

**“ZAMAN SERİSİ ANALİZİ**

3 tip veri seti bulunmaktadır

Zaman serisi verileri: Pek çok zaman vardır (günlük haftalık aylık çeyreklik yıllık 5 yıllık gibi)

zaman	Kredi Harcamaları(yt)	Bir Dönem önceki harcama(yt-1)
01-01-2020	1700	Na
01-02-2020	1800	1700
01-03-2020	500	1800
01-04-2020	1100	500

Yatay kesit verileri: zamandan bir nokta alınmıştır

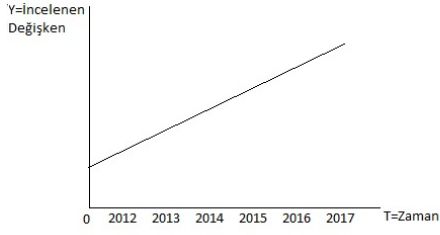
zaman	Harcamalar(y)	Gelir(x)
01-01-2020	2200	3100
01-01-2020	1800	2900
01-01-2020	3000	3000
01-01-2020	2500	6000

Panel veriler: zaman ile yatay birleşmiştir

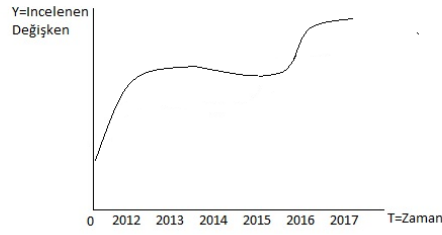
zaman	kişiler	Maaş (yt)	Bir önceki yıldaki maaş(yt-1)
01-01-2018	Ahmet	3200	Na
01-01-2019	Ahmet	3500	3200
01-01-2020	Ahmet	4500	3500
01-01-2018	Gamze	4000	Na
01-01-2019	Gamze	5000	4000
01-01-2020	Gamze	6000	5000
01-01-2018	Erkan	10000	Na
01-01-2019	Erkan	10500	10000
01-01-2020	Erkan	11000	10500

İktisadi zaman serilerini etkileyen dört bileşen bulunmaktadır. Bunlar;

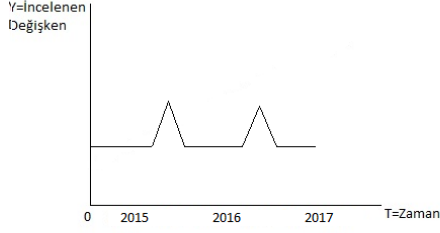
- Trend (Eğilim) Dalgalanmaları
- Konjonktürel (Devrevi) Dalgalanmalar
- Mevsimsel Dalgalanmalar
- Düzensiz (Tesadüfi - Arızı - Rassal) Dalgalanmalar
- **Trend (Eğilim) Dalgalanmaları:** Genellikle tüm zaman serilerinde gözlenmekte olup serilerinin uzun dönem seyrini ifade etmektedir. Uzun dönemin belirli bir sınırı yoktur ve seri kararlı bir alçalma ya da kararlı bir yükselme şeklinde eğilim göstermektedir. Bu eğilimlerin belirlenmesinde nüfus artışları, teknolojik gelişmeler ve artan enerji arzı gibi faktörler etkindir.
- **Konjonktürel (Devrevi) Dalgalanmalar:** Mevsimsel dalgalanmalara benzeyen ancak daha çok 5 ila 15 yıl veya daha uzun süreli dönemlerde meydana gelen trend eğrisi etrafındaki döngüsel hareketleri göstermektedir. Alçalma ya da yükselme yönünde eğilim gösterebilirler ve büyüklükleri farklı olabilir. Tipik olarak dört evreden meydana gelmektedir. Bunlar; tepe durum (refah), iniş (daralma), dip durum (bunalım) ve yükseliş (canlanma) şeklindedir. İktisadi faaliyetlerin genelinde görülmektedir.
- **Mevsimsel Dalgalanmalar:** Mevsim etkisine göre değişmeyi ifade etmektedir. Genellikle aylık ve üç aylık serilerde kendini göstermektedir (dondurma ve meşrubat gibi gıda ürünlerinin tüketiminin yaz aylarında tavan yapması, diğer aylarda ise normal seviyede seyretmesi gibi). Bir yıl içerisinde başlayıp biten ve her yıl tekrar eden, büyüklükleri fazla değişkenlik sergilemeyen periyodik hareketler olup konjonktürel dalgalanmaların özel bir halidir.
- **Düzensiz (Tesadüfi - Arızı - Rassal) Dalgalanmalar:** Geçici faktörlere dayanan veya rassal nedenler sonucu ortaya çıkan kısa süreli dalgalanmalardır ve tanımlanabilir belirli bir örüntüleri yoktur (savaş, grev, deprem gibi). Bundan dolayı ne zaman, nerede, ne büyüklükte seyredecekleri önceden bilinmeyen stokastik sürece tabidirler (Serper, 2010: 610-615).



