınız Baumol (1970), Gondolfo (1971) ve Chaing (1967).

noktalı A doğrusu boyunca hareket ediyorsa, aşağı yukarı A kesikli doğrusuna benzer bir hareket gösteren sürekli B doğrusu ile GSMH'yı açıklayan bir model çözümü elde edilebilir. Şekilde yer alan üçüncü doğru olan sürekli C doğrusu kararlı bir çözümü göstermektedir. Çünkü çözüm sonuçları GSMH'nın fiili değerlerini oluşturan diziden gittikçe hızlı bir şekilde uzaklaşmaktadır. Şekil 1 üzerinde gösterilmeyen diğer davranış biçimleri ise aşağıdaki Şekil 2'de gittikçe sönen dalgalı tipinde sürekli D doğrusu ve gittikçe genişleyen dalgalı tipindeki sürekli E doğrusu ile gösterilmektedir. Bazı durumlarda gittikçe sönen dalgalı tipler arzu edilen bir çözüm türü olabilir. Örneğin, sözkonusu olan model bazı malların konjonktür dalgalanmalarının (veya öngörülerinin) açıklanmasında kullanılabilir ve dalgalanmalarının frekansları, fiili dalgalanmaların frekanslarına oldukça benzemektedir.



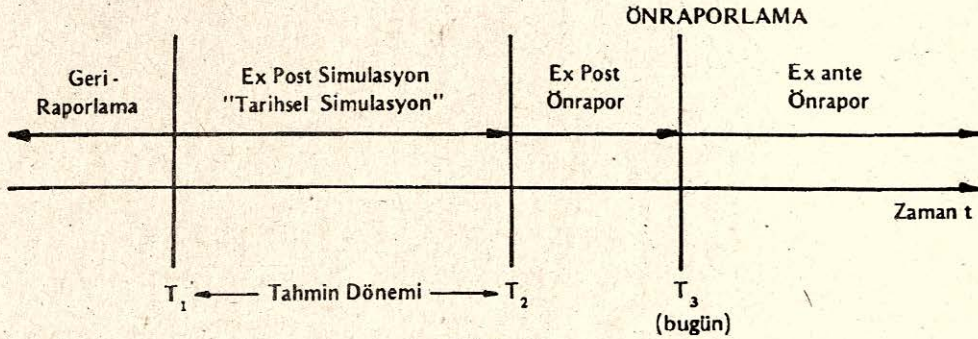
Şekil: 2
Dalgalı çözümler

Bu birbirine benzeyen çözüm karakteristikleri oldukça önemlidir. Ancak şu an için bir çözümün bulunması sorununu sınırlandırmak gereği duyulmaktadır. Yani simulasyon uygulamasına başvurulmalıdır. Yukarıdaki (5.1) ila (5.3) nolu denklemlerin oluşturduğu küçük modelin parametreleri biliniyorsa çözüm de basitçe ve analitik olarak bulunabilir. Büyük ve bazen de doğrusal olmayan eş-anlı denklemler sistemindeki bir modelin çözümü sayısal bilgisayarlarla simüle edilerek başarılabilir. Bilgisayar paket programlarının geliştirilmesiyle, bir analistin genelde herhangi bir program yazmasına da gerek duymadan daha büyük

modellerin simülasyonları yapılabilir. Bu programlarda çoğunlukla bir iteratif metodun kullanılmasıyla çözümler bulunabilir. Doğrusal olmayan durumlarda ise çoğu kez model doğrusal hale getirilmekte ve dönüştürme tamamlandıktan sonra çözülmektedir²¹.

Bir modelin simülasyonuna, modelin test edilmesi ve değerlendirilmesi, politika analizleri ve önraporlama amacı için başvurulabilir. Ekseriyetle simülasyonun uygulandığı 'zaman ufku' simülasyonun amacına bağlı olacaktır.

Farazi bir modelin denklemlerinin tahmin edildiği T_1 ve T_2 zaman sınırları aşağıda Şekil 3'de gösterilmektedir. Simülasyonun ilk biçimine 'ex-post' (gerçekleşen) ya da 'tarihsel simülasyon' adı verilmektedir. Simülasyon T_1 yılında başlamakta ve T_2 yılında tamamlanmaktadır. T_1 'de başlayan ve T_2 'de sona eren tarihsel diziler ekzojen değişkenler için kullanılır. T_1 yılındaki değerler endojen değişkenler için simülasyon çözümü ile tanımlandıktan sonra, artık o değerler endojen değişkenin başlangıç değerleri olarak alınmazlar.



Şekil: 3
Simülasyon zaman ufukları

Tarihsel verilerin mevcut olduğu dönemlerde bütün veriler için modelin simülasyonunun yapılmasıyla endojen değişkenler için simüle edilen dizilerle orijinal verileri oluşturan dizilerin bir karşılaştırmasının yapılmasıyla modelin geçerliliğinin faydalı bir testini elde etmek mümkün olur. "Ex-post" simülasyonlardan ayrıca politika analizlerinde de yararlanır. Alternatif politikalarının sonucu olarak, parametre değerlerinin değişmesi ve ekzojen politika değişkenlerinin serbest bırakılması ile farklı zaman yollarının takip edilmesiyle nelerin vuku bulacağı incelenebilir ve bir karşılaştırma yapılabilir. Örneğin bir makro-ekonomik

21 Bu sayısal çözüm metodlarının tanımlanmasına ve açıklanmasına burada kalkışılmayacaktır. Matematiksel çözüm teknikleri ve algoritmalarının açıklanması için bakınız Naylor (1969), Naylor (1971), Naylor, Balintfy, Burdick ve Chu (1968).

model kullanıldığında, devlet harcamaları, vergi oranları veya para arzı düzeyindeki değişimlerden modelin ekonomik karşılıkları ortaya çıkabilir²². Bundan başka geniş endüstri modelleri, alternatif düzenleyici devlet politikalarının etkinliğine dair çalışmalarda, ya da endüstride makroekonomik büyüme ve dalgalanmalarının tesirleri üzerine yapılan çalışmalarda kullanılabilir²³.

'Önraporlama', tahmin dönemi boyunca ileriye doğru modelin bir simülasyonunu sağlar. Tabiidir ki, bir önrapor yapılmadan önce, ekzojen değişkenlerin tümü için zaman bütün önrapor dönemini kapsamalıdır. Örneğin, Denklem (5.1) ile (5.3)'de verilen basit makroekonomik modelde, devlet harcamalarının G_t 'nin gelecekteki değerleri ilk önce öngörülmektedir (ya da en azından gelecekteki değerler hakkında bir varsayımda bulunulmalıdır).

Yukarıdaki Şekil 3'de verilen biçimde önraporlama iki türü arasında da bir ayırma gidilebilir. Tahmin dönemi cari döneme kadar genişletilmiyorsa (yani T_2 , T_3 'den daha küçük ise), tahmin dönemi sonunda önrapora başlanmak arzu edilebilir ve ayrıca o dönemi şu ana değin uzatarak mevcut olan verilerle sonuçların bir karşılaştırması yapılabilir. Bu tip simülasyon bir 'ex post' önrapor olarak adlandırılmakta ve bir modelin önraporlama doğruluğunun test edilmesinde sık sık kullanılmaktadır. Diğer taraftan, cari yılda yapılan bir önrapor vasıtasıyla simülasyona başlanabilir ve o cari yıl gelecek dahilinde genişletilerek bir önrapor yapıldığında bu da 'ex ante' önrapor olarak adlandırılmaktadır.

Önraporlama yalnızca ileriye yönelik tahmin amacıyla kullanılmaz, ona ayrıca duyarlılık ve politika analizleri için de başvurulabilir. Önraporlar, ekzojen değişkenlerdeki, ya da belirli birtakım parametrelerin incelenmesinde de kullanılabilir. Ayrıca, kontrol edilebilen ekzojen değişkenlerdeki hareketler gibi (örneğinimizde G_t benzeri değişkenler), ya da politika parametrelerinin değerlerindeki değişimler gibi (vergi oranları benzeri) alternatif politika etkilerinin karşılaştırmalarında da önraporlardan yararlanılmaktadır.

Simülasyonun son bir türü olan 'geri rapor' simülasyondan da sözedilebilir. Bazen tahmin dönemi başlangıcında bir modelin geriye doğru simüle edilmesiyle ilgilenilebilir. Zamanla, bir modelin dinamik kararlılığının testi ileriye doğru (forward) yerine, geriye doğru geliştirilerek de yapılabilir. Diğer bir sonuç ise, tahmin döneminden önce vukuu bulan olaylar hakkında ileri sürülen hipotezlerin analizleri yapılabilir. Bir geri raporda T_1 dönemindeki bütün değişkenler için

22 Makro ekonometrik bir modelin politika analizleri için kullanıldığı şu çalışmaya bakılabilir. Fromm ve Taubman (1968).

