

Zaman Serisleri Analizi - Temel Konular

Zaman Serileri Analizi

Dr. Ömer Kara¹

¹İktisat Bölümü
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

12 Mart 2021

Taslak

1 Motivasyon

2 Veri Çeşitleri ve Özellikleri

- Yatay-Kesit Verisi
- Zaman Serileri Verisi
- Havuzlanmış Yatay-Kesit Verisi
- Panel Veri

3 Zaman Serileri Verisi

- Zaman Serileri Verisinin Özellikleri
- Stokastik Süreç

4 Zaman Serisi Modelleri: Örnekler

- Statik Modeller
- FDL Modelleri

Motivasyon

Bu bölümde sırasıyla aşağıdaki konular incelenecektir.

- Veri çeşitlerinin gözden geçirilmesi
- Zaman serisi verilerinin özellikleri
- Yaygın olarak kullanılan zaman serileri modellerinden örnekler
- Zaman serilerinin kullanıldığı doğrusal regresyon modellerinde klasik varsayımlar (ÇDR.1-ÇDR.8) altında Sıradan En Küçük Kareler (SEKK) parametre tahmincilerinin sonlu örneklem özellikleri
- Zaman serisi modellerinde tahmin ve çıkarsama (hipotez testleri)
- Zaman serilerinde trend ve mevsimsellik (seasonality)

Veri Çeşitleri ve Özellikleri

- Zaman serileri verisinin özelliklerini detaylı olarak incelemeden önce diğer veri çeşitlerini hatırlamamız faydalı olacaktır.
- Ekonometrik analizlerde temel olarak kullanılan 4 çeşit veri türü vardır.
 - Yatay-kesit verisi (Cross-sectional data)
 - Zaman Serileri verisi (Time series data)
 - Havuzlanmış yatay-kesit verisi (Pooled cross-section data)
 - Panel veri (Panel Data)

Yatay-Kesit Verisi

- Yatay-kesit verisi değişken(ler)e ait verilen zamanın belirli bir kesitinde farklı birimlerden oluşan veri türüdür.
- Şekil 1'deki veri tablosu bireylerin özelliklerini gösteren yatay-kesit verisine bir örnektir.

TABLE 1.1 A Cross-Sectional Data Set on Wages and Other Individual Characteristics					
obsno	wage	educ	exper	female	married
1	3.10	11	2	1	0
2	3.24	12	22	1	1
3	3.00	11	2	0	0
4	6.00	8	44	0	1
5	5.30	12	7	0	1
.
.
.
525	11.56	16	5	0	1
526	3.50	14	5	1	0

Şekil 1: Yatay-Kesit Verisi Örneği 1

Kaynak: Wooldridge (2016)

Yatay-Kesit Verisi

- Şekil 2'deki veri tablosu ülkelerin ekonomik büyüme oranlarını ve ülke özelliklerini gösteren yatay-kesit verisine bir başka örnektir.

TABLE 1.2 A Data Set on Economic Growth Rates and Country Characteristics				
obsno	country	gpcrgdp	govcons60	second60
1	Argentina	0.89	9	32
2	Austria	3.32	16	50
3	Belgium	2.56	13	69
4	Bolivia	1.24	18	12
.
.
.
61	Zimbabwe	2.30	17	6

Şekil 2: Yatay-Kesit Verisi Örneği 2

Kaynak: Wooldridge (2016)

Zaman Serileri Verisi

- Zaman Serileri verisi değişken(ler)e ait verilen aynı birimin farklı zamanlarından oluşan veri türüdür.
- Şekil 3'deki veri tablosu Porto Riko'daki minimum maaş, işsizlik ve benzer istatistikleri gösteren zaman serileri verisine bir örnektir.

TABLE 1.3 Minimum Wage, Unemployment, and Related Data for Puerto Rico					
obsno	year	avgmin	avgcov	prunemp	prgnp
1	1950	0.20	20.1	15.4	878.7
2	1951	0.21	20.7	16.0	925.0
3	1952	0.23	22.6	14.8	1015.9
.
.
.
37	1986	3.35	58.1	18.9	4281.6
38	1987	3.35	58.2	16.8	4496.7

Şekil 3: Zaman Serileri Verisi Örneği 1

Kaynak: Wooldridge (2016)

Havuzlanmış Yatay-Kesit

- Havuzlanmış yatay-kesit verisi değişken(ler)e ait verilen farklı zamanlarındaki yatay-kesit verilerinin birleştirilmesiyle oluşan veri türüdür.
- Şekil 4'deki veri tablosu iki farklı yıldaki havuzlanmış (bir araya getirilmiş) ev fiyatlarını gösteren havuzlanmış yatay-kesit verisine bir örnektir.