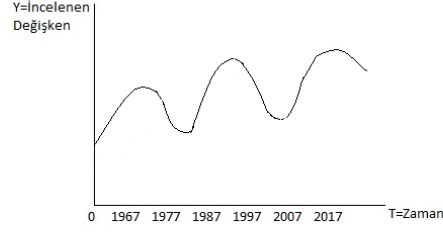
Doğrusal Trend



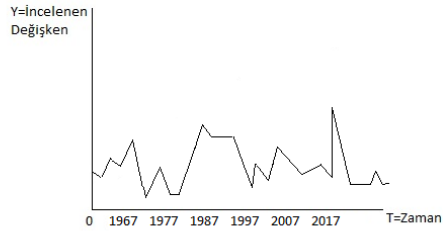
Doğrusal Olmayan Trend



Mevsimsel Dalgalanma

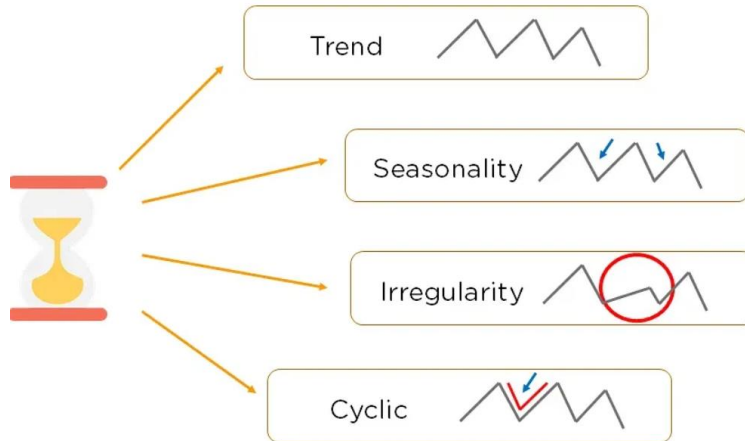


Konjonktürel Dalgalanma

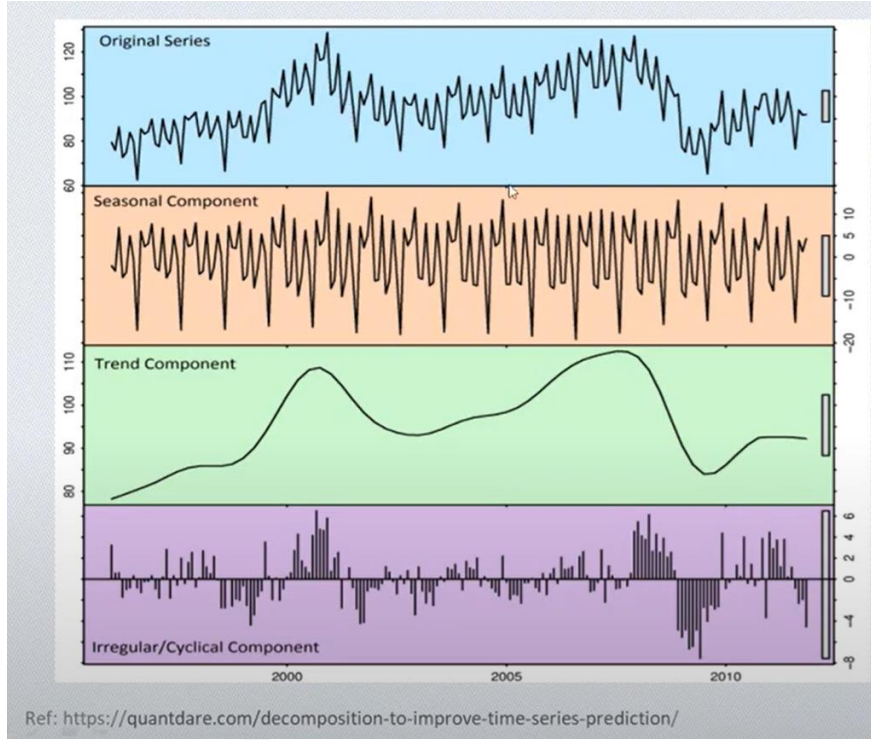


Düzensiz Dalgalanma

26

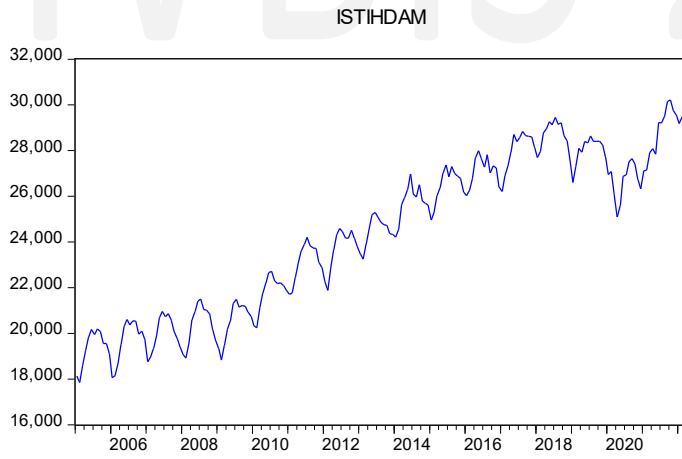


[Image Source](#)

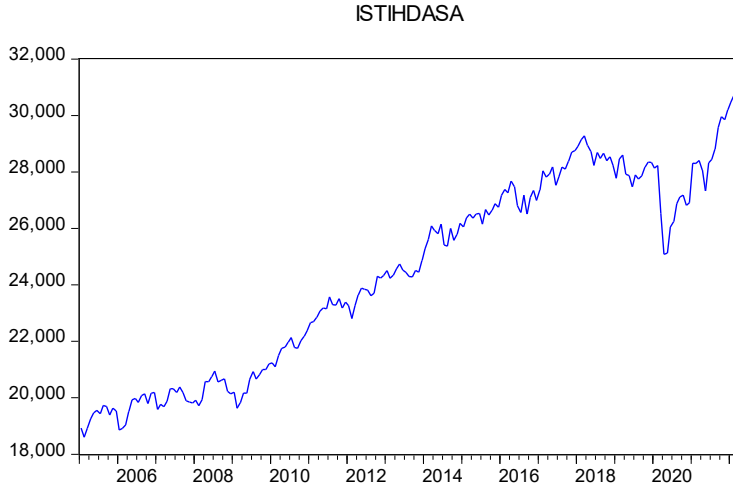


## Mevsimsellik

Aylık veya çeyreklik veriler varsa arındırma işlemi yapılmalıdır.