23 Büyük endüstri modeli örnekleri için bakınız Naylor (1971). Düzenleyici devlet fiyat politikası analizine dair bir büyük endüstri ekonometrik modeli uygulamasının detaylı bir örneği için bakınız MacAvoy ve Pindyck (1973) ve MacAvoy ve Pindyck (1975).

başlangıç değerleri ile simülasyona başlanır. Daha sonra T_1 döneminden önce ekzojen değişkenler için belirtilen değerler kullanılarak bir zaman dönemine ait geri rapor modeli çözülür. Gerçek hayatta zaman sürekli olarak ileriye doğru hareket ettiğinden, geriye doğru bir simülasyonun yapılması durumunda, gerçek hayattaki modeli tekrardan elde etmek beklentisi küçük bir olasılığa dayanır. Geri raporlama yalnızca kısa bir zaman dönemi boyu için yapılır.

6. SİMULASYON MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir simülasyon modeli kurulduğunda tıpkı tek denklemliler bir regresyon modelinin kurulmasındaki zorluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. Modelin nasıl değerlendirileceği ve uyumdaki iyiliğin nasıl test edileceği önemli bir sorundur. Tek denklemliler bir regresyon modelinde, modelin ve tahmin edilen katsayıların bireysel olarak anlamlılığı hakkında bir fikir edinmek için R^2 , F testi ve t testi gibi birtakım istatistiklerden yararlanılabilir. Ayrıca modelin belli başlı varsayımlarını test etmeye yarar istatistikler de mevcuttur (D.W. istatistiği gibi). Bu nedenle bütün bu testler yardımıyla tek denklemliler bir modelin kabul ya da reddedilmesi özellikle diğer tek denklemliler modeller ile karşılaştırılması kolay karar verilebilecek bir iş değildir. Dolayısıyla modelin yapısal belirlenimi hatalı olabileceği gibi tahmin edilen parametrelerin istatistiki olarak anlamsız olduğu bir durumda karar olumlu yönde verilmiş olabilir. Bu nedenle modelin değerlendirilmesi bir yerde onun kurulma amacına bağlıdır. Eğer model önraporlama yapmak amacıyla kurulmuş ise, modelin mümkün olduğu kadar küçük bir önrapor standart hatasına sahip olması arzulanır.

Değerlendirme kriterlerinin karmaşıklığı dışında, aynı mülhâzalar çok denklemliler bir simülasyon modeli içinde uygulanabilir. Aslında modeldeki bazı denklemlerin istatistiki olarak düşük anlamlılığa bazı denklemlerin ise oldukça yüksek anlamlılığa sahip olması nispeten dengeyi sağlamaktadır. Böyle bir durumda gerçekte çok önemli bir sorundur fakat modelin dinamikliğine bir zarar vermediğinden çözüm dizisi davranışını bulabilmek amacıyla geçici olarak kullanılabilir. Öte yandan bütün bireysel denklemler verilere iyi bir uyum sağlamış ve istatistiki olarak anlamlılık gerçekleşmiş olsa bile, bir bütün olarak model simüle edildiğinde, çözüm dizisi davranışı fiili -gerçek- değerlere yakın ya da tıpkısının elde edileceğini de garanti etmek mümkün değildir. Tek denklemliler bir modelde olduğu gibi çok denklemliler bir modelin de değerlendirilmesi onun kurulma amacına bağlıdır. Bazı modeller özellikle önraporlama amacıyla kurulurken, bazıları tasvir amaçla, bazıları da hipotezlerin test edilmesi amacıyla kurulmuş olabilir. Dolayısıyla tek denklemliler için ileri sürülen kriterler çok denklemliler modellerde de modelin kurulma amacına bağlı olarak uygulanır.

Çok denklemlı modellerin değerdendirilmesine modelin tek tek denklemlerinin incelenmesiyle başlanır. Denklemler bireysel olarak ele alındıklarında verilere iyi bir uyum sağlayıp sağlamadıklarına ve istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıklarına bakılır. Bu işlemler tek denklem modellerinde uygulandığı gibi aynı yöntemler takip edilerek başarılıdır.

Çok denklemlı tahmin yöntemi modelin katsayılarının tümünün tahmininde kullanılsa bile, modelin bireysel denklemlerinin uyumdaki iyilikleri de incelenebilir. Dolayısıyla her bir bireysel denklemin standart hataları ile t istatistikleri arasında bir ilişki kurarak olağan en küçük kareler veya başka tek denklem tahminlerinde olduğu gibi istatistiksel olarak uyumun sağlanıp sağlanmadığı hususunda inceleme yapılabilir.

Bir modelin denklemleri incelendiğinde tipik olarak denklemlerden bazılarının verilere iyi bir uyum sağladığı, bazılarının da iyi bir uyum sağlamadığı gözlenir. Örneğin modelin denklemlerinden bazılarının iyi bir uyum sağladığını düşünelim. Verilere iyi uyum sağlayan bu denklemlerin şekilleri özellikle daha sorun içereceği anlamına gelecektir. Oysa bazı denklemlerin alternatif tanımlarına göre tahmin edilme şekli doğru olsa bile, verilere iyi bir uyum sağlayamayabilir. Farklı alternatif durumlarda model kurucuları, bir bütün olarak yapısal modeli kurmak için istatistiksel olarak iyi bir uyuma sahip olmayan denklemleri bazı şeylerden fedakarlık yaparak kabul etmek zorunda kalabilirler.

Simulasyon modellerinin değerdendirilmesinde kullanılan diğerd bir kriter ise, 'simulasyon içeriğine sahip olan' bireysel değışkenlerdeki uyumun sağlanmasıdır. Bir tarihsel simulasyonun (yani tahmin dönemi vasıtasıyla bir simulasyonun) sonuçları gerçek hayattaki davranışlara oldukça yakın çıkması beklenir. Uygulanan modeli test etmenin bir yolu, tarihsel bir simulasyona başvurmak ve tarihsel veri dizisi karşısında takip edeceği yolu izleyerek her bir endojen değışkene ne kadar yaklaşacağına bakmaktır. Bu nedenle simulasyonların veri dizisi karşısında izleyeceği yolun ve bireysel değışkenlere ne kadar yaklaşacağını bazen sayısal bir ölçüsü bilinmesi arzu edilir. Böyle bir durumda sıkça kullanılan ölçü (ortalama kare hatası) 'OKK simulasyon hatası' (OKK-RMS ortalama kare kökler) olarak adlandırılan ölçüdür. Örneğimizdeki Y_t değışkeni için RMS simulasyon hatası aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$(6.1) \quad \text{RMS hata} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

Burada Y_t^s = Y_t 'nin simule edilmiş değeri

Y_t^a = fiili (gerçek) değeri

T = Simulasyondaki dönemlerin sayısı

göstermektedir. RMS hatası, simule edilmiş bir değişkenin fiili zaman yolundan ne kadar saptığının bir ölçüsünü vermektedir. Bu hatanın büyüklüğü sözkonusu olan değişkenin ortalama büyüklüğü ile bir karşılaştırmasının yapılmasıyla değerlendirilebilir.

Sıkça kullanılan diğer simülasyon ölçüleri de mevcuttur. Başka bir simülasyon hatası ise

$$(6.2) \quad \text{RMS yüzde hata} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{Y_t^s - Y_t^a}{Y_t^a} \right)^2}$$

biçiminde tanımlanan RMS yüzde hata'dır. Bu hata ölçüsü simule edilmiş değişkenin, fiili zaman yolundan ne kadar saptığının ölçüsünü yüzde olarak ifade eder. Bu ölçümlerden ayrı olarak aşağıda tanımlanan 'ortalama simülasyon hatası'

$$(6.3) \quad \text{Ortalama hata} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)$$

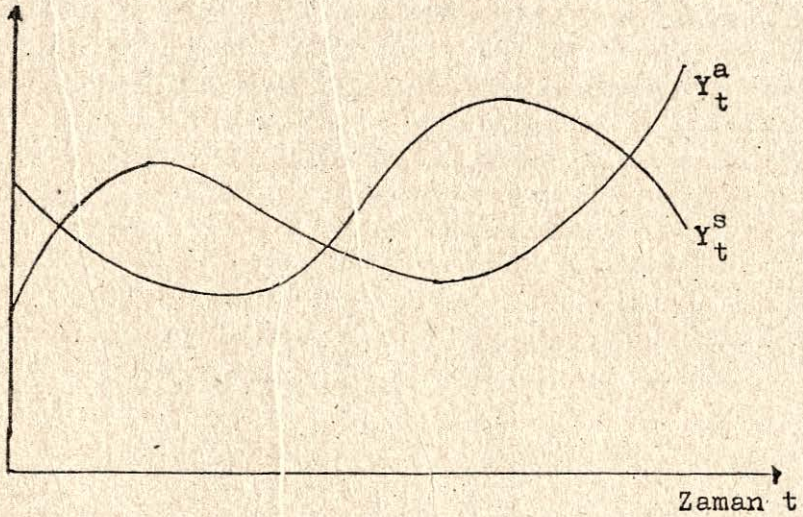
ve 'ortalama yüzde hata'

$$(6.4) \quad \text{Ortalama yüzde hata} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{Y_t^s - Y_t^a}{Y_t^a}$$

diğer iki tip ölçüyü oluşturur. Büyük negatif hatalar yanında büyük pozitif hatalar iptal edilirse problem de ortalama hatalar sıfıra yaklaşabilir. Örneğin aşağıdaki Şekil 4'de RMS hatası daha büyük çıkması beklenirken, ortalama simülasyon hatası sıfıra yakın çıkacaktır. Bu nedenle RMS simülasyon hatası simülasyon uygulamalarının en iyi ölçülerinden biridir²⁴.