TABLE 1.4 Pooled Cross Sections: Two Years of Housing Prices						
obsno	year	hprice	proptax	sqft	bdrms	bthrms
1	1993	85,500	42	1600	3	2.0
2	1993	67,300	36	1440	3	2.5
3	1993	134,000	38	2000	4	2.5
.
.
.
250	1993	243,600	41	2600	4	3.0
251	1995	65,000	16	1250	2	1.0
252	1995	182,400	20	2200	4	2.0
253	1995	97,500	15	1540	3	2.0
.
.
.
520	1995	57,200	16	1100	2	1.5

Şekil 4: Havuzlanmış Yatay-Kesit Verisi Örneği

Kaynak: Wooldridge (2016)

Panel Veri

- Panel veri değişken(ler)e ait verilen farklı birimlerin farklı zamanlarından oluşan veri türüdür.
- Şekil 5'deki veri tablosu iki farklı yıldaki suç istatistiklerini gösteren panel veriye bir örnektir.

TABLE 1.5 A Two-Year Panel Data Set on City Crime Statistics						
obsno	city	year	murders	population	unem	police
1	1	1986	5	350,000	8.7	440
2	1	1990	8	359,200	7.2	471
3	2	1986	2	64,300	5.4	75
4	2	1990	1	65,100	5.5	75
.
.
.
297	149	1986	10	260,700	9.6	286
298	149	1990	6	245,000	9.8	334
299	150	1986	25	543,000	4.3	520
300	150	1990	32	546,200	5.2	493

Şekil 5: Panel Veri Örneği

Kaynak: Wooldridge (2016)

Zaman Serileri Verisinin Özellikleri

- Zaman serilerinde veriler, yatay-kesit verisinden farklı olarak belli bir zaman sıralaması izlemektedir.
- Şekil 6'deki veri tablosu ABD'deki enflasyon ve işsizlik oranlarını gösteren zaman serileri verisine bir başka örnektir.

TABLE 10.1 Partial Listing of Data on U.S. Inflation and Unemployment Rates, 1948–2003		
Year	Inflation	Unemployment
1948	8.1	3.8
1949	–1.2	5.9
1950	1.3	5.3
1951	7.9	3.3
.	.	.
.	.	.
.	.	.
1998	1.6	4.5
1999	2.2	4.2
2000	3.4	4.0
2001	2.8	4.7
2002	1.6	5.8
2003	2.3	6.0

Şekil 6: Zaman Serileri Verisi Örneği 2

Kaynak: Wooldridge (2016)

Zaman Serileri Verisinin Özellikleri

- Zaman serileri analizinde geçmiş değerler gelecekteki değerleri etkilemektedir fakat bunun tersi geçerli değildir.
 - Yani Şekil 7'deki zaman serileri verisinde 2000 yılındaki enflasyon verisi ilerleyen yıllardaki enflasyon verilerini etkilerken geçmiş yıllardaki enflasyon verilerini etkileyemez.

TABLE 10.1 Partial Listing of Data on U.S. Inflation and Unemployment Rates, 1948–2003		
Year	Inflation	Unemployment
1948	8.1	3.8
1949	−1.2	5.9
1950	1.3	5.3
1951	7.9	3.3
.	.	.
.	.	.
.	.	.
1998	1.6	4.5
1999	2.2	4.2
2000	3.4	4.0
2001	2.8	4.7
2002	1.6	5.8
2003	2.3	6.0

Şekil 7: Zaman Serileri Verisi Örneği 2 (Tekrar)

Kaynak: Wooldridge (2016)

Zaman Serileri Verisinin Özellikleri

- Yatay-kesit verisinde örneklem ilgili anakütleden rassal örnekleme yoluyla elde ediliyordu.
- Farklı örneklemeler farklı gerçekleştirmeler üreteceğinden, bu örneklemeler yardımıyla ulaşılan SEKK parametre tahmin değerleri de farklılık sergileyebiliyordu.
- Bu yüzden SEKK parametre tahmincilerini rassal değişken olarak değerlendirebiliyorduk.
- Peki zaman serilerindeki rassallığı nasıl yorumlamamız gerekir?
- Zaman serisi değişkenlerinin (enflasyon, işsizlik, gayri safi yurtiçi hasıla, vs) bir sonraki dönemde hangi değerleri alacaklarını öngöremediğimiz için bu değişkenleri rassal değişken olarak düşünebiliriz.