Testere dişi görüntüsü var mevsimsellik var



Mevsimsellikten arındırılmış hali

### BİRİM KÖK TESTLERİ (DURAĞANLIK)

Zaman serilerinin ekonometrik modellerle tahmin edilebilmesi ve anlamlı sonuçların sağlanabilmesi için analize tabi olan serilerin durağan olması gerekmektedir. Böyle serilerle ileriye yönelik tahminlemeler yapılabilirken durağan olmayan serilerle yapılan tahminlemelerde yalnızca o döneme ait veriler değerlendirilmekte ve geleceğe yönelik çıkarımlar yapılamamaktadır. Bununla birlikte serilerin durağan olup olmaması regresyonun gerçek bir ilişkiyi mi yoksa sahte bir ilişkiyi mi gösterdiğini de temsil etmektedir. Durağanlık şartlarını sağlayan bir seri istatistiksel olarak anlamlı, iktisadi olarak önemli sonuçlar vermekteyken; şartları sağlamayan bir seri, uyumun iyiliği olan  $R^2$  değerinin, Durbin Watson-d test istatistiğinden yüksek çıkmasına neden olarak sahte regresyona sebep olabilmektedir (Ertek, 2000:392). Bundan dolayı araştırmaya konu olan serilerin durağan olup olmadığının incelenmesi, durağan değilse de durağanlaştırma yapıp yapılamayacağının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için literatürde pek çok yöntem mevcuttur. Özellikle son dönemlerde yapısal kırılmaların da dikkate alındığı yeni sınamalar geliştirilmiştir. Serilerin durağanlaştırılabilmesi için değişik mertebeden farklarının alınması gerekmektedir.

Durağanlık; zaman serilerinin, ortalamasının, varyansının ve iki dönem arasındaki kovaryansının zamana bağlı olarak değişmeyip, sabit kaldığı anlamına gelmektedir.

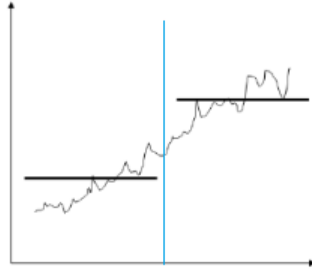
Gujarati ve Porter'a (2012:740) göre "*ortalaması ve varyansı zaman içerisinde değişmeyen ve iki dönem arasındaki ortak varyansı bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa ya da açıklığa yahut gecikmeye bağlı olan olasılıklı bir süreç için durağandır*" denir ve Y rassal bir değişken olmak üzere;

Ortalama (sabit):  $E(Y_t) = \mu$

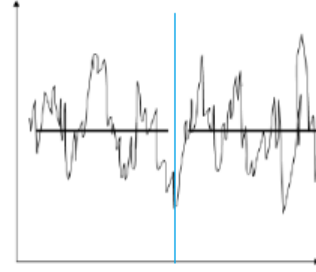
Varyans (sabit):  $Var(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$

Ortak Varyans (gecikme mesafesine bağlı, sabit):  $\gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$

k: tüm t dönemleri için gecikme mesafesi ve  $k \neq 0$  şeklinde gösterilir.

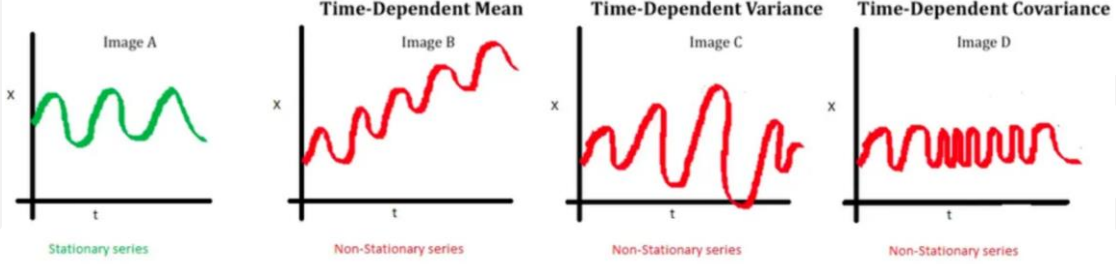


Durağan Olmayan Seri



Durağan Seri

### The Principles of Stationarity



Durağanlık testleri ile serinin cari (t) dönemindeki değerinin bir önceki (t-1) dönemindeki değerinden ne kadar etkilendiği analiz edilmektedir. Bu durum bir AR(1) sürecini ifade eden  $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$  şeklinde ifade edilmektedir.

1-  $|\rho| = 1$  olduğunda seride birim kök vardır yani seri durağan değildir. Geçmiş dönemdeki şoklar aynen bir sonraki döneme aktarılmaktadır böylece şoklar kalıcı hale gelmektedir. Ancak ekonomide şoklar geçicidir dolayısıyla böyle durağan olmayan serilerle yapılacak analizlerde sahte regresyon sorunu ortaya çıkmaktadır.

2-  $|\rho| < 1$  olduğunda ise seri durağandır. Şokların etkisi azalarak sonraki dönemlere geçmektedir.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Not:** Zaman serilerinde “şok”, genellikle rastgele hata terimi şeklinde modele giren ve serinin seyrini etkileyen dışsal bir olaydır. Serinin bu şoka nasıl tepki verdiği, durağan olup olmadığını belirlememize yardımcı olur. Örnek Vaka: Petrol Fiyatları ve COVID-19 Şoku  
Konu: Petrol fiyatları genellikle ekonomik, politik ve doğal olaylara duyarlıdır. Şok: 2020 yılının Mart ayında COVID-19 pandemisi nedeniyle dünya genelinde talep ciddi şekilde düştü ve petrol fiyatları bir anda çöktü. Bu ani ve dışsal bir şoktur. Eğer petrol fiyatları durağan değilse, bu şokun etkisi kalıcı olur. Durağan olsaydı, bu düşüşten sonra zamanla fiyatlar tekrar ortalama seviyesine dönmeye başlardı.

Bu durumda hipotezler

$H_0 : \rho = 1$  seri birim köklü/durağan değil

$H_1 : \rho < 1$  seri durağan

şeklindedir

$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$  denkleminin her iki yanından  $Y_{t-1}$  çıkarılır

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = (\rho - 1) Y_{t-1} + u_t$$

$$\rho = 1 \text{ ise } \Delta Y_t = (1 - 1) Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = 0 Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = u_t$$

$\Delta Y_t$  nin  $\Delta Y_{t-1}$  ile ilişkisi kalmayıp  $u_t$  gibi bir stokastik değişkene bağlı hale gelerek durağan olmuştur.