Dikkat edilirse istatistiksel olarak iyi bir uyum sağlayan bir denklemin simülasyonu her zaman iyi uyuma sahip olmayabilir. Örneğin bir endüstri piyasası modelinde, malın piyasa satış fiyatını açıklayan (burada fiyat bağımlı değişkendir) denklem istatistiksel olarak iyi bir uyum sağlayabilir -gösterebilir- (büyük bir R^2 ve küçük standart hatalar gibi vs.). Öte yanda, aynı anda bir bütün olarak model simule edildiğinde aynı fiyat değişkeninin simülasyon uyumu pek iyi ol-

24 Ortalama 'mutlak' hatalar (ve ortalama mutlak yüzde hatalar), pozitif ve negatif hataları iptal etme probleminden sakınarak da ayrıca hesaplanabilir. Fakat RMS hataları pratikte daha fazla kullanılmaktadır.



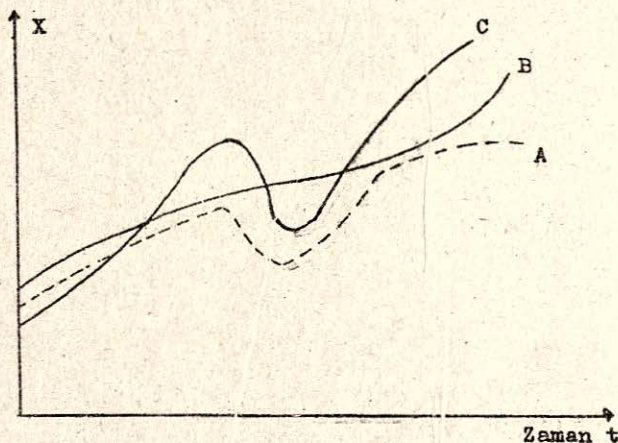
Şekil: 4

mayabilir, yani büyük bir RMS hatasına sahip olabilir. Çok denklemlili bir modelin değerlendirilmesinde tahmin istatistikleri tek başına eksik sonuçlar sağlarken simülasyon hatası istatistikleri önemli birer kriter olmaktadır.

Ayrıca tarihsel simülasyon sonuçlarından, ekzojen değişkenler için büyük bir simülasyon hatası ile karşılaşırsa, endojen değişkenler için küçük bir simülasyon hatasının ortaya çıkması mümkündür. Bu durumdaki modelin değerlendirilmesinde kritik olan değişkenlerin de bir incelenmesi gerekli olabilir. Genellikle belirli bazı değişkenlerin, simülasyon anında, tarihsel yollardan niçin saptığının gözlenmesi dışında baştan başa modelin yapısını bulmak için bir yol izlenebilir. Modellerin simülasyon uygulamalarında, istatistiksel olarak en kötü uyumu sağlayan denklemlerin yerine yeni denklemlerin yerleştirilmesi işleminden sıkça yararlanılmaktadır. Fakat böyle bir durumda modelin dinamik yapısı da düzeltilmelidir.

Düşük RMS simülasyon hataları yalnızca simülasyon uyumu için arzu edilen bir ölçüdür. Diğer önemli bir kriter ise tarihsel verilerdeki 'dönme noktaları' model simülasyonlarının iyi bir şekilde nasıl yapılacağı hususudur. Aşağıdaki Şekil 5'de kesikli doğru A, X gibi bazı endojen değişkenler için tarihsel zaman dizilerini göstermektedir. B ve C sürekli doğruları ise farklı modellerin kullanılması ile aynı değişkenin simüle edilmiş değerlerini göstermektedir. Muhtemelen C doğrusunun eklediği model en iyi modeldir; çünkü büyük RMS simülasyon hatasına rağmen X değişkeninde tarihsel olarak vukuu bulan piyasa değişimi iki kat olacaktır. B doğrusunun elde edildiği model 'dönme noktası' öngörüsünde başarısız kalmaktadır, yani tarihsel verilerdeki değişime anidir. Simülasyon döne-

minin arkasında kalan kısımda hemen hemen tarihsel veriler çok yaklaşık bir şekilde takip edilir fakat herhangi basit bir trend modeli, gerçekte belirli birtakım farazi süreçler incelenmeksizin elde edilir. Dolayısıyla bir simulasyon modelinin çifte dönme noktası yapabilmemesi, ya da fiili verilerle hızlı değişimler göstermesi modelin değerlendirilmesi için önemli bir kriterdir.



Şekil: 5

Model önraporlama amacı için tasarlanırsa, 'ex post RMS önrapor hatası' model uygulaması için önemli diğer bir kriter olarak vurgulanabilir. Ex post bir önraporda, önrapor sonuçlarını yeni verilerle karşılaştırma imkânı vardır. RMS önrapor hatası, yani RMS simulasyon hatası önrapor dizisi boyunca hesaplanarak, modelin önraporla iyi bir şekilde ölçülmesine yardımcı olur. Çok denklemlili bir modelin endojen değişkenlerinden bazıları küçük RMS önrapor hatalarına sahip olurken, bazıları da büyük RMS önrapor hatalarına sahip olabilir. Önraporlama amacı yalnız ve yalnız iki değişkene dayanmadıkça bütün RMS önrapor hataları bir bütün halinde model sezgiye dayanılarak değerlendirilecektir.

RMS simulasyon hatası ile ilgili yararlı bir simulasyon istatistiği, tarihsel simulasyonların veya ex post önraporların değerlendirilmesinde uygulanan Theil'in eşitsizlik katsayısıdır:

$$(6.5) \quad U = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s)^2} + \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^a)^2}}$$

Dikkat edilirse U katsayısının payı RMS simulasyon hatasına eşittir fakat paydanın iki kısımdan oluşması nedeniyle U daima 0 ile 1 arasında bir değer alacaktır. $U=0$ ise bütün değerler için $Y_t^s = Y_t^a$ 'dir, bu durumda tam bir uyum vardır. Yani simulasyon değeri ile fiili değerler çakışmaktadır. Eğer $U=1$ ise, modelin öngörü uygulaması oldukça kötüdür. $U=1$ olduğunda, simule edilen değerler daima, fiili değerler sıfırdan farklı olduğu zaman sıfıra eşittir, ya da sıfır olmayan öngürüler, fiili değerler sıfıra eşit olduğunda yapılabilir ve bu durumda öngöründe kolaylık sağlanır. Fiili değerler negatif (pozitif) olduğunda ise simule edilmiş değerler de pozitif (negatif) olur²⁶.

Theil'in eşitsizlik katsayısını ilgi çekici bir tarzda ayrıştırmak mümkündür. Küçük bir cebrik işlemle bu aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$(6.6) \quad (1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2 = (\bar{Y}^s - \bar{Y}^a)^2 + (\sigma_s - \sigma_a)^2 + 2(1 - \rho) \sigma_s \sigma_a$$

Burada \bar{Y}^s , \bar{Y}^a , σ_s ve σ_a değerleri Y_t^s ve Y_t^a dizilerinin sırasıyla ortalamaları ve standart sapmalarıdır, ρ ise korrelasyon katsayısıdır. Yani $\rho = (1/\sigma_s \sigma_a T) \sum (Y_t^s - \bar{Y}^s)(Y_t^a - \bar{Y}^a)$ dir. Daha sonra 'eşitsizlik oranları' aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$(6.7) \quad U^M = \frac{(\bar{Y}^s - \bar{Y}^a)^2}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

$$(6.8) \quad U^S = \frac{(\sigma_s - \sigma_a)^2}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

$$(6.9) \quad U^C = \frac{2(1 - \rho) \sigma_s \sigma_a}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

U^M , U^S ve U^C oranları sırasıyla eğiklik, varyans ve kovaryans oranları olarak adlandırılmakta ve bu oranların toplamı 1'e eşit olmaktadır, yani $U^M + U^S + U^C = 1$ dir.

Eğiklik oranı U^M sistematik hatanın bir göstergesidir. Çünkü bu oran simule edilmiş değerlerin ve fiili dizilerin ortalamalarının her birinin diğerinden

25 Eşitsizlik katsayıları simulasyon modellerinin formel değerlendirme kriterlerinden en önemlilerindedir. Formel olmayan değerlendirme kriterlerinden burada bahsedilmemiştir. Bu konuda daha fazla bilgi için bakınız Theil (1961), Theil (1966) ve Sevüktekin (1984).

sapmasını genişleterek ölçmektedir. U eşitsizlik katsayısının herhangi bir değerinden, U^M 'nin sifıra yakın çıkacağı beklenebilir. U^M 'nin büyük bir değer almasıyla (0.1 ya da 0.2'den fazla) sistematik olarak bir eğikliğin yaratacağı anlamına gelir ki, bu durumda modelin yeniden bir gözden geçirilmesine gerek duyulabilir.