Stokastik Süreç

Stokastik Süreç / Zaman Serisi Süreci

Zaman (t) endeksi taşıyan rassal değişkenlerin oluşturduğu diziye/seriye **stokastik süreç** (stochastic process) ya da **zaman serisi süreci** (time series process) denir.

- Stokastik sözcüğü rassal ile aynı anlamda kullanılmaktadır.
- Mevcut bir zaman serisi, stokastik sürecin olası bir gerçekleşmesi olarak görülebilir.
- Zamanda geriye gidip başka bir gerçekleşme elde edemeyeceğimiz için zaman serileri tek bir gerçekleşmenin sonuçlarıdır.
- Unutulmamalıdır ki ilgilendiğimiz zaman serisi farklı tarihsel koşullar altında farklı olacaktır.
- Bu nedenle, bir zaman serisi sürecinin bütün olası gerçekleştirmelerinin oluşturacağı küme, zaman serisi analizinde, yatay-kesit verisindeki anakütlenin rolünü üstlenecektir.

Zaman Serisi Modelleri: Örnekler

- Bu bölümde zaman serileri analizi uygulamalarında yararlı olan ve SEKK Yöntemi ile kolayca tahmin edilebilen iki farklı zaman serisi modelini inceleyeceğiz.
 - Statik Modeller
 - Sonlu Dağıtılmış Gecikme Modelleri (Finite Distributed Lag Models) - FDL Modelleri

Statik Model

Statik Model

y ve z eşanlı (contemporaneously) zaman endeksi taşıyan iki zaman serisi olsun. y 'yi z ile ilişkilendiren statik bir model aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

- Statik model, değişkenlerin birinci farkları arasında da formüle edilebilir.

$$\Delta y_t = \beta_1 \Delta z_t + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

- Buradaki statik kelimesi y ve z arasında eşanlı (yani aynı zamanlı) bir ilişki modellediğimizden dolayı kullanılmaktadır.
- Statik modeller genellikle z 'de t zamanında oluşan bir değişikliğin y üzerindeki etkisi hemen (yani t zamanında) gözleniyorsa kullanılır.

$$\Delta y_t = \beta_1 \Delta z_t, \quad \Delta u_t = 0 \quad \text{iken}$$

Statik Phillips Eğrisi Modeli (Basit Doğrusal Regresyon)

- Statik Phillips eğrisini statik zaman serisi modeline bir örnek olarak kullanabiliriz.

Statik Phillips Eğrisi Modeli

$$\inf_t = \beta_0 + \beta_1 unem_t + u_t$$

\inf : enflasyon oranı; $unem$: işsizlik oranı

- Bu formadaki bir Phillips Eğrisi modeli **doğal işsizlik oranı** (natural rate of unemployment) ve **beklenen enflasyonun** (expected inflation) sabit olduğunu varsayar.
- Bu model aracılığıyla \inf_t ve $unem_t$ değişkenleri arasındaki **eşanlı ödünümü** (contemporaneous tradeoff) inceleyebiliriz.

Statik Cinayet Modeli (Çoklu Doğrusal Regresyon)

- Statik bir regresyon modelinde çok sayıda bağımsız değişken bulunabilir.
- Aşağıdaki model yıllara göre bir şehirdeki cinayet oranını etkileyen faktörleri statik olarak açıklamaya çalışıyor.

Statik Cinayet Modeli

$$mrdрте_t = \beta_0 + \beta_1 convрте_t + \beta_2 unem_t + \beta_3 yngmle_t + u_t$$

mrdрте: şehirdeki 10000 kişi başına cinayet oranı; *convрте*: cinayetten hüküm giyme oranı; *unem*: işsizlik oranı; *yngmle*: 18-25 yaşları arasındaki erkeklerin oranı

- Yukarıdaki statik modeli kullanarak cinayetten hüküm giyme oranı *convрте*'nin cinayet oranı *mrdрте* üzerindeki ceteris paribus (yalın) etkisini tahmin edebiliriz.