Serilerdeki gecikme verilerin dönem kaydırılması işlemine dayanmaktadır.

$Y_t$  bir zaman serisi değişkeni ise

bir dönem gecikmeli zaman serisi  $Y_{t-1}$  ile,

iki dönem gecikmeli  $Y_{t-2}$  ve

k dönem gecikmeli  $Y_{t-k}$  ile gösterilir.

k en fazla n-2 olabilir. Örneğin 50 veriden oluşan bir seri en fazla 48 veriye kadar geciktirilebilir. Aksi halde sadece bir veriyle çalışmak durumunda kalınır ki bu bir sabit olur.

Serilerin gecikmeli değerleri ile orijinal seri aynı özellikleri taşımaktadır. (trend, mevsimsellik gibi).

Durağan olmayan serileri durağanlaştırmak için fark alma işlemi yapılır. (Göçer, 2016: 246)

Durağanlığın sağlanması için fark alma işlemi peş peşe gelen verilerden son değerden bir önceki değer çıkarılması ile yapılır.

Her fark alma işleminde baştan bir gözlem değeri kaybolmaktadır.

Fark alma işlemi ile trend ve mevsimsel dalgalanmalar yok edilebilmektedir.

Fark operatörü  $\Delta$  dır.

Uygulamada, genelde ikinci farklara kadar işlem sürdürülmektedir

I: Integrated=entegre olma, bütünleşme, tümleşme

Düzey değerinde durağan olan seriler I(0) ile gösterilir.

1. dereceden farkı alındığında durağan olan seriler I(1) ile gösterilir.
2. dereceden farkı alındığında durağan olan seriler I(2) ile gösterilir.
- d. dereceden farkı alındığında durağan olan seriler I(d) ile gösterilir.

Her dereceden fark, önceki farkların bir farkı alınarak bulunur ve ortaya çıkan katsayılar **binom katsayıları (Pascal üçgeni)** ile uyumludur.

### Derece Fark Denklemi

1.  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$
2.  $\Delta^2 Y_t = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$
3.  $\Delta^3 Y_t = Y_t - 3Y_{t-1} + 3Y_{t-2} - Y_{t-3}$

$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  (birinci dereceden fark)

$Y_t$	$Y_{t-1}$	$Y_t - Y_{t-1}$	$\Delta Y_t$
12			
18	12	18-12	6
13	18	13-18	-5
10	13	10-13	-3
19	10	19-10	9
15	19	15-19	-4

$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1} = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$  (ikinci dereceden fark)

$\Delta Y_t$	$\Delta Y_{t-1}$	$\Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$	$\Delta^2 Y_t$
6			
-5	6	-5-6	-11
-3	-5	-2-(-5)	2
9	-3	9-(-3)	12
-4	9	-4-9	-13

Mevsimsel seriler için fark işlemi uygulamak için serinin son değerinden bir önceki mevsimin aynı periyodundaki veri çıkartılarak yapılmaktadır.

Aylık ise  $\Delta_{12}Y_t = Y_t - Y_{t-12}$  (birinci dereceden fark)

3 er aylık ise  $\Delta_4 Y_t = Y_t - Y_{t-4}$  (birinci dereceden fark)

$$\Delta_4^2 Y_t = \Delta_4(\Delta_4 Y_t) = \Delta_4 Y_t - \Delta_4 Y_{t-4}$$

$$\Delta_4^2 Y_t = (Y_t - Y_{t-4}) - (Y_{t-4} - Y_{t-8})$$

$$\Delta_4^2 Y_t = Y_t - 2Y_{t-4} + Y_{t-8}$$

t	$Y_t$	$Y_{t-4}$	$Y_t - Y_{t-4}$	$\Delta_4 Y_t$	$\Delta_4 Y_{t-4}$	$\Delta_4 Y_t - \Delta_4 Y_{t-4}$	$\Delta_4^2 Y_t$
2018:I	94,7						
2018:II	94,4						
2018:III	102,9						
2018:IV	108						
2019:I	97,4	94,7	97,4 - 94,7	2,7			
2019:II	97,1	94,4	97,1 - 94,4	2,7			
2019:III	110,6	102,9	110,6 - 102,9	7,7			
2019:IV	110,2	108		2,2			
2020:I	102,7	97,4		5,3	2,7	5,3 - 2,7	2,6
2020:II	106,2	97,1		9,1	2,7	9,1 - 2,7	6,4
2020:III	102,7	110,6		-7,9	7,7	-7,9 - 7,7	-15,6
2020:IV	104	110,2		-6,2	2,2	2,2	-8,4
2021:I	94,2	102,7		-8,5	5,3	5,3	-13,8
2021:II	93	106,2		-13,2	9,1	9,1	-22,3
2021:III	97,4	102,7		-5,3	-7,9	-7,9	2,6
2021:IV	101,5	104		-2,5	-6,2	-6,2	3,7

## Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi

1979 yılında ortaya atılan Dickey ve Fuller testinin genişletilmiş halidir. Hata terimlerinin birinci dereceden otoregresif süreç dışında farklı dereceden otoregresif sürece tabi olabileceği durumlar için (yani hata teriminin otokorelasyonlu olduğu durumlar için) geliştirilmiştir.  $\Delta Y_t$  nin gecikmeli değerleri modele açıklayıcı değişken olarak eklenir böylece sorun ortadan kaldırılır.

Testin modeli

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{Sabitsiz}$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{Sabitli}$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{Sabitli ve trendli}$$

şeklindedir.

m, optimum gecikme uzunluğu<sup>2</sup> olup AIC veya SIC kriterlerinden en küçük olan değere göre belirlenir. Eviews bunu belirleyerek birim kök tablosunun üst kısmında vermektedir. Burada ADF test istatistiği  $\delta$ 'nın t istatistiğidir. Hipotezleri test etmek için MacKinnon (1996) makalesinde yer alan kritik değerler kullanılmaktadır.