Varyans oranı U^S ilgili değişkendeki değişkenliğin derecesini taklid ederek modelin gücünü gösterir. U^S büyükse, simule edilmiş dizilerde küçük dalgalanmalar gözükmesi vesilesiyle fiili dalgalanmaların bir incelenmesi yapılabilir. Bu durum ayrıca modelin yeniden gözden geçirilmesine yol açar.

Son terim U^C kovaryans oranı, sistematik olmayan hataların ne kadar olacağını bir ölçüsünü verir, yani hesaplama yapabilmek için ortalama değerler ve ortalama değişkenlerden sapmalardan sonra değişmeden aynen kalan hatayı göstermektedir. Çünkü fiili sonuçlar ile öngörüler arasında tam anlamıyla bir korelasyon beklendiğinden, bu oran anlamsız çıkabilir. Bundan başka $U > 0$ herhangi bir değeri için ideal eşitsizlik dağılımı $U^M = U^S = 0$ ve $U^C = 1$ olacaktır.

Çok denklemlili bir model ile *Ex ante* önrapor arasında bir ilişki kurularak uygulama için yararlı bir ölçü elde edilebilir. Örneğin tek denklem regresyon modeli için önrapor standart hatası ve uygun güven aralıkları hesaplanabilir. Ne yazık ki, çok denklemlili bir modelden önrapor için güven aralıklarını hesaplamanın basit bir yolu yoktur. Bu, modelin yapısının geri beslemesi (feedback) ile karmaşık bir tarzda önrapor hatasının hesaplanabileceğini ima eder. Bu nedenle, 'stokastik' veya 'Monte Carlo' çalışmaları vasıtasıyla, 'ex ante' önrapor için 'deneysel' olarak güven aralıkları hesaplanabilir. *Ex post* önrapor hatası önrapor uygulama kriteri olarak daha fazla kullanılmaktadır. Burada bir hatırlatma yapılsa, 'ex ante hatalar', *ex post* hatalar'dan muhtemelen daha büyük olabilir.

Model iyi bir yol takip etse bile, yani endojen değişkenlerin birçoğu veya tamamı için RMS simulasyon ve önrapor hataları küçükse; sözgelisi ekonomik teori ve ampirik gözlemler ile uygun olan saiklere (örneğin, endojen değişkenlerde, ya da politika parametrelerinde meydana gelen değişmeler) karşılık gelip gelmediği, dikkatlice araştırılmak istenebilir. Örneğin, bir makroekonometrik modelde, devlet harcamalarındaki 1 milyar \$'lık bir artışın simulasyonu, GSMH'da (zamanla) bir artışla sonuçlanacak ve en azından hem teorik beklentilere, hem de bu iki değişkenin yeni gözlemlerle ilişkisine benzeyecektir. Dolayısıyla modelin dinamik karakteri bir diğer değerlendirme kriteri olarak dikkate alınır²⁶.

Modelin uygulamasına ilave bir kriter, simulasyonun başladığı başlangıç döneminde, tahmin edilen katsayılardaki önemsiz değişimler ve ekzojen

26 Bu ve diğer değerlendirme kriterleri için bakınız Shapiro (1973), Klein (1971) ve Fair (1974).

değişkenlerin zaman yollarındaki küçük değişimleri gibi benzer faktörlere modelin aşırı bir duyarlılık göstermesi sayılabilir. Örneğin bir model 1955'den 1970'e kadarki verileri kullanarak tahmin edildiğinde, 1955'de 1960'da tarihsel simülasyonun başlamasıyla iyi bir uyum beklenebilir. Eğer model gerçekten gerçek hayatı yansıtıyorsa, simülasyonun hangi tarihte başlayacağı pek önemli değildir. Dolayısıyla başlangıç simülasyon döneminin değişmesi modelin duyarlılığı için bir test yapma imkanı sağlar. Ayrıca modelin katsayılarındaki pek küçük değişimler (hiç olmazsa katsayılar için tahmin edilen standart hatanın dörtte biri kadar) modelin simülasyon uygulamasına etkileri çok zor olacaktır. Diğer duyarlılık testi, bireysel katsayılardaki küçük değişimler düzeltildikten sonra ancak simüle edilir. Üçüncü bir duyarlılık testi simülasyon dönemi boyunca ekzojen değişkenler için zaman yollarının değiştirilmesine dairdir. Yine, ekzojen değişkenler için bu zaman yollarındaki küçük değişimler simülasyon uygulamasına şiddetli etkisi olmayacaktır.

Bir simülasyon modeli uygulanmasının değerlendirmesinde kullanılan geniş çapta değişik kriterlerin mevcut olduğu görülmektedir, ancak bu kriterlerin kullanılması esnasında ortaya bazı problemler çıkmaktadır²⁷. RMS simülasyon hatalarının tamamı oldukça küçük fakat modelin simülasyonunda ilk başlangıç tarihinde oldukça duyarlı ise bu konuda ne söylenebilir? Ex post RMS önrapor hataları tamamıyla küçük olsa bile yalnız model, dönüm noktalarının meydana çıktığı durumlarda başarılı olabilecek mi? Theil'in eşitsizlik katsayısı U pek küçük olsa bile, yalnız eğiklik bileşeni U^M 'in büyüklüğü ne kadar olacaktır? Ne yazık ki, böyle durumlarda, yapılması gereken şeyin ne olacağı hakkında bir teklif (öneri) yoktur. Model kurmak bir sanattır ve bu sanatın da bir kısmı farklı biçimdeki alternatif kriterlerin öğrenilmesiyle yakından ilişkilidir.

7. BİR SİMULASYON ÖRNEĞİ²⁸

Aşağıda tahmin edilerek verilen küçük doğrusal makroekonomik model ile ilgili bir simülasyon modelini incelemeye çalışalım:

$$\begin{aligned}
 (7.1) \quad C_t &= 2.537 + 0.185 Y_t + 0.714 C_{t-1} \\
 &\quad (1.90) \quad (5.95) \quad (13.8) \\
 &\quad R^2 = 0.999 \quad \text{st. ha} = 2.40 \quad \text{D. W.} = 2.08 \\
 (7.2) \quad I_t &= 5.020 + 0.392 (Y_t - Y_{t-1}) + 0.1634 Y_{t-1} - 3.856 R_{t-4} \\
 &\quad (2.69) \quad (4.25) \quad (23.80) \quad (-5.23) \\
 &\quad R^2 = 0.980 \quad \text{st. ha.} = 4.22 \quad \text{D. W.} = 0.62
 \end{aligned}$$

27 Bu konuda daha fazla bilgi için bakınız Zornrowitz, Boschan ve Moore (1972).

28 Bu örnek için bakınız Pindyck ve Rubinfeld (1981, 367-74).

$$(7.3) \quad R_t = 0.072 + 0.0024 Y_t + 0.011 (Y_t - Y_{t-1}) - 0.189 (M_t - M_{t-1}) \\
\begin{matrix} (-2.5) & (2.14) & (0.74) & (-2.30) \end{matrix} \\
+ 0.347 (R_{t-1} - R_{t-2}) \\
(6.24) \\
R^2 = 867 \quad \text{st. ha.} = 0.59 \quad \text{D. W.} = 0.92$$

$$(7.4) \quad Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Modelde C = bütüncül kişisel tüketim

I = Gayri safi yurtiçi yatırım

Y = GSMH (ithalat ve ihracat neti)

G = Devlet harcamaları

M = Para stoğu

R = Kısa dönem faiz oranıdır.

R_t yılda yüzde olarak ifade edilmektedir; C_t , Y_t , I_t ve G_t 'nin tümü 1958'e göre milyarlarla ölçülmektedir. Yukarıda verilen denklemler 1955'den 1971'in sonuna kadar çeyrek yıllık zaman dizisi verilerinden yararlanılarak tahmin edilmişlerdir. t istatistikleri (tahmin edilen parametrelerin altında parantezler içerisindeki değerler), R^2 , standart hata ve D.W. istatistikleri ayrı her bir denklem için gösterilmektedir. (7.4) ile verilen denklem bir özdeşliği açıklamaktadır. Denklemlerin tümü en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmişlerdir²⁹.

(7.1) nolu denklem, bütüncül tüketim için bir Koyck gecikme şeması ile bir çarpanı içermektedir³⁰. Yatırım denklemi hem bir çarpanı, hem de bir hız-

29 (7.1) ila (7.3) nolu denklemlerde gecikmeli bağımlı değişkenlerin ihtiva edildiğinin farkında olunmalıdır, denklemlerin D.W. istatistikleri 2'ye doğru eğilimli olmakta ve dolayısıyla serisel korrelasyonun olmadığını garantilemeyecektir.