Sonlu Dağıtılmış Gecikme Modeli (FDL Modeli)

1. Dereceden FDL Modeli

y_t 'yi z_t ve z_t 'nin birinci gecikmesi (z_{t-1}) ile ilişkilendiren 1. dereceden FDL modeli aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

2. Dereceden FDL Modeli

y_t 'yi z_t ve z_t 'nin birinci ve ikinci gecikmeleri (z_{t-1} ve z_{t-2}) ile ilişkilendiren 2. dereceden FDL modeli aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + \delta_2 z_{t-2} + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

- FDL modellerinde, bağımlı değişken y_t 'yi eşanlı ve gecikmeli olarak etkileyen bir çok farklı bağımsız değişken olabilir.

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + \delta_2 z_{t-2} + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + u_t$$

Vergi Muafiyetinin Doğurganlığa Etkisi

2. Dereceden FDL Modeli: Vergi Muafiyeti

$$gfr_t = \alpha_0 + \delta_0 pe_t + \delta_1 pe_{t-1} + \delta_2 pe_{t-2} + u_t$$

gfr : doğurganlık oranı (doğurganlık yaşındaki 1000 kadına düşen bebek sayısı); pe : çocuk sahibi olmayı özendirmek için getirilen vergi muafiyeti

- Vergi muafiyetinin doğurganlığa etkisini ele alan yukarıdaki model 2. sıradan FDL modeline örnektir.

Etki Çarpanı

2. Dereceden FDL Modeli

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + \delta_2 z_{t-2} + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

- Yukarıda verilen 2. dereceden FDL modelindeki parametreleri yorumlayabilmek için, varsayalım ki t zamanından önceki tüm dönemlerde z sabit ve c 'ye eşit. Fakat t zamanında bir birim artarak $c + 1$ oluyor ve $t + 1$ zamanında tekrar eski değerine dönüyor. Yani z 'de geçici bir artış var.

$$\dots, z_{t-2} = c, z_{t-1} = c, z_t = c + 1, z_{t+1} = c, z_{t+2} = c, \dots$$

- Bu değişimin y 'de yaratacağı ceteris paribus (yalın) etkiye, **etki çarpanı** ya da **etki çoğaltanı** (impact multiplier) denir

Etki Çarpanının Hesaplanması

2. Dereceden FDL Modeli

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 z_t + \delta_1 z_{t-1} + \delta_2 z_{t-2} + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

- 2. dereceden FDL modelinde etki çarpanının hesaplanması.
- z 'nin y üzerindeki ceteris paribus (yalın) etkisine odaklanabilmek için her zaman periodunda hata terimi u_t 'nin sıfır olduğunu varsayalım.

$$y_{t-1} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t - 1)$$

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0 (c + 1) + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t)$$

$$y_{t+1} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 (c + 1) + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t + 1)$$

$$y_{t+2} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2 (c + 1) \quad (\text{zaman: } t + 2)$$

$$y_{t+3} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t + 3)$$

Etki Çarpanının Hesaplanması

$$y_{t-1} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t - 1)$$

$$y_t = \alpha_0 + \delta_0(c + 1) + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t)$$

$$y_{t+1} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1(c + 1) + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t + 1)$$

$$y_{t+2} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2(c + 1) \quad (\text{zaman: } t + 2)$$

$$y_{t+3} = \alpha_0 + \delta_0 c + \delta_1 c + \delta_2 c \quad (\text{zaman: } t + 3)$$

- İlk iki denklemden $y_t - y_{t-1} = \delta_0$ olduğu rahatlıkla görülebilir.
- δ_0 , t döneminde (cari) z 'deki bir birim artışın y üzerindeki ani etkisini gösterir.
- δ_0 , etki çarpanı olarak adlandırılır.
- Benzer şekilde y 'deki değişime, geçici değişmenin olduğu t döneminden bir dönem sonra $y_{t+1} - y_{t-1} = \delta_1$ 'e, iki dönem sonra ise $y_{t+2} - y_{t-1} = \delta_2$ 'ye eşit olacaktır.
- $t + 3$ döneminde y eski değerine geri dönecektir. Yani, $y_{t+3} = y_{t-1}$
- Bunun nedeni şu an incelenen modelin sadece iki dönem gecikme barındıran 2. dereceden FDL modeli olmasıdır.

Kaynaklar

Gujarati, D.N. (2009). *Basic Econometrics*. Tata McGraw-Hill Education.

Güriş, S. (2005). *Ekonometri: Temel Kavramlar*. Der Yayınevi.

Stock, J.H. ve M.W. Watson (2015). *Introduction to Econometrics*.

Wooldridge, J.M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Nelson Education.