Testin hipotezleri;

$$H_0 : \delta = 0 \quad (\rho = 1 \text{ seri birim köklüdür - durağanlık sağlanmamaktadır})$$

$$H_1 : \delta < 0 \quad (\rho < 1 \text{ seri birim köklü değildir - durağanlık sağlanmaktadır})$$

şeklindedir.

Testin karar mekanizması ise

$$|\text{hesaplanan test istatistiği}| < |\text{kritik değer}| \text{ ise } H_0 \text{ reddedilemez, seri birim köklüdür}$$

$$|\text{hesaplanan test istatistiği}| > |\text{kritik değer}| \text{ ise } H_1 \text{ reddedilemez, seri durağandır}$$

şeklinde ifade edilmektedir.



<sup>2</sup> Max gecikme aylık verilerde 13, çeyreklik verilerde 5, yıllık verilerde 2 olarak alınır. Veri sayısı yeterli ya da çoksa Akaike, veri azsa Schwarz bilgi kriteri tercih edilir.

### Phillips-Perron (PP) Testi

Phillips-Perron (1988) testi ise ADF testine göre hata terimleri açısından daha esnektir ve hata terimlerinin otokorelasyonlu olacağı varsayımı altında işlemektedir. Bu varsayım ADF testine kıyasla PP testinin daha güçlü uygulanmasını sağlamaktadır. MA (moving average) hareketli ortalama süreci kullanılmaktadır. Non-parametrik bir sürece tabidir. Newey-West hata düzeltme mekanizmasını kullanarak otokorelasyonu ortadan kaldırmaktadır. T gözlem sayısı olmak üzere sınavanın kullandığı test modeli  $y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha}y_{t-1} + \hat{u}_t$ ,

$y_t = \hat{\mu} + \hat{\beta}\left(t - \frac{1}{2}T\right)\hat{\alpha}y_{t-1} + \hat{u}_t$  şeklinde ifade edilmektedir (Phillips-Perron, 1988:338).

Hipotezleri test etmek için MacKinnon (1996) makalesinde yer alan kritik değerler kullanılmaktadır.

Testin hipotezleri;

$H_0 : \hat{\alpha} = 0$  (seri birim köklüdür - durağanlık sağlanmamaktadır)

$H_1 : \hat{\alpha} < 0$  (seri birim köklü değildir – durağanlık sağlanmaktadır)

şeklindedir.

Testin karar mekanizması ise

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| < |kritik\ değer|$  ise  $H_0$  reddedilemez, seri birim köklüdür

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| > |kritik\ değer|$  ise  $H_1$  reddedilemez, seri durağandır

şeklinde ifade edilmektedir.

### Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) Birim Kök Testi

KPSS (1992) sınaması Kwiatkowski vd. (1992) geliştirmiştir, ADF ve PP sınamalarına göre ters hipoteze sahiptir. Bu yönüyle bu testlerin bir sağlaması gibi düşünülmektedir. Sınama Kwiatkowski vd. (1992) çalışmasındaki kritik değerleri dikkate almaktadır.

Sınamanın dayandığı denklemler

$$y_t = \xi t + r_t + \varepsilon_t \quad \xi = \text{eğim katsayısı}$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad r_t = \text{rassal terim}$$

şeklindedir (Kwiatkowski vd.,1992: 162-163).

Hata teriminin varyansı sıfıra eşit olursa  $r_t$  dolayısıyla da  $y_t$  durağan olmaktadır. Sınamaya ait kritik değerler ilgili makalede olup Lagrange çarpanı ile elde edilmektedir.

Testin hipotezleri;

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0 \text{ seri durağandır (birim kök içermemektedir)}$$

$$H_1 : \sigma_u^2 > 0 \text{ seri durağan değildir (birim kök içermektedir)}$$

şeklinde, karar mekanizması ise

*hesaplanan test istatistiği < kritik değer ise  $H_0$  reddedilemez, seri durağandır*

*hesaplanan test istatistiği > kritik değer ise  $H_1$  reddedilemez, seri birim köklüdür*

şeklindedir.

## EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİ

Zaman serileriyle ekonometrik analizlerin yapılabilmesi için serilerin durağanlık şartını sağlıyor olması gerekmektedir. Bu şart, serilerin zaman etkisinden arındırılarak, gerçek etkilerinin görülebilmesi bakımından önem arz etmektedir. Durağanlık şartını sağlamayan serilerle çalışıldığında, serilerin örneklem büyüklüğü yeterli olsa bile, sahte regresyon denilen düzmece bir ilişkiye sebep olabilmektedir. Sahte regresyon durumunda alışıldık t ve F test istatistikleri, istatistiksel olarak anlamlı olmadıkları halde anlamlıymış gibi görünebilmektedir. Bundan dolayı seriler durağan değilse, durağanlaştırılıp durağanlaştırılmayacağını belirlenmesi, buna bağlı olarak da ilişki olmadığı halde ilişki varmış gibi gösterecek olan sahte durumun önüne geçilmesi gerekmektedir. Şayet seriler durağan ise uzun dönemde ortalamadan sapma eğilimi göstermeyeceklerinden ek işlem yapılmaya gerek görülmemektedir. Seriler durağan değilse, durağan hale gelmesi için farkları alındığında sadece serinin geçmiş dönemde maruz kaldığı şokların etkisi yok olmakla kalmayıp serinin karakteristik özellikleri de bozulabilmektedir. Dolayısıyla seriler arasındaki gerçek uzun dönemli ilişkiyi ortaya çıkarmak güçleşmektedir (Göçer, 2016: 279)

Literatüre 1980’li yıllarda Nobel ödüllü iki iktisatçı (Clive Granger ve Robert Engle) tarafından kazandırılmış olan eşbütünleşme kavramı, iktisat teorisine dayanarak, zaman serileri analizinde kullanılan değişkenlerin seviyeleri arasındaki uzun dönem denge ilişkisini ifade etmektedir. Tek başlarına durağanlık göstermeyen serilerin belirli bir bütünleşme düzeyinde doğrusal bileşimlerinin durağan bir yapı sergilemesine eşbütünleşme denilmektedir (Yıldız Bozkurt, 2013:115). Böyle seriler trendden arındırılmış bir ilişkiyi gösterdiğinden anlamlı bir yapı sergilemektedir. Bu, aslında hata terimlerinin durağan olduğu anlamına gelmektedir.