30 Denklem (7.1)'de gecikmiş bağımlı değişkenin C_{t-1} 'in kullanılması geometrik olarak azalan tartılar ile Y_t 'nin gecikmeli bir dağılımına eşittir (özdeşdir).

$$C_t = a_0 + a_1 Y + a_1 \lambda Y_{t-1} + a_1 \lambda^2 Y_{t-2} + a_1 \lambda^3 Y_{t-3} + \dots$$

burada 1'den küçük fakat 0'dan büyük bir katsayıdır. Bu denklemin sağ ve sol tarafından şimdiki şu denklemi çıkarır isek

$$\lambda C_{t-1} = a_0 + a_1 \lambda Y_{t-1} + a_1 \lambda^2 Y_{t-2} + a_1 \lambda^3 Y_{t-3} + \dots$$

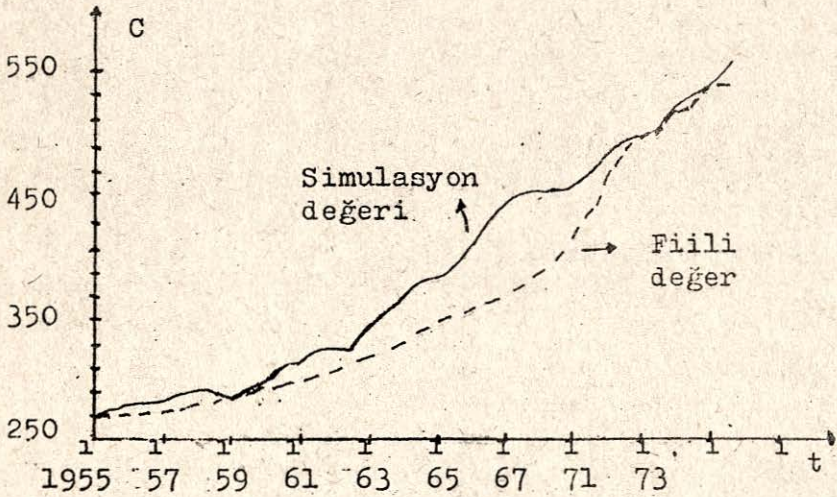
elde edilecek nihai denklem

$$C_t = a_0 (1 - \lambda) + a_1 Y_t + \lambda C_{t-1}$$

Denklem (7.1) gibi olur. Bu denklem geometrik olarak azalan bir Koyck dağılımı olarak adlandırılmaktadır.

landıranı içerir. Ayrıca yatırım, kısa nem faiz oranı R' 'ye, uzun-dönemli bir gecikme ile bağlıdır. Ayrıca faiz oranı için tahmin edilen bir denklem GSMH ile ve GSMH değiştiğinde pozitif olarak ilişkilidir; bunun yanında para stoğundaki değişimler ile negatif olarak ilişkilidir. En sonunda modele GSMH'nun ilave edilmesiyle (7.4) nolu özdeşlik ile tamamlanır. Bu modelde dört endojen değişken ve dört denklem ile iki ekzojen değişken -para stoğu ve devlet harcamaları- ihtiva edilmektedir.

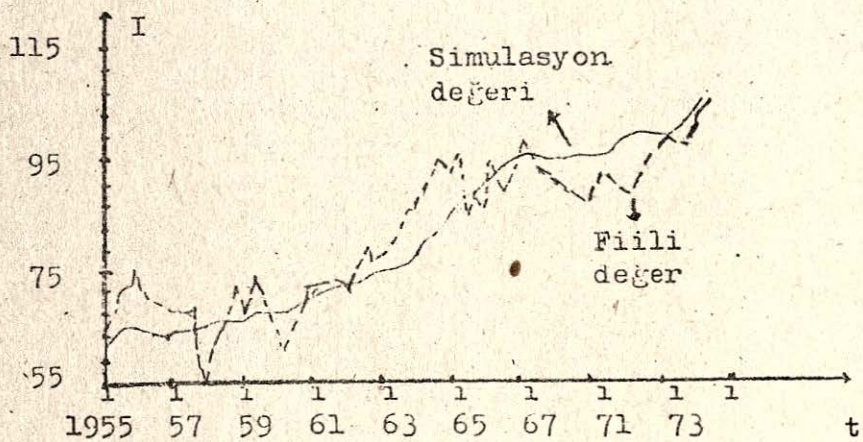
Model basitliğine rağmen sürpriz olarak simülasyonu iyi sonuçlar verebilir. Buna göre, 1951-1 ile 1971-4'e kadarki tahmin dönemi boyunca bir ex post (tarihsel) simülasyon incelenebilir. Bu simülasyon uygulandığında tarihsel diziler iki ekzojen değişken için -devlet harcamaları ve para arzı- kullanıldı. Çözüm davranışları aşağıdaki Şekil 6-9 ile verilen garfiklerle gösterilmekte ve her bir endojen değişken için fiili ve simule edilmiş diziler aynı eksenler üzerinde yerleştirilerek çizilmiştir.



Şekil: 6

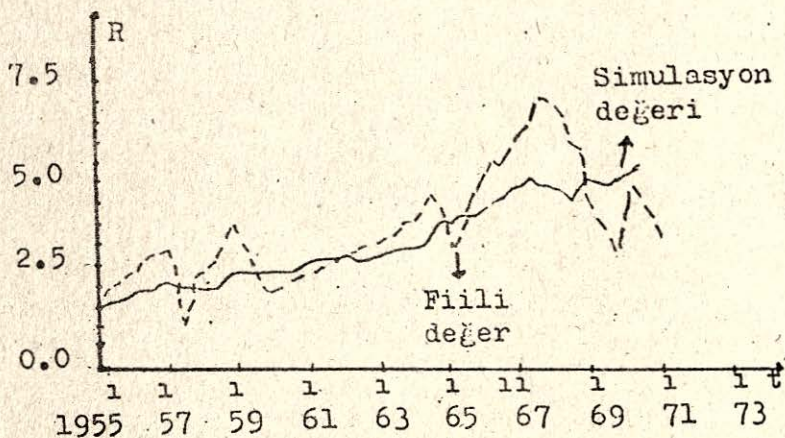
Tüketimin tarihsel simülasyonu. Zaman sınırları 1951-1 ile 1971-4

Bu tarihsel simülasyonun sonuçları, modelin değerlendirilmesinde yardımcı bir unsur gibi kullanılacaktır. Şekil 6 ile 9'a bakıldığında, fiili serilerdeki kısa dönem dalgalanmaları yeniden iyi bir şekilde elde edilmemesine rağmen simule edilmiş değerlerin gözlenmesi ile fiili dizilerin genel uzun dönem davranışı yeni baştan elde edildiği görülebilir ve bazı dönme noktaları tümüyle başarısızdır. Ayrıca her değişken için RMS ve ortalama simülasyon hataları incelenerek her değişkenin ortalama değeri ile aşağıdaki Tablo I de karşılaştırılmaktadır.



Şekil: 7

Yatırımın tarihsel simülasyonu. Zaman sınırları 1955-1 ila 1971-4

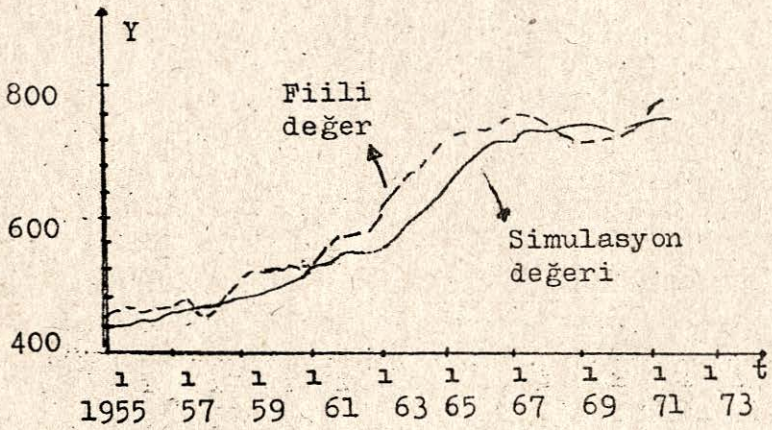


Şekil: 8

Faiz oranlarının tarihsel simülasyonu. Zaman sınırları 1955-1 ila 1971-4

Tablo: I
Tarihsel Simülasyon Sonuçları

	C	I	R	Y
Ortalama	369.8	87.3	3.72	574.0
RMS Hatası	15.3	7.04	0.776	24.0
RMS Yüzde Hata	% 3.97	% 8.26	% 26.2	% 4.12
Ortalama Hata	-11.3	-1.95	-0.284	-16.9
Ortalama Yüzde Hata	% -3.10	% -1.95	% -3.90	% -3.04

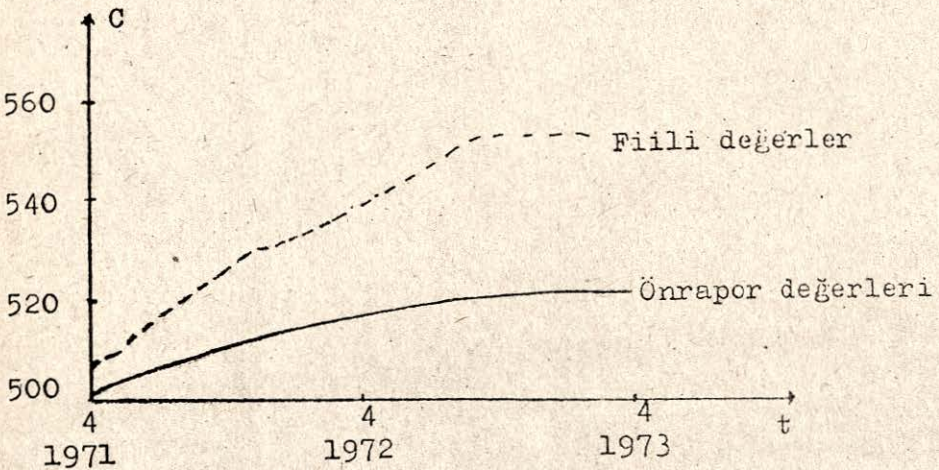


Şekil: 9

GSMH'nun tarihsel simülasyonu. Zaman sınırları 1955-1 ila 1971-4

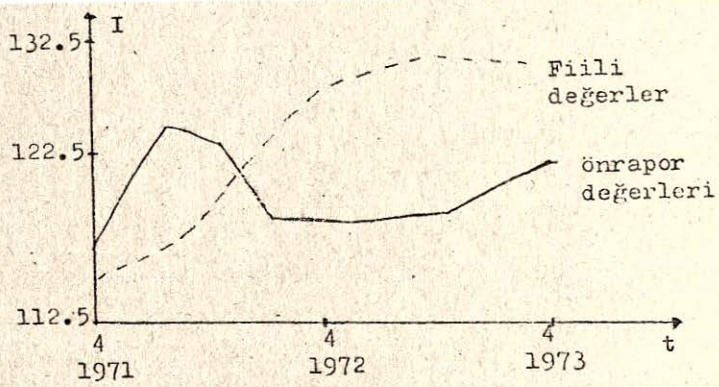
Modelin basit bir nitelikte olmasından ötürü karşılaşılan sonuçlar uygun görülebilir. Ayrıca modelin tahmininde en küçük kareler yöntemine başvurularak tahmin edildiği unutulmamalıdır. Aşağıdaki satırlarda bu modelin önraporlama amacıyla kullanımı izah edilecektir.

Modele, bir ex post önrapor ile başlayarak, tahmin dönemi sonunda (1971-4) ileriye doğru bir simülasyon başlatılır ve tarihsel veriler mevcut oldukça (bu durumda 1973-2) devam ettirilir. Bu simülasyonun sonuçları aşağıdaki Şekil: 10 - 13 ile gösterilmektedir. Sonuçlar ayrıca Tablo II'de de sayısal olarak gösterilmektedir.



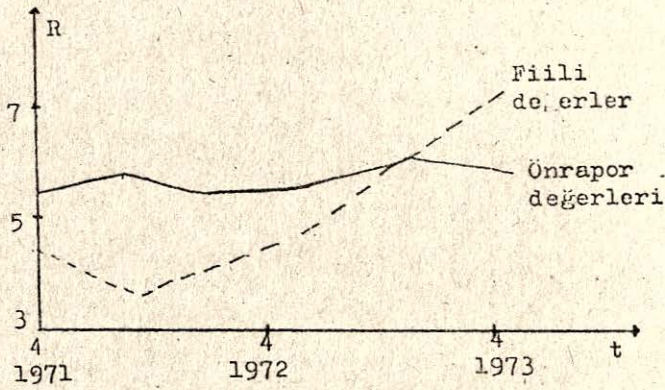
Şekil: 10

Tüketimin ex post önraporu. Zaman sınırları: 1971-4 ila 1973-2



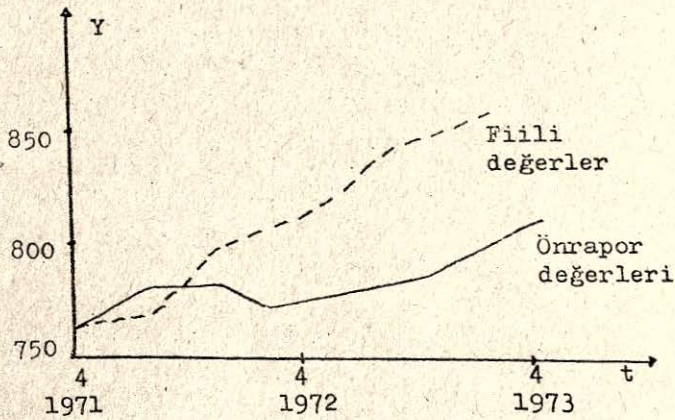
Şekil: 11

Yatırımın ex post önraporu. Zaman sınırları: 1971-4 ila 1973-2



Şekil: 12

Faiz oranının ex post önraporu. Zaman sınırları: 1971-4 ila 1973-2



Şekil: 13

GSMH'nin ex post önraporu. Zaman sınırları: 1971-4 ila 1973-2

Ex post önrapor için RMS hataları ve RMS yüzde hataları bu tarihsel simülasyonunkinden daha büyük bir kısmına ait olduğuna dikkat edilmelidir. Ex post önraporda, modelin katsayılarının tahmin edileceği dönem dışında model extrapole edileceğinden yukarıdaki bu sonuç şüpriz değildir. Örneğin Şekil 10'da, 1972'de ve 1973'ün ilk çeyreğinde fiilen vuku bulan tüketici harcamalarında iyiye doğru bir düzelme olurken, tüketim için önraporlanmış dizilerin öngörülerinde bir düşme olmaktadır. Böyle bir sonuç için fiili tüketim eğilimindeki bir artış, modelin sabit katsayıları ile hesaplanamayacaktır³¹.

Daha ileri bir adım da model ex ante önrapor için kullanılabilir. Bunun için 1973'ün ikinci çeyreğinde simülasyona başlanır ve 1975'in dördüncü çeyreğine kadar simülasyona devam edilir. Bu nedenle bu simülasyon uygulanmadan önce G_t ve M_t ekzojen değişkenlerle ilgili bazı önraporlar ya da varsayımlar yapılmalıdır. G_t ve M_t nin 1973'ün ikinci çeyreğindeki fiili değerlerinden yılda yüzde 4 kadarlık bir büyüme gösterdiği varsayılın (bu, değişkenlerin ortalama tarihsel büyüme oranlarına yakındır).

Tablo: II
Ex Post Önrapor Sonuçları

	Fiili	Önrapor	Hata	Yüzde Hata
Tüketim C				
1971 - 4	504.1	500.81	- 3.28	- 0.651
1972 - 1	512.5	505.28	- 7.21	- 1.408
1972 - 2	523.4	509.27	- 14.17	- 2.697
1972 - 3	531.0	511.71	- 19.28	- 3.632
1972 - 4	540.5	514.21	- 26.28	- 4.863
1973 - 1	552.7	516.66	- 36.03	- 6.520
1973 - 2	553.3	519.40	- 33.89	- 6.126
Ortalama	531.1	511.1	- 20.02	- 3.7
RMS	531.4	511.1	23.22	4.25
Yatırım I				
1971 - 4	114.8	116.54	1.74	1.516
1972 - 1	116.5	125.44	8.94	7.674
1972 - 2	121.0	123.63	2.63	2.176

31 Faiz oranı ve gayri safi yatırım için önraporlar oldukça büyük hatalar içermektedir. Dört denklemlilik bir model ile herhangi bir şekilde makroekonomik davranışın öngörülmesi açıklanamaz. Şu an için yalnızca bir simülasyon uygulamasının sonuçlarının nasıllanализ edildiği hakkında bir fikir sahibi olmak için ele alınmıştır.

Tablo II'nin Devamı

	Fiili	Önrapor	Hata	Yüzde Hata
1972 - 3	124.8	119.24	- 5.55	- 4.448
1972 - 4	129.1	118.97	-10.12	- 7.844
1973 - 1	130.2	118.92	- 11.27	- 8.657
1973 - 2	130.2	120.72	- 9.47	- 7.278
Ortalama	123.8	120.5	- 3.30	- 2.41
RMS	123.9	120.5	7.93	6.27

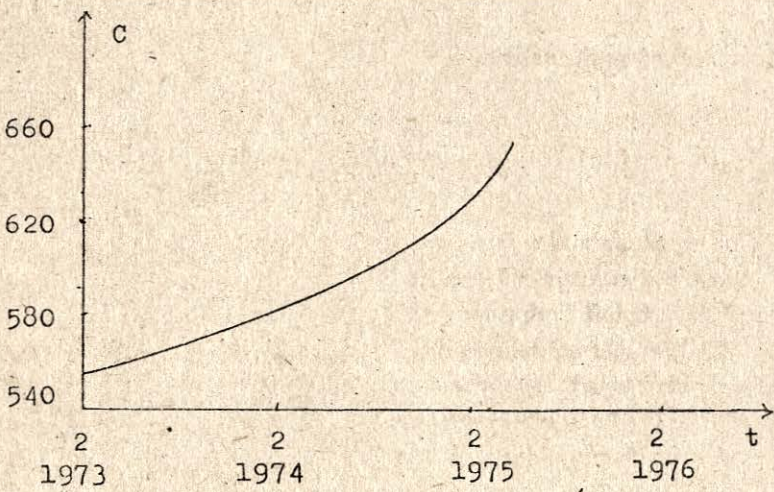
Faiz Oranı R

1971 - 4	4.23	5.44	1.21	28.66
1972 - 1	3.43	5.60	2.16	63.11
1972 - 2	3.77	5.45	1.68	44.62
1972 - 3	4.22	5.43	1.21	28.68
1972 - 4	4.86	5.49	0.63	13.00
1973 - 1	5.7	5.75	0.05	1.03
1973 - 2	6.60	5.67	- 0.92	- 14.04
Ortalama	4.69	5.55	0.86	23.58
RMS	4.80	5.55	1.26	33.78