Zaman serilerinde, eşbütünleşme ilişkisi bulunmayan seriler arasında nedensellik ilişkisinin olması şart değildir. Ancak seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi varsa bu seriler arasında en az bir yönlü nedenselliğin bulunması gerekmektedir (Granger, 1988).

Eşbütünleşmenin tespiti için seviyesinde durağan olmayan serilerin aynı miktarda fark alınarak (aynı mertebeden) durağan hale getirilmiş olması gerekmektedir. Böylece tahminden elde edilen hata terimi durağan olup sonuçlar güvenilirdir. Uygulamada pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanı, yapısal kırılmaya izin vermeyen, Engle-Granger eşbütünleşme testi ile Johansen ve Juselius eşbütünleşme testidir. 2001 yılından itibaren ciddi bir şekilde varlığını gösteren ve serilerin ayrı ayrı aynı mertebeden durağan olmasını gerektirmeyen Sınır Testi Yaklaşımı (ARDL) da bu sınamalardan biridir. Bunun yanı sıra, birim

kök testlerindeki gibi, yapısal kırılmalara izin veren tek kırılmalı Gregory-Hansen testi, iki kırılmalı Hatemi-J testi, Maki testi ve Fourier gibi güçlü eşbütünleşme testleri de vardır.

### Engle-Granger Eşbütünleşme Testi (1987)

Bu sınıma eşbütünleşme için geliştiren ilk testtir. Seriler doğrusal olmasalar bile bu serilerin durağan bir doğrusal kombinasyonlarının olabileceğini öne sürmüşlerdir. Aynı mertebeden fark alındığında durağan olan seriler için (sahte regresyon barındırmayacağından dolayı) kullanılmaktadır. Eşbütünleşme olması durumunda bu seriler birbirlerine bağımlı bir şekilde hareket etmektedirler.

1. Serilerin aynı mertebeden durağan olup olmadığı tespit edilir.
2. Model düzey değerinde tahmin edilip hata terimleri elde edilir
3. Hata terimlerine ADF uygulanır. Sonuçlar Engle-Granger (1987: 269) da yer alan kritik değerlerle kıyaslanır.

Testin hipotezleri;

$H_0$ : seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur

$H_1$ : seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır

şeklinde, karar mekanizması ise

1. Koşul	$ ADF_{hesaplanan}  >$	$\begin{cases} 3.77 \%1 \\ 3.17 \%5 \\ 2.84 \%10 \end{cases}$	ise $H_0$ red $H_1$ kabul eşbüt var
2. Koşul	$CRDW_{hesaplanan} >$	$\begin{cases} 0.511 \%1 \\ 0.386 \%5 \\ 0.322 \%10 \end{cases}$	ise $H_0$ red $H_1$ kabul eşbüt var

şeklindedir.

İki koşulda sağlanırsa eşbütünleşme ilişkisi vardır. Burada önemli olan 1. Koşulun sağlanmasıdır. 2. Koşul (cointegration regression DW) hata terimine yapılan birim kök testine ait DW istatistiği) da sağlanırsa testin güvenilirliği artar.

veya p olasılık değerine bakılarak karar verilir.

prob < 0.05 ise  $H_0$  red  $H_1$  kabul eşbüt vardır

prob > 0.05 ise  $H_1$  red  $H_0$  kabul eşbüt yoktur

## CO-INTEGRATION AND ERROR CORRECTION

269

TABLE II  
CRITICAL VALUES AND POWER

I MODEL: $\Delta y_t, \Delta x_t$ independent standard normal, 100 observations, 10,000 replications, $\rho = 4$ .				
Statistic	Critical Values Name	Critical Values		
		1%	5%	10%
1	CRDW	.511	.386	.322
2	DF	4.07	3.37	3.03
3	ADF	3.77	3.17	2.84
4	RVAR	18.3	13.6	11.0
5	ARVAR	15.8	11.8	9.7
6	UVAR	23.4	18.6	16.0
7	AUVAR	22.6	17.9	15.5

II MODEL: $y_t + 2x_t = u_t, \Delta u_t = (\rho - 1)u_{t-1} + \epsilon_t, x_t + y_t = v_t, \Delta v_t = \eta_t; \rho = .8, .9, 100$ observations, 1000 replications, $p = 4$ .				
Statistic	Rejections per 100: $\rho = .9$ Name	Rejections per 100: $\rho = .9$		
		1%	5%	10%
1	CRDW	4.8	19.9	33.6
2	DF	2.2	15.4	29.0
3	ADF	1.5	11.0	22.7
4	RVAR	2.3	11.4	25.3
5	ARVAR	1.0	9.2	17.9
6	UVAR	4.3	13.3	26.1
7	AUVAR	1.6	8.3	16.3

Statistic	Rejections per 100: $\rho = .8$ Name	Rejections per 100: $\rho = .8$		
		1%	5%	10%
1	CRDW	34.0	66.4	82.1
2	DF	20.5	59.2	76.1
3	ADF	7.8	30.9	51.6
4	RVAR	15.8	46.2	67.4
5	ARVAR	4.6	22.4	39.0
6	UVAR	19.0	45.9	63.7
7	AUVAR	4.8	18.3	33.4