GSMH Y

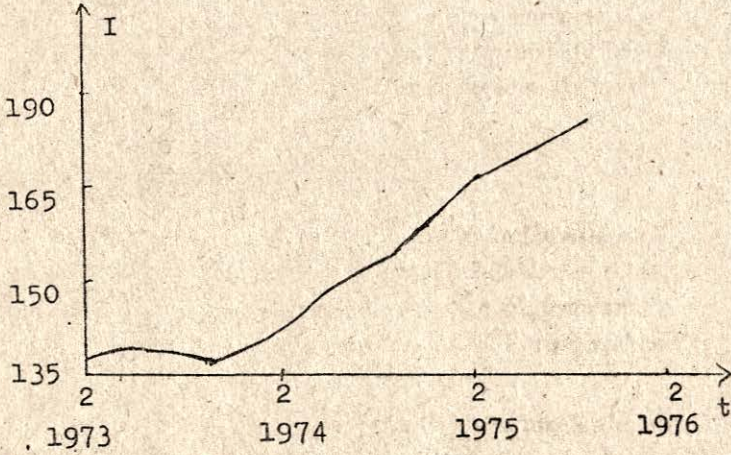
1971 - 4	759.0	758.9	- 0.04	- 0.00
1972 - 1	768.0	773.4	5.42	0.07
1972 - 2	785.6	776.9	- 8.68	- 1.10
1972 - 3	796.7	772.7	- 23.94	- 3.00
1972 - 4	812.3	776.6	- 35.69	- 4.38
1973 - 1	829.3	779.9	- 49.30	- 5.94
1973 - 2	834.3	785.3	- 48.97	- 5.87
Ortalama	797.9	774.9	- 23.02	- 2.80
RMS	798.3	774.9	31.11	3.78

Bu ex ante önrapor sonuçları aşağıdaki Şekil 14 ve Şekil 15 de tüketim ve yatırım için verilmektedir. Ex ante önrapor fiili değerler ile uyumsuzsa bile, makul düzeyde o konuya dair bazı hükümler ileri sürülebilir. GSMH için önrapor 1974'ün ikinci çeyreğinden sonra yüzde 10 dolaylarında oldukça yüksek bir büyüme oranını öngörür. Bu dönem zarfında önraporlanmış yatırımdaki hızlı büyüme (önraporlanmış yatırım oranlarının çabuk düşmesine karşılık) bu sonucun bir parçası olabilir fakat herhangi bir durumda böyle önraporlar her zaman şüphe uyandırır.



Şekil: 14

Tüketimin *ex ante* önraporu. Zaman sınırları: 1973-2 ila 1975-4



Şekil: 15

Yatırımın *ex ante* önraporu. Zaman sınırları: 1973-2 ila 1975-4

8. EK: ÇÖZÜM DİZİSİ DAVRANIŞLARI*

Bir dizide terimler bazı kurallara göre formel bir şekilde ard arda gelmektedir, ya da başka bir ifadeyle bir dizi bağımsız değişkenlerin pozitif tam sayıları için tanımlanan bir fonksiyondur. Dolayısıyla herhangi bir fark denklemi-

* Çözüm dizisi davranışları hakkında daha fazla bilgi için bakınız Boumol (1970), Chaing (1967) ve Gondolfo (1971).

nin çözümünü aslında bir dizi oluşturur. Bağımsız değişken t (zaman) olduğunda bir dizi bazen bağımlı değişkenin 'zaman yolu' (zamana karşı grafiği) gibi gösterilebilir. Örneğin doğrusal birinci mertebeden fark denklemi için y_0 'ın tayininde belirlenen çözüm dizisi y_0, y_1, y_2, \dots olur. Her bir terim fark denkleminde göre çözümlenir:

$$Y_{x+1} = A y_x + B \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

elde edilir, ya da eşdeğer çözüm;

$$y_x = A^x y_0 + B \frac{1 - A^x}{1 - A} \quad A \neq 1, \quad x = 0, 1, 2, \dots \text{ için}$$

$$y_x = y_0 + B x \quad A = 1, \quad x = 0, 1, 2, \dots \text{ için}$$

olur. A ve B verildiği zaman, y_0 'ın tayini bir reel sayılar çözüm dizisi gibi tanımlanmaktadır. Fark denkleminin çözüm dizisinin davranışı birçok alanda uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu davranış da y_0 'ın değerlerine bağlıdır. Aşağıda verilen tablo ve grafikler bu davranışın genel tiplerini oluşturur.

Örnek: $y_{x+1} = A y_x + B \quad x = 0, 1, 2, \dots$ ise

bu denklemin çözümü

$$y_x = A^x (y_0 - y^*) + y^* \quad \text{şayet } A \neq 1 \text{ ve } x = 0, 1, 2, \dots$$

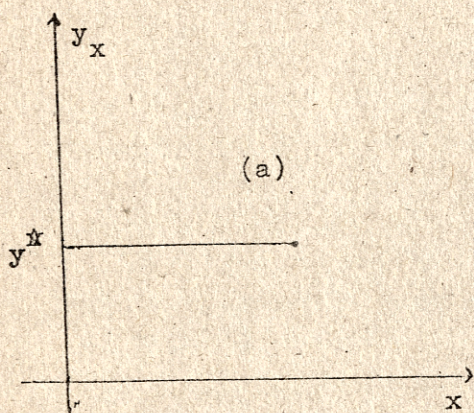
$$y_x = y_0 + B x \quad \text{şayet } A = 1 \text{ ve } x = 0, 1, 2, \dots \text{ ise}$$

burada $y^* = B/(1 - A)$ dir ve $-1 < A < 1$ ise çözüm belli bir noktada (y^* 'da) yakınsaktır, diğer durumlarda ise ($y_x = y_0$ olmadığı durumlarda) iraksaktır.

$y_{x+1} = A y_x + B$ İçin Çözüm Dizisi Davranışı

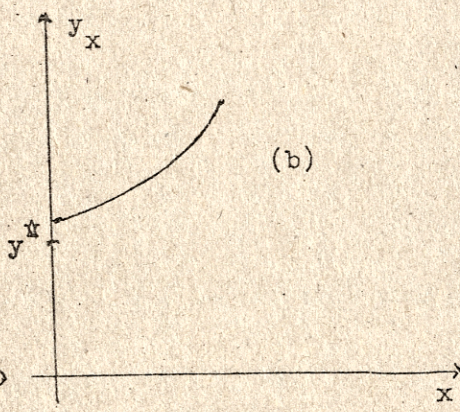
Durum	A	B	y_0	y_x	Çözüm Dizisinin Davranışı
a	$A \neq 1$		$y_0 = y^*$	$y_x = y^*$	Sabit: $y_x = y^*$
b	$A > 1$		$y_0 > y^*$	$y_x > y^*$	$+\infty$ 'a iraksak (monoton artan)
c	$A > 1$		$y_0 < y^*$	$y_x < y^*$	$-\infty$ 'a iraksak (monoton azalan)
d	$0 < A < 1$		$y_0 > y^*$	$y_x > y^*$	y^* 'a yakınsak (monoton azalan)

e	$0 < A < 1$	$y_0 < y^*$	$y_x < y^*$	y^* 'a yakınsak (monoton artan)
f	$-1 < A < 0$	$y_0 \neq y^*$		y^* 'a yakınsak (sönen titreşim)
g	$A = -1$	$y_0 \neq y^*$		İraksak (sönen titreşim)
h	$A < -1$	$y_0 \neq y^*$		İraksak (yayılan titreşim)
i	$A = 0$ $B = 0$		$y_x = y_0$	Sabit: $y_x = y_0$
j	$A = 1$ $B > 0$		$y_x > y_0$	$+\infty$ 'a ıraksak (monoton artan)
k	$A = 1$ $B < 0$		$y_x < y_0$	$-\infty$ 'a ıraksak (monoton azalan)



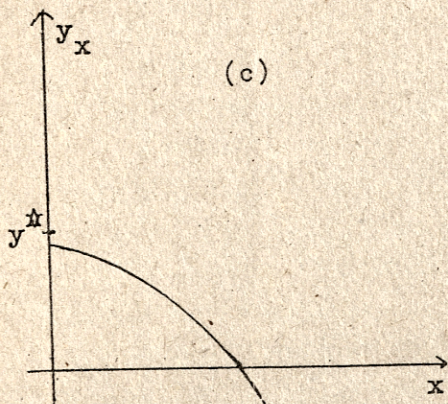
(a)

- Sabit -



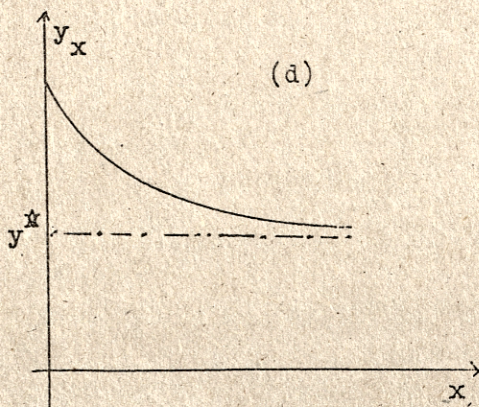
(b)

- Monoton artan -



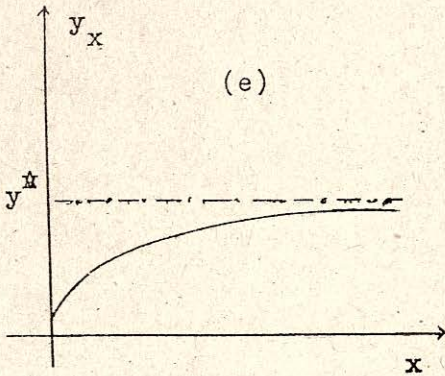
(c)

- Monoton azalan -

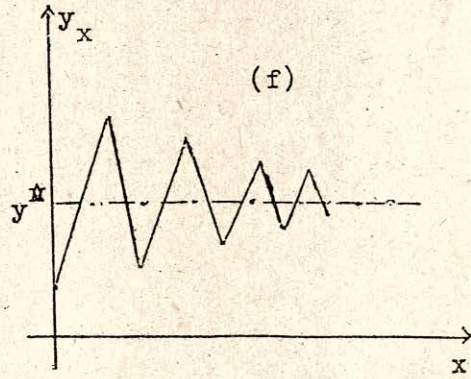


(d)

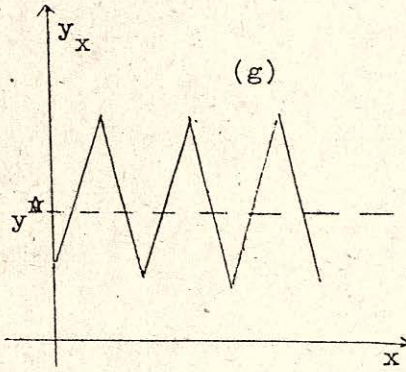
- Monoton azalan -



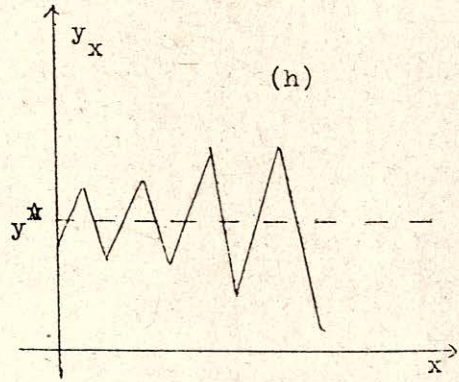
- Monoton artan -



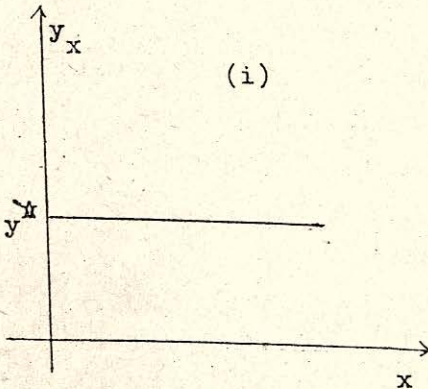
- Sönen titreşim -



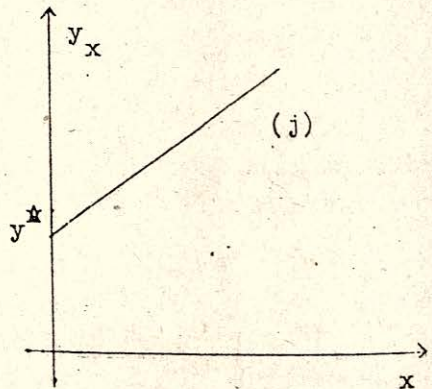
- Sonsuz titreşim -



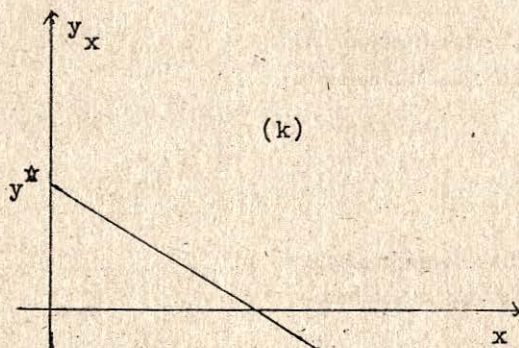
- Yayılan titreşim -



- Sabit -



- Monoton artan -



– Monoton azalan –

KAYNAKLAR

- Bailey, N.T.J.;** *The Elements of Stochastic Processes*, New York: John Wiley and Sons, 1964.
- Baumol, W.J.;** *Economic Dynamics*, New York: MacMillan Publ. Co., 1970.
- Brunner, R.D. ve G.D. Brewer;** *Organized Complexity*, New York: Free Press, 1971.
- Chaing, A.C.;** *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, New York: McGraw Hill Comp., 1967.
- Clark, C.E.;** "Importance Sampling in Monte Carlo Analysis", *Operations Research*, IX, ss. 603-620, 1961.
- Davis, B.E., G.J. Cacappolo ve M.A. Chaudry;** "An Econometric Planning Model for American Telephone and Telegraph Company", *Bell Journal of Economics; and Management Science*, 4(1), 1973.
- Dutta, M.;** *Econometric Methods*, Cincinnati: South-Western Publ. Comp., 1975.
- Elliot, J.W.;** *Econometric Analysis for Management Recision*, Homewood Ill.: Irwing, 1973.
- Fair, R.;** "A Comparison of Alternative Estimators of Macroeconomic Models", *International Economic Review*, 14(2), June 1973.
- Fisher, A.R.;** *The Design of Experiments*, London: Oliver and Boyd, 1951.
- Fromm, G. ve P. Taubman;** *Policy Simulations with an Econometric Model*, Amsterdam: North-Holland Company, 1968.
- Gondolfo, G.;** *Economic Dynamics: Methods and Models*, Amsterdam: North-Holland Publishing Comp., 1971.
- Granger, C.W.J. ve M. Hatanaka;** *Spectral Analysis of Economic Time Series*, Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1964.

- Greenberger, M., M.A. Crenson ve B.L. Crissey; *Models in the Policy Process*, New York: Russel Sage Foundation, 1976.
- İşyar, Y.; *Ekonometrik Modeller I-II*, Bursa: (Basılmamış ders notları - teksir), 1989.
- Kılıçbay, A.; *Ekonometrinin Temelleri*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1980.
- Klein, L.R.; *An Essay on the Theory of Economic Prediction*, Chicago: Markham, 1971.
- MacAvoy, P.W. ve R.S. Pindyck; "Alternative Regulatory Policies for Dealing with the Natural Gas Shortage", *Bell Journal of Economics and Management Science*, Autumn, 1973.
- MacAvoy, P.W. ve R.S. Pindyck; *The Economics of the Natural Gas Shortage*, Amsterdam: North-Holland, 1975.
- Naylor, T.H.; *The Design of Computer Simulation Experiments*, Edit., Durham: Duke University Press, 1969.
- ; *Computer Simulation Experiments with Models of Economic Systems*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1971.
- ; *Corporate Planning Models*, London: Addison-Wesley Publishing Comp., 1979.
- Naylor, T.H., J.L. Balintfy, D.S. Burdick ve K. Chu; *Computer Simulation Techniques*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1968.
- Pindyck, R.S. ve D.L. Rubinfeld; *Econometric Models and Economic Forecasts*, Second Edition, London: McGraw-Hill International Book Comp., 1981.
- Sevüktekin, M.; *Ekonometrik Modeller İle Önraporlama*, Bursa: U.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), 1984.
- Shapiro, H.T.; "Is Verification Possible? The Evaluation of Large Econometric Models", *American Journal of Agricultural Economics*, May 55, 1973.
- Theil, H.; *Economic Forecasts and Policy*, Amsterdam: North-Holland Publishing Comp., 1961.
- ; *Applied Economic Forecasting*, Amsterdam: North-Holland Publishing Comp., 1966.
- Zarnowitz, V., C. Boschan ve G.H. Moore; "Business Cycle Analysis of Econometric Model Simulation", Edit. B. Hickman, *Econometric Models of Cyclical Behavior*, New York: National Bureau of Economic Research, 1972.