Burada uzun dönem ve kısa dönem katsayılarının hesaplanması gerekmektedir

- Uzun dönem analizi (Eşbütünleşme için uzun dönem, değişkenler arasındaki kalıcı ve dengeye dayalı ilişki) demek eşbütünleşme katsayılarının tahmin edilmesi anlamına gelmekte olup eşbütünleşme tespit edildiği için artık serilerin düzey değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

Önce bağımlı sonra bağımsız değişken seçilerek open as equation ekk

Uzun dönem için model lnyturist c lnxharc şeklinde yazılarak ekk yapılır. Katsayılar yorumlanır

- Kısa dönem analizi (uzun dönem dengesinden geçici sapmaları ifade eder. Bu, zamansal değil, davranışsal bir ayrımdır)<sup>3</sup>. Bu süreçte ortaya çıkan dinamik model hata düzeltme terimi (ECT) olarak adlandırılmaktadır. Bu terimin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkması gerekmektedir. Bu uzun dönemde birlikte hareket eden seriler arasında kısa dönemde meydana gelen sapmaların ortadan kalktığını ve serilerin tekrar uzun dönem denge değerine yakınsadığını gösterir. Katsayı pozitif olursa serilerin üzerine gelen şokun etkisinin sönmediğini ve serilerin denge değerinden uzaklaştığını gösterir. Tahmin elde edilirken hata düzeltme teriminin bir dönem gecikmeli değeri ile durağanlaştırılmış seriler kullanılır.
- $ECT_{t-1}$  uzun dönem analizinden elde edilen hata teriminin bir dönem gecikmesini ifade eder.

Kısa dönem için model  $dlnyturist\ ect(-1)\ dlnxharc$  şeklinde yazılarak tahmin edilir.

---

<sup>3</sup> Örneğin: enflasyon ile döviz kuru arasında bir ilişki var. Kısa dönemde: Dolar artar ama enflasyon hemen etkilenmeyebilir → geçici sapma. Uzun dönemde: Dolar sürekli arttığında enflasyon da artar → eşbütünlüşme ilişkisi

### Johansen ve Juselius Eşbütünleşme Testi

Durağan olmayan seriler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit etmek amacıyla kullanılan eşbütünleşme testlerinde, seriler  $I(1)$  olarak aynı mertebeden durağanlık sergiliyorlar ise böyle seriler için Vektör Otoregresif (VAR) Modeline dayalı olan Johansen (1988) eşbütünleşme testi kullanılabilir. Bu teste göre  $p$  sayıda değişken varsa  $p-1$  sayıda eşbütünleşik vektör olabilmektedir (Tarı, 2010:426). Testte uygun gecikme uzunluğunun (Akaike, Schwarz veya Hannan-Quinn bilgi kriteri ile) belirlenmesiyle uygun model seçimi yapıldıktan sonra vektör sayılarının belirlenebilmesi için model, iz ve maksimum-özdeğer olmak üzere iki test istatistiği ile tahmin edilmektedir.

Testin hipotezleri;

$H_0$ : seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur

$H_1$ : seriler arasında  $t$  eşbütünleşme ilişkisi vardır

şeklinde, karar mekanizması ise

*hesaplanan test istatistiği < kritik değer ise  $H_0$  reddedilemez, eşbüt yoktur*

*hesaplanan test istatistiği > kritik değer ise  $H_1$  reddedilemez, eşbüt vardır*

şeklindedir.

### ARDL Eşbütünleşme Testi (Sınır Testi)

Durağan olmayan serilerin belirli bir bütünleşme seviyesinde doğrusal bileşimlerinin durağanlık sergilemesi eşbütünleşme olarak adlandırılmaktadır (Yıldız Bozkurt, 2013:115). ARDL eşbütünleşme testi diğer eşbütünleşme sınamalarından farklı olarak serilerin aynı mertebeden durağan olmasını gerekli görmemektedir. Ancak Pesaran ve Pesaran (1997) ile Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen bu sınamaya göre değişkenlerin I(2) olması olasılığına karşılık durağanlıklar yine de kontrol edilmelidir. Üç aşamadan meydana gelen sınamanın ilk aşamasında eşbütünleşmenin varlığı tespit edilmekteyken ikinci aşamasında eşbütünleşme sonucu altında uzun dönem katsayıları belirlenmektedir. Son aşamada ise kısa dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Sınamanın kritik değerleri bir alt sınır (I0) ile bir üst sınırdan (I1)'dan oluşmaktadır.

Testin hipotezleri;

$H_0$ : seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur

$H_1$ : seriler arasında t eşbütünleşme ilişkisi vardır

şeklinde, karar mekanizması ise

*hesaplanan test istatistiği < alt sınır ise  $H_0$  reddedilemez, eşbüt yoktur*

*hesaplanan test istatistiği > üst sınır ise  $H_1$  reddedilemez, eşbüt vardır*

şeklindedir.

## NEDENSELLİK TESTLERİ

Regresyon analizi değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkisine bakarken, içsel (bağımlı) değişken – dışsal (bağımsız) değişken ayrımını iktisat teorisine bağlı olarak yapmaktadır. Ancak değişkenler arasında böyle bir bağımlılığın olması, bu değişkenler arasında mutlak bir nedensellik ilişkisinin varlığını göstermemektedir (Tarı, 2012:436). İktisadi değişkenler arasındaki karmaşık yapıdan dolayı, bazen, bu değişkenlerin içsel mi, dışsal mı yoksa karşılıklı bir etkileşime mi sahip olduğu ayrımı yapılamamaktadır. Bu noktada ilişkinin yönünün belirlenebilmesi için nedensellik analizinin yapılması gerekmektedir. Testin amacı, değişkenlerden birinin diğerine veya birbirlerine düzenli bir etkide bulunup bulunmadığının tespit edilmesidir. Dolayısıyla bu bağlamda bağımlı-bağımsız değişken ayrımı bulunmamaktadır. Bütün değişkenlerin birbiriyle olan etkileşimi eşanlı olarak analiz edilmektedir (Göçer, 2016: 271)

İlk defa Wiener (1956) tarafından ileri sürülen nedensellik testi, Granger (1969)'ın yapmış olduğu büyük katkılardan dolayı Granger Nedensellik Testi olarak bilinmektedir. Geleneksel nedensellik testlerinin yapılabilmesi için öncelikle serilerin durağan olup olmadığının tespit edilmesi sonrasında ise seriler arasında uzun dönem ilişkisinin var olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Son dönemlerde geliştirilen Toda-Yamamoto (1995) gibi nedensellik testleri ise bu kriterler geçerli değilken de nedensellik analizlerinin yapılabilmesine imkan vermektedir.

## Granger Nedensellik Testi

Sınamanın uygulanabilmesi için seriler durağanlaştırıldıktan sonra gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekir. Nedenselliğin yönünün belirlenmesi gecikme uzunluğuna bağlı olduğundan doğru belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

iki değişkenli vektör otoregresif (VAR)<sup>4</sup> modeline dayanan geleneksel Granger nedensellik testinin modelleri

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2i} Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad 1.\text{model}$$

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad 2.\text{model}$$

şeklindedir.

1. modelde X'in tahminine Y'nin geçmiş yani gecikmeli değerlerinin eklenmesi X'in öngörü (kestirme/ tahmin) performansını artırıyorsa Y, X'in nedenidir yani Y, X'i etkilemektedir denir.

2. modelde Y'nin tahminine X'in geçmiş yani gecikmeli değerlerinin eklenmesi Y'nin öngörü (kestirme/ tahmin) performansını artırıyorsa X, Y'nin Granger nedenidir (nedenselidir) yani X, Y'yi anlamlı düzeyde etkilemektedir denir. (etki artırma yönünde mi azaltma yönünde mi belirlenmemektedir, sadece etki var yok belirlenmektedir)

(1). modelin hipotezi

$$H_0: \beta_{2i} = 0 \quad Y, X'nin Granger nedeni değildir. (bütün i ler için)$$

$$H_1: \beta_{2i} \neq 0 \quad Y, X'nin Granger nedenidir. (bazı i ler için)$$

şeklinde;

(2). modelin hipotezi ise

$$H_0: \alpha_{2i} = 0 \quad X, Y'nin Granger nedeni değildir.$$

$$H_1: \alpha_{2i} \neq 0 \quad X, Y'nin Granger nedenidir.$$

şeklindedir.

<sup>4</sup> VAR modeli, birden fazla zaman serisi değişkeninin hem kendi geçmiş değerlerine hem de diğer değişkenlerin geçmiş değerlerine bağlı olduğunu varsayar. "Bir değişkenin bugünkü değeri, hem kendisinin hem de diğer değişkenlerin geçmiş değerlerinden etkilenir." Özet olarak Tüm değişkenlerin gecikmeli değerleriyle birbirlerini açıkladığı çoklu denklem sistemidir (chatgpt).

m dışarıda bırakılan değişken sayısı, k kısıtsız modeldeki toplam parametre sayısı olmak üzere

test istatistiği  $F_{hes} = \frac{(SSR_{UR} - SSR_R) / m}{SSR_{UR} / (n - k)}$  ile hesaplanmaktadır. Sonuç  $F_{\alpha}(m, n - k)$  tablo değeri

ile karşılaştırılır (Kısıtsız model: X'in gecikmeli değerlerini içerir. Kısıtlı model: X'in gecikmeli değerlerini içermez).

Karar mekanizması ise

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| < |kritik\ değer|$  ise  $H_0$  reddedilemez

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| > |kritik\ değer|$  ise  $H_1$  reddedilemez

veya

prob < 0.05 ise  $H_0$  red  $H_1$  kabul nedensellik vardır

prob > 0.05 ise  $H_1$  red  $H_0$  kabul nedensellik yoktur

şeklindedir.

Kısaca F istatistiği >3,5 ise birinci değişkenden ikinci değişkene doğru bir nedensellik ilişkisinin var olduğuna karar verilir.

## Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Toda ve Yamamoto (1995)'nin geliştirmiş olduğu nedensellik sınaması klasik Granger nedensellik sınamasından farklılık göstererek önden durağanlık ve eşbütünleşme sınamalarına gerek görmemektedir. Sınamanın uygulanabilmesi için VAR modelinin optimal gecikme uzunluğu (k) ile serilerdeki maksimum bütünleşme derecesine (dmax) <sup>5</sup> ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulama esnasında k+ dmax gecikme uzunluğuna sahip olan VAR modeli tahmin edilerek parametreler elde edilmektedir. Test istatistiği  $\chi^2$  dağılımına tabi olan Wald sınamasıyla elde edilmektedir.

$$X_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \beta_{1i} X_{t-1} + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \beta_{2i} Y_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad 1.\text{model}$$

$$Y_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \alpha_{1i} Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k+d_{\max}} \alpha_{2i} X_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad 2.\text{model}$$

(1). modelin hipotezi

$H_0: \beta_{2i} = 0$  Y, X'nin Granger nedeni değildir.

$H_1: \beta_{2i} \neq 0$  Y, X'nin Granger nedenidir.

şeklinde;

(2). modelin hipotezi ise

$H_0: \alpha_{2i} = 0$  X, Y'nin Granger nedeni değildir.

$H_1: \alpha_{2i} \neq 0$  X, Y'nin Granger nedenidir.

şeklindedir.

Karar mekanizması ise

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| < |kritik\ değer|$  ise  $H_0$  reddedilemez

$|hesaplanan\ test\ istatistiği| > |kritik\ değer|$  ise  $H_1$  reddedilemez

veya

prob < 0.05 ise  $H_0$  red  $H_1$  kabul nedensellik vardır

prob > 0.05 ise  $H_1$  red  $H_0$  kabul nedensellik yoktur

şeklindedir.

<sup>5</sup> İki de I(1) → dmax = 1; biri I(2), biri I(1) → dmax = 2